လမ်းတံတားဆိုင်ရာ နည်းပညာစွမ်းဆောင်ရည် ဖွံ့ဖြိုးတိုးတက်ရေး စီမံကိန်း၊

ပြည်ထောင်စုသမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော်

(၂၀၁၆– ၂၀၁၉)

ကြိုတင်အားဖြည့် ကွန်ကရစ်ယက်မ

အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေး လက်စွဲ

(ပထမအကြိမ်ထုတ်ဝေမှု)

၂၀၁၉ ခုနှစ်၊ ဧပြီလ

ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန၊ ပြည်ထောင်စုသမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော်

ဂျပန်နိုင်ငံ အပြည်ပြည်ဆိုင်ရာ ပူးပေါင်းဆောင်ရွက်ရေး အေဂျင်စီ

<u>အမှာစကား</u>

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 ဆွေးနွေးမှုမှတ်တမ်း (Record of Discussion) ကို ၂၀၁၆ခုနှစ်၊ ဇန်နဝါရီလ၌ သဘောတူ လက်မှတ်ရေးထိုးနိုင်ခဲ့ပါသည်။

တံတားများနှင့် ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ တည်ဆောက်ရာတွင် အရည်အသွေးနှင့် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး ဆောင်ရွက်ချက်များ တိုးတက်ကောင်းမွန်လာစေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့်၊ ဤစီမံကိန်းကို ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာနမှ ဝန်ထမ်းများနှင့် JICA ကျွမ်းကျင်ပညာရှင်တို့ ပူးပေါင်းကာ ၂၀၁၆ ခုနှစ်မှစတင်၍၊ 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)

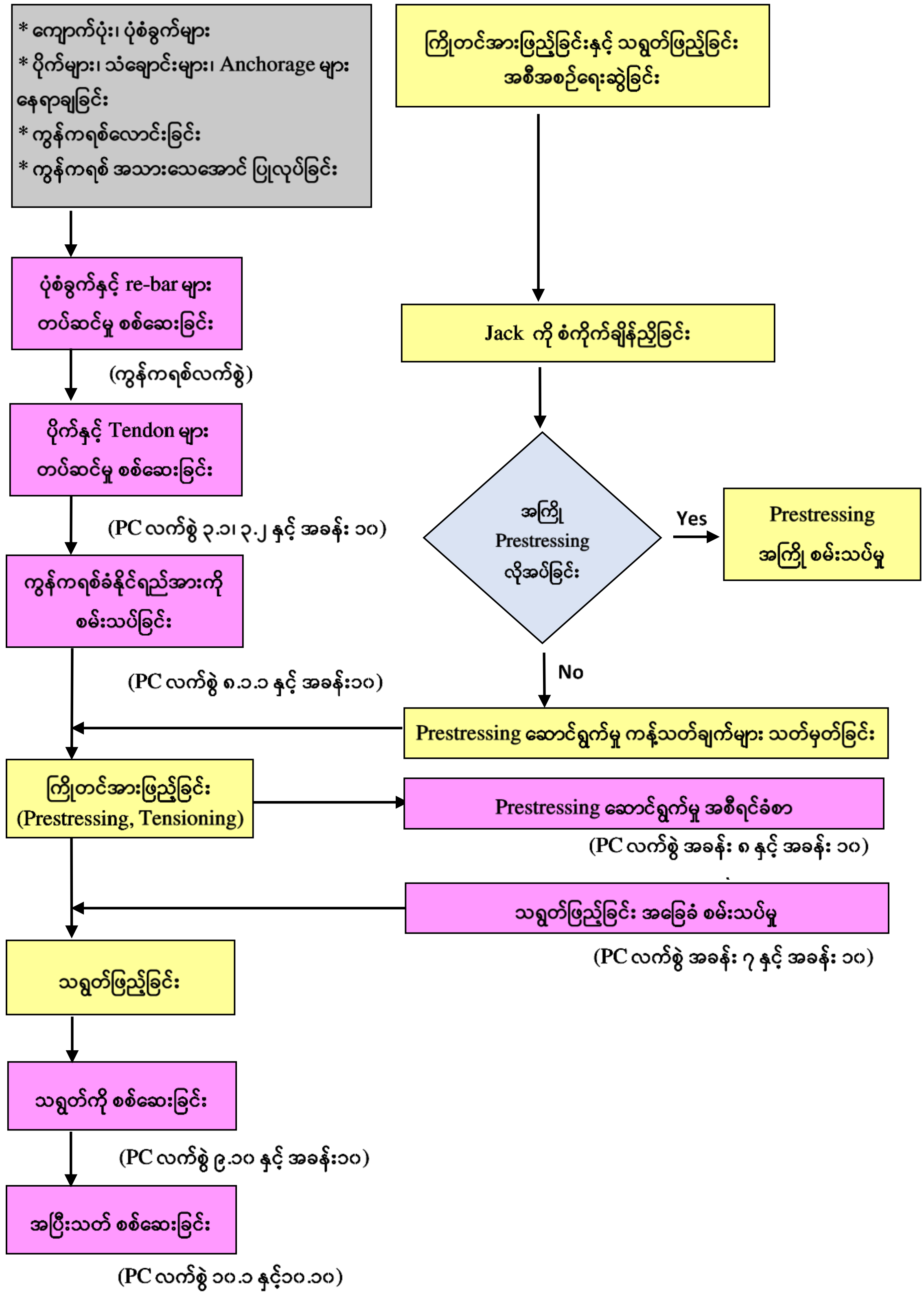
5) The Guidance for the Management of Safety for Construction Works in Japanese ODA Projects (2014, JICA)

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)

ကြိုတင်အားဖြည့် ကွန်ကရစ်ယက်မ အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေးလက်စွဲ FLOWCHART



ကြိုတင်အားဖြည့် ကွန်ကရစ်ယက်မ

မာတိကာ

အခန်း ၁. အထွေထွေ 1

အခန်း ၂. ပစ္စည်းများ (Materials) 7

အခန်း ၃. ပိုက်များ (Ducts)၊ Steel နှင့် Anchourage Hardware များကို နေရာချခြင်း 11

အခန်း ၄. ခွဲခြားသတ်မှတ်ခြင်းနှင့် စမ်းသပ်ခြင်း (Identification and Testing) 20

အခန်း ၅. Prestressing Steel အားကာကွယ်ခြင်း 21

အခန်း ၆. ပိုက်များ (Ducts) 22

အခန်း ၇. Grout 26

အခန်း ၈. Tensioning 32

အခန်း ၉. Grouting 47

အခန်း ၁၀. စစ်ဆေးခြင်းအတွက် လမ်းညွှန်ချက်များ 64

Appendices

Appendix A: Method for Tensioning Operation 75

Appendix B Inspection Sheet 79

Appendix C Inspection Example on the Pilot Project 89

ABBREVIATIONS

AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM:	American Society for Testing and Materials
JIS	Japan Industrial Standard
PC	Prestressed Concrete
MIL	Military Specification in USA
Re-bar	Reinforcing Bar

