လမ်းတံတားဆိုင်ရာ နည်းပညာစွမ်းဆောင်ရည် ဖွံ့ဖြိုးတိုးတက်ရေး စီမံကိန်း၊

ပြည်ထောင်စုသမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော်

(၂၀၁၆-၂၀၁၉)

သံမဏိတံတား အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေးလက်စွဲ

(ပထမအကြိမ်ထုတ်ဝေမှု)

၂၀၁၉ ခုနှစ်၊ ဧပြီလ

ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန၊ ပြည်ထောင်စုသမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော်

ဂျပန်နိုင်ငံ အပြည်ပြည်ဆိုင်ရာ ပူးပေါင်းဆောင်ရွက်ရေး အေဂျင်စီ

အမှာစကား

ဆောက်လုပ်ရေး ဝန်ကြီးဌာနသည် နိုင်ငံတော် အစိုးရ၏ တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းများဆိုင်ရာ လက်ရုံးဌာန အနေဖြင့်၊ အဓိက တာဝန် ဝတ္တရားများကို အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်လျက် ရှိရာတွင်၊ အာဆီယံ ဒေသ အတွင်းရှိ ခေတ်မီဖွံ့ဖြိုးတိုးတက်သော နိုင်ငံများနှင့် ရင်ဘောင်တန်း လိုက်နိုင်စေရန် ဟူသော အန္တိမ ရည်မှန်းချက်ချမှတ်ပြီး၊ ခေတ်မီ တည်ဆောက်ရေး နည်းပညာများ၊ နည်းစနစ်ကျသော အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းမှုများတို့ဖြင့် ကြိုးပမ်း ဆောင်ရွက်လျက် ရှိပါသည်။

သို့ရာတွင် အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေးနှင့် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးအတွက် တိကျ ပြတ်သားသော၊ တစ်သမတ်တည်း ဖြစ်သော၊ နည်းစနစ်ကျသော၊ ပြည့်စုံကောင်းမွန်သော လုပ်ထုံးလုပ်နည်းများကို ဦးစားပေး လိုက်နာဆောင်ရွက်ခြင်း မရှိဘဲ၊ ထိုအန္တိမ ရည်မှန်းချက်အား ပြည့်မီနိုင်မည် မဟုတ်ပါ။ အရည်အသွေး ပြည့်မီသော အခြေခံအဆောက်အဦ ဆိုသည်မှာ ကောင်းမွန်သော စီမံခန့်ခွဲမှု၊ စီမံကိန်း အကောင်အထည်ဖော်မှု များနှင့် တိုက်ရိုက် သက်ဆိုင်သော ရလဒ်ပင် ဖြစ်ပါသည်။

လမ်း၊ တံတားဆိုင်ရာ နည်းပညာစွမ်းဆောင်ရည် ဖွံ့ဖြိုးတိုးတက်ရေး စီမံကိန်း (၂၀၁၆-၂၀၁၉) မှ ကျွမ်းကျင် ပညာရှင်များနှင့် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာနမှ အင်ဂျင်နီယာများ ပူးပေါင်း၍ ရေးသားပြုစုထားသည့် ဤလက်စွဲစာအုပ်သည် အထက်ဖော်ပြပါ ရည်မှန်းချက် ပြည့်မီအောင် ဆောင်ရွက်ရာတွင် အခရာကျသည့် လမ်း၊ တံတား တည်ဆောက်ရေး အင်ဂျင်နီယာများအတွက် ထိရောက်အကျိုးရှိသော ကိုးကားစာအုပ် တစ်အုပ် ဖြစ်ပါလိမ့်မည်။

ဤလက်စွဲစာအုပ်သည် တည်ဆောက်ရေး အင်ဂျင်နီယာများအား အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေးနှင့် ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေးဆိုင်ရာ ယေဘုယျ လုပ်ငန်းစဉ်များတွင် ရင်းနှီးကျွမ်းဝင်၊ နှံ့စပ်လာစေပြီး၊ အစိုးရ စီမံကိန်းများကို စီမံကိန်းဆိုင်ရာ စံသတ်မှတ်ချက်များ၊ ကန်ထရိုက်စာချုပ်ပါ ကန့်သတ်ချက် များနှင့်အညီ၊ တိတိကျကျ အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်နိုင်သည့် အရည်အချင်း ပြည့်ဝသော အင်ဂျင်နီယာများ ဖြစ်လာစေလိမ့်မည်ဟု မျှော်လင့်ပါသည်။

၂၀၁၉ခုနှစ်၊ ဧပြီလ

ဦးဟန်ဇော်

ပြည်ထောင်စုဝန်ကြီး၊ ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန

ပြည်ထောင်စု သမ္မတ မြန်မာနိုင်ငံတော်

နိဒါန်း

နောက်ခံအကြောင်းအရင်း

'တံတားအင်ဂျင်နီယာနည်းပညာ လေ့ကျင့်ရေး သင်တန်းကျောင်း (Bridge Engineering Training Center) (၁၉၇၉-၁၉၈၅၊ JICA) စီမံကိန်း' စတင်ခဲ့ပြီးနောက်ပိုင်း တံတားတည်ဆောက်ရေးနည်းပညာကို အတိုင်းအတာတစ်ခုတွင် ထိန်းထားနိုင်သော်လည်း၊ နည်းပညာအသစ်များကို လက်ဆင့်ကမ်းပေးနိုင်ခြင်းမရှိဘဲ၊ ဆောက်လုပ်နိုင်သော တံတား အမျိုးအစားများမှာလည်း အကန့်အသတ် ရှိနေခဲ့ပါသည်။ ထို့ပြင် မြန်မာအင်ဂျင်နီယာများအတွက် လုံလောက်သော သင်တန်းများ မရှိခြင်းကလည်း တံတားအင်ဂျင်နီယာ နည်းပညာ စဉ်ဆက်မပြတ် လွှဲပြောင်းမှုကို အဟန့်အတား ဖြစ်စေခဲ့သည်။ ဤအခြေအနေများကြောင့် 'လမ်း၊ တံတားဆိုင်ရာ နည်းပညာ စွမ်းဆောင်ရည် ဖွံ့ဖြိုးတိုးတက်ရေး စီမံကိန်း' ဆောင်ရွက်ပေးပါရန် မြန်မာအစိုးရက ဂျပန်အစိုးရအား အကူအညီ တောင်းခံခဲ့ပါသည်။ စီမံကိန်းအတွက် ဆွေးနွေးမှုများ အကြိမ်ကြိမ်ပြုလုပ်ခဲ့ပြီးနောက်၊ တံတားများနှင့် ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ တည်ဆောက်ရေးကြီးကြပ်မှု စွမ်းဆောင်ရည်ဆိုင်ရာ ဤစီမံကိန်းကို အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ရန်အတွက် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန နှင့် JICA တို့ ဆွေးနွေးမှု မှတ်တမ်း (Record of Discussion) ကို ၂၀၁၆ခုနှစ်၊ ဇန်နဝါရီလ၌ သဘောတူ လက်မှတ်ရေးထိုးနိုင်ခဲ့ပါသည်။

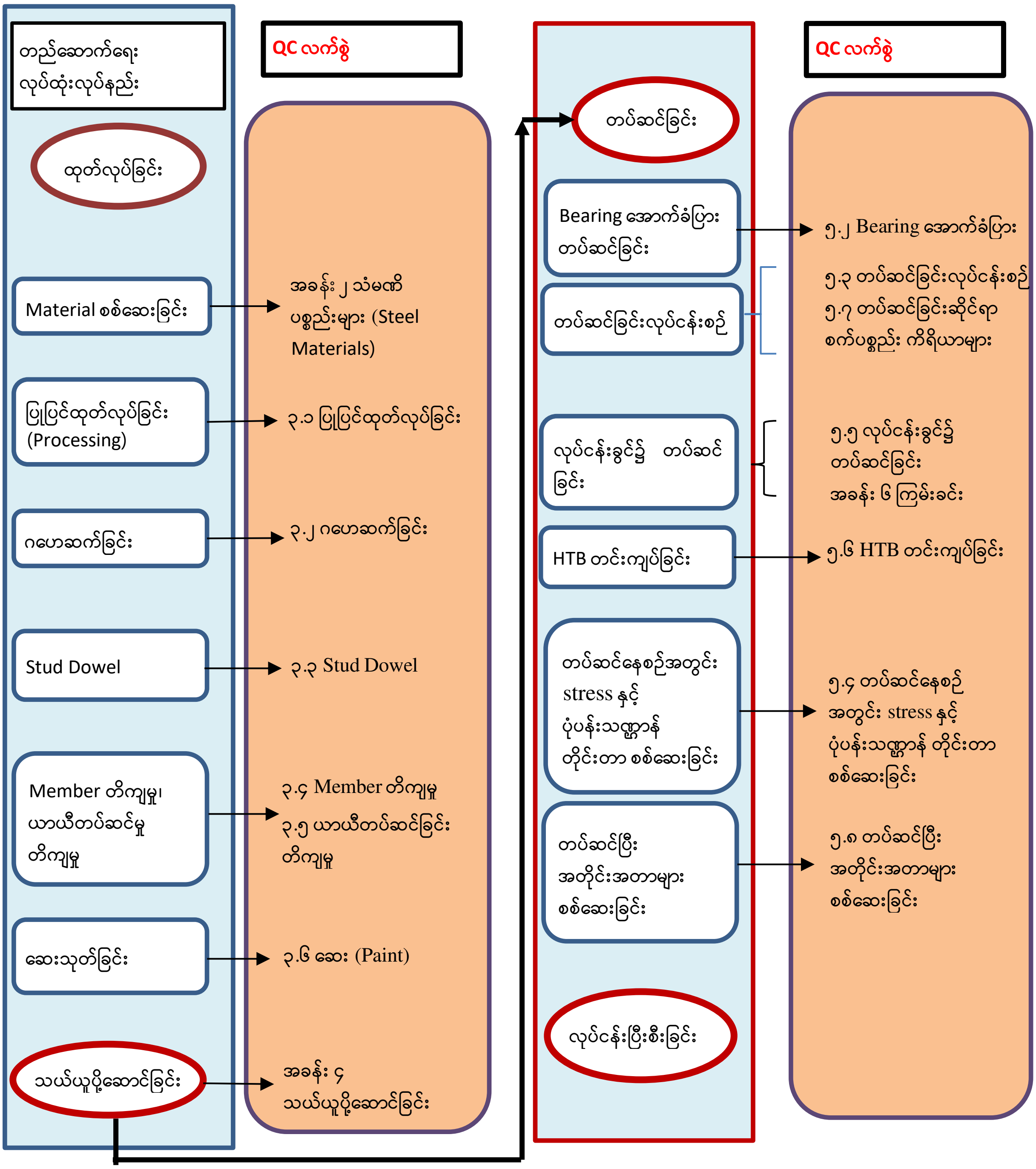
တံတားများနှင့် ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ တည်ဆောက်ရာတွင် အရည်အသွေးနှင့် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး ဆောင်ရွက်ချက်များ တိုးတက်ကောင်းမွန်လာစေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့်၊ ဤစီမံကိန်းကို ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာနမှ ဝန်ထမ်းများနှင့် JICA ကျွမ်းကျင်ပညာရှင်တို့ ပူးပေါင်းကာ ၂၀၁၆ ခုနှစ်မှ စတင်၍၊ သုံးနှစ်ကြာ အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ခဲ့ကြပါသည်။ အလုပ်ရုံဆွေးနွေးပွဲများ၊ ညှိနှိုင်းဆွေးနွေးမှုများ အကြိမ်ကြိမ်ပြုလုပ်ပြီးသည့်နောက်၊ ဤစီမံကိန်း၏ အောင်မြင်မှုတစ်ရပ်အဖြစ် တံတားများ နှင့် ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများအတွက် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေးနှင့် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးဆိုင်ရာ လက်စွဲစာအုပ်များကို ၂၀၁၉ ခုနှစ်တွင် ထုတ်ဝေနိုင်ခဲ့ပါသည်။

ကိုးကား

အောက်ပါနည်းပညာဆိုင်ရာ စာတမ်းများ၊ စာအုပ်များကို ကိုးကားထားပါသည်။

1) Specification for Highway Bridges (2012, Japan Road Association, Japan)
2) Standard Specifications for Concrete Structures (2012, Japan Society of Civil Engineering)
3) Manual for Construction of Bridge Foundation (2015, Japan Road Association)
4) AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications (3rd Edition, 2010)
5) The Guidance for the Management of Safety for Construction Works in Japanese ODA Projects (2014, JICA)
6) Manual for Construction Supervision of Concrete Works. (2016, NEXCO)
7) Manual for Construction Supervision of Road and Bridge Structures. (2016, NEXCO)
8) Construction Contract MDB Harmonized Edition (Version 3, 2010 Harmonized Red Book)

သံမဏိတံတား အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေးလက်စွဲစာအုပ် FLOWCHART



သံမဏိတံတား အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေး လက်စွဲ

မာတိကာ

အခန်း ၁. အထွေထွေ (General)....1

အခန်း ၂. သံမဏိပစ္စည်းများ (Steel Materials)....8

အခန်း ၃. ထုတ်လုပ်ခြင်း (Fabrication) 31

အခန်း ၄. သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း (Transportation)....127

အခန်း ၅. တည်ဆောက်တပ်ဆင်ခြင်း (Erection) 129

အခန်း ၆. တံတားကြမ်းခင်း (Deck)....157

Appendix 1 : Standard Items of QC & Inspection Records 167

Appendix 2 : Fabrication Conforming to AASHTO....169

Appendix 3 : Loading Test....178

Appendix 4 : Work Procedure for Bolt....182

ABBREVIATIONS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AISC	American Institute of Steel Construction
ANSI	American National Standards Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and and Materials
AWS	American Welding Society
Ceq	Carbon equivalent
DFT	Dry Film Thickness
DTI	Direct Tension Indicator
FCMs	Fracture Control Members
HAZ	Heat Affected Zone
HGC	In low hydrogen covered arc welding
HGL	Amount of diffusible hydrogen in deposited metal (HD) in low hydrogen covered arc welding, or in submerged arc welding and gas-shield arc metal welding
HPS	High Performance Steel
HRC	Rockwell Hardness
HTB	High Tension Bolt
ISO	International Organization for Standardization
JHBS	Japan Highway Bridge Standard
JIS	Japanese Industrial Standards
JRA	Japan Road Association

JSSI	Identification of Structural Steel
LRFD	Load and Resistance Factor Design
NC	Numerical Control
NDT	Non-Destructive Test
OPBT	Original Plate Blasting Treatment
PCM	Percentage of Crack sensitivity composition
QC	Quality Control
RH	Relative Humidity
Sa	Surface treatment by shot blasting
St	Surface treatment by power Tool
TMC	Thermo-Mechanical Control process steel
UNC	Unified coarse screw threads
μmRz	Max height of surface

အခန်း ၁.   အထွေထွေ (GENERAL)

၁.၁ အသုံးချမှုနယ်ပယ် (SCOPE OF APPLICATION)

ဤအခန်းသည် သံမဏိတံတား (Steel Bridge) ၏ အပေါ်ကိုယ်ထည် (Superstructure) နှင့် တိုင် (Pier) များကို AASHTO, LRFD နှင့် JHBS စည်းမျဉ်းများအရ မြန်မာနိုင်ငံတွင် ဒီဇိုင်းထုတ် တည်ဆောက်နိုင်ရန် ရည်ရွယ်ပါသည်။ ထို့အပြင် Steel သက်သက် မဟုတ်ဘဲ ကွန်ကရစ် ကြမ်းခင်းများကို ထမ်းပိုးထားသည့် သံမဏိယက်မ (Steel girders) များကဲ့သို့သော Structure များ အတွက်လည်း ရည်ရွယ်ပါသည်။

ဤအခန်းပါ ပြဋ္ဌာန်းချက်များအရ လက်တွေ့တည်ဆောက်ရန် အခက်အခဲများရှိပါက ဒီဇိုင်း၏ စိတ်ချရမှုကို သီးခြား အတည်ပြုချက် ရယူရမည်ဖြစ်သည်။

အကယ်၍ AASHTO ၏ ဆောက်လုပ်ရေး စံသတ်မှတ်ချက် (AASHTO Construction Specification) ကို အသုံးပြုမည်ဆိုပါက အောက်ဖော်ပြပါ အချက်အလက်များကို လိုက်နာရမည်။

- အရောင်းသတ်ခြင်း (Furnishing)၊ ထုတ်လုပ်ခြင်း (Fabricating)၊ သံမဏိ structure နှင့် အခြား structure များ၏ သံမဏိအစိတ်အပိုင်းများ တပ်ဆင်ခြင်းတို့ကို ဤစံသတ်မှတ်ချက်များ (Specifications) နှင့် လုပ်ငန်းစာချုပ်စာတမ်း (contract documents) များအရ လုပ်ဆောင်ရမည်။
- အခြားသီးခြားသတ်မှတ်ဖော်ပြချက် မရှိခဲ့လျှင် ထုတ်လုပ်သည့် စက်ရုံ အတွက် AISC Quality Certification Program, Category I ကိုလိုက်နာရမည်။ ကြွပ်ဆတ်လွယ်သော အရေးကြီး အစိတ်အပိုင်းများ (Fracture - critical members) များအတွက် Category III ကို လိုက်နာရမည်။
- ကန်ထရိုက်တာ ရွေးချယ်ခွင့် ရှိသော ဒီဇိုင်းအသေးစိတ်များ (Details of design) သည် AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2014 နှင့် ကိုက်ညီရမည်။
- ဆေးသုတ်ခြင်း (Painting) အတွက် LRFD Bridge Construction Specification 2010 ၏ section (13) 'Painting' ပါ ပြဋ္ဌာန်းချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။
- Structural steel များကို တပ်ဆင်နေရာချခြင်း (Erection) တွင် အသုံးပြုမည့် Falsework များအတွက် LRFD Bridge Construction Specification 2010 ၏ Section (3) 'Temporary Works' ပါ ပြဋ္ဌာန်းချက်များ နှင့် ကိုက်ညီရမည်။

- ကြွပ်ဆတ်လွယ်သော အရေးကြီးအစိတ်အပိုင်း (Fracture - critical) အဖြစ်လုပ်ငန်း စာချုပ်တွင် ရည်ညွှန်းထားသော Structural components များအတွက် AASHTO / AWS. D 1.5 M/ D 1.5 Bridge Welding Code ၏ Section (12) 'Fracture Control Plan' (FCP) for No Redundant Members' ပါ ပြဋ္ဌာန်းချက်များ နှင့်ကိုက်ညီရမည်။
- ဂဟေဆော်ခြင်း နှင့် ဂဟေ အရည်အသွေး စစ်ဆေးခြင်းများအတွက် လက်ရှိ AASHTO/ AWS D 1.5M/ D 1.5 Bridge Welding Code ပါ ပြဋ္ဌာန်းချက်များ နှင့် ကိုက်ညီရမည်။

၁.၂ တည်ဆောက်ရေးဆိုင်ရာ အထွေထွေသတ်မှတ်ချက်များ (CONSTRUCTION IN GENERAL)

သံမဏိတံတားတစ်စင်း တည်ဆောက်ရာတွင် ဒီဇိုင်းအဆိုပြုချက်အတွက် ထည့်သွင်းထားသော အခြေအနေများနှင့် ကိုက်ညီစေရန် လုပ်ဆောင်ရပါမည်။ ကန်ထရိုက်တာသည် စက်ရုံ၊ အလုပ်ရုံတွင် ထုတ်လုပ်ရေး စတင်မည့်အချိန်ကို အင်ဂျင်နီယာထံသို့ အချိန်မီတင်ပြ အသိပေးခြင်းအားဖြင့် အင်ဂျင်နီယာအား နည်းပညာပိုင်း စစ်ဆေးမှုများကို လုပ်ဆောင်နိုင်စေရပါမည်။ အင်ဂျင်နီယာ ၏ သဘောတူခွင့်ပြုချက်မရဘဲ မည်သည့်ပစ္စည်း (Material) ကိုမျှ အလုပ်ရုံတွင် ကြိုတင်ထုတ်လုပ်ခြင်း သို့မဟုတ် အလုပ်ရုံတွင် လုပ်ငန်းလုပ်ဆောင်ခြင်း မပြုလုပ်စေရပါ။

၁.၃ အကောင်အထည်ဖော်မှု စီမံချက် (EXECUTION PLAN)

၁.၃.၁ အထွေထွေ (General)

အကောင်အထည်ဖော်မှုစီမံချက်ဆိုသည်မှာ ထုတ်လုပ်မှုပိုင်းစီမံချက်၊ ဂဟေဆော်ခြင်း လုပ်ငန်း စီမံချက်၊ တပ်ဆင်နေရာချခြင်း စီမံချက် အစရှိသည်တို့ကို ရည်ညွှန်းသော ယေဘုယျ စကားရပ် ဖြစ်ပါသည်။ တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းများတွင် ဒီဇိုင်း အဆိုပြုချက်အတွက် ထည့်သွင်းစဉ်းစား ထားသော အခြေအနေများနှင့် ကိုက်ညီမှုရှိစေရန် ယင်း အကောင်အထည်ဖော်မှု စီမံချက်ကို ရေးဆွဲ ရမည်။ သတ်မှတ်ချက် အရည်အသွေးများနှင့် ကိုက်ညီမှုရှိ၊ မရှိကို တည်ဆောက်မှု၏ နောက်ဆုံး အဆင့်ရောက်မှသာ စစ်ဆေးခြင်းသည် အကယ်၍ သတ်မှတ်ချက်နှင့် မကိုက်ညီခဲ့ပါက ပြန်လည် ကုစား ဖြေရှင်းရန် ခက်ခဲနိုင်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် သတ်မှတ်ထားသည့် စွမ်းဆောင်ရည်၊ အရည်အသွေးများ အပြည့်အဝ ရရှိစေရန်အတွက် အရည်အသွေးစစ်ဆေးခြင်းလုပ်ငန်းကို တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်နေစဉ် ကာလ အတော အတွင်း လုပ်ဆောင်ရန် မဖြစ်မနေ လိုအပ်ပေသည်။

ထို့ကြောင့် သတ်မှတ်အရည်အသွေးများ သေချာစွာ ရရှိစေရန် နည်းလမ်းများကို ကြိုတင် စီမံချက် ရေးခြင်း၊ တည်ဆောက်နေစဉ်ကာလအတွင်း အရည်အသွေးအာမခံချက် ရရှိစေရန် အတွက် အကောင်အထည်ဖော်မှု စီမံချက်ရေးဆွဲခြင်းများအပြင် တည်ဆောက်နေစဉ်ကာလအတွင်း အရည်အသွေး စစ်ဆေးမှု နည်းလမ်းများနှင့် ခွင့်ပြုစံနှုန်းများအား အကောင်အထည်ဖော်မှု စီမံချက် တွင် ဖော်ပြခြင်းတို့ကို ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်ပေသည်။

ထို့အပြင် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းခြင်းဆိုင်ရာ အဓိက အချက်အလက်များကို သီးခြား စာပိုဒ် များဖြင့် ပြဋ္ဌာန်း ဖော်ပြထားပါသည်။ ၎င်းသတ်မှတ်ပြဋ္ဌာန်းချက်များကို အကောင်အထည်ဖော်မှု စီမံချက်တွင် ထည့်သွင်း ရေးဆွဲရန် လိုအပ်ပါသည်။

ထို့အပြင် သတ်မှတ်အရည်အသွေးများ ရရှိစေရန် အောက်ဖော်ပြပါ အချက်အလက်ဆိုင်ရာ ညွှန်ကြားချက်များကို အကောင်အထည်ဖော်မှု စီမံချက်တွင် ဖော်ပြပါရှိရမည်။

(၁) အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းမှု စီမံချက် (၂) ပစ္စည်း (material) နှင့် အစိတ်အပိုင်းများ (၃) ထုတ်လုပ်ရေးလုပ်ငန်း (လုပ်ဆောင်ခြင်းနှင့်အစိတ်အပိုင်းများတပ်ဆင်ခြင်း) (၄) ဂဟေဆော်ခြင်း (၅) တပ်ဆင်ခြင်း (၆) သံချေးတက်ခြင်းမှ တားဆီးကာကွယ်ခြင်း (အလုပ်ရုံတွင် ဆေးမှုတ်ခြင်း၊ သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းခြင်းစသည်) (၇) သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း (၈) တပ်ဆင်နေရာချခြင်း (၉) High Strength Bolt (၁၀) ကြမ်းခင်းလုပ်ငန်း (၁၁) လုပ်ငန်းခွင်တွင် ဆေးသုတ်ခြင်း။

၁.၃.၂ လုပ်ငန်းခွင်သုံး Drawings (Working Drawings)

ကန်ထရိုက်တာ တင်သွင်းသည့် လုပ်ငန်းခွင်သုံး Drawings များအပေါ် အင်ဂျင်နီယာ၏ အတည်ပြုချက် ဆိုသည်မှာ Strength and detail ဆိုင်ရာ သတ်မှတ်ချက်များသာ အကျုံးဝင်ပြီး၊ အတိုင်းအတာအမှားများ အတွက် အင်ဂျင်နီယာ က တာဝန်မရှိဟု ယူဆလိမ့်မည်ကို ကန်ထရိုက်တာမှ ရှင်းရှင်းလင်းလင်း နားလည်သဘောပေါက်ထားရမည်။

အင်ဂျင်နီယာသည် လုပ်ငန်းခွင်သုံး drawing များကို လုပ်ငန်းမစတင်မီ စိစစ်အတည်ပြုရမည် ဖြစ်ပြီး၊ ၎င်းခွင့်ပြုချက်၊ အတည်ပြုချက်သည် လုပ်ငန်းခွင် အောင်မြင်စွာ ပြီးဆုံးနိုင်ရေး စာချုပ်ပါ ကန်ထရိုက်တာ၏ တာဝန်ယူမှု တာဝန်ခံမှုများကို ဖြေလျှော့ပေးခြင်း မဖြစ်စေရပါ။

(၁) Shop Drawings

ကန်ထရိုက်တာသည် အင်ဂျင်နီယာ၏ အတည်ပြုချက်ရယူရန်အတွက် Shop drawings အသေးစိတ် မိတ္တူများကို အင်ဂျင်နီယာထံသို့ တင်ပြရမည်။ Shop drawings များတင်ပြရာတွင် အင်ဂျင်နီယာမှ

စစ်ဆေးခြင်း၊ ကန်ထရိုက်တာမှ လိုအပ်သည့် ပြန်လည်ပြင်ဆင်ခြင်းများ ပြုလုပ်ခြင်းတို့အတွက် အချိန်ရရှိစေရန် သက်ဆိုင်ရာ လုပ်ငန်းမစတင်မီ ကြိုတင် တင်ပြထားရမည်။

Steel structure များအတွက် shop drawings များတွင် pins, nuts, bolts, drains အစရှိသော steel structure ဆိုင်ရာ အမျိုးမျိုးသော အစိတ်အပိုင်းများ၏ အရွယ်အစား နှင့် အသေးစိတ် အတိုင်းအတာများ ပါဝင်ရမည်။

သံပြား (plate) များ၏ ဝင်ရိုးအလှည့်များကို သိရှိရန် လိုအပ်သည့် နေရာများတွင် plates များ၏ ဝင်ရိုးအလှည့်များကိုဖော်ပြထားရမည်။

လုပ်ငန်းစာချုပ်တွင် အခြားသီးခြား သတ်မှတ်ဖော်ပြချက်မရှိခဲ့လျှင် AASHTO M270M/M270 (ASTM A709/A709M), Grade 36 (Grade 250) Steel မဟုတ်သော အခြား steel များဖြင့် ပြုလုပ်ရမည့် အစိတ်အပိုင်းအားလုံးကို Shop drawing တွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြရမည်။

(၂) Erection Drawings

ကန်ထရိုက်တာသည် တပ်ဆင်တည်ဆောက်ခြင်း (Erection) ပြုလုပ်မည့် အဆိုပြုနည်းလမ်း အပြည့်အစုံကို drawing များဖြင့် တင်ပြရမည်။ Flase work bents, bracing, guys, dead-men, ချိမည့် စက်ကိရိယာများ (lifting devices) နှင့် တံတား အစိတ်အပိုင်းများကို တွဲဆက်မည့်အရာများ၊ တပ်ဆင်တည်ဆောက်မည့် အစီအစဉ် (sequence of erection)၊ crane နှင့် barge များ၏ တည်နေရာ၊ crane ၏ စွမ်းဆောင်ရည်၊ တံတားအစိတ်အပိုင်း၏ ချိမခံရမည့် point နေရာများ နှင့် အစိတ်အပိုင်းများ၏ အလေးချိန်များကို drawing များတွင် အသေးစိတ် ဖော်ပြထားရမည်။ တပ်ဆင်တည်ဆောက်မှု (Erection) အတောအတွင်း ကြုံတွေ့ရမည့် ကြိုတင် မျှော်မှန်းထားသော အခြေအနေများနှင့် လုပ်ငန်းစဉ်အဆင့်များကို drawing တွင်အသေးစိတ် ထည့်သွင်းထားရမည်။ Member များ၏ တွက်ဆထားသည့် ခံနိုင်ရည်အား (factored resistance) များသည် ပိုပိုသာသာ တွက်ဆထားခြင်းများ မရှိကြောင်း၊ member စွမ်းဆောင်ရည်များ နှင့် အပြီးသတ်ပုံသဏ္ဍာန် (Final geometry) မှာ မှန်ကန်ကြောင်း သက်သေပြ တွက်ချက်မှုများ ပါဝင်ရပါမည်။

(၃) Camber Diagram

Camber diagram ကို ထုတ်လုပ်သူက အင်ဂျင်နီယာအား ပေးသွင်းရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ၎င်း diagram တွင် truss များနှင့် arch rib များဖြစ်ပါက ခန်းဖွင့် တစ်ခန်းချင်းစီ အတွက် camber များနှင့် rigid frame သို့မဟုတ် continuous beam, continuous girders တို့ဖြစ်ပါက ခန်းဖွင့်အလျား၏ ဘယ်နှစ်ပုံ

ဘယ်နှပုံတွင် (အနိမ့်ဆုံးအားဖြင့် ၄ ပုံ ၁ ပုံ အမှတ်နေရာများ) ရှိမည့် camber များ၊ လုပ်ငန်းခွင်၌ members များ ဆက်ပိုးထားသည့် နေရာများရှိ camber များ အားလုံးကို ဖော်ပြထားရမည်။ Camber diagram တွင် အပိုင်း '၃.၅ Assembly Precision' အရ structure member များ ကြိုတင် တပ်ဆင်ခြင်း၌ အသုံးပြုမည့်၊ တွက်ထုတ်ထားသော camber တန်ဖိုး (အခုံးပမာဏ) များပါဝင်ရမည်။

၁.၃.၃ စစ်ဆေးခြင်း (Inspection)

(၁) တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းခွင်တွင် တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းသည် ဒီဇိုင်းပါလိုအပ်ချက်များ နှင့် ကိုက်ညီမှု ရှိ၊ မရှိ ကို သင့်လျော်သည့် နည်းလမ်းများဖြင့် စစ်ဆေးရမည်။

(၂) တည်ဆောက်မှုဆိုင်ရာ အခက်အခဲ ပမာဏ၊ သုံးစွဲသည့် material အမျိုးအစားတို့အပေါ် မူတည် စဉ်းစား၍၊ အောက်ပါ အချက် (၁) မှ (၉) အတွင်းရှိ စစ်ဆေးရန် အချက်များကို ရွေးချယ်ပြီးနောက် တည်ဆောက်မှု လုပ်ငန်းသည် သတ်မှတ် ပြဋ္ဌာန်းချက် နည်းလမ်းများ အတိုင်း လုပ်ဆောင်ပါက အပိုဒ် (၁) ကို ပြေလည်စေသည်ဟု ယူဆရမည်။

(၁) ပစ္စည်းများ (Materials) (၂) Bolt, arc Stud dowel (၃) ဂဟေ (ဂဟေသမား၊ ဂဟေစက်ပစ္စည်းများ၊ ဂဟေဆက်ခြင်း၊ ဂဟေဆက်ထားသည့်အပိုင်း (၄) Member များ၊ အစိတ်အပိုင်းများ (bearing, expansion joint, drainage appliance စသည်) (၅) Member များ တိကျမှု၊ တပ်ဆင်ခြင်း တိကျမှု (၆) သံချေးနှင့် ပျက်စီးမှုဒဏ်၊ လိုက်စားမှုဒဏ် ကာကွယ်ခြင်း (၇) တပ်ဆင်တည်ဆောက်ခြင်း (field joint, size at the time of erection စသည်) (၈) ကြမ်းခင်း (ပုံစံခွက်၊ အားဖြည့်သံချောင်းများ၊ ကြမ်းခင်းအချောသတ်မှု မှန်ကန်တိကျခြင်း (၉) အပြီးသတ်ခြင်း။

အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းမှု (Quality Control) အတွက် အောက်ဖော်ပြပါ စစ်ဆေးခြင်းတို့ကို တည်ဆောက်မှု အဆင့်တိုင်း တွင် ဆောင်ရွက်ရမည်။

၁) သတ်မှတ်ပြဋ္ဌာန်းထားသည့် အရည်အသွေး၊ စွမ်းဆောင်ရည်များနှင့် ကိုက်ညီအောင် Products များအား ထုတ်လုပ်ထားခြင်း ရှိ၊ မရှိ စစ်ဆေးရန်

၂) တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းကို သတ်မှတ်ပြဋ္ဌာန်းထားသော နည်းလမ်း (method) များဖြင့် လုပ်ဆောင်မှု ရှိ၊ မရှိ စစ်ဆေးရန်

ဤနေရာတွင် ဖော်ပြသော စစ်ဆေးရေး (inspection) ဆိုသည်မှာ တံတားတည်ဆောက်ရေး လုပ်ငန်း၏ Constructor သည် အရည်အသွေး စစ်ဆေးရန်အလို့ငှာ ဆောင်ရွက်ရသည့် လုပ်ငန်း ဖြစ်ပြီး၊

အခြေခံအားဖြင့် တည်ဆောက်ရေး စီမံကိန်း၏ Constructor က မိမိ ဆန္ဒအလျောက် လုပ်ဆောင်ရသည့် လုပ်ငန်းဟု ရည်ညွှန်းပါသည်။

ဤအခန်းတွင် ဖော်ပြခဲ့သော လုပ်ငန်းခွင် စစ်ဆေးရေး အချက် ၁) နှင့် ၂) တို့အနက် တစ်ခုခုကို ရွေးချယ်ရာတွင် တည်ဆောက်မှု ဆိုင်ရာ အခက်အခဲ အဆင့်၊ material အမျိုးအစား စသည်တို့ အပေါ် မူတည်၍ ရွေးချယ်သင့်ပါသည်။ သို့ရာတွင် မလိုအပ်ပါဘဲ စစ်ဆေးမှု (Inspection) အားရှုပ်ထွေးစေရန် မသင့်သောကြောင့် စစ်ဆေးမှု အကြိမ် အရေအတွက်ကို သေချာစွာ စဉ်းစား သတ်မှတ်သင့်ပါသည်။

ထို့အပြင် စံသတ်မှတ်ထားသည့် စစ်ဆေးရန်အချက် (Standard Inspection Item) များတွင် ယာယီတပ်ဆင်ခြင်း (Temporary Assembly Item) အချက်ကို ထည့်သွင်းလေ့ရှိပါသည်။ သို့သော် ၎င်း Temporary Assembly ဆိုသည်မှာ ထုတ်လုပ်မှု ကာလအတွင်း သို့မဟုတ် တည်ဆောက်မှု ကာလအတွင်း လိုအပ်ပါက ဆောက်လုပ်ပြီးစီးသည့် တံတားပုံစံအတိုင်း တပ်ဆင်မှု ဆိုင်ရာ တိကျမှု (Assembly precision) ကို စစ်ဆေးနိုင်ရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် ပြုလုပ်ခြင်းကို ဆိုလိုသည်။ အကယ်၍ လိုအပ်သော တပ်ဆင်မှု ဆိုင်ရာ တိကျမှု (precision) များသည် သေချာပြီးသား ဆိုပါက ဤကဏ္ဍကို ချန်လှပ်နိုင်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် ဤ Manual တွင် ၎င်း စစ်ဆေးရမည့် အချက်ကို member/ assembly precision ဟု ပြောင်းလဲထားပါသည်။

(၃) Material Inspection

ကန်ထရိုက်တာသည် အလုပ်ရုံ အမှာစာ (mill orders) များနှင့် အလုပ်ရုံ စမ်းသပ်မှု အစီရင်ခံစာများ (Certified mill test reports) များကို အင်ဂျင်နီယာ ထံသို့ မိတ္တူ တစ်စုံ ပေးပို့ရမည်။ Mill test report များ၌ လုပ်ငန်းတွင် အသုံးပြုမည့် steel ၏အပူ တစ်မျိုးချင်းစီအတွက် ဓာတုဗေဒ ဆိုင်ရာ ခွဲခြမ်းစိတ်ဖြာမှု နှင့် ရုပ်ဂုဏ်သတ္တိ ဆိုင်ရာ စစ်ဆေးချက် ရလဒ် များပါဝင်ရမည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် mill test report များ မရရှိနိုင်သည့် material များ၊ fills, minor gusset plates များနှင့် အလားတူ အရေအတွက်နည်းသော materials များ ၊ stock မှ ရယူနိုင်သော material များအတွက် အင်ဂျင်နီယာ ၏ အတည်ပြုချက်ဖြင့် mill test report များအစား certificate of compliance များဖြင့် ပံ့ပိုးပေးနိုင်သည်။

Steel အတွက် သတ်မှတ် Impact တန်ဖိုး (Specified Impact Values) များပါဝင်သည့် အသိအမှတ်ပြု mill test report များတွင် အခြားစမ်းသပ်မှု ရလဒ်များ အပြင် Charpy V-Notch impact test ၏ ရလဒ်များပါဝင်ရမည်။ အကယ်၍ fine grain practice ဟူ၍ သတ်မှတ်ထားပါက

material သည် ၎င်းစနစ်ဖြင့် ထုတ်လုပ်ထားကြောင်း test report က အတည်ပြုပေးရမည်။ အလုပ်ရုံ အမှာစာ (mill order) များ ထုတ်လုပ်သူထံ ရောက်ရှိသည့် အချိန် တွင် ၎င်း၏ မိတ္တူများကို ပေးပို့ရမည်။ Material များ ထုတ်လုပ်မှု မစတင်မီ အဆိုပါ material များအတွက် အကျုံးဝင်သော အသိအမှတ်ပြု Mill test report များနှင့် Certificates of compliance များကို အပြီးသတ် ပေးပို့တင်ပြရမည်။ ထုတ်လုပ်သူသည် Certificates of compliance တွင် လက်မှတ်ရေးထိုးရမည် ဖြစ်ပြီး၊ material သည် ထုတ်လုပ်မှု ဆိုင်ရာ ပြဋ္ဌာန်းချက်များနှင့် ကိုက်ညီကြောင်း ထောက်ခံချက် ပေးရမည်။

ထုတ်လုပ်ရာတွင် အသုံးပြုမည့် material အစိတ်အပိုင်းတိုင်းကို အင်ဂျင်နီယာက စစ်ဆေးကြည့်ရှုနိုင်စေရန် ဆောင်ရွက်ပေးရမည်။ Material ကို သိုလှောင်ထားသည့် နေရာများ နှင့် material ဖြင့် လုပ်ငန်းလုပ်ဆောင်နေသည့် နေရာများ စသည့် ထုတ်လုပ်သည့် လုပ်ငန်းခွင်၌ မည်သည့် နေရာကို မဆို အင်ဂျင်နီယာ သည် အချိန်ပြည့် လွတ်လပ်စွာ ဝင်ထွက် စစ်ဆေးခွင့်ရှိသည်။

အခန်း ၂. သံမဏိပစ္စည်းများ (STEEL MATERIALS)

၂.၁ သံမဏိပစ္စည်းများအတွက် AASHTO စံသတ်မှတ်ချက်များ (STEEL MATERIALS OF AASHTO)

၂.၁.၁ Structural Steel

(၁) အထွေထွေ (General)

Steel ကို အောက်ဖော်ပြပါ စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) အရ ထုတ်လုပ်ရပါမည်။ Steel အမျိုးအစား သို့မဟုတ် အရည်အသွေး များသည် ကန်ထရိုက်စာချုပ်စာတမ်းများနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

ဆန့်အား (tensile stress) ခံရမည့် ဝန်ကို ထမ်းမည့် အဓိက member အစိတ်အပိုင်းများအတွက် အသုံးပြုမည့် Steel သည် AASHTO M 270M/ M270 (ASTM A709/ A709M) ၏ သက်ဆိုင်ရာ Charpy V-Notch impact test လိုအပ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

AASHTO M270M/ M270 (ASTM A709/ A709M), Grade HPS 70W (HPS 485W) အရ ပြုလုပ်သည့် ဂဟေဆက် အဓိက ယက်မ (Welded Girders) များကို ထုတ်လုပ်ရာတွင် AASHTO/ AWS D1.5M/ D1.5 Bridge Welding Code ကိုလိုက်နာရမည်ဖြစ်ပြီး၊ AASHTO Guide Specifications for Highway Bridge Fabrication with HPS 701 V Steel ကိုလည်း ဖြည့်စွက် လိုက်နာရပါမည်။

(၂) Carbon Steel

လုပ်ငန်းစာချုပ်တွင် အခြား သီးခြား သတ်မှတ်ဖော်ပြချက် မရှိခဲ့လျှင် bolt/nut ဖြင့် ဆက်သည့်စနစ် သို့မဟုတ် ဂဟေဆက်သည့်စနစ်ဖြင့် တည်ဆောက်မည့် structural carbon steel များသည် Structure Steel for bridges, AASHTO M270M/ M270 (ASTM A709/ A709M), Grade 36 (Grade 250) နှင့် ကိုက်ညီရပါမည်။

(၃) High-Strength, Low-Alloy Structural Steel

High-strength, low-alloy steel များသည် Structural Steel for Bridges, AASHTO M270/ M270 (ASTM A709/ A709M), Grades SO, SOS, SOW သို့မဟုတ် HPS SOW (Grade 345, 345S, 345W, or HPS 345W) နှင့် ကိုက်ညီရမည်။

(၄) **High-Strength, Low-Alloy, Quenched, and Tempered Structural Steel Plate**

High-strength, low-alloy, quenched, and tempered steel plate များသည် Structural Steel for Bridges အတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များဖြစ်သည့် AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A 709M), Grade HPS 70W (Grade HPS 485W) နှင့် ကိုက်ညီရမည်။

(၅) **High-Yield-Strength, Quenched, and Tempered Alloy-Steel Plate**

High-yield-strength, quenched, and tempered alloy- steel plate များသည် Structural Steel for Bridges အတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များဖြစ်သည့် AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A709M), Grade HPS 100W (Grade HPS 690W) နှင့်ကိုက်ညီရမည်။

Structural shape များအတွက် အများဆုံးဆန့်အား ခံနိုင်ရည် (tensile strength) 140 ksi နှင့် ပိုက်လိုင်းတစ်လျှောက် အဆက်ဖျောက်၍ ဆက်ထားသော ပိုက်ပြွန် (seamless mechanical tubing) တို့အတွက် ဆန့်အားခံနိုင်ရည် 145 ksi သတ်မှတ်နိုင်သည့် အခြေအနေမှ လွဲ၍၊ AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A709M), Grade HPS 100W (Grade HPS 690W) တို့၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိနှင့် ဓာတုဂုဏ်သတ္တိ သတ်မှတ်ချက်အားလုံးနှင့် ကိုက်ညီသော Quenched-and-tempered alloy-steel ၏ structural shape များနှင့် seamless mechanical tubing များကို AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A709M), Grade HPS 100W (Grade HPS 690W) များအဖြစ် ယူဆရမည်။

(၆) **Structural Tubing**

Structural tubing များသည် ASTM A500, Grade B or Grade C, or ASTM A 847 နှင့် ကိုက်ညီသော cold-formed welded tubing ဖြစ်စေ၊ seamless tubing ဖြစ်စေ ဖြစ်ရမည်။ သို့မဟုတ်ပါက ASTM A501 or ASTM A618 နှင့် ကိုက်ညီသော hot-formed welded tubing ဖြစ်စေ၊ seamless tubing ဖြစ်စေ ဖြစ်ရမည်။

၂.၁.၂ High-Strength Fasteners

(၁) **Material**

Structural steel joints များတွင် အသုံးပြုမည့် ခံနိုင်ရည်မြင့် bolt များ (High-strength bolts) သည် AASHTO M 164 (ASTM A325) သို့မဟုတ် AASHTO M 253 (ASTM A490) တစ်ခုခုနှင့်

ကိုက်ညီရမည်။ High-strength bolt များကို ရာသီဥတု ဒဏ်ခံနိုင်ရည်ရှိပြီး ဆေးသုတ် မထားသော steel တွင် အသုံးပြုမည်ဆိုပါက Type 3 ကို အသုံးပြုရမည်။

ပစ္စည်းတင်သွင်းသူ (supplier) သည် တင်ပို့မည့် ပါကင်အထုပ်ပေါ်တွင် lot နံပါတ်ကို ထင်ထင်ရှားရှား ရေးသွင်းရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ထောက်ခံချက်လက်မှတ် (Certificate) တွင် စမ်းသပ်မှုများ (rotational capacity tests များအပါအဝင်) ပြုလုပ်သည့် အချိန်၊ နေရာနှင့် သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းထားသော bolts and nuts များ အသုံးပြုပါက သွပ်ရည်အထူပမာဏ (zinc thickness) တို့ကို ရေးသွင်းထားရမည်။

AASHTO M 164 (ASTM A325) bolts များအတွက် အမြင့်ဆုံး မာကျောမှု (maximum hardness) သည် 33 HRC ဖြစ်ရမည်။

Bolts များအတွက် ဝန်အားခံနိုင်ရည် စမ်းသပ်ချက် (Proof-load tests) (ASTM F606, Method 1) ပြုလုပ်ရန်လိုအပ်သည်။ AASHTO M 164 (ASTM A325) ၏ Section 8.3 အရ size ပြည့် bolts များကို တင်းကျပ်အား စမ်းသပ်ခြင်း (Wedge tests) ပြုလုပ်ရန်လိုအပ်သည်။ Galvanized bolts များကို သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းပြီးမှ (Wedge tests) ပြုလုပ်ရမည်။ Nuts များအတွက် proof- load test ကို AASHTO M 291 (ASTM A563) အရ ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။ Galvanized bolts များနှင့် တွဲ၍ အသုံးပြုမည့် nut များကို သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းခြင်း (galvanizing)၊ ပိုလွန်အရစ်ဖော်ခြင်း (over tapping) နှင့် ချောဆီထိုးခြင်း (Lubricating) တို့ ပြုလုပ်ပြီးနောက် proof- load test စမ်းသပ်ရမည်။

အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့် ခြွင်းချက်များမှလွဲ၍ AASHTO M 164 (ASTM A325) bolt များအတွက် အသုံးပြုမည့် nut များသည် AASHTO M 291 (ASTMA563), Grades DH, DH3, C, C3, and D (Property Class 8S, 8S3, 10S, or 10S3) များနှင့် ကိုက်ညီရမည်ဖြစ်ပြီး၊ AASHTO M 253 (ASTM A490) bolt များအတွက် အသုံးပြုမည့် nut များသည် AASHTO M 291 (ASTM A563), Grades DH and DH3 (Property Class 10S or 10S3) များ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

ခြွင်းချက်များမှာ

- သွပ်ရည် သုတ်လိမ်းမည့် Nut များ (Hot-dip or mechanically galvanized) Nut များသည် Grade DH (Property Class 10S) ဖြစ်ရမည်။
- AASHTO M 164 (ASTM A325) Type 3 bolts များဖြင့် တွဲဖက်အသုံးပြုမည့် Nut များသည် Grade C3 သို့မဟုတ် DH3 (Property Class 8S3 or 10S3) ဖြစ်ရမည်။ AASHTO

M 253 (ASTM A490), Type 3 bolts များဖြင့် တွဲဖက် အသုံးပြုမည့် Nut များသည် Grade DH3 (Property Class 10S3) ဖြစ်ရမည်။

သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းထားသည့် nut များအားလုံးကို မြင်နိုင်သော ဆိုးဆေး အရောင်ပါဝင်သည့် ချောဆီ (lubricant) များ သုတ်လိမ်းထားရမည်။ အမည်းရောင် bolt များကို ပို့ဆောင်ခြင်းနှင့် တပ်ဆင်ခြင်းတို့တွင် ထိတွေ့ကိုင်တွယ်ရန် ဆီသုတ်လိမ်းရမည်။

ဝါရှာ (Washers) များသည် AASHTO M 293 (ASTM F436) နှင့် Article 11.5.6.4.3 ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီသည့် မာအောင်ပြုလုပ်ထားသော steel ဝါရှာ (hardened steel washer) များဖြစ်ရပါမည်။

(၂) Identifying Marks

Bolts များအတွက် AASHTO M 164 (ASTM A325) နှင့် ၎င်းတွင် ရည်ညွှန်းပါရှိသည့် Nuts များအတွက် စံသတ်မှတ်ထားချက်များတွင်၊ စံသတ်မှတ်ချက်အတိုင်း ထုတ်လုပ်ထားသော bolt ၏ ခေါင်းထိပ်နှင့် Nut ၏ မျက်နှာပြင် တစ်ဖက်တို့တွင် သီးခြား အမှတ်အသားများ ရိုက်နှိပ်ဖော်ပြထားရမည်ဟု ပြဋ္ဌာန်းထားပါသည်။ Bolt ခေါင်းထိပ် အမှတ်အသားတွင် "A325" သင်္ကေတ ဖြင့် grade ကိုလည်းကောင်း၊ ထုတ်လုပ်သူနှင့် အကယ်၍ Type 3 ဖြစ်ခဲ့ပါက Type ကိုလည်းကောင်း ရိုက်နှိပ်ထားရမည်။ Nut အမှတ်အသားများတွင်လည်း ဂုဏ်သတ္တိအဆင့် (Property class) နှင့် ထုတ်လုပ်သူကို လည်းကောင်း၊ အကယ်၍ Type 3 ဖြစ်ခဲ့ပါက Type ကိုလည်းကောင်း ရိုက်နှိပ်ထားရမည်။ Direct Tension Indicator (DTI, ASTM F959) ပေါ်ရှိ အမှတ်အသားများသည်လည်း ထုတ်လုပ်သူနှင့် Type "325" (Class "8.8") ကို ဖော်ပြထားရမည်။ အခြား washer ဆိုင်ရာ အမှတ်အသားများတွင်လည်း ထုတ်လုပ်သူနှင့် အကယ်၍ Type 3 ဖြစ်ခဲ့ပါက Type အမျိုးအစားတို့ကို ရိုက်နှိပ်ထားရမည်။

Bolts များအတွက် AASHTO M 253 (ASTM A490) နှင့် ၎င်းတွင်ရည်ညွှန်းပါရှိသည့် Nut များအတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များတွင်လည်း၊ စံသတ်မှတ်ချက်အတိုင်း ထုတ်လုပ်ထားသော bolt ၏ထိပ်ခေါင်းနှင့် Nut ၏ မျက်နှာပြင် တစ်ဖက်တို့တွင် သီးခြား အမှတ်အသားများ ရိုက်နှိပ်ဖော်ပြရမည်ဟု ပြဋ္ဌာန်းထားပါသည်။ Bolt ၏ ခေါင်းထိပ် အမှတ်အသားတွင် "A490" သင်္ကေတဖြင့် grade ကိုလည်းကောင်း၊ ထုတ်လုပ်သူကို လည်းကောင်း၊ အကယ်၍ Type 3 ဖြစ်ခဲ့ပါက Type အမျိုးအစားတို့ကို လည်းကောင်း ရိုက်နှိပ်ထားရမည်။ Nut အမှတ်အသားများတွင် ဂုဏ်သတ္တိအဆင့် (Property class) နှင့် ထုတ်လုပ်သူကို လည်းကောင်း၊ အကယ်၍ Type 3 ဖြစ်ခဲ့ပါက Type ကိုလည်းကောင်း

ရိုက်နှိပ်ထားရမည်။ Direct Tension Indicators ပေါ်ရှိ အမှတ်အသားများ တွင် ထုတ်လုပ်သူနှင့် Type "490" (Class "10.9") ကို ဖော်ပြရမည်။ အခြား washer ဆိုင်ရာ အမှတ်အသား (marking) များတွင် ထုတ်လုပ်သူနှင့် အကယ်၍ Type 3 ဖြစ်ခဲ့ပါက Type အမျိုးအစားတို့ကို ရိုက်နှိပ်ထားရမည်။

(၃) အတိုင်းအတာများ (Dimensions)

Bolt နှင့် nut တို့၏ အတိုင်းအတာများသည် ANSI Standards B18.2.1 နှင့် B18.2.2 (Bl8.2.3.7M and Bl8.2.4.6M) တို့တွင် အသီးသီး ဖော်ပြထားသော ကြီးမားသော ခြောက်မြှောင့် ပုံသဏ္ဍာန် bolt (hexagon structural bolts) များနှင့် ကြီးမားသော semi-finished hexagon nuts များ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

(၄) Galvanized High-Strength Fasteners

AASHTO M 253 (ASTM A490) bolts များကို သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းခြင်း မပြုလုပ်ရပါ။

အကယ်၍ bolt နှင့် nut (fasterners) များကို သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းမည်ဆိုပါက hot-dip နည်းစနစ် အတွက် AASHTO M 232M/M 232 (ASTM Al53/Al53M), Class C နှင့်အညီ၊ mechanical နည်းစနစ်အတွက်မူ AASHTO M 298 (ASTM B695), Class 50 (Class 345) နှင့်အညီ သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းရမည်။ သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းမည့် Bolt များသည် AASHTO M 164 (ASTM A325) Type 1 ဖြစ်ရမည်။ သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းပြီးသည့် bolt များကို ဆန့်အားစမ်းသပ်ခြင်း (tension test) ပြုလုပ်ရမည်။ မည်သည့်တွဲဆက်မှုတွင်မဆို ပါဝင်သည့် washers, nuts နှင့် bolts များကို တူညီသောလုပ်ငန်းစဉ်အတိုင်း သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းခြင်းပြုလုပ်ရမည်။ Nut များကို တွဲဆက်မှု အတွက် လိုအပ်သော အနိမ့်ဆုံး ပမာဏထက် ပိုလွန်၍ အရစ်ဖော်ခြင်း (over tapped) ပြုလုပ်ရမည် ဖြစ်ပြီး၊ လုပ်ငန်းခွင်တွင် တပ်ဆင်သည့်အခါ lubricant သုတ်ထားခြင်း ရှိ၊ မရှိ မျက်မြင်စစ်ဆေးနိုင်ရန်၊ မြင်နိုင်သော ဆိုးဆေး အရောင် ပါဝင်သည့် lubricant များဖြင့် သုတ်လိမ်းထားရမည်။

(၅) အခြားအစားထိုး သုံးစွဲနိုင်သော Fasteners များ (Alternative Fasteners)

အခြား fasteners သို့မဟုတ် fastener assemblies များကို အသုံးပြုမည်ဆိုပါက ASTM F1852 ၏သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီမှုရှိသော fasteners များ၊ full-size tests များတွင် တူညီသော စံသတ်မှတ်ချက်များ၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိ လိုအပ်ချက်များ နှင့် ကိုက်ညီပြီး၊ AASHTO M 164 (ASTM A325) သို့မဟုတ် AASHTO M 253 (ASTM A490) တို့၏ ပစ္စည်း (material)၊ ထုတ်လုပ်မှုပုံစံနှင့် ဓာတုဖွဲ့စည်းမှု သတ်မှတ်ချက်များ နှင့် ကိုက်ညီမှု ရှိသော fasteners များနှင့် အပိုင်း

၂.၁.၂ (၃) တွင် ပြဋ္ဌာန်းထားသော အတိုင်းအတာတူ bolt နှင့် nut များက ပေးသည့် ကိုယ်ထည် အချင်းနှင့် bearing areas များအောက် မလျော့သော ကိုယ်ထည်အချင်းနှင့် bearing areas ရှိသည့် fasteners များကို အင်ဂျင်နီယာ၏ ခွင့်ပြုချက်ဖြင့် အသုံးပြုနိုင်သည်။ ၎င်း fasteners များသည် သတ်မှတ်ပြဋ္ဌာန်းထားသော bolt နှင့် nut များ၏ အခြားအတိုင်းအတာများနှင့်မူ ကွဲလွဲကောင်း ကွဲလွဲနိုင်ပါသည်။

ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် ဖော်ပြထားသော high-strength bolt များအစား high-strength steel lock-pin နှင့် collar fastener များကို အင်ဂျင်နီယာ၏ ခွင့်ပြုချက်ဖြင့် အသုံးပြုနိုင်သည်။ High-strength steel lock-pin နှင့် collar fastener များ၏ ရိုးတံ (shank) နှင့် ခေါင်း (head) များသည် အပိုင်း ၂.၁.၂ (၃) ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

Fastener တစ်ခုချင်းစီသည် ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် သတ်မှတ်ထားသော bolt များ၏ tensile strength, shear strength များနှင့် တူညီသော (သို့မဟုတ်) ပိုများသော tensile strength, shear strength ကို ပေးနိုင်သည့် လုံလောက်သော အချင်းနှင့် ရိုးတံအပြည့် ကိုယ်ထည် ရှိရမည်ဖြစ်သကဲ့သို့၊ အဆုံးတစ်ဖက်တွင် အင်ဂျင်နီယာ အတည်ပြုထားသည့် အမျိုးအစားနှင့် အတိုင်းအတာများ ရှိပြီး cold-forged စနစ်ဖြင့် ပြုလုပ်ထားသည့် ခေါင်းရှိရမည်။ တွဲဆက်ရမည့် material ၏အထူနှင့် သင့်တော်သော ရိုးတံ အရှည်ပမာဏ၊ locking grooves, breakneck groove နှင့် pull grooves (annular groove များအားလုံး) အခြားအဆုံးတစ်ဖက်တွင် ရှိရမည်။

Fastener တစ်ခုချင်းစီတွင် ရိုးတံအချင်း (shank diameter) အတွက် သင့်လျော်သော အရွယ်အစား ရှိသည့် steel locking collar များ ပါရှိရမည်ဖြစ်ပြီး၊ သင့်လျော်သော တပ်ဆင်သည့် ကိရိယာ များဖြင့် pull groove အပိုင်းကို ဖယ်ရှားပြီးသည့်အခါတွင် fastener ၏ grooved end တွင် ခေါင်းပုံစံ (head) ဖြစ်စေရန် locking groove များအတွင်းသို့ cold-swaged စနစ်ဖြင့်ပုံဖော်ရမည်။ Steel locking collar များသည် အင်ဂျင်နီယာက အတည်ပြုထားသည့် lock-pin နှင့် collar fastener များအတွက် ယုံကြည်ထိုက်သော စံချိန်မီထုတ်ကုန် (Standard product) များ ဖြစ်ရမည်။

(၆) Load-Indicator Devices

Load indicating device များကို အပိုင်း ၂.၁.၂ (၁) တွင် ပြဋ္ဌာန်းထားသည့်အတိုင်း bolts, nuts နှင့် washers များဖြင့် ပေါင်းစပ်အသုံးပြုရမည်။ အောက်တွင် ဖော်ပြထားသော စာပိုဒ်ပါ သတ်မှတ်ချက် မှလွဲ၍ Load-indicating device များသည် Structural Fasteners, ASTM F959 နှင့်

တွဲဖက်အသုံးပြုမည့် Compressible-Washer Type Direct Tension Indicator အတွက် သတ်မှတ်ထားသော ASTM သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

အခြား ကွဲပြားခြားနားသည့် ပုံစံရှိသော Direct Tension Indicating device များသည် AASHTO Construction Specification ၏ Article 11.5.6.4.6 တွင် ပါရှိသည့် သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီလျှင်ဖြစ်စေ၊ ထုတ်လုပ်သူက ဖော်ပြထားသည့် စံသတ်မှတ်ချက်များ တွင် အသေးစိတ် ပါရှိသည့် အခြားလိုအပ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီလျှင်ဖြစ်စေ၊ အင်ဂျင်နီယာ၏ အတည်ပြုချက်ဖြင့် ၎င်းတို့ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

၂.၁.၃ Steel Forgings and Steel Shafting

(၁) Steel Forgings

Steel forgings များသည် Steel Forgings Carbon and Alloy များ ယေဘုယျ အသုံးပြုခြင်းဆိုင်ရာ စံသတ်မှတ်ချက်များဖြစ်သည့် AASHTO M 102M/M 102 (ASTM A668/ A668M), Class C, D, F, or G နှင့် ကိုက်ညီရပါမည်။

(၂) Cold-Finished Carbon Steel Shafting

Cold-finished carbon steel shafting သည် Cold-Finished Carbon Steel Bars Standard Quality စံသတ်မှတ်ချက်များ ဖြစ်သည့် AASHTO M 169 (ASTM A 108) ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် သီးခြားသတ်မှတ်ဖော်ပြထားသည့် အခြေအနေများမှအပ Grades 10160 မှ 10300 အထိ အသုံးပြုနိုင်သည်။

၂.၁.၄ ပုံသွန်းသံမဏိပစ္စည်းများ (Steel Castings)

(၁) Mild Steel Castings

အကယ်၍ အခြားသီးခြား သတ်မှတ်ဖော်ပြချက် မရှိခဲ့လျှင် အဝေးပြေးတံတား အစိတ်အပိုင်းများ များတွင် အသုံးပြုမည့် steel castings များသည် Steel Castings for Highway Bridge အတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များဖြစ်သည့် ASTM A781/ A781M, Class 70 (Class 485) သို့မဟုတ် Steel Castings, Carbon များ ယေဘုယျအသုံးပြုခြင်းဆိုင်ရာ စံသတ်မှတ်ချက်များဖြစ်သည့် AASHTO M 103M/M 103 (ASTM A27/A27M), Class 70 or Grade 70-36 (Class 485 or Grade 485-250) များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

(၂) **Chromium Alloy-Steel Castings**

Chromium alloy-steel castings များသည် Corrosion-Resistant Iron-Chromium, Iron-Chromium-Nickel, and Nickel based Alloy Castings များ ယေဘုယျ အသုံးပြုခြင်းဆိုင်ရာ စံသတ်မှတ်ချက်များဖြစ်သည့် AASHTO M 163M/M 163 (ASTM A743/A743M) နှင့် ကိုက်ညီရမည်ဖြစ်ပြီး၊ သီးခြားသတ်မှတ်ဖော်ပြထားသည့် အခြေအနေများမှအပ Grade CA 15 (Grade CA 15M) ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

၂.၁.၅ ပုံသွန်းသံပစ္စည်းများ (Iron Castings)

(၁) **Materials**

- Gray Iron Castings- Gray Iron Castings များသည် ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် အခြားသီးခြား သတ်မှတ်ဖော်ပြချက် မရှိခဲ့လျှင် Gray Iron Castings အတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များ ဖြစ်သည့် AASHTO M 105 or ASTM A48/A48M, Class 30 နှင့် ကိုက်ညီရမည်။
- Ductile Iron Castings- Ductile Iron Castings များသည် ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် သီးခြား သတ်မှတ်ဖော်ပြချက် မရှိခဲ့လျှင် Ductile Iron Castings များအတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များ ဖြစ်သည့် ASTM A536, Grade 60-40-18 (Grade 414-276-18) နှင့် ကိုက်ညီရမည်။ အလေးချိန် (1kip) ထက်ပိုသည့် ပုံသွန်းပစ္စည်းများအား ပုံသွန်းပြီး အပြီးသတ် အခြေအနေ၌ လိုအပ်သည့် အရည်အသွေး ရ၊ မရ ဆုံးဖြတ်နိုင်ရန်အတွက် သတ်မှတ်ထားသော နမူနာပစ္စည်း (test coupon) များအပြင်၊ risers ကဲ့သို့သော ပုံသွန်းပစ္စည်းနှင့် တစ်တွဲတစ်ဆက်တည်း ဖြစ်နေသည့် အစိတ်အပိုင်း နမူနာများကိုပါ စမ်းသပ်စစ်ဆေးရမည်။
- Malleable Castings - အခြားသီးခြား သတ်မှတ်ဖော်ပြချက်မရှိခဲ့လျှင် malleable castings များသည် Ferritic Malleable Iron Castings အတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များဖြစ်သည့် ASTM A47/A47M Grade 35018 (Grade 24118) နှင့် ကိုက်ညီရမည်။

(၂) **ပစ္စည်းအပြီးသတ်အရည်အသွေး (Work Quality and Finish)**

ပုံသွန်းသံပစ္စည်းများ ပြုလုပ်ရာတွင် ပုံသဏ္ဍာန်/ပုံစံနှင့် အတိုင်းအတာများ မှန်ကန်မှုရှိရန်နှင့် သွန်းလောင်းခြင်း အမှားအယွင်း၊ ပွခြင်း ပျော့ခြင်း (Sponginess)၊ အက်ကြောင်း၊ လေပေါက် စသည့် ခံနိုင်ရည်အားနှင့် အသုံးပြုမည့် ရည်ရွယ်ချက်တန်ဖိုးများကို ထိခိုက်စေသော ချွတ်ယွင်းချက် အနာအဆာများ ကင်းစင်ရပါမည်။

ပုံသွန်းလောင်းရာတွင် ထောင့်များကို ဝိုက်ထားရမည် (Filleted) ဖြစ်ပြီး၊ ထွက်ပေါ်လာသည့် ပုံသဏ္ဌာန်များသည် တိကျပြည့်စုံရပါမည်။

(၃) သန့်ရှင်းခြင်း (Cleaning)

သွန်းလောင်းပြီး သံထည်များအားလုံးကို သဲမှုတ်ခြင်း (sandblast) နည်းဖြင့်ဖြစ်စေ၊ အခြားနည်းဖြင့်ဖြစ်စေ သံချေး၊ ချိုး (scale) တို့ကို သဲဖြင့် ထိရောက်စွာ သန့်ရှင်းရေး လုပ်ခြင်းဖြင့် ချောမွေ့ ညီညာသည့် မျက်နှာပြင် ရရှိစေရမည်။

၂.၁.၆ သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းခြင်း (Galvanizing)

ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းခြင်းလုပ်ရန် သတ်မှတ်ထားသောအခါ၊ Fasteners နှင့် Hardware ပစ္စည်းများမှတစ်ပါး၊ သံပါဝင်သောပစ္စည်း (ferrous metal products) များကို သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းရာတွင် Zinc (Hot-Galvanized) Coatings on Products Fabricated from Rolled, Pressed, and Forged Steel Shape Plates, Bars, and Strip အတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များ ဖြစ်သည့် AASHTO M111M/M 111 (ASTM A123/A123M) နှင့် ကိုက်ညီရမည်။ အပိုင်း ၂.၁.၂ (၄) "Galvanized High-Strength Fasteners" ၏ ဖော်ပြထားချက်မှလွဲ၍၊ Fasteners နှင့် hardware ပစ္စည်းများကို သွပ်ရည်သုတ်လိမ်းရာတွင် Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware အတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များဖြစ်သည့် AASHTO M 232M/M 232 (ASTM A 153/A153M) နှင့် ကိုက်ညီရမည်။

၂.၂ JHBS ၏ သံမဏိပစ္စည်း များ (STEEL MATERIALS OF JHBS)

(၁) သံမဏိပစ္စည်းများ (Steel Materials) တွင် ခံနိုင်ရည်အား (Strength) ၊ ရှည်ထွက်ခြင်း (elongation)၊ မာခြင်း (toughness) ကဲ့သို့သော mechanical ဂုဏ်သတ္တိများ၊ ဓာတုဖွဲ့စည်းပုံများ၊ အန္တရာယ်ဖြစ်စေသော ပါဝင်ပစ္စည်း ကန့်သတ်ချက်များနှင့် အထူ(thickness)၊ ခုံးခြင်း (warping) တို့ကဲ့သို့ ဂျီဩမေတြီဆိုင်ရာ အတိုင်းအတာများ၊ အရည်အသွေးများ သေချာစွာ ရှိသည်။

(၂) ဇယား ၂–၁ နှင့် ၂–၂ တို့တွင် ဖော်ပြထားသော steel materials များသည် အပိုဒ် (၁) နှင့် ပြေလည်ကိုက်ညီသည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

Table 2-1 Steel Materials (JIS)

Steel Type	Standard		Steel Material Symbol
1) Steels	JIS G 3101	Rolled steels for general structure	SS400
	JIS G 3106	Rolled steels for welded structure	SM400, SM490, SM490Y, SM520, SM570
	JIS G 3114	Hot-rolled atmospheric corrosion testing steels for welded structure	SMA400W, SMA490W, SMA570W
2) Steel pipes	JIS G 3444	Carbon steel tubes for general structural purpose	STK400, STK490
	JIS A 5525	Steel pipe piles	SKK400, SKK490
	JIS A 5530	Steel pipe sheet piles	SKY400, SKY490
3) Steel fasteners	JIS B 1186	Sets of a high strength hexagon bolt, hexagon nut and plain washers for friction grip joints	
	JIS B 1180	Hexagon head bolts and hexagon head screws	Strength divisions 4.6, 8.8, 10.9
	JIS B 1181	Hexagon nuts and hexagon thin nuts	Strength divisions 4, 8, 10
4) Welding materials	JIS Z 3211	Covered electrodes for mild steel	
	JIS Z 3212	Covered electrodes for high tensile strength steel	

	JIS Z 3214	Covered electrodes for atmospheric corrosion resisting steel	
	JIS Z 3312	MAG welding solid wires for mild steel and high strength steel	
	JIS Z 3313	Flux cored wires for gas shielded and self-shielded metal arc welding of mild steel, high strength steel and low temperature service steel	
	JIS Z 3315	Solid wires for CO2 gas shielded arc welding for atmospheric corrosion resisting steel	
	JIS Z 3320	Flux cored wires for CO2 gas shielded arc welding of atmospheric corrosion resisting steel	
	JIS Z 3351	Submerged arc welding solid wires for carbon steel and low alloy steel	
	JIS Z 3352	Submerged Arc Welding Fluxes for Carbon Steel and Low Alloy Steel	
5) Castings	JIS G 3201	Carbon steel forgings for General Use	SF490A, SF540A
	JIS G 5101	Carbon steel castings	SC450
	JIS G 5102	Steel castings for welded structure	SCW4IO, SCW480
	JIS G 5111	High tensile strength carbon steel castings and low alloy steel castings for structural purposes	SCMnlA, SCMn2A
	JIS G 4051	Carbon Steels for Machine Structural Use	S35CN, S45CN
	JIS G 5501	Gray iron castings	FC250
	JIS G 5502	Spheroidal graphite iron castings	FCD400, FCD450
6) Wire rods and secondary wire products	JIS G 3502	Piano wire rods	SWRS
	JIS G 3506	High carbon steel wire rods	SWRH
	JIS G 3536	Uncoated stress-relieved steel wires and strands for pre-stressed concrete	SWPRl, SWPDl, SWPR2, SWPR7, SWPR19
	JIS G 3549	Wire ropes for structure	
7) Steel bars	JIS G 3112	Steel bars for Concrete Reinforcement	SR235, SD295A,

			SD295B, SD345
	JIS G 3109	Steel bars for pre-stressed concrete	SBPR785/1030, SBPR930/l080, SBPR930/l180
8) Others	JIS B 1198	Headed studs	Stud names 19 and 22

Table 2-2 Steel Materials (Other than JIS)

Steel Type	Standard	Steel material symbol
Steel fasteners	Sets of a tor-shear type high strength bolt, hexagon nut and plain washers for friction grip joints (Japan Road Association)	S10T
	High strength draft bolts, hexagon nuts and plain washers for bearing connection, conforming to the provisional standard (Japan Road Association)	B10T, B8T
Secondary wire products	Parallel wire strands (Standard of Japanese Society of Steel Construction)	
	Covered parallel wire strands (Standard of Japanese Society of Steel Construction)	

(၁) ဤအပိုဒ်တွင် တံတားများအတွက် အသုံးပြုသည့် သံမဏိပစ္စည်း (Steel Metarials) များ၏ အခြေခံလိုအပ်ချက်များကို သတ်မှတ်ဖော်ပြထားပါသည်။ သံမဏိပစ္စည်း (Steel Material) တွင် တံတား အဆောက်အဦ တစ်ခုလုံး နှင့် structural ခိုင်ခံ့မှု၊ ကြာရှည်ခံမှု နှင့် materials များ၏အသုံးပြုမည့် ရည်ရွယ်ချက်အလိုက် လိုအပ်သည့် အရည်အသွေး (ဥပမာ weldability) နှင့် ဂုဏ်သတ္တိများရှိရမည်။ တံတားတည်ဆောက်ရာတွင် အသုံးပြုရန် ရည်ရွယ်သော ပစ္စည်းများ၏ ဂုဏ်သတ္တိနှင့် အရည်အသွေး ပေါ်တွင် အခြေခံ၍ တံတားကို ဒီဇိုင်း တွက်ချက်ရပါသည်။ ထို့ကြောင့် သံမဏိပစ္စည်း (Steel Material) များသည် အရည်အသွေး တည်ငြိမ်ပြီး၊ လိုအပ်သော ဂုဏ်သတ္တိများ နှင့် ပြည့်စုံရမည် ဖြစ်သည်။