အခန်း ၁.   အထွေထွေ

၁.၁ နိဒါန်း

ဤလက်စွဲစာအုပ်အား LRFD တံတားဆောက်လုပ်ရေးစံသတ်မှတ်ချက်များ (AASHTO)၊ အဝေးပြေး လမ်းပေါ်ရှိ တံတား သတ်မှတ်ချက် (Japan Road Association) ၊ အဆောက်အအုံ ဆောက်လုပ်ခြင်း ဆိုင်ရာ လက်စွဲစာအုပ် (Japan—s Nippon Expressway Company Limited) တို့ကို မှီငြမ်း ကိုးကား၍ ရေးသားပြုစု ထားပါသည်။

၁.၂ အသုံးချမှုနယ်ပယ်

ဤလက်စွဲစာအုပ်အား ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန မှ ဆောက်လုပ်ထားသော တံတားများ၏ လက်ရှိ အခြေအနေများနှင့် စပ်လျဉ်းပြီး ခန်းဖွင့်အကျယ် ၃၃ မီတာ ထက်မပိုသော PC Girder (Post-tensioning and Pre-tensioning) များ အတွက် အဓိကအားဖြင့် အသုံးပြုရန်ဖြစ်သည်။ ဤလက်စွဲစာအုပ်တွင် ပါသော အချို့ လမ်းညွှန်ချက် များကို အလုံးစုံ ရွေးချယ်အသုံးပြုရန် မလိုအပ်သည့် အခြေအနေ များလည်း ရှိနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာ အနေဖြင့် မြန်မာနိုင်ငံ၏ တံတားဆောက်လုပ်ရေး အခြေအနေနှင့် ပိုမို ကိုက်ညီသော နည်းလမ်းများကို ရွေးချယ်အသုံးပြုနိုင်ရန် ရည်ရွယ်၍ နောက်ဆက်တွဲ မှီငြမ်းကိုးကားစရာများကိုလည်း ဤလက်စွဲစာအုပ်တွင် ထည့်သွင်း ထားသည်။

၁.၃ လုပ်ငန်းစစ်ဆေးခြင်းအားအကောင်အထည်ဖော်ခြင်း

ဤလက်စွဲစာအုပ်တွင် ဖော်ပြထားသော အချက်အားလုံးကို လက်တွေ့ အကောင်အထည် ဖော် ဆောင်ရွက်ရန်မှာ အခြေခံအားဖြင့် အရေးကြီးသော်လည်း ပို၍ အရေးကြီးသည်မှာ ဆောက်လုပ်ရေး လုပ်ငန်းခွင်များ အားလုံး၌ အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေး အတွက် အဓိကကျသည့် အချက်များကို ပုံမှန် အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ရန်ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ‘အခန်း ၁၀ စစ်ဆေးရေးအတွက် လမ်းညွှန်ချက်များ’ ကို မှီငြမ်းကိုးကား၍ အရေးကြီးသောအချက်များ စစ်ဆေးခြင်းကို လုပ်ဆောင် ရမည်။

၁.၄ လက်စွဲစာအုပ်အားပြန်လည်ပြင်ဆင်ခြင်း

မြန်မာနိုင်ငံ၏ တံတားဆောက်လုပ်ရေးနည်းပညာ (အဆောက်အအုံအသစ် (New Structure) အမျိုးအစား၊ တစ်ဆက်တည်း (continuous) အမျိုးအစား၊ ခန်းဖွင့် အကျယ် ရှည်လျားသော (Long

span) အမျိုးအစား၊ စသည်ဖြင့်) တိုးတက် ပြောင်းလဲလာသည်နှင့် အညီ ဤလက်စွဲစာအုပ်ကို ပြန်လည် ပြင်ဆင်ရမည်။

၁.၅ ဒီဇိုင်းပညာအားနားလည်ခြင်း

မြန်မာနိုင်ငံ၏ ယခုလက်ရှိအလေ့အထအရ ဒီဇိုင်းပုံစံရေးဆွဲခြင်း နှင့် ဆောက်လုပ်ရေးအတတ်ပညာအား သီးခြားရှုထောင့်အနေဖြင့် ယူဆကြသည်။ ထို့ကြောင့်ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းခွင်တွင် ဒီဇိုင်းနှင့် ပတ်သက်သည့် အစီရင်ခံစာမရှိခြင်း နှင့် ဆောက်လုပ်ရေးအင်ဂျင်နီယာများ သည် ဒီဇိုင်းနှင့် ပတ်သက်လာလျှင် မသက်ဆိုင်သကဲ့သို ပြုမူကြလေ့ရှိသလို ဒီဇိုင်းနှင့် ပတ်သက်သည့် ကိစ္စရပ်များတွင် ပါဝင်ဆောင်ရွက်မှု အားနည်းသည်ကို တွေ့ရှိနေရသည်။ ဒီဇိုင်းနှင့် ဆောက်လုပ်ရေးသည် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အပြန်အလှန် ဆက်စပ် နေသည့်အတွက် ဆောက်လုပ်ရေးအင်ဂျင်နီယာများသည် ဒီဇိုင်းအနှစ်ချုပ်အား နားလည်သဘောပေါက်ရမည် ဖြစ်ပြီး မိမိဆောက်လုပ်ရမည့် လုပ်ငန်းခွင်ဒီဇိုင်းကို အကြမ်းဖျင်း စစ်ဆေးနိုင်သည့် အနေအထားမျိုးတွင် ရှိနေရန်လိုအပ်သည်။

၁.၆ ဖော်ပြချက်

ဤအခန်းတွင် ကန်ထရိုက်စာချုပ်ပါ လိုအပ်ချက်များ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန တံတားပုံထုတ်ဌာနခွဲ မှ လုပ်ငန်းခွင်သို့ ထုတ်ပြန်ထားသည့် ညွှန်ကြားချက်များနှင့် ဤလက်စွဲစာအုပ်ပါ သတ်မှတ်ချက်များနှင့်အညီ၊ ကြိုတင်အားဖြည့် precast concrete နှင့် cast-in-place concrete များ အတွက် ကြိုတင်အားဖြည့်မည့် steel (Prestressing Steel) များ ထည့်သွင်းခြင်း၊ တပ်ဆင် နေရာချခြင်း၊ Tension ပေးခြင်း အကြောင်းများကိုဖော်ပြထားသည်။ ကြိုတင်အားဖြည့်ခြင်း (Prestressing) တွင် Pre-tension လုပ်ခြင်းနည်း၊ Post-tension လုပ်ခြင်းနည်းနှင့် ထို နည်း ၂ မျိုး စလုံးကို ပေါင်းစပ် အသုံးပြုသောနည်းတို့ပါဝင်သည်။ အသုံးပြုမည့် Prestressing စနစ်အလိုက် လိုအပ်သည့် ပစ္စည်းကိရိယာများ ဖြစ်သော ducts, anchorage assembles နှင့် pressure grouting duct အတွက် grout များကို တပ်ဆင် နေရာချခြင်းတို့ကိုလည်း ဤလက်စွဲစာအုပ်တွင် ပါဝင်ဖော်ပြထားသည်။

၁.၇ ဒီဇိုင်းအသေးစိတ်အချက်အလက်

အကယ်၍ ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် prestressing ဒီဇိုင်းအား လုံလောက်ပြည့်စုံစွာ မဖော်ပြထားပါက ကန်ထရိုက်တာသည် အသုံးပြုမည့် prestressing system အမျိုးအစား သို့မဟုတ် အသေးစိတ် အချက်အလက်များကို စဉ်းစားဆုံးဖြတ်ပြီး၊ ဤ လက်စွဲစာအုပ်နှင့် ကိုက်ညီသည့် materials များနှင့် အချက်အလက်များကို လိုအပ်သလို ရွေးချယ်ပေးခြင်းဖြင့် prestressing အတွက် ချမှတ်ထားသော ကန့်သတ်ချက်များ၊ လမ်းညွှန်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီစေရမည်။ စာချုပ်တွင် pre-tensioning

တစ်ခုတည်းကိုသာ ဖော်ပြထားခြင်း မဟုတ်ခဲ့ပါက pre- tensioning သို့မဟုတ် post-tensioning နည်းလမ်းတစ်ခုခုကို သုံး၍လည်း လုပ်ဆောင်နိုင်သည်။ အကယ်၍ စာချုပ်တွင် pre-tensioning ကိုသာ အသေးစိတ် သတ်မှတ် ဖော်ပြ ထားသော်လည်း လုပ်ငန်းခွင်လိုအပ်ချက်အရ Post-tensioning ပြောင်းသုံးရန် လိုအပ်သည့်အခါ ပြင်ဆင် ပြောင်းလဲရန် (Modification) လိုအပ်သည့် အကြောင်းအရာ အထောက်အထား အသေးစိတ် အချက်အလက် အပြည့်အစုံကို အင်ဂျင်နီယာ/ ဆောက်လုပ်ရေး ဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာ သို့ တင်ပြခွင့်ပြုချက်ရယူပြီးမှ ပြောင်းလဲအသုံးပြုခြင်း ကိုလုပ်ဆောင်ရမည်။ လိုအပ်ချက်များကို ဖော်ပြထားခဲ့ပါက အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေး ဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာ မှ အတည်ပြုထားသည့် အချက်အလက်များ ပြည့်စုံစွာပါရှိမှသာ post-tension system အသုံးပြု ခြင်းကို ခွင့်ပြုရမည်။

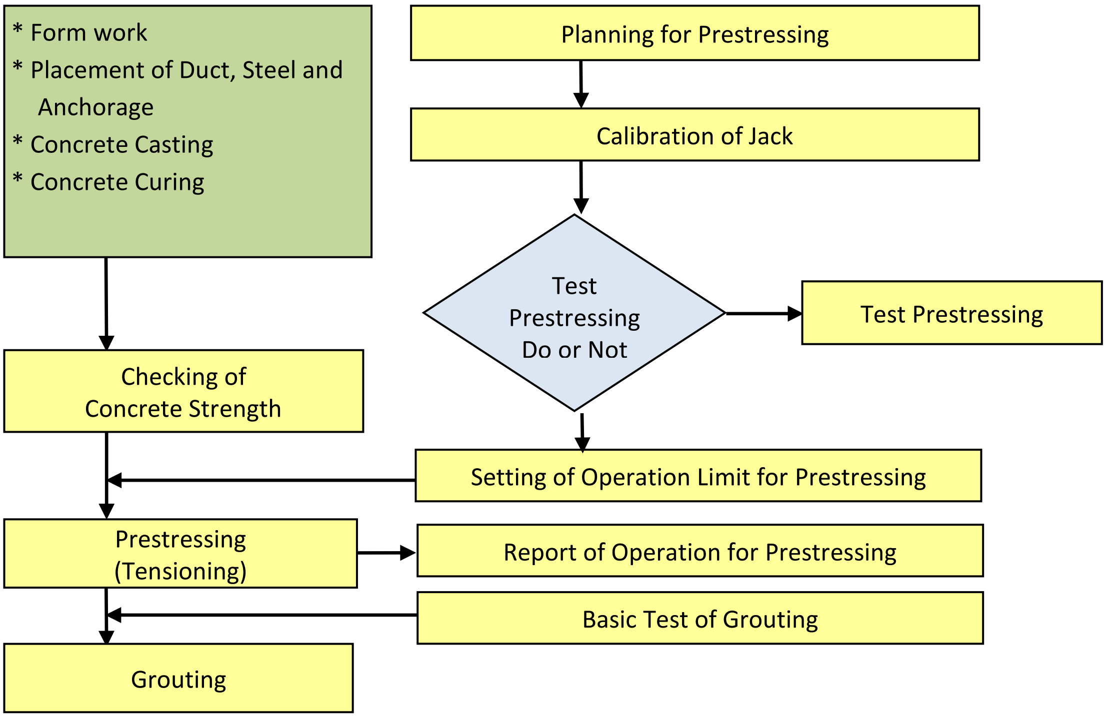
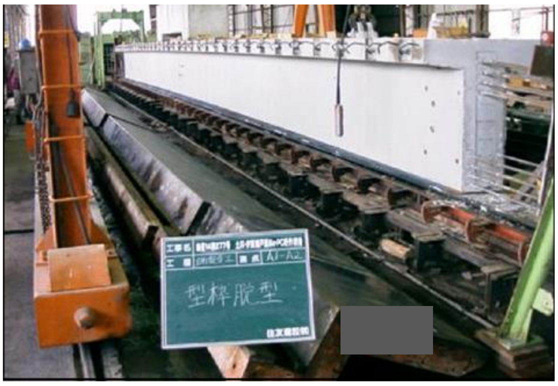