(၂) သံမဏိပစ္စည်းများ၏ ဂုဏ်သတ္တိနှင့် အရည်အသွေးများကို ၎င်းတို့၏ ထုတ်လုပ်ရေးဖြစ်စဉ်က အဆုံးအဖြတ်ပေးသည်။ လိုအပ်သော ဂုဏ်သတ္တိနှင့် အရည်အသွေးများကို သေချာစေရန် အလို့ငှာ JIS

နှင့် အခြားစံသတ်မှတ်ထားသော ထုတ်ကုန်များကို ယေဘုယျအားဖြင့် အသုံးပြုသည်။ JIS သို့မဟုတ် ဂျပန်လမ်းအဖွဲ့အစည်း စံသတ်မှတ်ချက်၏ (Japan Road Association's Standards) များနှင့် ကိုက်ညီသော သံမဏိပစ္စည်းများဖြစ်လျှင်၊ သို့မဟုတ် အမှန်တကယ် ယခင်က အသုံးပြုခဲ့သည်ဟု သက်သေအလုံအလောက်ရှိသည့် သံမဏိပစ္စည်းများ ဖြစ်လျှင်၊ ၎င်းတို့၏ ဂုဏ်သတ္တိများကို ရှင်းလင်းစွာ သတ်မှတ်သိရှိနိုင်ပြီး၊ အရည်အသွေးမှာလည်း ပုံမန်အားဖြင့် အတိုင်းအတာ၊ အဆင့်တစ်ခုထက် ပိုမို မြင့်မားနေမည်ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ဤစံသတ်မှတ်ချက်များ နှင့် ကိုက်ညီသော ပစ္စည်းများသည် အပိုဒ် (၁) အား ပြေလည်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။ ဆိုလိုသည်မှာ ဇယား ၂–၁ နှင့် ၂–၂ တို့တွင်ဖော်ပြထားသော ပစ္စည်းများ (Materials) သည် စက်ရုံမှ အရည်အသွေး စစ်ဆေးချက် ထောက်ခံစာ (mill sheets) များကို သေချာအောင် စစ်ဆေးပြီးပါက လိုအပ်သော ဂုဏ်သတ္တိနှင့် အရည်အသွေးများ ရှိသည်ဟု ယူဆနိုင်ခြင်း ဖြစ်သည်။

ထုတ်လုပ်ရေးနှင့် တပ်ဆင်တည်ဆောက်ရေး လုပ်ငန်းစဉ်များ ပိုမိုထိရောက်မှု ရှိစေရန် သို့မဟုတ် စီးပွားရေး အရ ထိရောက်အကျိုးရှိစေရန် နှင့် ပိုမိုကြာရှည်ခံစေရန်တို့အတွက် သံမဏိအသစ်များကို အဆိုပြုလာ ကြသည်။ အဆိုပါ သံမဏိပစ္စည်းအသစ်များကို တံတားများတွင် အသုံးပြုသည့်အခါ တံတား structure ၏ စွမ်းဆောင်မှုအပေါ် အကျိုးသက်ရောက်မှုရှိသည့် ဂုဏ်သတ္တိများကို စမ်းသပ်စစ်ဆေးရမည်။ ထို ဂုဏ်သတ္တိ၊ အရည်အသွေး များသည် JIS သို့မဟုတ် အခြားစံသတ်မှတ်ချက်များနှင့် တူညီ၊ ပြည့်မီမှုရှိမရှိ သေချာအောင် စမ်းသပ်စစ်ဆေးရမည် ဖြစ်သည်။

၁) ယေဘုယျ အစိတ်အပိုင်း၊ အဆောက်အဦများအတွက် သံမဏိ (Steel for general structure)

သမရိုးကျအားဖြင့် ယေဘုယျ အစိတ်အပိုင်း၊ အဆောက်အဦများအတွက် ကျိတ်ထားသော steel များ (rolled steels for general structure) နှင့် ဂဟေဆက် အစိတ်အပိုင်း၊ အဆောက်အဦများအတွက် ကျိတ်ထားသော steel (rolled steel for welded structure)ဟူ၍ ရွေးချယ်အသုံးပြုပါသည်။ 'Hot rolled atmospheric corrosion resisting steels for general structural purposes' ဖြစ်ပါက ထပ်မံ ဆေးသုတ်ရန်မလိုအပ်ဘဲ ရာသီဥတု တိုက်စားမှုဒဏ်ခံနိုင်သည့် W Type ကိုသာ ရွေးချယ်ပါသည်။

၂) သံမဏိပိုက်လုံး (Steel pipe)

အထွေထွေ structural ပိုင်းဆိုင်ရာများအတွက် Carbon steel tube များ၊ steel pipe piles များနှင့် steel pipe sheet piles များကို ရွေးချယ်အသုံးပြုသည်။ ယခုအခါ ၎င်းတို့ကို steel pipe construction များတွင် များစွာ အသုံးပြုပါသည်။

Table 2-3 Mechanical Properties of Steel Pipes

Mechanical Property / Material	Type Symbol	Tensile test				Bending test		Flattening test
		Yield point or proof stress (N/mm2)	Tensile strength (N/mm2)	Elongation(%)		Bending angle	Inner diameter r(D)denotes outer pipe diameter	Distance between parallel plates (D denotes outer pipe diameter.)
				Test piece No.11 Test piece No.12 Longitudinal direction	Test piece No.5 Lateral direction			
Carbon steel tubes for general structural purposes	STK 400	235 or over	400 or over	23 or over	18 or over	90°	6D	2/3D
	STK 490	315 or over	490 or over	23 or over	18 or over	90°	6D	7/8D
Steel pipe pile	SKK400	235 or over	400 or over	—	18 or over	—	—	2/3D
	SKK490	315 or over	490 or over	—	18 or over	—	—	7/8D
Steel pipe sheet pile	SKY400	235 or over	400 or over	—	18 or over	—	—	2/3D
	SKY490	315 or over	490 or over	—	18 or over	—	—	7/8D

၃) သံမဏိ တွဲဆက်ပစ္စည်းများ (Steel fasteners)

ပွတ်တိုက်မှုကို ခိုင်မြဲစွာ ချုပ်ထားသော friction grip joint အတွက် high strength bolt များအဖြစ် JIS B 1186 ၏ class 1 နှင့် class 2 bolt များကို ယေဘုယျအားဖြင့် ရွေးချယ်အသုံးပြုပါသည်။

JIS တွင် သတ်မှတ်ထားသော သာမန် high strength bolts များအပြင်၊ ဂျပန် အဝေးပြေးတံတား စံသတ်မှတ်ချက် (Japan Highway Bridge Standard) နှင့် ကိုက်ညီသော friction grip joint သုံး high strength hexagon bolts, hexagon nut နှင့် plain washers အတွဲများ ကို သာမန် bolts များပုံစံအတိုင်း အသုံးပြုနိုင်သည်။

Bearing connection အတွက် အသုံးပြုမည့် high strength drive bolts, hexagon nuts နှင့် plain washers များသည် ဂျပန်အဝေးပြေးတံတားစံသတ်မှတ်ချက် (Japan Highway Bridge Standard) 'Provisional Standard for Bearing Connection High Strength Drive Bolts, Hexagonal Nuts and Plain Washers' နှင့် ကိုက်ညီရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

Bridge bearing support တွင် finished bolts အနေဖြင့် အသုံးပြုသည့် high strength bolts များမှလွဲ၍ hexagon bolts များသည် JIS B 1180 နောက်ဆွဲတွဲပါ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီနေရမည်ဖြစ်ပြီး၊ strength devision 4.6, 8.8 နှင့် 10.9 တွင်ရှိသော Steel bolts အမျိုးအစား ၃ မျိုးကို ယခင်အသုံးပြုခဲ့သည့် မှတ်တမ်းများနှင့် ထည့်သွင်းစဉ်းစားရွေးချယ်ရမည်။ ပေါင်းစပ်အသုံးပြုရန် အတွက် hexagon bolts များကို အသုံးပြုပါသည်။

၄) ဂဟေပစ္စည်းများ (Welding materials)

ဂဟေပစ္စည်း (Welding Materials) များသည် လုံလောက်သော mechanical strength များ ရှိရမည်။ လေခိုပေါက်များ (blowholes)၊ အက်ကွဲရာများ (Cracks) နှင့် အခြား အပြစ် အနာအဆာများ မရှိစေရ။ အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုနှင့်တစ်ခု အပြည့်အဝ ထွင်းဖောက် တွဲဆက်နေရမည်ဖြစ်ပြီး၊ လုပ်ရ ကိုင်ရ ကောင်းမွန်စေ ရမည်။ သံမဏိပျော့ (Mild steels) နှင့် ဆွဲဆန့်အား ခံနိုင်ရည်မြင့် သံမဏိ (high tensile strength steel) များအတွက် covered electrodes များကို JIS Z 3211 နှင့် JIS Z 3212 တွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားသည်။ Hand welding များအတွက် tensile strength 420 N/mm2 နှင့် 570 N/mm2 ရှိသော welding electrode များကို ရွေးချယ်ရမည်။

အမျိုးအစား တူညီပြီး၊ စံသတ်မှတ်ထားသည့် welding electrode များပင်လျှင် အလုပ်လုပ်နိုင်စွမ်း (workability) နှင့် mechanical ဂုဏ်သတ္တိများ အမျိုးမျိုး ကွဲပြားကြသည်။ ထို့ကြောင့် elecrodes များအား အသုံးမပြုခင် workability စစ်ဆေးခြင်း၊ အက်ကြောင်း စမ်းသပ်မှုများနှင့် mechanical ဂုဏ်သတ္တိများအတွက် sampling tests များကို စမ်းသပ်လုပ်ဆောင်ကြရမည်။

Low hydrogen welding electrodes များအား အသုံးမပြုခင် coating materials များမှ ရေပုံဆောင်ခဲအပါအဝင် အစိုဓာတ်ကို အပြည့်အဝ ဖယ်ရှားထားရမည်။

Submerged arc welding solid wires နှင့် carbon steel အတွက် fluxes များကို JIS Z 3351 နှင့် JIS Z 3352 တွင် အသီးသီး သတ်မှတ်ဖော်ပြထားပါသည်။ Wire နှင့် flux ပေါင်းစပ်ခြင်းမှ ရရှိသော အဖြည့်ခံသတ္တုသား (deposited metals) များအတွက် အရည်အသွေး ခွဲခြားသတ်မှတ်မှု (quality divisions) နှင့် စမ်းသပ်မှု နည်းလမ်းများကို JIS Z 3183 တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Fused flux နှင့် bond flux ဟူ၍ အကြမ်းဖျင်းအားဖြင့် flux အမျိုးအစား နှစ်မျိုးရှိသည်။ အဆိုပါ flux အမျိုးအစားများကို မှန်မှန်ကန်ကန် အသုံးပြုရန်အတွက် 17.4.2 - Volume on Steel Bridges, JHBS ကို ကိုးကားနိုင်သည်။

Hand welding အတွက် gas shielded arc welding နှင့် submerged arc welding မှလွဲ၍ အခြား ဂဟေဆက်သည့် နည်းလမ်းများကို JIS standard တွင် ဖော်ပြထားသည်။ သို့သော် အမှန်တကယ် အသုံးပြုမှုမှာ နည်းပါးပါသည်။ ထို့ကြောင့် ၎င်းတို့ကို အသုံးမပြုခင် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းမှုနှင့် ပတ်သက်ပြီး အပြည့်အဝ စမ်းသပ်စစ်ဆေးထားရမည်။

ရာသီဥတုဒဏ် ခံနိုင်ရည်ရှိသော သံမဏိများ (weather resistant steels) အတွက် welding materials များကို JIS Z 3214, JIS Z 3315 နှင့် JIS Z 3320 တွင် သတ်မှတ်ထားသည်။

၅) ပုံသွန်းလောင်းခြင်း (Castings)

Bearing supports, drainage apparatus, guard fences, steel connection keys, special expansion joints နှင့် pins များ အတွက် ပုံစံသွန်းလောင်းထားသည့် သံမဏိပစ္စည်းများကို အသုံးပြုသည်။ အဆိုပါ ပစ္စည်းများ၏ structure ပုံစံများမှာ ကျယ်ပြန့်၊ တိုးတက်လာခြင်း၊ အထူးတီထွင်မှုများ ရှိလာခြင်းတို့ကြောင့် အသုံးပြုရသည့် materials များ အမျိုးအစားမှာလည်း စုံလင်ကျယ်ပြန့်လာသည့်။ အရည်အသွေး တည်ငြိမ်ပြီး၊ အရေအတွက်အားဖြင့် အများအပြား ရရှိနိုင်သည့် casting များကို ရွေးချယ်လာကြသည်။ Casting ပစ္စည်းများ၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိများကို ဇယား ၂-၄ တွင် ဖော်ပြ ထားသည်။

Carbon steel forgings များအတွက် SF490A နှင့် SF540A ကို ရွေးချယ်သည်။ ဂဟေဆက်မည့် အစိတ်အပိုင်း Carbon steel ပုံသွန်းခြင်းအတွက် SC450 နှင့် ဂဟေဆက်မည့် သံမဏိပုံသွန်းခြင်းများ အတွက် CW410, SCW480 နှစ်မျိုးစလုံးကို အသုံးပြုသည်။

Manganese ပါဝင်မှုနိမ့်သည့် steel castings များတွင် Si နှင့် Mn ပါဝင်ပြီး၊ SC450 နှင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင် တောင့်တင်းခိုင်မာမှု (toughness) ပိုမိုမြင့်မားသည်။ ထို castings များအတွက် Class 1 SCMn1A (mechanical ဂုဏ်သတ္တိတွင် SS490 နှင့် တူညီသော) နှင့် Class 2 SCMn2A (mechanical ဂုဏ်သတ္တိတွင် SM490 နှင့် တူညီသော) တို့ကို ရွေးချယ်အသုံးပြုသည်။ လိုအပ်သော ခံနိုင်ရည်အားသည် SC450 ထက် ကျော်လွန်နေပါက Low manganese steel castings ကို ယေဘုယျအားဖြင့် ရွေးချယ်အသုံးပြုရမည်။

စက်တည်ဆောက်မှုဆိုင်ရာ အစိတ်အပိုင်းများတွင် သုံးမည့် carbon steels များအတွက် အပူပေး၍ ပြုပြင်ထားသည့် normalized S35CN နှင့် S45CN တို့ကို အသုံးပြုသည်။ အစဉ်အလာအားဖြင့် ၎င်းတို့ကို စက်ပစ္စည်းအစိတ်အပိုင်းများအဖြစ် အမြောက်အမြား ထုတ်လုပ်သုံးစွဲခဲ့ကြသည်။ ပမာဏ အမြောက်အမြား ထုတ်လုပ်နိုင်ပြီး၊ အရည်အသွေးလည်း တည်ငြိမ်သည်။ ထို့ပြင် ၎င်းတို့ကို သံမဏိတိုင် (steel pier) တစ်ခု၏ anchor bolts နှင့် အောက်ခံအပြား (bearing support) ၏ pins များအဖြစ် ပြုလုပ်သုံးစွဲခဲ့ကြသည်။

ထိုပစ္စည်းအစိတ်အပိုင်းများကို Heat treatment နည်းဖြင့် ပြုလုပ်သည့်အခါ mechanical ဂုဏ်သတ္တိနှင့် ပတ်သက်၍ JIS တွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားခြင်းမရှိဘဲ၊ JIS ၏ ဖြည့်စွက်ချက် ဇယား၌ အချက်အလက်များ ကို ဖော်ပြထားသည်။ ၎င်းတို့ကို အရေးကြီးသော အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုတွင် strength member အဖြစ် သုံးသည့်အခါ၊ ၎င်းတို့၏ strength ကို စမ်းသပ်မှုများ ပြုလုပ်၍ သေချာအောင်

စစ်ဆေးရမည်။ Gray cast iron castings နှင့် spheroidal graphite iron castings များအတွက် FC 250 နှင့် FCD400 သို့မဟုတ် FCD450 ကို ရွေးချယ်အသုံးပြုကြသည်။

Table 2-4 Mechanical Properties of Castings

Mechanical property / Material	Type symbol	Tensile test (Test piece No. 14A or test opiece No 4				Impact test (Test piece No.4)		Hardness HB3)	Carbon equivalent (%)
		Yield point or proof stress (N/mm2)	Tensile strength (N/mm2)	Elongation		Temperature test (℃)	Charpy absorbed energy (J)		
				Elongation (%)	Reduction of area (%)				
Carbon steel forgings	SF490A	245 or over	490-590	22 or over	40 or over	-	-	134 or over	-
	SF540A	275 or over	540-640	20 or over	35 or Over	-	-	152 or over	-
Carbon steel casting	SC450	225 or over	450	19 or over	30 or over	-	-	-	-
Castings for welded structure	SCW410	235 or over	410	21 or over	-	0	0	-	0.4 or less
	SCW480	275 or over	480	20 or over	-	0	0	-	0.45 or less
High-tensile carbon steel and low alloy steel castings (low manganese steel castings)	SCMn1A	275 or over	540	17 or over	35 or over	-	-	143 or over	-
	SCMn 2A	345 or over	590	16 or over	35 or over	-	-	163 or over	-
Carbon steels for machine structure1)	S35CN	305 or over	510	23 or over	-	-	-	149-207	-
	S45CN	345 0r over	570	20 or over	-	-	-	167-241	-
Grey iron castings2)	FC250	-	250	-	-	-	-	241 or over	-
Spheroidal graphite iron castings	FCD400	250 or over	400	15 or over	-	-	-	130-1805)	-
	FCD450	280 or over	450	10 0r over	-	-	-	140-2105)	-

၂.၃ ထုတ်လုပ်မှု မတိုင်မီ အပြစ်အနာအဆာများ (DEFECTS BEFORE FABRICATION)

(၁) Steel superstructure နှင့် pier structure တွင် အသုံးပြုမည့် steel များသည် Design drawings စသည်တို့တွင် ဖော်ပြထားသော steel ၏ စံချိန်စံညွှန်းများနှင့် ကိုက်ညီမှုရှိ၊ မရှိ၊ အထူး စွမ်းဆောင်ရည် (special performance) များ လိုအပ်သောအခါတွင်လည်း ထိုလိုအပ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီမှုရှိ၊ မရှိတို့ကို တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းများ မစတင်ခင်ကတည်းက စစ်ဆေး အတည်ပြုရမည်။

(၂) Steel ကို သိုလှောင်ရာတွင်၊ steel ၏ မူလဂုဏ်သတ္တိများနှင့် အရည်အသွေးများ မပျက်ယွင်းစေဘဲ ထိန်းသိမ်းထားနိုင်ရန် အလေးထား ဆောင်ရွက်ရမည်။ ထို့အပြင် သိုလှောင်ထားသည့် ကာလအတွင်း steel ၏ ဂုဏ်သတ္တိများနှင့် အရည်အသွေးများကို ထိခိုက်စေသည့် အဖြစ်အပျက် တစ်ခုခု ရှိခဲ့သည်ဟု ယူဆရပြီး၊ ၎င်းကြောင့် steel ၏ လိုအပ်သော performance သည် ကျေနပ်အားရဖွယ် မရှိဟု စစ်ဆေးတွေ့ရှိရပါက၊ steel ကို ပျက်စီးမှု မရှိစေဘဲ ပြုပြင်ရန်၊ သင့်လျော်သော နည်းလမ်းများ (non-damaging method) ဖြင့် ပြုပြင်ရမည်။

(၃) Negative side ဘက်တွင်ရှိသော steel plate ၏ ခွင့်ပြုနိုင်သော အထူ အပြောင်းအလဲ (permissible variation) သည် JIS G 3193 ၏ Table 4 'Dimensions, Mass နှင့် Permissible Variations of Hot-Rolled Steel Plates, Sheets and Strips' နှင့် မှတ်ချက် (၁) အရ plate အထူ (nominal) ၏ 5% အတွင်း ရှိရပါမည်။

(၄) Steel plate ၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် အရည်အသွေးကို ထိခိုက်စေနိုင်သော အပြစ် အနာအဆာ များ မရှိစေရပါ။

(၅) Seel plate ၏ မျက်နှာပြင်သည် ဖြတ်တောက်မည့် အစီအစဉ်၊ အမှတ်အသား အရာပေးခြင်း၊ joint အဆက် ပြုလုပ်ခြင်းနှင့် အခြားလုပ်ငန်းများအတွက် မည်သည့် အတားအဆီးမျှ မရှိရလေအောင်၊ ချောမွေ့နေရမည်။

(၁) Steel supertructure နှင့် pier structure များအတွက် အသုံးပြုမည့် steel ကို ထုတ်လုပ်သည့်ကုမ္ပဏီက ထုတ်ပြန်သော အရည်အသွေးစစ်ဆေးချက် ထောက်ခံစာ (mill sheet) တွင် ဖော်ပြထားသည့် အချက်များနှင့် ကိုက်ညီမှုရှိမရှိ စစ်ဆေးရမည်။ ထို့ပြင် steel သည် design drawings များတွင် ဖော်ပြထားသော စံချိန်စံညွှန်း သတ်မှတ်ချက်များ၊ design နှင့် production/erection လိုအပ်ချက်အရ ထည့်သွင်းဖြည့်စွက် ထားသည့် အရည်အသွေး စွမ်းဆောင်ရည် နှင့် ကိုက်ညီမှု ရှိ၊

မရှိကိုလည်း စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။ ထို့အပြင် steel ၏ လိုအပ်သော ထိုစွမ်းဆောင်ရည်၊ အရည်အသွေးများသည် ယေဘုယျအားဖြင့် 'Section 3.1 Steel Materials' of 'Part I: Common' နှင့် 'Section 1.6 Steel Grade Selection' of 'Part II: Steel Bridges, JHBS'ပါ သတ်မှတ်တန်းဖိုးများနှင့်အညီ ဖြစ်ရမည်။

တည်ဆောက်ရေး လုပ်ငန်းများမစတင်ခင်တွင် steel plate ၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် အရည်အသွေးကို ထိခိုက်စေနိုင်သည့် အပြစ် အနာအဆာများ ရှိ၊ မရှိ စစ်ဆေး အတည်ပြုရမည်။ စီးပွားဖြစ် ထုတ်လုပ်ထားသည့် steel (Commercial steel) ကို အသုံးပြုပါက ၎င်း၏ အရွယ်အစား (size) ၊ ပုံသဏ္ဍာန် (shape) နှင့် မျက်နှာပြင် (surface) များကို ကြိုတင်စစ်ဆေးရမည်။ ထို့ပြင် mill sheet တွင် ဖော်ပြထားသော တန်ဖိုးများကိုလည်း စစ်ဆေးရမည်ဖြစ်သကဲ့သို့၊ လိုအပ်သည့် စွမ်းဆောင်ရည် နှင့် ကိုက်ညီမှု ရှိမရှိကိုလည်း စစ်ဆေးရမည်။ တံတားတစ်စင်းတွင် steel အမျိုးအစားများစွာ အသုံးပြုပါက members များ ထုတ်လုပ်သည့် လုပ်ငန်းစဉ်တွင် ရှုပ်ထွေးမှု မဖြစ်ပေါ်စေရန်အတွက် အရောင်ဖြင့် သတ်မှတ် ခွဲခြားပေးခြင်းဖြစ်စေ၊ အမှတ်အသားသင်္ကေတဖြင့် သတ်မှတ်ခွဲခြားပေးခြင်းဖြစ်စေ ပြုလုပ်ရမည်။ အရောင်ဖြင့် ခွဲခြားဖော်ပြခြင်း စံနမူနာများကို ဇယား ၂-၅ တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

(၂) Steel ကို သိုလှောင်ရာတွင်၊ သံချေးများ သိသိသာသာ တက်ခြင်းကြောင့် mechanical ဂုဏ်သတ္တိများကဲ့သို့ steel ၏ မူလဂုဏ်သတ္တိများနှင့် အရည်အသွေးများကို ထိခိုက်ခြင်း မရှိစေရန်၊ သိုလှောင်စဉ်အတွင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည့် မျက်နှာပြင် ချောမွေ့မှု ဆုံးရှုံးရှိခြင်းနှင့် မျက်နှာပြင် အပြစ်အနာအဆာ၊ နောက်ထပ် လုပ်ငန်းစဉ်များအား အတားအဆီးဖြစ်နိုင်သည့် သို့မဟုတ် member အနေဖြင့် လိုအပ်သော performance နှင့် မကိုက်ညီသည့် အပြစ်အနာအဆာများ မဖြစ်ပေါ်စေရန် အလေးပေး ဆောင်ရွက်ရမည်။ ထို့အပြင် သိုလှောင်ထားသည့် ကာလ အတွင်း steel ၏ ဂုဏ်သတ္တိများနှင့် အရည်အသွေးများကို ထိခိုက်စေသည့် အဖြစ်အပျက် တစ်ခုခု ရှိခဲ့သည်ဟု ယူဆရပြီး၊ ၎င်းကြောင့် steel ၏ လိုအပ်သော performance သည် ကျေနပ်အားရဖွယ် မရှိဟု စစ်ဆေးတွေ့ရှိရပါက၊ သင့်လျော်သည့် နည်းလမ်းတစ်ခုခုဖြင့် steel ကို ပြန်လည် ပြင်ဆင်၊ ကုစားပြီးမှ အသုံးပြုရမည်။ ပြင်ဆင်သည့် နည်းလမ်းသည် steel ကို ထိခိုက်မှု မရှိစေရပါ။ ပြင်ဆင်ပြီးသည့်နောက် steel ၏ အရွယ်အစား၊ ပုံသဏ္ဍာန်နှင့် mechanical ဂုဏ်သတ္တိများသည် လိုအပ်သော performance နှင့် ကိုက်ညီရမည်။ ဥပမာအားဖြင့် မျက်နှာပြင်ပေါ်ရှိ အပြစ်အနာအဆာကို ပြင်ဆင်ရာတွင် အောက်ခြေအစိတ်အပိုင်း (base mate rial) နှင့် ဂဟေဖြင့် ဆက်ထားသည့် joint တို့၏ စွမ်းဆောင်ရည်များကို မထိခိုက်စေရန်အတွက် အထူးအလေးပေး၍ ဆောင်ရွက်ရမည်။ အပြစ်အနာအဆာ ပြင်ဆင်သည့်

နည်းလမ်းနမူနာများ ကို ဇယား ၂–၆ တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။ ထို့အပြင် ပြင်ဆင်သည့် နည်းလမ်း အသေးစိတ် အတွက်ကိုမူ Appearance (3), JIS G 3193 ၏ Section 6 ‘ Dimensions, Mass and Permissible Variations of Hot-Rolled Steel Plates,Sheet and Strips.’ ကို မှီငြမ်းကိုးကားသင့်သည်။

Steel plate တစ်ခုအား ဂဟေဆက်ရန် ပြင်ဆင်ရာတွင် ဤလက်စွဲစာအုပ် အပိုင်း ၃.၂.၄ (၂) ၄) အရ preheating အပူချိန်ကို သေသေချာချာ ဆုံးဖြတ်ရမည်။ သို့မှသာ ဂဟေ၏ အပူသက်ရောက်ရာ နေရာတွင် အက်ကြောင်း မပေါ်မည် ဖြစ်သည်။ ထို့ပြင် အပိုင်း ၃.၂.၅ (၂) ၄) ‘Repair of Defective Portion’ (အပြစ်အနာအစိတ်အပိုင်းများ ပြင်ဆင်မှု) အရ ဂဟေ၏ အပူသက်ရောက်ရာ နေရာ၏ အစပိုင်းနှင့် အဆုံးပိုင်းများတွင် အပြစ်၊ အနာအဆာများ မဖြစ်စေရန်အတွက် ဂရုတစိုက် ပြုပြင်မှု (treatment) လုပ်ရမည်။ ထို့အပြင် ထပ်ပိုးဂဟေသားများကို grinder ဖြင့် စားပြီး၊ ဖယ်ရှားရမည်။ ဂဟေနေရာသည် steel plate ၏မျက်နှာပြင်နှင့် တစ်ပြေးတည်း ဖြစ်နေအောင်၊ သပ်သပ်ရပ်ရပ်ဖြစ်နေအောင် အချောကိုင် ရမည်။

SM570- အဆင့် နှင့်အထက် ခံနိုင်ရည်အားမြင့် steel များ၏ မျက်နှာပြင်ရှိ အပြစ်အနာအဆာများကိုမူ grinder ဖြင့် စား၍ ဖယ်ရှားရမည်။ သို့သော် ဂဟေဖြင့် အသားဖြည့် ပြင်ဆင်ခြင်း မပြုလုပ်ရပါ။ လိုအပ်ချက်အရ ဂဟေဖြင့် အသားဖြည့်ပြင်ဆင်ခြင်း လုပ်ဆောင်မည်ဆိုလျှင်၊ ပြင်ဆင်ရမည့် ဒဏ်ရာ၏ တည်နေရာ၊ အရွယ်အစား၊ အနက် တို့အရ ကြိုတင်အကဲခတ်ပြီး၊ ပြင်ဆင်သည့်လုပ်ငန်းသည် မှန်သည် မှားသည် ဆုံးဖြတ်ရမည်။ ပြင်ဆင်သည့် လုပ်ငန်းသည် member အား ထိခိုက်မှု တစ်စုံတစ်ရာရှိနိုင်၊ မရှိနိုင်ကိုလည်း စဉ်းစားဆုံးဖြတ်ရမည်။

ဂဟေဖြင့် အသားဖြည့်ပြင်ဆင်မှု လုပ်ဆောင်ပြီး၊ grinder နှင့် ချောအောင် စားပြီးသည့်နောက် အန္တရာယ်ရှိသော အပြစ်အနာအဆာများနှင့် အတွင်း၌ အပြစ်အနာအဆာများရှိ၊ မရှိ non-destructive test ဖြင့် စစ်ဆေးပေးရန်လိုပါသည်။

Table 2-5 Standard for Identification by Color Display

(a) Steel stipulated in JIS

Steel type	Identification color		Remark
	Color type	Standard color	
SS400	White	N9.5	
SM400A, SM400B, SM400C	Green	5G5.5/6	A, B, or C is to be entered in letters.
SM490A, SM490B, SM490C	Yellow	2.5Y8/12	A, B, C or TMC is to be entered in letters.
SM490YA, SM490YB	Orange	2.5YR6/13	A, B or TMC is to be entered in letters.

SM520C	Pink	2.5R6.5/8	C or TMC is to be entered in letters.
SM570Q, SM570N	Red	5R4/13	Q, N or TMC is to be entered in letters.
SMA400AW, SMA400BW, SMA400CW	Green	5G5.5/6	AW, BW, or CW is to be entered in letters.
SMA490AW, SMA490BW, SMA490CW	Yellow	2.5Y8/12	AW, BW, CW or TMC is to be entered in letters.
SMA570WQ, SMA570WN	Red	5R4/13	WQ, WN or TMC is to be entered in letters.

(b) Steel of which the yield point or strength does not change

According to the plate thickness stipulated in Section 1.6 commentary of Vol. 2, JHBS.

Steel type	Identification color		Remarks
	Color type	Standard color	
SM400C-H	Green	5G5.5/6	C-H is to be entered in letters.
SMA400CW-H	Green	5G5.5/6	CW-H is to be entered in letters.
SM490C-H	Yellow	2.5Y8/12	C-H is to be entered in letters.
SMA490CW-H	Yellow	2.5Y8/12	CW-H, or TMC is to be entered in
SM520C-H	Pink	2.5R6.5/8	C-H or TMC is to be entered in
SM570-H	Red	5R4/13	-H or TMC is to be entered in letters.
SMA570W-H	Red	5R4/13	W-H is to be entered in letters.

Note 1) This table is based on Japanese Society of Steel Construction Standard: “Marks for Identification of Structural Steel (JSS I 02).”

2) The color type of identification color is based on JIS Z 8102 (Color Name), while the standard color is based on JIS Z 8721 (Method of the Display of Colors by Three Attributes).

3) TMC: Thermo mechanical control process steel

4) For the steel that is ensured of the characteristics in the direction of the plate thickness, the signs corresponding to the requirements such as “-Z25” shall be entered in letters.

Table 2-6 Methods of Repairing Flaws

	အပြစ်အနာအဆာအမျိုးအစား	ပြန်လည်ပြင်ဆင်ကုစားသည့်နည်းလမ်း
၁	Steel မျက်နှာပြင်ပေါ်ရှိ အပြစ်အနာအဆာ၊ ၎င်း၏ ဧရိယာသည် ချိုင့်ငယ် (pitting) များ၊ ခြစ်ရာ (scratching) များကဲ့သို့ ရှင်းရှင်းလင်းလင်းရှိသည်။	Grinder ဖြင့် စား၍၊ မျက်နှာပြင်ကို ချောအောင် လုပ်ရမည်။ နေရာကွက်၍ နက်ရှိုင်းသော ဒဏ်ရာ ဖြစ်ပေါ်ပါက၊ ဂဟေဖြင့် အသားဖြည့်ရမည်။ ထို့နောက် grinder ဖြင့် စား၍၊ မျက်နှာပြင် ချောပေးရမည်။
၂	Steel မျက်နှာပြင်ပေါ်ရှိ	ယေဘုယျအားဖြင့် grinder ဖြင့် စား၍ ဖယ်ရှားသည်။ သံပြား အထူ

	အပြစ်အနာအဆာ၊ spalling နှင့် အက်ကြောင်း ကဲ့သို့ ဧရိယာ မထင်ရှားသော အပြစ်အနာအဆာ၊	tolerance တန်ဖိုး၏ lower limit ထက် ဒဏ်ရာက ပို၍နက်နေလျှင် ပြင်ဆင်မှု လုပ်မလုပ် ဆုံးဖြတ်ရမည်။ ဒဏ်ရာကို ဖယ်ရှားပြီးသည့် နောက် ကျန်မည့် steel ၏ အထူနှင့် ဧရိယာပေါ်တွင် ပြင်ဆင်မည် ဆိုပါက အသားဖြည့်ခြင်း (cladding) ၏ သက်ရောက်မှုကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားပြီး ဆုံးဖြတ်ရမည်။ Cladding repair လုပ်ပြီးသည့်နောက် မျက်နှာပြင်ကို grinder ဖြင့် စား၍ ချောပေးရမည်။
၃	Steel ၏ အဆုံးဘက် မျက်နှာပြင် ၌ အလွှာလိုက် အက်ကြောင်း	ပြင်ဆင်သည့်ဆောင်ရွက်ချက်များအားလုံး လုပ်ဆောင်ပြီးသော်လည်း၊ steel အဆုံးဘက် မျက်နှာပြင်မှ steel plate ၏ အထူ ၄ ပုံ ၁ပုံအောက် ငယ်သည့် အက်ကြောင်း ရှိနေသေးပါက၊ ထိုအက်ကြောင်းကို ဖယ်ရှားပြီးသည့်နောက် cladding repair လုပ်နိုင်သည်။ Cladding repair လုပ်ပြီးသည့်နောက်၊ grinder ဖြင့် စား၍၊ အချောသတ်ရမည်။

(၃) Steel plate အထူ ၏ ခွင့်ပြုနိုင်သော အပြောင်းအလဲ (permissible variation) အတွက် JIS G 3193 'Dimensions, Mass and Permissible Variations of Hot-Rolled Steel Plates, Sheets and Strips (Table 4, Permissible Variation of Thickness)' အား အသုံးပြုနိုင်သည်။ Negative side ဘက်တွင်ရှိသော steel plate ၏ permissible variation သည် မှတ်ချက်(၁) အရ plate အထူ (nominal) ၏ 5% အတွင်း ရှိရမည်။ ထို permissible variation ၏ စုစုပေါင်း အပိုင်းအခြားသည် ဇယားပါ permissible variation များ၏ စုစုပေါင်း အပိုင်းအခြားနှင့် တူညီသည်။

(၄) Steel မျက်နှာပြင်ပေါ်၌ အန္တရာယ်ရှိသော အပြစ်အနာအဆာ (harmful flaw) ရှိမရှိ မျက်စိဖြင့် ကြည့်ရှု စစ်ဆေးရမည် (visual inspection) ။ မျက်နှာပြင်ရှိ အပြစ်အနာအဆာများ ပြန်လည်ပြင်ဆင်မှုကို JIS G 3193 နှင့်အညီ လုပ်ဆောင်ရမည်။

(၅) Steel plate ၏ မျက်နှာပြင်သည် ဖြတ်တောက်မှု အစီအစဉ် (cutting plan) ၊ အမှတ်အသား ပေးခြင်း (marking) ၊ joint စသည့် လုပ်ငန်းများအတွက် အတားအဆီး မရှိစေရလေအောင် ချောမွေ့နေရမည်။ ထို့ကြောင့် steel plate ၏ မျက်နှာပြင် ချောမွေ့မှုအတွက် upper limit target သည် JIS Standard ၏ ၃ပုံ ၂ပုံ ခန့် ရှိသည့် steel plate များကို သုံးသင့်သည်။ (JIS G 3193) (ဇယား ၂-၇)

Table 2-7 Upper Limit Target for Surface Smoothness of Steel Plate (mm)

Width (mm)	Less than	2,000 and above less than	3,000 and
6.00 and above less than 10.0	9	14	15
10.0 and above less than 25.0	8	11	12
25.0 and above less than 40.0	6	9	10
40.0 and above less than 63.0	6	8	8
63.0 and above less than 100	5	7	7

အခန်း ၃.   ထုတ်လုပ်ခြင်း (FABRICATION)

၃.၁ WORKING (PROCESSING)

(၁) Steel ပစ္စည်းများ ထုတ်လုပ်ရာတွင်၊ ဒီဇိုင်းအရ လိုအပ်သည့် mechanical ဂုဏ်သတ္တိများ ကဲ့သို့သော ဝိသေသလက္ခဏာ (characteristics) များ ရရှိစေရမည်။ High-strength bolt အတွက် အပေါက်ဖောက်ရာတွင်၊ ဒီဇိုင်းတွင် သတ်မှတ်ထားသည့် joint strength ရစေမည့် အပေါက် အရည်အသွေးဖြစ်ရမည်။

(၂) အောက်ဖော်ပြပါ နံပါတ် ၁) မှ ၈) အထိ အချက်များနှင့်ကိုက်ညီအောင် ပြုလုပ်နိုင်ပါက၊ အထက်ပါ အပိုဒ် (၁) အား ပြေလည်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

၁) ဖြတ်တောက်မှု အစီအစဉ် (Cutting Plan (Plank Layout))

ပင်မ member တစ်ခု၏ cutting plan (plank layout) တွင် main stress ၏ လားရာနှင့် ကြိတ်သည့် (rolling) လားရာမှာ ယေဘုယျအားဖြင့် ထပ်တူကျရမည်။ ထိုလားရာ နှစ်ခု ထောင့်မှန်ကျသော်လည်း၊ ၎င်းတို့၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိများက ဒီဇိုင်းလိုအပ်ချက်နှင့် ကိုက်ညီပြေလည် နေပါက ထိုကန့်သတ်ချက်နှင့် မသက်ဆိုင်ပါ။

၂) အမှတ်အသားပြုလုပ်ခြင်း (Marking)

အမှတ်အသားပြုလုပ်ခြင်း လုပ်ငန်းဆောင်ရွက်ရာတွင်၊ ယေဘုယျအားဖြင့် ဖောက်ရာ၊ ထွင်းရာ အမြဲထင်ကျန်နိုင်မည့် နေရာမျိုး၌ ဆောက်၊ ဖောက်စက်တို့ဖြင့် အရာပေးခြင်း၊ အပေါက်ဖောက်ခြင်းတို့ မပြုလုပ်ရပါ။

၃) Section ဖြတ်ခြင်း (Dissection)/ဖြတ်တောက်ခြင်း (Cutting)/စောင်းချိုးခြင်း (Groove face)

က) ပင်မ member ကို ဖြတ်တောက်ရာတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် automatic gas cutting နည်းဖြင့် ဖြတ်ရမည်။ အချက် (ခ) တွင် ဖော်ပြထားသော အရည်အသွေးများ ရရှိပါက၊ plasma-arc cutting နည်းလမ်းနှင့် laser cutting နည်းလမ်းတို့ကဲ့သို့သော automatic cutting နည်းများကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

ခ) ဖြတ်တောက်ခြင်း၊ ကျောက်စက်စားခြင်း (Cutting/grinding) နှင့် စောင်းချိုးခြင်း (groove face) တို့၏ အရည်အသွေးများသည် ဇယား ၃-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည် ထက်

ကျော့်လွန်စေရမည်။

Table 3-1 Quality of Dissection/Cutting Surface

Type of member	Main member	Secondary member
Max. surface roughness	50µmRy or less	100µmRy or less
Notch depth	There shall be no notch	1 mm or less
Slag	Although slag clumps are dotted around and attached, they can be easily exfoliated without leaving any marks.	
Upper edge melt	The one that is slightly rounded but in a smooth state	

Note:

1) The maximum surface roughness shall be the maximum height of the surface roughness stipulated in JIS B 0601.
2) The notch depth is referred to as the depth from the upper edge of the notch to the valley.
3) In case of cutting, it shall be 50 µmRy or less.
   i) The filler, tie-plate, shaped steel, gusset plate with its plate thickness of 10 mm or less, stiffener, etc., may be cut by shear. However, when there are extreme shoulder losses, burrs or irregularities, etc., on the line of the cutting plane, a smooth finish shall be achieved by performing edge planning or grinder finishing until these are removed. The quality of the finished surface in this regard shall be superior to the qualities shown in Table 3-1.
   ii) The chamfer shall be applied to the corner of the cross-section that will become a free edge after assembly in a main member that will be coated.

၄) အပေါက်ဖောက်ခြင်း (Hole Making)

က) Bolt-hole diameter

Bolt hole ၏ အချင်း များကို ဇယား ၃–၂ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 3-2 Diameter of Bolt Hole

Nominal designation of bolt	Diameter of bolt hole (mm)	
	Friction/tension connection	Bearing connection
M20	22.5	21.5
M22	24.5	23.5
M24	26.5	25.5

ခ) Bolt Hole အချင်းအတွက် လက်သင့်ခံနိုင်သော ကွာဟချက် (Permissible Variation)

Bolt hole တစ်ခု၏ အချင်းအတွက် permissible variation ကို ဇယား ၃–၃ တွင်

ဖော်ပြထားသည်။ Friction grip connection တွင်၊ bolt group (အုပ်စုတစ်စု) ၏ 20% ကိုသာ +1.0mm အထိ ကွာဟခွင့်ပြုနိုင်သည်။

Table 3-3 Permissible Variation of the Diameter of Bolt Hole

Nominal designation of bolt	Permissible variation of diameter of bolt hole (mm)	
	Friction/tension connection	Bearing connection
M20	+0.5	±0.3
M22	+0.5	±0.3
M24	+0.5	±0.3

ဂ) Bolt hole အပေါက်ဖောက်ခြင်း

Bolt hole ကို သတ်မှတ်ထားသည့် အချင်းအတိုင်း အပေါက်ဖေါက်ရာတွင် drill ဖြင့်ဖြစ်စေ၊ drill နှင့် reamer ၂မျိုး ပေါင်းစပ်၍ဖြစ်စေ ဖောက်ရမည်။ သို့သော် သံပြားအထူ 16 mmနှင့် အောက်ငယ်သော secondary member များ၏ အသားပေါ်တွင် အပေါက်ဖောက်ရာတွင်မူ punching နည်းကို သုံးရမည်။

မတပ်ဆင်မီ ပင်မအစိတ်အပိုင်းပေါ်တွင် သတ်မှတ်အချင်းအတိုင်း အပေါက် ဖောက်သည့် အခါ ယေဘုယျအားဖြင့် template ကို သုံးရမည်။ သို့သော် NC (Numeric Control) drill ကို သုံးသည့်အခြေအနေများတွင်၊ ဤကန့်သတ်ချက်နှင့် မသက်ဆိုင်ပါ။

အပေါက်ဖောက်ပြီးနောက် အပေါက်တစ်ဝိုက်ကို ချောအောင် ပြန်ဖွဲ့ထုတ် စားပေးရမည်။

၅) အပူမပါဘဲ ပုံသွင်းခြင်း (Cold-Forming)

ပင်မ memberကို cold bending (အပူမပါဘဲ ကွေးခြင်း) လုပ်သည့်အခါ၊ steel ၏ ဝိသေသလက္ခဏာများနှင့် အရည်အသွေးများသည် JHBS Vol.2, section 1.6 ပါ သတ်မှတ်ချက်များအတိုင်း ဖြစ်စေရမည်။

၆) အပူဖြင့် ပုံသွင်းခြင်း (Hot-Forming)

Hot-forming ကို Quenched and tempered steel (Q) နှင့် thermo-mechanical control process steel (TMC) တို့တွင် ယေဘုယျအားဖြင့် ပြုလုပ်၍ မရပါ။

၇) Strain ဖယ်ရှားခြင်း (Strain removal)

က) ဂဟေဆော်ခြင်းကြောင့် ဖြစ်သည့် member များ ပုံသဏ္ဍာန် ပျက်ယွင်းခြင်း (deformation) ကို press သို့မဟုတ် gas flame heating နည်းဖြင့် ပြန်လည်ကုစားရမည်။

ခ) Gas flame ဖြင့် အပူပေးခြင်းနည်း၊ အအေးခံခြင်းနည်းတို့ဖြင့် ပြန်လည် ကုစားသည့် အခါ ရှိရမည့် steel မျက်နှာပြင်အပူချိန်များကို ဇယား ၃–၄ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 3-4 Surface Temperature of Steel during Linear Heating by Gas-Flame Heating Method and Cooling Method

Steel type		Surface temperature of steel	Cooling method
Quenched and tempered steel (Q)		750℃ or less	Air-cooling (or water-cooling at 600℃ or less after air-cooling)
Thermo-mechanical control process steel (TMC)	*Ceq* > 0.38	900℃ or less	Air-cooling (or water-cooling at 500℃ or less after air-cooling)
	Ceq ≤ 0.38	900℃ or less	Water-cooling or air-cooling immediately after heating
Other steel		900℃ or less	Avoiding water cooling from the red heat state

$$\mathrm{Ceq} = \mathrm{C} + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} + \left(\frac{Cu}{13}\right)(\%)$$

အထက်ပါ ညီမျှခြင်းတွင် (   ) ထဲတွင် ဖော်ပြထားသော အပိုင်းမှာ Cu≥ 0.5% ဖြစ်သည့်အခါ ထည့်တွက်ရမည်။

၈) ဆောက်လုပ်တပ်ဆင်မှု (Erection) အပြီးမသတ်ခင်၊ ယာယီတပ်ဆင်မှုတွင် actual members များ ပေါင်းစပ်၍ bolt hole ၏ အပေါက်အရွယ်အစားတိကျမှုကို စစ်ဆေးခြင်း၊ members များအကြားတွဲဆက်ခြင်း (connection) ကို စစ်ဆေးခြင်းများ ဆောင်ရွက်ရမည်။

က) Bolt hole များ ပုံပျက်ခြင်း၊ တွန့်လိမ်ခြင်း

Bearing ဖြင့် ဆက်သည့် အစိတ်အပိုင်းများတွင် အပေါက်၏ ပုံပျက်ခြင်း (တွန့်လိမ်/လည်ခြင်း) မှာ အများဆုံး 0.5 mm သာ ရှိရမည်။

ခ) Bolt hole ၏ penetration rate နှင့် stop rate

Bolt hole တစ်ခုတွင် penetration gauge မှ penetration rate နှင့် stop gauge မှ stop rate တို့သည် ဇယား ၃–၅ တွင် ဖော်ပြထားသော တန်ဖိုးများကို ပြေလည်ရမည်။

Table 3-5 Penetration Rate and Stop Rate of Bolt Hole

	Nominal designation of screw	Diameter of penetration gauge (mm)	Penetration rate (%)	Diameter of stop gauge (mm)	Stop rate (%)
Friction/tension connection	M20	21.0	100	23.0	80 or more
	M22	23.0	100	25.0	80 or more
	M24	25.0	100	27.0	80 or more

Bearing connection	M20	20.7	100	21.8	100
	M22	22.7	100	23.8	100
	M24	24.7	100	25.8	100

၁) Plank layout

Rolling direction (ကြိတ်သည့်လားရာ) နှင့် ၎င်းကို ထောင့်မှန်ကျသည့် လားရာတို့အကြား mechanical ဂုဏ်သတ္တိခြားနားခြင်းသည် tensile strength နှင့် yield point တို့အရကြီးကြီးမားမား မရှိပါ။ သို့သော် ထောင့်မှန်ကျလားရာဘက်တွင် ဖြစ်သော ရှည်ထွက်လာမှု (elongation) သည် rolling direction ဖြစ်သော elongation ထက် 10% မှ 15% ပို၍ နည်းပြီး၊ ကျုံ့ဝင်မှု (reduction) သည် 5% မှ 15% ပို၍ နည်းသည်။ ထို့ပြင် ထောင့်မှန်ကျလားရာဘက်တွင် ရှိသော Charpy absorption energy သည် rolling direction တွင် ဖော်ပြထားသည်ထက် တစ်ဝက်သာရှိသည့် အခြေအနေများလည်း ရှိသည်။ အေးသောဒေသတွင် အသုံးပြုရာ၌၊ ယူဆထားသည့် transition temperature ခြားနားမှုမှာ 10°C နှင့်အထက် ရှိသောကြောင့်၊ plank layout တွင် ပင်မ member တစ်ခု၏ main stress လားရာနှင့် rolling direction တို့မှာ ယေဘုယျအားဖြင့် ထပ်တူညီအောင် ပြုလုပ်ရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။ သို့သော် connection plate ကဲ့သို့ ဂဟေမဆော်သည့် အစိတ်အပိုင်းများတွင်မူ ဤကန့်သတ်ချက်နှင့် မသက်ဆိုင်ပါ။

သတ်မှတ်ထားသော mechanical ဂုဏ်သတ္တိများသည် rolling direction အား ထောင့်မှန်ကျသည့် လားရာဘက်တွင် ပြေလည်နေပါက၊ main stress ၏ လားရာကို ထောင့်မှန်ကျသည့် လားရာအတိုင်း တူညီအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

၂) အရာပေးခြင်း (Scratching)

Tensile strength များသော အပိုင်း သို့မဟုတ် ဝန် (load) ထပ်တလဲလဲ ကျရောက်သော အပိုင်းများတွင် အပြစ်အနာအဆာ ရှိပါက၊ အသေးအဖွဲ (minor flaw) ပင်ဖြစ်သော်လည်း၊ yield strength လျော့နည်းလာနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ဤကန့်သတ်ချက်ကို ဖော်ပြထားခြင်း ဖြစ်သည်။

Erection လုပ်ရန် assembly အမှတ်အသားကို member ပေါ်၌ တိုက်ရိုက် မှတ်သားသည့်အခါ၊ ဆောက်ဖြင့်ထွင်း၍ အရာပေးခြင်းမျိုးကို တတ်နိုင်သမျှ ရှောင်ရှားပြီး၊ member ၏ အရည်အသွေးကို ထိခိုက်မှုမရှိစေသည့် နည်းလမ်းကိုသုံးရမည်။ ဆောက်ဖြင့် ထွင်းရခြင်းကို မဖြစ်မနေ ပြုလုပ်ရလျှင်လည်း၊ ပြီးဆုံးသည်အထိ အပြစ်အနာအဆာများ မဖြစ်ပေါ်အောင် ကာကွယ်ဆောင်ရွက်

ရမည်။ Stressများ စုစည်းနေသော နေရာ၊ သို့မဟုတ် tensile force များသော နေရာများကို ရှောင်ရှားရမည်။

သို့သော်လည်း Identification လုပ်ရန်အတွက် stress နည်းသည့် အမှတ်အသားများ ထွင်းရာတွင်မူ ဤဖော်ပြချက်သည် အကျုံးမဝင်ပါ။

၃) Section ဖြတ်ခြင်း (Dissection) / ဖြတ်တောက်ခြင်း (Cutting)

Steel plate ကို ဖြတ်တောက်သည့် နည်းလမ်းများတွင် gas cutting နည်း နှင့် shear နည်းလမ်းတို့ ပါဝင်သည်။ သံပြား (plate) ၏အထူ သိပ်မများသော အခြေအနေတွင် shear နည်းကို အသုံးပြုပြီး၊ ပင်မ member ၏ cross section ၏အရည်အသွေး သေချာစေရန် စဉ်းစားသည့်အခါ၊ automatic gas cutting နည်းလမ်းကို သုံးရန် သတ်မှတ်ထားသည်။

Shear နည်းလမ်းကို အသုံးပြုသည့်အခါ၊ ပုခုံးသား အလွန်အမင်း လျော့နည်းလာခြင်း၊ တွန့်လိမ်ခြင်း တို့ ဖြစ်ပါက၊ material အစိတ်အပိုင်းတို့၏ တွဲဆက်မှု adhesion degree လျော့နည်းစေခြင်းနှင့် load ထမ်းနိုင်စွမ်း လျော့ကျစေခြင်း စသည့် ပြဿနာများ ရှိလာနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် အချောသတ်ခြင်း ပြုလုပ်ပေးရမည်။

Steel member တစ်ခု၏ cross section ၌ မပြုပြင်ထားသော ထောင့်စွန်းနေရာသည် မတ်လွန်းပါက (sharp angle ဖြစ်လွန်းပါက) ၊ မည်သည့် coating နည်းလမ်းကို သုံးစေကာမူ၊ coated အလွှာသည် ပါးလွှာလာလိမ့်မည်။ ထို့ကြောင့် coating သက်တမ်း ကြာရှည်ခံစေရန်အတွက်၊ ပင်မ member တစ်ခု၏ လွတ်နေမည့်အစွန်းကို အနားစောင်းလုပ်ရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။ အနားစောင်း လုပ်ရမည့် အရွယ်အစားသည် 1mm ခန့် ထားရှိသင့်သည်။

သံချေးတက်ခြင်းနှင့် လှိုက်စားခြင်း (corrosion) ကို ရေရှည်ကာကွယ်ပေးသည့် coating စနစ်ကို သုံးသည့်အခါ မျက်နှာပြင်ကို အကွေးအဝိုက်ဖြစ်အောင် အချောသတ်မှု ပြုလုပ်သင့်သည်။

ထို့ပြင် coating နည်းမဟုတ်ဘဲ၊ အခြားသော သံချေးတက်ခြင်းနှင့် ပျက်စီးခြင်း (corrosion) ကို ကာကွယ်သော နည်းလမ်းကိုသုံးပါက ဖြတ်ထားသည့် အစွန်းကို လိုအပ်ချက်နှင့် ကိုက်ညီသည့် နည်းလမ်းနှင့် ပြုပြင်ရမည်။

ဖြတ်တောက်မှုလုပ်သည့်အခါ၊ ဖြတ်တောက်လိုက်သည့် မျက်နှာပြင်၏အရည်အသွေးမှာ ဇယား ၃–၁ တွင်၊ အမြင့်ဆုံး မျက်နှာပြင် ကြမ်းတမ်းမှု (maximum surface roughness) 50 μmRy နှင့်အောက်ရှိရမည် ဟုသတ်မှတ်ထားသည်။ ဇယား ၃–၁ တွင် secondary member အတွက် surface roughness ကို 100 μmRy အထိ လက်ခံထားကြသော်လည်း၊ ယခုလက်ရှိ လုပ်ကိုင်နေကြသည့်

နည်းလမ်းများအရ၊ cutting လုပ်ထားသော မျက်နှာပြင်ကို maximum surface roughness 50 μmRy နှင့်အထက် ရရှိအောင် အချောသတ်ရန် ခက်ခဲခြင်းနှင့် ရောထွေးမှု မဖြစ်စေလိုသော ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့်၊ roughness တန်ဖိုးကို 50 μmRy ဟုသာ ကန့်သတ် သတ်မှတ်ထားပါသည်။

၄) အပေါက်ဖောက်ခြင်း (Hole Making)

လျှော့ရမည့် အပေါက်အကျယ် (cross-sectional deduction) ကို nominal diameter တွင် 3 mm ပေါင်းရမည်ဟု ဒီဇိုင်းတွင် ဖော်ပြထားသည့်အတွက်၊ permissible variation 0.5mm ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး၊ Friction connection အတွက် အပေါက်အကျယ်ကို nominal diameter တွင် 2.5mm ပေါင်းရန် သတ်မှတ်သည်။ သို့သော်လည်း လက်တွေ့ဆောက်လုပ်ရေးအတွက် မလွဲမရှောင်သာ စဉ်းစားရမည့် အောက်ပါအခြေအနေများတွင်၊ nominal diameter တွင် 4.5mm အထိပေါင်းရသော enlarged hole ကို ပြုလုပ်နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် joint ၏ စိတ်ချရမှုကို ဒီဇိုင်းတွင် cross-sectional deduction (အပေါက်ကျယ်၏အချင်းတွင် 0.5 mm ပေါင်း၍) ဖြင့် တစ်ခါပြန်၍ စစ်ဆေးပေးရမည်။

က) ပေါင်းစပ်ဖွဲ့စည်းထားသော member များကို ဖောက်ရန် ခက်ခဲသည့်အခါ

-ဒေါင်လိုက် အနေအထားရှိသော သံကိုင်း အဆက် (Box-section member ၏ longitudinal rib joint)

- Steel deck bridge ၏ longitudinal rib joint

ခ) Member တစ်ခုသည် ယာယီတပ်ဆင်စဉ်အခါက stress ၏အခြေအနေ နှင့် လက်တွေ့ erection လုပ်သည့်အခါ (erection နည်းလမ်းပေါ်မူတည်၍) တွင် မတူညီသည့်အခါ

- ပင်မ ယက်မ (Main girder) နှင့် steel deck bridge ၏ steel deck အား ချိတ်ဆက်သည့် longitudinal rib joint

ဂဟေသားနှင့် တင်းအားမြင့်သော မူလီ (high-tension bolt)၏ friction connection နေရာတွင် enlarged hole ကို သုံးပါက Section 17.6, 'Combined work of the weld and the high-tension bolt friction connection in a member that mainly receives a bending moment' အား ကိုးကားပြီး၊ အထူး သတိထားလုပ်ဆောင်ရမည်။

Bearing connection (bearing အဆက်တွင်) အပေါက်၏ အတိုင်းအတာ တိကျခြင်းသည် တပ်ဆင်နေရာချသည့် လုပ်ငန်း၏ ခက်ခဲမှု အတိမ်အနက်အပေါ် များစွာ သက်ရောက်မှု ရှိသည်။

အတိုင်းအတာတိကျခြင်း (precision) နှင့် ပတ်သက်သည့် ကန့်သတ်ချက်များကို လက်တွေ့လုပ်ငန်း များ ဆောင်ရွက်ရာတွင် allowable limit အဖြစ် သတ်မှတ်ထားသည်။

တံတား၏ အစိတ်အပိုင်း (member) တစ်ခုကို အပေါက်ဖေါက်ရာတွင်၊ သတ်မှတ်ထားသောအချင်းအတိုင်း တစ်ခါတည်း ဖောက်သည့် နည်းလမ်းရှိသည်။ ထို့ပြင် ပထမဦးစွာ ယာယီအပေါက်ဖောက်ပြီး၊ နောက်မှ သတ်မှတ်အကျယ်အတိုင်း reaming လုပ်သည့် နည်းလမ်းလည်း ရှိသည်။ ၎င်းနည်းတွင် erection မတိုင်ခင်၊ တကယ့် member များကို ပေါင်းစပ်တပ်ဆင်သည်။ ဖော်ပြပါနည်းလမ်း ၂မျိုးစလုံးတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် drill ကို သုံးကြသည်။

Erection မလုပ်ခင် သတ်မှတ်အကျယ်အတိုင်း အပေါက်ဖောက်သည့်အခါ၊ precision သည် အရေးကြီးသည်။ ထို့ကြောင့် ပင်မ member များတွင် template သုံး၍ အပေါက်ဖောက်ရန် သတ်မှတ်ထားသည်။ Punching နည်းဖြင့် အပေါက်ဖေါက်ခြင်းသည် ထိရောက်သော်လည်း၊ ၎င်းနည်းသည် အပေါက်ပတ်ပတ်လည်တွင် ထိခိုက်ပျက်စီးမှု ဖြစ်စေသည်။ ထို့ကြောင့် punching နည်းကို သံပြားအထူ 16mm နှင့် အောက်ငယ်သော secondary member များအတွက်သာ သုံးရန် ခွင့်ပြုထားသည်။ သံပြားအထူ 16mm ကျော်သည့် material အစိတ်အပိုင်းများတွင် punching နည်း သုံးသည့်အခါ၊ construction test တစ်ခုခုဖြင့် joint ၏ စွမ်းဆောင်ရည်ကို စစ်ဆေးရမည်။ အပေါက်တစ်ဝိုက်မှ အနာအဆာများသည် material အစိတ်အပိုင်းများ၏ တွဲဆက်မှုကို အဟန့်အတားဖြစ်စေနိုင်ပြီး၊ bolt ၏ လည်ပင်းတွင် အက်ကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သည့်အတွက် အနာအဆာများကို grinder ဖြင့် စားပေးရမည်။

၅) အအေးခံ၍ ပုံသွင်းခြင်း (Cold-working)

Cold-working လုပ်ရာတွင် steel ၏ တောင့်တင်းခိုင်မာမှု (toughness) ကို လျော့နည်းစေခြင်း၊ အက်ကြောင်းများ ဖြစ်စေခြင်းတို့ ဖြစ်နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် primary member ပေါ်တွင် cold-working လုပ်ဆောင်ရန် လိုအပ်ပါက၊ Vol.2, JHBS ၏ Section 1.6 အရ သင့်လျော်သော steel ကို ရွေးချယ်ရမည်။ ထို့ပြင် steel ၏ ဝိသေသလက္ခဏာများ (mechanical ဂုဏ်သတ္တိများစသည်) မထိခိုက်စေရန်အတွက်၊ နေရာကွက်၍ ပုံသဏ္ဍာန်ပျက်ယွင်းခြင်း ကြီးကြီးမားမား (large deformation locally) မဖြစ်ပေါ်စေရန် ဆောင်ရွက်ချက်များ ပြုလုပ်ရမည်။

ထို့ပြင် Bending work လုပ်ဆောင်ရာတွင် အောက်ဖော်ပြပါအချက်များကို ပြေလည်စေရမည်။

က) အပြစ်အနာအဆာ၊ Notch ဖြစ်မလာစေရန် အလုပ်မစခင်တွင် press blade နှင့် cradle များကို သေချာ သန့်ရှင်းရေးလုပ်ရမည်။ ကွေးသော အပိုင်း၏ အစွန်း (edge of bent portion) ကို အနားစောင်းထိုးရာ အနည်းဆုံး (minimum chamfer) 0.1t ထားရမည်။

ခ) ကွေးမည့် steel plate ၏ အပြင်ဘက်ကို မကွေးရသေးခင် punching မလုပ်ရပါ။ ထုတ်လုပ်မှု အပိုင်းတွင် လိုအပ်သည့်၊ distortion ကို ကြိုတင်သတ်မှတ်ရာတွင် ဤကန့်သတ်ချက်သည် အကျုံးမဝင်ပါ။

၆) အပူဖြင့်ဆောင်ရွက်သော လုပ်ငန်း (Hot-working)

Quench hardening နှင့် metal tempering လုပ်ထားပြီးသည့် quenched-and-tempered steel (Q) ကဲ့သို့သော steel ကို hot-working လုပ်ရန်အတွက် tempering လုပ်ဆောင်သည့်အခါ အပူချိန် (650°C) ထက် ကျော်လွန်ပြီး အပူပေးပါက heat treatment လုပ်စဉ်က ရရှိခဲ့သော ဂုဏ်သတ္တိများ ဆုံးရှုံးသွား ပေလိမ့်မည်။ ထို့ကြောင့် Hot-working လုပ်ငန်း လုပ်ဆောင်ရာတွင် ထိုအချက်ကို ရှောင်ရမည်။

Quenched-and-tempered steel ကို အပူချိန်အမျိုးမျိုးဖြင့် အပူပေးပြီး၊ လေဖြင့် အအေးခံသည့်အခါ ဖြစ်ပေါ်လာသော mechanical ဂုဏ်သတ္တိများ ပြောင်းလဲမှုကို ပုံ ၃-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

သတ္တုတစ်ခုကို temper လုပ်သည့် အပူချိန်ထက် ကျော်လွန်၍ အပူပေးပါက ၎င်း၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိများ လျော့နည်းလာမှုကို ဤပုံတွင် တွေ့နိုင်သည်။

Thermal mechanical control process steel (TMC) များတွင် hot-working လုပ်ခြင်းကို ရှောင်ရှားရမည်။

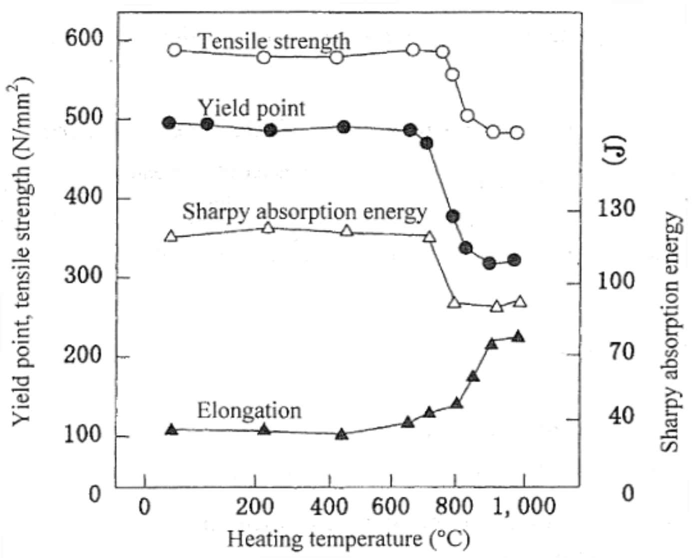


Figure 3-1 Changes of Mechanical Properties by Heating Quenched-and-Tempered Steel

၇) Strain ဖယ်ရှားခြင်း (Strain Removal)

Gas flame သုံး၍ Strain ကိုပြုပြင်သည့် အခြေအနေများအတွက်၊ သတ်မှတ်ချက်များ ပြဋ္ဌာန်းထားပါသည်။ Japan Welding Engineering Society ၏ လေ့လာမှုကို အခြေခံ၍ thermal mechanical control process steel (TMC) အတွက် အခြေအနေများကို သတ်မှတ်ထားခြင်း ဖြစ်သည်။

၈) ယာယီတပ်ဆင်ရာတွင် bolt hole များ၏ အတိုင်းအတာ တိကျမှု (Precision)

Bearing connection တွင် အပေါက်များ၏ အတိုင်းအတာ တိကျမှုတန်ဖိုးသည် အပေါက်များ နေရာချထားမှု ခက်ခဲမှုအတိမ်အနက်အပေါ် များစွာသက်ရောက်မှုရှိသည့်အတွက်၊ အပေါက်ပုံသဏ္ဌာန် ပျက်ယွင်းမှု နှင့်ပတ်သက်၍ တိကျပြတ်သားသည့် တန်ဖိုးများကို သတ်မှတ်ပြဋ္ဌာန်းထားသည်။ Friction connection တွင်မူ joint ၏ စွမ်းဆောင်ရည်မှာ အပေါက်ပုံပျက်ယွင်းခြင်းကြောင့် ထူးထူးခြားခြား ပြဿနာ တစ်စုံတစ်ရာ မရှိသည့်အတွက်၊ bolts ထည့်သွင်းခြင်းကို penetration gauge ဖြင့် စစ်ဆေးနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ဤအပိုင်းကို ၁၉၉၀ ခုနှစ်၊ ပြန်လည်သုံးသပ်ချက်တွင် ချန်လှပ်ခဲ့သည်။ Bolt ထည့်သွင်းစဉ် screw thread ကို ထိခိုက်မှု မရှိစေရန်၊ penetration gauge အချင်းကို bolt ၏ nominal diameter တွင် 1mm ပေါင်းရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။ အထက်ပါ အချက် ၄) တွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း လက်တွေ့တည်ဆောက်ရေးတွင် မလွှဲမရှောင်သာ သော အကြောင်းများကြောင့် friction connection ၌ nominal diameter အပေါင်း 4.5mm အထိရှိသည့်

enlarged bolt များကို သုံးသည့်အခါ ရှိရမည့် penetration rate နှင့် stop rate တို့ကို ဇယား ၃-၆ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

ထို့ပြင် Erection site တွင် ယာယီတပ်ဆင်မှုပုံစံအတိုင်း ပုံစံတူ တည်ဆောက်သည့်အတွက်၊ erection method အပေါ် မူတည်ပြီး၊ main girder သို့မဟုတ် main structure ပေါ် သွားရောက် တပ်ဆင်ရန်၊ လေဝင်ပေါက် (vent) သုံးရန်မလိုသည့် pilot hole တစ်ခု ထည့်သွင်းသင့်သည်။

Table 3-6 Penetration Rate and Stop Rate When Enlarged Hole is used

Diameter of penetration gauge (mm)	Penetration rate (%)	Diameter of stop gauge (mm)	Stop rate (%)
d_0 +1.0	100	d_1 +0.5	80 or more

d_0 : Nominal bolt diameter (mm) d_1 : Enlarged bolt diameter (mm)

၃.၂ ဂဟေဆော်ခြင်း (WELDING)

၃.၂.၁ ဂဟေဆော်ခြင်းအထွေထွေ

Joint တစ်ခုချင်းစီအတွက် လိုအပ်သော ဂဟေအရည်အသွေး (weld quality) ကို ရရှိစေရန်၊ အောက်တွင် ဖော်ပြထားသော အချက်များကို သေချာစွာ စဉ်းစား၍၊ ဂဟေဆော်ခြင်းလုပ်ငန်းများကို မှန်ကန်စွာ လုပ်ဆောင်ရမည်။

၁။ သံမဏိ (Steel)၏ အမျိုးအစားနှင့် ဝိသေသလက္ခဏာများ

၂။ Welding consumable အမျိုးအစားနှင့် ဝိသေသလက္ခဏာများ

၃။ ဂဟေဆော်သူ၏ အရည်အချင်းပြည့်မီမှု

၄။ Joint တစ်ခု၏ အတိုင်းအတာ တိကျမှုနှင့် ပုံသဏ္ဍာန်

၅။ Welding condition နှင့် စက်ကိရိယာပစ္စည်း

၆။ ဂဟေဆော်ခြင်း အတွက် အခြေအနေများနှင့် စဉ်းစားရမည့်အချက်များ

၇။ Weld zone များကို စစ်ဆေးခြင်း လုပ်ငန်းစဉ်

၈။ စံချိန်စံညွှန်းနှင့် မကိုက်ညီသော ပစ္စည်းများအား ပြုပြင်မှု (Treatment)

Welding joint တွင် တေ့ဆက် (butt joint), T joint, corner joint, lap joint စသည်တို့ ပါဝင်သည်။ ခံနိုင်ရည်ရှိမှု (strength), တောင့်တင်းမှု (stiffness) နှင့် ခိုင်မာမှု(rigidity) အတွက်၊ လိုအပ်သော ဂဟေ၏ အရွယ်အစားနှင့် ပုံသဏ္ဍာန်ကို ဂဟေသင်္ကေတဖြင့် design drawing တွင် ဖော်ပြထားသည်။ သို့သော် ဂဟေဖြင့် ဆက်ထားသည့် အဆက် (welded joint) တစ်ခု၏ performance ကို ဂဟေသင်္ကေတများ၏ ဖော်ပြချက် တစ်ခုတည်းဖြင့် မဆုံးဖြတ်နိုင်ပါ။ ၎င်း performance သည် သက်ဆိုင်ရာ လုပ်ငန်းစဉ်များ၊ အပြစ်အနာအဆာများရှိမှု စသည်တို့နှင့် ဆက်စပ်သည့် သတ္တုဗေဒ ဂုဏ်သတ္တိ (metallurgical properties) များပေါ်တွင် ကျယ်ကျယ်ပြန့်ပြန့် မူတည်ပြီး ပြောင်းလဲနေသည်။ ထို့ပြင် welding joint ကို ဂဟေလိုင်းများအားလုံးတွင် သေချာပေါက် စစ်ဆေးနိုင်မည် မဟုတ်ဘဲ၊ လုပ်ငန်းပြီးဆုံးမှ welding အရည်အသွေး အပြည့်အဝ 100% ရရှိကြောင်း စစ်ဆေးအတည်ပြုရန်မှာလည်း ယေဘုယျအားဖြင့် မဖြစ်နိုင်ပါ။ ထိုအချက်များကြောင့် အင်ဂျင်နီယာ တွင် လိုအပ်သောအတွေ့အကြုံများ ပြည့်ဝနေပြီး၊ သင့်လျော်သော working instruction (အနိမ့်ဆုံးအားဖြင့် ဤအပိုဒ်တွင် ပြဋ္ဌာန်းထားသည့် အချက်များ ပါဝင်သည့်) ကို ရေးဆွဲပေးနိုင်သော

အသိပညာ၊ အတွေ့အကြုံများ လုံလုံလောက်လောက်ရှိရန် အရေးကြီးသည်။ ထို့ပြင် joint အတွက် သင့်လျော်သည့် အရည်အသွေး ရရှိရန်၊ work instruction နှင့်အညီ မှန်မှန်ကန်ကန် လုပ်ဆောင်ရန်မှာလည်း ထပ်တူထပ်မျှ အရေးကြီးသည်။