Figure 1.7-1 Post-Tensioning Flowchart

Machine for prestressing

Setting of reinforcing bars

Formwork



Casting of concrete and Removal of form

Figure 1.7-2 Sequence of Pre-Tension Girder (At the Factory)

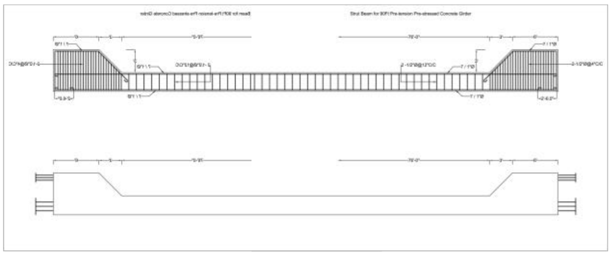
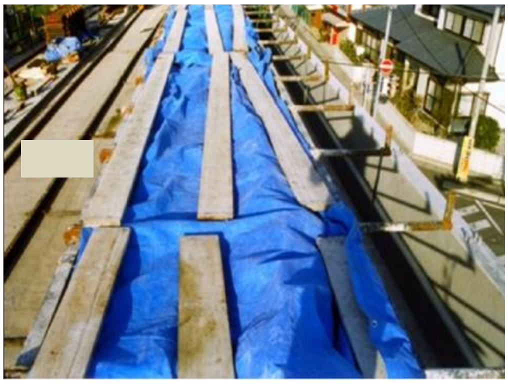
 **Strut Beam for Mold**	**Construction of Strut Beam**
Steel Reinforcement Fixing	**Pre-stressing of HT Wire**
Concreting of Girder	**Placing of PC Girder**

Figure 1.7-3 Sequence of Pre-Tension Girder (At the Site)

Setting of Re-bars and PC tendon

Formwork

Casting of concrete



Curing of concrete

Prestressing

Grouting

Figure 1.7-4 Sequence of Post-Tension Girder

အခန်း ၂.   ပစ္စည်းများ (MATERIALS)

၂.၁ PRESTRESSING STEEL AND ANCHORAGE

ကြိုတင်အားဖြည့်သံချောင်း (Prestressing reinforcement) သည် high-strength seven-wire strand, high-strength steel wire သို့မဟုတ် သံမဏိအဆင့်သတ်မှတ်ချက် (grade) နှင့် အမျိုးအစားကို စာချုပ်များတွင် ဖော်ပြ ထားသည့် high-strength alloy bars များ ဖြစ်ရမည်။ ဇယား ၂.၁-၁ နှင့် ဇယား ၂.၁-၂ များကို မှီငြမ်းကိုးကားနိုင်သည်။

Table 2.1-1 Applicable Standards for Strength of Prestressing Steel (ASTM- A416/A416M (USA)

Breaking Strength Requirements

Strand Designation No.	Diameter of Strand, mm	Minimum Breaking Strength of Strand, kN	Steel Area of Strand, mm²	Weight of Strand kg/1000 m
		Grade 1725		
6	**6.4**	**40**	**23.2**	**182**
8	**7.9**	**64.5**	**37.4**	**294**
9	**9.5**	**89**	**51.6**	**405**
11	**11.1**	**120.1**	**69.7**	**548**
13	**12.7**	**160.1**	**92.9**	**730**
15	**15.2**	**240.2**	**139.4**	**1094**
		Grade 1800		
9	**9.53**	**102.3**	**54.8**	**432**
11	**11.11**	**137.9**	**74.2**	**582**
13	**12.7**	**183.7**	**98.7**	**775**
13a	**13.2**	**200.2**	**107.7**	**844**
14	**14.29**	**230**	**123.9**	**970**
15	**15.24**	**260.7**	**140**	**1102**
18	**17.78**	**353.2**	**189.7**	**1487**

Table 2.1-2 Specifications for Highway Bridge (Japan Road Association

Mechanical properties, nominal cross-sectional area and unit mass of steel wires and steel strands for prestressed concrete

<table>
<tr><th rowspan="2">Symbol</th><th rowspan="2">Nominal diameter</th><th rowspan="2">Loading at 0.2% permanent elongation (kN)</th><th rowspan="2">Tensile load (kN)</th><th rowspan="2">Elongation (%)</th><th colspan="2">Relaxation value (%)</th><th rowspan="2">Nominal cross-sectional area (mm²)</th><th rowspan="2">Unit mass (kg/m)</th></tr>
<tr><th>N</th><th>L</th></tr>
<tr><td rowspan="4">SWPR7AN
SWPR7AL</td><td>9.3mm
7 strands</td><td>75.5 or over
(1.45 or over)</td><td>88.8 or over
(1.7 or over)</td><td>3.5 or over</td><td>8 or less</td><td>2.5 or less</td><td>51.61</td><td>0.405</td></tr>
<tr><td>10.8mm
7 strands</td><td>102 or over
(1.45 or over)</td><td>120 or over
(1.7 or over)</td><td>3.5 or over</td><td>8 or less</td><td>2.5 or less</td><td>69.68</td><td>0.546</td></tr>
<tr><td>12.4mm
7 strands</td><td>136 or over
(1.45 or over)</td><td>160 or over
(1.7 or over)</td><td>3.5 or over</td><td>8 or less</td><td>2.5 or less</td><td>92.9</td><td>0.729</td></tr>
<tr><td>15.2mm
7 strands</td><td>204 or over
(1.45 or over)</td><td>240 or over
(1.7 or over)</td><td>3.5 or over</td><td>8 or less</td><td>2.5 or less</td><td>138.7</td><td>1.101</td></tr>
<tr><td rowspan="4">SWPR7BN
SWPR7BL</td><td>9.5mm
7 strands</td><td>86.8 or over
(1.45 or over)</td><td>102 or over
(1.7 or over)</td><td>3.5 or over</td><td>8 or less</td><td>2.5 or less</td><td>54.84</td><td>0.432</td></tr>
<tr><td>11.1mm
7 strands</td><td>118 or over
(1.45 or over)</td><td>138 or over
(1.7 or over)</td><td>3.5 or over</td><td>8 or less</td><td>2.5 or less</td><td>74.19</td><td>0.58</td></tr>
<tr><td>12.7mm
7 strands</td><td>156 or over
(1.45 or over)</td><td>183 or over
(1.7 or over)</td><td>3.5 or over</td><td>8 or less</td><td>2.5 or less</td><td>98.71</td><td>0.774</td></tr>
<tr><td>15.2mm
7 strands</td><td>222 or over
(1.45 or over)</td><td>261 or over
(1.7 or over)</td><td>3.5 or over</td><td>8 or less</td><td>2.5 or less</td><td>138.7</td><td>1.101</td></tr>
</table>