လိုအပ်သည့် ဂဟေအရည်အသွေးရရန်၊ အနည်းဆုံး မဖြစ်မနေ စစ်ဆေးရမည့် အချက်အလက်များကို ဤအခန်းတွင် သေချာစွာ ဖော်ပြထားသော်လည်း၊ ဂဟေအရည်အသွေး သည် ဂဟေဆော်သူ၏ အရည်အချင်းနှင့် စိတ်ဝင်စားမှု၊ သတိရှိမှုအပေါ်တွင်လည်း အတိုင်းအတာတစ်ခု အထိ မူတည်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် လုပ်ငန်းတွင် ပါဝင်ပတ်သက်သူများသည် သတ်မှတ်ပြဋ္ဌာန်းထားသည့် ညွှန်ကြားချက် (instruction) ပါ အချက်အလက်များကို ကြိုတင်၍ သေချာရှင်းလင်းစွာ သိနားလည်ထားရန် လိုအပ်ပါသည်။ ညွှန်ကြားချက်နှင့်အညီ လုပ်ကိုင်နိုင်ရန်အတွက်၊ joint များ၏ အရေးကြီးပုံနှင့် လုပ်ကိုင်ရ ခက်ခဲသည့်အခြေအနေ စသည်တို့ကို အပြည့်အဝ ထည့်သွင်းစဉ်းစားထားသည့်၊ လုပ်ငန်း အရည်အသွေး ထိန်းချုပ်ရေးစနစ်နှင့် နည်းလမ်း (work control system and method) တစ်ခုကို ထူထောင်ရန်လည်း လိုအပ်သည်။ ထို့ပြင် သတ်မှတ်ထားသည့် ဂဟေဆော်ခြင်း လုပ်ငန်းစဉ် (welding performance procedure) အတိုင်း ဂဟေဆော်ခြင်းကို မှန်မှန်ကန်ကန် ဆောင်ရွက်ထားကြောင်း ပြသမည့်နည်းလမ်းကိုလည်း ကြိုတင်ဆုံးဖြတ်ထားရမည်ဖြစ်သည်။

၃.၂.၂ Welding Consumables

(၁) ဂဟေဆော်မည့် steel ၏ အမျိုးအစားပေါ် မူတည်ပြီး၊ အသုံးပြုမည့် welding consumables (ဂဟေချောင်း၊ electrode စသည်) ကို ရွေးချယ်ရမည်။ Welding consumables တွင် joint တစ်ခု အတွက် လိုအပ်သော ပါဝင်ပစ္စည်းများနှင့် mechanical ဂုဏ်သတ္တိများ ရှိရမည်။

(၂) အောက်ဖော်ပြပါ အချက် ၁) မှ ၃) နှင့်အညီ ဂဟေဆော်ခြင်းကို ဆောင်ရွက်ပါက၊ အထက်ပါ အပိုဒ် (၁) ကို ပြေလည်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

၁) Welding consumable ခွဲခြားအသုံးပြုပုံများကို ဇယား ၃-၇ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 3-7 Division of Welding Consumables

	အသုံးပြုရမည့် Welding consumable အမျိုးအစားများ
Strength တူသော steel များကို ဂဟေ	Welding consumables ၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိသည် ဂဟေဆက်မည့် ပင်မ steel များ၏ သတ်မှတ်တန်ဖိုးများနှင့်

ဆက်ခြင်း	တူညီရမည်။ သို့မဟုတ် ပို၍မြင့်ရမည်။
Strength မတူသော steel များကို ဂဟေ ဆက်ခြင်း	Welding consumables ၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိသည် strength ပိုနိမ့်သည့် ပင်မ steel ၏ သတ်မှတ်တန်ဖိုးများနှင့် တူညီရမည်။ သို့မဟုတ် ပို၍မြင့်ရမည်။
Toughness တူညီသော steel များကို ဂဟေ ဆက်ခြင်း	Welding consumables ၏ Toughness သည် ပင်မ steel အတွက် လိုအပ်သော တန်ဖိုးများနှင့် တူညီရမည်။ သို့မဟုတ် ပို၍မြင့်ရမည်။
Toughness မတူညီ သော steel များကို ဂဟေ ဆက်ခြင်း	Welding consumables ၏ Toughness သည်၊ Toughness ပိုနိမ့်သည့် ပင်မ steel ၏ လိုအပ်သောတန်ဖိုးများနှင့် တူညီရမည်။ သို့မဟုတ် ပို၍မြင့်ရမည်။
Weathering steel နှင့် common steel များကို ဂဟေဆက်ခြင်း	Welding consumables ၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိ နှင့် Toughness သည် ပင်မ steel နှင့် တူညီရမည်။ သို့မဟုတ် ပို၍မြင့်ရမည်။
Weathering steel အချင်းချင်းကို ဂဟေ ဆက်ခြင်း	Welding consumables ၏ mechanical properties, Toughness နှင့် ရာသီဥတုဒဏ် ခံနိုင်ရည်ရှိမှုသည် ပင်မ steel များနှင့် တူညီရမည်။ သို့မဟုတ် ပို၍မြင့်ရမည်။

၂) အောက်ဖော်ပြပါအခြေအနေများတွင် low hydrogen type welding consumable ကို အသုံးပြုရမည်။

က) Weathering steel ကို ဂဟေဆက်သည့်အခါ၊

ခ) SM490 နှင့်အထက် steel ကို ဂဟေဆက်သည့်အခါ

၃) Welding consumable ကို ခြောက်သွေ့အောင် ပြုလုပ်ခြင်း

က) Welding consumable များကို သင့်လျော်မှန်ကန်စွာ သိုလှောင်သိမ်းဆည်း ထားကြောင်း အတည်ပြုပြီးမှသာလျှင် အသုံးပြုရမည်။

ခ) Submerged arc welding အတွက် Covered electrode နှင့် flux များ ကို ဇယား ၃–၈ နှင့် ဇယား ၃–၉ တို့တွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း ခြောက်သွေ့အောင် ထားရှိရမည်။

Table 3-8 Drying of Electrode

Electrode type	Dry condition of electrode	Drying temperature	Drying time
Covered-electrode for soft steel	Seal ခွာပြီးနောက် (ခြောက်သွေ့အောင် ထားရှိပြီးနောက်) ၁၂နာရီနှင့်အထက်ကြာသည့်အခါသို့မဟုတ် electrode သည် ရေငွေ့စုပ်ယူထားသည်ဟု ယူဆရသည့်အခါ	100 to 150 C	၁နာရီနှင့်အထက်
Low-hydrogen type of covered electrode	Seal ခွာပြီးနောက် (ခြောက်သွေ့အောင် ထားရှိပြီးနောက်) ၄ နာရီနှင့်အထက်ကြာသည့်အခါသို့မဟုတ် electrode သည် ရေငွေ့စုပ်ယူထားသည်ဟု ယူဆရသည့်အခါ	300 to 400 C	၁နာရီနှင့်အထက်

Table 3-9 Drying of Flux

Flux type	Drying temperature	Drying time
Fused flux	150 to 200C	1 hour or more
Bonded flux	200 to 250C	1 hour or more

အထက်ပါအချက် (၂) ၁) နှင့် ၂) တွင် welding materials ခွဲခြားအသုံးပြုပုံကို ဖော်ပြထားသည်။ Weathering steel နှင့် high-tensile steel တို့အတွက် covered electrode (ချော်စသည် အုပ်ထားသည့် ဂဟေချောင်း) စသည်ကို အသုံးပြုသည့်အခါ အက်ကွဲမှု ခံနိုင်ရည်ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး၊ low hydrogen type electrode ကိုသာ အသုံးပြုရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

အချက် ၃) တွင်မူ submerged arc welding အတွက် covered electrode နှင့် flux တို့၏ ခြောက်သွေ့မှု အခြေအနေ နှင့် အသုံးမပြုသေးဘဲ ထားရှိနိုင်သော ခွင့်ပြုချိန် (unattended time) စံချိန်စံညွှန်းများကို ဖော်ပြထားပါသည်။

Crack ဖြစ်ပေါ်နိုင်ခြေမရှိသည့် သံမဏိပျော့ (mild steel) တွင် အသုံးပြုရမည့် electrode ကို သုံးသည့်အခါ၊ ရေငွေ့အမြောက်အမြား စုပ်ယူမှုကြောင့် မျှော်လင့်မထားသည့် ချွတ်ယွင်းချက်များ ဖြစ်လာနိုင်သည့် အတွက်၊ drying issue သည် လျစ်လျူရှု၍ မရပါ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် Hydrogen ပါဝင်မှုနိမ့်သည့် (low hydrogen) electrode သည်၊ hydrogen အနည်းငယ်သာ ထုတ်လွှတ်ခြင်းနှင့် အက်ကွဲမှု ခံနိုင်အား(crack resistance) ကောင်းမွန်ခြင်း လက္ခဏာရပ်များရှိသည့် electrode ဖြစ်သည့်အတွက် ထိုလက္ခဏာရပ် များကို ထိခိုက်ပျက်စီးစေမည့် စီမံကိုင်တွယ်ပုံများကို ရှောင်ကြဉ်ကြရမည်။ Hydrogen ပါဝင်မှုနိမ့်သည့် electrode တွင်၊ စုပ်ယူထားသည့် ရေငွေ့များကို အပြည့်အဝဖယ်ရှားရန် လိုအပ်သည့် အခြောက်ခံရမည့် အပူချိန်နှင့် ကြာချိန်များကို သတ်မှတ်ပြဋ္ဌာန်းထားသည်။ ပုံ ၃-၂ နှင့် ၃-၃ တွင် အသုံးမပြုသေးဘဲ ထားရှိနိုင်သော ခွင့်ပြုချိန် (unattended time)၊ စုပ်ယူထားသည့် ရေငွေ့ (absorbed moisture) နှင့် hydrogen ပျံ့နှံ့မှုပမာဏ (diffusible hydrogen amount (HGC)) တို့၏ ဆက်သွယ်မှုတို့ကို ဖော်ပြထားသည်။

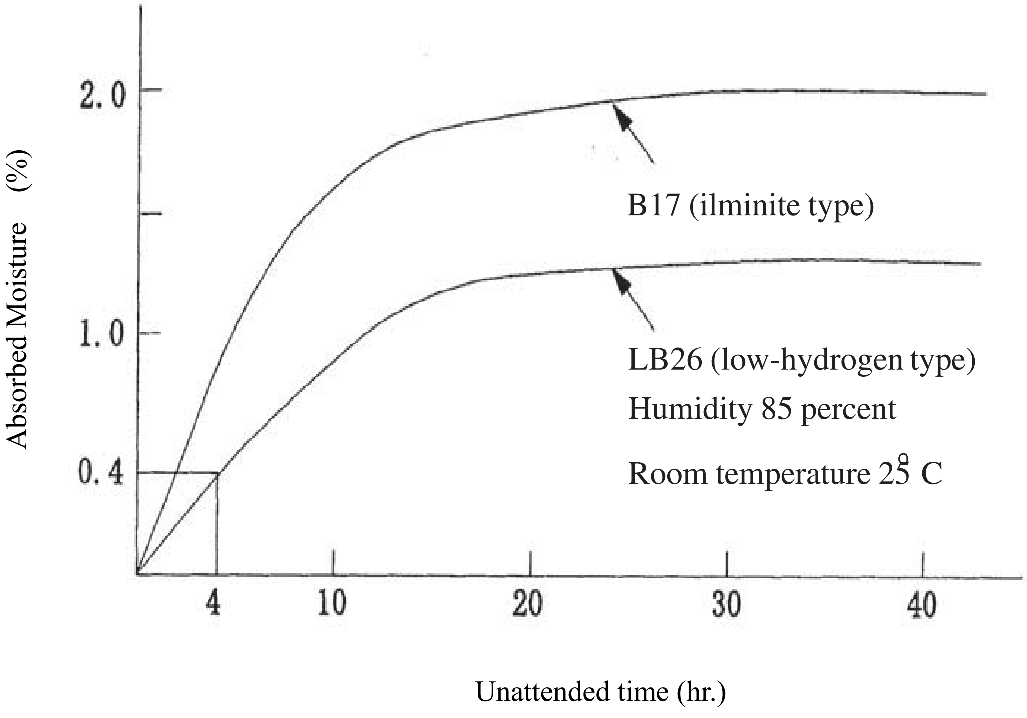


Figure 3-2 Relationship between Unattended Time **and Absorbed Moisture of Covered Electrode**

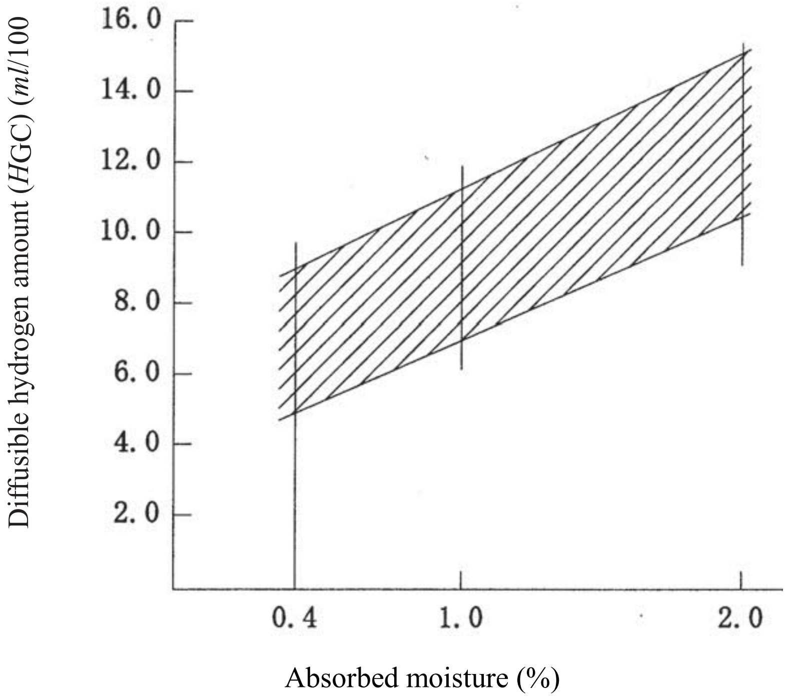


Figure 3-3 Relationship between Absorbed Moisture and Diffusible Hydrogen Amount of Covered Electrode

ဥပမာ hydrogen နိမ့်သည့် electrode တစ်ခုကို အခန်း အပူချိန် 25°C နှင့် စိုထိုင်းဆ (humidity) 85% အခြေအနေတွင် အချိန် ၄နာရီကြာ အသုံးမပြုသေးဘဲ ဒီအတိုင်း ထားလိုက်ပါက၊ ၎င်းစုပ်ယူထားမည့် ရေငွေ့မှာ 0.4% ခန့်ရှိနေမည်။ ထို့ပြင် စုပ်ယူထားသည့် ရေငွေ့တွင် ရှိသော hydrogen ပျံ့နှံ့မှုပမာဏသည် (HGC by the gas chromatographic method in JIS Z3118, ‘Method for Measurement of Amount of Hydrogen Evolved from Steel Welds’) 5 to 9ml/100g ကြားရှိနေမည် ဖြစ်သည်။ ဤကိန်းဂဏန်းများသည် JIS Z 3212, ‘Covered Electrodes for High-Tensile-Strength Steel’ တွင် ဖော်ပြထားသော hydrogen ပျံ့နှံ့မှုပမာဏ အားလုံးနှင့် ကိုက်ညီသည် (ဇယား ၃–၁၀ တွင် ကြည့်ပါ)။ D5016 series electrode များတွင် တိုင်းတာထားသည့် hydrogen ပျံ့နှံ့မှုပမာဏ ရလဒ်များကို ပုံ ၃–၄ တွင် ဖော်ပြထားသည်။ အထက်ပါ အချက်များကို အခြေခံ၍ Allowable unattended time ၄ နာရီ သည် သင့်လျော်သည် ဟု ယူဆထားကြသည်။

Table 3-10 Surface Diffusible Hydrogen Amount of Low Hydrogen Type Electrode

Type	Diffusible hydrogen amount by gas chromatographic method (*ml*/100 g)
D5016 D5026	15 or less
D5316 D5326	12 or less
D5816 D5826	10 or less

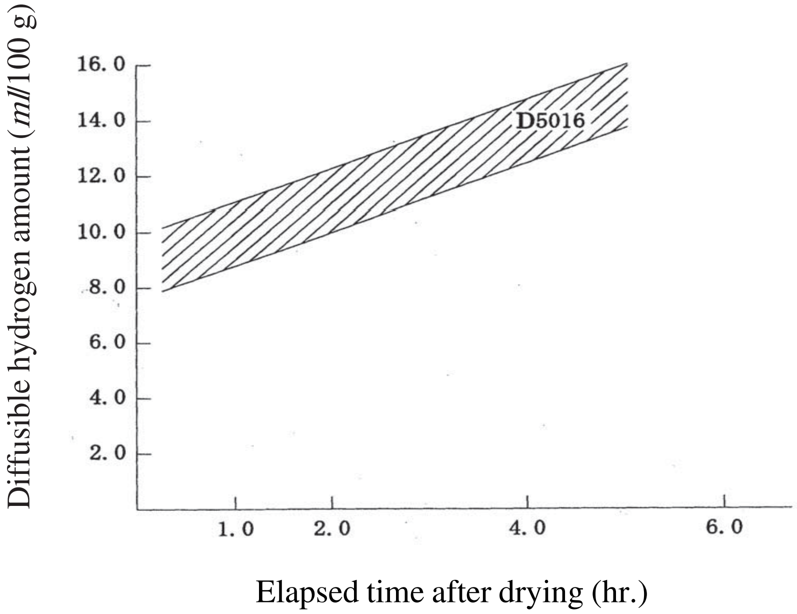


Figure 3-4 Relationship between Elapsed Time after Drying and Diffusible Hydrogen Amount in Low Hydrogen Type Electrode

Submerged arc welding တွင် flux အဖြစ် တွင်တွင်ကျယ်ကျယ် အသုံးပြုသည့် fused flux သည် အမှန်တကယ်အားဖြင့် ရေငွေ့ကို စုပ်ယူမထားသော်လည်း၊ မြင့်မားသော အပူချိန်နှင့် စိုထိုင်းဆတွင် ၎င်းparticle များ၏ မျက်နှာပြင်တွင် ရေငွေ့များ ကပ်နေခြင်း ရှိတတ်သည်။ ထို့အတွက် ၎င်းflux ကို ခြောက်သွေ့အောင် ပြုလုပ်ရမည်။ အခြားတစ်ဖက်တွင် bonded flux ၏ particle များသည် ရေငွေ့ကိုစုပ်ယူသည့်အတွက်၊ ခြောက်သွေ့အောင် ပြုလုပ်ရမည့် အပူချိန်ကို မြင့်မားစွာ သတ်မှတ်ထားသည်။ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုက် ဓာတ်ငွေ့ကို ဓာတ်ငွေ့အကာအဖြစ် သုံးသော semi-automatic welding အတွက်၊ flux-cored wire ကို သုံးသည့်အခါ၊ ရေငွေ့စုပ်ယူမှုနှင့် ပတ်သက်၍ အသေအချာ စီမံဆောင်ရွက်ရမည်။

ထို့အပြင် CO_2 ဓာတ်ငွေ့တွင် ရေငွေ့ပါဝင်သည့်အခါ၊ ဂဟေသားတွင် လေခိုပေါက်/ဓါတ်ငွေ့ခိုပေါက် (blow hole) ကဲ့သို့သော ချွတ်ယွင်းချက်များ ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သည်။ JIS K 1106, 'Liquefied Carbon Dioxide (Liquefied Carbonic Acid Gas)' တွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း၊ ရေငွေ့ပါဝင်မှုနည်းသော အမျိုးအစားသုံးခုကို အသုံးပြုရမည်။

၃.၂.၃ အစိတ်အပိုင်းများ တပ်ဆင်ရာတွင် လက်ခံနိုင်သည့် သွေဖည်မှု

(၁) ပစ္စည်းအစိတ်အပိုင်းများ တပ်ဆင်ရာတွင် လက်ခံနိုင်သည့် tolerance (assembly tolerance) မှာ joint ဆီသို့ stress ကူးပြောင်းမှု ချောမွေ့စွာ ဖြစ်ပေါ်ပြီး၊ joint၏ စွမ်းဆောင်ရည်သည်လည်း လက်ခံနိုင်ဖွယ် ဖြစ်မည့် tolerance အတိုင်းအတာမျိုး ဖြစ်ရမည်။

(၂) Assembly tolerance သည် အပိုဒ် (၃) ဖော်ပြချက်များနှင့် ကိုက်ညီပါက အပိုဒ် (၁) သည် ပြေလည်သည်ဟု ယူဆနိုင်ပါသည်။

(၃) ပစ္စည်းအစိတ်အပိုင်းများ၏ assembly tolerance သည် ယေဘုယျအားဖြင့် အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည့် တန်ဖိုးများအတိုင်း ဖြစ်ရမည်။ သို့သော်လည်း ခွင့်ပြုနိုင်သော အမှား တန်ဖိုးများကို welding procedure test (ဂဟေဆက်လုပ်ငန်းစဉ်ကို စစ်ဆေးခြင်း) ဖြင့် အတည်ပြုရမည်။

၁) Groove weld (စောင်းချိုးထားသော နေရာကို ဂဟေဆက်ခြင်း)

က) Route distance error - သတ်မှတ်တန်ဖိုး 1 mm နှင့်အောက်

ခ) သံပြား (material piece) အထူလားရာ တွင်ရှိသော eccentricity-

$t \leq 50$ ပို၍ပါးသော သံပြားအထူ၏ 10% နှင့် အောက်

$50 < t$ 5 mm နှင့် အောက်

t: ပို၍ပါးသော သံပြား၏ အထူ

ဂ) Backing strip (ကျောဘက်တွင် ခေတ္တခံထားသော သတ္တုအပြား) သုံးလျှင် adhesion degree- 0.5mm နှင့် အောက်

ဃ) Groove angle -သတ်မှတ်တန်ဖိုး 10°

၂) Fillet weld

သံပြား ၏ adhesion degree- 1.0 mm နှင့်အောက်

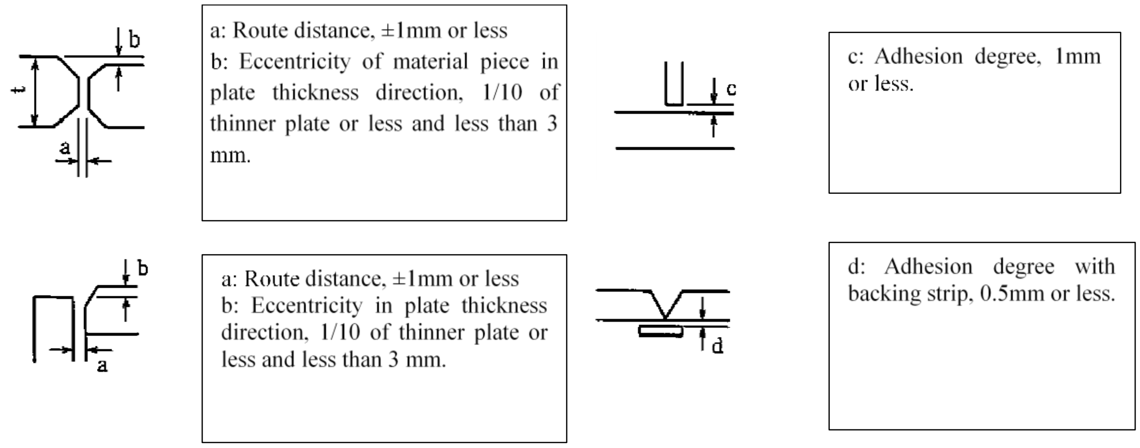


Figure 3-5 Assembly Tolerance of Material Piece

ပစ္စည်းအစိတ်အပိုင်းများ ပေါင်းစပ်တပ်ဆင်ရာတွင် အတိုင်းအတာ တိကျမှုအားနည်းခြင်းသည် completed (တပ်ဆင်ပြီးသည့်) members များ၏ တိကျမှု၊ နောက်ဆုံး တံတားတစ်စင်းလုံး၏ တိကျမှုကိုပါ လျော့ကျစေရုံသာမက၊ နေရာအလိုက် ဂဟေအသားများကိုပါ ချွတ်ယွင်းချက် ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ပစ္စည်းအစိတ်အပိုင်း များ (material pieces) ၏ assembly tolerance သည် joint နေရာတွင် stress ချောမွေ့စွာ ကူးပြောင်းနိုင်ပြီး၊ joint ၏ performance လည်း လက်ခံနိုင်ဖွယ် ဖြစ်သည့် tolerance အတိုင်းအတာ ဖြစ်ရမည်။

ဤစာပိုဒ်တွင်ဖော်ပြထားသော စံချိန်စံညွှန်း တန်ဖိုးများသည် 'ဂဟေဆက်ခြင်း စွမ်းဆောင်ရည်ဆိုင်ရာ လုပ်ငန်းစဉ် ညွှန်ကြားချက်တွင် ဖော်ပြထားသော ကိန်းဂဏန်းတန်ဖိုးများသည် ကောင်းမွန်သော ဂဟေကို သေချာပေါက် ရရှိစေမည်' ဆိုသည့်အချက်ကို ပြသနေသည်။ Groove weld ၏ route distance နှင့် groove precision မှာ Builder အပေါ်တွင် မူတည်၍၊ variation ရှိနိုင်သည်။ သို့သော် ပစ္စည်းအစိတ်အပိုင်းတစ်ခုအတွက် ၎င်း၏ အထူ လားရာတွင်ရှိသော allowable eccentricity ကို သတ်မှတ်ရာတွင်၊ တိကျမှု (precision) ထိန်းရန်ခက်ခဲသည့် steel deck joint နှင့် ပိုက်များ၏ butt joint ကဲ့သို့ joint များ ရှိနိုင်သည်ဟု ယူဆပြီး သတ်မှတ်ကြသည့်အတွက်၊ ပုံမှန်စက်ရုံတွင် ပြုလုပ်သော ဂဟေဆက်ခြင်း အတွက် လမ်းညွှန်ချက် (guide) အဖြစ် သတ်မှတ်သည့် allowable limit ၏ lower limit ဖြင့် လုပ်ကိုင်သင့်သည်။

Fillet welding ဖြင့် ဆက်ထားသည့် material အစိတ်အပိုင်းများ၏ တွဲကပ်မှု ဒီဂရီ (adhesion degree) သည် welding lineတွင် တသတ်မှတ်တည်း လွယ်ကူစေရမည်။ သို့သော် material တွင် ကွေးထားသည့်အပိုင်းသော်လည်းကောင်း၊ တေ့ဆက် (butt joint) များသော်လည်းကောင်း ရှိသည့်အခါ၊ ချွတ်ယွင်းချက်များ ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သည်။ ထိုကဲ့သို့သော အခြေအနေများကို အပြည့်အဝ

ထိန်းချုပ်နိုင်ရန်အတွက်၊ allowable value ကို သတ်မှတ်ရမည်။ သို့သော် member တစ်ခုအား အခြား member တစ်ခု၏ အသားထဲသို့ ဖောက်၍ ဆက်ထားသော cruciform joint ကဲ့သို့ fitted joint တွင်၊ လုပ်ငန်းလိုအပ်ချက်ကြောင့် စွဲမြဲမှု (adhesion degree) ကို မလိုက်နာနိုင်သည့်အခါ အောက်ပါဖော်ပြချက်များ ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်ပါသည်။

When 1 ＜δ ≦3, increase the leg of fillet weld by δ

When 3 <δ, groove weld

Where

δ: Space between materials (mm)

Member များ တပ်ဆင်ရာတွင် support device (လုပ်ငန်းထောက်ကူ ပစ္စည်း) ကို ထိထိရောက်ရောက် အသုံးပြု၍၊ ဂဟေဆော်သူ (welding operator) သည် အဆင်ပြေသော အနေအထားဖြင့် လုပ်ဆောင်နိုင်ရပါမည်။ ထို့အပြင် Base material တွင် supporting member (ထောက်တိုင်) နှင့် strongback (ချုပ်တန်း) စသည့် သတ္တုအမျိုးအစား မတူညီသော ပစ္စည်းကို ယာယီတပ်ဆင်သည့် အခြေအနေမျိုးကို အတတ်နိုင်ဆုံး ရှောင်ရှားရမည်။ ထိုကဲ့သို့သော ယာယီတပ်ဆင်မှု ကြောင့် base material ထိခိုက်ပျက်စီးသည့်အခါ၊ ဇယား ၃–၁၆ ပါအတိုင်း ပြန်လည် ပြင်ဆင်ရမည်။

၃.၂.၄ ဂဟေဆော်ခြင်း လုပ်ငန်းစဉ် (Welding Procedure)

(၁) သတ်မှတ်ဂဟေအရည်အသွေးကို သေချာရရှိစေမည့် နည်းလမ်းဖြင့် ဂဟေဆက်ခြင်း လုပ်ငန်းစဉ်ကို လုပ်ကိုင်ဆောင်ရွက်ရမည်။

(၂) ဂဟေဆော်ခြင်းအား အောက်ပါအချက် နံပါတ် ၁) မှ ၆)နှင့်အညီ ဆောင်ရွက်ပါက၊ အထက်ပါ အပိုဒ် (၁) ကို ပြေလည်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

၁) Welder အတွက် အရည်အချင်းသတ်မှတ်ချက် (Qualification of Welder)

က) Assembly welding နှင့် ပုံမှန် welding လုပ်ငန်း လုပ်ကိုင်မည့်သူ (welder) သည် အောက်ပါအရည်အချင်းများ ရှိရမည်။
မြန်မာနိုင်ငံ လုပ်သားများ ကျွမ်းကျင်မှု စံ သတ်မှတ် ပြဋ္ဌာန်းရေးအဖွဲ့မှ စစ်ဆေးသည့် ကျွမ်းကျင်မှုအသိအမှတ်ပြု စာမေးပွဲများ သို့မဟုတ် welding နည်းလမ်း တစ်ခုချင်းစီ အတွက် အင်ဂျင်နီယာက အသိအမှတ်ပြုသည့် အလားတူ စာမေးပွဲများ အောင်မြင်ထားရမည်။

ခ) Shop welding လုပ်ကိုင်မည့် welder သည် ယခုတည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်း မတိုင်ခင်၌ ဂဟေလုပ်ငန်းကို ၆လနှင့် အထက်၊ စက်ရုံ ဂဟေလုပ်ငန်းကို ၂ လနှင့် အထက် ဆက်တိုက် လုပ်ကိုင်ဖူးသူ ဖြစ်ရမည်။

ဂ) Site welding လုပ်ကိုင်မည့် welder သည် ဂဟေလုပ်ငန်းကို ၆လနှင့် အထက် လုပ်ကိုင်ဖူးရမည်။ အသုံးပြုမည့် ဂဟေနည်းများနှင့်ပတ်သက်၍ အတွေ့အကြုံ ရှိပြီး ဖြစ်ရမည် သို့မဟုတ် လုံလောက်သော training ရှိပြီးသူ ဖြစ်ရမည်။

၂) ဂဟေဆက်ခြင်း လုပ်ငန်းစဉ် စမ်းသပ်ခြင်း (Welding Procedure Test)

အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့် အခြေအနေမှန်သမျှတွင် Welding procedure test ကို လုပ်ရမည်။

က) SM570, SMA570W, SM520 and SMA490W တွင်၊ One pass (ဂဟေသားတစ်လွှာ) တွင် heat input သည် 7,000 J/mm ထက် ကျော်လွန်လျှင်

ခ) SM490 and SM490Y တွင်၊ One pass တွင် heat input သည် 10,000 J/mm ထက် ကျော်လွန်လျှင်

ဂ) Shield metal arc welding (manual welding only) ၊ gas-shield arc welding

(CO2 ဓာတ်ငွေ့ သို့မဟုတ် Ar နှင့် CO2 ဓာတ်ငွေ့အရော) ၊ submerged arc welding နည်းလမ်းတို့ မဟုတ်သည့်၊ အခြား welding နည်းလမ်းကို သုံးလျှင်

ဃ) သံမဏိတံတား (steel bridge) အတွက် ထုတ်လုပ်တပ်ဆင်ခြင်းနှင့် ပတ်သက်သည့် မှတ်တမ်းမရှိလျှင်

င) ယခင်ဝယ်ယူအသုံးပြုဖူးခြင်းမရှိသည့် တင်သွင်းသူ ထံမှ materials များ ရယူလျှင်

စ) အသုံးပြုထားသည့် လုပ်ငန်းမှတ်တမ်းမရှိသော Welding procedure ကို ရွေးချယ်လျှင်။

Welding procedure test ကို ယခင်က တူညီသော အခြေအနေ သို့မဟုတ် ပိုမိုတင်းကျပ်သော အခြေအနေများဖြင့် လုပ်ဆောင်ခဲ့ဖူးသည့် စက်ရုံနှင့် test reports များကို ကြည့်ပြီး၊ သင့်တင့်သည့် လုပ်ငန်းအတွေ့အကြုံရှိသည့် စက်ရုံဖြစ်သည် ဟု ဆုံးဖြတ်နိုင်ပါက၊ welding procedure test မလုပ်ရန် ခွင့်ပြုနိုင်သည်။

ဇယား ၃-၁၁ တွင် ဖော်ပြထားသော စမ်းသပ်ချက်များအနက် သင့်လျော်သော စမ်းသပ်ချက် များကို ရွေးချယ်ပြီး၊ welding procedure test လုပ်ရပါမည်။ စမ်းသပ်မည့် steel အမျိုးအစား၊ welding condition တို့ကို ရွေးချယ်ရာတွင် အောက်တွင် ဖော်ပြထားသော က) မှ ဃ) သတ်မှတ်ချက်များကို လိုက်နာရမည်။

Table 3-11 Welding Procedure Test

Test type	Test item	Welding procedure	Shape of test piece	Number of test piece	Test procedure	Criterion
Groove welding test	Tensile test	See Figure 3-5	JIS Z 3121 No.1	2	JIS Z 2241	The tensile strength is equal to or greater than the standard value of the base material.
	Guided bend test (Root bend for less than 19 mm) (Side bend for 19 mm or more)		JIS Z 3122	2	JIS Z 3122	Cracking shall not generally be generated.
	Impact test		JIS Z 2202 No.4	Three for each site	JIS Z 2242	Equal to or greater than the standard of the base material at welded metal and in the portion affected by welding heat (average of three for each)
			(The location for collection of the test piece is as shown in Figure 3-6)			
	Macroscopic test		—	1	JIS G 0553 correspondingly	No defect

	Non-destructive test		—	Test piece Joint Overall length	JIS Z*) 3104	Category 2 or more (on tensile side)*) Category 3 or more (on compressive side)
Fillet welding test	Macroscopic test	See Figure 3-7	See Figure 3-7	1	JIS G 0553 correspondingly	No defect

က) ခပ်ဆင်ဆင်တူသော အခြေအနေများရှိသည့် steel plate များအနက် အဆိုးဆုံး အခြေအနေရှိသော steel plate ကို test plate အဖြစ် အသုံးပြုရမည်။

ခ) တကယ်လက်တွေ့လုပ်မည့် လုပ်ငန်းအခြေအနေများအတိုင်း Welding လုပ်ရမည်။ အမှန်တကယ် လုပ်မည့် welding positions (ဂဟေသားတည်နေရာ) များအနက်၊ ဆိုးကျိုးအများဆုံးသော welding positions ကို ရွေးချယ်ရမည်။

ဂ) မတူညီသော steel များအတွက် groove welding test ကို တကယ့်လုပ်ငန်းတွင် ပေါင်းစပ်သည့် ပုံစံအတိုင်း လုပ်ဆောင်ရမည်။ Steel အမျိုးအစား တူညီသော်လည်း၊ plate အထူ မတူညီသည့် joint များအတွက်မူ၊ စမ်းသပ်မှုကို ပို၍ပါးသော plate နှင့် လုပ်ဆောင်နိုင်သည်။

ဃ) ပြန်လည်စမ်းသပ်မှု (Retest) လုပ်သည့်အခါ၊ စမ်းသပ်မည့် အစိတ်အပိုင်း (test piece) အရေအတွက်သည် ပထမအကြိမ်ထက် ၂ ဆ ဖြစ်ရမည်။

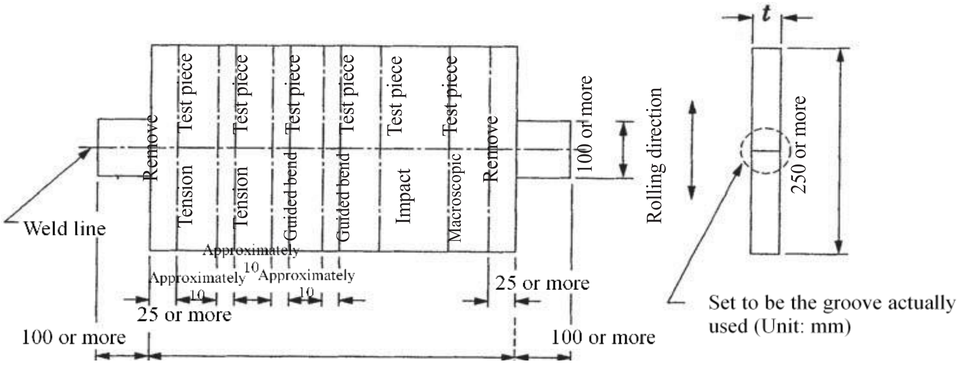
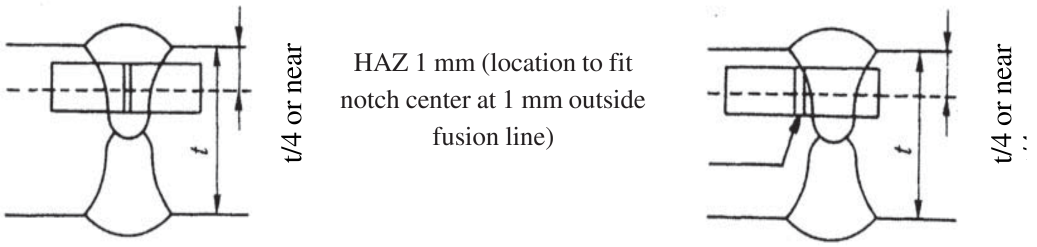


Figure 3-6 Groove Welding Test Method



(a) Welded metal portion (b) Heat affected portion

Figure 3-7 Impact Test Piece (Location to Collect Groove Welding Test Piece)

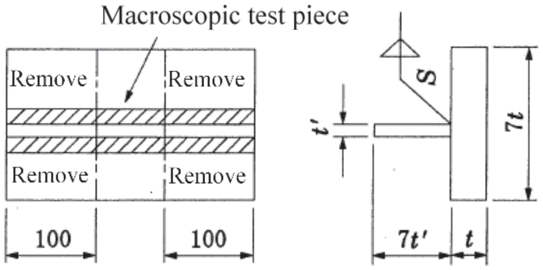


Figure 3-8 Fillet Welding Test (Macroscopic Test) Welding Method and Shape of Test Piece

၃) Assembly welding

(က) Assembly welding ကို ပုံမှန်ဂဟေပြုလုပ်သည့်အတိုင်း လုပ်ဆောင်ရမည်။

(ခ) Assembly Welding ရှိ fillet weld ၏ အခြေ (leg) သည် 4 mm နှင့် အထက် ရှိရမည်။ ၎င်း၏အလျားသည် 80 mm နှင့် အထက် ရှိရမည်။ သို့သော်လည်း ပိုမိုထူသော plate ၏ အထူသည် 12 mm နှင့် အောက်ငယ်လျှင် သို့မဟုတ် အောက်ပါပုံသေနည်းဖြင့် တွက်ယူရရှိသည့် weld cracking sensitivity composition PCM (ဂဟေသား အက်ကွဲနိုင်ခြေ ပေါင်းစပ်နှုန်းသည် 0.22% နှင့်အောက် ရှိလျှင်၊ ၎င်းကို 50 mm နှင့်အထက်ဟု သတ်မှတ်နိုင်သည်။

$$PcM = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Si}{30} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + \frac{Cu}{20} + 5B \ (\%)$$

(ဂ) Assembly Welding တွင် ဂဟေသားအစွန်းရှိ ချော်သားများကို ဖယ်ရှားပစ်ရမည်။ ဂဟေသား မျက်နှာပြင်တွင် အက်ကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ်ခြင်း ရှိ မရှိ စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။ အက်ကြောင်းတွေ့ပါက အကြောင်းရင်းကို စစ်ဆေးပြီး၊ ပြုပြင်ဆောင်ရွက်ရ မည်။

၄) ကြိုတင်အပူပေးခြင်း (Preheating)

ဇယား ၃-၁၂ တွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း၊ Steel အမျိုးအစား နှင့် ဂဟေဆော်သည့် လုပ်ငန်းစဉ်ပေါ် မူတည်၍ weld line (ဂဟေသားတစ် လျှောက်) ၏ တစ်ဖက်တစ်ချက်၌ 100 mm စီနှင့် ပင်မအစိတ်အပိုင်း၏ arc အရှေ့ဘက် 100 mm အပိုင်းအခြားအား ကြိုတင်၍ အပူပေးရမည်။

Table 3-12 Preheating Temperature Standard

Steel Type	Welding Procedure	Preheating Temperature (ºC)			
		Plate Thickness Division (mm)			
		25 or less	Over 25 and 40 or less	Over 40 and 50 or less	Over 50 and 100 or less
SM400	Covered arc welding by electrode other than low hydrogen type	No preheating	50	–	–
	Covered arc welding by low hydrogen type electrode	No preheating	No preheating	50	50
	Submerged arc welding Gas shield arc welding	No preheating	No preheating	No preheating	No preheating
SMA400W	Covered arc welding by low-hydrogen type electrode	No preheating	No preheating	50	50
	Submerged arc welding Gas shield arc welding	No preheating	No preheating	No preheating	No preheating
SM490 SM490Y	Covered arc welding by low hydrogen type electrode	No preheating	50	80	80
	Submerged arc welding Gas shield arc welding	No preheating	No preheating	50	50
SM520 SM570	Covered arc welding by low hydrogen type electrode	No preheating	80	80	100
	Submerged arc welding Gas shield arc welding	No preheating	50	50	80
SMA490W SMA570W	Covered arc welding by low hydrogen type electrode	No preheating	80	80	100
	Submerged arc welding Gas shield arc welding	No preheating	50	50	80

‘No preheating’ ကန့်သတ်ချက်အခြေအနေတွင်၊ ပတ်ဝန်းကျင် လေထုအပူချိန် (အဆောက်အအုံတွင်း ဖြစ်ပါက အခန်းအပူချိန်) သည် 5°C နှင့် အောက်ငယ်နေပါက 20°C ဖြင့် ကြိုတင်အပူပေးရမည်။

၅) အပူတက်ခြင်းကို ကန့်သတ်ခြင်း (Heat Gain Restriction)

က) ဂဟေသားအလွှာတစ်လွှာတိုင်းမှ ရရှိသည့် အပူကို ယေဘုယျအားဖြင့် SM570, SMA570W, SM520 နှင့် SMA490W တို့အား 7,000 J/mm နှင့်အောက်၊ SM490 နှင့် SM490Y တို့တွင် 10,000 J/mm နှင့်အောက် ဟု ကန့်သတ်သည်။

ခ) အချက် က) တွင် ဖော်ပြထားသည့် heat gain ထက်ကျော်လွန်ပါက welding procedure test ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်ပြီး၊ ဂဟေသားတည်နေရာတွင် သတ်မှတ်အရည်အသွေး ရ၊ မရ စစ်ဆေး အတည်ပြုရန် လိုအပ်သည်။

၆) Welding လုပ်ငန်းဆိုင်ရာ မှတ်စု

၁. Member အား ဂဟေဆော်မည့် နေရာကို သန့်ရှင်းခြင်း၊ အခြောက်ခံခြင်း

က) ဂဟေဆော်မည့်အပိုင်းတွင် အညစ်အကြေး ဂျီး၊ သံချေးတက်ခြင်း၊ သုတ်ဆေး၊ ဆီ စသည်တို့ မရှိစေရ။

ခ) ဂဟေမဆော်ခင်၊ ဂဟေလိုင်းအနီးရှိ အစိတ်အပိုင်းများသည် အပြည့်အဝ ခြောက်သွေ့နေရမည်။

၂. Weld tab

က) ပင်မယက်မ၏ flange နှင့် web plate ၏ groove welding နှင့် fillet welding စသည်တို့တွင် ဂဟေ စသည့်နေရာနှင့် ဆုံးသည့်နေရာသည် ဂဟေဆော်မည့် member အား မထိခိုက်စေရန် member နှင့် တူညီသော groove ရှိသည့် weld tab ကို ယေဘုယျအားဖြင့် တပ်ဆင်ရမည်။

ခ) ဂဟေဆော်ပြီးသည့်နောက် weld tab ကို gas cutting နည်းဖြင့် ဖြတ်၍ ဖယ်ရှားပြီး၊ grinder ဖြင့် အချောသတ်ပေးရမည်။

၃. Work of partial penetration groove welding

Partial penetration groove welding အဆက်တွင်၊ ဂဟေနည်းလမ်း ၂ မျိုးဖြင့် ဆက်သည့်အခါ၊ ပထမဂဟေ၏ bead အဆုံးကို ဖဲ့ပစ်ပြီး၊ ၎င်း၌ အပြစ်အနာအဆာ မရှိကြောင်း စစ်ဆေးအတည်ပြုပြီးမှ၊ နောက်ထပ်ဂဟေကို ဂဟေလိုင်းတစ်လျှောက် တစ်ဆက်တည်း

ဆော်ရမည်။ သို့သော် manual welding နှင့် semi-automatic welding တို့တွင် crater treatment လုပ်သည့်အခါ ဤကန့်သတ်ချက်နှင့် မသက်ဆိုင်ပါ။

၄. Work of fillet welding and partial penetration groove welding

က) Fillet welding ကို material အစိတ်အပိုင်းတစ်ခု၏ ထောင့်ပိုင်းတွင် ဂဟေ အဆုံးသတ်သည့်အခါ၊ ၎င်းထောင့်အပိုင်းကို လှည့်ပေးပြီး ဂဟေကို တစ်ဆက်တည်း ဆော်ရမည်။

ခ) Submerged arc welding နည်း သို့မဟုတ် အခြားဂဟေနည်းကို အသုံးပြုသည့်အခါ joint ၏ အလယ်တွင် arc ကို မဖြတ်သင့်ပါ။

၅. Suspender bracket နှင့် ယာယီအစိတ်အပိုင်းများ တပ်ဆင်ခြင်း၊ ဖယ်ရှားခြင်း

က) သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း၊ တပ်ဆင်ခြင်း (erection) စသည်တို့အတွက်၊ suspender bracketများ၊ ယာယီ member များ တပ်ဆင်ရန် ဂဟေဆော်သည့်အခါ၊ စက်ရုံအတွင်း၌ လုပ်ဆောင်ရမည် ဖြစ်ပြီး၊ ဂဟေဆက်ရန် အခြေအနေများမှာ shop welding ၏ အခြေအနေများထက် ပိုမိုကောင်းမွန်ရမည် သို့မဟုတ် တူညီရမည် ဖြစ်သည်။ အဆိုပါတပ်ဆင်ခြင်းအား လိုအပ်ချက်ကြောင့် လုပ်ငန်းခွင်တွင် ပြုလုပ် ရပါက လုံလောက်သော ထိန်းချုပ်မှုများဖြင့် သတိထားလုပ်ဆောင်ရမည်။

ခ) Suspender bracket နှင့် ယာယီ member များ ဖယ်ရှားခြင်းပြုလုပ်သည့်အခါ၊ base material တွင် အန္တရာယ်ရှိသည့် အနာအဆာများ မကျန်ခဲ့စေရန် ဂရုတစိုက် လုပ်ဆောင်ရမည်။ ထို့ပြင် ထို member များအား သင့်လျော်သည့် ပြုပြင်မှုမျိုး လုပ်ပေးရန် လိုသည်။ ဥပမာ၊ pavement ပေါ် သက်ရောက်မှုကို စဉ်းစားပြီး၊ အမှတ်အသား ပွန်းရာ ခြစ်ရာ ကို ဖယ်ရှားခြင်းမျိုး ပြုလုပ်ရမည်။

၁) Welder ၏ အရည်အချင်း သတ်မှတ်ချက်

ဂဟေအရည်အသွေးသည် ဂဟေဆော်သူ၏ ကျွမ်းကျင်မှုအပေါ် အလွန် မူတည်နေသောကြောင့်၊ ဂဟေ လုပ်ငန်းအတွက် အလုပ်ခန့်ရာတွင်၊ သက်ဆိုင်ရာစာမေးပွဲများ၊ စစ်ဆေးမှုများကို အောင်မြင်ထားသည့် အရည်အချင်းပြည့်မီသူများအား ခန့်အပ်ခြင်းမှာ အစဉ်အလာတစ်ခုဖြစ်သည်။ ဂဟေသမားသည် 'မြန်မာနိုင်ငံ လုပ်သားများ ကျွမ်းကျင်မှု စံ သတ်မှတ်ပြဌာန်းရေးအဖွဲ့' မှ စစ်ဆေးသည့် ကျွမ်းကျင်မှုအသိအမှတ်ပြု စာမေးပွဲများ သို့မဟုတ် welding နည်းလမ်းတစ်ခုချင်းစီ အတွက် အင်ဂျင်နီယာက အသိအမှတ်ပြုသည့် အလားတူ စာမေးပွဲများ အောင်မြင်ထားရမည်။

၂) Welding Procedure Test

၁. Welding Procedure Test ၏ ရည်ရွယ်ချက်မှာ အသုံးပြုမည့် steel ၏ ဂဟေဆော်ခြင်းကို ခံနိုင်စွမ်း (weldability) နှင့် အသုံးပြုနိုင်မည့် ဂဟေလုပ်ငန်းစဉ်အား စစ်ဆေးဆုံးဖြတ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် လက်ရှိတွင် အသုံးပြုမှု record အနည်းငယ်သာ ရှိသေးသည့် steels များနှင့် welding procedures များ၊ ဂဟေဆော်ရာတွင် အထူးဂရုစိုက်မှုလိုအပ်သည့် steels များနှင့် welding procedures များအတွက် ပြုလုပ်ရန် သတ်မှတ်သည်။

အထက်တွင် ဖော်ပြထားသော အခြေအနေများအတွက် welding procedure test လုပ်ဆောင်ရာတွင် တူညီသော material များ၊ carbon equivalent (ကာဗွန် ပါဝင်နှုန်း) ၊ weld-cracking sensitivity composition နှင့် အထူးပါဝင်ပစ္စည်း (special ingredient) ပါဝင်မှုအဆင့် တူညီခြင်း၊ welding procedure တူညီခြင်း၊ welding technique (ဂဟေဆက်သည့် နည်းပညာ) တူညီခြင်းတို့အပြင် ဂဟေဆော်ဖူးသည့် အတွေ့အကြုံများလည်း ရှိသည့်အခါ စာရွက်စာတမ်း/ မှတ်တမ်းမှတ်ရာများ တင်ပြခြင်းနှင့် စဉ်းစား သုံးသပ်မှုများ မတူကွဲပြား ခြားနားခြင်းမရှိအောင် ထို ဂဟေဆက်ခြင်းလုပ်ငန်း စစ်ဆေးမှုကို မပြုလုပ်ဘဲ ကျော်သွားနိုင်သည်။

က) Steel တံတားများတွင် ယခုလက်ရှိအသုံးပြုနေသည့် steel များတွင် plate ထူသည့်အခါ ယေဘုယျအားဖြင့် weld cracking sensitivity composition ကို နိမ့်အောင် ထိန်းချုပ်ထားသည့် အတွက်၊ material အရည်အသွေးနှင့် plate thickness အတွက်၊ procedure test ကို မလုပ်၍ ရသည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။ သို့သော် heat-treated steel များတွင် ဂဟေသား (weld bead) အနီးမှ အပိုင်းသည် quenched and tempered အကျိုးသက်ရောက်မှုများကို လျော့နည်းစေတတ် သည်။ ထိုသို့လျော့နည်းခြင်းသည် ပျော့ခြင်းနှင့် ကြွပ်ဆတ်ခြင်း ဖြစ်လာစေနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် အောက်ပါညီမျှခြင်းဖြင့် တွက်သည့် Welding speed သည်

$$\frac{Current\ (amp) \times Voltage\ (volts) \times 60}{Heat\ gain\ Q\ (J/mm)} = Welding\ speed\ (mm/min)$$

ကြီးပါက Variation ၏ အတိုင်းအတာ နှင့် range နှစ်ခုစလုံးမှာ ကြီးလာမည် ဖြစ်သည့်အတွက် joint ၏ performance ကျဆင်းမည်။ SM570၊ SMA570W၊ SM520 နှင့် SMA490W တို့တွင် heat gain သည် 7,000 J/mm ခန့်ရှိသည်ဟု စမ်းသပ်မှုများဖြင့် အတည်ပြုပြီး၊ ပုံမှန် Steel တံတားများ ဆောက်လုပ်ရာတွင်သုံးသော submerged arc welding နည်းကို ထို 7,000 J/mm နှင့်အောက်တွင် welding များအတွက် သုံးနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် 7,000 J/mm အား ပုံမှန် welding များအတွက် upper limit အဖြစ်သတ်မှတ်ထားသည်။ သံပြားထူသော groove welding

များတွင် လျှပ်စီးကြောင်းမြင့်ခြင်း (high current) ကြောင့်ဖြစ်စေ၊ tandem method (ရှေ့မှနောက်သို့ ဂဟေဆော်သည့် နည်းလမ်း) စသည်တို့ကြောင့် ဖြစ်စေ heat gain သည် 7,000 J/mm ကို ကျော်သည့်အခါ welding procedure test ပြုလုပ်ရမည်။

ခ) SM490 နှင့် SM490Y တို့တွင် heat input သည် 10,000 J/mm ကို ကျော်လွန်သွားသည့်အခါ joint ၏ performance သည် ကျဆင်းသွားနိုင်သည်။ ၎င်းကို စစ်ဆေးရန်အတွက် welding procedure test ကို လုပ်ရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

ဂ) Covered electrode ဖြင့်လုပ်သည့် manual welding, submerged arc welding နည်း နှင့် gas shield arc welding (CO2 ဓာတ်ငွေ့ သို့မဟုတ် Ar နှင့် CO2 ဓာတ်ငွေ့အရော) နည်း တို့တွင် ပုံမှန် treatment လုပ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ အခြား welding နည်းလမ်းများတွင်မူ welding procedure test လုပ်ရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။ Steel structures အတွက် သုံးသည့် welding နည်းလမ်းများမှာ MIG welding၊ self-shield arc welding၊ electroslag welding၊ electro-gas arc welding, gravity welding စသည်တို့ ဖြစ်သည်။ ထို welding နည်းလမ်းများမှာ လုပ်ငန်း efficiency (အကျိုးသက်ရောက်မှု) အားဖြင့် manual welding ထက် ပိုမိုကောင်းမွန်သော်လည်း၊ welders များအား လေ့ကျင့်သင်ကြားပေးမှု နှင့် ကျွမ်းကျင်မှု လိုအပ်ချက်များကြောင့် အကန့်အသတ်မရှိဘဲ ရွေးချယ်အသုံးပြုနိုင်ခြင်း မရှိသေးပါ။ ထို့ကြောင့် welding လုပ်ရမည့် joint ပေါ်မူတည်ပြီး ပြဿနာများ ပေါ်လာနိုင်သည့်အတွက် welding procedure test ကိုလုပ်ဆောင်ရန် သတ်မှတ်ထားသည်။

ဃ) Steel တံတားများတွင် ထုတ်လုပ်တပ်ဆင်ဖူးခြင်း မှတ်တမ်းမရှိပါက၊ ဂဟေနေရာ (weld zone) ၏အရည်အသွေး နှင့် ပြီးစီးသွားသည့် ပစ္စည်းပုံစံတို့တွင် ပြဿနာရှိမရှိ စစ်ဆေးအတည်ပြုရန် welding procedure test (လိုအပ်ပါက အမှန်တကယ် တပ်ဆင်မည့် ပစ္စည်း၏ အရွယ်အတိုင်း) ကို လုပ်ရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

င) ယခင်က အသုံးပြုထားသည့် မှတ်တမ်းမရှိသည့် တင်သွင်းသူထံမှ ပစ္စည်းရယူသည့်အခါ စိတ်ချရသည့် စမ်းသပ်မှုရလဒ်များ အများအပြား ရသည်အထိ welding procedure test ကိုလုပ်ရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

စ) ယေဘုယျအားဖြင့် လုပ်ငန်းခွင်မြေပြင်၌ လုပ်သည့်ဂဟေဆက်ခြင်းသည် (on-site welding) သည် စက်ရုံ၊ အလုပ်ရုံတွင် ပြုလုပ်သည့် ဂဟေ (shop welding) နှင့် နှိုင်းယှဉ်ပါက ဆိုးကျိုးဖြစ်စေနိုင်သည့် အခြေအနေများ (ရာသီဥတု အခြေအနေ၊ welding position၊ groove

precision စသည်တို့အရ) ရှိသည်။ ထို့အပြင် steel ကြမ်းခင်း၏ one- sided welding ၊ တံတား pier ၏ horizontal welding ၊ ရှိပြီးသား တံတားအား အားဖြည့်လုပ်ငန်း၊ joint ကိုယ်၌တွင် ဂဟေဆက်ရခြင်း စသည်တို့ကဲ့သို့သော on-site welding များသည် ပုံမှန် shop welding နှင့် တစ်ခါတစ်ရံ အလွန်အမင်း ကွာခြားသည်။ ထို့ကြောင့် ယခင်က on-site welding များအတွက် on-site အခြေအနေများကို ထည့်သွင်းပြီး welding procedure test ကို ပြုလုပ်ကြသည်။ သို့သော် ယခုအခါ ထို test မှတ်တမ်းများ အများအပြား ရှိနေပြီဖြစ်သည့်အတွက် အရည်အသွေး စိတ်ချရသည့်အခါ welding procedure test ကို မဖြစ်မနေ လုပ်စရာမလိုပါ။ ယခင်ကအသုံးပြုခဲ့သည့် မှတ်တမ်းမရှိသည့် ဂဟေနည်းလမ်းကို ရွေးချယ်သည့်အခါတွင်မှ welding procedure test ပြုလုပ်စမ်းသပ်ရမည်။

၂. ဇယား ၃–၁၁ တွင် groove welding test နှင့် fillet welding test ဟူ၍ welding test နှစ်မျိုးကို ဖော်ပြထားသည်။ သို့သော် welding procedure test ပြုလုပ်သည့်အခါ ထို test နှစ်မျိုးစလုံးကို အမြဲတမ်းပြုလုပ်ရန် မလိုပါ။ ဥပမာအားဖြင့် steel ၏ ဂုဏ်သတ္တိ လိုအပ်ချက်ကြောင့် သံပြားအထူကို စံတန်ဖိုးများထက် ကျော်လွန်ပြီး သုံးသည့် အခါ ထို test နှစ်ခုလုံးကို ပြုလုပ်ရမည်ဖြစ်သော်လည်း၊ အထက်ပါ က) သို့မဟုတ် ခ) အခြေအနေ ဖြစ်သည့်အခါ တွင်မူ groove welding test ကိုသာ ဆောင်ရွက်ရန်လိုအပ်သည်။

ထို့အပြင် ဤအပိုင်းတွင် ဖော်ပြထားသည့် test များတွင် အထူးနည်းပညာများသုံး၍ အရောင် အများအပြားတင်ထားသည့် ပစ္စည်းများ ပါဝင်သည် (ဥပမာ – radiographic testing နှင့် stud welding test) ။ သို့သော် ထို test များဖြင့် ဆောက်လုပ်သူ၏ အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေးစနစ်ကို စစ်ဆေးရန် ဖြစ်နိုင်သည့်အတွက် welding procedure test ကို ကျယ်ကျယ်ပြန့်ပြန့် အဓိပ္ပာယ် ဖွင့်ဆိုသည့်အခါ ထို test များ ထည့်သွင်းရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

groove welding test ၏ guided bend test တွင် အက်ကြောင်း ဖြစ်ပေါ်ပါက ၎င်းအက်ကြောင်း၏ အရှည်မှာ 3 mm ခန့်အထိ ရှိသည့်အခါနှင့် အက်ကြောင်း ဖြစ်ရသည့် အကြောင်းအရင်းမှာ လေခိုပေါက် သို့မဟုတ် ချော်သား ပါဝင်မှုကြောင့်ဟု စစ်ဆေး အတည်ပြုနိုင်မှသာလျှင် ခွင့်ပြုနိုင်သည်ဟု ယူဆသည်။ 'JIS Z 3801 Standard Qualification Procedure for Manual Welding Technique 3.2,' 'Ministry of International Trade and Industry Technical Standards on the Welding of Electric Structures,' 'AWS 5, 12, 1, 2 Root-, Face- and Side-Bend Tests,' 'ASME

QW-1 Acceptance Criteria-Bend Tests,' တို့တွင် အက်ကြောင်း အရှည်၏ permissible limit ကို 3 mm ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

Welding procedure test နှင့် လက်တွေ့လုပ်ငန်းဆောင်ရွက်သည့်အကြား တူညီမှုရှိစေရန် စဉ်းစားသည့်အခါ အထက်ဖော်ပြပါ အချက် (ဂ) နှင့် ကျိုးကြောင်းညီညွတ်ရမည်။ မတူညီသော steel များ၏ welding procedure test အတွက် steel နှင့် welding consumables များကို ရွေးချယ်ရာတွင် အမှန်တကယ်သုံးမည့် ပစ္စည်းများ ရွေးချယ်ရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

ဤအခြေအနေတွင် ခံနိုင်ရည်အားနည်းသည့် steel ၏ စံတန်ဖိုးများကို အခြေခံပြီး ဆုံးဖြတ်ချက် (pass or fail) ကို ချမှတ်ရမည်။

Groove weld zone အတွက် impact test ပြုလုပ်သည့်အခါ deposited metal ဖြင့် ပြုလုပ်လေ့ ရှိသည်။သို့သော် base material ၏ toughness values များ ပြေလည်စေရန်အတွက် ပို၍တိကျသော test ကိုပြုလုပ်ရာတွင် weld heat-affected zone အတွက် impact test ကို ထပ်ပေါင်းရမည်။ preheating လိုအပ်မှုကို ဆုံးဖြတ်ရန် maximum hardness test ကို သုံးလေ့ရှိသော်လည်း preheating အား weld cracking sensitivity composition တွင် သတ်မှတ် ဖော်ပြထားသည်အတွက် ယခင်ကတည်းက maximum hardness test အား welding procedure test မှ ဖယ်ရှားခဲ့သည်။

၃) Assembly Welding

ပုံမှန် welding ဖြင့် assembly welding များအားလုံးကို အရည်ပြန်ပျော်အောင် ပြုလုပ်သည်များ ရှိသော်လည်း ၎င်းတို့၏ တစ်စိတ်တစ်ပိုင်း သို့မဟုတ် အများစုမှာ ပုံမှန် welding အတွင်း ကျန်နေသည်။ ထို့ကြောင့် assembly welding ၏ အရည်အသွေးကို regular welding ၏ အရည်အသွေးနှင့် တူညီအောင်လုပ်ရမည်ဟူ၍ သတ်မှတ်ထားသည်။ ယခင်က 'tack welding' ဟူသော စကားရပ်ကို တရားဝင်သုံးခဲ့သော်လည်း ဤ welding လုပ်ငန်းစဉ်တွင် ဂဟေသား အက်ကွဲခြင်းကို ကာကွယ်ရန်မှာ regular welding ကဲ့သို့ပင် အရေးကြီးသောကြောင့် ၎င်းကို 'assembly welding' ဟုပြောင်းလဲခေါ်ဝေါ်သည်။ ထို့အပြင် 'tack' ဟူသော စကားလုံးမှာ ဆီလျော်မှု မရှိပါ။ Assembly welding ကို assembly အဆင့်တွင် လုပ်ဆောင်သည့်အတွက် ဂဟေ အရည်အသွေးကို လျစ်လျူရှုလိုက်သည်မျိုး ရှိနိုင်သည်။ ၎င်းကို ရှောင်ရှားရန်အတွက် အရည်အချင်း ပြည့်မီသည့် welders များအား တာဝန်ထမ်းဆောင်စေရန်မှာ အရေးကြီးဆုံးဖြစ်သည်။ AWS တွင် assembly welding လုပ်ကိုင်မည့် welders များအား နည်းပညာအရည်အချင်း စစ်ဆေးရန် သတ်မှတ်ထားသည်။ သို့သော် မြန်မာနိုင်ငံတွင် assembly welding တစ်ခုတည်းကို အရည်အချင်း စစ်ဆေးပေးသည့် စနစ်

မရှိခြင်းကြောင့် ပုံမှန်ဂဟေလုပ်ငန်းတွင် ဝင်ရောက်လုပ်ကိုင်နေသူများကဲ့သို့ အလားတူ ကျွမ်းကျင်မှု ရှိသူများသည် assembly welders များအဖြစ် ဝင်ရောက်လုပ်ကိုင်ရန် လိုအပ်သည်။

490 N/mm^2 ရှိသည့် steel (SM490) ၏ T-joint တွင် fillet welding အား short bead ဖြင့်ပြုလုပ်သည့်အခါ bond တစ်လျှောက်နှင့် ဂဟေ၏ အခြေ (root) မှ အက်ကြောင်းဖြစ်ပေါ်လာနိုင်ပြီး အက်ကြောင်းသည် ဂဟေသား၏ အရှည် 80 mm ကျော်သွားပါက ရပ်သွားသည်ဆိုသည့် သုတေသန ရလဒ်ကို အခြေခံပြီး assembly welding (80 mm နှင့်အထက်) ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။ သို့သော် အခုနောက်ပိုင်း သုတေသနများတွင်၊ ပိုထူသော plate ၏ အထူသည် 12 mm နှင့်အောက်၊ သို့မဟုတ် steel ၏ carbon equivalent (Ceq) တန်ဖိုးမှာ 0.36 % နှင့်အောက် ဖြစ်ပါက၊ assembly welding ၏ အလျား 50 mm ရှိလျှင်ပင် အက်ကြောင်း မဖြစ်ပေါ်ဟု တွေ့ရှိထားကြသည်။ ထို့အပြင် တံတားတွင်သုံးသည့် 570 N/mm^2 အဆင့်ရှိ steel ၏ Ceq နှင့် PCM အကြား ဆက်စပ်မှု (correlation) မှာ ကြီးမားပြီး Ceq 0.36 နှင့် ညီမျှသည့် PCM မှာ 0.22 % ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် PCM တန်ဖိုး 0.22 %နှင့်အောက် ဖြစ်သည့်အခါ assembly welding ၏ အလျားကို 50 mm နှင့်အထက် ရှိလျှင်ရသည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

အထက်တွင်ဖော်ပြထားသည့် root မှဖြစ်သည့် အက်ကြောင်းများသည် နေရာတော်တော်များများတွင် ဂဟေသား၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် မဖြစ်ပေါ်သော်လည်း assembly welding တွင် ဖြစ်သည့် အခြားအက်ကြောင်း အမျိုးအစားများသည် cross section နည်းသည့်အတွက် ဂဟေသား၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် မကြာခဏဖြစ်ပေါ်သည်။ တပ်ဆင်မှု (assembly) ပြီးစီး၍ မျက်နှာပြင် စစ်ဆေးသည့်အခါ အက်ကြောင်းကို တွေ့ရှိပါက ပြုပြင်ဆောင်ရွက်ချက်များကို ဤအဆင့်တွင် လုပ်နိုင်သည်။

၄) Preheating

Preheating ၏ အညွှန်းကိန်း (index) အဖြစ် သမရိုးကျ အသုံးပြုခဲ့ကြသည့် carbon equivalent အစား weld cracking sensitivity composition ကို သုံးလျှင် ပိုကောင်းသည်ဟု ယခုနောက်ပိုင်း သုတေသနများက ပြောလာကြသည်။ ထို့အပြင် ပြီးခဲ့သည့်အခေါက်က ပြင်ဆင်သုံးသပ်ချက်တွင် plate (သံပြား) ၏ အထူကို တိုးထားသည့်အပြင် ယခုတစ်ခေါက် သုံးသပ်ချက်တွင် weathering steel တွင် သုံးမည့် plate အထူကိုလည်း 100 mm အထိ တိုးထားသည်။ အလားတူပင် ဟိုက်ဒရိုဂျင်ကြောင့် နောက်ပိုင်းတွင် (ဂဟေဆက်ထားသည့် သတ္တုအအေးခံပြီးမှ) ဖြစ်ပေါ်လာသော အက်ကြောင်းကို ကာကွယ်ရန်ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် preheating အခြေအနေကို ပို၍ တိတိကျကျ ရွေးချယ်ရန်

လိုအပ်လာသည်။ ထို့ကြောင့် preheating အတွက် ကန့်သတ်ချက်များကို PCM ကို အခြေခံ၍ သုံးသပ်ရမည်ဟု ကန့်သတ်ထားသည်။

ဂျပန်နိုင်ငံရှိ တံတားများတွင် သုံးသည့် Steel ၏ မှတ်တမ်းများကို အခြေခံ၍ PCM တန်ဖိုးအလိုက် ပြန်စဉ်လိုက်သည့်အခါ ဇယား ၃–၁၃ ရလာသည်။ အခြားတစ်ဖက်တွင် တံတားတစ်စင်း၏ ပုံမှန် Joint တွင်ရှိသည့် steel ၏ PCM တန်ဖိုးများအလိုက်၊ အက်ကြောင်းကို ကာကွယ်မည့်၊ preheating အပူချိန်၊ plate အထူ၊ welding procedure ကို ဇယား ၃–၁၄ တွင် ပြသထားသည်။

Table 3-13 Condition of PCM in Application of Preheating Temperature Standard (%)

Steel plate thickness (mm) \ Steel type	SM400	SMA400W	SM490 SM490Y	SM520 SM570	SAM490W SMA570W
25 or less	0.24 or less	0.24 or less	0.26 or less	0.26 or less	0.26 or less
Over 25 and 50 or less	0.24 or less	0.24 or less	0.26 or less	0.27 or less	0.27 or less
Over 50 and 100 or less	0.24 or less	0.24 or less	0.27 or less	0.29 or less	0.29 or less

Plate အထူ တိုးလာသည့်အခါ welding လုပ်မည့် joint ၏ အကန့်အသတ်သည်လည်း တိုးလာသည်၊ ထိုကဲ့သို့ တိုးလာမှုသည် Plate အထူ 40 mm နှင့် 50 mm အတွင်းတွင် အမြင့်ဆုံးဖြစ်သွားသည်၊ အပူချိန်တစ်ခု၏ အထက်တွင် preheating အပူချိန်ကို တိုးစရာမလိုဘဲ အက်ကြောင်းကို ကာကွယ်နိုင်သည် ဟု သိထားကြသည်။ Plate အထူ 50 mm နှင့်အထက်ရှိသော steel များ၏ အသုံးပြုမှု မှတ်တမ်းများ တိုးလာသည့်အတွက် Plate အထူ 50 mm နှင့်အထက်တွင် ကန့်သတ်ချက်သည် ပုံသေဖြစ်လာသည်။ PCM တန်ဖိုးတူညီသော steel များတွင် Plate အထူ 40 mm မှ 100 mm အထိတွင် preheating အပူချိန်သည် အတူတူဖြစ်သည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။ ထို့အပြင် preheating ထိန်းချုပ်မှုလွယ်ကူစေရန်အတွက် preheating အပူချိန်ပိုင်းခြားမှုကို၊ 20 to 30°C အပိုင်းအခြားမှ ‘no preheating’၊ ‘50°C’၊ ‘80°C’ နှင့် ‘100°C’ အဖြစ် လွယ်ကူအောင် ပြုပြင်လိုက်သည်။

ဤအပိုင်းရှိ ဇယား ၃–၁၂ ရှိ preheating အပူချိန် စံချိန်စံညွှန်းများကို အစဉ်အလာ အတွေ့အကြုံများ၊ အခြား စံချိန်စံညွှန်းများကို ကိုးကား၍၊ ဂဟေသားတွင် diffusible hydrogen ပမာဏ၊ တံတား၏ joint အခြေအနေတို့အပေါ်တွင် အခြေခံ၍ ရရှိထားခြင်းဖြစ်သည်။ တံတား joint ကန့်သတ်ချက်မှာ ဇယား ၃–၁၄ ၏ PCM (ဇယား ၃–၁၃ တွင် PCM condition ယူဆချက်များကို အခြေခံပြီး) ၊ plate အထူနှင့် preheating အပူချိန်များ ဆက်သွယ်ချက်မှ စံတန်ဖိုးဖြစ်သည်။

ဟိုက်ဒရိုဂျင်နိမ့်သည့် အမျိုးအစားမဟုတ်သော shield arc welding အတွက် preheating အပူချိန်သည် ရှေ့တွင်ဖော်ပြထားသော အကြောင်းပြသတ်မှတ်ချက်များကြောင့် PCM တန်ဖိုးကို အသုံးပြု၍ အစီအစဉ်တကျ မစီစဉ်နိုင်ပါ။

Preheating ဆိုသည်မှာ အက်ကြောင်းမဖြစ်ပေါ်သည့် ကောင်းမွန်သောဂဟေ ကို လုပ်ဆောင်ရန် နည်းလမ်း တစ်ခု ဖြစ်သည့်အတွက် ထိုဇယားများတွင် ဖော်ပြထားသည့် preheat အပူချိန်များအတိုင်း အမြဲတမ်း သုံးရလောက်အောင် လွယ်ကူလုံလောက်ခြင်းမရှိပါ။ အက်ကြောင်း ဖြစ်ပေါ်မှုကို တားဆီးရန်အတွက် steel ၏ PCM တန်ဖိုးနှင့် joint ကန့်သတ်ချက် အခြေအနေ စသည်တို့အပေါ် မူတည်ပြီး၊ work condition (ပို၍မြင့်မားသော အပူချိန်များနှင့် preheating ကို လုပ်ဆောင်ခြင်း စသည်) ကို ဂရုစိုက်ရန်လည်း လိုအပ်သည်။

ထို့အပြင် Steel ၏ PCM တန်ဖိုးများကိုလျော့ချခြင်းဖြင့် preheating အပူချိန်ကို လျော့ချနိုင်သည်။ ထိုအခြေအနေမျိုးတွင် preheating အပူချိန်မှာ ဇယား ၃–၁၄ အတိုင်း ဖြစ်ရမည်။ ကောင်းမွန်စွာ ထိန်းချုပ်ထားသော အခြေအနေဖြင့် ဟိုက်ဒရိုဂျင် အလွန်အမင်းနိမ့်သော electrode ကိုသုံးသည့်အခါ preheating အပူချိန်ကို gas-shield arc metal welding နည်းလမ်းတွင် သုံးသည့် အပူချိန်အထိ နှိမ့်ချနိုင်သည်။ ထို့အပြင် အမှန်တကယ် ဆောက်လုပ်မည့် structure အတိုင်း ဖန်တီးပြီး ပြုလုပ်ထားသည့် စမ်းသပ်မှုများ (welding crack test) မှ ရရှိသည့် ဒေတာများအရ အက်ကြောင်း ကာကွယ်မှုသည် သေချာကြောင်း တွေ့ရှိရပါက preheating အပူချိန်ကို ဇယား ၃–၁၂ တွင် ဖော်ပြထားသည့် အပူချိန်များအောက်အထိ နှိမ့်ချနိုင်သည်။

Table 3-14 Standard of PCM Value and Preheating Temperature

*P*CM	Welding method	Preheating temperature (°C)		
		Plate thickness division (mm)		
		$t < 25$	$25 < t < 40$	$40 < t < 100$
0.21	SMAW	No preheating	No preheating	No preheating
	GMAW, SAW	No preheating	No preheating	No preheating
0.22	SMAW	No preheating	No preheating	No preheating
	GMAW, SAW	No preheating	No preheating	No preheating
0.23	SMAW	No preheating	No preheating	50
	GMAW, SAW	No preheating	No preheating	No preheating
0.24	SMAW	No preheating	No preheating	50
	GMAW, SAW	No preheating	No preheating	No preheating
0.25	SMAW	No preheating	50	50
	GMAW, SAW	No preheating	No preheating	50
0.26	SMAW	No preheating	50	80
	GMAW, SAW	No preheating	No preheating	50
0.27	SMAW	50	80	80
	GMAW, SAW	No preheating	50	50

0.28	SMAW	50	80	100
	GMAW, SAW	50	50	80
0.29	SMAW	80	100	100
	GMAW, SAW	50	80	80

Note) SMAW: Covered arc welding by low hydrogen type electrode
GMAW: Gas-shield arc metal welding
SAW: Submerged arc welding

Note 1: In "no preheating," when air temperature (room temperature in the case of indoor) is 5° C or less, warm up (heating to approximately 20°C) shall be performed in order to remove any condensation.