N: Normal products   L: Low-relaxation products

၂.၂ POST-TENSIONING ANCHORAGES နှင့် COUPLERS များ

ကွန်ကရစ်နှင့် တွဲဆက်မှုမရှိသည့် အနေအထား (unbonded state) တွင် စမ်းသပ်သည့်အခါ anchorages နှင့် couplers များသည် prestressing steel အဆုံးစွန်သောခံနိုင်ရည်အား (Actual Ultimate Strength) ၏ ၉၆ ရာခိုင်နှုန်း အနည်းဆုံး ရရှိရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ထို့ထက်မပိုစေရပါ။ ထို့အတူ Tendon များ ချိတ်ဆက်ထားခြင်း (coupling) ကို Tendon သည် ၎င်း၏ သတ်မှတ်ချက်များအောက်၌ ကျိုးပြတ်ကွဲထွက်ချိန်တွင် ရှိသည့် အဆန့် (elongation) အထိ ရောက်အောင် လျှော့မချရပါ။ Coupler နှင့်/သို့မဟုတ် Coupler ၏ အစိတ်အပိုင်းများကို လိုအပ်သလို လှုပ်ရှားနိုင်စေရန်အတွက် လုံလုံလောက်လောက် ရှည်လျားသည့် ကိရိယာအတွင်း ထားရှိရမည်။

Tendons အတွက် couplers များကို စာချုပ်ထဲတွင် တိတိကျကျ ဖော်ပြထားသည့် နေရာများ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန၊ တံတားပုံထုတ်ဌာနခွဲမှ ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းခွင်သို့ ပေးပို့ထားပြီး အင်ဂျင်နီယာက အတည်ပြုထားသည့် ညွှန်ကြားချက်များထဲတွင် ဖော်ပြထားသည့် နေရာများ၌သာ အသုံးပြုရမည်။ Couplers များကို ကွေးညွှတ်မှု များသော နေရာများတွင် မသုံးရပါ။ ပုံ ၂.၂-၁၊ ပုံ ၂.၂-၂ နှင့် ပုံ ၂.၂-၃ များကို ကိုးကားနိုင်ပါသည်။

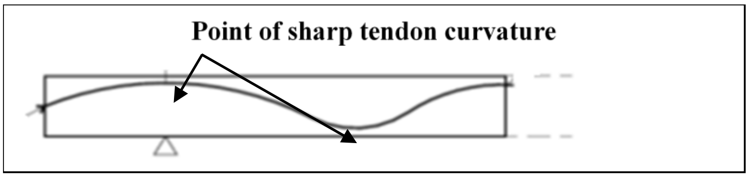
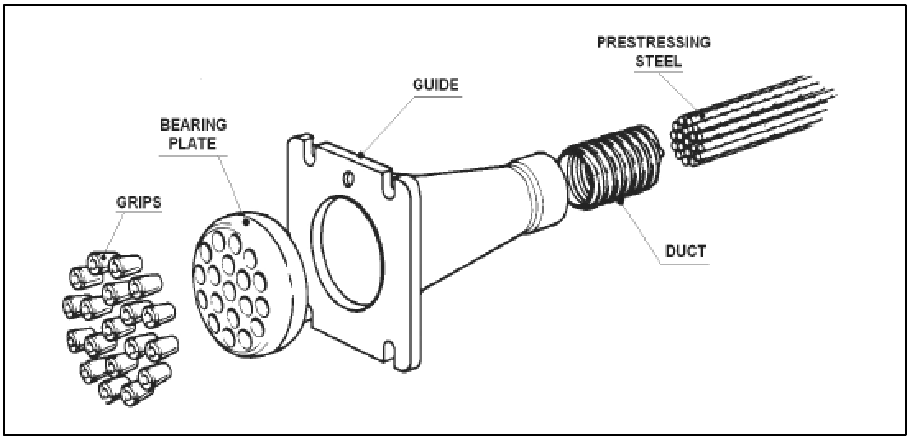
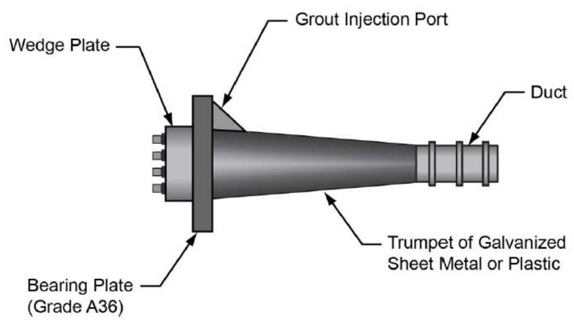


Figure 2.2-1 Point of Sharp Tendon Curvature

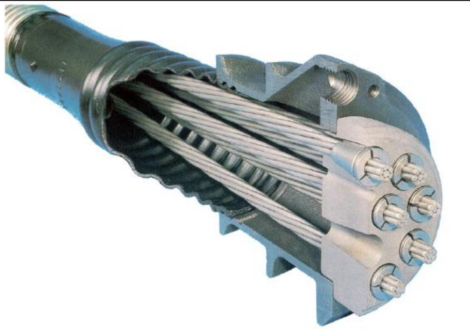
Tendon: 12- 7*12.7mm

Figure 2.2-2 Typical Anchorage in Myanmar

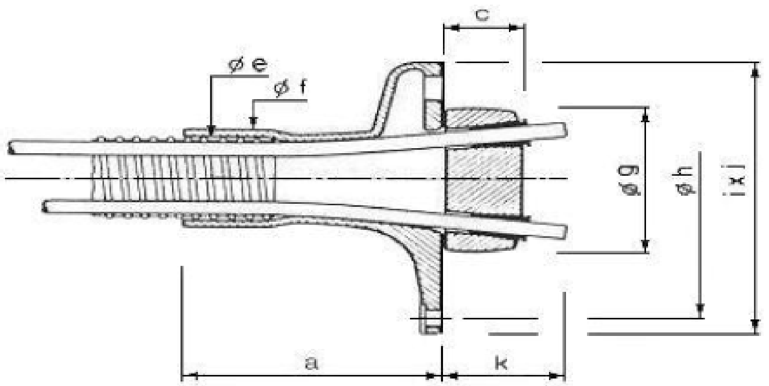




Basic Bearing Plate Anchorage System



Multi-Plane Anchorage System (Courtesy of VSL)