Note 2: Preheating temperature calculation formula

$$T_p\ (°C) = 1{,}440P_w - 392$$

Where,

$$P_w = P_{cM} + \frac{HGL}{60} + \frac{K}{400{,}000}$$

Note 3: The preheating temperature in the table is calculated on the basis of the following assumptions:

a) Amount of diffusible hydrogen in deposited metal (H_D)

In low hydrogen covered arc welding HGL = 2 ml/100 g

In submerged arc welding and gas-shield arc metal welding HGL =1ml/100 g

b) Restriction of welded joint (K)

Two hundred times the plate thickness (t) is assumed for the average restriction of the welded joint of a bridge.

$K = 200\ t$ N/mm·mm

Plate thickness t shall be 50 mm in the case of 50 mm or more.

၅) Heat Gain Restriction

Welding work တွင် ဂဟေဆော်ခြင်းကြောင့် heat gain တိုးလာသည့်အခါ ဂဟေအပူချိန်ကြောင့် အပူချိန်အမြင့်ဆုံး ရောက်ရှိချိန်တွင် အပူချိန်ကျဆင်းသည့် နှုန်းမှာ လျော့ကျလာသည်။ ထို့ကြောင့် deposited metal နှင့် ဂဟေအပူ သက်ရောက်ရာနယ် (HAZ) ၏ toughness နှင့် strength မှာ လျော့ကျ လာသည်။ ထို့ကြောင့် joint တစ်ခုအတွက် လိုအပ်သည့် ဂုဏ်သတ္တိများ သေချာရှိနေစေရန်အတွက်၊ steel နှင့် welding procedure နှင့်အညီ heat input ကို ကန့်သတ်ထားရန် လိုအပ်သည်။

Steel တံတားများ၏ welding လုပ်ငန်းတွင် heat input အလွန်များသည့် ဂဟေဆက်ခြင်းသည် ယေဘုယျအားဖြင့် ရှားပါသည်။ သို့သော် welding လုပ်ငန်း ၏ efficiency ကောင်းမွန်စေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် submerged arc welding နှင့် electro-gas arc welding စသည်တို့တွင် heat input ကို အလွန်အမင်းဖြစ်စေသည့် ဂဟေကို အသုံးပြုခြင်းကြောင့်၊ Steel ၏ HAZ တွင် toughness လျော့ကျလာခြင်းပြဿနာ ဖြစ်သည့် အခြေအနေများရှိနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် HAZ ကြောင့်

ထိခိုက်မှုရှိလာနိုင်သည့် နေရာတွင် toughness မကျစေရန် submerged arc welding တွင် heat gain ကို ယေဘုယျအားဖြင့် SM570၊ SMA570W၊ SM520 နှင့် SMA490W အတွက် 7,000 J/mm နှင့်အောက်၊ SM490 နှင့် SM490Y အတွက် 10,000 J/mm နှင့်အောက် ရှိရန် ထိန်းချုပ်ရမည်။

Heat-gain ကြီးမားသည့် welding များပြုလုပ်သည့်အခါ heat gain အလိုက် သင့်လျော်သည့် materials များကို သုံးသင့်သည်။ အဘယ့်ကြောင့်ဆိုသော် Heat-gain ကြီးမားသည့် welding ပြုလုပ်လျှင်ပင် HAZ နေရာ၌ toughness ကောင်းမွန်သည့် steel များကို ထုတ်လုပ်ထားပြီး ဖြစ်သည့်အတွက်ကြောင့် ဖြစ်သည်။ Heat-gain နှင့်အညီ သင့်လျော်သည့် materials များကို သုံးသင့်သည်။ အခြားတစ်ဖက်၌ weld consumables များအတွက်မူ deposited metal ၏ performance ကို သေချာရစေမည့် သင့်လျော်သည့် consumables များရွေးချယ်ရန် လိုအပ်သည်။

၆) Welding Work လုပ်ငန်းအတွက် မှတ်စုများ

က) welding မလုပ်ခင် member များကို သန့်ရှင်းခြင်းနှင့် အခြောက်ခံခြင်း

ဂဟေလိုင်းအနီးတွင် အညစ်အကြေးဂျိုး၊ သံချေးတက်ခြင်း၊ သုတ်ဆေး၊ ဆီ စသည်တို့သည် လေခိုပေါက်များနှင့် အက်ကြောင်းများတို့ကို ဖြစ်စေနိုင်သည်။ သို့သော် အနာအဆာများ ဖြစ်ပေါ်သည့် အဆင့်မှာ ပြင်ပမှ ကပ်ညိသည့် ပစ္စည်းပမာဏနှင့် welding procedure အပေါ်တွင် မူတည်၍ များစွာ ပြောင်းလဲမှုရှိသည်။ ဥပမာ flat manual welding အခြေအနေတွင် ပုံမှန် အောက်ခံဆေး (primer coating) က မပျက်စီးသလောက် အနေအထား ဖြစ်သော်လည်း vertical downward welding ကဲ့သို့သော မြန်နှုန်းအမြင့်ဖြင့် ပြုလုပ်ထားသည့် fillet welding တွင်မူ ပျက်စီးနိုင်သည်။ ဂဟေလိုင်းတွင် အစိုဓာတ်ရှိနေသည့် အခြေအနေသည် ဂဟေအား ဆိုးဆိုးရွားရွား ထိခိုက်စေနိုင်သည့် အတွက် ထိုအခြေအနေကို တားမြစ်ရမည်။

ခ) Weld tab

ဂဟေသား (welded bead) အစနှင့် အဆုံးတွင် ချွတ်ယွင်းချက် အနာအဆာများ ဖြစ်စေနိုင်သည့် အတွက် weld tab ကို သုံးရမည်။ ပင်မယက်မ၏ အဆုံးပိုင်း fillet welding တွင်လည်း end tab သုံးရန်သတ်မှတ်ထားသည်။ ပင်မယက်မ၏ flange နှင့် web တို့အတွက် fillet welding ကို submerged arc welding နည်းဖြင့် လုပ်သည့်အခါ shear stress များသည့် အဆုံးပိုင်းတွင်၊ အထူးသဖြင့် automatic ဂဟေတွင်၊ ကြီးမားသည့် crater (bead ၏မျက်နှာပြင်အချိုင့်) မဖြစ်ပေါ်စေရန်အတွက် ဖြစ်သည်။

သို့ရာတွင် steel weld tab (flux tab ကဲ့သို့) မပါသည့် welding procedure ကို ယခုနောက်ပိုင်း တီထွင်ပြီး ဖြစ်သည်။ ထို procedure သည် ဂဟေဇုန်၏ အဆုံး၌ ချွတ်ယွင်းချက် အနာအဆာ ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို steel weld tab သုံးသည့်ပုံစံအတိုင်း ကာကွယ်ပေးနိုင်သည်ဟု တရားဝင် အသိအမှတ်ပြုပြီးပါက ထိုနည်းလမ်းကို သုံးနိုင်သည်။

ဂ) Work of partial penetration groove welding

Crater သည် ယေဘုယျအားဖြင့် welded bead ၏ အဆုံးတွင် ဖြစ်ပေါ်လေ့ရှိပြီး၊ ဤအပိုင်းတွင် crater crack ပေါ်နိုင်သည်။ အထူးသဖြင့် partial penetration groove welding ကဲ့သို့ groove angle သေးငယ်သည့် အခြေအနေများတွင် ဖြစ်နိုင်ခြေများသည်။ ထို့ကြောင့် automatic welding နည်းဖြင့် ဂဟေဆော်သည့်အခါ၊ ဂဟေလိုင်းတစ်လျှောက်တွင် bead ပြတ်တောက်သွားခြင်း မရှိစေရဘဲ ဆက်တိုက် ဂဟေ ဆော်ရမည်။ လိုအပ်ချက်အရ member ပုံသဏ္ဍာန်ပြောင်းလဲခြင်း သို့မဟုတ် groove ပြောင်းလဲခြင်း စသည်တို့ကြောင့်၊ တစ်ဝက်တစ်ပျက်တွင် bead ပြတ်တောက်သွားခြင်း၊ သို့မဟုတ် welding procedure ပြောင်းလဲခြင်းတို့ ရှိသည့်အခါ၊ နောက်ထပ် welding ပြန်မဆော်ခင် နောက်ဆုံး bead ၏ အဆုံးပိုင်းကို ခြစ်ထုတ်ပစ်ရမည်။

Manual welding တွင် အဆုံးပိုင်းကို ဂရုတစိုက် ပြုပြင်ပါက၊ crater မဖြစ်ပေါ်သကဲ့သို့၊ semi-automatic welding တွင်လည်း power အရင်းအမြစ်နေရာတွင် crater ဖြည့်သည့် function ထည့်သွင်းထားပြီး၊ အဆုံးအပိုင်းကို crater- filler current ဖြင့် ပြုပြင်ပါက ကြီးမားသည့် crater မဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါ။ ထို့ကြောင့် ထိုအခြေအနေမျိုးတွင် အဆုံးပိုင်းအား ခြစ်ထုတ်ပစ်ရန် မလိုအပ်ပါ။

ဃ) Work of fillet welding and partial penetration groove welding

အထက်ပါ အချက် ၃. တွင် ဖော်ပြထားသည့် တူညီသော ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့်၊ ဤအချက် ၄. အား သတ်မှတ်ထားပါသည်။ Semi-automatic welding နည်းဖြင့် ရှည်လျားသော joint ကို ဂဟေဆော်ရသည့်အခါ၊ equipment အဆင်အပြင် (layout) ၊ သို့မဟုတ် ရွေ့လျားနိုင်မှု မကောင်းပါက၊ ဂဟေအား တစ်ဆက်တည်း မပြုလုပ်နိုင်ပါ။ ထိုအတွက် ပြည့်ပြည့်စုံစုံ ကြိုတင်စီမံ ဆောင်ရွက် ထားရမည်။

င) Installment and removal of suspending bracket and temporary member, etc.

Suspending bracket ၊ ယာယီ member စသည်တို့ တပ်ဆင်ရာတွင် သုံးသည့် ဂဟေကိုလည်း၊ ပင်မ member သို့ သွားရောက် ပေါင်းစပ်နေသည်ဆိုသည့် အချက်ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစား၍၊ စက်ရုံတွင် ဂဟေဆော်ရမည်ဖြစ်သည်။ သို့သော်၊ ကြမ်းခင်း သွန်းလောင်းစဉ် လုပ်ငန်း လိုအပ်ချက်ကြောင့်၊ ဥပမာ

hanging rings များအနက် upper flange ၏ ထိပ်ပိုင်းမျက်နှာပြင်အားတပ်ဆင်သည့် ကြမ်းခင်းပုံစံ ဘောင်လုပ်ထားသည့် ချိတ်ဆွဲရန် ကွင်း များတွင် on-site welding လုပ်ရသည့်အခါ shop weldingတွင်လုပ်ဆောင်သည့် အခြေအနေ လိုအပ်ချက်များအတိုင်း ကိုက်ညီစေရန် ဆောင်ရွက်ရမည် ဖြစ်သည်။

Suspender ၊ ယာယီ member စသည်တို့ကို ဖယ်ရှားသည့်အခါ အောက်ခြေ (base) material ပေါ်တွင် အပြစ်အနာအဆာများ သက်ရောက်နိုင်မှုသာမက၊ coating လုပ်ငန်းနှင့် အရည်အသွေး၊ တံတားကြမ်းခင်း pavement စသည်တို့အပေါ် မျက်နှာပြင်အချောသတ်မှုအဆင့်၊ ထင်ကျန်ခဲ့သည့် အရာ (အမှတ်အသား) အနက် တို့၏ သက်ရောက်မှုများအတွက် အလေးထား ဆောင်ရွက်ရမည်။ ထို့ကြောင့် pavement စသည်တို့၏ အချောသတ်မှုအဆင့် စသည်တို့ အတွက် ကိုးကားအဖြစ် 'Bridge Deck Pavement Standard (Plan), Honshu-Shikoku Bridge Authority, April 1983' ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

၃.၂.၅ မျက်နှာပြင်အပြစ်အနာအဆာများ စစ်ဆေးခြင်း (Surface Flaw Inspection)

(၁) Welding လုပ်ငန်းများပြီးဆုံးချိန်တွင်၊ joint တစ်ခုအတွက် လိုအပ်သော welding အရည်အသွေး ရှိမရှိ၊ bead ပုံသဏ္ဌာန်နှင့် အသွင်အပြင်ကို သာမန်မျက်စိဖြင့် (သို့) welding ကို မပျက်စီးစေဘဲ စစ်ဆေးနိုင်သည့် သင့်လျော်သောနည်း (nondestructive inspection method) ဖြင့် စစ်ဆေးမှု လုပ်ဆောင်ရမည်။

(၂) စစ်ဆေးမှုများကို အောက်ပါ အချက် ၁) မှ ၄) နှင့် အညီ ဆောင်ရွက်ပါက၊ အပိုဒ် (၁) အား ပြေလည်စေသည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

၁) ဂဟေအက်ကြောင်း စစ်ဆေးခြင်း (Weld crack inspection)

Weld bead နှင့် ၎င်း၏အနီးတစ်ဝိုက်တွင် အက်ကြောင်း လုံးဝမဖြစ်ပေါ်စေရပါ။ ယေဘုယျအားဖြင့် အက်ကြောင်းစစ်ဆေးခြင်းကို သာမန်မျက်စိဖြင့်လုပ်ဆောင်သော်လည်း၊ အပြစ်အနာအဆာဟု သံသယရှိပါက၊ magnetic particle (သံလိုက်စက်ကွင်းအမှုန်ဖြင့် စမ်းသော) နည်း သို့မဟုတ် liquid penetrant (အရည်စိမ့်ဝင်မှုဖြင့်စမ်းသော) နည်းကို အသုံးပြု၍ စစ်ဆေးသင့်သည်။

၂) Weld bead အသွင်အပြင်နှင့် ပုံသဏ္ဌာန်အား စစ်ဆေးခြင်း

က) ဂဟေသားမျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် တွေ့ရှိတတ်သော အချိုင့်/အပေါက် (Pit on surface of

weld bead)

တေ့ဆက် (butt joint) ပုံစံဖွဲ့စည်းထားသော T-joint နှင့် corner joint နှင့် အဓိက member တစ်ခု၏ cross section တွင်ရှိသော weld bead ၏ မျက်နှာပြင်တွင် အချိုင့်မရှိရပါ။ Fillet welding နှင့် partial penetration groove welding တွင် joint တစ်ခုလျှင် သို့မဟုတ် joint အရှည် တစ်မီတာလျှင် အချိုင့် (၃)ခု အထိခွင့်ပြုသည်။ သို့သော် 1 mm နှင့်အောက် ငယ်သော အချိုင့် အရွယ်များကိုမူ၊ အချိုင့် (၃) ခုကို (၁) ခုအဖြစ် တွက်ချက်ရမည်။.

ခ) ဂဟေသား၏ မျက်နှာပြင်မညီမညာဖြစ်ခြင်း (Unevenness on the surface of weld bead)

Bead တစ်ခု၏ မျက်နှာပြင်မညီမညာဖြစ်ခြင်းကို bead အရှည် 25 mm အတွင်း အနိမ့်အမြင့် ကွာခြားမှုဖြင့် ဖော်ပြသည်။ မညီမညာ ဖြစ်ခြင်းသည် 3 mm ထက်မပိုစေရပါ။

ဂ) ဂဟေသားမပြည့်ဘဲ ချိုင့်ဝင်နေသော နေရာ (Undercut)

Undercut တစ်ခု၏ အနက်သည် 0.5 mm ထက်ငယ်ရမည်။

ဃ) Overlap

ဂဟေသားသည် လိုသည်ထက် ပိုထွက်နေခြင်း (Overlap ဖြစ်ခြင်း) မရှိစေရ။

င) Fillet welding ၏ အရွယ်

Fillet welding တစ်ခု၏ အရွယ်အစားနှင့် throat အထူသည် သတ်မှတ်ထားသော အရွယ်အစားနှင့် throat အထူအောက် မငယ်စေရပါ။ ဂဟေလိုင်း၏ တစ်ဖက်တစ်ချက် (အစွန်းနှစ်ဖက် 50mm မပါ) ဂဟေအလျား (weld length) ၏ 10% အကွာအဝေးအတွင်းရှိ နေရာတွင် ၎င်းအရွယ်အစားနှင့် throat အထူ အတွက် ကွာဟမှု အတိုင်းအတာကို -1.0 mm ခွင့်ပြုသည်။

၃) ထပ်ပိုးဂဟေ/အားဖြည့်ဂဟေနှင့် groove weld ကို မျက်နှာပြင်ချောခြင်း

မျက်နှာပြင်ချောခြင်းနှင့် ပတ်သက်၍ ဒီဇိုင်းတွင် ထွေထွေထူးထူး သတ်မှတ်ချက် မရှိပါက groove weld တွင်၊ ဇယား ၃-၁၅ တွင် ဖော်ပြထားသော အပိုင်းအခြားအတွင်းမှ အားဖြည့်ဂဟေများကို အချောသတ်ရန်မလိုပါ။ အားဖြည့်ဂဟေအမြင့်သည် ဇယား ၃-၁၅ မှ အပိုင်းအခြားများကို ကျော်လွန်ပါက၊ bead ပုံသဏ္ဍာန်၊ အထူးသဖြင့် toe အပိုင်းကို ချောမွေ့အောင် finishing ပြုလုပ်ရမည်။

Table 3-15 Groove Weld Reinforcement (mm)

Bead width (***B***)	Weld reinforcement height (***h***)
B<15	***h***≦3
15≦***B***<25	***h***≦4
25≦***B***	***h***≦(4/25)·***B***

၄) အပြစ်အနာအဆာရှိသော အစိတ်အပိုင်းများကို ပြန်လည်ပြင်ဆင်ခြင်း

အပြစ်အနာအဆာရှိသော အစိတ်အပိုင်းများကို ပြန်လည်ပြုပြင်ရာတွင်၊ ပြန်လည်ပြုပြင် သည့် လုပ်ငန်းကြောင့် အောက်ခံ (base) material အပေါ် သက်ရောက်မှုကို အလေးထား၍၊ ဂရုတစိုက် လုပ်ဆောင်ရမည်။

အပြစ်အနာအဆာများအား ပြန်လည်ပြုပြင်သည့် နည်းလမ်းများကို ဇယား ၃-၁၆ တွင် ဖော်ပြထားသည်။ ပြန်လည်ပြင်ဆင်သည့် ဂဟေ၏ bead length သည် 40 mm နှင့်အထက် ရှိရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ပြင်ဆင်ရေးလုပ်ငန်းအတွက် လုပ်ဆောင်သည့် preheating စသည့်တို့ကို ဂရုတစိုက် လုပ်ဆောင်ရမည်။

Table 3-16 Method for Defect Repair

	အပြစ်အနာအဆာ အမျိုးအစား	ပြန်လည်ပြင်ဆင်ကုစားသည့်နည်းလမ်း
၁	Arc strike	Base material ၏ မျက်နှာပြင်အချိုင့်နေရာကို အပေါ်လွှာ ဂဟေသားဖြင့် အုပ်ပြီးနောက် grinder ဖြင့် ချောအောင် စားပေးရမည်။ သေးငယ်သော အမှတ်အသား နေရာကိုမူ grinder ဖြင့် ချောခြင်းသာလျှင် လုပ်ရမည်။
၂	Assembly weld တွင် ဖြစ်သည့် အပြစ်အနာအဆာ	အပြစ်အနာအဆာ ဖြစ်နေသော အပိုင်းကို arc air gouging စသည်ဖြင့် ထိုးထွင်း၍ ဖယ်ရှားရမည်။ လိုအပ်ပါက assembly welding ထပ်မံပြုလုပ်ရမည်။
၃	ဂဟေအက်ကွဲခြင်း (Weld crack)	အက်ကြောင်းဖြစ်နေသည့်အပိုင်းကို လုံးဝဖယ်ရှားရမည်။ ပြဿနာ အရင်းအမြစ်ကို ရှာဖွေဖော်ထုတ်ပြီးသည့်နောက် ဂဟေ ပြန်လည် ဆော်ရမည်။
၄	ဂဟေသား မျက်နှာပြင်၌ အချိုင့်များ ဖြစ်ခြင်း (Pit on surface of weld bead)	ဤအပိုင်းကို arc air gouging ထိုးသည့် နည်းဖြင့် ဖယ်ရှားရမည်။ ထို့နောက် ဂဟေ ထပ်မံဆော်ရမည်။

၅	ဂဟေသား ပိုသွားခြင်း (Overlap)	Grinder ဖြင့် ညှိရမည်ဖြစ်ပြီး သင့်တင့်သည့် ပုံစံဖော်ရမည်။
၆	ဂဟေမျက်နှာပြင် မညီညာခြင်း	Grinder ဖြင့် ချောရမည်။
၇	Undercut	Undercut ဖြစ်သည့်အဆင့်အပေါ် မူတည်၍ grinder ဖြင့်ချောရမည် သို့မဟုတ်ပါက ဂဟေဆော်ပြီး grinder ဖြင့်ချောရမည်။

၁) ဂဟေအက်ကြောင်းစစ်ဆေးခြင်း

ဂဟေဆော်သည့် အစိတ်အပိုင်းများ၊ ပစ္စည်းများတွင် အက်ကြောင်း ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို လုံးဝခွင့်မပြုပါ။ သို့သော် ရှိနေနိုင်သည့် အက်ကြောင်းများ အားလုံးကို ရှာဖွေတွေ့ရှိနိုင်ရန်မှာ ခက်ခဲပါသည်။ ထို့ကြောင့် မျက်နှာပြင်၌ ရှာဖွေတွေ့ရှိနိုင်သည့် အက်ကြောင်းများကို မဖြစ်ပေါ်စေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် ဤအပိုင်းတွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားပါသည်။ သို့သော် မျက်နှာပြင်၌ ရှာဖွေတွေ့ရှိနိုင်သော အက်ကြောင်းများကို ကာကွယ်နိုင်သည့်အခါ အခြားလုပ်ဆောင်စရာများကို ဆောင်ရွက်ရန်မလို ဟု ဆိုလိုခြင်း မဟုတ်ပါ။ ထို့ကြောင့် ဂဟေလက်တွေ့လုပ်ဆောင်ရာတွင် အခြေအနေများသည် အက်ကြောင်း ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို တားဆီးနိုင်ရန် လိုအပ်ချက်များကို အပြည့်အဝ လိုက်နာရမည်။ ဂဟေ အက်ကြောင်းဖြစ်ပေါ်မှုကို တားဆီးရန် အဓိကစိန်ခေါ်မှုပင် ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် specifications များ၏ ကန့်သတ်ချက်များနှင့်အညီ တားဆီး ကာကွယ်သည့် အမြင့်ဆုံး ဆောင်ရွက်ချက်များကို လုပ်ဆောင်ရမည်။

အခြားတစ်ဖက်တွင်မူ အတွင်းမှ အပြစ်အနာအဆာများ (internal flaws) ကို ရှာဖွေ သိရှိနိုင်ရန် အတွက် radiographic testing နှင့် ultrasonic testing နည်းလမ်းများကို အသုံးပြုကြသည်။ သို့သော် T-joint ၏ အပြည့်ဂဟေ (fillet weld) အပိုင်း သို့မဟုတ် corner joint ၏ partial penetration ဂဟေ အပိုင်းတို့တွင် root zone ၏ ဂဟေ အပြစ်အနာအဆာနှင့် ဂဟေမဆော်သည့် သတ္တုဖုန်အကြား ခွဲခြားရန်မှာ ခက်ခဲပါသည်။ ထို့ကြောင့် ထိုစမ်းသပ်မှုနည်းလမ်းများကို အက်ကြောင်းစစ်ဆေးသည့် နည်းလမ်းများတွင် ထည့်သွင်းမထားပါ။

၂) Weld bead ၏အသွင်အပြင်နှင့် ပုံသဏ္ဌာန်ကို စစ်ဆေးခြင်း

Weld bead တစ်ခု၏ ပုံစံအသွင်အပြင်နှင့် ပတ်သက်သည့် အရာများနှင့် အပြစ်အနာအဆာများကို ဆုံးဖြတ်ရာတွင်၊ တစ်ဦးနှင့်တစ်ဦး မတူညီနိုင်သောကြောင့် မျှတသည့် အကဲဖြတ်မှုများ ပြုလုပ် နိုင်သည့် inspection criteria ကိုသတ်မှတ်ပြီး၊ ၎င်းတို့အတွက် သင့်လျော်သည့် ခွင့်ပြုနိုင်သော ပမာဏများကို

၌အပိုင်းတွင် ဖော်ပြထားသည်။ Groove weld တစ်ခုကို ထပ်ပိုးဂဟော၊ အားဖြည့်ဂဟေ အတွက် အချက်နံပါတ် ၃) ကို ကိုးကားရာတွင် bead ၏ ပုံသဏ္ဍာန်နှင့် အသွင်အပြင် အရည်အသွေးကို ဆုံးဖြတ်ပေးမည့် အခြားအချက်များမှာ မျက်နှာပြင်တွင်အချိုင့်ရှိခြင်း၊ မျက်နှာပြင်မညီညာခြင်း၊ undercut ဖြစ်ခြင်း၊ overlap ဖြစ်ခြင်း၊ အဖြည့်ဂဟေ (Fillet weld) ၏ အရွယ်အစား စသည်တို့ဖြစ်သည်။ 'Quantitative Inspection and Control Criteria of the Appearance of Vessel's Body' (edited by the Welding Work Committee, Shipbuilding Section, Japan Welding Engineering Society) ကို အခြေခံ၍ ၎င်းတွင် တံတား၏ အမျိုးမျိုးသော အခြေအနေများကို ပေါင်းထည့်ခြင်းအားဖြင့် ကန့်သတ်ချက်များကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

က) Weld bead မျက်နှာပြင်ရှိ အချိုင့်များသည် ပြင်ပမှ materials နှင့် အစိုဓာတ်တို့ကြောင့် ထွက်ပေါ်လာသည့် ဓာတ်ငွေ့များ၏ အပေါက်များ ဖြစ်သည်။ ၎င်းတို့သည် သေးငယ်ပြီး ပြတ်တောင်းပြတ်တောင်း ဖြစ်ပါက strength အပေါ်တွင် သက်ရောက်မှုမရှိပါ။ သို့သော် ကြီးမားပြီး အစုလိုက် အစုလိုက် ဖြစ်ပေါ်နေပါက stress concentration ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်ပြီး အသွင်အပြင်အားဖြင့် နှစ်လိုဖွယ်ရာ မရှိပါ။ ထို့ကြောင့် ပင်မ joints များတွင် ၎င်းတို့အား ခွင့်မပြုသော်လည်း အချို့ကို secondary joints များတွင် ခွင့်ပြုသည်။

ခ) Weld bead တစ်ခု၏ မျက်နှာပြင်မညီညာမှုသည် bead ၏ အဆက်နေရာတွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။ crater treatment နှင့် စမှတ်တွင် ပြုလုပ်သည့် treatment များမကောင်းပါက မျက်နှာပြင် မညီညာမှုသည် အတန်အသင့် များလာနိုင်သည့်အတွက် ကောင်းမွန်သော အသွင်အပြင်ကို အလေးထား၍ treatment များကို ဂရုတစိုက် လုပ်စေရန် ရှုထောင့်မှ လက်ခံနိုင်သည့် criteria ကို 3 mm ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။

ဂ) Undercuts များသည် stress concentration ၏ အဓိကအကြောင်းအရင်းဖြစ်ပြီး ပျက်စီးမှုကို ပိုမို ဖြစ်ပေါ်စေသည့်အတွက် ယခင်မှ မှတ်တမ်းများကို အခြေခံပြီး ၎င်းအတွက် လက်ခံနိုင်သည့် criteria ကို 0.5 mm နှင့်အောက် ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။ ထို့အပြင် ribs များ၊ stiffeners များကဲ့သို့ fillet welded joints များတွင် ပင်မ structure နှင့်ဆက်သည့် toe zone (on the lower-leg side of the fillet weld) မှ undercut သည် အထူးသဖြင့် stress concentration ရှုထောင့်မှကြည့်လျှင် အရေးကြီးသည်။ ထို့ကြောင့် lower-leg side ကို မဖြစ်မနေ စစ်ဆေး ရမည်။ ထို့အပြင် သတ်မှတ် fatigue strength အဆင့်များကို ပြေလည်စေရန်အတွက် undercut ကန့်သတ်ချက်များမှာ ဤအခန်းတွင် ဖော်ပြထားသော ကန့်သတ်ချက်များထက် ပိုမို တင်းကျပ်သည့် ဖြစ်ရပ်များ ရှိသည်။ ထို့ကြောင့် အဆိုပါ အခြေအနေများတွင် သီးခြားစဉ်းစားရန်

လိုအပ်သည်။ fatigue နှင့်သက်ဆိုင်သည့် အခြေအနေများအတွက် ဤ 'Guideline of Fatigue Design for Steel Road Bridges' (Japan Road Association) ကို ကိုးကားနိုင်ပါသည်။

ဃ) ဆိုးဆိုးရွားရွား အခြေအနေများတွင် မဆောင်ရွက်သရွေ့ ယခုနောက်ပိုင်း၊ welding materials များတွင် overlaps ဖြစ်ပေါ်ခြင်းမရှိသည့် အချက်ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး overlap ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို လက်မခံပါ။

င) အဖြည့်ဂဟေ (Fillet weld) ၏ အရွယ်နှင့် throat thickness အတွက် negative tolerance ကို လက်ခံ ထားသည်။ ဂဟေလိုင်း ၏ တစ်ဖက်တစ်ချက်၊ weld length ၏ 10% အထိ -1.0 mm ခွင့်ပြုသည်။ အဖြည့်ဂဟေဖြင့် ဆက်ထားသည့် သတ္တု၏ strength မှာ base material ထက် ယေဘုယျအားဖြင့် ပိုမြင့်သည့်အတွက် အနုတ်တန်ဖိုး သတ်မှတ်ခြင်းဖြစ်သည်။ ထို့အပြင် ရည်မှန်းတန်ဖိုးများကို သတ်မှတ်အရွယ်အစား ပြောင်းလဲခြင်း ၏ lower limit အဖြစ် သတ်မှတ်ပါက ပျှမ်းမျှအရွယ်အစားမှာ မလိုလားဖွယ်ရာ ကြီးမားလာပြီး၊ ပုံသဏ္ဍာန် ပျက်ယွင်းမှုကြောင့် ဆိုးကျိုးများ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

၃) Groove weld ၏ ထပ်ပိုးဂဟေ၊ အားဖြည့်ဂဟေနှင့် မျက်နှာပြင်ချောခြင်း

အားဖြည့်ဂဟေကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် stress concentration သည် bead တစ်ခု၏ toe zone ပုံစံနှင့် တိုက်ရိုက်ဆက်စပ်နေသော်လည်း၊ အားဖြည့်ဂဟေ၏ အလယ်ဗဟိုပိုင်းမှ အမြင့်နှင့် တိုက်ရိုက် ဆက်စပ်ခြင်း မရှိဟု ယူဆသည့်အတွက် acceptance criteria အဖြစ် ရွေးချယ်သည့် Bead width ကို ဇယား ၃–၁၅အတိုင်း သတ်မှတ်ထားပါသည်။

ဤကန့်သတ်ချက်ကို ကျော်လွန်သော အားဖြည့်ဂဟေများတွင် ပိုနေသည့် အပိုင်းကို ဖယ်ရှားရမည်။ ထိုအခြေအနေမျိုးတွင် အလယ်ပိုင်းကိုသာ ညှိခြင်းဖြင့် ဂဟေအမြင့်ကို လျှော့ချသော်လည်း toe zone ပုံစံ၏ သက်ရောက်မှုသည် လျော့သွားမည်မဟုတ်ပါ။ ထို့ကြောင့် အထူးသဖြင့် toe zone ကို ချောမွေ့နေအောင် လုပ်ရမည်။

အားဖြည့်ဂဟေကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် stress concentration သည် welded structure များအတွက် အရေးကြီးသည်။ ပုံပန်းသွင်ပြင်အတွက် စဉ်းစားပြီး၊ အားဖြည့်ဂဟေကို ချောမွေ့အောင် လုပ်ရန် လိုအပ်သည် ဆိုသည့်အခါလည်း ရှိသည်။ ထို့ကြောင့် အားဖြည့်ဂဟေ မျက်နှာပြင် ချောရန် လိုအပ်သည့် နေရာများကို design drawings တွင်ညွှန်ကြားထားရမည်။ လက်တွေ့ လုပ်ဆောင်မှု အတွင်း မျက်နှာပြင်ချောထားသည့် အမှတ်အသားများ ရှိမရှိ ဂရုတစိုက် စစ်ဆေးရမည်။

၄) အပြစ်အနာအဆာရှိသောအပိုင်းများအား ပြုပြင်ခြင်း

ပြုပြင်ရသည့် ရည်ရွယ်ချက်မှာ base material နှင့် ဂဟေဆော်ထားသည့် joint အပိုင်းတို့ ကောင်းစွာ စွမ်းဆောင်နိုင်ရန် ဖြစ်သည့်အတွက် member တစ်ခုလုံးအပေါ် အကျိုးသက်ရောက်မှုကို သေသေချာချာ စဉ်းစား၍ ပြုပြင်သည့်နည်းလမ်းကို ဆုံးဖြတ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ မလိုလားအပ်သည့် ဂဟေဆော်ခြင်း၊ အပူပေးခြင်းများကို ကာကွယ်ရှောင်ရှားနိုင်ရန် ပြုပြင်မှုကို ဂရုတစိုက် ပြုလုပ်ရမည်။ အထူးသဖြင့် ပြုပြင်လိုက်သည့် ဂဟေအပိုင်း၏ စမှတ်နှင့် ဆုံးမှတ်တွင် အန္တရာယ်ရှိသည့် အပြစ် အနာအဆာများ ရှိနိုင်သည့်အတွက် ဂရုစိုက်ရမည်။

၃.၂.၆ အတွင်းပိုင်း အပြစ်အနာအဆာများအား စစ်ဆေးခြင်း

(၁) အပြည့်အဝဖောက်၍ တေ့ဆက်ဆက်သည့် joint (Full penetration butt welding joint) အား ဂဟေဆော်ပြီးပါက၊ အတွင်းပိုင်းအပြစ်အနာအဆာ ရှိမရှိ၊ သင့်တော်သော non–destructive inspection နည်းလမ်းဖြင့် စစ်ဆေးရမည်။

(၂) Full penetration butt welding joint အတွက် အတွင်းပိုင်းအနာအဆာ စစ်ဆေးသည့်အခါ၊ အောက်ပါ နည်းလမ်းများနှင့်အညီ ပြုလုပ်ပါက၊ အပိုဒ် (၁) အား ပြေလည်သည်ဟု ယူဆ နိုင်သည်။

၁) စစ်ဆေးသည့် နည်းလမ်း (Inspection method)

Radiographic testing နှင့် ultrasonic testing နည်းလမ်းများဖြင့် material အား ထိခိုက်မှုမရှိစေဘဲ စစ်ဆေးနိုင်သည်။

၂) စစ်ဆေးရန် sample ယူမည့် နှုန်းထား၊ လက်ခံနိုင်သည့်စံများနှင့် လက်ခံခြင်း အကဲဖြတ် ဆုံးဖြတ်ချက်

က) နမူနာ ကောက်ယူစစ်ဆေးရမည့် နှုန်း (Sampling inspection rate)

ဇယား ၃–၁၇ တွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း၊ ပင်မ အစိတ်အပိုင်းအား၊ အုပ်စုတစ်ခုလျှင် joint တစ်ခု နမူနာယူပြီး စစ်ဆေးရမည်။ သို့ရာတွင် လုပ်ငန်းခွင်တွင် ဂဟေဆော်သည့်၊ Steel တံတား pier ၏ column နှင့် beam ဆက်သည့်နေရာ၊ girder ၏ web နှင့် flange ကို ဆက်ထားသော နေရာနှင့် steel ကြမ်းခင်းအဆက်နေရာများ၏ အပြည့်အဝ ဖောက်၍ တေ့ဆက် joints များကိုမူ ဇယား ၃–၁၈ ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း ဆောင်ရွက်ရမည်။ အခြား member အတွက် allowable stress တန်ဖိုးကို စက်ရုံတွင် ဂဟေဆော်သည့်၊ ပုံစံတူ joint အတိုင်း၊ တန်ဖိုးအတူတူ သတ်မှတ်ပါက၊ joint အလျားတစ်လျှောက်လုံး

nondestructive inspection နည်းဖြင့် စစ်ဆေးရမည်။

Table 3-17 Nondestructive Inspection Rate of Full Penetration Butt Welding Joint of Primary Member

<table>
<tr><th colspan="3">Member</th><th>Maximum number of joints per group in grouping 1 inspection lot</th><th>Number of photo shoots in radiographic testing</th><th>Number of joints to be inspected in ultrasonic testing</th></tr>
<tr><td colspan="3">Tensile member</td><td>1</td><td>One shoot (including end part)</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">Compressive member</td><td>5</td><td>One shoot</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Bending member</td><td colspan="2">Tensile flange</td><td>1</td><td>One shoot</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="2">Compressive flange</td><td>5</td><td>One shoot</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Web plate</td><td>Joint in direction perpendicular to stress</td><td>1</td><td>One shoot (on the tension side)</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Joint in parallel direction to stress</td><td>1</td><td>One shoot (including end part)</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">Steel floor deck</td><td>1</td><td>One shoot (including end part)</td><td>1</td></tr>
</table>

Table 3-18 Nondestructive Inspection Rate of Full Penetration Butt Welding Joint That Undergoes Site Welding

<table>
<tr><th rowspan="2">Member</th><th>Radiographic testing</th><th>Ultrasonic testing</th></tr>
<tr><th>Location to shoot</th><th>Inspection length</th></tr>
<tr><td>Beam and column of steel bridge pier</td><td colspan="2" rowspan="2">Entire length of joint in general</td></tr>
<tr><td>Flange of main girder (excluding steel floor deck) and plate</td></tr>
<tr><td>Orthotropic steel deck</td><td>50cm continuously at the start point and end point of joint (two shoots), one location per meter in middle part (one shoot) and one location at wire joint portion (one shoot) in general.</td><td>Entire length of joint in general</td></tr>
</table>

ခ) လက်ခံရန် သတ်မှတ်ချက် (Acceptance Criteria)

သတ္တုညောင်းအား (Fatigue strength) အတွက် လက်ရှိလေ့လာမှုကို အခြေခံ၍၊ (fatigue strength အုပ်စု D in JHBS) ခွင့်ပြုနိုင်သော defect အရွယ်အစားမှာ full penetration transverse butt weld bead နှင့် cross shape weld bead တို့တွင် သံပြားအထူ 18mm ထက် ကြီးပါက t/6 mm ၊ သံပြားအထူ 18mm အောက်ဆိုလျှင် 3mm ၊ longitudinal

full penetration bead တွင် t/3 mm တို့ ဖြစ်သည်။ High strength steel plate ၏ partial penetration groove welding ဆိုလျှင်၊ ဟွန်းရှူး၊ ရှိကိုကူးတံတား စံချိန်စံညွှန်းအရ၊ ခွင့်ပြုနိုင်သော defect အရွယ်အစားမှာ အကျယ် 3mm ၊ အမြင့် 8mm ဖြစ်သည်။

၃.၃ STUD DOWEL

၃.၃.၁ Scope of Application

ဤအခန်းကို arc stud dowel ၏ ဂဟေအရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေးအတွက် အသုံးချရန် ဖြစ်သည်။

၃.၃.၂ Material and Shape Dimensions

JIS B 1198 တွင်သတ်မှတ် ပြဋ္ဌာန်းထားသော studs များ၏ ဓာတုဗေဒ ဖွဲ့စည်းပုံ၊ mechanical ဂုဏ်သတ္တိများ၊ ပုံသဏ္ဌာန်နှင့် အတိုင်းအတာများကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 3-19 Chemical Composition

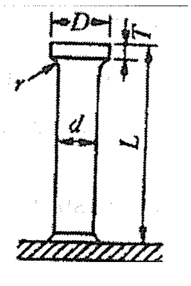
Material	Chemical element (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Al
Silicon killed steel	0.20 or less	0.15 to 0.35	0.30 to 0.90	0.040 or less	0.040 or less	-
Aluminum killed steel	0.20 or less	0.10 or less	0.30 to 0.90	0.040 or less	0.040 or less	0.02 or more

Table 3-20 Mechanical Properties

Yield point or 0.2% proof stress (N/mm^2)	Tensile strength (N/mm^2)	Elongation (%)
235 or more	400 to 550	20 or more

ဒီဇိုင်းကို AASHTO LRFD တွင် အခြေခံ၍ ပြုလုပ်ပါက AASHTO Construction Specification ကို သုံးရမည်။

Table 3-21 Shape, Dimensions and their Tolerance

Nominal designation	Shaft diameter *d*		Head diameter *D*		Head thickness *T* Minimum	Roundness *r* under neck	Standard shape and dimensional symbol
	Basic dimension	Tolerance	Basic dimension	Tolerance			
19	19.0	±0.4	32.0	±0.4	10	Two or more	
22	22.0		35.0				

၃.၃.၃ Welding Procedure Test

Stud dowel ဂဟေပစ္စည်းများနှင့် အကူပစ္စည်းများ စသည်တို့အတွက် Current, voltage, arc time, preheating ကဲ့သို့သော အခြေအနေသတ်မှတ်ချက်များ (welding conditions) ကို welding procedure test ၏ ရလဒ်များအရ ဆုံးဖြတ်ရမည်။

Welding Procedure Test ကို အောက်ပါအခြေအနေများတွင် ပြုလုပ်ရမည်ဖြစ်ပြီး စမ်းသပ်မည့် နည်းလမ်းများမှာ ဇယား ၃–၂၂ နှင့်အညီ ဖြစ်ရမည်။

- တံတားတည်ဆောက်ရေးအဖွဲ့သည် stud dowel welding အတွေ့အကြုံမရှိလျှင်
- Stud dowel ၏ serial number၊ ဂဟေ စက်ပစ္စည်းများ၊ ဂဟေ ဆော်မည့်သူ တစ်ခုခု အပြောင်းအလဲရှိလျှင်
- one per 5,000 ဖြစ်လျှင်

Table 3-22 Welding Procedure Test

Test type	Test item	Welding procedure	Shape of test piece	No. of test piece	Test procedure	Criterion
Stud welding test	Tensile test	JIS B 1198	JIS B 1198	3	JIS Z 2241	235 N/mm^2 or more at yield point, 400 to 550 N/mm^2 for tensile strength and 20% or more for elongation. However, it must not break during the welding process.
	Bend test	JIS Z 3145	JIS Z 3145	3	JIS Z 3145	No cracking shall occur in the welded part.

၃.၃.၄ Stud Welding ၏ အရည်အသွေးစစ်ဆေးခြင်း

Stud Welding ဂဟေဆော်ပြီးနောက် Stud bolt ၏ အရည်အသွေးကို အောက်ပါ လုပ်ငန်းစဉ်တွင် ပြထားသည့် အတိုင်း ပုံပန်းသွင်ပြင်၊ bending test တို့ဖြင့် စစ်ဆေးရမည်။ (ပုံ ၃-၉)

(၁) အရည်အသွေး စစ်ဆေးရန် လုပ်ငန်းစဉ် (Flow of Quality Check)

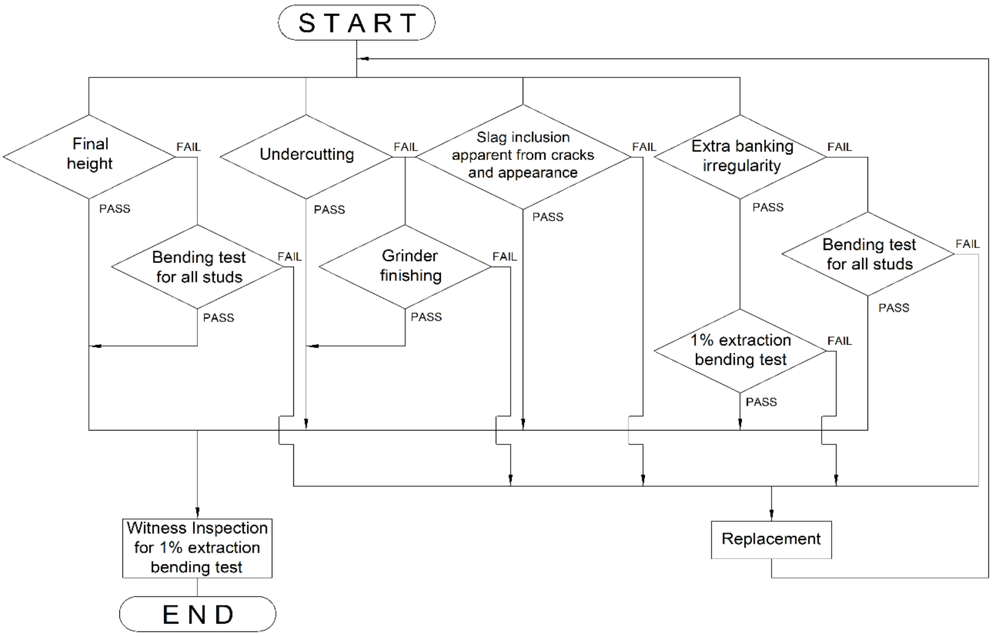


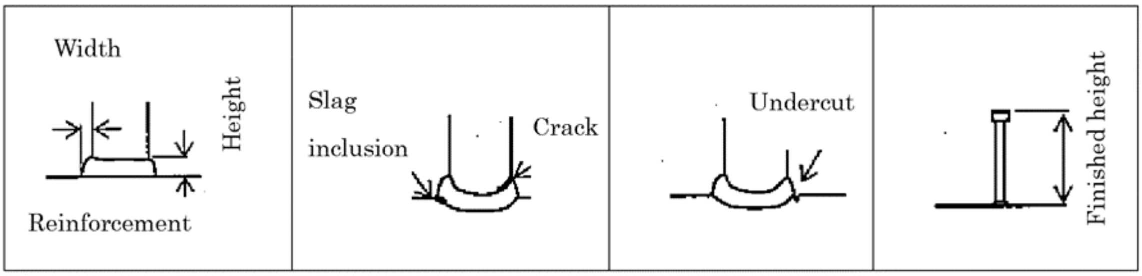
Figure 3-9 Flowchart for Quality Check of Stud Bolt

(၂)Arc stud အား အမြင်ဖြင့် စစ်ဆေးခြင်း

Arc stud ၏ အစိတ်အပိုင်းများ အားလုံးကို အမြင်ဖြင့် စစ်ဆေးရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ဇယား ၃-၂၃ ပါ အချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

Table 3-23 Arc Stud Visual Inspection Criteria

ချွတ်ယွင်းချက်	စံ (Criteria)
ထပ်ပိုးဂဟေ ပုံမမှန်မှု	ထပ်ပိုးဂဟေမှာ Stud ၏ အဝန်းတစ်ခုလုံးကို အားဖြည့်ဂဟေဖြင့် ထပ်ပိုးဝန်းရံထားရမည်။ ဂဟေအမြင့်မှာ 1 mm နှင့်အထက် နှင့် အကျယ် 0.5mm နှင့်အထက်ရှိသော ဂဟေသားကို ထပ်ပိုးဂဟေဟု သတ်မှတ်နိုင်သည်။
အက်ကြောင်းနှင့် ချော် ပါဝင်မှု	မရှိရပါ။
Undercut	သိသာသော အထစ်အချိုင့် ကဲ့သို့ undercut (သို့မဟုတ်)၊ 0.5mm ကျော်နက်သည့် undercut မရှိရပါ။သို့သော် grinder ဖြင့် စားပြီးသည့်နောက် 0.5mm အောက် လျော့သွားပါက လက်ခံရမည်။
Stud dowel ၏ Finished height	Design value ±2mm ကို မကျော်လွန်ရပါ။



(၃) တူဖြင့်ထု၍ စစ်ဆေးခြင်း

အမြင်ဖြင့် စစ်ဆေးမှုတွင် မအောင်မြင်သည့် stud dowels များ အားလုံးကို တူဖြင့်ထု၍ ကွေးညွတ်မှုကို စစ်ဆေးခြင်း (bend inspection) လုပ်ရမည်။ အားဖြည့်ဂဟေ ထပ်ပိုးမထားသည့် stud dowel ကို ၎င်း၏ မူလဦးတည်ရာ၏ ဆန့်ကျင်ဘက်သို့ ၁၅ ဒီဂရီထိ ကွေးရမည်။ ထို့အပြင် မျက်မြင် စစ်ဆေးမှုကို အောင်မြင်သည့် stud dowel များ၏ 1% ကို နမူနာရွေးချယ်၍ bend inspection လုပ်ရမည်။

၁) တူဖြင့်ထု၍ စစ်ဆေးမှုအရ အက်ကြောင်းစသည့် ချွတ်ယွင်းချက်များ မဖြစ်ပေါ်သည့် stud dowels များကို လက်ခံရမည်။ ၁၅ ဒီဂရီအထိ ကွေးပြီးသည့်နောက် ချွတ်ယွင်းချက် မဖြစ်သည့် stud dowels များကို မူလပုံစံသို့ ပြန်မဖြောင့်ဘဲ အကွေးအတိုင်းထားရမည်။

၂) Sampling bend inspection ကို မအောင်မြင်ပါက စစ်ဆေးသည့် နမူနာ အရေအတွက်ကို နှစ်ဆတိုး၍ နောက်ထပ် စစ်ဆေးမှုများ လုပ်ရမည်။ ထပ်မံစစ်ဆေးမှုကို အားလုံး အောင်မြင်မှ သာလျှင် လက်ခံရမည်ဖြစ်သည်။

၃.၃.၅ အစီရင်ခံစာ

Stud dowel ကို ဂဟေမဆော်ခင်ဦးစွာ welding procedure (ဂဟေဆက်ခြင်းလုပ်ငန်းစဉ်) အား ကြီးကြပ်သူထံ တင်ပြရမည်။

စီမံခန့်ခွဲမှု မှတ်တမ်းကို နေ့စဉ်ပြုလုပ်ရမည်ဖြစ်သည်။ စီမံခန့်ခွဲမှုမှတ်တမ်းတွင် အောက်ပါ အချက်အလက်များကို ထည့်သွင်းဖော်ပြထားရမည်။

၁။ တံတား၏အမည်၊ ကန်ထရိုက်တာ၏အမည်၊ ဂဟေဆော်သူ၏အမည်၊ နေ့စွဲ

၂။ ဂဟေဆော်ရာတွင် အသုံးပြုသည့် စက်ပစ္စည်း၊ အမျိုးအစား၊ မော်ဒယ်နံပါတ်

၃။ Working Procedure (လုပ်ငန်းစဉ်) အစီရင်ခံစာ

နေ့စွဲ၊ ဂဟေဆော်သူ၏အမည်၊ welding conditions များ၊ လုပ်ကိုင်သည့်အကြိမ် အရေအတွက်၊ ပြုပြင်ရသည့် အပိုင်းများ၊ အရည်အသွေး စစ်ဆေးမှု ရလဒ်များ။ အရည်အသွေးစစ်ဆေးမှု ရလဒ်တွင် အောက်ပါအချက်များ ပါဝင်ရမည်။

- Stud dowel ပုံပန်းသွင်ပြင် အားဖြင့် အကဲဖြတ်မှု၊ bending test လုပ်ဆောင်ရာတွင် ကျရှုံးသည့် ချွတ်ယွင်းချက် (အပြစ်အနာအဆာ) များ၏ အမျိုးအစား၊ အရေအတွက်၊ ပယ်ရသည့် နှုန်း
- စမ်းသပ်မှုများကို ကျရှုံးသည့် stud dowels များအတွက် ဆောင်ရွက်ချက်များ

၃.၃.၆ ရှင်းလင်းချက် (Commentary)

(၁) လက်တွေ့ဆောင်ရွက်မည့် အစီအစဉ် (Execution Plan) တင်သွင်းခြင်း

Working procedure အစီအစဉ် ရေးဆွဲရာတွင် အောက်ပါအချက်များ ပါဝင်ရမည်။

i) Material	: Standard certificate (mill sheet)
ii) Shape dimensions	: Weighing standard type quality control report by sampling inspection method
iii) Processing	: Processing method of each part
iv) Welding equipment	: Power supply, welding equipment, measuring instrument
v) Welder list	: Welder name, acquisition qualification, construction history
vi) Welding condition	: Setting current, voltage and arc time
vii) Work environment	: Welding location and weather condition

(၂) ဂဟေဆော်မည့် သူအတွက် သတ်မှတ်အရည်အချင်း

Stud dowels ဂဟေဆော်ခြင်းတွင် ဝင်ရောက်လုပ်ကိုင်မည့် welder ၏ အရည်အချင်းမှာ "JHBS Steel bridges, 2012" 18.4.4 ၏ "Welding procedure" ပါ သတ်မှတ်ချက်များနှင့်အညီ ဖြစ်ရမည်။

(၃) Stud dowel ၏ အကူပစ္စည်းများ

Ferrules နှင့် cartridges စသည့် အကူပစ္စည်းများ၏ အသေးစိတ် သတ်မှတ်ဖော်ပြချက် (specifications) များကို တည်ဆောက်မှု တစ်ခုအတွင်းတွင် မပြောင်းလဲရပါ။ မလွှဲမရှောင်သာဖြင့် ပြောင်းလဲရပါက arc stud weld စမ်းသပ်မှု ရလဒ်များကို ကြီးကြပ်သူ ထံ တင်သွင်းပြီး

ခွင့်ပြုချက်ရယူရမည်။

(၄) ရာသီဥတု အခြေအနေများ

အခန်းအပူချိန်သည် 0 ° C နှင့် အောက် ဖြစ်ပါက ယေဘုယျအားဖြင့် steel material ကို gas burner သို့မဟုတ် အလားသဏ္ဍာန်တူသော နည်းဖြင့် 50 ° C ခန့်အထိ ကြိုတင်အပူပေးခြင်း (preheating) လုပ်ပြီးမှ ဂဟေဆော်ရမည်။

အခန်းပြင်ပတွင် လုပ်ကိုင်ပါက ဂဟေဆော်သည့်နေရာကို လေကွယ်နေစေရန် သင့်လျော်သည့် နည်းလမ်း တစ်မျိုးမျိုးကို အသုံးပြုပြီး ဆောင်ရွက်ရမည်။

မိုးရွာနေပါက ပြင်ပတွင် ဂဟေဆော်ခြင်း မပြုလုပ်ရပါ။ မိုးရွာပြီးနောက် ဂဟေဆော်ခြင်းကို ချက်ချင်း ပြုလုပ်ပါက ဂဟေဆော်သည့်နေရာ ခြောက်သွေ့နေစေရန် အထူးသတိပြုရမည်။

(၅) သန့်ရှင်းရေးလုပ်ခြင်း

Stud ၏ ထိပ်ဖျားအပိုင်းအား သံချေး၊ ဆီ၊ ရေခိုးရေငွေ့ စသည့် ပစ္စည်းများနှင့် ဂဟေသားတွင် တွဲကပ်သွားနိုင်သည့် ပစ္စည်းများ ကပ်ငြိခြင်း မရှိအောင် ကာကွယ်ထားရမည်။

ဂဟေဆော်မည့် သံပြားမျက်နှာပြင်ရှိ ဂျိုးများ၊ သံချေးများ၊ အောက်ခံဆေးများ စသည်တို့ကို grinder ဖြင့် စား၍ ဖယ်ရှားရမည်။ ရေ၊ ဆီ ကဲ့သို့သော ဂဟေကို ထိခိုက်စေသည့် ပစ္စည်းများကိုလည်း ဖယ်ရှားရမည်။

(၆) အကူပစ္စည်းများကို ခြောက်သွေ့အောင် ပြုလုပ်ခြင်း

Ferrule နှင့် cartridge စသည့် အကူပစ္စည်းများကို ခြောက်သွေ့အောင် ပြုလုပ်ရမည်။ အစိုဓာတ် ခံနိုင်ရည်ရှိအောင် လုပ်ထားသည့် အကူပစ္စည်းများကို ဖွင့်ဖောက်ပြီးသည့်နောက် လေးနာရီကျော် ကြာသွားပြီ ဖြစ်ပါက အသုံးမပြုရပါ။

(၇) ဂဟေဆက်မည့် လားရာ အနေအထား

Arc stud dowel ကို ဂဟေဆော်ရာတွင် စံသတ်မှတ်ထားသည့် နည်းလမ်းမှာ အပေါ်မှ အောက်သို့ (downward) ဖြစ်ရမည်။

(၈) လိုအပ်သည့် အခြေအနေသတ်မှတ်ချက်များ (Welding conditions) သေချာရစေခြင်း

Welding procedure test ဖြင့် ဆုံးဖြတ်ထားသော အခြေအနေများ (Welding conditions) နှင့် အညီ ဂဟေ လုပ်ငန်း ကို ဆောင်ရွက်ရမည်။

(၉) Welding conditions များ ကွာဟ၊ ပြောင်းလဲနိုင်သော အတိုင်းအတာ

Stud dowel welding တွင် လျှပ်စီးကြောင်းနှင့် လျှပ်ပန်းကြာချိန် (arc time) အတွက် ခွင့်ပြုထားသော အမှားပမာဏ အပိုင်းအခြားကို မျှော်မှန်းထားသော စံတန်ဖိုး၏ ± 5% အတွင်းသာ အခြေခံရမည်။

(၁၀) Magnetic blow မှ ကာကွယ်ခြင်း

ဂဟေဆော်နေစဉ်တွင် သံလိုက်စက်ကွင်းကြောင့် လျှပ်ပန်းများလွင့်ခြင်း (Magnetic blowing) ကြောင့် အားဖြည့်ဂဟေတွင် ချိုင့်ခြင်း၊ ပြတ်ခြင်း (offset, undercut) များ မဖြစ်ပေါ်စေရန် သံမှုန့်သံစများ ထည့်ထားခြင်းကဲ့သို့ ဆောင်ရွက်ချက်များ ပြုလုပ်ရမည်။

(၁၁) အစမ်းဂဟေဆော်ခြင်း (Test welding)

ဂဟေလုပ်ငန်း မစတင်ခင်တွင် welding conditions များကို အတည်ပြုရန် ဂဟေ အစမ်းဆော်ခြင်း (Test welding) ကို ပြုလုပ်ရမည်။

နေ့လယ်နားချိန် စသည်ဖြင့် အလုပ်ရပ်နားလိုက်ပါက ပြန်စသည့်အခါ test welding ကို အသစ်ထပ်မံ ပြုလုပ်ပြီး bending test ကဲ့သို့သော နည်းလမ်းများဖြင့် welding conditions ကို စစ်ဆေး အတည်ပြုရမည်။

(၁၂) Field welding

ငြမ်း၊ လျှပ်စစ်ဓာတ်အား (power supply)၊ ဂဟေဆော်မည့် ပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေ စသည်တို့ကို ထိန်းသိမ်းရန် ခက်ခဲသည့်အတွက် stud dowel များအား လုပ်ငန်းခွင်၌ ဂဟေဆော်ခြင်း (Field Welding) ကို ရှောင်ရှားရမည်။

(၁၃)ဂဟေပြန်ဆော်ခြင်း (Re-welding)

ဂဟေပြန်ဆော်ခြင်းလုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်ရန်လိုအပ်ပါက အောက်ခြေ material ၏ မျက်နှာပြင်ကို

ချောမွေ့နေအောင် လုပ်ရမည်။ သံပြားတွင် အပြစ်အနာအဆာ ရှိမရှိ စစ်ဆေးရမည်။

ကပ်လျက်အနေအထားရှိသော နေရာများတွင်လည်း ဂဟေပြန်ဆော်ခြင်းများ ဆောင်ရွက်ရန် လိုအပ်လာနိုင်သည်။ လျှပ်ခေါင်း (electrode) ကို အသုံးပြု၍ ဂဟေသားကို မပြင်ဆင်သင့်ပါ။

၃.၃.၇ Referential provisions of AASHTO related to shear connector (stud dowel)

(၁) Materials

Shear stud connectors များသည် Cold-Finished Carbon Steel Bars နှင့် Shafting၊ AASHTO M 169 (ASTM Al08), cold-drawn bars, Grades 1015, 1018, or 1020, semi-killed သို့မဟုတ် fully- killed steel အတွက် ကန့်သတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။ ချော်မှုန့်များ ထိန်းထားရန် အသုံးပြုသော အစွပ် (flux retaining caps) များကို အသုံးပြုပါက ထို caps များကို လုပ်သည့် steel သည် ဂဟေအတွက် သင့်လျော်သည့် low-carbon grade steel ဖြစ်ရမည်ဖြစ်ပြီး Cold-Rolled Carbon Steel Strip, ASTM A 109/A109M နှင့် ကိုက်ညီရမည်။

ဆွဲဆန့်ခြင်း (Drawing) လုပ်ပြီးသည့်နောက် bar stock ၏ စမ်းသပ်မှုများ သို့မဟုတ် အချောသတ်ထားသည့် stud များ၏ စမ်းသပ်မှုများဖြင့် ဆုံးဖြတ်ထားသည့်အတိုင်း Tensile ဂုဏ်သတ္တိများသည် ဇယား ၃–၂၄ တွင် ဖော်ပြထားသော ကန့်သတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။ ၎င်းတွင် အမြင့်ဆုံးခံနိုင်သောအား (yield strength) သည် 0.2% offset နည်းလမ်းဖြင့် ဆုံးဖြတ်ထားသည့်အတိုင်း ဖြစ်ရမည်။

Table 3-24 Tensile Properties of Stud Shear Connectors

Tensile Strength	60 ksi
Yield Strength	50 ksi
Elongation	20% in 2.0 in.
Reduction of Area	50%

(၂) စမ်းသပ်သည့် နည်းလမ်း (Test Method)

Tensile ဂုဏ်သတ္တိများကို AASHTO T 244 (ASTM A370), Mechanical Testing of Steel Products ၏ သက်ဆိုင်ရာ အခန်းများနှင့် အညီ ဆုံးဖြတ်ရမည်။ အချောသတ်ထားသော stud များ၏ Tensile စမ်းသပ်မှုများကို test plate ပေါ်တွင် ဂဟေဆော်ထားသည့် stud များအပေါ်တွင် ပြုလုပ်ရမည်။ ထိုသို့ စမ်းသပ်ရာတွင် လက်ရှိ *Bridge Welding Code* (AASHTO/AWS

Dl.5M/Dl.5) တွင် ပါသည့် အလားတူ စမ်းသပ်မည့် ကိရိယာ (test fixture) များကို အသုံးပြု၍ လုပ်ဆောင်ရမည်ဖြစ်သည်။ စံတိုင်းတာထားသော (gage) အလျား၏ အလယ်တစ်ဝက်၌ အပြင်ဘက်တွင် ကျိုးအက်ခြင်းများ ဖြစ်ပေါ်လာပါက စမ်းသပ်မှုကို ပြန်လုပ်ရမည်။

(၃) အချောသတ်ခြင်း (Finish)

အချောသတ်ထားသော stud (Finished studs) များ၏ အရည်အသွေးနှင့် အခြေအနေများသည် ဒဏ်ရာဒဏ်ချက်များ၊ ဆက်ကြောင်းများ၊ အက်ကြောင်းများ၊ အကွေးများ၊ လိမ်နေသည်များ စသည်တို့ မရှိဘဲ တစ်သမတ်တည်း တူညီရမည်။ အချောသတ်ခြင်းသည် cold-drawing cold-rolling, သို့မဟုတ် machining တို့ဖြင့် ပြုလုပ်ထားရမည်။

(၄) အထောက်အထားမှတ်တမ်း (Certification)

ကုန်ထုတ်လုပ်သောကုမ္ပဏီမှ Stud များသည် ဤအခန်းတွင် ပြဋ္ဌာန်းထားသည့် သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီကြောင်း ထောက်ခံချက် ပေးရမည်။ စက်ရုံတွင် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေး စမ်းသပ်ချက် အစီရင်ခံစာများ၏ အထောက်အထား မိတ္တူမှန်များကို အင်ဂျင်နီယာ မှ တောင်းဆိုလာပါက တင်ပြရမည်။

(၅) နမူနာများအား စစ်ဆေးခြင်း (Check samples)

ဤအခန်းပါ လုပ်ငန်းလိုအပ်ချက်များအပေါ် မူတည်၍ အင်ဂျင်နီယာသည် ကန်ထရိုက်တာ၏ ကုန်ကျစရိတ်ဖြင့်၊ ကန်ထရိုက်စာချုပ်အရ stud အမျိုးအစား တစ်ခုချင်းစီနှင့် အသုံးပြုမည့် အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်နိုင်သည်။

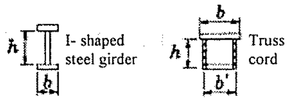
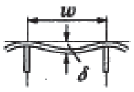
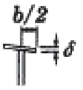
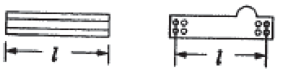
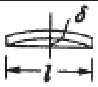
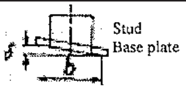
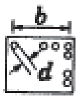
Note: အသေးစိတ်အချက်အလက်များအတွက် ‘7. Stud Welding of Bridge Welding Code of AASHTO’ ကို မှီငြမ်း ကိုးကားနိုင်သည်။

၃.၄ အစိတ်အပိုင်းများ ပုံစံ၊ အရွယ်အစား တိကျမှု (MEMBER PRECISION)

(၁) သံမဏိတံတားတစ်စင်းရှိ members များ၏ အရွယ်အစားတိကျမှုမှာ ဒီဇိုင်းတွင် ထည့်သွင်းယူဆခဲ့သည့် တိကျမှုနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

(၂) Member တစ်ခု၏ တိကျမှုသည် ဇယား ၃–၂၅ တွင် သတ်မှတ်ထားသည့်အတိုင်း ဖြစ်ပါက၊ အပိုဒ် (၁) အား ပြေလည်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

Table 3-25 Precision of Member

<table>
<tr><th>No.</th><th colspan="3">Item</th><th>Allowable variation (mm)</th><th>Remark</th><th>Measurement method</th></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="3">Flange width b (m)
Web plate height h (m)
Web plate distance b’ (m)</td><td>±2·················· b≦0.5
±3··················0.5<b≦1.0
±4··················1.0<b≦2.0
±(3+b/2)·········2.0<b</td><td>The b in the left column represents b, h and b’.</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td colspan="2" rowspan="2">Plate deviation from flatness (mm)</td><td>Web plate of member such as a bridge girder, truss, etc.</td><td>h/250</td><td>h: Web plate height (mm)</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Flange of box girder, truss, etc., and deck plate of steel floor system</td><td>w/150</td><td>w: Distance of web plate or rib (mm)</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="3">Flange squareness (mm)</td><td>b/200</td><td>b: Flange width (mm)</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">4</td><td colspan="2" rowspan="3">Member length l (m)</td><td>Steel girder</td><td>±3・・・・l≦10
±4・・・・・l＞10</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>Truss, arch, etc.</td><td>±2・・・・・・ l≦10
±3・・・・・・・ l＞10</td></tr>
<tr><td>Expansion joint</td><td>0 to 30</td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="3">Bend of compression member (mm)</td><td>l /1,000</td><td>l: Member length (mm)</td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td rowspan="3">Steel pier</td><td colspan="2">Perpendicular degree between stud and base plate (mm)</td><td>b/500</td><td>b: Member width (mm)</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">7</td><td rowspan="2">Base plate</td><td>Hole position</td><td>2</td><td>b: Distance between hole centers (mm)</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Hole width</td><td>0 to 5</td><td>d: Hole diameter (mm)</td></tr>
</table>

Member ၏ တိကျမှုနှင့် ပတ်သက်၍၊ JHBS 2002 အခန်း (၂) မှ (၁၆) အထိ ဒီဇိုင်းဆိုင်ရာ ပြဌာန်းချက်များမှ allowable values များနှင့် တိုင်းတာသည့် နည်းလမ်းများကို ဇယားတွင် ဖော်ပြထားသည်။

တိုင်းတာရမည့် နေရာများ၊ ပမာဏများအတွက် ဇယား ၃–၂၆ အား မှီငြမ်းကိုးကားသင့်သည်။

Table 3-26 Measurement Point or Quantity of Member

<table>
<tr><th>No.</th><th colspan="3">Item</th><th>Steel girder</th><th>Truss, arch, etc.</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td colspan="3" rowspan="2">Flange width b (m)
Web plate height h (m)
Web plate distance b- (m)</td><td>Main girder, main structure</td><td>Near each support and each middle span</td></tr>
<tr><td>Floor system, etc.</td><td>Near the center of one member picked up per five members for each structure</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td colspan="2" rowspan="2">Plate deviation from flatness (mm)</td><td>Web plate of member such as a bridge girder, truss, etc.</td><td rowspan="3">Main girder</td><td rowspan="3">Near each support and each middle span</td></tr>
<tr><td>Flange of box girder, truss, etc., and deck plate of steel floor system</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="3">Flange squareness (mm)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4</td><td colspan="2" rowspan="3">Member length l (m)</td><td>Steel girder</td><td colspan="2" rowspan="2">Total number of primary members in general that are not for temporary assembly</td></tr>
<tr><td>Truss, arch, etc.</td></tr>
<tr><td>Expansion joint</td><td colspan="2">Products in general</td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="3">Bend of compression member (mm)</td><td>—</td><td>Total number of primary members</td></tr>
<tr><td>6</td><td rowspan="3">Steel pier</td><td colspan="2">Perpendicular degree between stud and base plate (mm)</td><td>—</td><td>Each stud, base plate</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7</td><td rowspan="2">Base plate</td><td>Hole position</td><td>–</td><td>Total number</td></tr>
<tr><td>Hole width</td><td>–</td><td>Total number</td></tr>
</table>