ANCHORAGE TYPE		a	c	e	f	Ø g	Ø h	i	j	k
4 K 13	-	104	45	45	56	85	158	147	147	75
7 K 13	**4 K 15**	103	50	62	72	120	184	160	160	85
12 K 13	**7 K 15**	180	55	84	100	140	254	220	235	90
19 K 13	**12 K 15**	190	60	95	105	160	190	244	244	95
27 K 13	**19 K 15**	270	70	127	136	200	234	275	293	105
37 K 13	**27 K 15**	395	78	171	190	252	425	365	365	115
-	**37 K 15**	467	85	178	206	270	495	425	425	125

Figure 2.2-3 Examples of Anchorage

အခန်း ၃. ပိုက်များ (DUCTS)၊ STEEL နှင့် ANCHOURAGE HARDWARE များကို နေရာချခြင်း

၃.၁ ပိုက်များ (DUCTS) ကို နေရာချခြင်း

၃.၁.၁ အထွေထွေ

ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အခါ ducts (ပိုက်လိုင်း) များ ရွေ့လျားမှု မရှိစေရန်အတွက် Formwork များ အတွင်းတွင် သင့်လျော်သည့်နေရာ အပိုင်းအခြားအလိုက် ပိုက်များကို အားဖြည့်သံချောင်းများနှင့် တွဲ၍ ချုပ်ကွင်း (ties) ဖြင့် သေချာစွာ ချည်နှောင်ထားရမည်။ ပိုက်များ ဖြောင့်ဖြောင့်တန်းတန်း ရှိစေရန်အတွက် လိုအပ်သည့် နေရာများတွင် ထောက်ကန်ပေးမည့် အပိုသံချောင်း (supplementary support bars) များကို အသုံးပြုရမည်။ ကွန်ကရစ် အရည် (Fluid concrete) ထဲတွင်ရှိ သော ducts များ၏ ဖော့ဂုဏ် (buoyancy) သည် အားဖြည့်သံချောင်းများ (reinforcement bar) အား ပင့်တင်နိုင်လောက်သည့် အခြေအနေမျိုးတွင်ရှိပါက ဆွဲထိန်းထားမည့် သံကွင်းများ (hold-down ties) ကို formwork များနှင့် တွဲဆက်ထားရမည်။ Flange များအတွင်း longitudinal သို့မဟုတ် transverse Post-tension လုပ်ရန်အတွက် Polyethylene ပိုက် နှင့် သတ္တုပိုက် များကို တစ်ခုနှင့် တစ်ခုကြားတွင် ၀.၆ မီတာ ထက်မကျော်စေရဘဲ တပ်ဆင်ရမည်။ ထို့အပြင် web များအတွင်း Post-tension လုပ်ရန်အတွက် Polyethylene ပိုက် နှင့် သတ္တုပိုက်များကို ချုပ်ကွင်း (stirrup) များနှင့် ချည်နှောင်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ တစ်ခုနှင့်တစ်ခုကြား အကွာအဝေးသည် ၁.၂ မီတာ အကွာအဝေးထက် မပိုစေရပါ။

ပိုက် တစ်ခုနှင့် တစ်ခု ဆက်သည့် Joint တွင် လည်ထွက်သွားခြင်း မရှိစေရန်နှင့်၊ ဘိလပ်မြေအနှစ်ရည် (cement paste) များ ဝင်ရောက်မှု မရှိစေရန် ပိုက်ဆက်နေရာများကို Positive connections များနှင့် ချုပ်ထားရမည်။ ပိုက်များ၊ အားဖြည့်သံချောင်းများနှင့် ပုံစံခွက်များ (forms) များကို နေရာချပြီးသောအခါ၊ ပိုက်များ ပျက်စီးမှု ဖြစ်နိုင်သော နေရာများကို စစ်ဆေးရမည်။ ပိုက်တွင် အပေါက်များ မတော်တဆ ဖြစ်ပေါ်နေပါက၊ ကွန်ကရစ် မလောင်းခင် ပြင်ဆင်ရမည်။ ထို့ပြင် ကွန်ကရစ် လောင်းနေစဉ်အတွင်း နေရာရွေ့မသွားစေရန် Grout openings များနှင့် vents များကို ပိုက်များ၊ ပုံစံခွက်များ သို့မဟုတ် အားဖြည့်သံချောင်း များဖြင့် ချိတ်ထားရမည်။ ပုံစံခွက်များတွင် တပ်ဆင်ပြီး သောအခါ ရေ သို့မဟုတ် အမှိုက်များ ဝင်ရောက်မှု မရှိစေရန် လိုအပ်ပါက ပိုက်များ၏ အဆုံးကို အမြဲ ပိတ်ဆို့ထားရမည်။

၃.၁.၂ အဝင်ပိုက်နှင့် အထွက်ပိုက်များ (DUCTS INLETS AND OUTLETS)

Continuous structures များအတွက် ပိုက်များတွင်၊ ပိုက်၏ နိမ့်သောအပိုင်းနှင့် မြင့်သောအပိုင်းများနှင့်၊ ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန တံတားပုံထုတ် ဌာနခွဲမှ ဆောက်လုပ်ရေး လုပ်ငန်းခွင် အတွက် ညွှန်ကြားထားသော စာရွက်စာတမ်းများ သို့မဟုတ် ကန်ထရိုက်စာချုပ်များတွင် သတ်မှတ်ထားသည့် ထပ်တိုးနေရာများတို့တွင် ပိုက်ထွက်ပေါက်များ ထားရှိပေးရမည်။ Continuous slab ကဲ့သို့ အနိမ့်၊ အမြင့် ပြောင်းလဲမှု နည်းသော structures တွင်မူ ထားရှိပေးရန် မလိုအပ်ပါ။ အနိမ့်ပိုင်းမှ ထွက်ပေါက်များ (Low-point outlets) (ပုံ ၃.၁-၁ point F) ကို grounting မလုပ်မချင်း ဖွင့်ထားရမည်။ ပုံ ၃.၁-၁ နှင့် ပုံ ၃.၁-၂ များကို ကိုးကားချက်အနေဖြင့် အသုံးပြုနိုင်သည်။

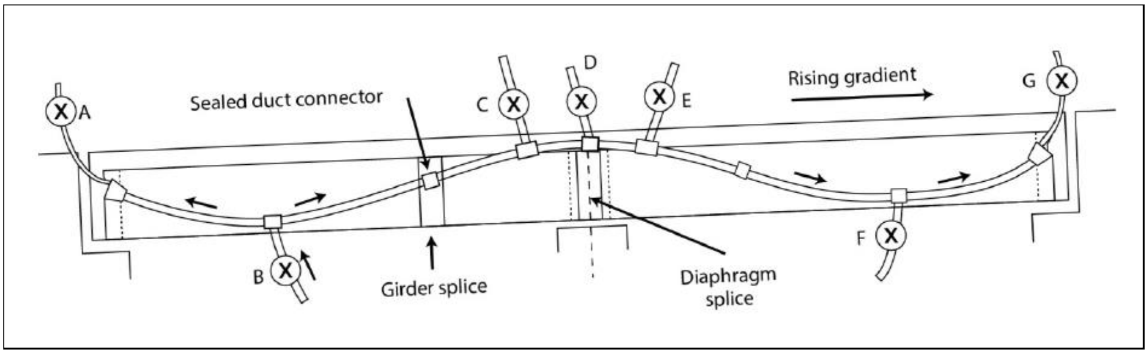


Figure 3.1-1 Example of Low-Point Outlet

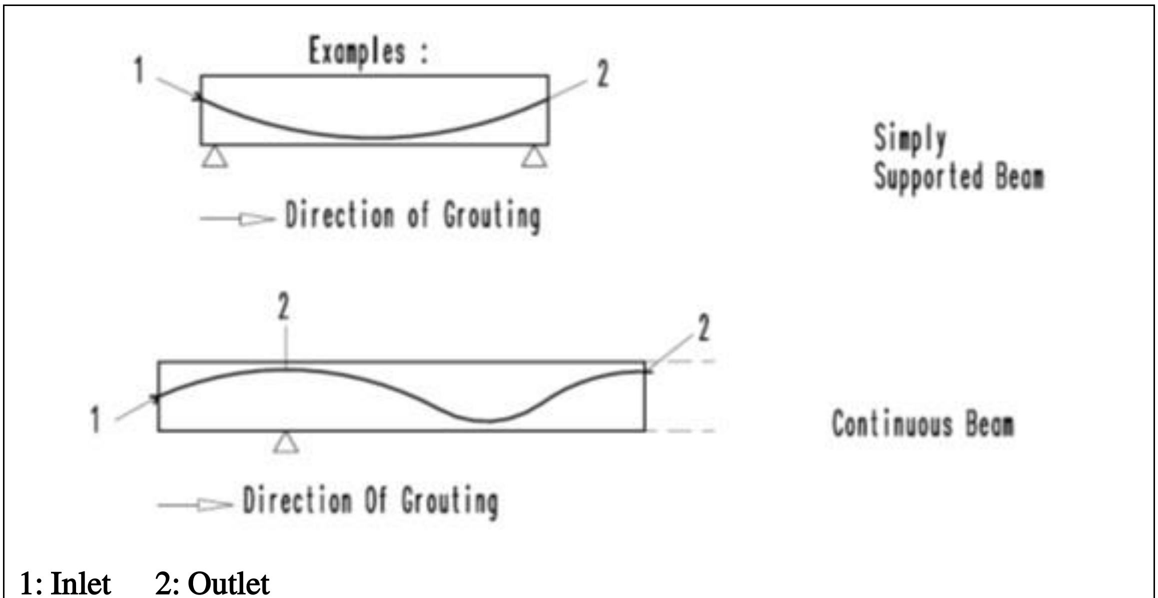


Figure 3.1-2 Example of Setting Inlet and Outlet

၃.၁.၃ POST-TENSIONING ပိုက်များကို စစ်ဆေးအတည်ပြုခြင်း

ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးသည့်အခါတွင် Post-tensioning Duct ပိုက်များသည် လွတ်လွတ်ကင်းကင်း ရှိနေပြီး မည်သည့် အတားအဆီး၊ ပိတ်ဆို့မှု၊ ထိခိုက်မှုမျှ မရှိကြောင်းကို ကန်ထရိုက်တာမှ သက်သေပြရမည်။ အောက်ပါ အပိုဒ်ခွဲတွင် ဖော်ပြထားသည့် နည်းလမ်းသည် အမေရိကန် ပြည်ထောင်စုတွင် အသုံးပြုနေသော ပိုက်များစစ်ဆေးခြင်း နည်းလမ်းဖြစ်သည်။ သို့သော် ဂျပန်နိုင်ငံတွင်မူ ဤနည်းလမ်းကို တွင်တွင်ကျယ်ကျယ် အသုံးမပြုဘဲ အမြင်ဖြင့်သာ စစ်ဆေးကြသည်။

၃.၁.၄ TORPEDO ကိုအသုံးပြု၍ စစ်ဆေးခြင်း

ပိုက်များအတွင်း Torpedo ကို ဖြတ်သန်းသွားစေခြင်းဖြင့် ပိုက်များသည် ပိတ်ဆို့မှုမရှိဘဲ ရည်ရွယ်ထားသော Post-tensioning tendons များကို လက်ခံထည့်သွင်းနိုင်စေသည်။

ထို Torpedo သည် ပိုက်၏ ဖြတ်ပိုင်းပုံနှင့် တူညီသည့် ပုံသဏ္ဍာန် ရှိရမည်ဖြစ်ပြီး၊ အချင်းမှာ ပိုက်၏အတွင်းဘက် အချင်း (clear nominal dimension) အောက် ၆ မီလီမီတာခန့် ငယ်ရမည်။ ပိုက်များထုတ်လုပ်ခြင်းနှင့် တပ်ဆင်ခြင်းများတွင် ခွင့်ပြုထားသော အလွဲအဟများ (tolerance) ရှိသည့်အတွက် Torpedo ၏ ကန့်လန့်ဖြတ် အတိုင်းအတာ (section dimension) များကို လျှော့ချခြင်းများ မပြုလုပ်ရပါ။ တဖြောင့်တည်းဖြစ်သော ပိုက်များတွင်၊ အနည်းဆုံး ၆၀ စင်တီမီတာ အရှည်ရှိသည့် Torpedo ကို အသုံးပြုရမည်။ ပိုက်အကွေးများတွင်မူ၊ Torpedo ၏ အဆုံးနှစ်ဘက်သည် ပိုက်၏ အပြင်ဘက်ဆုံးနံရံကို ထိသောအခါတွင် Torpedo သည် ပိုက်၏ အတွင်းဘက်ဆုံး နံရံနှင့် ၆ မီလီမီတာ လွတ်နေစေမည့် အရှည်ကို ဆုံးဖြတ်ပေးရမည်။ အကယ်၍ Torpedo သည် ပိုက်တစ်လျှောက် အပြည့်အဝ မဖြတ်သန်းနိုင်ပါက၊ ပိုက်ကို ပြန်လည်ပြင်ဆင်ရမည်။ အကယ်၍ Torpedo ဖြတ်သန်းနိုင်အောင်၊ အင်ဂျင်နီယာ စိတ်တိုင်းကျသည်အထိ၊ ပြန်လည်မပြင်ဆင်နိုင်ပါက၊ ထို member အား ပယ်ချနိုင်သည်။ ပြုပြင်ပြီးစီးသည့်အခါတွင်၊ Torpedo အား ပိုက်ထဲသို့ စက်အကူအညီမပါဘဲ၊ အလွန်အကျွံ အားထုတ်စရာမလိုဘဲ၊ လက်ဖြင့် အလွယ်တကူ ထည့်သွင်းနိုင်ရမည်။