သံပြား၏ ညီညာပြန့်ပြူးခြင်းမှ သွေဖည်မှု (flatness deviation) သည် ဂဟေဆက်ခြင်းကြောင့် သံပြားများ တွန့်လိမ်ခြင်း (distortion) အား မည်မျှ ခွင့်ပြုနိုင်သည် (alowable value) ကို ဖော်ပြသည်။ ထို့ပြင် ၎င်းသည် compression member တစ်ခု၏ ကွေးညွတ်ခြင်း တိကျမှုကဲ့သို့ပင် compression member အတွက် ခွင့်ပြုထားသော ဒဏ်အား (allowable stress) သည် ကနဦး ကွေးညွတ်မှု (initial deflection) ၏ သက်ရောက်မှုကို ထည့်သွင်းစဉ်းစား၍ သတ်မှတ်ထားသည့် အချက်နှင့် ကိုက်ညီသည်။ သို့သော်လည်း ဤတန်ဖိုးများသည် သံပြားတွန့်လိမ်ခြင်း (distortion) အတွက် ရည်ရွယ်သတ်မှတ်ထားခြင်း ဖြစ်သဖြင့်၊ လက်တွေ့ တည်ဆောက်သည့်အခါ ဤကန့်သတ်ချက်များထက် ပို၍ငယ်သည့် တန်ဖိုးများရရှိစေရန် ရည်ရွယ်လုပ်ဆောင်သင့်ပါသည်။ ထို့အပြင် flatness

deviation သည် လမ်းမျက်နှာပြင် ကြမ်းခင်း (deck plate) အတွက် ကန့်သတ်ချက်လည်း ဖြစ်ပြီး၊ web plate တစ်ခုတွင်မှု ချုပ်တန်း (stiffener) များကို ဂဟေဆော်ခြင်း ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော မညီညာမှု စသည်တို့ကိုလည်း ကန့်သတ်သည်။

လမ်း၏ အကျိုးသက်ရောက်သည့် အကျယ် (effective width) သေချာစေရန်အလို့ငှာ expansion joint (ကျုံ့နိုင် ဆန့်နိုင်သော အဆက်) ၌ ရှိသည့် member အလျားအတွက် အနုတ်ဘက်မှ ခွင့်ပြုတန်ဖိုးများ (alowable value) ကို ပယ်ဖျက်ထားပြီး ဖြစ်သည်။

၃.၅ တပ်ဆင်ခြင်းတိကျမှု (ASSEMBLY PRECISION)

(၁) Steel bridge (သံမဏိတံတား) တစ်စင်းတွင် ပါဝင်သော members များ၏ တပ်ဆင်ခြင်း လုပ်ငန်း တိကျမှုသည် Erection ပြီးစီးသည့်နောက် ဒီဇိုင်းအရ လိုအပ်သော စွမ်းဆောင်ရည် (performance) အား ပြေလည်စေမည့် အဆင့် ရှိရမည်။

(၂) အောက်ပါ အပိုဒ် (၃) တွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း တပ်ဆင်ခြင်း (Erection) ကို ပြုလုပ်ပါက အပိုဒ် (၁) အား ပြေလည်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

(၃) Erection ပြီးစီးသည့်နောက်၊ ပေါင်းစပ်တပ်ဆင်ထားသည့် members များ၏ တပ်ဆင်ခြင်း တိကျမှုသည် ဇယား ၃-၂၇ တွင် ဖော်ပြထားသည့် ခွင့်ပြုထားသော တန်ဖိုးများကို ပြေလည်စေရမည်။

Table 3-27 Assembly Precision after Completion of Erection

Item	Allowable value (mm)
Span length	(20 + L/5)
Warp	(25 + L/2)
Alignment	(10 + 2L/5)

Note: ခွင့်ပြုထားသော စံတန်ဖိုး၏ ပုံသေနည်းတွင် L သည် ပင်မယက်မ (main girder) နှင့် ပင်မ structure အသီးသီးတို့၏ တံတားခန်းဖွင့်အလျား (span length) (m) ဖြစ်သည်။

တံတားတစ်စင်းတည်ဆောက်ခြင်းလုပ်ငန်းတွင် လိုအပ်သော အရွယ်အစားတိကျမှုသည် ထိုတံတား၏ ဆောက်လုပ်ပြီးစီးပြီးသော ဒီဇိုင်းကန့်သတ်ချက်နှင့် ကိုက်ညီသော ပုံသဏ္ဍာန် ရှိရမည် ဖြစ်သည်။ သို့သော်လည်း တံတား၏လိုအပ်သော စွမ်းဆောင်ရည်များနှင့်အညီ၊ ထိုအချက်များကို တိတိကျကျ သတ်မှတ်ဖော်ပြရန် ခက်ခဲသည်။ သို့ဖြစ်၍ ဇယား ၃-၂၇ တွင် ဖော်ပြထားသည့်အချက်အလက်များမှာ steel bridge (သံမဏိတံတား) ၏အခြေခံသတ်မှတ်ထားသော အရွယ်အစားများ သေချာစေမှု နှင့် ကြမ်းခင်းလုပ်ငန်း (floor deck work) နှင့် မျက်နှာပြင်ခင်းသည့်လုပ်ငန်း (paving work) ကဲ့သို့ နောက်ပိုင်းလုပ်ငန်းများ အပေါ် အကျိုးသက်ရောက်မှုများကို ထည့်သွင်းစဉ်းစား၍ ရှိထားသည့် မှတ်တမ်းများ၊ တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်း၏ လက်ရှိအခြေအနေများမှ သတ်မှတ်ထားခြင်း ဖြစ်သည်။

ဤအပိုင်းတွင်ထည့်သွင်း ဖော်ပြထားခြင်းမရှိသည့် အချက်အလက်များနှင့် ပတ်သက်၍၊ အပိုင်း ၃.၄ တွင် ဖော်ပြထားခဲ့သော member ၏တိကျမှုကို ရရှိစေခြင်းနှင့် ဆောက်လုပ် တပ်ဆင်သည့် လုပ်ငန်းပြီးဆုံးသည်အထိ သင့်လျော်သော အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းမှုနှင့် လုပ်ငန်းခွင် စီမံခန့်ခွဲမှုများ လုပ်ဆောင်ခြင်းဖြင့် သာမန်အခြေအနေများတွင်၊ လိုအပ်သော တိကျမှု ရရှိနိုင်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

ဥပမာအနေဖြင့် bearing တပ်ဆင်မှု တိကျစေရန် နှင့် crossbeam အလျားတို့ကို စီမံခန့်ခွဲခြင်းဖြင့် ယက်မ (girder) တစ်ခုနှင့် တစ်ခုကြား အကွာအဝေး၏ တိကျမှုကို အခြေခံအားဖြင့် အပြည့်အဝ ရရှိနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ဤအပိုင်းတွင် ထိုအချက်များအတွက် သီးခြား ကန့်သတ်ချက်များ မရှိပါ။ ခန်းဖွင့်အလျားကိုမူ bearing ၏ အရွေ့ (displacement) ပမာဏဖြင့် သတ်မှတ်ဖော်ပြနိုင်သည်။ Bearing တစ်ခု၏ အရွေ့ပမာဏကို (10 + L/10) အတွင်း ရှိရမည်ဟု သတ်မှတ်နိုင်သည်။

ဇယား ၃–၂၇ တွင် ဖော်ပြထားခဲ့သော အချက်များအပြင်၊ ဆောက်လုပ်ပြီးစီးသွားသည့် ပုံစံတွင် torsion အလွန်အကျွံမဖြစ် မဖြစ်ပေါ်စေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် ဒေါက်တိုင် (supports) များအား သတ်မှတ်ထားသည့် အမြင့်ရှိမရှိကို မဖြစ်မနေ စစ်ဆေးရမည်။ ထို့အပြင် Erection လုပ်ငန်း ပြီးဆုံးသည့်နောက် ရှိရမည့်၊ Pier များ၏ အတိုင်းအတာ တိကျမှုနှင့် ပတ်သက်၍ ဇယား ၃–၂၈ မှ ခွင့်ပြုတန်ဖိုး (လက်တွေ့မျက်မြင် အခြေခံထားသည်) များကို မှီးငြမ်းကိုးကားနိုင်သည်။

Table 3-28 Assembly Precision of Pier after the Completion of Erection

Item	Allowable value
Standard height	20 (mm)
Distance between gate piers	20 (mm)
Tilt of column	1/500

Erection ပြီးစီးသည့်နောက် သတ်မှတ်ထားသော assembly precision ကို ရနိုင်၊ မရနိုင် ကြိုတင် အတည်ပြုရန်အလို့ငှာ၊ ထုတ်လုပ်မှု ကာလအတွင်း သို့မဟုတ် တည်ဆောက်တပ်ဆင်မှု ကာလအတွင်း member များ ပေါင်းစပ်တပ်ဆင်၍ အရွယ်အစား တိကျမှုစစ်ဆေးခြင်း (ယာယီတပ်ဆင်ခြင်း လုပ်ငန်း Temporary Assembly) ကို ဆောင်ရွက်သည်။ ယာယီတပ်ဆင်ခြင်းလုပ်ငန်းကို မဆောင်ရွက်ဘဲ Erection ပြီးစီးသည့်နောက် ရှိရမည့် assembly precision ကို member များ၏ တိကျမှု နှင့် တံတား၏ bearing များ တပ်ဆင်ရာတွင် တိကျမှု စသည်တို့ကို ထိန်းသိမ်းခြင်းဖြင့် ရရှိနိုင်သော အခြေအနေများလည်း ရှိသည်။ ရိုးရှင်းသော structure နှင့် လွယ်ကူသည့် precision management နည်းလမ်းများမှ တစ်ဆင့် ဆောင်ရွက်ရမည်ဖြစ်သည်။

တစ်ဖက်တွင်လည်း၊ ခက်ခဲရှုပ်ထွေးသော Structure ပုံစံရှိသည့် တံတားအမျိုးအစားများနှင့်၊ Erection ပြီးဆုံးသည့်နောက် ပြင်ဆင်ချိန်ညှိမှုများကို ရှောင်ရှားရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် ယာယီ တပ်ဆင်ခြင်း ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည့် အခြေအနေ များလည်း ရှိသည်။ ထို့ကြောင့် ယာယီတပ်ဆင်ခြင်း ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်မှု အနေအထား အပြင်၊ တံတား၏ structure ပုံစံ (တည်ဆောက်ဖွဲ့စည်းမှုပုံစံ)၊ skew angle

(အစောင်းထောင့်) ၊ အကွေး (အခုံး) နှင့် တံတားကို ဆောက်လုပ်တပ်ဆင်ခြင်းများကို ထည့်သွင်းစဉ်းစား၍ ယာယီတပ်ဆင်မည့် နည်းလမ်းနှင့် အပိုင်းအခြားတို့ကို လေ့လာရန် လိုအပ်ပေသည်။

ယာယီတပ်ဆင်ခြင်းလုပ်ငန်းအတွက် တိုင်းတာမည့် အရာများ၊ တိုင်းတာမည့် နည်းလမ်းများ၊ ခွင့်ပြုတန်ဖိုးများ စသည်တို့အတွက် အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းခြင်းလုပ်ငန်းစဉ်ကို ဒီဇိုင်းပြုလုပ်သည့် အဆင့် ကတည်းက ကြိုတင်၍၊ သင့်လျော်စွာ သတ်မှတ်ခဲ့ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ဇယား ၃–၂၉ အား မှီငြမ်းကိုးကားနိုင်သည်။ ထို့အပြင် တပ်ဆင်သည့် ကာလတွင် တိုင်းတာမည့် နည်းလမ်းများနှင့် တိုင်းတာမည့်အရာများ၊ အကြိမ်အရေအတွက်တို့အတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များကို ဇယား ၃–၃၀ ကို ဖော်ပြထားသည်။

ယာယီတပ်ဆင်သည့်လုပ်ငန်းတွင်၊ member များအား အမှန်တကယ် တပ်ဆင်သော နည်းလမ်း နှင့် member များ၏ အတိုင်းအတာ ရလဒ်များ အသုံးပြုပြီး numerical simulation ဖြင့် တပ်ဆင်ထားသည့် အခြေအနေကို စစ်ဆေးသော နည်းလမ်းဟူ၍ ရှိသည်။ Simulation နည်းလမ်းတွင်၊ တကယ့်ပုံသဏ္ဍာန်အား တိုင်းတာခြင်းဖြင့် ရရှိသည့် ဒေတာများနှင့် ကိုက်ညီမှု ရှိကြောင်း စစ်ဆေးအတည်ပြုထားသည့်၊ ယုံကြည်စိတ်ချရမှု အပြည့်အဝရှိသည့် simulation စနစ်ကို အသုံးပြုခြင်းအားဖြင့်၊ member များအား အမှန်တကယ် တပ်ဆင်သည့် နည်းလမ်း အသုံးပြုသကဲ့သို့ပင်၊ အရည်အသွေး စစ်ဆေးအတည်ပြုမှုကို တူညီစွာ ဆောင်ရွက်ပေးနိုင်သည်။

Member များအား အမှန်တကယ် ပေါင်းစပ်တပ်ဆင်သည့် နည်းလမ်းတွင် member တစ်ခုချင်းစီကို non-stress အခြေအနေဟု မှတ်ယူနိုင်ရန်၊ အများအားဖြင့် ဒေါက်တိုင် (support) ကို အသုံးပြု၍ ဆောင်ရွက်သည်။ တွဲဆက်ထားသော member အသီးသီးအနက်၊ ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းတွင် ချိတ်ဆက်သည့် အဓိကကျသော အပိုင်းများကို bolt (မူလီ) များ နှင့် drift pinsများ အသုံးပြု၍၊ ခိုင်ခံ့အောင် တင်းကျပ်ရမည်ဖြစ်သည်။ ထို့အပြင် အောက်ခံပစ္စည်း (base material) နှင့် ဆက်သည့် သံပြား (connection member) မကိုက်ညီဘဲ ကွာဟနေပါက၊ လိုအပ်သော ပြုပြင်မှုများ ပြုလုပ်ရမည်ဖြစ်သည်။

ယာယီတပ်ဆင်မှု (Temporary Assembly) တွင် ပြုလုပ်သည့်အတိုင်း၊ Erection လုပ်ငန်းခွင်တွင် အဆက် joint ကို ပြန်လည်ပြုလုပ်သည့်အခါ၊ သတ်မှတ်ထားသော ပုံသဏ္ဍာန်ကို ရရှိနိုင်သည်။ သို့သော် Erection နည်းလမ်းပေါ် မူတည်၍၊ ယာယီတပ်ဆင်ခြင်းတွင်ကဲ့သို့ member အားလုံး တူညီသော stress အခြေအနေသို့ မကျရောက်ခြင်းများလည်း ရှိသည်။ ဥပမာအနေဖြင့် ကွေးဝိုက်ထားသော ယက်မ (girder) ကို ဒေါက်တိုင် (support) များ မပါဘဲ တပ်ဆင်သည့်အခါနှင့် တိမ်းစောင်းမှုထောင့်များသော

တံတား (skew bridge) တပ်ဆင်သည့်အခါတွင်၊ ပင်မယက်မ ပုံသဏ္ဍာန်ပျက်ယွင်းခြင်း (distortion) နှင့် main girder တစ်ခုနှင့်တစ်ခု ကွေးညွတ်မှု (mutual deflection) ခြားနားခြင်းများ ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပြီး၊ ရလဒ်အနေဖြင့် crossbeam နှင့် sway bracing ကြား နှင့် အခြားတစ်ဘက်တွင် ပင်မယက်မ (main girder) နှင့် အကြား အချိတ်အဆက်များ၌ ကွာဟမှုများ ရှိတတ်သည်။ ထိုအခြေအနေမျိုးတွင် ဒီဇိုင်းနှင့် Erection နည်းလမ်းကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး၊ ယာယီတပ်ဆင်ခြင်း လုပ်ငန်းအတွက် သင့်လျော်သော နည်းလမ်းကို ရွေးချယ်ရမည်ဖြစ်သည်။

Member တစ်ခုချင်းစီအား non-stress အခြေအနေဖြင့် ပေါင်းစည်းထားသည့် အခါ၌ ဖြစ်သည့် တွန့်လိမ် ပုံပျက်ခြင်း (warping) တန်ဖိုးများကို ဇယား ၃–၂၉ တွင် ဖော်ပြထားသည်။ Member များကို အမှန်တကယ် တွဲဆက်ခြင်းဖြင့် ယာယီတပ်ဆင်မှုပြုလုပ်သည့်အခါ၊ ၎င်း member များတွင် stress သက်ရောက်ပါက၊ ပုံသဏ္ဍာန်အား တိကျစွာ ဖွဲ့စည်းသော်လည်း၊ member များတွင် strain ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထိုအခါ Erection တွင် ၎င်းတို့ကို တိကျစွာ တပ်ဆင်ရန် မဖြစ်နိုင်တော့ပါ။ ဥပမာအားဖြင့် material အမျိုးမျိုးဖြင့် ပေါင်းစပ် ပြုလုပ်ထားသော ယက်မ (composite girder) ကဲ့သို့ steel girder သည် stiffness အတန်အသင့်သေးငယ်သည့်အတွက်၊ ယာယီတပ်ဆင်ရာ၌၊ support တွင် သက်ရောက်မည့် Reaction force (intensity) ကို ပြောင်းလဲခြင်းအားဖြင့်၊ warping ကို များများစားစား ချိန်ညှိနိုင်သည်။ သို့သော်လည်း ယာယီတပ်ဆင်သည့် အချိန်၌ member များအား ပုံသဏ္ဍာန်ပျက်ယွင်းစေမည့် အခြေအနေများကို ရှောင်ရှားရမည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ၎င်းသည် erection အတွက် တပ်ဆင်မှုတွင် အနှောင့်အယှက် ဖြစ်စေနိုင်သည့်အတွက်ကြောင့် ဖြစ်သည်။

ထို့အပြင် တံတားယက်မ သို့မဟုတ် ကြမ်းခင်းယက်မ တို့၏ warping ကို တိုင်းတာရာတွင်၊ နေအပူရှိန်ကြောင့် အပေါ်ပိုင်း flange နှင့် အောက်ပိုင်း flange ကြားတွင် အပူချိန် ကွာခြားမှုရှိနိုင်ပြီး၊ ၎င်းသည် တိုင်းတာမှုအပေါ် သက်ရောက်မှုရှိနိုင်သည်။ ထိုအခြေအနေများကို ဂရုပြုရန် လိုအပ် ပေသည်။

လုပ်ငန်းခွင်၌ ဆက်သည့် (site joint) အတွက် ခွင့်ပြုထားသည့် ကွာဟချက် (clearance) တန်ဖိုးမှာ လက်တွေ့ လုပ်ကိုင်ရသည့် အခြေအနေများကို အခြေခံ၍ သမားရိုးကျ သတ်မှတ်ထားခြင်းဖြစ်သည်။ အထူးသဖြင့် ထို clearance မှ ရေစိမ့်ဝင်ခြင်း ပြဿနာမျိုး ရှိပါက၊ ရေလုံစေသည့် ဓာတုပစ္စည်း (water-proofing agent) တစ်မျိုးမျိုး ဖြည့်သွင်းခြင်းကဲ့သို့ ဆောင်ရွက်ချက်မျိုး ပြုလုပ်ရမည်။

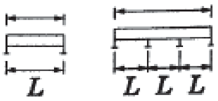
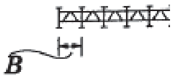
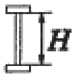
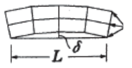
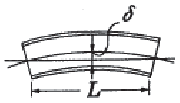
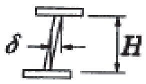
ထို့အပြင် ခွက်နေသော member (concave member) များ ပါဝင်သည့်အခါ၊ ထို member များကို လုပ်ငန်းခွင်တွင် တပ်ဆင်မှု လွယ်ကူ ချောမွေ့စေရန်အတွက်၊ လုပ်ငန်းခွင်တွင် တပ်ဆင်သည့် joint အပိုင်းတွင် clearance ထည့်သည့်အခြေအနေများလည်း ရှိသည်။ ဇယား ၃–၂၉ တွင် ဖော်ပြထားသော

လုပ်ငန်းခွင်၌ တပ်ဆင်သည့် joint အပိုင်းရှိ clearance တန်ဖိုးများသည် အထက်ပါ အချက်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားထားသည့်၊ ဒီဇိုင်း drawings များမှ ခွင့်ပြုထားသော ပြောင်းလဲမှုများ ဖြစ်သည်။

Expansion joint သည် ဘီး ဝန်အား (wheel load) ကို တိုက်ရိုက်ခံရသည်။ ဘီး ဆောင့်သည့်အခါ သက်ရောက်မှုဒဏ် ပိုပြင်းထန်ပြီး၊ ၎င်း expansion joint ကိုယ်တိုင်အပါအဝင်၊ ယက်မ (girder)၊ ကြမ်းခင်း (floor deck) စသည့်တို့နှင့် ဆက်နေသည့် အပိုင်းများ failure ဖြစ်လာနိုင်သည့်အတွက် ဂရုပြုရန် လိုအပ်သည်။

ထို့အပြင် တိုင်းတာရမည့် တိကျမှု (precision) အမျိုးမျိုးနှင့် တိုင်းတာရမည့် တည်နေရာများကို ဇယား ၃–၂၉ နှင့် ဇယား ၃–၃၀ ကို ဖော်ပြထားသည်။

Table 3-29 Precision of Temporary Assembly

Item	Permissible variation (mm)	Remark	Measurement method
Overall length, span length L (m)	$\pm(10+L/10)$		Overall Length Overall Length 
Distance between centers of main girder, main structure B (m)	± 4 $B \leqq 2$ $\pm(3+B/2)$ $B>2$		
Assembled height of main structure H (m)	± 5 $H \leqq 5$ $\pm(2.5+H/2)$ $B>5$		
Bridge edge of main girder, main structure (mm)	$5+L/5$ $L \leqq 100$ 25 $L>100$	L: Traverse line length (m)	 Main girder
Warping of main girder, main structure (mm)	-5 to +5 L≦20 -5 to +10 20 < L≦40 -5 to +15 40 < L≦80 -5 to +25 80 < L≦200	L: Span length of main girder, main structure (m)	
Crosspoint difference at bridge edge of main girder, main structure (mm)	10		Main girder
Verticality of main girder, main structure (mm)	3+H/1,000	H: Height of main girder, main structure (mm)	

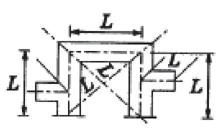
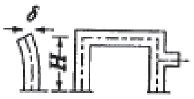
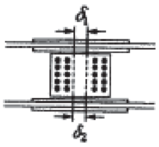
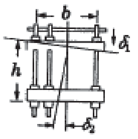
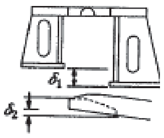
Steel pier	Distance between centers, diagonal length of column L (m)	± 5 $L \leq 10$ ± 10 $10 < L \leq 20$ $\pm 10 + \left(\frac{L-20}{10}\right)$ $20 < L$		
	Camber of beam and bend of column (mm)	L/1,000	L: Traverse line length (m)	Side view Front view
	Verticality of column (mm)	10 $H \leq 10$ H $H > 10$	H: Height (m)	Side view Front view 
Clearance in site joint portion (mm)		5	δ: δ1 or δ2 of the right figure, whichever is larger (mm)	
Anchor frame	Levelness of upper δ1 (mm)	b/500	b: Bolt distance (mm)	
	Verticality δ2 (mm)	h/500	h: Height (mm)	
	Height h (mm)	5		
Expansion joint	Difference in height from expansion joint to be combined δ1 (mm)	Designed value ±4		
	Discrepancy between fingers δ2 (mm)	2		Actual measurement value

Table 3-30 Location or Number to Measure Temporary Assembly Precision

Item			Steel girder	Truss, arch, etc.
Overall length, span length		L(m)	Total number of main girders, main structures	
Distance between centers of main girder, main structure		B(m)	Near each support and each middle span	
Assembled height of main structure		H(m)	–	Both end portion and central portion
Alignment of main girder, main structure		δ(mm)	One support and one middle span concerning outermost main girder or main structure	
Warping of main girder		δ(mm)	Distance of 10 to 12 m for each main girder	Each panel point of each main structure
Cross point difference at bridge edge of main girder		δ(mm)	Either end of main girder (main structure)	
Verticality of main girder		δ(mm)	Both end portion of each main girder	Near support and middle span
	Distance between centers, diagonal length of column	L(m)	–	Both end portion and cantilever beam portion

Steel pier	Camber of beam and bend of column	δ(mm)	–	Each panel point of each main structure
	Verticality of column	δ(mm)	–	Each column and cantilever beam portion
Clearance in site joint portion		δ(mm)	Half of total number of joints of main girder, main structure	
Anchor frame	Levelness of upper surface	δ(mm)	–	Total number on axle core
	Verticality	δ(mm)	–	
	Height	h(mm)	–	
Expansion joint	Difference in height from expansion joint to be combined	δ_1(mm)	Near both end portions and central portion	
	Discrepancy between fingers	δ_2(mm)		

၃.၆ ဆေးသုတ်ခြင်း

၃.၆.၁ အထွေထွေ

(၁) အသုံးချမှုနယ်ပယ် (Scope of Application)

၁) ဤ manual သည် မြန်မာနိုင်ငံတွင် ဆောက်လုပ်မည့် တံတားအသစ်များ၊ ဆေးသုတ်ခြင်း လုပ်ငန်းတွင် သုံးရန်ဖြစ်သည်။

၂) Cables နှင့် accessories ကဲ့သို့သော special members များကို အခြားသတ်မှတ်ချက်များ တွင်လေ့လာနိုင်သည်။

၃) ကွန်ကရစ်၊ သစ်၊ ရေထုတ်သည့် ပိုက်များ ၊ စစ်ဆေးရေးကား၊ မီးတိုင်နှင့် ရေအောက် structure တို့သည် ဤအခန်းနှင့် အကျုံးမဝင်ပါ။

ဝင်ရောက်စစ်ဆေးရန် လမ်းများ၊ bearings များနှင့် secondary members များ၏ bolts များအတွက် Hot dip zinc galvanization လုပ်သင့်သည်။ အခြားတစ်ဘက်တွင်၊ zinc galvanized နှင့် အလူမီနီယံ သို့မဟုတ် zinc galvanized နှင့် စတီး ပေါင်းစပ်ထားသည့် member များသည် မတူညီသည့် သတ္တုအမျိုးအစားအချင်းချင်း ထိတွေ့မှုမှ corrosion ဖြစ်နိုင်သည့်အတွက် အသုံးမပြုသင့်ပါ။

(၂) ဆေးသုတ်ခြင်း စီမံခန့်ခွဲခြင်းနှင့် လက်တွေ့ဆောင်ရွက်ခြင်း နည်းလမ်း

ကန်ထရိုက်တာသည် ဆေးသုတ်မည့် နည်းလမ်းများနှင့် စစ်ဆေးရေးနည်းလမ်း (internal inspection) များ အပါအဝင် ဆေးသုတ်မည့် လုပ်ငန်းအစီအစဉ်ကို အင်ဂျင်နီယာထံ တင်ပြပြီး၊ ခွင့်ပြုချက်ရယူရမည်။ ဤ manual သည် သံမဏိတံတားများ ဆေးသုတ်ခြင်း လုပ်ငန်းအားလုံးနှင့် ပတ်သက်၍၊ ကန်ထရိုက်တာဝန်ယူဆောင်ရွက်ရမည့် ၏ QC to QC management system ကို သတ်မှတ်ခြင်းဖြစ်သည်။

(၃) ဆေးသုတ်လုပ်ငန်း မန်နေဂျာ

ကန်ထရိုက်တာသည် ဆေးသုတ်ခြင်းလုပ်ငန်းတွင် နှံ့စပ်ကျွမ်းကျင်သည့် သူတစ်ဦးကို ဆေးသုတ် လုပ်ငန်း မန်နေဂျာအဖြစ် ခန့်ရမည်။

ထိုမန်နေဂျာသည် ဆေးအမျိုးအစားခွဲခြားခြင်း၊ ဆေးချိန်ညှိခြင်း၊ ပစ္စည်းကိရိယာများချိန်ညှိခြင်း၊

အလုပ်လုပ်ရမည့် ပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေနှင့် ချိန်ညှိခြင်းတို့ လုပ်ဆောင်နိုင်ရန် သုံးသပ်ပေး ရမည်။ သုတ်ဆေးအလွှာများ၏ အရည်အသွေးအာမခံမှု၊ internal inspection အဆင်ပြေ ချောမွေ့မှု၊ ဘေးကင်းမှု ရှိစေရေးအတွက် ဆောင်ရွက်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ဆေးသုတ်ခြင်းလုပ်ငန်း စာရွက်စာတမ်းများအား စီမံခန့်ခွဲရမည်။

၁) အသုံးပြုရမည့် ဆေးအမျိုးအစား ခွဲခြားသတ်မှတ်ခြင်း (Paint classification)

Members အလိုက် သုံးရမည့် ဆေးအမျိုးအစား၊ ဆက်ထားသည့် members များအား သုတ်ရမည့် ဆေးအမျိုးအစား၊ box section ၏ အတွင်းနှင့် အပြင်တွင် သုတ်ရမည့် ဆေးအမျိုးအစားကို ခွဲခြားသတ်မှတ်ရမည်။

၂) ဆေး အခြေအနေ ချိန်ညှိ/ချိန်ဆခြင်း (Adjustment of paint material)

စံချိန်စံညွှန်းနှင့် ကိုက်ညီသည့် ဆေးအမျိုးအစားများကို အသုံးပြုရမည်။ လိုအပ်သော ဆေးသားအထူအတိုင်း ဖြစ်အောင်၊ ဆေးပမာဏကို ပြည့်ပြည့်ဝဝ၊ လုံလုံလောက်လောက် သုတ်ရမည်။ လိုအပ်သည့် ဆေးအရည်အသွေးရရှိစေရန်အတွက်၊ ဆေးရောစပ်ပြီးနောက် သုံးရမည့် အချိန်ကန့်သတ်ချက်မှာ ဆေးစတင်ခဲလာမည့် (pot life) အချိန်ကို မကျော်လွန်ရပါ။ pot life နှင့် ပတ်သက်သည့် အခြေအနေ သတ်မှတ်ချက်များကို လိုက်နာရမည်။

၃) ဆေးသုတ်ကိရိယာများ ချိန်ညှိ၊ ရွေးချယ်ခြင်း (Adjustment of painting instruments)

ဆေး၏ ဂုဏ်သတ္တိ၊ ဝိသေသလက္ခဏာရပ်များနှင့် ဆေးသုတ်မည့် နည်းလမ်းတို့နှင့်အညီ သင့်လျော်သော ပစ္စည်းကိရိယာများကို ရွေးချယ်အသုံးပြုရမည်။ လုံလုံလောက်လောက် ချိန်ညှိရမည်။

၄) ပတ်ဝန်းကျင်အခြေအနေနှင့် ချိန်ညှိခြင်း (Adjustment of painting work environment)

လိုအပ်သည့် ဆေး၊ ပစ္စည်းကိရိယာ၊ ကျွမ်းကျင်မှု စသည်တို့ ပြည့်စုံလုံလောက်သော်လည်း၊ အလုပ်လုပ်ကိုင်ရသည့်၊ ဆေးသုတ်ရသည့် ပတ်ဝန်းကျင်အခြေအနေ ဆိုးရွားနေပါက၊ ဆေးသားများ အရည်အသွေးကောင်းမွန်မည် မဟုတ်ပါ။

ဆေးအမျိုးအစားပေါ်မူတည်၍ အပူချိန်နှင့် စိုထိုင်းဆတို့၏ ကန့်သတ်ချက်များ၊ ဆေးသုတ်ရမည့် အရာဝတ္ထုပေါ်တည်၍ ဆေးသုတ်ရာတွင်တွေ့ရမည့် အခက်အခဲ၊ ကန့်သတ်ချက်များကို နားလည်သဘောပေါက်ထားရန် လိုအပ်သည်။ အထူးသဖြင့် ဆေးသုတ်ပြီးသည့်နောက် မိုးရွာခြင်း၊ နှင်းကျခြင်း၊ ရေခဲခြင်း စသည်တို့အတွက် လုံလောက်သော ပြုပြင်မှု (treatment) များ

လိုအပ်သည်။ ထို့ပြင် ဘက်ပေါင်းစုံမှ စဉ်းစားဆုံးဖြတ်ရမည်။ ပတ်ဝန်းကျင်အတွက် အလေးထားပြီး ယာယီအောက်ခြေခံများ၊ အလုပ်လုပ်ရန် ငြမ်းများ (working scaffold) ရှိရမည်။ ဆေးသုတ်ခြင်း လုပ်ငန်းကြောင့် ပတ်ဝန်းကျင်ညစ်ညမ်းမှုမဖြစ်စေရန် အထူးဂရုစိုက်ရမည်။

၅) သတ်မှတ် ဆေးသား အရည်အသွေး ရစေရန် စီမံ ကြပ်မတ်ခြင်းနှင့် စစ်ဆေးခြင်း

ဆေးသုတ်မည့် မျက်နှာပြင်အား ပြုပြင်ထားမှု၊ ပြင်ဆင်ထားမှု၊ ဆေးသုတ်သည့် နေရာ အပိုင်းအခြား၊ ဆေးသားအထူ၊ ဆေးရောင် စသည်တို့ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။ ဆုံးဖြတ်ချက်၊ စစ်ဆေးမှုနှင့် ရလဒ်တို့ကို မှတ်တမ်းတင်ရမည်။

၆) ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေး ဆောင်ရွက်ချက်

ဆေးသုတ်ခြင်းလုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်စဉ် လိုက်နာရမည့် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး၊ ဆေး၏ ပါဝင်ပစ္စည်းများ၊ ဆေးမှုတ်သည့်အခါ ဆေးမှုန့်များ ပျံ့လွင့်မှုစသည်တို့နှင့် ပတ်သက်၍ ကျယ်ပြန့်သည့် အသိပညာ ဗဟုသုတ ရှိရမည်။

၇) အခြားအရာများ

လုပ်ငန်းတစ်ခုလုံး၏ တာဝန်ခံမန်နေဂျာနှင့် ဆက်သွယ်ဆောင်ရွက်ရန်၊ ပူးပေါင်း ဆောင်ရွက်ရန် လိုအပ်သည်။

(၄) စစ်ဆေးခြင်း (Inspection)

စစ်ဆေးခြင်း ၂ မျိုးရှိသည်။ တစ်မျိုးမှာ အဖွဲ့တွင်း စစ်ဆေးခြင်း (internal inspection) နှင့် နောက်တစ်မျိုးမှာ ကြီးကြပ်သူ (supervisor) က အမြင်ဖြင့် စစ်ဆေးခြင်းဖြစ်သည်။ Internal inspection မှာ လုပ်ငန်းတိုးတက်ဖြစ်ထွန်းမှုနှင့်အညီ ကန်ထရိုက်တာက ၎င်း၏ဆန္ဒအလျောက် စစ်ဆေးခြင်း ဖြစ်ပြီး၊ ရလဒ်များကို ဤ Manual နှင့်အညီ သုံးသပ်ပြုပြင်ရမည်။

Internal inspection တွင် အောက်ပါတို့ ပါဝင်သည်။

၁။ လက်ခံရန်အတွက် စစ်ဆေးမှု (Acceptance inspection)

၂။ သိုလှောင်ခြင်းနှင့် ပတ်သက်၍ စစ်ဆေးခြင်း

၃။ ဆေးသုတ်မည့်မျက်နှာပြင် ပြုပြင်မှုအား စစ်ဆေးခြင်း

၄။ ပတ်ဝန်းကျင်ဆိုင်ရာ စစ်ဆေးခြင်း

၅။ ဆေးရောစပ်မွှေနှောက်ခြင်းအား စစ်ဆေးခြင်း

၆။ ဆေး၏ maturity နှင့် pot life အား စစ်ဆေးခြင်း

၇။ ဆေးသားအား စစ်ဆေးခြင်း (အထူ နှင့် အပြစ်အနာအဆာ)

၈။ ပြန်လည်ပြုပြင်ထားသည့် ဆေးသားများအား စစ်ဆေးခြင်း

၉။ ဆေးပြန်သုတ်ခြင်းအား စစ်ဆေးခြင်း

Supervisor ၏ စစ်ဆေးမှုတွင် အောက်ပါတို့ ပါဝင်သည်။

၁။ ဆေးသုတ်မည့်အစီအစဉ် · · · · · · · စစ်ဆေးအတည်ပြုခြင်းနှင့်ခွင့်ပြုခြင်း

၂။ ခြောက်သွေ့သွားသည့်ဆေးသားအထူ · · · မျက်မြင် (သို့) စာရွက်စာတမ်းစစ်ဆေးခြင်း

၃။ ဆေးသားပြန်လည်ပြုပြင်ခြင်း · · · · · မျက်မြင် (သို့) စာရွက်စာတမ်းစစ်ဆေးခြင်း

၄။ ဆေးပြန်သုတ်ခြင်း · · · · · · · · · · မျက်မြင် (သို့) စာရွက်စာတမ်းစစ်ဆေးခြင်း

(၅) အစီရင်ခံတင်ပြခြင်း

ဤ manual ကို အခြေခံ၍ စစ်ဆေးမှု ရလဒ်များ၊ စာရွက်စာတမ်းများဖြင့် အစီရင်ခံစာ ရေးသား တင်ပြရမည်။

၁။ လုပ်ငန်းဖြစ်ထွန်းတိုးတက်မှု ဓာတ်ပုံမှတ်တမ်းများ ပူးတွဲတင်ပြရမည်။

၂။ ကန်ထရိုက်တာသည် ထိုစစ်ဆေးရေးမှတ်တမ်းများကို လုပ်ငန်းပြီးဆုံးပြီး ၃နှစ်အထိ သိမ်းဆည်းထားရမည်။

(၆) ချွတ်ယွင်းချက်၊ အပြစ်အနာအဆာများ

ဆေးသားနှင့် ပတ်သက်သည့် ချွတ်ယွင်းချက်များမှာ အောက်ပါတို့ ဖြစ်သည်။

၁။ အရောင်သိသိသာသာ ပြောင်းခြင်း သို့မဟုတ် အရည်အသွေး မကောင်းခြင်း

၂။ အက်ကြောင်း

၃။ ဆေးသား ဖောင်းလာခြင်း၊ ကွာတက်လာခြင်း

၄။ သံချေးစသည်တို့စားခြင်း

၅။ ကွာထွက်ခြင်း

(၇) မေးမြန်းစရာများနှင့် အခြား

ဤ manual နှင့် ပတ်သက်၍ စောဒကတက်စရာ၊ မေးမြန်းစရာ ရှိပါက၊ ကန်ထရိုက်တာသည် Supervisor ထံသို့ စာဖြင့်ရေးသား၍ တိုင်ပင်ဆွေးနွေးနိုင်သည်။

ကန်ထရိုက်တာသည် လုပ်ငန်းအစီအစဉ် ရေးဆွဲပြင်ဆင်ခြင်းနှင့် လက်တွေ့ ဆောင်ရွက်သည့် လုပ်ငန်း နှင့် ပတ်သက်၍၊ မေးမြန်းစရာ ရှိပါက Supervisor နှင့် အရင် တိုင်ပင်ဆွေးနွေးရမည်။

၃.၆.၂ တံတားအသစ်အား ဆေးသုတ်ခြင်း (New Bridge Painting)

(၁) ဆေးသုတ်ခြင်းဆိုင်ရာ စံသတ်မှတ်ချက်များ (Painting Specification)

၁) အထွေထွေ

တံတားလုပ်ငန်းခွင် ပတ်ဝန်းကျင်နှင့် အလုပ်ရှင်၏ ညွှန်ကြားချက် အခြေအနေပေါ် မူတည်၍ member အစိတ်အပိုင်းများ၏ ဆေးသုတ်ခြင်းလုပ်ငန်းအတွက် စံသတ်မှတ်ချက် ၅ ခုကို အကြံပြုသည်။

အုပ်စု (၁) တံတားများအတွက် စံသတ်မှတ်ချက် (၁)၊ အုပ်စု (၂) တံတားများအတွက် စံသတ်မှတ်ချက် (၂) ၊ အုပ်စု (၃) တံတားများအတွက် စံသတ်မှတ်ချက် (၃)၊ အုပ်စု (၄) တံတားများအတွက် စံသတ်မှတ်ချက် (၄) ၊ အုပ်စု (၅) တံတားများအတွက် စံသတ်မှတ်ချက် (၅) ကို သုံးရမည်။ Galvanized member များ၊ cables များ၊ ဆေးသုတ်ရန် ခက်သည့် အစိတ်အပိုင်းအများအတွက် စာချုပ်တွင် အသီးသီး သတ်မှတ်ဖော်ပြရမည်။

Table 3-31 Applied Specification

	ဆေးသုတ်သည့်နည်းလမ်း
အုပ်စု (၁)	ယေဘုယျအခြေအနေအတွက် လက်ရှိအသုံးပြုလျက်ရှိသော စံသတ်မှတ်ချက်
အုပ်စု (၂)	စံသတ်မှတ်ချက်(၁) အပြင် သံချေးတက်ခြင်း ကာကွယ်ရန် မျက်နှာပြင် တစ်လွှာအုပ်ထားရမည်။
အုပ်စု (၃)	စံသတ်မှတ်ချက် (၂) မှ အပေါ်ဆုံးအလွှာကို fluorine သို့ ပြောင်းလဲ သုံးရမည်။ ၎င်းကို ရထားသံလမ်းတံတားများ စသည့် တာရှည်ခံရန် လိုအပ်သည့် နေရာများနှင့် ရာသီဥတုဒဏ် ခံနိုင်ပြီး၊ အမြင်လှပစေရန်အတွက် သုံးသည်။
အုပ်စု (၄)	ဆားဓာတ်ပါဝင်မှု အတော်အသင့် များသော ပင်လယ်ကမ်းခြေကဲ့သို ဆိုးရွားသော အခြေအနေများ
အုပ်စု (၅)	ဆားဓာတ်ပါဝင်မှု အလွန်မြင့်သည့် ပင်လယ်ကမ်းခြေကဲ့သို့ အလွန်ဆိုးရွားသော အခြေအနေများ

Table 3-32a Spec. I (Refer to ISO 12944-5-2007)

Spec. I (ISO-12944-5: C4-High, A4.15)

	Surface Treatment	Primer Binder	Primer DFT (μm)	Surface Treatment	1st Layer Binder	1st Layer DFT (μm)	Interval	2nd Layer Binder	2nd Layer DFT (μm)	Interval	3rd Layer Binder	3rd Layer DFT (μm)	Total DFT (μm)
	Steel Mill			Fabrication Shop									
External General Part	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	60	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Polyurethane	60	240
	Steel Mill			Fabrication Shop									
Internal General Part	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	75	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	90				165
	Steel Mill			Fabrication Shop									
Contact Surface of Bolt Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)									0
	Steel Mill			Site									
External of Un-contact Surface of Bolt Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	60	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Polyurethane	60	240
	Steel Mill			Site									
Internal of Un-contact Surface of Bolt Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	75	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	90				165
	Steel Mill			Fabrication Shop									
To be paved surface of steel deck	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	50							50
	Steel Mill			Site									
External of Welded Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	60	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Polyurethane	60	240
	Steel Mill			Site									
Internal of Welded Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	75	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	90				165

Table 3-32b Spec. II

Spec. II (ISO-12944 C4-High, XXXX)

	Surface Treatment	Primer Binder	Primer DFT (μm)	Surface Treatment	1st Layer Binder	1st Layer DFT (μm)	Interval	2nd Layer Binder	2nd Layer DFT (μm)	Interval	3rd Layer Binder	3rd Layer DFT (μm)	Total DFT
	Steel Mill			Fabrication Shop									
External General Part	ISO Sa2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	60	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Polyurethane	60	240
	Steel Mill			Fabrication Shop									
Internal General Part	ISO Sa2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	75	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	90				165
	Steel Mill			Fabrication Shop									
Contact Surface of Bolt Joint	ISO Sa2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO Sa 2.5	*In-Organic or organic Zinc Rich Paint	75							75
	Steel Mill			Site									
External of Un-contact Surface of Bolt Joint	ISO Sa2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	60	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Polyurethane	60	240
	Steel Mill			Site									
Internal of Un-contact Surface of Bolt Joint	ISO Sa2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	75	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	90				165
	Steel Mill			Fabrication Shop									
To be paved surface of steel deck	ISO Sa2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	50							50
	Steel Mill			Site									
External of Welded Joint	ISO Sa2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	60	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Polyurethane	60	240
	Steel Mill			Site									
Internal of Welded Joint	ISO Sa2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	75	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	90				165

*1) If Organic Zinc Rich Paint is used, it should be proved the friction factor of contact surface is over 0.4

Table 3-32c Spec. III

Spec III (ISO-12944 C4-High, XXXX)

	Primer Surface Treatment	Primer Binder	Primer DFT (um)	Surface Treatment	1st Layer Binder	1st Layer DFT (um)	Interval	2nd Layer Binder	2nd Layer DFT (um)	Interval	3rd Layer Binder	3rd Layer DFT (um)	Interval	3rd Layer Binder	3rd Layer DFT (um)	Total DFT (um)
	Steel Mill			Fabrication Shop												
External General Part	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	60	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	140	1.5h-1M	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	30	260
	Steel Mill			Fabrication Shop												
Internal General Part	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	75	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	90							165
	Steel Mill			Fabrication Shop												
Contact Surface of Bolt Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO Sa 2.5	*In-Organic or Organic Zinc	75										75
	Steel Mill			Site												
External of Un-contact Surface of Bolt Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	60	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	30	240
	Steel Mill			Site												
Internal of Un-contact Surface of Bolt Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	75	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	90							165
	Steel Mill			Fabrication Shop												
To be paved surface of steel deck	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	50										
	Steel Mill			Site												
External of Welded Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	60	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	30	240
	Steel Mill			Site												
Internal of Welded Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint	75	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	90							165

*1) If Organic Zinc Rich Paint is used, it should be proved the friction factor of contact surface is over 0.4

Table 3-32d Spec. IV （Refer to C5 of Japanese Standard Handbook of Corrosion Protection 2014）

Spec IV （Paint Manual for Steel Bridge（Japan Road Association,2015）

	Primer Surface Treatment	Primer Binder	Primer DFT (μm)	Surface Treatment	1st Layer Binder	1st Layer DFT (μm)	Interval	2nd Layer Binder	2nd Layer DFT (μm)	Interval	3rd Layer Binder	3rd Layer DFT (μm)	Interval	4th Layer Binder	4th Layer DFT (μm)	Interval	5th Layer Binder	5th Layer DFT (μm)	Total DFT (μm)
	Steel Mill			Fabrication Shop															
External General Part	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Paint	75	4h-6M	Epoxy Resin Paint(Mist Coat)	(15)	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	25	250
	Steel Mill			Fabrication Shop															
Internal General Part	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Modified Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Modified Epoxy Resin Paint	120										240
	Steel Mill			Fabrication Shop															
Contact Surface of Bolt Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Paint	75													75
	Steel Mill			Fabrication Shop			Site												
External of Un-contact Surface of Bolt Joint (Plate Surface)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Paint	75	4h-6M	Modified Epoxy Resin Paint(Mist Coat)	(15)	1.5h-1M	Ultra thick Epoxy Resin Paint or Epoxy Resin	300	16h - 10d 1.5h x 3 - 10day	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	30	435
	Steel Mill			Fabrication Shop			site												
External of Un-contact Surface of Bolt Joint (Bolt Head and Nut)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3	Organic Zinc Rich Paint (x 1~2)	75	4h-6M	Ultra thick Epoxy Resin Paint or Epoxy Resin Paint (x2~3)	300	16h - 10d 1.5h x 3 - 10day	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	30				435
	Steel Mill			Fabrication Shop			Site												
Internal of Un-contact Surface of Bolt Joint (Plate Surface, Bolt Head and Nut)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Paint	75	4h-6M	Modified Epoxy Resin Paint (Mist Coat)	(15)	1.5h-1M	Ultra thick Epoxy Resin Paint or Epoxy Resin Paint (x2~3)	300							375
	Steel Mill			Fabrication Shop															
To be paved surface of steel deck	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint (x 1~2)	50													50
	Steel Mill			Fabrication Shop			site												
External of Welded Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint (x 1~2)	75	4h-6M	Modified Epoxy Resin Paint	60	1.5h-1M	Modified Epoxy Resin Paint	60	1.5h-1M	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	30	255
	Steel Mill			Fabrication Shop			site												
Internal of Welded Joint	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint (x 1~2)	75	4h-6M	Ultra thick Epoxy Resin Paint or Epoxy Resin Paint (x2~3)	300										375

All interval periods are minimum.

Table 3-32e Spec. V (Refer to revised ISO 12944-5-2018 C-5 Very High)

Spec V (ISO 12944-5-2018 C-5 very high

=L1	Surface Treatment	Primer		Surface Treatment	1st Layer		Interval	2nd Layer		Interval	3rd Layer		Interval	4th Layer		Interval	5th Layer		Total DFT (μm)
		Binder	DFT (μm)		Binder	DFT (μm)		Binder	DFT (μm)		Binder	DFT (μm)		Binder	DFT (μm)		Binder	DFT (μm)	
External General Part	Steel Mill			Fabrication Shop															335
	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Paint	75	4h-6M	Epoxy Resin Paint (Mist Coat)	(15)	1.5h-1M	Epoxy Resin Paint	100×2	1.5h-1M	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	30	
Internal General Part	Steel Mill			Fabrication Shop															240
	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Modified Epoxy Resin Paint	120	1.5h-1M	Modified Epoxy Resin Paint	120										
Contact Surface of Bolt Joint	Steel Mill			Fabrication Shop															75
	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Paint	75													
External of Un-contact Surface of Bolt Joint (Plate Surface)	Steel Mill			Fabrication Shop			Site												435
	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Paint	75	4h-6M	Modified Epoxy Resin Paint (Mist Coat)	(15)	1.5h-1M	Ultra thick Epoxy Resin Paint or Epoxy Resin Paint (x2～3)	300	16h - 10d 1.5h x 3 - 10day	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	30	
External of Un-contact Surface of Bolt Joint (Bolt Head and Nut)	Steel Mill			Site															435
	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3	Organic Zinc Rich Paint (x 1～2)	75	4h-6M	Ultra thick Epoxy Resin Paint or Epoxy Resin Paint (x2～3)	300	16h - 10d 1.5h x 3 - 10day	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	30				
Internal of Un-contact Surface of Bolt Joint (Plate Surface, Bolt Head and Nut)	Steel Mill			Fabrication Shop			Site												375
	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Paint	75	4h-6M	Modified Epoxy Resin Paint (Mist Coat)	(15)	1.5h-1M	Ultra thick Epoxy Resin Paint or Epoxy Resin Paint (x2～3)	300							
To be paved surface of steel deck	Steel Mill			Fabrication Shop			Site												50
	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint (x 1～2)	50													
External of Welded Joint	Steel Mill			Fabrication Shop			Site												255
	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint (x 1～2)	75	4h-6M	Modified Epoxy Resin Paint	60	1.5h-1M	Modified Epoxy Resin Paint	60	1.5h-1M	Fluorine Undercoat	30	2h - 10d	Fluorine Resin Paint	30	
Internal of Welded Joint	Steel Mill			Fabrication Shop			Site												375
	ISO Sa 2.5	Inorganic Zinc Rich Primer or Epoxy Primer	(15)	ISO St 3 (Power Tool)	Organic Zinc Rich Paint (x 1～2)	75	4h-6M	Ultra thick Epoxy Resin Paint or Epoxy Resin Paint (x2～3)	300										

All interval periods are minimum.

၂) သာမန် အချက်များ

ဆေးသုတ်သည့် စနစ်များအားလုံးနှင့် ဆိုင်သော အချက်များမှာ အောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်သည်။

က) Mill Plate Blasting ဆိုသည်မှာ စက်ရုံ၌ ဆောင်ရွက်သည့် ဆေးသုတ်သည့် စနစ်ဖြစ်သည်။ သံမဏိကို ကြိတ်ပြီး၍၊ ချေး (ဂျီး) များ၊ ဂျီးများကို စက်ဖြင့် ဖယ်ရှားပြီးသည့်နောက်၊ Epoxy အောက်ခံဆေး သို့မဟုတ် inorganic zinc ပါဝင်မှုများသည့် အောက်ခံဆေးကို သုတ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ သံမဏိပြားသည် ဖြတ်တောက်မှု လုပ်စဉ်နှင့် ဂဟေဆော်မှု လုပ်ငန်းစဉ်တွင် ထိခိုက်ပျက်စီးမှုရှိပါက၊ corrosion ဖြစ်နိုင်သည်။ ထို corrosion နေရာများကို blasting နည်း သို့မဟုတ် disc sander, power brush စသည့် ပစ္စည်းများ သုံးပြီး ဖယ်ရှားပြီးသည့် နောက် ပထမ ဆေး တစ်လွှာ စတင်သုတ်ရမည်။

ခ) မျက်နှာပြင် ပြုပြင်မှုတွင် သံချေးဖယ်မှုအဆင့်

Primary surface treatment : better than ISO Sa2.5

Secondary surface treatment : Blasting better than ISO Sa2.5

Power tool better than ISO St3

ဂ) Inorganic zinc ပါဝင်မှုများသည့် ဆေးသားအထူအပေါ်တွင် အဖြူရောင် သံချေးများ ပေါ်လာပါက၊ ချက်ချင်း ဖယ်ရှားရမည်။

ဃ) အရည်ထက်ဝက် ရောထားသည့် (50% dilution) Epoxy resin သို့မဟုတ် အဆင့်မြင့် ပြုပြင်ထားသည့် epoxy resin ကို mist coat အတွက် သုံးသည်။

င) Dry film ဆေးသားအလွှာ၏ အထူကို စံတန်ဖိုးများဖြင့် ပြသထားသည်။ ၎င်းသည် စက်ရုံ၌ စပရေးဖြင့် မှုတ်ထားပြီး၊ လုပ်ငန်းခွင်၌ brushing လုပ်ထားသည့် အထူဖြစ်သည်။ mist coat အလွှာကို စုစုပေါင်း အထူတွင် ပေါင်းမထည့်ရပါ။

စ) Painting interval ဆိုသည်မှာ အပူချိန် 20℃ ၊ စိုထိုင်းဆ 75% အခြေအနေအတွက် သတ်မှတ်ထားသည့် ဆေးသုတ်သည့် အချိန်ကန့်သတ်ချက်ဖြစ်သည်။ အပူချိန်၊ စိုထိုင်းဆ စံအခြေအနေများနှင့် အတော်အသင့် ကွဲလွဲပါက၊ painting interval ကို ပြင်ဆင်ချိန်ညှိရမည်။ ဤနေရာတွင် h သည် နာရီ၊ d သည် နေ့ရက်နှင့် m သည် လ ဖြစ်သည်။

ဆ) ဆေးအလွှာ အထပ်များ များလာသည့်အခါ ကွဲပြားသည့် အရောင်ကို အသုံးပြုရမည်။

(၂) ဆေး (Paint)

၁) သုံးမည့် ဆေးအမျိုးအစားများနှင့် စံချိန်စံညွှန်းများ

က) တံတားအသစ် တည်ဆောက်ရေးတွင် အသုံးပြုမည့် ဆေးများသည် ဇယား ၃-၃၃ နှင့် ကိုက်ညီရမည်။ လိုအပ်သည့် ဆောင်ရွက်ချက်များ ပြုလုပ်ရမည်။ နေရာတစ်နေရာ၌ အသုံးပြုမည့် ဆေးသည် အောက်ဆုံးအလွှာမှ အပေါ်ဆုံး အလွှာအထိ ကုမ္ပဏီတစ်ခုတည်းက ထုတ်လုပ်သည့် တူညီသည့် ပစ္စည်းအမျိုးအစား ဖြစ်ရမည်။

Table 3-33 Paint to be used

No	Standard No	Paint Name
	ISO 12944-5 or JIS K 5552: 2010	In-organic zinc rich primer
	ISO 12944-5 or JIS K 5551: 2008	Epoxy primer
	ISO 12944-5	Organic zinc rich paint
	ISO 12944-5	Epoxy resin paint
	ISO 12944-5	Epoxy resin paint (Mist Coat)
	ISO 12944-5	Polyurethane
	ISO 12944-5	In-organic zinc rich paint
	ISO 12944-5	Fluorine Undercoat*1)
	ISO 12944-5	Fluorine Resin Paint*2)
	ISO 12944-5	Modified Epoxy Resin Paint
	ISO 12944-5	Modified Epoxy Resin Paint (Mist Coat)
	ISO 12944-5	Ultra- thick Epoxy Resin Paint

Standard No. is in accordance with XXX.

*၁) Fluorine အောက်ခံအလွှာတွင် အဓိကပစ္စည်းအဖြစ် epoxy polyol သို့မဟုတ် Fluorine ပါဝင်ပြီး၊ ၎င်းသည် အပေါ်ဆေးအလွှာအား ထိခိုက်မှု မရှိစေရပါ။

*၂) Fluorine Resin ဆေးတွင် Fluorine ပမာဏ 15% ကျော် ပါဝင်သင့်သည်။

၂) ဆေး အရည်အသွေး စစ်ဆေးခြင်း

က) Standard Certificate (Pass certificate inside company); အသုံးပြုမည့် ဆေးများအတွက် စံချိန်စံညွှန်းဆိုင်ရာ ထောက်ခံချက်သည် သက်ဆိုင်ရာ လိုအပ်သည့် စံချိန်စံညွှန်းနှင့် ကိုက်ညီရမည်။ ထိုထောက်ခံချက်အား ဆေးအမျိုးအစားများနှင့် ထုတ်လုပ်မှု အသုတ် (lot) စသည်တို့ကို စစ်ဆေးရမည်။

ခ) ဆေးပုံးပေါ်တွင် ရေးထားသည့် standard နံပါတ်နှင့် အမည်ကို စစ်ဆေး အတည်ပြုရမည်။

ဂ) လိုအပ်သည့် ပမာဏကို ရရှိပြီးမပြီး စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။

ဃ) ဆေးနမူနာ စစ်ဆေးခြင်း။ ဆေးအရည်အသွေးကို သံသယရှိပါက၊ နမူနာ စစ်ဆေးကြည့်ရန် လိုအပ်သည်။ အသုံးပြုမည့် ဆေးဘူးများထဲမှ၊ ကျပန်းနမူနာယူပြီး တရားဝင်အဖွဲ့အစည်း တစ်ခုခုတွင် ဆေး၏စံချိန်စံညွှန်းကို အခြေခံ၍ စမ်းသပ်စစ်ဆေးမှု လုပ်ရမည်။ စမ်းသပ်မှုရလဒ်များ သည် စံချိန်စံညွှန်းနှင့် မကိုက်ပါက၊ ထိုဆေးနှင့် lot အတူတူမှ၊ နောက်ထပ်ဆေးနမူနာ အရေအတွက် ၂ ဆ ယူပြီး၊ စမ်းသပ်မှု ၂ ကြိမ် ထပ်မံ လုပ်ရမည်။ ထို

၂ ကြိမ်လုံး၏ ရလဒ်များ ပြေလည် ကိုက်ညီမှသာ၊ ထိုဆေးကို လက်ခံနိုင်မည်ဖြစ်ပြီး၊ တစ်ကြိမ်ကြိမ်၏ ရလဒ် အဆင်မပြေပါက၊ ထို lot ကို ပယ်ချရမည်။

၁။ အရည်အသွေး စစ်ဆေးခြင်းကို အခြေခံအားဖြင့် ဆေးထုတ်လုပ်သည့် စက်ရုံ/ကုမ္ပဏီတွင် ပြုလုပ်ရမည်။

၂။ ဆေးအရည်အသွေး စံချိန်စံညွှန်း အာမခံချက်/ထောက်ခံချက် နမူနာကို ဇယား ၃-၃၄ တွင် ပြသထားသည်။

၃။ နမူနာယူ စစ်ဆေးရမည့် နည်းလမ်းကို စာချုပ်တွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားသည်။

Table 3-34 Quality Certificate of Paint

	Paint Name	**Company Name**
Product Name		Paint Component
Lot Number		
Amount of Delivery		
Standard and Test Result		
Test Items	**Paint Standard**	**Test Result**
Grain		
Workability		
Drying Time		
Remarks	Specific gravity in case of	
	showing in l:	

၃) အရောင် (Color)

က) စာချုပ်တွင်သတ်မှတ်ထားသည့်အတိုင်း၊ အပေါ်ဆုံးအလွှာ၏ အရောင်ကို ရရှိရန်၊ အောက်အလွှာ နှင့် ကြားအလွှာတို့၏အရောင်ကို ချိန်ညှိ၊ ရွေးချယ်ရမည်။

ခ) အရောင်မညီညာခြင်းကို ခွင့်မပြုရ။

ဂ) အောက်လွှာနှင့် ကြားအလွှာများ၏ အရောင်များကို အပေါ်ဆုံးအလွှာ၏ အရောင်က ဖုံးရမည်။ အပေါ်ဆုံးအလွှာ၏ အရောင်အတွက် ကာလာနံပါတ်ကို စံသတ်မှတ်ထား သည့် အရောင် နမူနာများ (မြန်မာနိုင်ငံတွင် သတ်မှတ်မည့်) ကို အခြေခံ၍ ဖော်ပြရမည်။

၄) ဆေးများ သိုလှောင်ခြင်းနှင့် စီမံခန့်ခွဲခြင်း

က) ဆေးများကို သိုလှောင်ခြင်းနှင့် စီမံခန့်ခွဲခြင်းသည် မီးသတ်တပ်ဖွဲ့ဥပဒေ၊ စက်မှုလုပ်ငန်း

များ ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးနှင့် ကျန်းမာရေးဆိုင်ရာ ဥပဒေ၊ Organic Solvent များ အဆိပ်အတောက်ဖြစ်မှု တားဆီးကာကွယ်ရေးဆိုင်ရာ ဥပဒေများ၊ သက်ဆိုင်ရာ ဥပဒေများနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

ခ) ဆေးများ သိုလှောင်ရာတွင် အရည်အသွေး ပြောင်းလဲစေခြင်း မရှိရ။ ဆေးပုံးတွင် ပြထားသည့် effective period ကို ဆေး ၏သက်တမ်း expired period အဖြစ် မသုံးရ။

ဂ) ဆေးဘူးများကို ဖွင့်ဖောက်သည့် နေ့တွင်ပင် သုံးရမည်။

ဃ) ဆေးနှင့် ဆေးပစ္စည်းများထဲတွင် မီးလောင်စေတတ်သည့် ပစ္စည်းများ၊ အန္တရာယ်ရှိသည့် ပစ္စည်းများ ပါဝင်ပါက၊ သိုလှောင်ထားစဉ်အတွင်း ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေး အတွက် အထူးဂရုပြုရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ဆေးပစ္စည်း ဂုဏ်သတ္တိများ ပြောင်းလဲသွားနိုင်သည့် အပူချိန် မြင့်မားသော နေရာများ၊ အမိုးအကာမဲ့နေရာများတွင် မသိုလှောင်ရပါ။

င) Multi liquid mixture paint များသည် ကာလရှည် သိုလှောင်ထားပါက ပြောင်းလဲတတ်သည့် သဘောရှိသည်။ သို့သော် ဆေးကို ထိရောက်မှုရှိစွာ သုံးနိုင်မည့် ကာလ (effective period) မှာ သိမ်းဆည်းသိုလှောင်ထားသည့် အခြေအနေ၊ သိုလှောင်စဉ် ရှိသည့် အပူချိန်တို့ အပေါ်တွင် လိုက်ပြီး သိသိသာသာ ကွာခြားသော ကြောင့်၊ ၎င်းကို တစ်သမတ်တည်း ဆုံးဖြတ်ရန်မှာ မလွယ်ကူပါ။ ထို့ကြောင့် ထုတ်လုပ်သူက သတ်မှတ်ထားသည့် effective period ကို စံအဖြစ်ယူ၍ သိုလှောင်ရေး အခြေအနေကို စဉ်းစားရမည်။ ဆေးအား အသုံးမပြုခင် ပြောင်းလဲနေခြင်း ရှိမရှိ စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။

(၃) မျက်နှာပြင်အား ပြုပြင်ခြင်း Surface Treatment)

၁) အခြေခံ မျက်နှာပြင်ပြုပြင်ခြင်း (Primary Surface treatment)

က) အခြေခံအဆင့် မျက်နှာပြင် ပြုပြင်ခြင်း (Primary surface treatment) ဆိုသည်မှာ steel အား ပြုပြင်ထုတ်လုပ်မှု မလုပ်ခင်၊ မူလ steel ၏ မျက်နှာပြင်ကို လေမှုတ်သန့်စင်ခြင်း (blast လုပ်ခြင်း) ဖြင့်၊ သင့်လျော်သည့် အခြေအနေတစ်ခု ရအောင် ပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။ နောက်ပိုင်းတွင် ၎င်းကို OPBT (Original Plate Blasting Treatment) ဟု အတိုကောက် ရည်ညွှန်းသုံးစွဲမည်။

ခ) Steel materials အားလုံးကို OPBT ပြုလုပ်ရမည်။ သို့သော် ကြီးကြပ်သူ (အင်ဂျင်နီယာ) ၏ ခွင့်ပြုချက်ဖြင့် product blasting နည်းကို ရွေးချယ် အသုံးပြုနိုင်သည်။

ဂ) Blasting ဖြင့် ပြုပြင်ပြီးသည့်နောက် corrosion ဖယ်ရှားနိုင်မှု အဆင့်မှာ ISO Sa2 1/2 နှင့်

ကိုက်ညီရမည်။

ဃ) မျက်နှာပြင် ကြမ်းတမ်းမှုသည် JIS B 0601 နှင့် အလားတူ စံချိန်စံညွှန်းများမှ 10 points average roughness display နည်းလမ်းကို အခြေခံထားသည့် 80μ Rz အောက် နည်းရမည်။

င) Blast treatment surface ကို သန့်ရှင်းနေပြီး၊ အရည်အသွေး ထိခိုက်နိုင်သည့် မည်သည့် အရာဝတ္ထုပစ္စည်းမှ ကပ်ညိနေခြင်း မရှိစေရ။.

စ) Blasting နည်းလမ်းသည် dry method ဖြစ်ရမည်။

ဆ) Blasting လုပ်ပြီးနောက်၊ epoxy primer သို့မဟုတ် inorganic zinc ပါဝင်မှု များသည့် အောက်ခံဆေးကို သုတ်ရမည်။ Blasting လုပ်ပြီး ၄ နာရီခြား၍၊ အောက်ခံဆေးသုတ်ရမည်။

ဇ) အောက်ခံဆေးသုတ်ပြီးနောက်၊ ဆေးသားခြောက်သွေ့မှသာ member များကို ရွှေ့ပြောင်းခြင်း လုပ်ရမည်။

ဈ) ဆေးလုပ်ငန်း မန်နေဂျာသည် အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေး မှတ်တမ်းစာရွက် (controlling sheets) များ ပြုလုပ်ရမည်။ စစ်ဆေးသူသည် ထို မှတ်တမ်းစာရွက်များ ကိုပါ စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။

ဇယား ၃-၃၅ တွင် original steel plate blasting နှင့် product blasting ကို နှိုင်းယှဉ်ဖော်ပြထားသည်။

Table 3-35 Comparison of Blasting

Items	Original plate blasting	product blasting
efficiency	Highly efficient due to automatic blasting machine	Not efficient due to manual machine
Safety	Good in safety and health because of mechanization	Special consideration is needed in safety and health.
Pollution	The work is done inside mill maker. Pollution problems are less.	This is done inside fabrication factory and counter measure for particles and noise must be facilitated.
Relation with welding and cutting	Primer paint affects to gas cutting, welding and strain removable.	No
Others	No	Flaw and other extra ordinaries during processing can be found

မျက်နှာပြင်ကြမ်းတမ်းမှုကို တိုင်းတာမှုပါသည့် test blasting ဖြင့် စမ်းသပ်ရမည်။ Treatment အတွက် အခြေအနေကန့်သတ်ချက်များ၊ blasting material အတွက် အရည်အသွေးနှင့် ပုံသဏ္ဍာန်ကို ဆုံးဖြတ်ရမည်။

၂) ဒုတိယအဆင့် မျက်နှာပြင် ပြုပြင်ခြင်း (Secondary Surface Treatment)

က) Secondary surface treatment ဆိုသည်မှာ ပြုပြင်ထုတ်လုပ်ပြီး၊ တပ်ဆင်ပြီးသည့်နောက်၊ steel မျက်နှာပြင်အား blasting သို့မဟုတ် power tool ဖြင့် ဆေးမှုတ်ရန် သင့်လျော်အောင် ပြုပြင်ခြင်း၊ ပြုလုပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။

ခ) Product blasting တွင် full surface blasting နှင့် partial surface blasting တို့ ပါဝင်သည်။ မျက်နှာပြင် treatment လုပ်ခြင်းနှင့် အချောသတ်မှု အဆင့်များကို ဇယား ၃-၃၆ တွင် ပြသထားသည်။

ဂ) Secondary surface treatment ကို ဆေးအသစ် သုတ်ခြင်းနှင့် ပြုပြင်ဆေးသုတ်ခြင်း ဟူ၍ ၂ မျိုး ခွဲခြားထားသည်။ (ဇယား ၃-၃၇)

Table 3-36 Classification of Surface Treatment and Finishing State

Category	Grade of derusting	Surface roughness
product blasting treatment	ISO Sa2 1/2	70μRz or less
power Tool treatment	ISO St3	

(Note) 1. Derusting grade comply with ISO

2. Surface roughness comply with JIS B 0601 10-point average roughness display method.

Table 3-37 Classification of Applied Treatment and Application Status

Treatment Classification		Applied State
Surface treatment prior to new painting	Full Surface Blasting	Full surface Blasting after block assembly
	Partial Surface Blasting	Partial blasting for corroded part after block assembly
	Power Tool	Power tool treatment to corroded part after block assembly.
Surface treatment prior to repair painting	Partial Blasting	Damaged part reaching to steel plate expand to wide area
	Power Tool	Damaged part reaching to steel plate expand to narrow area

က) ဖြတ်တောက်မှုလုပ်ထားသည့် အပြင်ဘက် ဆေးသုတ်မည့် မျက်နှာပြင်၏ ထောင့်နေရာ ကို အချင်းဝက် 2mm ဖြင့် အဝိုက် ထည့်သွင်းရမည်။

ခ) Product blasting ကို အမိုးအကာရှိသည့် အဆောက်အအုံတွင်း ပြုလုပ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ စိုထိုင်းဆမှာ 80 % အတွင်း ဖြစ်ရမည်။

ဂ) အောက်ပိုင်းအလွှာကို ၄ နာရီအတွင်း secondary surface treatment လုပ်ရမည်။

ဃ) လုပ်ငန်းလက်စွဲစာအုပ်နှင့်အညီ အလုပ်လုပ်ရန်အတွက် မန်နေဂျာသည် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေး မှတ်တမ်း (control sheet) ပြုလုပ်ထားရမည်။

(၄) ဆေးသုတ်ခြင်းလုပ်ငန်း (Painting Work)

၁) လုပ်ငန်းပြင်ဆင်ဆောင်ရွက်ခြင်း (Preparation of Work)

ဆေးလုပ်ငန်းအတွက် အောက်ပါ လုပ်ငန်းစဉ်အတိုင်း ပြင်ဆင်ဆောင်ရွက်ရမည်။

က) လိုအပ်သည့် ပစ္စည်းကိရိယာများ (Paint Instrument)

ဆေးသုတ်မည့် အရာဝတ္ထုပစ္စည်း၏ ပုံသဏ္ဌာန်နှင့် လုပ်ရကိုင်ရ လွယ်ကူမှု၊ ဆေး အမျိုးအစားတို့ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစား၍ ကိရိယာ တန်ဆာပလာများကို ရွေးချယ်ရမည်။

ခ) အလုပ်လုပ်ကိုင်ရန် ငြမ်း (Working scaffold)

ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းပြီး၊ ဆေးသုတ်လုပ်ငန်းလုပ်ကိုင်ရန် သင့်လျော်သည့် ငြမ်းများကို စည်းမျဉ်းစည်းကမ်းနှင့် အညီ တပ်ဆင်ရမည်။ ငြမ်းလုပ်ငန်းအတွက် အလုပ်သမားခေါင်း နှင့် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး မန်နေဂျာ ခန့်အပ်ရမည်။ ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး အတွက် အလေးထား ဆောင်ရွက်ရမည်။

ဂ) ဆေးသုတ်ရမည့် ပစ္စည်းအား ဆေးမသုတ်ခင် ပြင်ဆင်မှုလုပ်ခြင်း

ဆေးသုတ်မည့် member အစိတ်အပိုင်းကို အောက်ခံခုံပေါ်တွင် တင်ပြီး၊ အောက်ဘက်မှနေ၍ ဆေးသုတ်နိုင်ရန် လိုအပ်သည့် အမြင့်တစ်ခု၌ ထားပေးရမည်။ ဆေးသုတ်မည့် မျက်နှာပြင်သည် သဲ၊ ဖုန်၊ ဆီ စသည့် ပစ္စည်းများ ကင်းစင်နေရမည်။ ဆေးမသုတ်ရမည့်နေရာ (Paint free part) တွင် ဆေးများ မထိမပေစေရန် အပြည့်အဝ ကာကွယ်ထားရမည်။ ဆေးမသုတ်ရမည့်မျက်နှာပြင်များမှာ အောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်သည်။

Table 3-38 Paint Free Part

Sort	Intended Part
Paint free part	Finished surface such as bearing, pins, roller etc.
	Faying surface of bolt connection of general bridge
Long term exposed epoxy primer or inorganic zinc rich primer is allowed	Contact surface of concrete and steel plate

မျက်နှာပြင်တွင် ဆားမှုန်များ ကပ်နေပါက၊ ဆေးမသုတ်ခင် ရေဖြင့် အပြည့်အဝ ဆေးကြောသန့်စင်ရမည်။

ဃ) ဆေးပစ္စည်းများ ပြင်ဆင်ခြင်း

၁. ဆေးပုံးအား ဖွင့်ပြီးသည့်နောက် ဆေးများ သမနေအောင် အသေအချာ မွှေနှောက်ရမည်။

၂. ဆေးတွင် hardening agent ထည့်၍ ရောစပ်သုံးသည့်အခါ agitator ဖြင့် လုံလုံလောက်လောက် မွှေရမည်။ သတ်မှတ်ထားသည့် matured time ရမှ သုံးရမည်ဖြစ်ပြီး၊ pot life ကို ကျော်လွန်သွားပါက အသုံးမပြုရပါ။

၃. Air spray သုံးသည့်အခါ၊ ဆေးရည်သည် သင့်လျော်သည့် ဇကာ (roughness sieve) ကို ဖြတ်သန်းစေရမည်။

င) ရောနှော ဖျော်စပ်သည့် ဆေးပစ္စည်း (Dilution agent)

ဆေးသုတ်သည့် နည်းလမ်းနှင့် အပူချိန်ပေါ် မူတည်၍ သင့်လျော်သည့် စေးပျစ်မှု (viscosity) ရအောင် ပြင်ဆင်ချိန်ညှိရမည်။

Dilution agent သုံးသည့်အခါ၊ ထည့်ရမည့် ပမာဏကို အတိအကျ တွက်ချက်ပြီး၊ အနည်းဆုံး ပမာဏ ထည့်ရမည်။ Solvent free paint များတွင် dilution agent မသုံးရပါ။

၂) ဆေးသုတ်လုပ်ငန်းအတွက် ငြမ်း

က) ဆေးသုတ်လုပ်ငန်းအတွက် ငြမ်းသည် အလုပ်သမားများ ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေး နှင့် ကျန်းမာရေးဆိုင်ရာ စည်းမျဉ်းစည်းကမ်းများနှင့် အညီ ဖြစ်ရမည်။ ငြမ်းသည် အလုပ်သမားများ၊ ဆေးပုံးများ၊ ပစ္စည်းကိရိယာများ ဝန်ကို လုံလုံလောက်လောက် ခံနိုင်ရည်ရှိရမည်။ အလုပ်လုပ်ရန် အတားအဆီး အဟန့်အတား ဖြစ်မနေသည့် တည်ဆောက်ပုံ ဖြစ်ရမည်။ ပြုတ်မကျစေရန်အတွက် ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေး ဆောင်ရွက်ချက်များ ပြုလုပ်ထားရမည်။

ခ) ဆေးသုတ်လုပ်ငန်းငြမ်းများတွင် ဆေးများပျံ့နှံ့ခြင်း၊ စင်ခြင်းစသည်တို့ မဖြစ်အောင်

ကာကွယ် ဆောင်ရွက်မှုများ ပြုလုပ်ရမည်။

ဂ) ငြမ်းများ တပ်ဆင်ခြင်းနှင့် ဖယ်ရှားခြင်းလုပ်ငန်းများကို အလုပ်သမားများ ဘေး အန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးနှင့် ကျန်းမာရေးဆိုင်ရာ စည်းမျဉ်းစည်းကမ်းများနှင့်အညီ ဆောင်ရွက်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ငြမ်းဆင်ခြင်းအတွက် တာဝန်ရှိသော အလုပ်သမားခေါင်း၏ ကြီးကြပ်မှုအောက်တွင် လုပ်ကိုင် ရမည်။

ဃ) ဆေးသုတ်လုပ်ငန်းအတွက် စစ်ဆေးရေးကား (inspection vehicle) ကို အသုံးပြုမည်ဆိုပါက၊ အင်ဂျင်နီယာ၏ ခွင့်ပြုချက်လိုအပ်သည်။

၃) ဆေးသုတ်သည့် နည်းလမ်းအား ရွေးချယ်ခြင်း

က) စက်ရုံ၌ ဆေးသုတ်ခြင်းလုပ်ပါက air spray နည်း သုံးရမည်။ ပထမတစ်လွှာမှုတ်ပြီး brushing လုပ်ရမည်။

ခ) လုပ်ငန်းခွင်၌ ဆေးသုတ်ခြင်းမှာမူ အခြေခံအားဖြင့် ဘရပ်ရှ်ဖြင့် သုတ်သည့်နည်း ဖြစ်ရမည်။ သို့သော် လိုအပ်သည့် ကာကွယ်ရေး ဆောင်ရွက်ချက်များ ပြုလုပ်နိုင်ပါက၊ အင်ဂျင်နီယာ၏ ခွင့်ပြုချက်ဖြင့် air spray ကို သုံးနိုင်သည်။

၄) ဆေးသုတ်လုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်ခြင်း

က) ကျဉ်းမြောင်းပြီး၊ တစ်ဝက်တစ်ပျက် ဖုံးအုပ်ထားသည့် အပိုင်းများကို မတပ်ဆင်ခင် ဆေး သုတ်ရမည်။

ခ) အပူချိန်နှင့် စိုထိုင်းဆသည် ဇယား ၃–၄၀ တွင် ဖော်ပြထားသည့် အခြေအနေများ အတိုင်း ဖြစ်နေပါက ဆေးသုတ်လုပ်ငန်း မဆောင်ရွက်ရပါ။

ဂ) ဇယား ၃–၄၁ တွင် ဖော်ပြထားသည့် အခြေအနေများတွင် ဆေးသုတ်လုပ်ငန်း လုပ်ကိုင်ခွင့် မပြုရ။ သို့သော် ယှဉ်တွဲဖော်ပြထားသည့် ဆောင်ရွက်ချက်များကို လုပ်နိုင်ပါက ဆေးသုတ်ခြင်းကို ခွင့်ပြုနိုင်သည်။

ဃ) Inorganic zinc ပါဝင်မှုများသည့် ဆေးသည် အနည်ထိုင်နိုင်သည့် အလားအလာ ရှိသည့်အတွက်၊ ဆေးသုတ်လုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်နေစဉ်အတွင်း ၎င်းကို အဆက်မပြတ် မွှေနေရမည်။

င) ဆေးတစ်မျိုးစီ၏ ပင်ကို ဂုဏ်သတ္တိများကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး Blending management ပြုလုပ်ရမည်။

စ) Surface treatment လုပ်ပြီးသည့်နောက် ၄ နာရီအတွင်း အောက်ခံဆေးကို သုတ်ရမည်။

ဆ) အပေါ်ဆေးလွှာ ထပ်သုတ်ရန် အောက်ခံအလွှာ၏ အခြေအနေကို သေချာအောင် စစ်ဆေး

အတည်ပြုရမည်။ အပေါ်တစ်လွှာ သုတ်မည့်အချိန် (overpainting Interval) ကို လုံလုံလောက်လောက် ခွာထားရမည်။

ဇ) ဘရပ်ရှ်ဖြင့် ဆေးသုတ်ရာတွင်၊ ဘရပ်ရှ်ကြောင်းများ ပေါ်မနေရဘဲ၊ ဆေးသား တစ်ညီတည်း ဖြစ်နေရမည်။

ဈ) သတ်မှတ်ထားသည့် ဆေးသား (dry film) အထူ ရရှိစေရေးအတွက်၊ ဆေးသုတ်နေစဉ်အတွင်း ဆေးသားအထူကို ထိန်းညှိရန် ဆေးသားအထူ တိုင်းတာသည့်ကိရိယာ (wet film gauge) ကို သုံးရမည်။

ည) ဆေးသား တစ်လွှာချင်းစီ၏ အပြစ်အနာအဆာများကို နောက်တစ်လွှာ မစတင်ခင်၌ ပြုပြင်ရမည်။

Table 3-39 Check Sheet for Execution Condition

ST 01

Trade Name ofPaint					Made on Year/Month/Day		
Paint Sort							
	(Viscosity shall be measured by Iwata cup or Rion Viscosity Guage)						
Paint component	main medium						
	main pigment						
	main solvent	included amount (Wt%)					
Color phase							
Standard film thickness(μ m)/time	wet μ m				Dry μm		
Theoretical adhered quality(g/m2)					used spray (g/m2)		*
Specific gravity	Rare paint				Volatilised part Wt%		
Non volatilised part Wt%					Mixing ratio		
Viscosity of original liquid (20℃)							
Film Thickness limit at wet condition	Flow				Crack		
*No need to describe							
		0℃	5℃	10℃	20℃	30℃	
Drying time	Finger touch						
	half hardening						
	Perfect hardening						
Paint Interval	min						
	max						
Pot life							
Dilution Rate(Wt%)	Air Spray						
	Brush						
Maturity time							
Paint condition	Spray film condition	Viscosity		Appropriate:		Limit:	
		Distance to surface		mm	Nozzle tip number		
		Paint instrument			Mesh size of percolation		
		Primary pressure			Secondary pressure (Paint)		
	Environmental Condition	Relative humidity		% RH	Temperature		□
		Surface temperature to be painted		Min, Max	Wind Speed		m/sec
Safety	Flashing Point (□)						
	Risk Rate						
	Explosion Limit	Lower limit: % (Volume)			Upper limit: % (Volume)		
Parking Mode							
Dangerous, Poisonous and harmful substance display							

၅) Paint Interval

ဆေးသုတ်ရမည့် အချိန်အပိုင်းအခြားကို Spec. I - Spec. IV အတိုင်း လိုက်နာရမည်။ အပူချိန်နှင့် စိုထိုင်းဆမှာ ဇယား ၃-၄၀ တွင် ပြထားသည့် အခြေအနေများ ဖြစ်ပါက၊ ဆေးသုတ်ခြင်း လုပ်ငန်းကို ရပ်ဆိုင်းရမည်။

Table 3-40 Prohibited Condition of Temperature, humidity

Kinds of paint	Air temperature (℃)	Relative humidity (%)
Inorganic Zinc Rich Paint	lower than 5	lower than 50
Epoxy (Resin) Zinc Rich Paint	lower than 5	higher than 85
Epoxy Resin Paint for lower coat	lower than 5	higher than 85
Polyurethane Resin Paint for Top Coat	lower than 0	higher than 85
Inorganic Zinc Rich Primer	lower than 0	higher than 50
Epoxy resin primer	lower than 5	higher than 85
Organic Zinc Rich Paint for Upper surface of Steel Deck	lower than 5	higher than 85
Modified Epoxy Resin Paint for interior part	lower than 5	higher than 85
Ultra-thick Epoxy Resin Paint	lower than 5	higher than 85
Organic zinc rich paint	lower than 5	higher than 85
Epoxy Resin Paint for middle coat	lower than 5	higher than 85
Fluorine Resin Paint for top coat	lower than 5	higher than 85
Modified Epoxy Resin paint for lower coat of exterior surface	lower than 5	higher than 85
Epoxy Resin Primer	lower than 5	higher than 85
Fluorine under coat	lower than 5	higher than 85

၆) ဆေးသုတ်မည့် ပစ္စည်းနှင့် ပတ်သက်၍ ကန့်သတ်ထားသည့် အခြေအနေများ

ဇယား ၃-၄၁ တွင် ဖော်ပြထားသည့် တားမြစ်အခြေအနေများတွင် ဆေးသုတ်ခြင်း လုပ်ငန်းများကို ခွင့်မပြုရပါ။ သို့သော် ထိုဇယား၌ ယှဉ်တွဲဖော်ပြထားသည့် ဆောင်ရွက်ချက်များကို ပြုလုပ်ပါက ဆေးသုတ်ခြင်းကို ခွင့်ပြုနိုင်သည်။

Table 3-41 Restricted State of Objects to be Painted

	တားမြစ်သည့် အခြေအနေ	ဆောင်ရွက်ချက်	အကြောင်းရင်း
၁	ဆေးသုတ်မည့် မျက်နှာပြင်သည် နှင်းစက်များ စသည်တို့ကြောင့် စိုစွတ်နေပြီး၊ ထိုအခြေအနေသည်	လေဖြင့် မှုတ်ခြင်း သို့မဟုတ် အဝတ်ဖြင့် သုတ်ခြင်းတို့ဖြင့် ထိုရေများကို ဖယ်ရှားရမည်။	ဆေးသား အပြည့်အဝ မစွဲခြင်း နှင့်

	ဆက်ဖြစ်နေအုံးမည်ဟု ခန့်မှန်းထားခြင်း		သံချေးတက်ခြင်းကို ဖြစ်စေနိုင်သည်။
၂	ဆေးသုတ်မည့် မျက်နှာပြင်အပူချိန်သည် ကန့်သတ်ထားသည့် အပူချိန်အောက် နိမ့်ခြင်း သို့မဟုတ် 50° C ထက်မြင့်ခြင်း	သင့်လျော်သည့် အပူချိန်သို့ ရောက်သည်အထိ စောင့်ဆိုင်းခြင်း သို့မဟုတ် အခန်းတွင်း အပူချိန်ကို ထိန်းညှိခြင်း	ဆေးခဲခြင်း၊ ဆေးသားတွင် အက်ကြောင်းဖြစ်ခြင်း၊ ဆေးခြောက်ရန် ကြန့်ကြာခြင်း။ ပူပြင်းသည့် ရာသီဥတုတွင် လေခိုခြင်း၊ အပေါက်ဖြစ်ခြင်းတို့ ဖြစ်တတ်သည်။
၃	ဆေးသုတ်မည့် မျက်နှာပြင်၌ ရွှံ့၊ သဲ၊ အညစ်အကြေး၊ ဆီ၊ တခြားပစ္စည်းများ ကပ်နေခြင်း	Power tool ၊ အဝတ်စတို့ဖြင့် ဖယ်ရှားရမည်။ သို့သော် Zinc ပါဝင်မှုများသည့် အောက်ခံဆေးပေါ် တွင် ဆီ စသည်တို့ ပေပါက blasting နည်းဖြင့် ဖယ်ရှားပြီး၊ Zinc ပါဝင်မှုများသည့် အောက်ခံဆေးကို ပြန်သုတ်ရမည်။	ဆေးသား သေသေချာချာ မစွဲခြင်း၊ ဆေးသား ပွခြင်း၊ corrosion ဖြစ်ခြင်းတို့ ဖြစ်စေသည်။
၄	အဆောက်အဦ ပြင်ပတွင် ဆေးသုတ် ရပါက မိုး၊ နှင်း စသည်တို့ ရွာသွန်းပြီး ဆေးအလွှာကို ထိခိုက်မည်ဟု ခန့်မှန်းရသည့်အခါ	ဆေးသုတ်ခြင်းကို ရပ်ရမည်။ သို့မဟုတ် အဆောက်အအုံတွင်းသို့ ယူသွားရမည်။	ဆေးခဲခြင်း၊ ဆေးသား သေသေချာချာ မစွဲခြင်း ဂုဏ်သတ္တိများ ပြောင်းလဲခြင်းတို့ ဖြစ်စေသည်။
၅	အခြားပစ္စည်းများ (foreign Materials) ရောနှောနေသည်ဟု ယူဆရအခါ	ဆေးသုတ်ခြင်းကို ရပ်ဆိုင်းပြီး၊ သင့်လျော်သည့် အအုပ်အကာများဖြင့် အုပ်ရမည်။	ဆေးသား သေသေချာချာ မစွဲခြင်း၊ ဆေးသား ပွခြင်း၊ corrosion ဖြစ်ခြင်းတို့ ဖြစ်စေသည်။
၆	သတ်မှတ်ထားသည့် surface treatment မလုပ်ရသေးသည့်အခါ	သတ်မှတ်ထားသည့်အတိုင်း လုပ်ရမည်။	ဆေးသား သေသေချာချာ မစွဲခြင်း၊ ဆေးသား ပွခြင်း၊ corrosion ဖြစ်ခြင်းတို့ ဖြစ်စေသည်။

၇	Pot life ကို ကျော်လွန်နေသည့် ဆေးကို သုံးသည့်အခါ	pot life ကို ကျော်လွန်သွားသည့် ဆေးများကို စွန့်ပစ်ရမည်။	ဆေးအရည်အသွေး ကို ဆိုးဝါးစေသည်။
၈	Dilution ၊ ရောစပ်ခြင်း၊ မွှေခြင်း တွင် မှားယွင်းမှုကြောင့် ဆေး သည် ပုံမှန်မဟုတ်ခြင်း	ပြန်လည်ပြင်ဆင် ချိန်ညှိရမည်။ ပြင်ဆင်၍ မရတော့ပါက စွန့်ပစ်ရမည်။	ဆေးအရည်အသွေး ကို ဆိုးဝါးစေသည်။

၇) ဆေးသားအထူကို ထိန်းညှိခြင်း

က) ဆေးသုတ်သမားသည် နေရာတစ်နေရာချင်းစီမှ ဆေးသားစိုနေစဉ် အထူနှင့် ဆေးခြောက်သွားချိန် အထူတို့၏ ဆက်သွယ်ချက်ကို နားလည်ထားရမည်ဖြစ်ပြီး၊ မှန်းထားသည့် ဆေးသားအခြောက်၏ အထူကို ရရှိရန်၊ စမ်းသပ်ဆေးသုတ်မှုပြုလုပ်ပြီး အခြေအနေလိုအပ်ချက်များကို စစ်ဆေး အတည်ပြု ရမည်။ ဆေးသုတ်နေစဉ် ဆေးသားအစို၏အထူကို တိုင်းတာသည့် ကိရိယာကို အသုံးပြုပြီး၊ ဆေးအထူကို ထိန်းညှိရမည်။

ခ) ဆေးသား အခြောက်အလွှာကို အောက်ပါ စံတန်ဖိုးများနှင့်အညီ စီမံခန့်ခွဲမှု ရှိ၊ မရှိ စစ်ဆေး အတည်ပြုရမည်။

၁. ဆေးသားအလွှာ၏ တိုင်းတာရရှိသည့် ပျမ်းမျှအထူမှာ စံသတ်မှတ်ထားသည့် စုစုပေါင်း အထူ၏ 90% ကျော် ရှိရမည်။

၂. ဆေးသားအလွှာ၏ တိုင်းတာရရှိသည့် အနည်းဆုံးအထူမှာ စံသတ်မှတ်ထားသည့် စုစုပေါင်း အထူ၏ 70% ကျော် ရှိရမည်။

၃. တိုင်းတာရရှိသည့် ဆေးသားအလွှာ အထူများ၏ standard deviationမှာ စံသတ်မှတ်ထား သည့် အထူ၏ 20% အောက် နည်းရမည်။ အကယ်၍ ပျမ်းမျှအထူမှာ စံတန်ဖိုးထက် များနေပါက standard deviation သည် 20% ကျော်၍ ရသည်။

ဂ) ဆေးသားအထူကို လျှပ်စစ်သံလိုက်လှိုင်းသုံး ကိရိယာ (electromagnetic film thickness gauge, 2-point adjustable) ဖြင့် တိုင်းတာရမည်။ ချိန်ညှိမည့် standard steel plate သည် တိုင်းတာမည့် အစိတ်အပိုင်းနှင့် material ချင်း တူရမည်။ အထူ ၆ မီလီမီတာ ၊ အရွယ်မှာ ၁၀၀ × ၁၀၀မီလီမီတာ ထက် ကြီးရမည်။ မျက်နှာပြင်

ကြမ်းတမ်းမှုမှာ ၅ μRz အောက် ငယ်ရမည်။ ထို့ပြင် standard steel plate သည် သံလိုက်ဓာတ်မရှိစေရ။

ဃ) တိုင်းတာမည့် lot နှင့် တိုင်းတာမည့် အရေအတွက်မှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

၁. Lot area

တိုင်းတာမည့် lot ကို ဆေးသုတ်မည့် ပုံစံ၊ ဆေးသုတ်မည့် နည်းလမ်းနှင့် ဆေးသုတ်မည့် အစိတ်အပိုင်းများအလိုက် ပြင်ဆင်ရမည်။ Lot ၏ ဧရိယာမှာ $500m^2$ ခန့်ရှိရမည်။

၂. တိုင်းတာမည့် နေရာအရေအတွက်

Lot တစ်ခုတွင် တိုင်းတာမည့် ပွိုင့်/နေရာ အရေအတွက် ၂၅ နေရာကျော်ရမည်။ တစ်နေရာလျှင် ၅ ကြိမ်တိုင်းပြီး၊ ထို ၅ ကြိမ် အတိုင်းအတာများ၏ ပျမ်းမျှတန်ဖိုးမှာ ထို ပွိုင့်/နေရာ၏ တိုင်းတာရရှိသည့် တန်ဖိုးဖြစ်သည်။

င) စက်ရုံ၌ ဆေးသုတ်ခြင်း ပြီးစီးသည့်အချိန်တွင် ဆေးသားအခြောက်၏ အထူကို တိုင်းတာရမည်။ လုပ်ငန်းခွင်၌ နောက်ဆုံးဆေးအလွှာသုတ်ခြင်းကို မျက်နှာပြင် ခြောက်သွေ့မှု အခြေအနေကို စစ်ဆေးအတည်ပြုပြီးမှ ဆောင်ရွက်ရမည်။ ပထမတစ်လွှာသည် inorganic zinc ပါဝင်မှု များသည့် ဆေးဖြစ်ပါက၊ ပထမတစ်လွှာသုတ် ပြီးသည့်နောက် တိုင်းတာမှု လုပ်ရမည်။

စ) ပျမ်းမျှတန်ဖိုး၊ အနည်းဆုံးတန်ဖိုးနှင့် standard deviation ၃ မျိုးအနက်၊ တစ်မျိုးနှင့်အထက် စံသတ်မှတ်ထားသည့် တန်ဖိုးများနှင့် မကိုက်ညီပါက ထပ်မံ၍ ဆေးသုတ်ခြင်းကို လုပ်ရမည်။

ဆေးသားအထူ မှတ်တမ်းသွင်းသည့် ပုံစံ နနမူနာကို ဇယား ၃-၄၂ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 3-42 Measurement Record Sheet for Film Thickness

ST 02

Name of construction						
Objective members				Paint system		
Measured time						
Measured Y/M/D				Measured by		
	Measured value					
Measured position	1	2	3	4	5	Ave. X
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7 8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
15						
17						
18						
19						
20 21						
22						
23						
24						
25						
Average	$X=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} xi$					
Standard deviation	$\sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{n}(x-xi)^2}$					
Managing Target	Average					
	Min					
	Standard deviation					

၈) ဆေးသုတ်မည့် လုပ်ငန်းစဉ် (working procedure)

လိုအပ်သည့် ဆေးသားအလွှာရရှိရန် working procedure ဆွဲ၍ ဆောင်ရွက်ရမည်။

၉) ဆေးသုတ်မည့် အလုပ်သမား

ဆေးသုတ်သမားသည် သံမဏိတံတားအား ဆေးသုတ်ခြင်းလုပ်ငန်းနှင့် ပတ်သက်၍ ကောင်းစွာ သိနားလည်ရမည်။ လုံလောက်သည့် အတွေ့အကြုံရှိရမည်။ ၎င်း၏ နည်းပညာ စွမ်းဆောင်ရည်

မြှင့်တင်ရန်အတွက် training workshop များ တက်နိုင်ရမည်။

၁၀) ဂဟေ ဆက်ထားသည့် အပိုင်းအား ဆေးသုတ်ခြင်း

က) ဂဟေ ဆက်ထားသည့် အပိုင်းအား ဆေးသုတ်ရာတွင်၊ ဇယား ၃-၄၃ တွင် ပြထားသည့် ဟိုက်ဒရိုဂျင် ထွက်သည့် အချိန် ပြီးသည့် နောက်တွင်မှ သုတ်ရမည်။

Table 3-43 Hydrogen Discharge Time

Kind of electrode	Natural discharge		Heating discharge (Heating on bead surface)
	Non-oil paint system	oil paint system	
Low hydrogen (including automatic weld)	longer than 70hr	longer than 20hr	15min at 300°C
Aluminite	longer than 70hr	longer than 100hr	30min at 300°C

ခ) ဂဟေဆက်ထားသည့် အပိုင်း အနီးတစ်ဝိုက်တွင်၊ အယ်လ်ကာလီများ ပွတက်လာခြင်း မဖြစ်စေရန်အတွက်၊ phosphate ပျော်ရည် (5-10% Volume %) ဖြင့် ဓာတ်ပြုယ်စေသည့် treatment ပြုလုပ်ပြီး၊ ဓာတ်ပြုယ်ရာမှ ထွက်လာသည့် ဆားများကို ဖယ်ရှားပြီးသည့် နောက်တွင်မှ ဆေးသုတ်ခြင်းကို လုပ်ရမည်။ အောက်ပါ အခြေအနေများတွင် ဓာတ်ပြုယ်စေသည့် treatment မလိုအပ်ပါ။

၁. ဂဟေသားတစ်လျှောက် အနီရောင် သံချေးများ ဖြစ်နေခြင်း

၂. Product blasting ကို ပြုလုပ်ထားခြင်း

၃. Submerged arc welding သို့မဟုတ် gas shield arc welding သုံးထားခြင်း

ဂ. ဂဟေဆော်ရာ၊ သတ္တုဖြတ်ရာ(melting cut ပြုလုပ်ရာတွင် တစ်ဖျစ်ဖျစ်မြည်၍ ပေါက်ကွဲခြင်းမျိုး ရှိပါက၊ ဆေးသုတ်ခြင်းလုပ်ငန်းကို ရပ်ဆိုင်းရမည်။

၁၁) ဆေးသုတ်ခြင်း လုပ်ငန်းလုပ်ကိုင်နေစဉ် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းမှု

ဆေးသုတ်သည့်လုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်စဉ် အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းမှုနှင့်ပတ်သက်၍ ဇယား ၃-၄၄ နှင့်အညီ ဆောင်ရွက်ရမည်။

Table 3-44 QC Items

1.	Working environmental condition
2.	State of paint to be used
3.	State of surface to be painted and out view of paint film
4.	Painting Interval
5.	Film Thickness

၁) ဇယား ၃-၄၄တွင် ဆေး၏ အရည်အသွေးအတွက် မဖြစ်မနေ ဆောင်ရွက်ရမည့် အနိမ့်ဆုံး လိုအပ်ချက်များကို ဖော်ပြထားသည်။ သတ်မှတ်ထားသည့် ဆေးသား ရရှိရန်အတွက်မှာမူ အခြား အချက်များ ကိုလည်း စဉ်းစားရန်လိုအပ်သည်။

၂) ဆေးအမျိုးအစားပေါ် မူတည်၍ ဂုဏ်သတ္တိအမျိုးမျိုး ရှိသည့်အတွက် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရမည့် အချက်များနှင့် လျော်ညီစွာ၊ ဆေးသုတ်သည့်လုပ်ငန်းကို ထိန်းချုပ် လုပ်ဆောင်ရန် လိုသည်။

၃) QC control sheet နမူနာကို ဇယား ၃-၄၅ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 3-45 Example of Quality Control Sheet

ST 03

<table>
<tr><td colspan="2">Construction No.</td><td colspan="2">Construction Name</td><td colspan="2">Structure Category</td><td colspan="2">Member Name</td><td colspan="2">Member No.</td><td colspan="2">Paint Classification</td><td colspan="2">Paint Area</td><td></td><td colspan="2">Paint Manager</td><td colspan="2">Paint charged person</td><td colspan="2">Responsible person of work</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">Exterior, Interior, Connection, Others( )</td><td colspan="2">(m2)</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Paint system</td><td colspan="7"></td><td colspan="2">Work day, time</td><td colspan="3">Meteorological Phenomena</td><td>Paint Method</td><td>Blend</td><td colspan="3">Used quantity</td><td>Wet thickness</td><td colspan="2" rowspan="2">Article(blend, others)</td></tr>
<tr><td>Process</td><td colspan="3">Paint Standard Name</td><td colspan="3">Paint Name</td><td>Standard thickness</td><td>M/D</td><td>time</td><td>Weather</td><td>Temperature(℃)</td><td>Humidity (%)</td><td>A: Airlesss B: Brussh</td><td>dilution (%) / Viscosity (CP)</td><td>kg</td><td>kg/m2</td><td>Lot No.</td><td>Measured</td></tr>
<tr><td>Layer No.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>g/m2</td><td>・</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>A・B</td><td>%</td><td></td><td></td><td></td><td>μm</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>g/m2</td><td>・</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>A・B</td><td>%</td><td></td><td></td><td></td><td>μm / μm</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>g/m2</td><td>・</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>A・B</td><td>%</td><td></td><td></td><td></td><td>μm / μm</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>g/m2</td><td>・</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>A・B</td><td>%</td><td></td><td></td><td></td><td>μm / μm</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>g/m2</td><td>・</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>A・B</td><td>%</td><td></td><td></td><td></td><td>μm / μm</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>g/m2</td><td>・</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>A・B</td><td>%</td><td></td><td></td><td></td><td>μm / μm</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>g/m2</td><td>・</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>A・B</td><td>%</td><td></td><td></td><td></td><td>μm / μm</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Process</td><td rowspan="2">Inspection date (Y/M/D)</td><td colspan="14">State of paint film</td><td colspan="4">Repair paint</td><td rowspan="9">Note</td></tr>
<tr><td>transparency</td><td>lack of thickness</td><td>crack</td><td>flaw</td><td>eye hole</td><td>bubble</td><td>Shrinkage</td><td>chalking</td><td>unevenness</td><td>dust</td><td>swelling</td><td></td><td></td><td>Otheres</td><td>Execution date</td><td>Repaire Item</td><td>Surface Treatment</td><td>Repair result</td></tr>
<tr><td>Layer 1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

၃.၆.၃ ဆေးသားပြုပြင်ခြင်း (Repair Painting)

(၁) အသုံးချနိုင်သည့် နယ်ပယ်

ဤအခန်းကို စက်ရုံ၌ သုတ်ထားသည့်၊ လုပ်ငန်းခွင်၌ သုတ်ထားသည့် ဆေးအလွှာများအား ပြုပြင်ရန်အတွက် အသုံးချနိုင်သည်။

(၂) ဆေးသားပြုပြင်ခြင်း စံသတ်မှတ်ချက်များ

Table 3-46 Repair Paint Specification

Paint System	Surface treament	1st Layer	t(μ)	Interval	2nd layer	t(μ)	Interval	3rd layer	t(μ)	Interval	4th layer	t(μ)	Dry thickness	Paint location	Base paint	Damage level	Factory or Site
a1	Partial blast or Power tool	Epoxy Zinc Rich Paint	60	1-10 days	Epoxy Resin Paint	120	1-10 days	Polyurethane	60				240	External part	A1、A2	Ⅰ. Ⅱ	F,S
a2	Partial blast or Power tool	Epoxy Resin Primer	30	1-10 days	Epoxy Resin Paint	300	1-10 days	Fluorine Resin paint	30	1-10 days	Fluorine Resin paint	25	385	External part	A3	Ⅰ. Ⅱ	F,S
b1	Partial blast or Power tool	Epoxy Resin Primer	30	1-10 days	Epoxy Resin Paint	300							330	Internal part	B2	Ⅰ. Ⅱ	F,S
b2	Partial blast or Power tool	Epoxy Resin Primer	30	1-10 days	Solvent-free modified Epoxy Resin	300							330	Internal part	B2	Ⅰ. Ⅱ	F,S
b2	Partial blast or Power tool	Tar Epoxy Resin	75	1-10 days	Tar Epoxy Resin	90							165	Internal part	B1	Ⅰ. Ⅱ	F,S
b3	Partial blast or Power tool	Solvent-free modified Epoxy Resin	75	1-10 days	Solvent-free modified Epoxy Resin	90							165	Internal part	B2	Ⅰ. Ⅱ	F,S
c1	Paper or Power tool	Epoxy Resin Paint	30	1-10 days	Fluorine Resin paint	25							55	External part of general member and splice	A3	Ⅲ	F,S
c2	Paper or Power tool	Epoxy Resin Paint	30	1-10 days	Polyurethane	25							55	External part	A1、A2	Ⅲ	F,S
d1	Partial blast	Inorganic zinc rich paint	50	1-10 days									50	Upper surface of Steel deck	D1	Ⅰ. Ⅱ	F,S
d2	Partial blast or Power tool	Epoxy Zinc Rich Paint	30	2d-1M	Epoxy Zinc Rich Paint	30							60	Welded part of upper surface of steel deck	D2	Ⅰ. Ⅱ	S
d3	Partial blast or Power tool	Epoxy Resin Primer	30	1d-10d	Epoxy Resin Paint	150	1d-10d	Polyurethane	60				240	Welded part of lower part of steel deck	D3	Ⅰ. Ⅱ	S
d4	Partial blast or Power tool	Epoxy Resin Primer	30	1d-10d	Epoxy Resin Paint	165	1d-10d	Polyurethane	60				255	Welded part of lower part of steel deck	D4	Ⅰ. Ⅱ	S
j1	Partial blast	Inorganic Zinc Rich Paint	75										75	Faying surface	J3	Ⅰ. Ⅱ	F,S
j2	Power tool	Epoxy zinc rich paint	60										60	Faying surface	J2	Ⅰ. Ⅱ	F,S

(၃) အပျက်အစီးအဆင့်

အပျက်အစီးအဆင့်ကို ၃ မျိုးခွဲခြားထားသည်။

အဆင့် (၁) : Steel မျက်နှာပြင် အတော်များများ ပေါ်နေသည့်အဆင့်

အဆင့် (၂) : Steel မျက်နှာပြင် ဧရိယာအနည်းငယ် ပေါ်နေသည့်အဆင့် သို့မဟုတ် အောက်ခံဆေးနှင့် inorganic zinc သုတ်ဆေးပေါ်နေသည့်အဆင့်

အဆင့် (၃) : ကြားအလွှာနှင့် ထိပ်ဆုံးအလွှာသာ ထိခိုက်ပျက်စီးသည့်အဆင့်

၁) အဆင့် (၁) သည် lifting piece တွင် gas cut နည်းဖြင့် ဖြတ်ထားသည့် နေရာကဲ့သို့-ယာယီတပ်ဆင်စဉ်က ဆေးသား မီးလောင်ကျွမ်း၍ ပျက်စီးပြီး၊ steel မျက်နှာပြင် ဧရိယာကြီးကြီးမားမား ($0.2m^2$ ကျော်) ပေါ်နေပြီးသည့်အဆင့် သို့မဟုတ် ဘီးချော်ခြင်းများကြောင့် ဆေးသားများ မကျန်တော့သည့် အဆင့်ဖြစ်သည်။

၂) အဆင့် (၂) သည် သယ်ဆောင်စဉ် သို့မဟုတ် မတင်စဉ်တွင် ကြိုးကြောင့် သေးငယ်သော ဒဏ်ရာဒဏ်ချက် ($50cm^2$ ခန့်) ပေါ်ပြီး၊ ဆေးသားပျက်သွားသည့် အဆင့်ဖြစ်သည်။

၃) အဆင့် (၃) သည် အဆင့် (၂) ကဲ့သို့ အကြောင်းရင်းဖြင့် ဒဏ်ရာပေါ်ပြီး၊ ထိုဒဏ်ရာသည် အောက်ဘက်အလွှာအထိ မရောက်သည့် အဆင့်ဖြစ်သည်။

(၄) ဆေးပြန်သုတ်ခြင်း (Repainting)

ဆေးပြန်သုတ်ရာတွင် အောက်ပါနည်းလမ်းများနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

၁) Flow and shear drop များအား ဓား ဖြင့် ခြစ်၍ ဖယ်ရှားပြီး၊ ဆေးတစ်လွှာ ပြန်သုတ်ရမည်။

၂) ဆေးသား မညီခြင်း၊ ကြည်နေခြင်းတို့ ဖြစ်ပါက အပေါ်တစ်လွှာ သုတ်ရမည်။

၃) ဆေးများ ပွံ့နေခြင်း၊ ကျုံ့ခြင်း၊ ဖြူတူတူဖြစ်ခြင်း၊ အစက်အစက်များ ဖြစ်နေခြင်း စသည်တို့ ဖြစ်ပါက power tool ဖြင့် ဖယ်ရှားပြီး၊ ကြားအလွှာနှင့် အပေါ်လွှာ သုတ်ရမည်။

၄) ဆေးသားကွဲလာခြင်း၊ အချပ်လိုက် ကွာထွက်ခြင်း၊ အက်ကြောင်းပေါ်ခြင်း၊ ဆေးလွှာပျက်စီးခြင်းတို့ ဖြစ်ပါက ထိုအလွှာကို ဖယ်ရှားပြီး၊ ဖယ်သည့်အလွှာမှ စ၍ ဆေးပြန်သုတ်ရမည်။

၅) ဆေးအလွှာလိုက် ကွာကျခြင်းသည် မျက်နှာပြင်ပြုပြင်မှု (surface treatment) အပြည့်အဝ မလုပ်ခဲ့ခြင်းကြောင့် ဖြစ်သည် ဆိုပါက၊ surface treatment ကို ထပ်မံပြုလုပ်ရမည်။ သို့မဟုတ် ဆေးအလွှာပါးခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပါက၊ အပေါ်တစ်လွှာ သုတ်ရမည်။

(၅) Display Items

လုပ်ငန်းခွင်၌လုပ်ရသည့် ဆေးသုတ်လုပ်ငန်း ပြီးစီးသည့်နောက်၊ ဆေးသုတ်လုပ်ငန်းနှင့် ပတ်သက်သည့် အောက်ပါအချက်များကို ကမ်းကပ်ခုံအနီးတွင် ရေးသားပြသထားရမည်။

တံတားအမည်

တပ်ဆင်သည့် ရက်၊ လ၊ နှစ်

ဆေးသုတ်သည့် ရက်၊ လ၊ နှစ်

ဆေးသုတ်ခြင်းစနစ်

ဆေးသုတ်သူ

ကန်ထရိုက်တာ

စက်ရုံ၌

လုပ်ငန်းခွင်၌

အခန်း ၄.   သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း (TRANSPORTATION)

ကြီးမားသော structures များ၊ အစိတ်အပိုင်းများစွာပါဝင်သော structures များအတွက် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး အစီအစဉ်ကို ရေးဆွဲရမည်။ Girder အတွက် လိုအပ်သည့် support အမျိုးအစားနှင့် ထားမည့်နေရာများကို သတ်မှတ်ရမည်။ Tie-downs များ၏ အမျိုးအစား၊ အရွယ်၊ နေရာများကို ဖော်ပြရမည်။ Tie-downs အရေအတွက်ကို လုံလုံလောက်လောက် ပိုပိုလျှံလျှံ ပေးနိုင်ရန် သတ်မှတ်ရမည်။ သယ်ယူပို့ဆောင်စဉ်၊ girder များတွင် ကိုယ်ပိုင်အလေးချိန်ကြောင့် ဖြစ်သည့် girder stress ကို 100% dynamic load allowance ဖြင့် တွက်ချက်ရမည်။ Girder များအား rigid supports ပေါ် ချခြင်းအတွက် ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး၊ 100% dynamic load allowance ကို သုံးခြင်းဖြစ်သည်။ တွက်ချက်ထားသည့် girder stresses များသည် AASHTO LRFD Bridge Design Specifications ၊ Section 6.10.3.2 သို့မဟုတ် 6.11.3.2 မှ ပြဋ္ဌာန်းချက်များကို ပြေလည်ရမည်။ Fatigue stresses များသည်လည်း AASHTO LRFD Bridge Design Specifications ၊ Table 6.6.1.2.5-3 မှ သင့်လျော်သည့် အမျိုးအစားအလိုက် constant amplitude fatigue တန်ဖိုးများကို ကျော်လွန်၍မရပါ။ Girder အပိုင်းများအား အတတ်နိုင်ဆုံး၊ တကယ့် structure တွင် ထားမည့် ပုံစံအတိုင်း သယ်ဆောင်သင့်သည်။

Girders များအား cross-section shape ကို ထိန်းသိမ်းထားရန်နှင့် အထူတစ်လျှောက် ဖြစ်ပေါ်သည့် stresses များကို အနည်းဆုံး ဖြစ်စေရန် support များဖြင့် ထိန်းထားရမည်။ Supports များသည် dynamic lateral bending stresses ကို ထိန်းချုပ်ရမည်။ Temporary stiffening trusses များနှင့် beams များ သယ်ယူပို့ဆောင်ရာတွင်လည်း၊ ဤအခန်းရှိ ပြဋ္ဌာန်းချက်များနှင့် ကိုက်ညီရန် လိုအပ်ပါက၊ သယ်ယူပို့ဆောင်မည့် အစီအစဉ်တွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြရမည်။

ရေကြောင်းမှ သယ်ယူပို့ဆောင်သည့်အခါ၊ ဆားဓာတ် အမြောက်အမြား ကပ်ညိနိုင်သည်။ ၎င်းသည် လုပ်ငန်းခွင်၌ ဆေးသုတ်သည့်အခါ ဆေးအရည်အသွေးကို ထိခိုက်နိုင်သည့်အတွက်၊ ကြိုတင် ကာကွယ်သည့် နည်းလမ်းများနှင့် သယ်ယူပို့ဆောင်ပြီးနောက် ရေဖြင့် ဆေးကြောခြင်းများ ဆောင်ရွက်ရန် လိုအပ်သည်။

Member အားလုံးကို ဆေးသုတ်ရမည်။ သို့မဟုတ် erection အတွက် identification လုပ်ရန်၊ အမှတ်အသားပေးရမည်။ ၎င်းအမှတ်အသားများ ပါဝင်သော erection diagram ကို အင်ဂျင်နီယာ ထံသို့ ပြသရမည်။ Member တစ်ခုချင်းစီ၏ အလေးချိန်များကို statements တွင် ဖော်ပြရမည်။ အလေးချိန် ၃ တန် ကျော်သည့် members များပေါ်တွင် အလေးချိန် အမှတ်အသား ပေးရမည်။

Structural members များအား အတင်အချပြုလုပ်စဉ်နှင့် သယ်ယူစဉ် လမ်းတစ်လျှောက်လုံး၊ ထိခိုက်မှု မရှိရလေအောင် သယ်ယူပို့ဆောင်ရမည်။ Bolts များ၊ nuts များ၊ နှင့် washers များကို rotational-capacity lot အလိုက် သေတ္တာများ ခွဲထည့်ပြီး သယ်ရမည်။ Nuts နှင့် washers များ size တစ်မျိုးချင်းစီအတွက် lot နံပါတ် တစ်ခုတည်းသာ ရှိပါက၊ nuts နှင့် washers ကို သီးခြားစီ ခွဲ ထည့်ရမည်။ Pins များ၊ သေးငယ်သော ပစ္စည်းများ၊ bolts, washers, and nuts အထုပ်များကို သေတ္တာများ၊ ကုန်သေတ္တာများ သို့မဟုတ် စည်ပိုင်းများဖြင့် ထည့်၍ သယ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ပစ္စည်းအပါ သေတ္တာတစ်လုံး သို့ စည်ပိုင်းတစ်လုံး၏ အလေးချိန်မှာ ပေါင် ၃၀၀ မကျော်ရပါ။

အထဲတွင် ပါဝင်သော ပစ္စည်းများ၏ စာရင်းကို သေတ္တာတိုင်း၏ အပြင်ဘက်တွင် ထင်ထင်ရှားရှား အမှတ်အသားပြုလုပ်ပြီး၊ ဖော်ပြရမည်။

အခန်း ၅.   တည်ဆောက်တပ်ဆင်ခြင်း (ERECTION)

၅.၁ MATERIAL များ ကိုင်တွယ်ခြင်း၊ သိုလှောင်ထားရှိခြင်း (HANDLING AND STORING MATERIAL)

လုပ်ငန်းခွင်သို့ ရောက်ရှိလာသော member များ၏ သတ်မှတ်အရည်အသွေးများကို တပ်ဆင်ခြင်း (erection) ပြီးသည် အထိ ထိန်းသိမ်းထားရမည်။

လုပ်ငန်းခွင်၌ Member များကို မြေကြီးနှင့်တိုက်ရိုက် မထိတွေ့စေဘဲ သိုလှောင် ထားရမည်။ သိုလှောင်သည့် နေရာသည် သန့်ရှင်းပြီး ရေဆင်းနိုင်သည့်နေရာဖြစ်ရမည်။

Long Chord နှင့် diagonal member များကဲ့သို့ ရှည်လျားသော member များကို ပုံထား၊ ထပ်ထားခြင်းကြောင့် ပျက်စီးမှု မရှိရန် အထောက်အကန် (ဆင့်များ) လုံလုံလောက်လောက် သုံးရမည်။

တပ်ဆင်ဆဲ Member များကို လည်း ထိခိုက်ပျက်စီးမှု မရှိစေရန် ဂရုပြုကိုင်တွယ်ရမည်။

ဤအခန်းတွင် Erection site ၌ member အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းခြင်း နှင့်ပတ်သက်၍ ဖော်ပြထားပါသည်။ ပစ္စည်းများ သိုလှောင်မည့်နေရာမှာ ညီညာပြန့်ပြူးနေရန်မှာ မသေချာသောကြောင့် ပြုတ်ကျနိုင်ခြင်းမှအစ ဂရုစိုက်ရမည်။

၅.၂ အောက်ခံပြား (BEARING)

(၁) Bearing များတပ်ဆင်ရာတွင် ဖော်ပြထားသောနေရာတွင် တိကျစွာ တပ်ဆင်ရမည်။ (၂) Substructure တွင် တပ်ဆင်မည့် bearing များကို မြှုပ်ထားရမည့် anchor bolts များနှင့် ချိတ်ဆက်ပြီး တပ်ဆင်ရမည်ဆိုလျှင် အထူးဂရုစိုက်ရမည်။

(၁) Bearing များကို တပ်ဆင်နေစဉ်အချိန်တွင် substructures များ၏ မြေပြင်၌ ကွင်းဆင်းတိုင်းတာထားသော အဖြေများနှင့် စက်ရုံ၌ အစမ်းတပ်ဆင်ထားသည့် superstructure များ၏ အတိုင်းအတာများကို အခြေခံ၍ error ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။ ရာဘာ bearings များကို ၎င်း၏ ဒေါင်လိုက်ခိုင်မြဲမှု (Vertical Stiffness) ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစား၍ သတ်မှတ်ထားသော နေရာတွင် တိကျမှန်ကန်စွာ တပ်ဆင်သင့်သည်။ Vertical Stiffness အား ကုန်ပစ္စည်း အရည်အသွေး စစ်ဆေးခြင်း (product inspection) မှ သိရှိနိုင်သည်။ အောက်ပါအချက်များကို ဂရုပြု၍ bearings များကို တပ်ဆင်ပေးရမည်။

၁) လုပ်ငန်းခွင်တွင် steel tape ဖြင့် တိုင်းတာသည့်ရလဒ် (သို့) geodimeter ဖြင့် တိုင်းသည့် ရလဒ်တို့နှင့် စက်ရုံ၌ အစမ်း၊ယာယီတွဲဆက်ထားခြင်းတို့ကြားတွင် ရှိနိုင်သော error

၂) ယာယီတွဲဆက်ထားခြင်းနှင့် တိကျစွာ တပ်ဆင်ထားခြင်းတို့ကြားတွင် အပူချိန် ခြားနားခြင်း ကြောင့် ခန်းဖွင့် (span) ပြောင်းလဲနိုင်မှု

၃) ပုံသေထမ်းရသောဝန် (dead load) ကြောင့်ဖြစ်ရသည့် deflection ကြောင့် ခန်းဖွင့် (span) ပြောင်းလဲနိုင်မှု

၄) Superstructure များ၏အလယ်တွင် ခုံးထားသော camber အပိုင်းကြောင့် (သို့) အပူချိန် ပြောင်းလဲမှုကြောင့် ယက်မ (girder) များ ဆန့်ခြင်း၊ ကျုံ့ခြင်း ဒဏ်ကို ကာကွယ်ရန် ဆောင်ရွက်ထားသော နည်းလမ်း စသည်တို့ဖြစ်သည်။

Bearing များကို တပ်ဆင်ရာတွင် အချိန်ပေါ်မူတည်၍ တပ်ဆင်သည့် နည်းလမ်း နှစ်မျိုးရှိ ပါသည်။ Superstructure များ တပ်ဆင်မှု မပြီးသေးမီ bearing များကို အခြား နည်းလမ်းတစ်ခုဖြင့် တပ်ဆင်သည်။ Steel bearing များတပ်ဆင်ရာတွင် ယေဘုယျနည်းလမ်း မှာ ပထမဦးစွာ အောက်ပိုင်း bearing များကို substructure တွင် တပ်ဆင်ပြီးနောက်၊ အပေါ်ပိုင်း bearing ကို သင့်လျော်သောနေရာ၊ တစ်ဖက်ဖက်သို့ တိမ်းသည့် နေရာသို့ ရွှေ့ပြောင်းထားခြင်းဖြင့် အပူချိန်ပြောင်းလဲမှုကြောင့် ယက်မများ ဆန့်ခြင်း၊ ကျုံ့ခြင်း၊ ခြောက်သွေ့မှုကြောင့် တွန့်လိမ်ခြင်း၊ ခုံးခြင်းတို့ကို ချိန်ညှိပေးခြင်းဖြစ်သည်။ အောက်ပိုင်းနှင့် အပေါ်ပိုင်း bearing များ တစ်ခုတည်းအဖြစ် ဖွဲ့စည်းထားသည့် ရာဘာ bearing အတွက်မူ၊ စတီး bearing အတွက် သုံးသည့် တစ်ဖက်ဖက်သို့ တိမ်းသည့် တပ်ဆင်မှု (biased installation) ဆိုလျှင် အလုပ်ကို ရှုပ်ထွေးစေနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ရာဘာ bearing များကို ဒီဇိုင်းတွင် ယူဆထားသည့် ခန့်မှန်းရွေ့လျားမှု အတိုင်းအတာအတိုင်း တပ်ဆင်ရန် ခွင့်ပြု ထားသည်။ သို့ရာတွင် ရွေ့လျားမှု များစွာပေးရန်လိုအပ်သော အခြေအနေမျိုးတွင်၊ ရာဘာ bearing များ၏ ဒီဇိုင်းသည် ယုတ္တိမတန်သော ဒီဇိုင်းဖြစ်ကောင်းဖြစ်ပေမည်။ ထိုအခါမျိုးတွင် ဖော်ပြပါ နေရာတွင် တပ်ဆင်ခြင်းနှင့် ခွင့်ပြုရွေ့လျားနိုင်မှုကို ချိန်ညှိပေးခြင်းဖြင့် သင့်လျော်သော အရွေ့ ပမာဏ ခန့်သာ ရွေ့ခွင့်ပေးရန်နှင့် တပ်ဆင်သည့် အပူချိန် ယူဆရန် အကြံပြုအပ်ပေသည်။ ကွန်ကရစ် လုပ်ငန်းတွင် အလေးဒဏ်ကြောင့် ပုံပြောင်း ခြင်းနှင့် ခြောက်သွေ့ခြင်းကြောင့် shrinkage ဖြစ်ပြီး ပွခြင်း၊ ကျုံ့ခြင်း၊ တို့ မဖြစ်စေရန် ကွန်ကရစ် သက်တမ်းနှင့် ၎င်း၏ အကျိုးသက်ရောက်မှုတို့ကို ချင့်ချိန်စဉ်းစားပေးရန် လိုအပ်ပါသည်။

(၂) အနိမ့်ပိုင်း Bearing များ တပ်ဆင်ခြင်းနှင့် anchor bolt များနှင့် တွဲချိတ်ရန် ပြည့်ပြည့်ဝဝ အလုပ်လုပ်ရန် ခက်ခဲနိုင်သည့်အတွက် ယေဘုယျအားဖြင့် မကျုံ့နိုင်သော သရွတ် (non-shrinkage

mortar) မျိုး သုံးသင့်သည်။ ထိုကဲ့သို့ non-shrinkage mortar သုံးလျက်နှင့်ပင် လုပ်ငန်းဆောင်ရွက်ခြင်း မသင့်လျော်၊ မမှန်ကန်ပါက၊ မမျှော်မှန်းနိုင်သော ပျက်စီးမှုများ ဖြစ်ပေါ်တတ်ပေသည်။ ထို့ကြောင့် သရွတ် ဖြည့်ခြင်းကို အထူးဂရုစိုက်၍ ဆောင်ရွက်ရန် လိုအပ်ပါသည်။

၅.၃ ထုတ်လုပ်တပ်ဆင်ရေး ဆောင်ရွက်ပုံအဆင့်ဆင့် (ERECTION PROCEDURE)

၅.၃.၁ အထွေထွေ (General)

Erection တပ်ဆင်ရေးကို engineer ၏ အတည်ပြုထားသည့်အတိုင်း၊ ဒီဇိုင်းလိုအပ်ချက်များ နှင့် ကိုက်ညီသော ကန်ထရိုက်တာ၏ တည်ဆောက်ရေးအစီအစဉ်အတိုင်း ဆောင်ရွက်ရမည်။ Erection လုပ်သည့် နည်းလမ်း သည် design လုပ်စဉ်က စဉ်းစားခဲ့သည့် erection နည်းလမ်း (သို့) erection လုပ်ငန်း ရှေ့နောက် အစီအစဉ်နှင့် ကွဲလွဲမှု ရှိပါက၊ erection လုပ်စဉ်အတွင်း stress နှင့် deformation ဖြစ်ပေါ်မှုနှင့် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးကို ဂရုတစိုက်စစ်ဆေးရမည်။

Steel bridge ၏တပ်ဆင်ရေး(erection) လုပ်ငန်းကို ဒီဇိုင်းလုပ်စဉ်ကယူဆခဲ့သည့် erection work အတိုင်း ဆောင်ရွက်ရမည်။ Erection method အမျိုးမျိုးပေါ်မူတည်၍ structure တစ်ခုထဲတွင်ပင် steel ၏ dead load ကြောင့် မတူညီသော dead load stress များဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ Erection လုပ်ရာတွင် bent method, cantilever erection method နှင့် launching method များသည် ကောင်းမွန်သည့် ဥပမာများဖြစ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် erection plan ရေးဆွဲမည်ဆိုပါက main body ၏ ဒီဇိုင်းတွက်ချက်မှုကို အလေးထား၍၊ steel dead load တွက်ချက်စဉ်က dead load stress ဖြစ်ပေါ်မှု ခန့်မှန်းယူဆတွက်ချက်မှုများအကြောင်း နားလည်သဘောပေါက်လျက်၊ ဒီဇိုင်းလုပ်စဉ်၌ ထည့်သွင်း မစဉ်းစားခဲ့သည့် erection stress များ၊ erection လုပ်ငန်း ပြီးစီးသည်နှင့် ကျန်မနေရလေအောင် erection လုပ်ငန်းများကို ဆောင်ရွက်ရမည်။

Design လုပ်စဉ်က ယူဆထားသည့် နည်းလမ်းနှင့် ကွဲလွဲသော Erection နည်းလမ်း အသုံးပြုသည့်အခါ၊ steel ၏ dead load ပေါ်တွင် သိသာသော dead load stress ပြောင်းလဲမှုများ ဖြစ်လာသဖြင့် တံတားကိုယ်ထည်တွင် ကြီးစွာ ကွဲပြားခြားနားသော deformation ရှိလာပါမည်။ ဤဖြစ်စဉ်ကြောင့် နောက်ဆုံး member ပိတ်ခြင်းကို မလုပ်ဆောင်နိုင်တော့ပေ။ လုပ်ငန်းလိုအပ်ချက် အရ၊ ထို erection နည်းလမ်းမျိုးကို ရွေးချယ်ရသည့်အခါ၊ erection လုပ်နေချိန်နှင့် လုပ်ပြီးချိန်တွင် bearing အပေါ်နှင့်အောက် ရွေ့လျားခြင်းများကြောင့် တံတားကိုယ်ထည်၌ရှိမည့် stress ကို ကြိုတင်၍ စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်၊ ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးကို အတည်ပြုရမည်။ Member အပိတ်များကို လည်း ဆောင်ရွက်ရမည် ဖြစ်သည်။

ထပ်မံ၍ orthotropic steel deck ကြမ်းခင်းပေါ်တွင် လမ်းမျက်နှာပြင် ခင်းသည့်အခါ၊ members များ ပူလာခြင်းနှင့် members များ၏ အပူချိန်များ အလွန်အမင်း ခြားနားခြင်း တို့ကြောင့် သက်ရောက်မှုများ ရှိနိုင်သည်။ ထိုအချိန်တွင် လိုအပ်ပါက တံတား၏ အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုချင်းစီ၏ ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေးကို ကြိုတင်စစ်ဆေးရမည်။

၅.၃.၂ Erection Drawings ပုံများ

အပိုင်း ၁.၃ တွင်ဖော်ပြထားသည်နှင့်အညီ ကန်ထရိုက်တာမှ erection drawings များကို ပြင်ဆင်ရမည်။

၅.၃.၃ အပေါက်ချဲ့ခြင်း (Reaming of the bolt holes)

Erection လုပ်နေစဉ်အတွင်း bolt holes များ အပေါက်ချဲ့ခြင်းကို အင်ဂျင်နီယာ၏ ခွင့်ပြုချက်ဖြင့်သာ ဆောင်ရွက် ရမည်။

၅.၄ ERECTION လုပ်နေစဉ်အတွင်း STRESS နှင့် ဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံ (STRESS AND CONFIGURATION DURING ERECTION)

(၁) Erection Stress

စာချုပ်၌ဖော်ပြထားသောနည်းနှင့် ကွဲလွဲမှုရှိသည့် erection method ကြောင့် structure တွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် Erection stress များအား ကန်ထရိုက်တာက ထည့်သွင်းတွက်ချက်ရမည်။ တွက်ချက်မှုများသည် ယာယီနှင့် အတည် structure များတွင် stress ပြောင်းလဲမှု မှန်သမျှနှင့် လုပ်ဆောင်ချက် ပြောင်းလဲမှုများကို ဖော်ပြရမည်။

(၂) ဖြောင့်တန်းမှုနှင့် အခုံးအကွေး ထိန်းသိမ်းခြင်း (Maintaining Alignment and Camber)

ဆောက်လုပ်ပြီးသွားသော structure များ၌ erection လုပ်နေစဉ်အတွင်း သင့်လျော်သော ဖြောင့်တန်းမှုနှင့် အခုံး အကွေးများ ရရှိစေရန် လိုအပ်သော အထောက်အကူ ပစ္စည်းများ (supporting segments) များကို ကန်ထရိုက်တာက တာဝန်ယူဖြေရှင်းရမည်။ Erection လုပ်ဆောင်စဉ် member များ တည်ငြိမ်စေရန်နှင့် ဂျီသြမေတြီပုံသဏ္ဌာန် မှန်ကန်မှုရှိစေရန် အတွက် လိုအပ်ပါက၊ cross frame နှင့် diagonal bracing များကို ထည့်သွင်းတပ်ဆင်ရမည်။ Erection လုပ်နေစဉ် မည့်သည့်အဆင့်တွင်မဆို ယာယီ အထိန်း၊ အချုပ် (Temporary bracing) များ လိုအပ်ပါက ကန်ထရိုက်တာ မှ ဖြည့်ဆည်းပေးရမည်။

(၃) Stress ထိန်းညှိမှု (Stress Adjustment)

Erection လုပ်နေစဉ်အတွင်း stress ထိန်းညှိမှုကို ပြုလုပ်ရန်၊ ဒီဇိုင်းတွင် ထည့်သွင်းစဉ်းစားခဲ့ပါက၊ ထည့်သွင်းလိုက်သည့်၊ ဖြစ်ပေါ်စေသည့် stress သည် ဒီဇိုင်းနှင့် ကိုက်ညီမှုရှိမရှိ သင့်လျော်သည့် နည်းလမ်းများဖြင့် စစ်ဆေးရမည်။ Stress ထိန်းညှိမှု (Stress Adjustment)

သို့သော် ဒီဇိုင်းလုပ်စဉ်က စဉ်းစားထားသော အခြေအနေများနှင့်အညီ erection (တပ်ဆင်သည့် ရှေ့နောက်အစီအစဉ်) ကို အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ကြောင်း အတည်ပြုနိုင်ပါက၊ stress ထည့်သွင်းခြင်း၊ ထိန်းညှိခြင်းကြောင့်ဖြစ်သည့် displacement နှင့် strain တို့အား တိုင်းတာမှုကို ချန်လှပ်ထားနိုင်သည်။

ပုံသေ load (Dead Load) များအတွက် Composite Girder များနှင့် Continuous Composite Girder များတို့အား Pre-stressed Composite Girders များအဖြစ် ပြုလုပ်သည့်အခါတွင် လည်းကောင်း၊ အခုံးပုံ အဆောက်အဦ (Arch structure) များ၏ axial force များကို ထိန်းညှိသည့်အခါတွင် လည်းကောင်း၊ Continuous Girder တပ်ဆင်ရာတွင် အလယ်ခန်းဖွင့် (Middle Span) နေရာ၌၊ နောက်ဆုံး Girder အပိတ်အစိတ်အပိုင်းကို တပ်ဆင်ပြီးချိန်တွင်၊ အဆိုပါ အပိတ် နေရာတွင် bending moment စတင်ဖြစ်ပေါ်သည့် အချိန်တွင်လည်းကောင်း၊ Continuous Girder အဖြစ် Cantilever Girder ကို တပ်ဆင်ပြီးချိန်တွင် hinge နေရာတွင် ဖြစ်ပေါ်သော bending moment ကို ဖြေလျှော့ပေးသည့်အခါတွင်လည်းကောင်း၊ စသည်အားဖြင့် stress ထိန်းညှိပေးမှုကို ဆောင်ရွက်ပေးနိုင်သည်။

Stress များကို ထည့်သွင်းသည့် နည်းလမ်းများစွာ ရှိသည်။ ထည့်သွင်းလိုက်သည့် Stress ကို သိရှိရန် နည်းလမ်း များမှာ Pre-stressed member များတွင် ထည့်သွင်းသည့် force များကို တိုင်းတာသည့် နည်းလမ်းများ (သို့) Pre-stressed member များ၏ ရှည်ထွက်လာမှုကို တိုင်းတာသည့် နည်းလမ်း၊ Girder ၏ flexural deformation ကို တိုင်းတာသည့်နည်းလမ်းနှင့် member ၏ strain ကို တိုင်းတာသည့် နည်းလမ်းတို့ ဖြစ်သည်။ Strain ကို တိုင်းတာရန်အတွက် Contact Gauge နှင့် Wire Strain Gauge ကို အသုံးပြုခြင်း နည်းလမ်း တို့ရှိသည်။ ဤနည်းလမ်းများကို အသုံးပြုခြင်းဖြင့် ဒီဇိုင်းတွင်ယူဆခဲ့သည့် အခြေအနေများ ပြေလည်ခြင်းရှိမရှိ စစ်ဆေးခြင်းပြုလုပ်ရန် အကြံပြုပါသည်။

တစ်ကြိမ်တည်းနှင့် stress များ အားလုံးကို ထည့်သွင်းပါက overstress များ နေရာကွက်၍ ဖြစ်ပေါ်တတ်သည်။ ထို့ကြောင့် အထူးသဖြင့် buckling ဖြစ်ပေါ်လာမှုကို ဂရုတစိုက် ကြည့်ပေးရမည်။

Erection ဆောင်ရွက်နေစဉ်အတွင်း stress ထည့်သွင်းခြင်းကို အကြိမ်ခွဲ၍ လုပ်ဆောင်ရန်၊ ဖြစ်ပေါ်နေသည့် stress ပမာဏကို စဉ်းစားချင့်ချိန်ရန်၊ ၊ Erection လုပ်ငန်းစဉ်တစ်ခုလုံးကို stress adjustment မဖြစ်မနေ ပြုလုပ်ပြီးမှ ဆောင်ရွက်ရန်၊ Stress အနေအထားအား သံသယရှိသော နေရာများရှိသည့်အခါ၊ stress အနေအထားကို စစ်ဆေးရန်အတွက်၊ model များ အသုံးပြု၍ လက်တွေ့စမ်းသပ်မှုများ ပြုလုပ်ပေးရမည်။

Stress adjustment လုပ်နေစဉ်အတွင်း girder အား၊ ကြီးမားသော deformation ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သဖြင့်၊ အစိတ်အပိုင်း အသီးသီး၏ margin နေရာတွင် ordinary load ကြောင့် ဖြစ်သည့် deformation တစ်ခုတည်းသာ စဉ်းစား၍ ဒီဇိုင်းလုပ်လျှင် တစ်ခါတစ်ရံ လုံလောက်မှု မရှိပေ။ ထို့ကြောင့် အထူးသဖြင့် bearing ၏ rotational margin နှင့် ရွေ့နိုင်သော ပမာဏ များကို ဂရုတစိုက် စဉ်းစား ဆောင်ရွက်ပေးရမည်။ Girder အစွန်းနှင့် parapet wall ကြားရှိ margin များကိုလည်း ဂရုတစိုက် ဆောင်ရွက်ပေးရမည်။

Girder ကို အပေါ်အောက် မ ခြင်း၊ ချခြင်း အားဖြင့်၊ stress adjustment ကို ဆောင်ရွက်သည့်အခါ girder ရွေ့လျားမှုကို အထူး ဂရုပြုရမည်ဖြစ်သည်။ Girders များ၏ စိတ်ချရမှုအဆင့်ကို ထုံးစံအတိုင်း ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်ဖြစ်ပြီး၊ အထူးသဖြင့် Girder structure တွင် uplifting force များ ဖြစ်ပေါ်သည့် နေရာများကို သတိထားရမည်။

၅.၅ လုပ်ငန်းခွင်၌ တွဲဆက်တပ်ဆင်ခြင်း (FIELD ASSEMBLY)

(၁) Members များ၏ connection များကို အပိုင်း ၃.၄၊ ၃.၅၊ ၅.၄ နှင့် ၅.၅ ပါ ပြဋ္ဌာန်းချက်များနှင့်အညီ ဆောင်ရွက်ရမည်။

(၂) လုပ်ငန်းခွင်၌ ဂဟေဆော်ခြင်း၊ high strength bolts များ ကျပ်ခြင်းများ မပြုလုပ်မီ၊ ယေဘုယျအားဖြင့် သက်ဆိုင်ရာ members များကို သေချာစွာ ဆက်စပ်ပေးရမည်။

(၃) Members များ တွဲစပ်မှုသည် ဖော်ပြထားသော တွဲစပ်မှုအစီအစဉ်အတိုင်းနှင့် တွဲစပ်မှု အမှတ်အသားများ အတိုင်း ယေဘုယျအားဖြင့် တိကျစွာ ဆောင်ရွက်ရမည်။

ဤအပိုင်းတွင် Members များတပ်ဆင်ပုံနှင့် connection အပိုင်းတွင် မည်သို့ ဆောင်ရွက်ရမည် များကို သတ်မှတ်ဖော်ပြထားပါသည်။ လုပ်ငန်းခွင်တွင် အဆက်များ (joint) အား ဂဟေဆော်ခြင်းနှင့် bolts

များ ကျပ်ခြင်းကို သက်ဆိုင်ရာ ပြဋ္ဌာန်းချက်များအတိုင်း လိုက်နာဆောင်ရွက်ရမည် ဖြစ်ပြီး၊ ဤအပိုင်းသည် members များအကြား တပ်ဆင်ပုံ ကို ယေဘုယျ ရှင်းပြထားပါသည်။

Connection zone မပြုလုပ်ခင်၊ members များ၏ ယာယီတပ်ဆင်မှုများကို အောက်ပါအတိုင်း ဆောင်ရွက်ရမည်။

Members များ တပ်ဆင်ရာတွင် သုံးမည့် ယာယီတင်းကျပ်ထားသောbolts များနှင့် drift pins များ၏ စုစုပေါင်း အရေအတွက် သည် သုံးပုံတစ်ပုံနှင့် အထက် ဖြစ်ရမည်။ ၎င်းတို့အနက် သုံးပုံတစ်ပုံ သည် drift pins များဖြစ်ရမည်။ သို့သော်လည်း တပ်ဆင်နေစဉ်အတွင်း ကြီးမားသည့် erection stress ဖြစ်ပေါ်လာသည့်အခါ၊ ထို erection stress ကို လုံလောက်စွာ တောင့်ခံနိုင်မည့် ယာယီ bolts နှင့် drift pins များကို အသုံးပြုရမည်။

ထို့ပြင် ယာယီကျပ်ထားသည့် bolts နှင့် drift pins များ၏ အရေအတွက်မှာ စုစုပေါင်း bolts များ၏ သုံးပုံတစ်ပုံကို ဖြစ်ရမည်ဆိုသည့် ဖော်ပြချက်သည် ယာယီလမ်းညွှန်ချက် တစ်ခုသာဖြစ်ပြီး၊ Erection နည်းလမ်းပေါ် လိုက်၍ ထိုအရေအတွက်သည် ပြောင်းလဲနိုင်သည်။ အတိအကျပြောရလျှင်၊ လုပ်ငန်းခွင် အခြေအနေအရ ကွေးသော member များ မည်သည့်နည်းလမ်းနှင့်မျှ တပ်ဆင်၍ မရသည့်အခါ၊ bolts အရေအတွက်များ ပို၍ အသုံးပြုရမည်။ သို့သော်လည်း cable erection method တွင် bolts အရေအတွက် လျော့ချပြီး member များ အကြား ပို၍ လွတ်လွတ်လပ်လပ် ရှိစေခြင်းမှာ ပိုမို အကျိုးရှိစေနိုင်သဖြင့် ဂရုတစိုက် ဆောင်ရွက်ပေးရမည်။ ထို့အပြင် drift pin များကို ထည့်မည့်နေရာအား ဆုံးဖြတ်ရန်နှင့် နှင့် bolts များကိုမူ မျက်နှာပြင် တွဲကပ်စေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့်၊ ယာယီတင်းကျပ်ထားသည့် bolts များနှင့် drift pins များ၏ သုံးပုံတစ်ပုံသည် drift pins ဖြစ်ရမည် ဆိုသည့် အချက်ကို သတ်မှတ်ထားခြင်းဖြစ်သည်။

၅.၆ HTB တင်းကျပ်ခြင်း (HTB TIGHTENING)

၅.၆.၁ High Strength Bolt များ၏ ယေဘုယျအလုပ်လုပ်ပုံ

Joint တစ်ခုအတွက် လိုအပ်သော အရည်အသွေးများ ရရှိစေရန်အလို့ငှာ၊ high strength bolt များ တင်းကျပ်ရာတွင် အောက်ပါအချက်များကို အပြည့်အဝ လိုက်နာပြီး၊ လုပ်ငန်းအား မှန်မှန် ကန်ကန် အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ရမည်။

၁။ Joint အမျိုးအစားနှင့် ဝိသေသလက္ခဏာများ

၂။ High strength bolt အမျိုးအစားများနှင့် ၎င်းတို့၏ အရည်အသွေးများ

၃။ တင်းကျပ်ပုံ နည်းလမ်း၊ axial force တင်းကျပ်ခြင်း၊ ထိန်းညှိခြင်းနှင့် စစ်ဆေးခြင်း နည်းလမ်း

၄။ Joint မျက်နှာပြင် ပြင်ဆင်မှုနည်းလမ်း (Treatment)

၅။ material အစိတ်အပိုင်းများ၏ တပ်ဆင်မှုတိကျခြင်း

High strength bolt များ တပ်ဆင်ခြင်းနည်းလမ်းများတွင် friction grip connection ၊ bearing connection နှင့် tensile connection များ ပါဝင်ပြီး၊ stress များ ကူးပြောင်းရန်အတွက် mechanisms များ ကွဲပြားခြားနားကြသည်။ bolts တင်းကျပ်ခြင်းဆိုင်ရာ အရေးကြီးသည့် အချက် အပေါ် အပြည့်အဝ သိရှိနားလည်ထားခြင်းအပေါ် အခြေခံ၍၊ Joint တစ်ခုအတွက် လိုအပ်သော အရည်အသွေးများ ရရှိစေမည့် အကောင်အထည်ဖော်ရေး အစီအစဉ်တစ်ခု ချမှတ်၍၊ ထိုအစီအစဉ်နှင့် အညီ bolt တင်းကျပ်ခြင်းလုပ်ငန်းကို တိကျစွာဆောင်ရွက်ရမည်။

Friction grip connection တွင် members များအား high strength bolts များကို သုံး၍၊ high axial force ဖြင့် တင်းကျပ်စွာ ဆက်ထားပြီး၊ member ၏ material အစိတ်အပိုင်းများကြား ထိတွေ့နေသော မျက်နှာပြင်တွင် ဖြစ်ပေါ်လာသော friction force ဖြင့် 'အား' ကို လွှဲပြောင်းပေးသည်။ ထို့ကြောင့် တင်းကျပ်ပေးမည့် axial force ထိတွေ့နေသော မျက်နှာပြင် ၏ slip coefficient နှင့် တင်းကျပ်ခံရမည့် material အစိတ်အပိုင်းများအကြားရှိ contact density တို့ကို သေချာရရှိစေရန် လုပ်ဆောင်ရမည်။

Bearing connection တွင် joint ကို ဖွဲ့စည်းထားသည့် members များ၏ အပေါက်များ (holes) နှင့် bolts ၏ ဝင်ရိုးများ ကြားတွင်၊ bolt များ၏ shear ခံနိုင်ရည်အားမှတစ်ဆင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် bearing ဖြင့် Force ကို ကူးပြောင်းသည်။ Joint အပိုင်းတွင် အရွေ့ မဖြစ်ပေါ်စေသည့် တူဖြင့်ထုရသော (hammering) အမျိုးအစား high strength bolt ကိုသုံးပါက၊ bolt တင်းကျပ်ခြင်း မလုပ်ခင် အပေါက်ဖေါက်မှု တိကျခြင်းနှင့် အပေါက် ဖြစ်ပေါ်ခြင်း ရှိမရှိ ကို လုပ်ငန်းမစတင်ခင် စစ်ဆေးရမည်။

Joint ၏ စွမ်းဆောင်ရည် ပိုမိုကောင်းမွန်စေရန် ဆိုသည့် အမြင်နှင့် axial force ဖြင့် Bolt ကျပ်ခြင်းကို လုပ်ဆောင်ကြသည်။ ထိုအခြေအနေမျိုးတွင် Friction Grip Connection များ တပ်ဆင်ချိန်၌ ဆောင်ရွက်ရသည့် လုပ်ငန်းစဉ်များအတိုင်း စီမံဆောင်ရွက်ရန် လိုအပ်ပါသည်။

high strength bolt tensile connection သည် Joint မျက်နှာပြင်တွင် contact stress ဖြစ်ပေါ်ခြင်း အားဖြင့် Bolt ဝင်ရိုးတွင် Force ကို ကူးပြောင်းပေးသည့် ပုံစံဖြစ်သည်။ ဤ connection အမျိုးအစားကို သုံးသည့်အခါ Bolt ကို axial force ဖြင့် တင်းကျပ်ထားမှု သေချာစေရန် Joint ၌

ထိတွေ့နေသော မျက်နှာပြင်၏ ချောပြင်ညီမှု (flatness) ရှိစေရန်၊ ကျပ်ထားပြီးနောက် contact density သေချာရှိနေရန် လိုအပ်သည်။ ထို့အပြင် tensile connection တွင်ပင်လျှင်၊ shear force အား friction force ဖြင့် ခုခံရန် တစ်ခါတစ်ရံ လိုအပ်တတ်ပါသည်။ ထိုအခြေအနေမျိုးတွင် friction grip အဆက်၏ အကောင်အထည်ဖော်ရေးဆိုင်ရာ စီမံခန့်ခွဲမှု (Execution management) နှင့် အလားတူ စီမံခန့်ခွဲမှု လိုအပ်သည်။ Bolt ကို ကျပ်သည့် နည်းလမ်းများတွင် axial force ကို ကျပ်သည့် နည်းလမ်းများအပေါ် မူတည်ပြီး torque control method, angle control method နှင့် torque gradient method တို့ရှိသည်။ ထို့ပြင် သီးခြားနည်းလမ်းများပေါ် မူတည်၍ သီးခြား bolts များ၊ ကျပ်သည့် ကိရိယာများ အသုံးပြုခြင်းမျိုး ရှိသည့်အတွက် ထို bolts အမျိုးအစားများ၊ အသုံးပြုသည့် ကိရိယာများ၏ လက္ခဏာရပ်များကို ပြည့်ပြည့်စုံစုံ သိရှိနားလည်အောင် လုပ်၍ bolt ကျပ်သည့် လုပ်ငန်းနှင့် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းမှုတို့ကို ဆောင်ရွက်ရမည်။

ထို့ပြင် Bolt ကျပ်နေစဉ်အတွင်းနှင့် ကျပ်ပြီးသည့်နောက်၊ Joint ၏ စွမ်းဆောင်ရည်နှင့် ပတ်သက်၍ ပြဿနာ တစ်စုံတစ်ရာ မဖြစ်ပေါ်စေရန်၊ Bolt ကျပ်ခြင်း မပြုလုပ်ခင် Joint ၏ Member များအကြား inconsistency ကြောင့် assembly accuracy အပေါ် သက်ရောက်မှု၊ ဆက်သည့် ပစ္စည်း ၂ ခု အကြား ကွာဟမှုအဆင့်၊ အပေါက်လွဲချော်မှု စသည်တို့ကို စစ်ဆေးပြီး၊ သင့်လျော်သည့် ပြုပြင်မှုများ ပြုလုပ်ရမည်။

၅.၆.၂ Bolt, Nut နှင့် Washer များ

(၁) High strength bolt joint တွင် အသုံးပြုမည့် Bolts များ၊ Nut များ နှင့် Washer များသည် member များ ဆက်သည့် နည်းလမ်းများ၊ ၎င်းတို့ကို တပ်သည့်၊ ကျပ်သည့် နည်းလမ်းများနှင့်အညီ လိုအပ်သည့် mechanical နှင့် အခြားဂုဏ်သတ္တိများ၊ အရည်အသွေးတို့ကို ပြေလည်စေရမည်။

(၂) High strength bolt joint အတွက် သုံးသည့် Bolts များ၊ Nut များ နှင့် Washer များအတွက် အောက်ပါ အပိုဒ် (၃) ပြဋ္ဌာန်းချက်များကို ပြေလည်ပါက အပိုဒ် (၁) အား ပြေလည်သည် ဟု မှတ်ယူနိုင်သည်။

(၃) Friction grip connection

၁) Tor-shear မှလွဲ၍ friction grip connection အတွက်သုံးသော nuts များ၊ bolts များနှင့် washers များသည် JIS B 1186 တွင် ပြဋ္ဌာန်းထားသည့်အတိုင်း ယေဘုယျအားဖြင့် M20, M22 and M24 of Type 1(F8T) and Type 2 (F10T) nominal size များ ဖြစ်ရမည်။

ဤအခြေအနေများအတွက် torque coefficient တစ်စုံသည် ဇယား ၅–၁ အတိုင်း ဖြစ်ရမည်။

Table 5-1 Torque Coefficient as a set

Mean of torque coefficient of one manufacturing lot at shipment	0.110 to 0.160
Coefficient of variation of torque coefficient on one manufacturing lot at shipment	5% or less
Temperature induced variation of torque coefficient of one manufacturing lot at shipment	For a temperature change of 20℃, up to 5% of mean of torque coefficient at shipment

၂) Friction grip connection အတွက်သုံးသည့် Torcher type bolt များ၊ Nut များ၊ Washer များသည် Japan Road Association ၏ 'set of Torshear _ Type High Strength bolt, Hexagonal Nut and Plain Washer' (S10T) နှင့် ကိုက်ညီရမည်။

၃) Friction grip connection အတွက်၊ High strenth bolt B 1186, Hexagonal nuts နှင့် washer များကို Yield method ဖြင့် တပ်သည့်၊ ကျပ်သည့်အခါ JIS B1186 တွင် ပြဋ္ဌာန်းထားသည့် M20, M22 and M24 of Type 2 (F10T) nominal size ဖြစ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ နောက်ပိုင်း၌ ဖြစ်သည့် ကျိုးအက်ခြင်း ခံနိုင်ရည် ကောင်းကောင်း ပေးနိုင်ရမည်။

၄) Bearing connection Bolt, Hexagon

Bearing connection အတွက်သုံးမည့် bolts, nuts နှင့် washers များသည် 'Provisional Standards for Set of High-Strength Drive Bolt, Hexagon Nut and Plain Washer for Bearing Connection (Japan Road Association)' နှင့် ကိုက်ညီရမည်။

၅) Tension connection

Tension connection အတွက် အသုံးပြုမည့် bolts များတွင် အပိုဒ် (၃) ၏ ၁) တွင် ဖော်ပြထားသည့် F10T သို့မဟုတ် ၂) တွင် ဖော်ပြထားသည့် S10T သို့မဟုတ် ၎င်းတို့နှင့် အလားတူသည့် steel rod ကို အသုံးပြုရမည်။ nusts နှင့် washers များအတွက်မူ F10T အတွက် nuts and washer အစုံလိုက်ကို ယေဘုယျအားဖြင့် သုံးရမည်။

၅.၆.၃ High Strength Bolt များ အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေးနှင့် သိုလှောင်ရေး

(၁) Bolts, nuts, washers များ စက်ရုံမှ ပေးပို့လိုက်သည့်အချိန်၌ ၎င်းတို့၏ ဂုဏ်သတ္တိနှင့် အရည်အသွေးများ အတွက် စမ်းသပ်မှုများ၊ စစ်ဆေးမှုများ ပြုလုပ်ရမည်။ Specification များနှင့် ကိုက်ညီကြောင်း စစ်ဆေးအတည်ပြုမှုများကို စက်ရုံမှတင်ပို့သည့် အချိန်၌ ဆောင်ရွက်ပြီး အရည်အသွေးနှင့် ဂုဏ်သတ္တိများကို အာမခံသည့် bolt set များဖြစ်ကြောင်း စစ်ဆေးရမည်။

(၂) စက်ရုံမှ တင်ပို့လိုက်သည့် အရည်အသွေးအတိုင်း လုပ်ငန်းခွင်၌ လုပ်ငန်းဆောင်ရွက်သည်အထိ ထိန်းသိမ်းထားနိုင်ရန်အတွက် bolt sets များ၏ ထုပ်ပိုးမှု၊ လုပ်ငန်းခွင်၌ သိုလှောင်သိမ်းဆည်းမှု တို့ကို သေသေချာချာ ဆောင်ရွက်ရမည်။

(၁) High Strength Bolt များသည် ဒီဇိုင်းတွင် သတ်မှတ်ထားသည့် specification နှင့် ကိုက်ညီရမည်။ လုပ်ငန်း အကောင်အထည်ဖော်သည့်အချိန်၌ Bolt များ၊ Nut များ၊ Washer များ၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိများ၊ ပုံသဏ္ဍာန်နှင့် အရွယ်များ၊ torque coefficient value၊ tightening axial force value များ စသည်တို့သည် စက်ရုံမှတင်ပို့သည့် အချိန်ကအတိုင်း၊ သတ်မှတ်ထားသည့် specifications များနှင့် ကိုက်ညီခြင်းရှိမရှိ စစ်ဆေးရမည်။ ထို့ပြင် လုပ်ငန်းခွင်သို့ ရောက်ရှိလာသည့် bolts များသည် အရည်အသွေး အာမခံချက်ရှိသည့် ပစ္စည်းများ ဖြစ်ကြောင်း ပူးတွဲပါ inspection report တွင် စစ်ဆေးပြီး အတည်ပြုရမည်။

(၂) Bolts များ၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိများ၊ ဓာတုပါဝင်ပစ္စည်းများ၊ ထုတ်လုပ်ရေး နည်းလမ်းများ စသည်တို့ဖြင့် အထူးစွမ်းဆောင်ရည်နှင့် specifications များ လိုအပ်သည့်အခါ စမ်းသပ်မှုများ၊ စစ်ဆေးမှုများဖြင့် လုံလောက်သည့် အရည်အသွေးနှင့် ကိုက်ညီခြင်း ရှိမရှိ အတည်ပြုရမည်။ Bolts sets များကို စက်ရုံမှ ထုပ်ပိုးပေးသည့်အတိုင်း (အခြေအနေပေးပါက) သိုလှောင်သိမ်းဆည်းရမည်ဖြစ်ပြီး မိုးရေ၊ နှင်းစက် စသည့် အစိုဓာတ်များနှင့် ထိတွေ့မှု မရှိစေရန် သတိပြု သိုလှောင်ရမည်။ ထို့ပြင် စက်ရုံမှ တင်ပို့သည့် အချိန်၌ ရှိသည့် အရည်အသွေးများ အတိုင်း လုပ်ငန်းခွင်တွင် လုပ်ငန်း အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်သည် အထိ ထိန်းသိမ်းထားနိုင်ရမည်။ Bolt set များသည် ထုပ်ပိုးမှုမှ ဖွင့်ဖောက်လိုက်သည့်နောက် မိုးရေ၊ နှင်းစက်စသည့် အစိုဓာတ်များနှင့် ထိတွေ့ခြင်း၊ သံချေးတက်ခြင်း၊ ဝက်အူ နေရာတွင် ဖုန်များ၊ သဲများ ကပ်ခြင်း၊ အကိုင်အတွယ် ကြမ်းတမ်းမှုကြောင့် ဝက်အူ နေရာ၌ ထိခိုက်မှု ရှိခြင်း စသည်တို့ကြောင့် အရည်အသွေး ယုတ်လျော့သည့် သဘောရှိသည့်အတွက်

လုပ်ငန်းစတင်ခါနီး အချိန်ကျမှ ထုပ်ပိုးမှုကို ဖွင့်ရမည်။ ထို့ကြောင့် လုပ်ငန်းခွင်သို့ တင်ပို့ရာတွင် စနစ်တကျ တင်ပို့မှုလုပ်ရန် လိုအပ်ပြီး၊ မလိုအပ်ဘဲ အထုပ်ကို ဖွင့်ဖောက်လိုက်ခြင်းမျိုး မလုပ်စေရပါ။

ထို့ပြင် စက်ရုံမှ တင်ပို့ချိန်၌ ရှိသည့် အရည်အသွေးကို လုပ်ငန်း အကောင်အထည်ဖော်သည့် အချိန်ထိ ထိန်းထားရန်၊ အထက်ပါ အချက်များကို သတိထားရန်၊ စက်ရုံမှတင်ပို့ချိန် မှ လုပ်ငန်း အကောင်အထည်ဖော်သည့် အချိန်အထိ အတတ်နိုင်ဆုံး ကန့်သတ်ထိန်းချုပ်ရန် စီစဉ် ဆောင်ရွက်ရမည်။

၅.၆.၄ Connection မျက်နှာပြင် အချောသတ် ပြင်ဆင်မှု (Connection Surface Treatment)

(၁) Friction grip connection ဖြင့် ဆက်ထားသည့် material အစိတ်အပိုင်းများ၏ ထိတွေ့နေသည့်မျက်နှာပြင်များကို သင့်လျော်သောနည်းနှင့် ပြုပြင်မှု (treatment) ပြုလုပ်ရမည်။ သို့မှသာ လိုအပ်သော slip coefficient များရရှိနိုင်မည်။

(၂) အောက်တွင်ဖော်ပြထားသော ပြုပြင်မှုများ ပြုလုပ်ပေးပါက၊ slip coefficient 0.4 နှင့် အထက်ကို ရရှိစေမည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

၁) ထိတွေ့နေသည့် မျက်နှာပြင်ကို ဆေးမသုတ်သည့်အခါ၊ ထိုမျက်နှာပြင်မှ mill scale များကို ဖယ်ရှားပြီး မျက်နှာပြင် ကြမ်းအောင် ပြုလုပ်ရမည်။ ထို့ပြင် ထိုမျက်နှာပြင်ကို သန့်ရှင်းရေး အသေအချာ ပြုလုပ်ပြီး၊ သံချေးများ၊ ဆီများ၊ ရွှံ့များကို ဖယ်ရှားရမည်။

၂) ထိတွေ့နေသည့် မျက်နှာပြင်ကို ဆေးသုတ်မည်ဆိုပါက၊ ဇယား ၅-၂ ၌ ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း inorganic zinc ပါဝင်မှုများသည့် ဆေးကို အသုံးပြုရမည်။

၃) ထိတွေ့နေသည့် မျက်နှာပြင်ကို ပြုပြင်ရန်၊ အချက် ၁) နှင့် ၂) တွင် သတ်မှတ်ထားသည့် နည်းလမ်းမဟုတ်သော အခြား treatment နည်းတစ်ခုခုကို သုံးပါက၊ slip coefficient 0.4 နှင့် အထက်ရရှိနိုင်ရန် သေချာ ထည့်သွင်း စဉ်းစားရမည်။

Table 5-2 Condition in Application of High Build Type Inorganic Zinc-Rich Paint

Item	Condition
Contact surface ၏ တစ်ဖက်စီ၌ အနိမ့်ဆုံးရှိရမည့် ခြောက်သွေ့ပြီး ဆေးသား အထူ	30μm နှင့်အထက်
Contact surface ၌ရှိရမည့် ခြောက်သွေ့ပြီး ဆေးသား အထူ စုစုပေါင်း	90-200μm

ခြောက်သွေ့ပြီး ဆေးလွှာ၌ Zinc ပါဝင်မှု	80% နှင့် အထက်
Zinc အမှုန် အရွယ်အစား (အချင်း) (အမှုန် ၅၀ % ၏ ပျမ်းမျှအရွယ်)	10μm နှင့် အထက်

(၃) Friction grip joint တစ်ခု ၏ slip ခံနိုင်ရည်အားကိုတွက်ရာတွင်၊ ထိတွေ့နေသည့် မျက်နှာပြင်၏ slip coefficient ကို ခန့်မှန်းယူဆ၍ တွက်ချက်သည်။ ထို့ကြောင့် ဒီဇိုင်းလုပ်ချိန်တွင် ယူဆထားခဲ့သည့် slip coefficient အတိုင်း လုပ်ငန်းခွင်တွင် ရရှိနိုင်စေရန်၊ ထိတွေ့နေသည့်မျက်နှာပြင်ကို သင့်လျော်သည့် ပြုပြင်မှု ပြုလုပ်ရမည်။

(၄) ထို့အပြင် bearing connection တွင် joint ၏ စွမ်းဆောင်မှု ကောင်းစေရန်အတွက် bolt များကို axial force ပေး၍ တင်းကျပ်မှုနှင့်အတူ၊ force ကူးပြောင်းမှုမှာ friction force ပုံစံဖြင့် ဖြစ်လာမည်ဟု ယူဆရသည့်အခါတွင်သော်လည်းကောင်း၊ tensile connection တွင် ထိတွေ့နေသော မျက်နှာပြင်မှ friction force အား shear force ဖြင့် ကူးပြောင်းသည့် အခါတွင်သော်လည်းကောင်း၊ friction grip connection တွင် ပြုလုပ်သည့် ပြုပြင်မှုနှင့် အလားတူ ပြုပြင်မှုလုပ်ပေးရမည်။

(၅) Mill scale ကို ဖယ်ရှား၍ မျက်နှာပြင် ကြမ်းအောင် လုပ်ခြင်းဖြင့် joint များတွင် လုံလောက်သော slip coefficient 0.4 နှင့်အထက်ရရှိစေနိုင်သည်ဟု သမားရိုးကျ သိထားကြသည်။

သို့ရာတွင် အလုပ်ရုံ၌ ထုတ်လုပ်မှုအတွင်း ထိုကဲ့သို့သော ပြုပြင်မှုကို လုပ်ဆောင်ခဲ့လျှင်သော်မှ လုပ်ငန်းခွင်အတွင်း ဆက်ခြင်း (connection) မလုပ်မချင်း၊ အဆိုပါ အနေအထားကို ထိန်းသိမ်းထားရန် ခက်ခဲပြီး၊ ဆက်သည့် မျက်နှာပြင်တွင် သံချေးတက်ခြင်း၊ ဆီပေခြင်းနှင့် ဖုန်တက်ခြင်းများ မကြာခဏ ဖြစ်တတ်သည်။ ထိုကဲ့သို့သော အခြေအနေမျိုးတွင် ၎င်းတို့ကို ဖယ်ရှားရန်အတွက် connection မလုပ်ခင်တွင် မျက်နှာပြင်ကို လုံလောက်သော သန့်ရှင်းရေး ပြုလုပ်ထားရမည်။

သို့သော်လည်း bridge အရွယ်အစား ကြီးမားလာသည်နှင့်အမျှ ထပ်ဆက်ရမည့် သံပြားများ (splice plates) ၏ အလေးချိန် တိုးလာသဖြင့်၊ လုပ်ငန်းခွင်၌ သံချေးစသည်တို့ကို ဖယ်ရှားရန် ခက်ခဲလာပါသည်။ ထို့ကြောင့် အဆက်နေရာတွင် သုတ်ထားသည့် ဆေးသည် သံချေးတက်ခြင်းနှင့် လိုက်စားခြင်း (corrosion) ဒဏ် ခံနိုင်ရည် လျော့နည်းလာပါသည်။ ထို့ကြောင့် ဆက်သည့်နေရာကို ဆေးသုတ်ရာတွင် သံချေးတက်ခြင်းနှင့် corrosionကို ကာကွယ်နိုင်သည့် ပြုပြင်မှုမျိုး လုပ်ဆောင်ရန်

ထည့်သွင်း စဉ်းစားရမည်။ Slip coefficient 0.4 အထက်ရရန်အတွက် သုံးသည့် ဆေးသုတ်ခြင်း Specification မှာ၊ ဆေးသုတ်ခြင်းကို အပိုဒ် (၂) ၏ ၂) မှ ကန့်သတ်ချက်များ နှင့်အညီ ဆောင်ရွက်ပါက၊ Slip coefficient 0.4 နှင့် အထက်ရနိုင်သည် ဟူ၍ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် materials များ ထိတွေ့နေသည့် မျက်နှာပြင်တွင် high build အမျိုးအစား၊ inorganic zinc ပါဝင်မှုများသည့် ဆေး သုတ်ခြင်းနှင့် ပတ်သက်၍ ကန့်သတ်ချက်များကို သတ်မှတ်ထားသည်။ ထိတွေ့သည့်မျက်နှာပြင် တစ်ခုချင်းစီကို မတူညီသော (high build type inorganic zinc ပါဝင်မှုများသည့်) ဆေး တစ်မျိုးချင်းစီ အသုံးပြုခြင်း သို့မဟုတ် အခြားဆေးများကို တွဲဖက် အသုံးပြုခြင်းများ မပြုလုပ်ရပါ။ မျက်နှာပြင် ပြုပြင်မှု ပြုလုပ်ပြီးသည့်နောက် high build အမျိုးအစား inorganic zinc ပါဝင်မှုများသည့် ဆေးများကို မျက်နှာပြင်ပေါ်သို့ တိုက်ရိုက် အသုံးပြုရမည်။

High build အမျိုးအစား inorganic zinc ပါဝင်မှုများသည့် ဆေးကို friction grip connection အတွက်သာ သုံးပြီး၊ အခြားအပိုင်းများအတွက် အခြားဆေးများကို အသုံးပြုပါက boundary zone ၌ treatment ပြုလုပ်ထားသည်ကို အထူးဂရုပြုရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ဆေးတစ်မျိုးနှင့် တစ်မျိုး ဆိုးကျိုး သက်ရောက်မှု မဖြစ်စေရန် ကြိုတင်၍ စဉ်းစားထားရမည်။ ထို့ပြင် ဆေးသားအထုကို လည်း သေသေချာချာ ထိန်းချုပ်ရမည်။

အပိုဒ် (၂) ၏ ၁) နှင့် ၂) တွင် သတ်မှတ်ထားသည့် အတိုင်း မဟုတ်သည့် အခြား သံချေးတက်ခြင်းနှင့် တိုက်စားမှု ကာကွယ်ခြင်းများကို ထိတွေ့နေသည့် မျက်နှာပြင် (contact surface) တွင် အသုံးပြုသည့်အခါ ဆေးသား၏ အမျိုးအစားနှင့် အထူတို့ပေါ် မူတည်၍၊ slip coefficient 0.4 နှင့်အထက် ရရှိရန် မဖြစ်နိုင်သည်မျိုးလည်း ရှိပြီး၊ ဆေးသားကျုံ့ကြွမှုကြောင့် bolt များ၏ axial force များ လျော့ကျစေနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် အဆိုပါ ပြုပြင်မှုမျိုးကို (လုပ်ဆောင်ရန် လိုအပ်ခြင်းရှိမရှိ အပါအဝင်) အထူး ဂရုပြု စဉ်းစားပြီးမှသာ လုပ်ဆောင်ရမည်။

ထို့အပြင် hot dip galvanized တံတား၏ တစ်စိတ်တစ်ဒေသအဖြစ်၊ Zinc သုတ်လိမ်းသည့် (galvanizing) treatment ပြုလုပ်ထားသည့် အဆက်မျက်နှာပြင်ကို blast treatment ပြုလုပ်ရမည်။ Base material ပေါ်မူတည်၍ slip coefficient 0.4 နှင့် အထက် ရနိုင်/ မရနိုင် အထူးစစ်ဆေးပေးရမည်။ Bibliography 10 ကို ညွှန်းဆိုရန် အကြံပြုပါသည်။

၅.၆.၅ Bolt ကျပ်ခြင်း (Bolt Tightening)

(၁) Bolts များ ကျပ်ရာတွင်၊ ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသော bolt axial force အတိုင်း ရရှိစေရန် လုပ်ဆောင်ရမည်။

(၂) သက်ဆိုင်ရာ material များအကြား contact density ရရှိပြီး၊ stress အပြည့်အဝ ကူးပြောင်းမှုကို ဖြစ်စေမည့် နည်းလမ်းဖြင့် bolts ကျပ်ခြင်းကို ပြုလုပ်ရမည်။

(၃) အောက်တွင်ဖော်ပြထားသော သတ်မှတ်ချက် ၁) မှ ၅) ကို အသုံးပြုသည်အခါ၊ အပိုဒ် (၁) နှင့် (၂) ကို ပြေလည်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

၁) Bolt တင်းကျပ်ခြင်း

က) Bolt axial force စတင်ပေးခြင်းကို ယေဘုယျအားဖြင့် Nut ကို လှည့်ခြင်းဖြင့် လုပ်ဆောင်နိုင်သည်။ လိုအပ်ချက်အရ bolt ခေါင်းမှနေ လှည့်ခြင်းအား ပြုလုပ်ပါက torque coefficient ပြောင်းလဲမှုကို စစ်ဆေးရမည်။

ခ) Torque control နည်းလမ်းဖြင့် bolt ကျပ်သည့်အခါ၊ bolt တစ်ခုချင်းစီကို ကျပ်သည့် axial force များ တူညီစေရန်၊ torque ဖြင့် ထိန်းညှိရမည်။

ဂ) Torque shear အမျိုးအစား High Strength Bolt များကို အသုံးပြုပါက၊ ၎င်းတို့ကို နောက်ဆုံးအဆင့် ကျပ်သည့်အချိန်တွင် bolt ကျပ်သည့် အထူး ကိရိယာ (special tightener) ကို အသုံးပြုရမည်။

ဃ) Angle control နည်းလမ်းဖြင့် bolt ကျပ်သည့်အခါ torque wrench နှင့် (သို့) assembly spanner ဖြင့် အားကုန်သုံး၍ ကျပ်ရမည်။ Contact surface တွင် အဟ မရှိတော့သည်အထိ ကျပ်ရမည်။ လှည့်ရမည့်ထောင့် အနေအထားများကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။ သို့သော် angle control နည်းလမ်း ကို F8T နှင့် B8T တို့၌သာ အသုံးပြုနိုင်သည်။

- ❖ Bolt အလျားသည် အချင်း၏ ၅ ဆ ထက် နည်းလျှင်၊ 1/3 turn (120 degree) ±30 degree
- ❖ Bolt အလျားသည် အချင်း၏ ၅ ဆ ထက်များလျှင်၊ လှည့်ရမည့် ထောင့်ကို လုပ်ငန်းခွင် အခြေအနေအတိုင်း အကြိုစမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်၍ ဆုံးဖြတ်ရမည်။

င) Torque gradient control နည်းလမ်း ကို အသုံးပြု၍ bolt ကျပ်ခြင်းကို လုပ်ဆောင်ပါက 6.3.2 (3)3), Part 2, Steel Bridge, JHBS ထဲတွင် ဖော်ပြထားသည့် high strength bolt များကို အသုံးပြုရမည်ဖြစ်ပြီး၊ နောက်ဆုံးကျပ်ခြင်းကို special tightener ကို အသုံးပြု၍

လုပ်ဆောင်ရမည်။

စ) High strength bolt ၏ တူနှင့် ရိုက်ရသည့် အမျိုးအစားအား ကျပ်ရာ၌၊ nut သည် bolt ၏ ဝက်အူရစ်အပိုင်း ရောက်သည်အထိ၊ bolt ကို တူနှင့်ရိုက်သွင်းပြီးနောက်၊ nut ကို လှည့်၍၊ nut ဖြင့် bolt ကို ဖမ်းထားမည်။

၂) စက်ပစ္စည်းများ၊ ကိရိယာများအား စံကိုက်ချိန်ညှိခြင်း၊ Calibration လုပ်ခြင်း

Bolt ကျပ်သည့် ကိရိယာများ၊ တိုင်းတာရေး ကိရိယာများကို သင့်လျော်သည့် အချိန်အပိုင်းအခြားဖြင့် စံကိုက်ချိန်ညှိရမည် ဖြစ်ပြီး၊ ၎င်းတို့၏ တိကျမှု (precision) ကိုလည်း စစ်ဆေးရမည်။

၃) Tightening bolt axial force

က) Friction grip connection, bearing connection နှင့် tensile connection များတွင် အသုံးပြုသော bolt များကို တင်းကျပ်ရာတွင်၊ ဇယား ၅–၃ တွင်ဖော်ပြထားသော design bolt axial force များကို ရရှိစေမည့် နည်းလမ်းဖြင့် ဆောင်ရွက်ရမည်။

Table 5-3 Design Bolt Axial Force (KN)

Set	Nominal designation of thread	Design bolt axial force
F8T B8T	M20	133
	M22	165
	M24	192
F10T S10T B10T	M20	165
	M22	205
	M24	238

ခ) Torque control နည်းလမ်းသုံး၍ bolt တင်းကျပ်ထားသည့် အခြေအနေမျိုးတွင် bolt ၏ axial force သည် ယေဘုယျအားဖြင့် design bolt axial force ထက် 10% ပိုကြီးရမည်။

ဂ) သာမန်အပူချိန် (10℃-30℃) ၌၊ torque shear အမျိုးအစား၊ high strength bolt များ၏ tightening bolt axial force နှင့် ပတ်သက်၍၊ ထုတ်လုပ်မှုအသုတ်တစ်သုတ်မှ ကျပန်းရွေးချယ်ထားသည့် နမူနာ (၅) စုံ ၏ ပျမ်းမျှတန်ဖိုးသည် အောက်ပါ ဇယား ၅–၄ ၌ ဖော်ပြထားသည့် အပိုင်းအခြားအတွင်း ဝင်ရမည်။

Table 5-4 Average Value of Tightening Bolt Axial Force at Normal Temp. (10-30℃)

Set	Nominal designation of thread	Average value of tightening bolt axial force of the set of one production lot (KN)
S10T	M20	172～202
	M22	212～249
	M24	247～290

ဃ) Torque gradient control နည်းလမ်းဖြင့် bolt ကို ကျပ်သည့်အခါ၊ tightening bolt axial force သည် ထုတ်လုပ်မှုအသုတ်တစ်သုတ်မှ ကျပန်းရွေးချယ်ထားသည့် နမူနာ ၅ စုံ၏ ပျမ်းမျှတန်ဖိုးသည် အောက်ပါ ဇယား ၅–၅ ၌ ဖော်ပြထားသည့် အပိုင်းအခြားအတွင်း ဝင်ရမည်။

Table 5-5 Average Value of Tightening Bolt Axial Force by Torque Gradient Control Method

Set	Nominal designation of thread	Average value of tightening bolt axial force of the set of one production lot (KN)
F10T	M20	0.196 σy ～ 0.221 σy
	M22	0.242 σy ～ 0.273 σy
	M24	0.282 σy ～ 0.318 σy

σy: Proof stress of bolt test piece (N/mm^2) (base on JIS test Piece No.4)

၄) Bolt ကျပ်သည့် ရှေ့နောက် အစီအစဉ်

Bolts များကို တင်းကျပ်ရာ၌ splice plate ၏ အလယ်ဗဟိုတွင် ရှိသော bolt မှ စတင်ကျပ်ပြီး၊ အဆုံးပိုင်းတွင်ရှိသော bolt များသို့ သွားရမည်။ ဒုတိယအကြိမ် ကျပ်ခြင်းကိုလည်း ထိုသို့ လုပ်ဆောင်ရမည် (ပုံ ၅–၁) ။

ထို့ပြင် bolts, nuts နှင့်washers များကို အမှတ်အသားပြုလုပ်ထားရမည် ဖြစ်ပြီး၊ သို့မှသာ ကနဦး တင်းကျပ်ခြင်း ပြုလုပ်ပြီးချိန်တွင်၊ တင်းကျပ်မှု မအောင်မြင်ခြင်းနှင့် dragged rotation ဖြစ်ခြင်း တို့ကို ကောင်းစွာသိရှိနိုင်မည်ဖြစ်သည်။

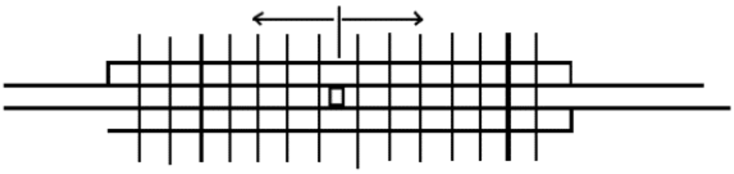


Figure 5-1 Tightening Order

၅) Joint တွင် ထိတွေ့သည့် မျက်နှာပြင်၌ Gap ပေါ်ခြင်း

Member နှင့် splice plate ၊ သို့မဟုတ်ပါက အချင်းချင်းတွဲဆက်သည့် material များကို contact surface တွင် ဟ နေခြင်းမရှိစေရန်၊ တင်းကျပ်ထားရမည်။

၁) Bolt တင်းကျပ်ခြင်း

Friction grip joint တွင် bolt ကျပ်သည့် နည်းလမ်းများကို ယေဘုယျအားဖြင့် torque control method, angle control method နှင့် torque gradient control method ဟူ၍ ခွဲခြားထားပါသည်။ axial force ကို ထိန်းချုပ်သည့် နည်းအပေါ် မူတည်၍ ခွဲခြားထားခြင်း ဖြစ်သည်။

Torque control method တွင် torque coefficient တန်ဖိုးမှာ၊ nut ကို လှည့်၍၊ tightening လုပ်သည့် အခြေအနေတွင် သတ်မှတ်ထားခြင်းဖြစ်သည့်အတွက်၊ ယေဘုယျအားဖြင့် bolt ကျပ်ခြင်းကို nut ကို လှည့်ခြင်းအားဖြင့် လုပ်ဆောင်ရမည်။ လုပ်ငန်း အစီအစဉ်အရ လိုအပ်ချက်ကြောင့် bolt ခေါင်းကို လှည့်ပါက torque coefficient တန်ဖိုးကို ထပ်မံစစ်ဆေးရန် လိုအပ်သည်။ တစ်ဖက်တွင်လည်း torque coefficient တန်ဖိုးကို လျော့စေရန်အတွက် မျက်နှာပြင် ပြုပြင်ထားသည့် washer ကို သုံးပါက ၎င်းကို လှည့်သည့်ဘက်တွင် အသုံးပြုရန် သတိထားရမည်။

Torque control method ကို သုံးပါက၊ အချက် ၃) ၌ ဖော်ပြထားသော သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီသည့် bolt axial force ကို ရရှိစေရန်အတွက်၊ တင်းကျပ်ပေးမည့် လှည့်အား (torque) ကို လုပ်ငန်းမစတင်မီ ရွေးချယ်ထားရမည်။

Torque shear အမျိုးအစား high strength bolts များကို အသုံးပြုမည်ဆိုပါက၊ special tightener ကို ရွေးချယ်အသုံးပြုရမည်။

Angle control method သည် bolt ရှည်ထွက်ခြင်းအားဖြင့် တင်းကျပ်ခြင်းမှ ပေါ်လာသည့် bolt axial force ကို ထိန်းချုပ်ပေးပြီး၊ bolt ရှည်ထွက်လာခြင်းကို nut လှည့်ရသည့် ပမာဏ (rotational amount) ဖြင့် သိရမည်။ အချက် ဃ) တွင် ဖော်ပြထားသည့် nut လှည့်ရမည့်ပမာဏကို ဆုံးဖြတ်ရာတွင်၊

ကျိုးပြတ်ပြီးသည့်နောက် bolts elongation အတွက် ခွင့်ပြုနိုင်သော ပမာဏလည်း ပါဝင်သည့် standard bolt axial force ကို ရရှိစေရန် ဆုံးဖြတ်ရမည်။ အဆိုပါ rotational amount ကို အသုံးပြုပါက bolt axial force သည် yield point ကို ကျော်လွန်သည့် အဆင့်သို့ ရောက်ရှိမည် ဖြစ်သည်။ သို့ရာတွင် ရှိထားသည့် အတွေ့အကြုံများနှင့် စမ်းသပ်မှုရလဒ်များအရ ထိုကဲ့သို့သော တင်းကျပ်မှု သည် 8T bolt နှင့် စိတ်ချရသည့်အတွက်၊ angle control method ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

ထို့အပြင် bolt ၏ ခေါင်းအောက်မှ တိုင်းသည့် အရှည် (under-head length) သည် ပုံမှန်အားဖြင့် ၎င်း အချင်းထက် ၅ဆ နှင့်အောက် ရှိသည့်အတွက်၊ ၅ ဆနှင့်အောက် အခြေအနေတွင် ရှိရမည့် လှည့်မည့်ထောင့်နှင့် ပတ်သက်၍၊ သတ်မှတ်ထားသည်။ ထို့ထက် အလျားပိုရှည်သည့် bolt ကို အသုံးပြုပါက လှည့်သည့် ပမာဏကို အကြိုစမ်းသပ်ချက်များ ပြုလုပ်ပြီး ဆုံးဖြတ်ရမည်။ စမ်းသပ်မှု ရလဒ်များအရ၊ 10T bolt ၏ ပုံသဏ္ဍာန် ပျက်ယွင်းမှု ဝိသေသလက္ခဏာများသည် 8T bolt နှင့် တူညီနေသော်လည်း နောက်ပိုင်းဖြစ်သည့် ကျိုးအက်ခြင်း (delayed fracture) နှင့် ပတ်သက်၍ data အချက်အလက်များ မရှိသောကြောင့် Angle control method ကို 8T bolt ၌သာ အသုံးပြုရမည်။

ထို့အပြင် Rotation ပမာဏကို စတင်တိုင်းတာသည့် အချိန်တွင်ရှိသော bolt ၏ axial force သည်လည်း အရေးကြီးပါသည်။ ထို့ကြောင့် rotation ပမာဏကို တိုင်းတာရာတွင်၊ material အစိတ်အပိုင်းများကြား လွတ်နေခြင်း၊ ဟခြင်း မရှိစေရန်၊ ၇ွ (assembly spanner) ကို အားကုန် သုံး၍ ကျပ်သည့် အခြေအနေကို အခြေခံ၍ တိုင်းတာမည်၊ သို့မဟုတ်ပါက impact wrench ကို အားပြင်းပြင်း (first impact) အထိပေး၍ ကျပ်ခြင်းဖြင့် တိုင်းတာရမည်။

Torque gradient control method ဆိုသည်မှာ high strength bolt အား ကျပ်သည့်အချိန်၌ ပေးသည့် axial force နှင့် nut လည်သည့် ပမာဏအကြား ဆက်သွယ်ချက်သည် proof stress အနီးတွင် non-linear ဖြစ်လာသည် ဆိုသည့် ဂုဏ်သတ္တိကို သုံး၍၊ ကျပ်သည့်သူက စီမံထိန်းချုပ်သည့် နည်းလမ်းဖြစ်သည်။ ထိုသို့အားဖြင့် သတ်မှတ်ထားသည့် axial force ကို ပေးသည်။ ဤ နည်းလမ်းသည် လုပ်ငန်းခွင်၌ စီမံခန့်ခွဲမှု လုပ်ရန် လွယ်ကူပြီး၊ axial force ပေးရာတွင် အပြောင်းအလဲ (variation) အနည်းဆုံး ဖြစ်သည်။ သို့သော် torque control method နှင့် နှိုင်းယှဉ်ပါက ပေးရသည့် axial force သည့် မြင့်မားပါသည်။

ထို့ကြောင့် အသုံးပြုမည့် bolt ၏ ဓာတုပစ္စည်း ပါဝင်မှုများ၊ mechanical ဂုဏ်သတ္တိများ စသည်တို့ကို JIS B 1186 ထက် ပို၍ တင်းတင်းကျပ်ကျပ် သတ်မှတ်ခြင်းအားဖြင့် နောက်ပိုင်းဖြစ်သည့်

ကျိုးအက်ခြင်း ခံနိုင်ရည်ကို တိုးတက်စေသည်။ ဤ bolt ကျပ်ခြင်း နည်းလမ်း အသုံးပြုထားသည့် တံတားများ ရှိပြီး၊ Honshu-Shikoku တံတားလည်း ပါဝင်ပါသည်။

Bearing connection တွင် တူနှင့် ရိုက်သွင်းရသည့် high strength bolt အမျိုးအစား ကို သုံးလျှင်၊ တူဖြင့် ရိုက်သွင်းရာ၌ (တူဖြင့်ရိုက်ရာတွင် ခက်ခဲမှုအဆင့်) ပြဿနာ တစ်စုံတစ်ရာ မဖြစ်စေရန်၊ အပေါက်၏ အကျယ်၊ အပေါက် လွဲခြင်း၊ အံမကိုက်ခြင်းတို့ကို၊ Bolt မကျပ်ခင် စစ်ဆေးရမည်။

ထို့ပြင် bolt များကို တူဖြင့် ရိုက်သွင်းရာတွင် အပေါက်ဝန်းကျင်၌ အန္တရာယ်ရှိသည့် အပြစ် အနာအဆာများ မဖြစ်ပေါ်စေရန် ဂရုစိုက်ရမည်။

၂) Machinery နှင့် ကိရိယာများ ချိန်ညှိခြင်း၊ Calibration လုပ်ခြင်း

ဤအပိုင်းတွင် ဖော်ပြသည့် ကိရိယာများ စံကိုက် ချိန်ညှိခြင်းမှာ လုပ်ငန်းခွင်၌ နေ့စဉ် ချိန်ညှိခြင် မဟုတ်ဘဲ၊ အချိန်ကာလ အပိုင်းအခြားဖြင့် ပုံမှန် ချိန်ညှိခြင်းကို ဆိုလိုပါသည်။

Axial force ကို တိုင်းတာသည့် မီတာ/ကိရိယာတွင် oil pressure ကို ပြောင်းလဲခြင်းဖြင့် axial force ကို တိုင်းတာသည့် အမျိုးအစားနှင့်၊ strain gauge ကို သုံးသည့် load-cell အမျိုးအစားဟူ၍ ရှိပါသည်။ ထိုမီတာများသည် သတ်မှတ်ထားသည့် တိကျမှုအဆင့်ဖြင့် အချိန်မရွေး အသုံးပြု၍ ရသည့် အခြေအနေ ရှိရမည်။ ၎င်းတို့ကို လုပ်ငန်းခွင်သို့ ပို့ခါနီး အချိန်တွင် တစ်ကြိမ် စစ်ဆေးရမည်။ ထို့နောက် လုပ်ငန်းခွင်၌ ပုံမှန်စစ်ဆေးပေးနေရမည်။ Torque wrench ထက်စာလျှင်၊ axial force မီတာ၏ တိကျမှုသည်၊ ကိုင်တွယ်မှုကြောင့် အကျိုးသက်ရောက် သိပ်မရှိသဖြင့် ချိန်ညှိမှုကို သုံးလ လျှင် တစ်ကြိမ်နှုန်းဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်ပါသည်။

ထို့ပြင် axial force meter ၏ bolts များဖြင့် ကျပ်ထားသည့် အပိုင်း၏ တောင့်တင်းမှု (stiffness) သည် တကယ့် member ၏တောင့်တင်းမှုနှင့် တူညီမည်ဟု ပြော၍မရပါ။ ထို့ကြောင့် လှည့်အား (torque) တန်ဖိုးတူသော်လည်း၊ axial force meter ကို ကျပ်ရာတွင် ပေးရသည့် axial force နှင့် တကယ့် member ကို ကျပ်ရာတွင် ပေးရသည့် axial force တို့သည် ကွဲလွဲမှုရှိသည့် အခြေအနေများ ရှိသည်။ ထို့ကြောင့် အမှန်တကယ်ကျပ်မည့် member နှင့် stiffness အနီးစပ်ဆုံး တူသည့် axial force meter ကို အသုံးပြုသင့်ပါသည်။

Torque wrenches အမျိုးအစား များစွာရှိသည်။ Torque တန်ဖိုးကို ဒိုင်ခွက် (dial gauge) ပါ စကေးဖြင့် ဖတ်ရသည့် wrench၊ torque wrench ၏ deflection စကေးဖြင့် ပေးသည့် wrench နှင့် ratchet အမျိုးအစား စသည်တို့ ဖြစ်သည်။ ထိုအမျိုးအစားများအားလုံးသည် အကိုင်အတွယ် ကြမ်းတမ်းပါက မှုမမှန်ခြင်း ဖြစ်တတ်သည်။ ထို့ကြောင့် torque wrench ကို လုပ်ငန်းခွင်သို့ မပို့မီ

တစ်ကြိမ် စံကိုက်ချိန်ညှိပြီး၊ လုပ်ငန်းခွင်၌ ယေဘုယျအားဖြင့် တစ်လတစ်ကြိမ်ဖြစ်စေ၊ အသုံးပြုသည့် အကြိမ်ပေါ်မူတည်၍ ပုံမှန်ဖြစ်စေ စံကိုက်ချိန်ညှိမှု ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်ပါသည်။

Bolt ကျပ်ကိရိယာ (tightener) တွင် electric motor type နှင့် hydraulic type ဟူ၍ နှစ်မျိုးရှိသည်။ နှစ်မျိုးစလုံးသည် တင်းကျပ်ခြင်း၌ တိကျမှု (precision) ကို ထိန်းထားနိုင်သည့် အတွက်၊ လုပ်ငန်းခွင်သို့ မပို့မီ တစ်ကြိမ် ချိန်ညှိမှု ပြုလုပ်ပြီး၊ လုပ်ငန်းခွင်သို့ ရောက်ပြီးနောက် (၃) လ တစ်ကြိမ် ပုံမှန် လုပ်ဆောင်နိုင်ပါသည်။ ထိုအမျိုးအစား နှစ်မျိုးစလုံးတွင် gun နှင့် control device သို့မဟုတ် gun နှင့် hydraulic pressure ထိန်းညှိကိရိယာ တို့ဖြင့် ပေါင်းစပ်ထားသည့်အတွက်၊ ချိန်ညှိမှုလုပ်ရာတွင် ပေါင်းစပ်ထားသည့် တစ်တွဲလုံးကို လုပ်ဆောင်ရမည်။ ထို့ပြင် torque control နည်းလမ်းဖြင့် ကျပ်သည့်အခါ၊ ထွက်လာသည့် လည်အား (output torque) ကို torque တန်ဖိုး အပိုင်းအခြားအလိုက် အဆင့်များအတိုင်း ချိန်ညှိရမည်။

အထက်ဖော်ပြပါ bolt ကျပ်ကိရိယာများအပြင် torque ကို ထိန်းချုပ်၍ ရသည့် electrical impact wrench ရှိပါသည်။ သို့သော်လည်း အသေးစိတ် ချိန်ညှိရန် ခက်ခဲခြင်းနှင့် တင်းကျပ်ခြင်း၌ တိကျမှုကို အလွယ်တကူ မထိန်းနိုင်ခြင်းကြောင့်၊ နောက်ဆုံးအဆင့်ကျပ်ခြင်းတွင် မသုံးသင့်ပါ။

သို့သော် ပထမဆုံးအဆင့် တင်းကျပ်မှုလုပ်ရာ၌ တိကျမှုမြင့်မားရန် မလိုအပ်သည့်အတွက် လုပ်ကိုင်ရာတွင် efficiency ရှိသည့် torque control impact wrench ကို သုံးနိုင်သည်။

Torque shear အမျိုးအစား high strength bolts ကျပ်သည့် ကိရိယာ ၏ socket အပိုင်း တွင် nut နှင့် pintail ထည့်ရန်၊ socket နှစ်ခု ပါသည်။ အပြင်ဘက် socket တွင် nut စွပ်လိုက်ပြီး၊ ကျပ်မည့် torque အားကို သက်ရောက်သည်။ အတွင်းပိုင်း socket တွင် pintail ကို စွပ်ရပြီး၊ ၎င်းသည် ကျပ်သည့် torque အားကို တုံ့ပြန်သည့် force သို့ ပြောင်းလဲပေးသည်။ Socket နှစ်ခုသည် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု ဆန့်ကျင်ဘက်လားရာသို့ လည်သည်။ ကျပ်နေသည့် torque အားသည်၊ groove နေရာမှနေ bolt ပြတ်ထွက်နိုင်သည့် fracture torque သို့ ရောက်သည်အထိ လည်မည်။ Pintail ကို ဖြတ်ခြင်းဖြင့်၊ torque အား ကို ထိန်းချုပ်နိုင်သည့်အတွက်၊ အထူး bolt ကျပ်ကိရိယာများတွင် torque ကို ထိန်းသည့် လုပ်ဆောင်ချက်မပါဝင်ပါ။ Torque အား ပေးရန်သာ ဖြစ်သည့်အတွက် calibration လုပ်ရန်မလိုပါ။ ပုံမှန် ထိန်းသိမ်းခြင်းနှင့် စစ်ဆေးခြင်းများသာ လုပ်ရမည်ဖြစ်သည်။

၃) Tightening Bolt Axial Force

ဇယား ၅-၃ တွင် ဖော်ပြထားသည့် design axial force သည် Steel Bridge, JHBS Part 2 ၏ Section 3.2.3 (2) ဆွေးနွေးချက်တွင် ဖော်ပြထားသည့် အတိုင်း၊ သတ်မှတ်ထားသော allowable force ကို ပြေလည်စေရန် လိုအပ်သည့် force ဖြစ်သည်။

Bolt ကျပ်ရာတွင်၊ အထက်တွင်ဖော်ပြထားသော design axial force များ ရရှိစေရန် ကျပ်ရမည်။ သို့သော်လည်း torque coefficient ၊ creep နှင့် relaxation, slip coefficient ပြောင်းလဲမှုတို့၏ အကျိုးသက်ရောက်မှုကို ထည့်စဉ်းစားပြီး၊ bolt ကျပ်သည့်အချိန်၌ ရှိသည့် axial force သည် design axial force ထက် 10% ပိုကြီးရမည်။

Angle control method တွင်မူ၊ ၁) တွင် သတ်မှတ်ထားသည့် nut လည်သည့် ပမာဏကို ပေးနိုင်ပါက၊ bolt ကို ကျပ်သည့် axial force ကို ရရှိမည် ဖြစ်သည်။

Torque shear high strength bolt များအတွက် အထက်တွင် ဖော်ပြထားသည့် ကိရိယာများဖြင့် bolt ကျပ်ရာတွင်၊ လုပ်ငန်းခွင်၌ ရရှိမည့် torque coefficient နှင့် စက်ရုံမှ ထုတ်လုပ်လိုက်သော ပစ္စည်း၏ torque coefficient နှင့် အခြေခံအားဖြင့် ကွာခြားသည်ဆိုသည့် Section 6.3.2, JHBS Part2 Steel Bridge တွင် ဖော်ပြထားသည့် အချက်ကို အထူးသတိပြုရမည်။

Torque shear အမျိုးအစား high strength bolt အား၊ အထက်ပါ အချက်နံပါတ် ၂) တွင် ဖော်ပြထားသည့် torque ကို ထိန်းချုပ်သည့် လုပ်ဆောင်မှု မပါသည့် bolt ကျပ် ကိရိယာဖြင့် ကျပ်သည့်အခါ၊ axial force သည် bolt ၏ စွမ်းဆောင်မှု အပေါ်တွင် မူတည်၍ ပြောင်းလဲသည်။ ထို့ကြောင့် စက်ရုံက တင်ပို့လိုက်သည့် အချိန်တွင် ထုတ်လုပ်တင်ပို့ချိန်ရှိ ပျမ်းမျှ axial force သည် သတ်မှတ်ထားသော range အတွင်း ဝင်၊ မဝင်နှင့်၊ စက်ရုံကထုတ်လုပ် သည့်အတိုင်း performance ကို လုပ်ငန်းခွင်တွင် အသုံးပြုချိန်အထိ ထိန်းထားနိုင်ခြင်း ရှိ၊ မရှိ စစ်ဆေးရမည်။ Bolts များမကျပ်ခင်၊ bolts များ ၏ စွမ်းဆောင်ရည်ကို ဇယား ၅-၄ ဖြင့် စစ်ဆေးရမည်။

ထို့အပြင် လုပ်ငန်းခွင်တွင် bolt ကို ကျပ်သည့် axial force များကို စစ်ဆေးရန်မှာ၊ တိုင်းတာသည့် ကိရိယာများ၏ လုပ်ဆောင်ချက်ပိုင်းဆိုင်ရာ အခြေခံ ကန့်သတ်ချက် များကြောင့်၊ bolts အလျား (under-head length) တစ်မျိုးချင်းစီအတွက် စစ်ဆေးရန် တစ်ခါတစ်ရံခက်ခဲပါသည်။ စစ်ဆေးရန် အတွက် inspection equipment ကို အသုံးပြုရမည်။ ထိုသို့သော အခြေအနေမျိုးတွင်၊ nominal diameter တူညီသော bolts များထဲမှ စမ်းသပ်နိုင်သည့် အလျား (under-head lengths) ရှိသည့် bolts များကို ရွေးချယ်ခြင်းအားဖြင့်၊ bolt ၏ performance ကို အာမခံနိုင်သည်။

အပူချိန်ကို လိုက်၍၊ bolt ၏ torque coefficient တန်ဖိုး ပြောင်းလဲသည့်အတွက်၊ bolt ကို ကျပ်သည့် axial force လည်း ပြောင်းလဲသည်။ ပုံမန်အပူချိန် (0℃-10℃, 30℃-60℃) ၏ ပြင်ပ၌ စမ်းသပ်မှုကို လုပ်သည့်အခါ၊ ဇယား ၅-၆ တွင် ဖော်ပြထားသည့် bolt ကို သက်ရောက်ရမည့် axial force အပိုင်းအခြားကို အသုံးပြုနိုင်ပါသည်။

Table 5-6 Average Value of Tightening Bolt Axial Force Outside Range of Normal Temperature (0℃-10℃, 30℃-60℃)

Set	Nominal designation of thread	Average value of tightening bolt axial force of the set of one production lot (KN)
S10T	M	167~211
	M	207~261
	M	241~304

Torque gradient method ဖြင့် bolt ကျပ်ခြင်း လုပ်ဆောင်ပါက၊ Bolt ကျပ် ကိရိယာ၏ ထိန်းချုပ်လုပ်ဆောင်နိုင်သော axial force ၏ ပျမ်းမျှတန်ဖိုးသည် သတ်မှတ်ထားသော အပိုင်းအခြားတွင်း ရှိမရှိ လုပ်ငန်းမစခင် စစ်ဆေးရန် လိုသည်။ ထို့အပြင် လုပ်ငန်းခွင်၌ torque shear high strength bolt ကဲ့သို့ bolt များကို ကျပ်မည့် axial force ကို စစ်ဆေးရန် ခက်ခဲသည့်အခါ၊ torque shear high strength bolt အတွက်နှင့် torque high strength bolt အတွက် ပြုလုပ်ကြသော စမ်းသပ်မှုများအတိုင်း လုပ်ရမည်။

၄) Bolt တင်းကျပ်ခြင်း ရှေ့နောက် အစီအစဉ် (Order of Tightening)

Joint အတွင်း၌ ရှိသည့် bolt axial force များ မတူညီပါက၊ slip ခံနိုင်ရည်အား လျော့ကျနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ယခုအပိုင်းတွင် bolts အုပ်စုများကို အတတ်နိုင်ဆုံး ညီညီမျှမျှ ကျပ်ရန်အတွက် သတ်မှတ်ချက်များကို ဖော်ပြထားသည်။ Joint ၏ အပြင်အစွန်းမှ bolts များမှ စ၍ တင်းကျပ်သည့်အခါ၊ splice plate ကြွတက်လာလေ့ရှိပြီး၊ contact density ကို နည်းပါးစေနိုင်သည့်အတွက်၊ အလယ်ဗဟိုရှိ bolts များမှ စတင်၍ တင်းကျပ်ရမည်။

တစ်ဖန်၊ bolts များကို လိုအပ်သော axial force အထိရအောင် တစ်ကြိမ်တည်းဖြင့် အပြီး တင်းကျပ်လိုက်ပါက၊ bolts တင်းကျပ်ထားသည့် အားများ ပြန်လျော့လာလေ့ ရှိသည့်အတွက်၊ bolt ကျပ်ခြင်းကို ယေဘုယျအားဖြင့် နှစ်ကြိမ်ခွဲ၍ ပြုလုပ်ရမည်။ ပထမအကြိမ်တွင် axial force ၏ 60% ခန့် အထိ ရအောင် ကျပ်သင့်သည်။

Angle control method သုံးသည့်အခါ၌မူ ကနဦး စတင် တင်းကျပ်ကတည်းက lap gap များ မရှိတော့သည်အထိ ကျပ်ရပါက၊ ကျပ်သည့်အားမှာ ကြီးမားသည့်အတွက် အထက်တွင် ဖော်ပြထားသည့် ဒုတိယအကြိမ် ပြုလုပ်ရန် မလိုအပ်ပါ။

၅) Joint တွင် ထိတွေ့သည့် မျက်နှာပြင်၌ Gap ပေါ်ခြင်း

ဤအပိုင်းတွင်၊ bolt ကျပ်ခြင်း ပြုလုပ်ပြီးသည့် အခြေအနေတွင် member တစ်ခုတွင် ပါဝင်သည့် သက်ဆိုင်ရာ အစိတ်အပိုင်းများ၏ friction ကြောင့် ဖြစ်သော stress ကို လုံလုံလောက်လောက် ကူးပြောင်းပေးရန်အတွက် treatment ကို ဖော်ပြထားသည်။ Bolt အပေါက်၏ အနီး ဝန်းကျင်တွင် ဟနေခြင်း (contact gap) ဖြစ်ပေါ်ပါက stress ကူးပြောင်းမှုကို အဟန့်အတား ဖြစ်စေသည့်အတွက်၊ bolts များကို တင်းကျပ်ရာတွင် ထိုကဲ့သို့ contact gap များ မဖြစ်ပေါ်စေရန် အထူး ဂရုပြုရမည်။ Bolt အပေါက်နှင့် ဝေးသည့် အစွန်းပိုင်း၌သာ contact gap ဖြစ်ပေါ်ပါက stress ကူးပြောင်းမှုတွင် ပြဿနာရှိသည်ဟု အတပ်ပြော၍ မရနိုင်ပါ။ သို့သော်လည်း ထိုကဲ့သို့အခြေအနေမျိုးတွင်ပင်လျှင်၊ သံချေးတက်ခြင်း နှင့် လိုက်စားခြင်းတို့ကို ကာကွယ်ရန်အတွက် စဉ်းစားထားရန် လိုအပ်ပါသည်။

သံပြားအထူ (Plate thickness) များ ခြားနားခြင်း၊ သို့မဟုတ် member များသည် တစ်သတ်မတ်တည်း တူညီမှု၊ ညီညာမှုမရှိခြင်း စသည့် အခြေအနေများတွင် material အစိတ်အပိုင်းများကြား၌ contact gap များ ဖြစ်ပေါ်တတ်သည်။ ဤနေရာတွင် ရည်ညွှန်းသည့် plate thickness ခြားနားခြင်း ဆိုသည်မှာ၊ လက်ခံနိုင်သည့် ခြားနားမှု၊ ကွဲလွဲမှု (plate thickness tolerance) ကို ကျော်လွန်နေသည့် ပမာဏသာ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် nominal plate thickness မတူညီသော member များကို ထပ်ခြင်း၊ ဆက်ခြင်း လုပ်သည့် အခြေအနေမျိုးတွင်၊ filler သုံး၍၊ plate thickness များကြား ကွာဟမှုကို ပျောက်စေခြင်း စသည့် ပြုပြင်မှုများ ဆောင်ရွက်ရန် ထည့်သွင်း စဉ်းစားရမည်။

တစ်ဖန်၊ steel ၏ plate thickness တိုးလျှင်၊ tolerance လည်း တိုးလာသည်။ Joint ကို ကနဦး တင်းကျပ်မှု ပြုလုပ်ချိန်တွင် gap ရှိမရှိကို စစ်ဆေးရမည်။ နောက်ဆုံးအဆင့် တင်းကျပ်မှု ပြုလုပ်ပြီးသည့်အချိန်ထိ contact gap များ ကျန်ရှိနေနိုင်သည့် အခြေအနေမျိုးတွင် filler plate တပ်ဆင်ခြင်းနှင့် member အား တင်းကျပ်စေရန်အတွက် taper တပ်ခြင်း စသည့် သင့်လျော်သော ပြုပြင်မှုများကို လုပ်ဆောင်ရမည်။

Member မညီညာခြင်း (inconsistency) ကို လုပ်ငန်းခွင်၌ ပြန်လည်ကုစားရန် ခက်ခဲသည်။ ထို့ကြောင့် ထုတ်လုပ်မှုလုပ်ချိန်တွင် ထုတ်လုပ်မှုနည်းလမ်းများ စသည်တို့ အပေါ် ဂရုပြုရန် အရေးကြီးသည်။ ယာယီတပ်ဆင်ခြင်း (temporary assembly) ကို လုပ်ဆောင်မည်ဆိုပါက၊ inconsistency ရှိမရှိ

စစ်ဆေးရန် အရေးကြီးပြီး၊ အကယ်၍ inconsistency ကြောင့် ဖြစ်သည့် lap gap ကို တွေ့ရှိခဲ့ပါက သင့်လျော်သည့် ပြင်ဆင်မှုကို ပြုလုပ်ရမည်။ ထို့အပြင် inconsistency ဖြစ်နေသည့် အခြေအနေတွင် splice plate ကို ကျပ်သည့်အခါ၊ splice plate တွင် အန္တရာယ်ရှိသော ပုံသဏ္ဍာန် ပျက်ယွင်းမှု ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သည့်အတွက် စီမံဆောင်ရွက်ချက်များကို ဂရုတစိုက် ပြုလုပ်ရမည်။

၅.၆.၆ Bolt ကျပ်ခြင်းပြီးသည့်နောက် စစ်ဆေးခြင်း (Inspection after Completion of Tightening)

(၁) သတ်မှတ်ထားသော တင်းကျပ်မှုကို ပြုလုပ်ထားပြီးကြောင်း စစ်ဆေးအတည်ပြုရန် bolts များကို တင်းကျပ်ပြီးသည့်နောက် စစ်ဆေးမှု ပြုလုပ်ရမည်။

(၂) စစ်ဆေးမှု၌ ပယ်ချခံရခြင်းမျိုး ရှိပါက၊ သင့်လျော်သည့် ပြုပြင်မှုကို ပြုလုပ်ပြီး သတ်မှတ်ထားသော quality ရရန် ဆောင်ရွက်ရမည်။

(၃) အောက်ပါ အချက် ၁) နှင့် ၂) ကို လိုက်နာလျှင် အထက်ပါ အပိုဒ် (၁) နှင့် (၂) ကို ပြေလည်သည် ဟု ယူဆနိုင်သည်။

၁) bolt တင်းကျပ်ပြီးပြီးခြင်း၊ တင်းကျပ်ထားမှုအခြေအနေကို စစ်ဆေးရမည်။

၂) ပယ်ချခံရသော အခြေအနေမျိုးတွင် bolt ကျပ်မည့် axial force ကို စစ်ဆေးခြင်းနှင့် ပြုပြင်မှု တို့ကို အောက်ပါအတိုင်း လုပ်ဆောင်ရမည်။

(က) Torque control method ကို သုံးသည့် အခြေအနေတွင်၊ စံ သတ်မှတ်ထားသည့် စစ်ဆေးရန် အရေအတွက်အဖြစ်၊ Bolts အုပ်စု တစ်ခုချင်းစီမှ 10% အား toque wrench ကို အသုံးပြု၍ တင်းကျပ်မှုအနေအထားကို စစ်ဆေးရမည်။ Acceptance criteria မှာ တင်းကျပ်သည့် torque ၏ တန်ဖိုးသည် calibration လုပ်စဉ်က torque တန်ဖိုး ၏ ± 10 % အတွင်းရှိရမည်ဖြစ်သည်။ ပယ်ချခံရသော bolt group များအား ထပ်မံ စစ်ဆေးရန်၊ bolts အရေအတွက် (၂) ဆ ယူ၍ စစ်ဆေးရမည် ဖြစ်ပြီး၊ ထပ်မံ စစ်ဆေးရာ၌လည်း ပယ်ချခံရပါက၊ bolts များအားလုံးကို စစ်ဆေးရမည်။ တင်းကျပ်ထား သည့် torque သည် သတ်မှတ် torque ထက် နည်းနေသော bolt များကို သတ်မှတ် torque ရောက်သည်အထိ ထပ်မံ တင်းကျပ်ပေးရမည်ဖြစ်ပြီး၊ သတ်မှတ် torque ထက် 10% ကျော် ပိုများနေသော bolts များကိုမူ bolts sets အသစ်များနှင့် အစားထိုး လဲလှယ်ပြီး၊ တင်းကျပ်ရမည်။

(ခ) Torque shear အမျိုးအစား high strength bolt ကို သုံးပါက၊ pin tail ပြတ်ထွက်မှု စစ်ဆေးခြင်း နှင့် အမှတ်အသားများ ပြုလုပ်၍ ပုံပန်းသွင်ပြင်ကို စစ်ဆေးခြင်းတို့ကို

ပြုလုပ်ရမည်။ မတင်းကျပ်ရသေးဘဲ ကျော်သွားသော bolt များရှိပါက၊ ကျပ်ပေးရမည် ဖြစ်သည်။ တင်းကျပ်၍ မရဘဲ လည်ထွက်နေသည့် bolts များ (simultaneous rotation) ရှိပါက၊ bolt အသစ်ဖြင့် အစားထိုးပြီး ပြန်လည် ကျပ်ပေးရမည်။

(ဂ) Angle control method ကို သုံးသည့်အခါ၊ အမှတ်အသားများ ပြုလုပ်၍၊ ပုံပန်းသွင်ပြင် စစ်ဆေးခြင်း ကို bolts များ အားလုံးကို ပြုလုပ်ရမည် ဖြစ်ပြီး၊ လှည့်၍ကျပ်သည့် ထောင့် (rotational angle) သည် အပိုင်း ၅.၆.၅ တွင် သတ်မှတ်ထားသော အတိုင်းအတာ အတွင်း၌ ရှိနေရမည်။ သတ်မှတ်ထားသော rotational angle ထက် လျော့နည်းနေပါက ပြည့်မီအောင် ထပ်မံ တင်းကျပ်ပေးရမည်။ သတ်မှတ် rotational angle ထက် ပိုနေပါက bolt set အသစ်ဖြင့် အစားထိုးပြီး၊ ပြန်ကျပ်ပေးရမည်။

၅.၇ တည်ဆောက်တပ်ဆင်ခြင်း အတွက် လိုအပ်သော စက်ပစ္စည်းများ (ERECTION EQUIPMENT FACILITY)

၅.၇.၁ တပ်ဆင်ရာ၌ တည်ငြိမ်မှုရှိစေခြင်း (Erection Stability)

ယက်မများအား ယာယီ ထောက်မပေးသည့် ငြမ်းများ၊ ယာယီ bracing များ၊ ကရိန်းကို အသုံးပြု၍ ထိန်းထားခြင်း စသည့် နည်းလမ်းများကို တစ်ခုချင်းဖြစ်စေ၊ ပေါင်းစပ်၍ဖြစ်စေ သုံးပြီး တည်ငြိမ်အောင် လုပ်ရမည် ဖြစ်သည်။ ၎င်းကို ထိုယက်မနှင့် ကပ်လျက်ရှိသော အခြားယက်မများ အရေအတွက် လုံလုံလောက်လောက် ကို diaphragms များ၊ cross-frames များဖြင့် တပ်ဆင် ချိတ်ဆက်ပြီးသည် အထိ၊ structure ၏ နေရာအလိုက် တည်ငြိမ်မှု၊ structure တစ်ခုလုံး၏ တည်ငြိမ်မှု ရရှိပြီး၊ structure ကိုယ်တိုင် ပြင်ပ အထောက်အကန်မပါဘဲ ရပ်တည်နိုင်စွမ်း ရှိသည်အထိ၊ လုပ်ရမည် ဖြစ်သည်။

၅.၇.၂ ကရိန်းအချက်အလက်များ

တည်ဆောက်တပ်ဆင်ခြင်း လုပ်ငန်းစီမံချက်များနှင့် လုပ်ငန်းစဉ်များတွင် ကရိန်းအမျိုးအစား၊ ကရိန်းက ဝန်ကိုကောက်ယူရမည့် အကွာအဝေး (pick radius) ၊ ကရိန်းကို ထိန်းထား၊ ထောက်ကန် ထားမည့် နည်းလမ်းများ (ကရိန်းအောက်ခံပြား၊ ဝမ်းပြား ရေယာဉ်၊ အောက်ခံခုံ စသည်) တို့ကို ရွေးချယ်ရန်အတွက်၊ ပင်မ member တစ်ခုချင်းစီအတွက် အသုံးပြုမည့် ကရိန်းတစ်ခုချင်းစီကို ထားမည့် နေရာများနှင့် မ မည့်၊ ထောက်ကန်မည့် ယက်မများကို ချည်မည့်၊ ချိတ်မည့် နည်းလမ်းများကို ဖော်ပြရမည်။

Erection အတွက် အဆိုပြုတင်သွင်းရာတွင် အဆိုပြုထားသည့် လုပ်ငန်းကို လုပ်ကိုင်ရန် လိုအပ်သော ကရိန်းတစ်ခုချင်းစီ၏ အစိတ်အပိုင်း ဖွဲ့စည်း တည်ဆောက်ပုံ၊ boom length ၊ counterweight ဖွဲ့စည်းပုံ၊ ဆန့်ထုတ်နိုင်သည့် ဒေါက်များ (outrigger) ဖွဲ့စည်းပုံ၊ မချီ ရမည့် ဝန်၏ အလေးချိန် တို့ကို ပြည့်ပြည့်စုံစုံ ရှင်းလင်းသရုပ်ပြထားသည့် capacity chart များ၊ ဇယားများ ပါဝင်ရမည်။ ကရိန်း operation အတွက် မြေပေါ်၊ မြေအောက် အတားအဆီး၊ အပိတ်အဆို့များ၊ အကန့်အသတ် (အဆောက်အအုံများ၊ ရေ၊ လျှပ်စစ်ဓာတ်အားလိုင်းများ စသည်) ဖြစ်နိုင်ခြေများကိုလည်း Erection Plans & Procedures တွင် ဖော်ပြထားရမည်။

အဆိုပြုတင်သွင်းခဲ့သည့် ကရိန်းများအား ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းလုပ်ကိုင်သည့် အချိန်တွင် မရရှိနိုင်ပါက၊ ကန်ထရိုက်တာသည် အခြားသော ကရိန်းကို အဆိုပြုနိုင်ပြီး၊ ၎င်းသည် လုပ်ငန်းရှင်၏ သုံးသပ်မှုနှင့် ခွင့်ပြုချက်အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ အခြားသောကရိန်းအတွက် တင်သွင်းရမည့် အစီအစဉ်တွင် အဆိုပြု လုပ်ငန်းအတွက် လိုအပ်သည့် ကရိန်းတစ်ခုချင်းစီ၏ အစိတ်အပိုင်း ဖွဲ့စည်း တည်ဆောက်ပုံများ၊ boom length၊ counterweight ဖွဲ့စည်းပုံများ၊ ဆန့်ထုတ်နိုင်သည့် ဒေါက်များ (outrigger) ဖွဲ့စည်းပုံ၊ မချီ ရမည့် ဝန်၏ အလေးချိန် တို့ကို ပြည့်ပြည့်စုံစုံ ရှင်းလင်းသရုပ်ပြထားသည့် capacity chart များ၊ ဇယားများ ပါဝင်ရမည်။ သို့သော် ၎င်းအတွက် Erection Plans & Procedures, Erection လုပ်ငန်းဆိုင်ရာ တွက်ချက်မှုများကို ပြန်လည် တင်သွင်းရန်မလိုပါ။

Crane supports များ (ကရိန်းအောက်ခံသံပြား၊ ဝမ်းပြားရေယာဉ်၊ လုပ်ငန်းလုပ်ရန် အောက်ခံ) တို့နှင့် ဆက်စပ်သော မည်သည့် စီမံချက်မျိုးကို မဆို ထည့်သွင်းဖော်ပြထားရမည်။ ဤလိုအပ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီပါက၊ စက်ပစ္စည်းကိရိယာများ (အင်ဂျင်နီယာဆိုင်ရာ အကြို လုပ်ငန်းများ အတွက်သုံးသည့်) အတွက် ကုန်ထုတ်လုပ်သူ၏ ထောက်ခံချက် စာရွက်စာတမ်းများ၊ ကိုလည်း အသုံးပြုနိုင်သည်။ ထိုအချက်အလက်များကို Erection Plans & Procedures တွင် ထည့်သွင်းရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ၎င်းသည် လုပ်ငန်းရှင်၏ လေ့လာသုံးသပ်ချက် နှင့် ခွင့်ပြုချက်အပေါ်တွင် မူတည်မည် ဖြစ်သည်။ Crane Supports များအတွက် တွက်ချက်မှုများကိုမူ၊ တိတိကျကျ သတ်မှတ် ဖော်ပြထားခြင်းမျိုး သို့မဟုတ် အထူးကန့်သတ်ချက်များ ပါရှိသည့် အခြေအနေများမှ အပ၊ Erection Plans & Procedures နှင့် တွက်ချက်မှုများတွင် ထည့်သွင်းရန် မလိုပါ။ သို့သော် လုပ်ငန်းရှင်သည် ထိုတွက်ချက်မှုများကို လေ့လာသုံးသပ်နိုင်ရန်နှင့် အတည်ပြုနိုင်ရန်အတွက် မည်သည့်အချိန်တွင်မဆို တောင်းဆိုပိုင်ခွင့် ရှိသည်။

၅.၈ တပ်ဆင်ခြင်း (ERECTION) လုပ်ငန်း ပြီးစီးသည့်နောက် အတိုင်းအတာများကို စစ်ဆေးခြင်း

(၁) တပ်ဆင်ပြီးစီးသည့်နောက်၊ သံမဏိတံတား တွင် ပါဝင်သည့် member များ၏ assembly precision သည် ဒီဇိုင်းအရ သတ်မှတ်ထားသည့် စွမ်းဆောင်မှု (performance) ကို ကိုက်ညီ ပြေလည်စေသည့် အဆင့် ရှိရမည်။

(၂) အပိုဒ် (၃) တွင် ဖော်ပြထားသည်နှင့်အညီ တပ်ဆင်ပါက အပိုဒ် (၁) ကို ပြေလည်သည် ဟု ယူဆနိုင်သည်။

(၃) တပ်ဆင်ပြီးစီးသည့်နောက်၊ တွဲဆက်ထားသည့် member များ၏ assembly precision သည် ဇယား ၅–၇ ပါ ခွင့်ပြုထားသော တန်ဖိုးများနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

Table 5-7 Assembly Precision after the Completion of Erection

Item	Allowable value (mm)
Span length	± (20 + L/5)
Warp	± (25 + L/2)
Alignment	± (10 + 2L/5)

Note: In the formula of allowable value, L is the span length (m) of the main girder and the main structure, respectively.

Table 5-8 Assembly precision of pier after the completion of erection

Item	Allowable value
Standard height	± 20 (mm)
Distance between gate piers	± 20 (mm)
Tilt of column	1/500

တပ်ဆင်ခြင်း (Erection) ပြီးစီးသည့်နောက် လိုအပ်သည့် assembly precision ကို ရရှိနိုင်ခြင်း ရှိမရှိ ကြိုတင် စစ်ဆေးအတည်ပြုသည့်အနေဖြင့်၊ ထုတ်လုပ်မှုကာလအတွင်းတွင် လည်းကောင်း၊ တွဲဆက်ထားသည့် members များအား တပ်ဆင်နေသည့် Erection ကာလအတွင်းတွင် လည်းကောင်း၊ အရွယ်အစား တိကျမှုကို စစ်ဆေးခြင်း (ယာယီတပ်ဆင်ခြင်း၊ Temporary Assembly) ကို ဆောင်ရွက်သည်။

အခန်း ၆. တံတားကြမ်းခင်း (DECK)

၆.၁ အထွေထွေ

တပ်ဆင်ပြီးစီးသော်လည်း load မတင်ရသေးသည့် orthotropic တံတား ကြမ်းခင်းအစိတ်အပိုင်းတိုင်းသည် အတိုင်းအတာ ကွဲလွဲမှု ကန့်သတ်ချက် (tolerance limits) များကို လိုက်နာရမည်ဖြစ်ပြီး၊ အောက်ဖော်ပြပါအခြေအနေများမှအပ၊ AASHTO/AWS D1.5M/D1.5 Bridge Welding Code ၏ အပိုင်း ၃.၅ ပါ ပြဋ္ဌာန်းချက်များအတိုင်း ဖြစ်ရမည်။

(ဤနေရာတွင် အစိတ်အပိုင်း (element) ဟူသည့် စကားရပ်မှာ အကန့် (panels) ၊ ချုပ်တန်း (stiffeners)၊ အနားကွပ်ပြား (flanges) နှင့် အခြားအစိတ်အပိုင်း တစ်ခုချင်းစီကို ဆိုလိုသည်)

- Element ပေါ်ရှိ အမှတ်တစ်ခု၏ အနုစိတ် ရေပြင်ညီမှု (flatness)၊ ဖြောင့်တန်းမှု (straightness)၊ ကွေးမှုခုံးမှု (curvature) တို့၏ deviation ဆိုသည်မှာ ထိုအမှတ်မှ template edge ဆီသို့ ထောင့်မှန်ကျ အကွာအဝေးဖြစ်သည်။ Template edge သည် အနုစိတ်သော ဖြောင့်တန်းမှု သို့မဟုတ် ကွေးမှုခုံးမှုတို့ ရှိထားပြီး၊ တိုင်းတာသည့် element နှင့် အမှတ် နှစ်နေရာတွင် ထိနေရမည်။

- Template edge သည် စစ်ဆေးနေသည့် element ၏ အရှည်ဆုံးအတိုင်းအတာထက် မကျော်လွန်သော အလျားတစ်ခုရှိမည်။ panel အတွက်ဆိုလျှင် panel အတိုဆုံးအလျား၏ ၁ ဆ ခွဲ ထက် မကျော်လွန်ရပါ။ ၎င်းကို element ၏ နယ်သတ်မျဉ်း အတွင်း မည်သည့်နေရာတွင်မဆို ထားနိုင် သည်။

- Template edge နှင့် element တို့ထိတွေ့သည့် ကပ်လျက်အမှတ် ၂ ခု ကြား deviation ကို တိုင်းရမည်။ တိုင်းတာနေသည့် segment အတွက် tolerance limit ကို သတ်မှတ်ရန် ထိုထိမှတ်များကြား အကွာအဝေးကို ပုံသေနည်းထဲတွင် ထည့်သွင်းအသုံးပြုရမည် (ထိုအကွာအဝေးသည် ပုံသေနည်းအတွက် သတ်မှတ်ထားသော element ၏ သက်ဆိုင်ရာ အတိုင်းအတာထက် ပို၍ နည်းသည့်အခါတိုင်း ထည့်သွင်း အသုံးပြုရမည်) ။

(ဤအခန်းတွင် Panel ဟူသော စကားလုံးသည် ချုပ်တန်း (stiffeners), webs, flanges နှင့် plate edges များနှင့် ဘောင်ခတ်ထားသည့် steel plate မျက်နှာပြင်၏ ဧရိယာ (clear area) ဖြစ်ပြီး၊ အလားတူ element များဖြင့် ထပ်မံပိုင်းခြားထားခြင်း မရှိတော့သော အရာဖြစ်သည်။ ဤအခန်း၏ ပြဋ္ဌာန်းချက် များကို တံတား၏ panels များ အားလုံးနှင့် orthotropic-deck သို့မဟုတ် box girders ၏ flanges များကဲ့သို့ တစ်ဖက်တည်းတွင်သာ ချုပ်ထားသည့် plates များအတွက် သုံးရမည်။ ထို plates များတွင် ချုပ်တန်းမပါသည့်ဘက်မှ စုစုပေါင်း clear width နှင့် ချုပ်တန်း ပါသည့်ဘက်မှ ချုပ်တန်းများကြား panel များ ပါဝင်သည်။

၆.၂ PANEL များ၏ ရေပြင်ညီဖြစ်မှု၊ ပြန့်ပြူးညီညာမှု (FLATNESS OF PANELS)

Panel တစ်ခု၏ အနုစိတ်ရေပြင်ညီမှု (detailed flatness) သို့မဟုတ် ကွေးမှု၊ခုံးမှု (curvature) တို့မှ အများဆုံးသွေဖည်ခြင်း (maximum deviation) သည် ၀.၁၈၇၅ လက်မ သို့မဟုတ် အောက်ပါ ပုံသေနည်းမှ δ တန်ဖိုးကို မကျော်လွန်ရ။

$$\delta \leqq \frac{D}{144\sqrt{T}}$$

Where:

D = the least dimension along the boundary of the panel, in.

T = the minimum thickness of the plate comprising the panel, in.

၆.၃ COMPRESSIVE STRESS သက်ရောက်သည့် ORTHOTROPIC-DECK RIB များ အပါအဝင်၊ ဒေါင်လိုက် ချုပ်တန်းများ၏ ဖြောင့်တန်းမှု

Compressive stress သက်ရောက်မည့် ဒေါင်လိုက် web များ သို့မဟုတ် အခြား stiffener များ၏ အလျားနှင့် ထောင့်မှန်ကျ လားရာမှန်သမျှတွင် ရှိသည့် အနုစိတ် ဖြောင့်တန်းမှု (straightness) သို့မဟုတ် ကွေးမှု၊ ခုံးမှု (curvature) ၏ အမြင့်ဆုံး deviation မှာ L/480 ထက် မကျော်လွန်ရပါ။

$$\delta \leqq \frac{L}{480}$$

Where:

L = the length of the stiffener or rib between cross members, webs, or flanges, in.

၆.၄ COMPRESSIVE STRESS မသက်ရောက်သည့် ကန့်လန့်ဖြတ် WEB များနှင့် အခြား ချုပ်တန်းများ၏ ဖြောင့်တန်းမှု

Compressive stress မသက်ရောက်သည့် ကန့်လန့်ဖြတ် web များနှင့် အခြား ချုပ်တန်းများ၏ အလျားနှင့် ထောင့်မှန်ကျ လားရာမှန်သမျှတွင် ရှိသည့် အနုစိတ် ဖြောင့်တန်းမှု (straightness) သို့မဟုတ် ကွေးမှု၊ ခုံးမှု (curvature) ၏ အမြင့်ဆုံး deviation မှာ L/240 ထက် မကျော်လွန်ရပါ။

$$\delta \leqq \frac{L}{240}$$

Where:

L = the length of the stiffener between cross members, webs, or flanges, in.

၆.၅ CLOSED SECTION RIB များ၏ ဂဟေဆော်ထားသည့် အဆက်

(၁) အောက်ခံသံပြား (backing strip) ခံ၍ တေ့ဆက်ဂဟေ (full penetration) ဖြင့်ဆက်သည့် closed rib တစ်ခု၏ joint တွင် backing strip နှင့် အောက်ခြေ material ဖြစ်သည့် closed rib အကြား အဟနေရာတွင် အက်ကြောင်းမဖြစ်ပေါ်စေရန် နှင့် ဂဟေအခြေမှ fatigue crack ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို ကာကွယ်နိုင်သည့် သတ်မှတ် fatigue strength ရှိရန် joint ဆက်ခြင်းကို သေချာ ဆောင်ရွက်ရမည်။

(၂) Backing strip သည် closed rib နှင့် တင်းကျပ်စွာ တွဲဆက်ကပ်ထားရဖြစ်ပြီး၊ ပထမဆုံး ဂဟေအလွှာ မဆော်မီ၊ မြောင်းထိုးထားသော (groove) အပိုင်းကိုသာ အစိတ်အပိုင်းများ တပ်ဆင်ရာတွင် သုံးသည် ဂဟေ (assembly welding) ပြုလုပ်ရမည်။

(၃) သတ်မှတ်ထားသော ဂဟေအရည်အသွေး သေချာရရှိနိုင်သည့် သတ္တုအမျိုးအစားကိုသာ Backing strip အဖြစ် သုံးရမည်။

(၄) ဂဟေအတွက် လိုအပ်သော ထိုးဖောက်သည့် ပမာဏ (Penetration amount) အပြည့်အဝ ရရှိစေမည့် နည်းလမ်းဖြင့်သာ ဆောင်ရွက်မည်။

(၅) Closed rib များ ၏ အဆက် (joint) သည် ယေဘုယျအားဖြင့် ခံနိုင်ရည်အားမြင့်မားသည့် high strength bolt joint ဖြစ်ရမည်။ သို့သော် လိုအပ်ချက်အရ ဆောက်လုပ်ရေး လုပ်ငန်းခွင်၌ ဂဟေဆက်ရသည့်အခါ ထို joint ကို တေ့ဆက်ဂဟေ (full penetration) လုပ်ငန်းနှင့် အညီဆောင်ရွက်ရမည်။ backing strip ပြုလုပ်သည့် နည်းလမ်းနှစ်ခုရှိပါသည်။ Closed rib ၏ ပုံစံပြုလုပ်ထားသော သံပြား (flat bar) ကို သုံးသည့် နည်းလမ်းနှင့် diaphragm ကို တစ်ပါတည်းကပ်နေအောင် လုပ်၍ သုံးသည့် နည်းလမ်း တို့ဖြစ်သည်။ သို့သော်လည်း fatigue test ရလဒ်များမှ ကြည့်လျှင် သံပြား(flat bar)ကို သုံးသည်က ပို၍ကောင်းသည်။ ထို့ကြောင့် သံပြားအသုံးပြုရာတွင် closed rib တွင် အပူမပေးဘဲ ကွေးထားသည့် (cold bending) အစိတ်အပိုင်းနှင့် flat bar လုံလောက်စွာ တွယ်ကပ်ခြင်းမရှိသည့်အခါ ဂဟေသားတွင် အက်ကြောင်းများ ပေါ်လာနိုင်သည်။ အောက်ခံသံပြားသုံးသည့် တေ့ဆက်ဂဟေ (full penetration) ၏ ဂဟေအခြေ ဝန်းကျင်ကို စစ်ဆေးရာတွင်၊ closed rib ကဲ့သို့သော အပိတ် structure ပါဝင်နေပါက၊ non-destructive နည်းလမ်းဖြင့် စစ်ဆေးရန် ခက်ခဲသည်။ ထို့ကြောင့် လိုအပ်သည့် အရည်အသွေး သေချာပေါက် ရရှိစေရန်အတွက် ဂဟေ လုပ်ငန်းခွင် အခြေအနေများကို သေချာထိန်းချုပ် လုပ်ဆောင်ရန် လိုအပ်သည်။ ထို့ကြောင့် မြောင်းဖော်ထားသောနေရာ (groove) ၏အတွင်းမှ တိကျမှုနှင့် ပတ်သက်ပြီး

အောက်ပါ အရည်အသွေးများကို သတ်မှတ် ပြဋ္ဌာန်းထားသည်။ ဂဟေဆက်ခြင်းလုပ်ငန်းကို မှန်မှန်ကန်ကန် ဆောင်ရွက်ခဲ့ပါက ထိုအရည်အသွေးများအတိုင်း ဂဟေသားရရှိနိုင်သည်။

ဂဟေသား အခြေ ၏ အကွာအဝေး (Root distance) : 4 mm _ 8mm

မညီညာမှု (Irregularity) : 1 mm or less

အောက်ခံသံပြားနှင့်ကြား အဟ (Gap with backing strip) : 1 mm or less

(၆) Closed rib များ၏လုပ်ငန်းခွင်၌ ဆက်သည့် ဂဟေများအတွက် fatigue tests ရလဒ်များကို အခြေခံ၍၊ အောက်ခံသံပြားသုံးသည့် တေ့ဆက်ဂဟေများတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် အဓိက အက်ကြောင်း များကို အောက်ပါအတိုင်း ပိုင်းခြားသတ်မှတ်ထားသည်။

- တေ့ဆက် ဂဟေ၏ အခြေ (root) မှ ဂဟေသား bead ၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ဖြစ်ပေါ်သော အက်ကြောင်းများ
- အခင်းပြား (deck plate) ဂဟေသား အနီးဝန်းကျင် ဂဟေ၏ အခြေ (root) မှ ဂဟေသား bead ၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ဖြစ်ပေါ်သော အက်ကြောင်းများ
- အောက်ခံသံပြား (backing strip) တပ်ဆင်ရန် ဂဟေဆက်ရသည့် fillet weld ၏ အခြေ (toe) မှ ဖြစ်ပေါ်သော အက်ကြောင်းများ

ထို့ပြင် closed rib ၏အပူမပါဘဲ ကွေးထားသည့် (cold-bending) အပိုင်းတွင် တွယ်ကပ်မှု အားနည်းသောအခါ၊ ဂဟေဆော်သည့်အချိန်တွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် အက်ကြောင်းသည် fatigue crack ၏ မူလအစ ဖြစ်သွားနိုင်သည်။ Closed rib အတွက် အောက်ခံသံပြား အသုံးပြု၍ တေ့ဆက်ဂဟေ ဆက်ခြင်း လုပ်ငန်းဆောင်ရွက်ရာတွင်၊ ပုံ ၆–၁ ပါ ညွှန်ကြားချက်များအတိုင်း groove အတွင်းကို တပ်ဆင်သည့်ဂဟေ (assembly welding) ဆော်ပြီးသည့် နောက်မှ၊ ပထမဆုံးအလွှာကို ဂဟေဆော်သည့် နည်းလမ်းသည်၊ fatigue strength ပိုမို ကောင်းမွန်စေရန်နှင့် ဂဟေဆော်နေစဉ် အက်ကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို ကာကွယ်ရန် ရှုထောင့်မှ ကြည့်လျှင်၊ ပိုမိုသင့်လျော်သည်ဟု လက်ရှိ စစ်ဆေးလေ့လာမှုများ၏ ရလဒ်များအရ သိရသည်။

(၇) အောက်ခံသံပြား (backing strip) အတွက် ပါးသောသံပြားကို အတော်များများ အသုံးပြုကြသဖြင့် ဂဟေဆက်ထားသည့် အပိုင်းအတွက် rolled steel (SM steel) ကို ရရှိရန် ခက်ခဲသည်။ Rolled steel မဟုတ်သော အခြား သတ္တုပစ္စည်းများကို သုံးပါက၊ ယေဘုယျအားဖြင့် ထိုသတ္တုပစ္စည်း၏

ဂဟေဆက်နိုင်စွမ်း (weldability) နှင့်ပတ်သက်၍ ပြဿနာ တစ်စုံတစ်ရာ ရှိမရှိ ကြိုတင် စစ်ဆေးထားရမည်။

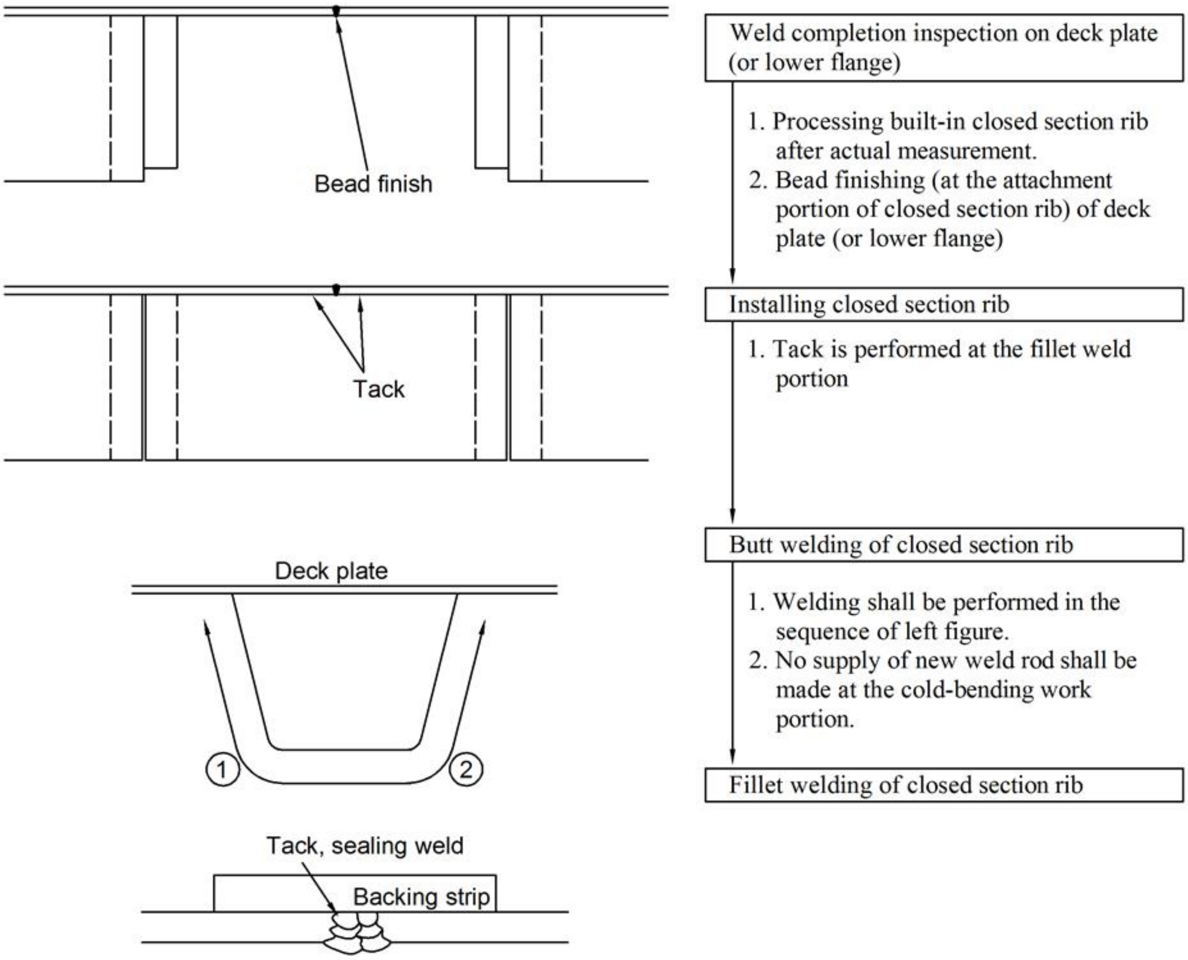


Figure 6-1 Example of Working Instruction on Site Welding of Closed Section Rib

၆.၆ အခင်းပြားအား အလျားလိုက် လားရာအတိုင်း ဂဟေဆက်ခြင်း

(၁) Closed rib နှင့် deck plate ကြား သို့မဟုတ် corner plate နှင့် deck plate ကြားကို ဂဟေဆက်ရာတွင်၊ သတ်မှတ်ထားသည့် throat နှင့် ထိုးဖောက်ခြင်း (penetration) ကို ရမရ စစ်ဆေး အတည်ပြုရမည်။

(၂) ဂဟေဆက်ခြင်း လုပ်ငန်းအတွက် လိုအပ်သော စမ်းသပ်မှု (Welding work test) ကို ပြုလုပ်ရမည်။ သတ်မှတ်ထားသော throat နှင့် penetration ပမာဏကို ရရှိကြောင်း အတည်ပြုပြီးသည့်နောက်၊ စမ်းသပ်မှုဖြင့် အတည်ပြုထားသည့် အခြေအနေများအောက်တွင် ဂဟေဆက်ခြင်းကို ပြုလုပ်ရမည်။

ထို့အပြင် penetration ပမာဏ သေချာရရှိစေရန် အတွက် လိုအပ်ပါက ယေဘုယျအားဖြင့် မြောင်း (groove) ထိုး၍ ပြုလုပ်ရမည်။

(၃) Closed rib နှင့် deck plate အကြား သို့မဟုတ် corner plate နှင့် deck plate အကြား ဂဟေကို စစ်ဆေးရန် material ကို ထိခိုက်မှုမရှိသည့် နည်းလမ်းဖြစ်သည့် ultrasonic testing နည်းလမ်းကို စဉ်းစားနိုင်သည်။ သို့သော် closed rib ဘက်မှ သို့မဟုတ် deck ဘက်မှ angle beam testing ကို ပြုလုပ်သည့်အခါ အပြစ်အနာအဆာများကို ရှာဖွေစစ်ဆေးသည့် အလုပ်သည် အလုပ်သမား အရေအတွက် များစွာ လိုအပ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် လိုအပ်သော penetration ပမာဏကို ရရှိမရရှိ သေချာစေရန် အလို့ငှာ ပြုလုပ်ရန်လိုအပ်သည့် အပြစ်အနာအဆာ စစ်ဆေးမှုကို တိတိကျကျ လုပ်နိုင်ရန်မှာ ခက်ခဲသည်။ ထို့ကြောင့် ဂဟေဆက်သည့် အပိုင်း၏ penetration ပမာဏကို ယေဘုယျအားဖြင့် အမှန်တကယ် ဂဟေဆက်မည့် အခြေအနေများ အတိုင်း စမ်းသပ်မှုကို ကြိုတင်ပြုလုပ်ပြီး အတည်ပြုထားရမည်။ penetration ပမာဏ ဆိုသည်မှာ ပုံ ၆–၂ တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း closed rib ၏ သံပြားအထူ လားရာတွင် ရှိသည့် penetration အနက်ကို ပြောခြင်းဖြစ်သည်။

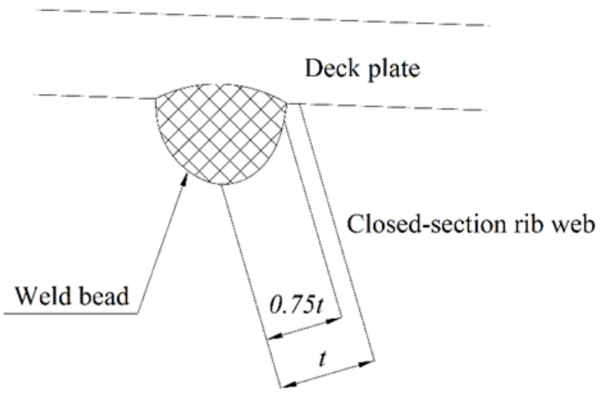


Figure 6-2 Amount of Penetration in the Welding of Longitudinal Rib and Deck Plate

၆.၇ ကြမ်းခင်းပြားရှိ ဂဟေများကို စစ်ဆေးခြင်း (INSPECTION OF DECK PLATE WELDING)

Deck plate ၏ ဂဟေလိုင်းကို ဖြတ်သည့် ထောင့်ဖြတ် rib နှင့် ဒေါင်လိုက် rib များတွင် အနားကွပ်များ (scallop) ကို ထည့်သွင်းသည်။ နှုန်းလွန်အသံလှိုင်းဖြင့် (Ultrasonic) စမ်းသပ်မှုတွင် deck plate ၏ အနောက်ဘက်မှ ပဲ့တင်သံပြန်ခြင်းကို အသုံးပြု၍ အပြစ်အနာအဆာများ ရှာခြင်းအား scallop အပိုင်း၏ ဘောင်ခတ်ထားခြင်း နှင့် fillet weld လုပ်ထားခြင်းတို့ကြောင့် ခက်ခဲစေသည်။ ထို့ကြောင့် deck plate

၏ အနောက်ဘက်မှ ပဲ့တင်သံ ပြန်ခြင်းနှင့် ဂဟေအပိုင်း၌ အပြစ်အနာအဆာ ရှာဖွေသည့် ဇုန် ကို အထူးဂရုပြုသင့်သည်။

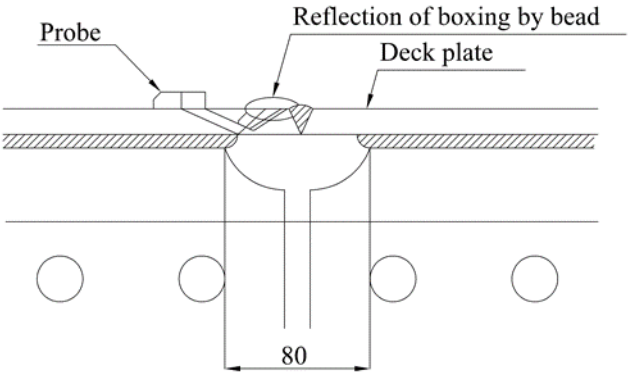


Figure 6-3 Inspection of Deck Plate Welded Portion by Ultrasonic Flaw Detection

ထို့အပြင် ကြမ်းခင်းပြား (Deck plate) ထူပါက submerged arc welding ဖြင့် သမရိုးကျ ဂဟေ တစ်လွှာ၊ တစ်ကြောင်းတည်းဖြင့် ဂဟေဆက်ရန်မှာ ခက်ခဲသည်။ ထို့ကြောင့် ပထမ အလွှာ အတွက် CO2 ကို အကာအတားဓာတ်ငွေ့ အနေဖြင့် သုံး၍ ဆက်သော ဂဟေ (CO2 gas-shield welding) ကို သုံးပြီး နောက်အလွှာများတွင် submerged arc welding ကို သုံးခြင်း စသည်ဖြင့် အလွှာများစွာ ဖွဲ့စည်းထားသည့် ဂဟေဆက်ခြင်းလုပ်ငန်းကို ဆောင်ရွက်နိုင်သည်။ ထိုအခြေအနေမျိုးတွင် ဂဟေဆော်ထားသည့် အပိုင်းအတွက် အရည်အသွေး စစ်ဆေးသည့် sampling rate ကိုဆုံးဖြတ်ရာတွင် အလွှာများစွာဖြင့် ဂဟေဆော်ခြင်း တွင် အပြစ်အနာအဆာ တွေ့ရှိရမှုနှုန်း စသည့် ယခင်က မှတ်တမ်းများကို ထည့်သွင်း စဉ်းစား သင့်သည်။

၆.၈ ထောင့်နေရာရှိ ဂဟေများ (CORNER WELDING)

(၁) ဒေါင်လိုက် rib နှင့် ထောင့်ဖြတ် rib/ထောင့်ဖြတ်တန်း (crossbeam) ဖြတ်သည့်နေရာတွင် ဂဟေဆက်ရာ၌၊ closed rib နှင့် ဒေါင်လိုက် လားရာတွင် ရှိသည့် deck plate တို့၏ ဂဟေ၊ deck plate နှင့် cross rib/crossbeam တို့၏ ဂဟေ၊ closed rib နှင့် cross rib/crossbeam တို့၏ ဂဟေများမှ လားရာ ၃ ခုတွင်ရှိသည့် ဂဟေလိုင်းများ တစ်ခုနှင့်တစ်ခု ဖြတ်သည့် နေရာတွင် သတ်မှတ် ထားသည့် fatigue သေချာရရှိစေမည့် နည်းဖြင့် ဂဟေဆက်ရမည်။

(၂) ဒေါင်လိုက် rib နှင့် deck plate တို့၏ ဂဟေ၊ တည်နေရာတွင် ဒေါင်လိုက် rib web နှင့် ထောင့်ဖြတ် rib web တို့၏ ဂဟေ၊ cross-rib web နှင့် deck plate တို့၏ ဂဟေများ မှ လားရာသုံးဘက်တွင် ရှိသော

ဂဟေလိုင်းများ ဆုံသည့်နေရာများတွင်၊ နေရာလွတ် အမြောက်အမြား မကျန်စေရန်အတွက်၊ cross-rib web ကို ထောင့်တွင်ဖြတ်တောက်ပစ်ပြီး ဂဟေလုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်ရမည်။

(၃) ဂဟေ၏ စမှတ်နှင့် ဆုံးမှတ်သည် ထောင့်ပိုင်းတွင် မဖြစ်ရပါ။ Deck plate ဘက်တွင် scallops များ ထည့်သွင်းပါက လားရာသုံးဘက်ရှိ ဂဟေဆက်ထားသည့် မည်သည့် အပိုင်းတွင်မဆို fatigue crack ဖြစ်ပေါ်နိုင်ခြေရှိသည်။ Scallops မထည့်ခြင်းဖြင့် ထို fatigue crack ပေါ်ခြင်းကို ထိန်းချုပ်နိုင်သည်။ သို့သော် ထောင့်များဖြတ်ထားသည့် (corner cut) အပိုင်း၏ ဂဟေကို ကောင်းမွန်စွာ မလုပ်ထားသည့်အခါ fatigue crack သည် အတွင်းပိုင်း void များမှ စတင်၍ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ဂဟေဆော်ရာတွင် void များ အမြောက်အမြား မကျန်စေရန် အထူးဂရုပြုရမည်။

ထို့အပြင် ဂဟေ၏ အစနှင့်အဆုံးနေရာများသည် ဂဟေ အပြစ်အနာအဆာကို ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သည့် အလားအလာ ရှိသည်။ လားရာသုံးဘက်တွင် ရှိသော ဂဟေလိုင်းများ တစ်ခုနှင့်တစ်ခု ဖြတ်သည့် နေရာတွင် ဂဟေ စမှတ်နှင့် ဆုံးမှတ်များ ရှိပါက fatigue crack ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် အဆိုပါ ဖြတ်သည့် နေရာများတွင် ဂဟေ၏စမှတ်နှင့် ဆုံးမှတ်များ ပြုလုပ်ခြင်းအား ရှောင်ရှားရမည်။ Fatigue strength ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစားထားသည့် ဂဟေလိုင်းများ ဖြတ်သည့် နေရာများနှင့် ဂဟေများ အတွက် စံတန်ဖိုးများကို ပုံ ၆–၄ တွင် ပြသထားသည်။

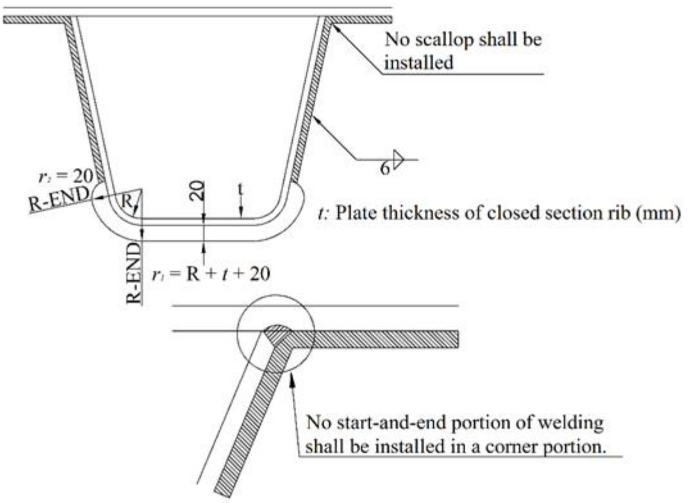


Figure 6-4 Detail of Crossover Portion and Weld

Appendices

Appendix 1 : Standard Items of QC & Inspection Records

Chapter		Items	Check Sheet Title	Inspection		
				Contractor Voluntary	Submit to Supervisor	Supervisor Attendance
1	General					
	1.1	Scope of Application				
	1.2	Construction in General				
	1.3	Execution Plan	Fabrication Plan	○	○	A
			Welding procedure	○	○	A
			Erection Plan	○	○	A
			Working Drawing	○	○	A
			Shop Drawing	○	○	A
			Erection Drawing	○	○	A
			Camber Diagram	○	○	A
2	Steel					
	2.1		Mill Sheets	○	○	B
	2.2		Storing status	○	−	C
3	Fabrication					
	3.1	Working (Processing)	Reference Tape/Plank layout	○	○	A
			Dissection/Cutting	○	−	C
			Bolt Hole	○	−	C
			Strain removal	○	−	C
			Penetration and stop rate of bolt hole	○	−	C
			Cold bent radius	○	−	C
	3.2	Weld	Welding plan, Material	○	−	B
			Management of electrode and flux	○	−	C
			Welder Welding procedure test and results	○	○	A
			Welding control sheet(Pre-heating, Heat gain restriction,	○	−	B
			Flaw inspection, repair	○	−	B
			Non-Destructive Testing	○	○	B
			Attachment and removal of Suspension jig	○	○	B
			Repair of welding flaw	○	○	B
	3.3	Stud Bolt	Material, Dimensions	○	—	C
			visual inspection	○	—	B
	3.4	Bolt Tightening		○	○	B
	3.5	Member Precision	Dimension	○	○	A
	3.6	Assembly Precision	Dimension including temporary assembly precision	○	○	A

3	3.7	Painting	Painting work plan	○	─	A
			Paint Material inspection	○	─	C
			Storing inspection	○	─	C
			Surface treatment inspection	○	─	C
			Environmental inspection	○	─	C
			Stirring inspection	○	─	C
			Maturity and pot life inspection	○	─	C
			Paint film inspection	○	-	B
			Used volume inspection	○	─	C
			Repair paint inspection	○	─	C
			Repaint inspection	○	─	C
			Scaffolding	○	─	C
			Painting work sheet	○	─	C
4	Transportation			○	○	C
5	Erection					
	5.1	Handling & Storing Material		○	○	C
	5.2	Installation of Bearing		○	○	A
	5.3	Erection Procedure		○	○	A
	5.4	Stress & Configuration during Erection	Stress and configuration observation during construction	○	○	A
	5.5	Field Assembly		○	○	A
	5.6	HTB Tightening	Material , Tightening control sheets, Contact surface control, Assembly accuracy	○	○	A
	5.7	Erection Equipment , Facility		○	─	C
	5.8	Inspection of dimensions after completion		○	○	A
6	Deck					
	N	Precast Deck		○	○	A
	6.1	Orthotropic Deck		○	○	A
7	Completion Inspection					
	Ap-1	Loading Test		○	○	A
	Ap-2	Shape Inspection		○	○	A
	AP-	Submission Documents		○	○	A
	○	Necessary				
	—	Not Necessary				
	A	Attend in principle				
	B	Inspect during other inspection				
	C	No need to attend				

Appendix 2 : Fabrication Conforming to AASHTO

Followings are reference when fabrication is complied with AASHTO.

Chapter number is in accordance with AASHTO Construction Specification.

11.4 Fabrication

11.4.1 Identification of Steels during Fabrication

The Contractor's system of assembly-marking individual pieces, and the issuance of cutting instructions to the shop shall be such as to maintain identity of the original piece.

The Contractor may furnish material that can be identified by heat number and mill test report from stock. During fabrication, up to the point of assembling members, each piece of steel, other than Grade 36 (Grade 250) steel, shall show clearly and legibly its specification.

Any piece of steel, other than Grade 36 (Grade 250) steel, which will be subject to fabricating operations such as blast cleaning, galvanizing, heating for forming, or painting which might obliterate marking prior to assembling into members, shall be marked for grade by steel die stamping or by a substantial tag firmly attached. Steel die stamps shall be low stress-type.

Upon request by the Engineer, the Contractor shall furnish an affidavit clarifying that throughout the fabrication operation the identification of steel has been maintained in accordance with this specification.

11.4.2 Storage of Materials

Structural material, either plain or fabricated, shall be stored above the ground on platforms, skids, or other supports. It shall be kept free from dirt, grease, and other foreign matter, and shall be protected as far as practicable from corrosion. Storage of high-strength fasteners shall conform to Article 11.5.6.4, "Installation."

11.4.3 Plates

11.4.3.1 Direction of Rolling

Unless otherwise specified in the contract documents, steel plates for main members and splice plates for flanges and main tension members, not secondary members, shall be cut and fabricated so that the primary direction of rolling is parallel to the direction of the main tensile and/or compressive stresses.

11.4.3.2 Plate-Cut Edges

11.4.3.2.1 Edge Planning

Sheared edges of plate more than 0.625 in. in thickness and carrying calculated stress shall be planed, milled, ground, or thermal-cut to a depth of 0.25 in.

11.4.3.2.2 Oxygen Cutting

Oxygen cutting of structural steel shall conform to the requirements of the current AASHTO/ AWS DI 1.5M/D 1.5 *Bridge Welding Code*.

11.4.3.2.3 Visual Inspection and Repair of Plate- Cut Edges

Visual inspection and repair of plate-cut edges shall be in accordance with the current AASHTO/ AWS

D1.5M/D l .5 *Bridge Welding Code*.

11.4.3.3 Bent Plates

11.4.3.3.1 General

Cold-bending of fracture-critical steels and fracture- critical members is prohibited. Perform cold-bending of other steels or members, in accordance with the AASHTO/AWS D 1.5M/D 1.5 *Bridge Welding Code* and Table 11.4.3.3-1 and in a manner such that no cracking occurs.

Unless otherwise approved, the minimum bend radii for cold-forming (at room temperature), measured to the concave face of the plate are given in Table 11.4.3.3-1. If a smaller radius is required, heat may need to be applied as a part of the bending procedure. Provide the heating procedure for review by the Engineer. For grades not included in Table 11.4.3.3-1, follow minimum bend radii recommendations of the plate producer.

If possible, orient bend lines perpendicular to the direction of final rolling of the plate. If the bend line is parallel to the direction of final rolling, multiply the suggested minimum radii in Table 11.4.3.3-1 by 1.5.

Table 11.4.3.3-1 Minimum Cold-Bending Radii

	Thickness, in. (t)			
AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A709M) Grades: ksi	Up to 0.75	Over 0.75 to 1.0, incl.	Over 1.0 to 2.0, incl.	Over 2.0
36	1.5t	1.5t	1.5t	2.0t
50, 50S, 50W, or HPS 50W	1.5t	1.5t	2.0t	2.5t
HPS 70W	1.5t	1.5t	2.5t	3.0t
HPS 100W	1.75t	2.25t	4.5t	5.5t

11.4.3.3.2 Hot-Bending

If a radius shorter than the minimum specified for cold-bending is essential, the plates shall be bent hot at a temperature not greater than 1200°F, except for AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A709M), Grades HPS 70W and HPS 100W (Grades HPS 485W and HPS 690W) for which plates shall be bent hot at a temperature not greater than 1l00°F.

11.4.4 Fit of Stiffeners

End bearing stiffeners for girders and stiffeners intended as supports for concentrated loads shall have full bearing (either milled, ground, or on weldable steel in compression areas of flanges, welded as specified in the contract documents) on the flanges to which they transmit load or from which they receive load. Intermediate stiffeners not intended to support concentrated loads, unless specified in the contract documents otherwise, shall have a tight fit against the compression flange.

11.4.5 Abutting Joints

Abutting ends in compression members of trusses and columns shall be milled or saw-cut to give a

square joint and uniform bearing. At other joints, not required to be faced, the opening shall not exceed 0.375 in.

11.4.6 Facing of Bearing Surfaces

The surface finish of bearing, base plates, and other bearing surfaces that are to come in contact with each other or with concrete shall meet the ANSI surface roughness requirements as defined in ANSI B46.l, Surface Roughness, Waviness, and Lay, Part I:

Table 11.4.6-1 Facing of Bearing Surface

Steel slabs	ANSI 2000 µin. (50 µm) (RMS)
Heavy plates in contact in shoes to be welded	ANSI 1000µm (25µm) RMS
Milled ends of compression members, milled or ground ends of stiffeners and fillers	ANSI 500 µm. (12.5µm) RMS
Bridge rollers and rockers	ANSI 250 µin. (6.3 µm) (RMS)
Pins and pin holes	ANSI 125 µin. (3.2 µm) (RMS)
Sliding bearings	ANSI 125 µin. (3.2 µm) (RMS)

11.4.7 Straightening Material

The straightening of plates, angles, other shapes, and built-up members, when permitted by the Engineer, shall be done by methods that will not produce fracture or other injury to the metal. Distorted members shall be straightened by mechanical means or, if approved by the Engineer, by carefully planned procedures and supervised application of a limited amount of localized heat, except that heat-straightening of AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A709M) Grades HPS 70W and HPS 100W.

(Grades HPS 485W and HPS 690W) steel members shall be done only under rigidly controlled procedures, each application subject to the approval of the Engineer. In no case shall the maximum temperature exceed values in Table1 11.4.7-1.

Table 11.4.7-1 Maximum Straightening Temperature

AASHTO M270M/M 270 (ASTM A709/A709M) Grades	Temperature
HPS 70W	1100°F
HPS 100W	1100°F

In all other steels, the temperature of the heated area shall not exceed 1200°F as controlled by temperature indicating crayons, liquids, or bimetal thermometers. Heating in excess of the limits shown shall be cause for rejection, unless the Engineer allows testing to verify material integrity.

Parts to be heat-straightened shall be substantially free of stress and from external forces, except stresses resulting from mechanical means used in conjunction with the application of heat.

Evidence of fracture following straightening of a bend or buckle will be cause for rejection of the damaged piece.

11.4.8 Bolt Holes

11.4.8.1 Holes for High-Strength Bolts and Unfinished Bolts

(1) General

All holes for bolts shall be either punched or drilled, except as noted herein. The width of each standard hole shall be the nominal diameter of the bolt plus 0.0625 in. The standard hole diameter for metric bolts M24 and smaller shall be the nominal diameter of the bolt plus 2 mm. For metric bolts M27 and larger, the standard hole diameter shall be the nominal diameter of the bolt plus 3 mm.

Except as noted in the articles below, material forming parts of a member composed of not more than five thicknesses of metal may be punched full-size.

When more than five thicknesses of material are joined or, as required by Article 11.4.8(5), material shall be sub-drilled or sub-punched and then reamed full-size, or drilled full-size while in assembly.

When required, all holes shall be either sub-punched or sub-drilled 0.1875 in. smaller and, after assembling, reamed or drilled to full size.

Holes in cross frames, lateral bracing components, and the corresponding holes in connection plates between girders and cross frames or lateral components may be punched full size. Holes in longitudinal main load-carrying members, transverse floor beams, and any components designated as fracture critical (FCMs) shall not be punched full-size.

When shown in the contract documents, enlarged or slotted holes are allowed with high-strength bolts.

With the owner's approval, round or slotted holes for non-main members in thin plate may be thermally cut by plasma, laser, or oxygen-acetylene methods subject to the requirements herein.

(2) Punched Holes

If any holes must be enlarged to admit the bolts, such holes shall be reamed. Holes must be clean-cut without torn or ragged edges. The slightly conical hole that naturally results from punching operations shall be considered acceptable.

(3) Reamed or Drilled Holes

Reamed or drilled holes shall be cylindrical, perpendicular to the member, and shall comply with the requirements of Article 11.4.8.1(1) as to size. Where practical, reamers shall be directed by mechanical means. Burrs on the outside surfaces shall be removed. Reaming and drilling shall be done with twist drills, twist reamers, or rotabroach cutters. Connecting parts requiring reamed or drilled holes shall be assembled and securely held while being reamed or drilled and shall be match-marked before disassembling.

(4) Accuracy of Holes

Holes not more than 0.03125 in. larger in diameter than the true decimal equivalent of the nominal diameter that may result from a drill or reamer of the nominal diameter shall be considered acceptable. The width of slotted holes which are produced by thermal cutting or a combination of drilling or punching and thermal cutting should be not more than 0.03125 in. greater than the nominal width. The thermally-cut surface shall be ground smooth to obtain a maximum surface roughness of ANSI 1000

μin.

11.4.8.2 Accuracy of Hole Group

(1) Accuracy before Reaming

All holes punched full-size, sub-punched, or sub-drilled shall be so accurately punched that after assembling (before any reaming is done) a cylindrical pin 0.125 in. smaller in diameter than the nominal size of the punched hole may be entered perpendicular to the face of the member, without drifting, in at least 75 percent of the contiguous holes in the same plane. If the requirement is not fulfilled, the badly punched pieces shall be rejected. If any hole will not pass a pin 0.1875 in. smaller in diameter than the nominal size of the punched hole, this shall be a cause for rejection.

(2) Accuracy after Reaming

When holes are reamed or drilled, 85 percent of the holes in any contiguous group shall, after reaming or drilling, show no offset greater than 0.03125 in. between adjacent thicknesses of metal.

All steel templates shall have hardened steel bushings in holes accurately dimensioned from the centerlines of the connection as inscribed on the template. The centerlines shall be used in locating accurately the template from the milled or scribed ends of the members.

(3) Numerically-Controlled Drilled Field Connections

In lieu of sub-sized holes and reaming while assembled, or drilling holes full-size while assembled, the Contractor shall have the option to drill or punch bolt holes full-size in unassembled pieces and/or connections including templates for use with matching sub-sized and reamed holes, by means of suitable numerically-controlled (N/C) drilling or punching equipment. Full-size punched holes shall meet the requirements of Article 11.4.8.1.

If N/C drilling or punching equipment is used, the Contractor shall be required to demonstrate the accuracy of this drilling or punching procedure in accordance with the provisions of "Check Assembly- Numerically-Controlled Drilling," by means of check assemblies.

Holes drilled or punched by N/C equipment shall be drilled or punched to appropriate size either through individual pieces or drilled through any combination of pieces held tightly together.

(4) Holes for Ribbed Bolts, Turned Bolts, or Other Approved Bearing-Type Bolts

All holes for ribbed bolts, turned bolts, or other approved bearing-type bolts shall be sub-punched or sub-drilled 0.1875 in. smaller than the nominal diameter of the bolt and reamed when assembled, or drilled to a steel template or, after assembling, drilled from the solid at the option of the Fabricator. In any case, the finished holes shall provide a driving fit as specified in the contract documents.

(5) Preparation of Field Connections

Holes in all field connections and field splices of main member of trusses, arches, continuous-beam spans, bents, towers (each face), plate girders, and rigid frames shall be sub-punched or sub-drilled and subsequently reamed while assembled or drilled full-size through a steel template while assembled. Holes in cross frames, lateral bracing components, and the corresponding holes in connection plates between girders and cross frames or lateral components may be punched full size.

Holes in longitudinal main load-carrying members, transverse floor beams, and any components designated as fracture critical (FCMs) shall not be punched full-size. Holes for field splices of rolled beam stringers continuous over floor beams or cross frames may be drilled full-size unassembled to a steel template. All holes for floor beams or cross frames may be drilled full-size unassembled to a steel template, except that all holes for floor beam and stringer field end connections shall be sub-punched and reamed while assembled or drilled full-size to a steel template. Reaming or drilling full-size of field-connection holes through a steel template shall be done after the template has been located with utmost care as to position and angle and firmly bolted in place. Templates used for reaming matching members or the opposite faces of a single member shall be exact duplicates. Templates used for connections on like parts or members shall be so accurately located that the parts or members are duplicates and require no match-marking.

For any connection, in lieu of sub-punching and reaming or sub-drilling and reaming, the fabricator may, at the Fabricator's option, drill holes full-size with all thicknesses or material assembled in proper position.

11.4.9 Pins and Rollers

(1) General

Pins and rollers shall be accurately turned to the dimensions shown on the drawings and shall be straight, smooth, and free from flaws. Pins and rollers more than 9.0 in. in diameter shall be forged and annealed. Pins and rollers 9.0 in. or less in diameter may be either forged and annealed or cold-finished carbon-steel shafting.

In pins larger than 9.0 in. in diameter, a hole not less than 2.0 in. in diameter shall be bored full-length along the axis after the forging has been allowed to cool to a temperature below the critical range, under suitable conditions to prevent injury by too rapid cooling, and before being annealed.

(2) Boring Pin Holes

Pin holes shall be bored true to the specified diameter, smooth and straight, at right angles with the axis of the member and parallel with each other unless otherwise required. The final surface shall be produced by a finishing cut.

The diameter of the pin hole shall not exceed that of the pin by more than 0.02 in. for pins 5.0 in. or less in diameter, or by 0.03125 in. for larger pins.

The distance outside to outside of end holes in tension members and inside to inside of end holes in compression members shall not vary from that specified more than 0.03125 in. Boring of pin holes in built-up members shall be done after the member has been assembled.

(3) Threads for Bolts and Pins

Threads for all bolts and pins for structural steel construction shall conform to the United Standard Series UNC ANSI B 1.1, Class 2A for external threads and Class 2B for internal threads, except that pin ends having a diameter of 1.375 in. or more shall be threaded six threads to the inch (metric screw threads-M Profile ANSI BI.13M with a tolerance Class 6G for external threads and 6H for internal

threads).

11.4.10 Eyebars

Pin holes may be flame-cut at least 2.0 in. smaller in diameter than the finished pin diameter. All eyebars that are to be placed side by side in the structure shall be securely fastened together in the order that they will be placed on the pin and bored at both ends while so clamped. Eyebars shall be packed and match-marked for shipment and erection. All identifying marks shall be stamped with steel stencils on the edge of one head of each member after fabrication is completed so as to be visible when the bars are nested in place on the structure. Steel die stamps shall be low stress-type. No welding is allowed on eyebars or to secure adjacent eyebars.

The eyebars shall be straight and free from twists and the pin holes shall be accurately located on the centerline of the bar. The inclination of any bar to the plane of the truss shall not exceed a slope of 0.5 percent. The edges of eyebars that lie between the transverse centerline of their pin holes shall be cut simultaneously with two mechanically operated torches abreast of each other, guided by a substantial template, in such a manner as to prevent distortion of the plates.

11.4.11 Annealing and Stress Relieving

Structural members which are indicated in the contract documents to be annealed or normalized shall have finished machining, boring, and straightening done subsequent to heat treatment. Normalizing and annealing (full annealing) shall be as specified in ASTM A941. The temperatures shall be maintained uniformly throughout the furnace during the heating and cooling so that the temperature at no two points on the member will differ by more than 100°F at any one time.

Members of AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A 709M) Grades HPS 70W and HPS 100W (Grades HPS 485W and HPS 690W) steels shall not be annealed or normalized and shall be stress relieved only with the approval of the Engineer after consultation with the material producers.

A record of each furnace charge shall identify the pieces in the charge and show the temperatures and schedule actually used. Proper instruments, including recording pyrometers, shall be provided for determining at any time the temperatures of members in the furnace. The records of the treatment operation shall be available to and meet the approval of the Engineer. The holding temperature for stress relieving shall be in accordance with Section 4.4 of the current AASHTO/ AWS D1.5M/D1.5 *Bridge Welding Code*.

Members, such as bridge shoes, pedestals, or other parts that are built up by welding sections of plate together shall be stress relieved in accordance with the procedure of Section 4.4 of the current AASHTO/ AWS D 1.5M/D 1.5 *Bridge Welding Code*, when required by the contract documents.

11.4.12 Curved Girders

11.4.12.1 General

Flanges of curved, welded girders may be cut to the radii specified in the contract documents or curved by applying heat as specified in the succeeding articles providing the radii is not less than allowed by Article 10.15.2, "Minimum Radius of Curvature," of the AASHTO *Standard Specifications for*

Highway Bridges, 17th Edition, Design Specifications.

11.4.12.2 Heat-Curving Rolled Beams and Welded Girders

(1) Materials

Structural steels conforming to AASHTO M 270M/M 270 (ASTM A709/A709M), Grade 36, 50, 50S, 50W, HPS 50W, HPS 70W, or HPS 100W (Grade 250, 345, 345S, 345W, HPS 345W, HPS 485W, or HPS 690W) may be heat-curved.

(2) Type of Heating

Beams and girders may be curved by either continuous or V-type heating as approved by the Engineer. For the continuous method, a strip or intermittent strips along the edge of the top and bottom flange shall be heated approximately simultaneously depending on flange widths and thicknesses; the strip shall be of sufficient width and temperature to obtain the required curvature. For the V-type heating, the top and bottom flanges shall be heated in truncated triangular or wedge-shaped areas having their base along the flange edge and spaced at regular intervals along each flange; the spacing and temperature shall be as required to obtain the required curvature and heating shall progress along the top and bottom flange at approximately the same rate.

For the V-type heating, the apex of the truncated triangular area applied to the inside flange surface shall terminate just before the juncture of the web and the flange is reached. To avoid unnecessary web distortion, special care shall be taken when heating the inside flange surfaces (the surfaces that intersect the web) so that heat is not applied directly to the web. When the radius of curvature is 1000 ft or more, the apex of the truncated triangular heating pattern applied to the outside flange surface shall extend to the juncture of the flange and web. When the radius of curvature is less than 1000 ft, the apex of the truncated triangular heating pattern applied to the outside flange surface shall extend past the web for a distance equal to one-eighth of the flange width or 3.0 in., whichever is less. The truncated triangular pattern shall have an included angle of approximately 15 to 30 degrees but the base of the triangle shall not exceed 10.0 in. Variations in the patterns prescribed above may be made with the approval of the Engineer.

For both types of heating, the flange edges to be heated are those that will be on the inside of the horizontal curve after cooling. Heating both inside and outside flange surfaces is only mandatory when the flange thickness is 1.25 in. or greater, in which case, the two surfaces shall be heated concurrently. The maximum temperature shall be prescribed as follows.

(3) Temperature

The heat-curving operation shall be conducted in such a manner that the temperature of the steel does not exceed 1200°F for Grades 36, 50, 50S, 50W, and HPS 50W (Grades 250, 345, 345S, 345W, and HPS 345W); and 1100°F for Grades HPS 70W and HPS 100W (Grades HPS 485W and HPS 690W) as measured by temperature-indicating crayons or other suitable means. The girder shall not be artificially cooled until after naturally cooling to 600°F. The method of artificial cooling shall be subject to the approval of the Engineer.

(4) Position for Heating

The girder may be heat-curved with the web in either a vertical or a horizontal position. When curved in the vertical position, the girder shall be braced or supported in such a manner that the tendency of the girder to deflect laterally during the heat-curving process will not cause the girder to overturn.

When curved in the horizontal position, the girder shall be supported near its ends and at intermediate points, if required, to obtain a uniform curvature; the bending stress in the flanges due to the dead load of the girder and externally applied loads shall not exceed the usual allowable design stress. When the girder is positioned horizontally for heating, intermediate safety catch blocks shall be maintained at the mid-length of the girder within 2.0 in. of the flanges at all times during the heating process to guard against a sudden sag due to plastic flange buckling.

(5) Sequence of Operations

The girder shall be heat-curved in the fabrication shop before it is painted. The heat-curving operation may be conducted either before or after all the required welding of transverse intermediate stiffeners is completed. However, unless provisions are made for girder shrinkage, connection plates and bearing stiffeners shall be located and attached after heat-curving. If longitudinal stiffeners are required, they shall be heat-curved or oxygen-cut separately and then welded to the curved girder. When cover plates are to be attached to rolled beams, they may be attached before heat-curving if the total thickness of one flange and cover plate is less than 2.5 in. and the radius of curvature is greater than l 000 ft. For other rolled beams with cover plates, the beams shall be heat-curved before the cover plates are attached; cover plates shall be either heat-curved or oxygen-cut separately and then welded to the curved beam.

(6) Camber

Girders shall be cambered before heat-curving. Camber for rolled beams may be obtained by heat-cambering methods approved by the Engineer. For plate girders, the web shall be cut to the prescribed camber with suitable allowance for shrinkage due to cutting, welding, and heat-curving. However, subject to the approval of the Engineer, moderate deviations from specified camber may be corrected by a carefully supervised application of heat.

(7) Measurement of Curvature and Camber

Horizontal curvature and vertical camber shall be measured for final acceptance after all welding and heating operations are completed and the flanges have cooled to a uniform temperature. Horizontal curvature shall be checked with the girder in the vertical position.

Appendix 3 : Loading Test

1. Purpose of the Test

The purpose of the test is to verify the theoretical strength or rigidity of the proposed structure and also to verify if the load distribution in the structure is as predicted in the analysis. At the same time, the test will reveal any unusual structural behavior which is not accounted for in the analysis. Loading test is carried out after completion and before service.

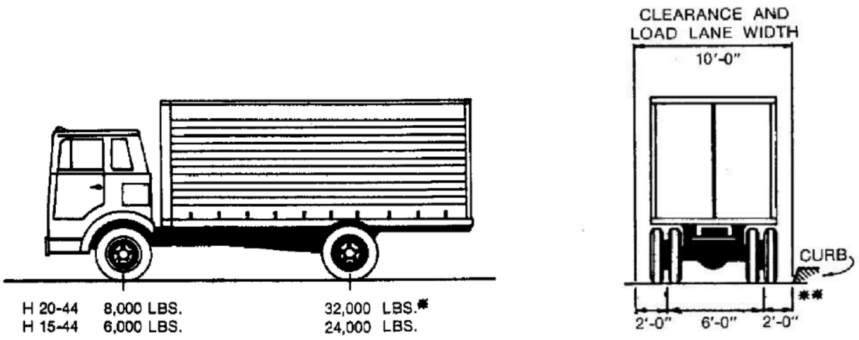
2. Design Live Loads

Static live load

There are some design live loads in Myanmar. Those are,

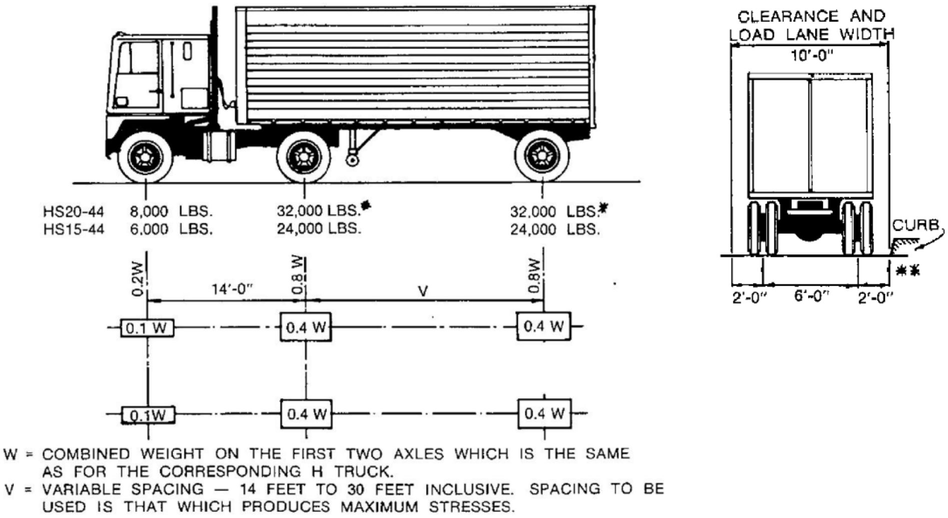
(1) Truck Loading

1)-1 H truck



(a)-1 H Truck

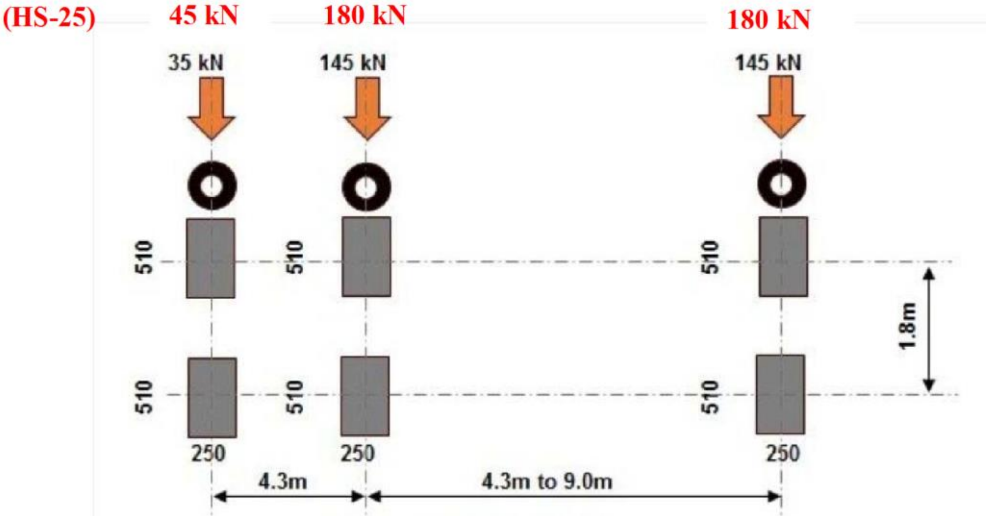
1)-2 HS 20 or HL 93 Truck



(a)-2 HS Truck

1)-3 HS-25 Truck

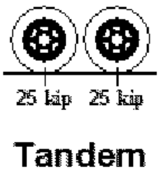
Hs-25 Loading = 1.25×HS-20



(2) Tandem Loading

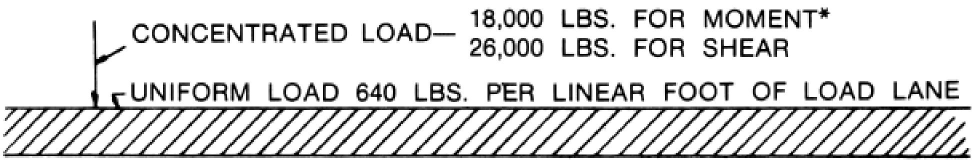
HS 20-44

HL93



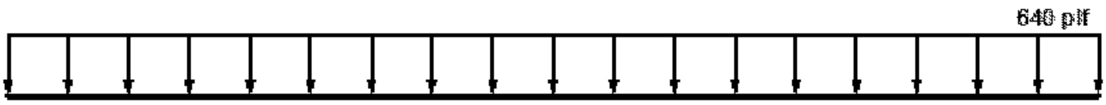
(3) Lane Loading

3)-1 HS20-44



H20-44 LOADING
HS20-44 LOADING

3)-2 HL93

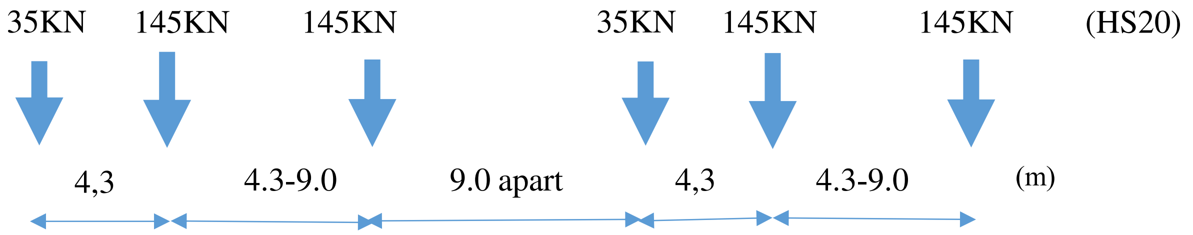


Lane Load

(4) Truck load loading

4)-1 HS 20-44 and HS25-44

a. Truck Train Axle Distance



4)-2 HL93

As for truck load, 1 Vehicle /lane.

(5) Combination of Live Load

Loading Case	(a) HS20-44	(b) HS25-44	(c) HL93
(1)	Truck Train Load	Truck Train Load	Single Track Load +Lane Load
(2)	Single Tandem Load	-	Single Tandem Load + Lane Load
(3)	Lane Load	-	-
(4) Impact (Not applied to lane load)	50/(L+125) = 0.3	50/(L+125) = 0.3	0.33

Comparison of Load Intensity for Bridge 2-lane, 40m span.

(a) HS20-44

(1) Truck train Load 325*2*2*1.3 = 1690KN

(2) Single Tandem Load 24kips*2*4.4KN/kips*n*1.3 = 274KN*n

(3) Lane Load (18Klb*4.4KN/kips*2=158KN) + (9.3KN*2*40=744KN) = 902KN

(b) HS25-44

(1) Truck Train Load (45+2*180) *2*2*1.3 = 2106KN

(c) HL93

(1) Single Truck Load +Lane Load (325*2*1.33=865KN) + (9.3KN*2*40=744KN)=1609KN

(2) Single Tandem Load +Lane Load (25kips*2*4.4KN/kips*1.33=293KN) + (9.3KN*2*40=744KN) =1037KN

3. Measurement Items

Measurement items are as follows:

1) Static Measurement
   a. Vertical deflection
   b. Stresses as necessary
   c. Expansion and contraction due to temperature change
2) Vibration Test
   a. Fundamental natural periods and modes

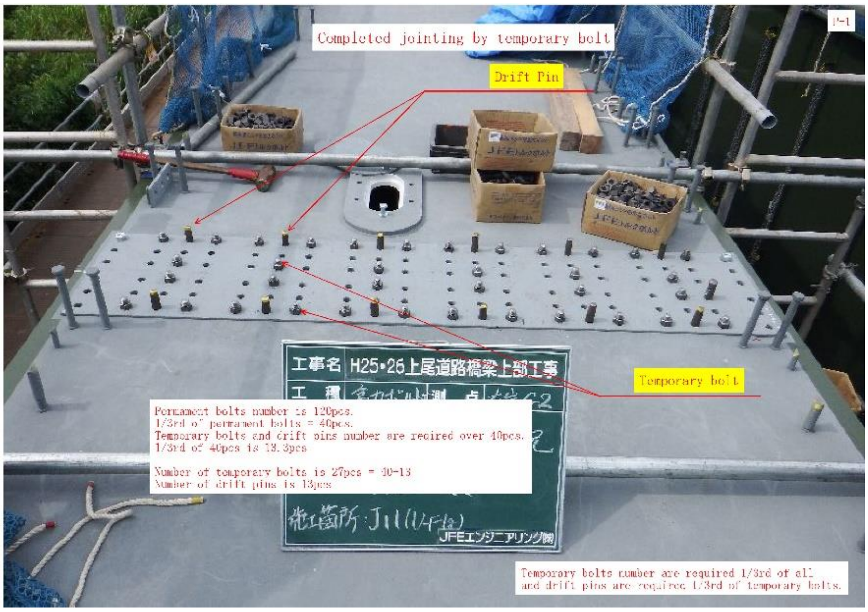
4. Measurement method

1) Static measurement
   a. Live load for static measurement is **the design load without impact in principle.** In case, no design truck is available at the loading test site, equivalent truck loading can be applied.
   b. Contraction and expansion amount are measured with use of temperature change of night time and day time.
2) Vibration Test

Vibration test is applied for long span bridges.

Appendix 4 : Work Procedure for Bolt

1. Temporary fixing

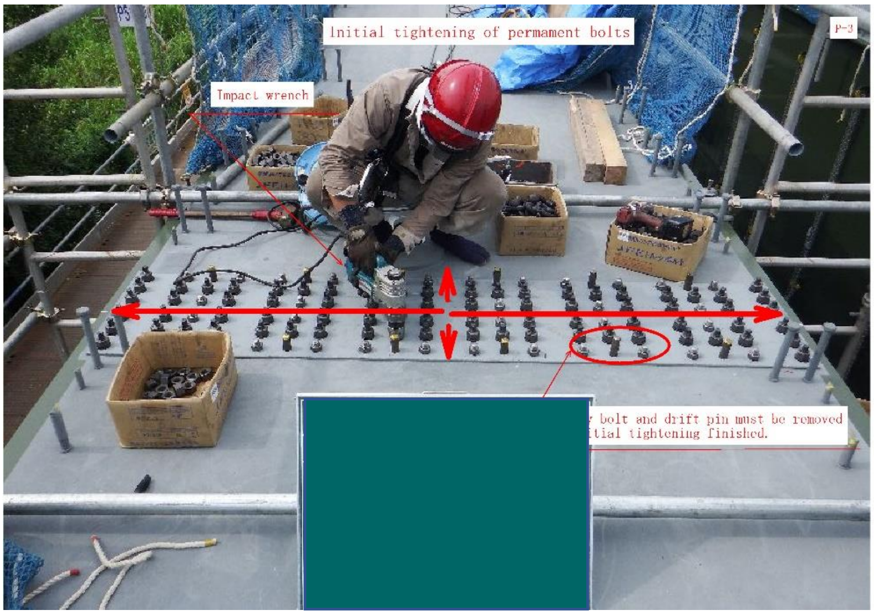


- Drift pins are firstly driven. If pilot holes are determined in factory, drift pins are driven first into the pilot holes.
- Service bolts are installed into inner holes to outer holes

2. Inserting actual bolts

- Permanent bolts are inserted into the empty holes.

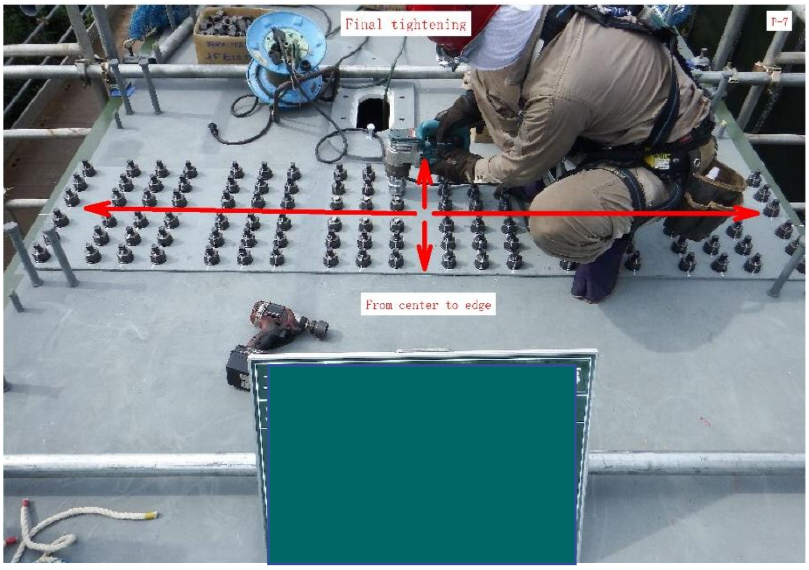
3. Initial tightening



- Initial tightening is done from inward to outward until 60% of target axial force by impact wrench.
- Temporary bolts and drift pins must be removed after initial tightening finish.
- Temporary bolts shall be removed first and drift pin shall be second.

4. Marking

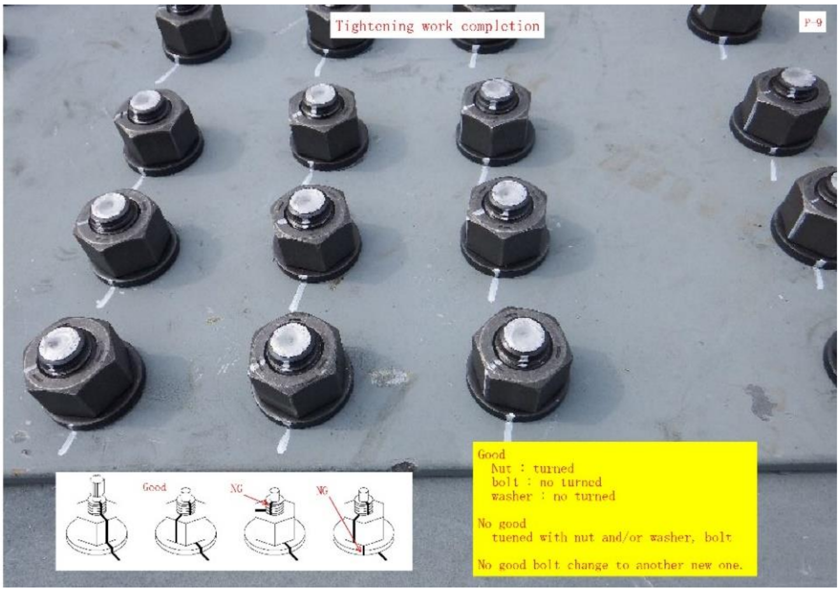
5. Secondary tightening



- Secondary tightening is done from inward to outward till 100% target axial force or pin tail cut by bolt tightener.

6. Inspection after tightening

- Torque control method
  - ➢ Induced torque is measured by torque wrench.
  - ➢ Confirmation of marking.
- Torshear bolt method



- Confirmation of marking.
- Confirmation of marking and pin tail cut.