ဤကဲ့သို့ Torpedo အသုံးပြု၍ စစ်ဆေးခြင်းကို ဂျပန်နိုင်ငံတွင် တွင်တွင်ကျယ်ကျယ် အသုံးမပြုပါ။

၃.၁.၅ ပိုက် ဖိအားကို လက်တွေ့စမ်းသပ်ခြင်း

အတွင်းနှင့် အပြင် tendons များကို ကြိုတင်အားဖြည့်ခြင်းနှင့် grout မှုတ်ထည့်ခြင်း (grouting) မပြုလုပ်ခင်တွင် grout အဖုံး (caps) များ၊ ဝင်ပေါက်များ (inlets) နှင့် ထွက်ပေါက်များ (outlets) များ

အားလုံး တပ်ဆင်ရမည်။ ထို့နောက် ပိုက်အဆက် (duct connection) များကို ပြုပြင်ရန် လို၊ မလို သိနိုင်ရန်အတွက် tendon ကို လေဖိအားပေး၍ (compressed air) စမ်းသပ်ရမည်။ အင်ဂျင်နီယာ၏ ရှေ့မှောက်တွင် tendon ကို ၀.၃၅ N/mm^2 ဖြင့် ဖိအားပေးပြီး၊ ပြင်ပလေ ဝင်နိုင်သည့် နေရာများကို ပိတ်ထားရမည်။ ၁ မိနစ် အချိန် အတွင်း ဖိအား ဆုံးရှုံးမှု (Pressure loss) ကို မှတ်သားထားရမည်။ အလျား ၄၆ မီတာ နှင့်အောက် ရှိသည့် Tendon များတွင် လေဖိအား ဆုံးရှုံးမှု ၀.၁၇ N/mm^2 ထက် မပိုလျှင် သော်လည်းကောင်း၊ အလျား ၄၆ မီတာနှင့် အထက် tendon များတွင် ၀.၁ N/mm^2 ထက် မပိုလျှင် သော်လည်းကောင်း၊ အသုံးပြုနိုင်သည်။ အကယ်၍ ဖိအားဆုံးရှုံးမှုသည် ထို ပမာဏထက် ကျော်လွန်နေပါက ယိုစိမ့်နေသော အဆက် (connection) များကို အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာ (Project manager) မှ ခွင့်ပြုထားသော နည်းလမ်းများဖြင့် ပြင်ဆင်ပြီး၊ ပြန်လည် စစ်ဆေးရမည်။

၃.၂ PRESTRESSING STEEL အားနေရာချထားခြင်း

၃.၂.၁ PRE-TENSIONING အတွက်နေရာချထားခြင်း

Tendons များကို ပုံစံခွက်များ အတွင်း၌ တိကျစွာ တပ်ဆင်ရမည်ဖြစ်သည်။ ယာယီ ချိတ်များ (anchor)၊ stressing jack များကို အသုံးပြု၍ နေရာတွင် မြဲမြံစွာ ရှိနေအောင် လုပ်ရမည်။ နှိမ့်ထားရန်လိုသည့် tendons များအတွက် ဆွဲထိန်းသည့် ကွင်းများ၊ ကိရိယာများ (Hold-down device) များကို အသုံးပြုရမည်။ Tendon ၏ အနိမ့်အမြင့် (slope) ပြောင်းလဲသည့် နေရာများ အားလုံးတွင် တပ်ဆင်မည့် ဆွဲထိန်းသည့်ကိရိယာ များသည် ခွင့်ပြုထားသော ပွတ်တိုက်မှု နည်းသည့် (low-friction) အမျိုးအစား ဖြစ်ရမည်။

Prestressing steel များ ကို Form ထဲတွင် တပ်ဆင်ခါနီး၊ ကွန်ကရစ် လောင်းခါနီး အချိန်ကျမှ ထုပ်ပိုးထားသည့် အကာအကွယ် အဖုံးအအုပ်များကို ဖယ်ရှားရမည်။ ဖွင့်ဖောက်ပြီးသား၊ အသုံးမပြု ရသေးသော သံချောင်းများကိုလည်း၊ ကာကွယ်ထားရန် ပြန်လည်ပိတ်ထားရမည်။ ဖွင့်ထားရသည့် အခြေအနေတွင်လည်း သံချောင်းများအား သံချေးတက်ခြင်း မှ ကာကွယ်ရန် စီစဉ်ဆောင်ရွက်ထား ရမည်။

၃.၂.၂ POST-TENSIONING အတွက်နေရာချထားခြင်း

ပိုက်ထဲတွင် ကြိုတင်တပ်ဆင်ထားသော prestressing steel များအားလုံးကို ကွန်ကရစ် မလောင်းခင် တိကျသေချာစွာ ထည့်သွင်း တပ်ဆင်ထားရမည့်အပြင်၊ ကွန်ကရစ် လောင်းချိန်တွင်လည်း နေသားတကျ ရှိနေစေရန် ထိန်းချုပ်လုပ်ဆောင်ထားရမည်။

ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးမှသာ Prestressing steel များကို ထည့်သွင်း တပ်ဆင်မည်ဆိုပါက၊ ကန်ထရိုက်တာသည် ဆောက်လုပ်ရေး ဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်း မန်နေဂျာ (Project manager) နှင့် အင်ဂျင်နီယာတို့အား၊ Prestressing steel တပ်ဆင်တော့မည့် အချိန်တွင်၊ ပိုက်များတွင် အမှိုက်နှင့် ရေများမရှိကြောင်း လက်တွေ့ပြသရမည်။ ပိုက်ထဲသို့ ထည့်သွင်း တပ်ဆင်ရာတွင် လည်း၊ Tendon တစ်ခုတွင် ရှိသည့် ကြိုး (Strand) များ အားလုံးကို တစ်စုတစ်စည်းတည်း ဆွဲ၍ သော်လည်းကောင်း၊ တစ်ချောင်းချင်းစီ ဆွဲ၍သော်လည်းကောင်း၊ တွန်း၍သော်လည်းကောင်း ပိုက်ထဲသို့ ထည့်သွင်းရမည်။

အဆို့များ (Anchorage devices) သို့မဟုတ် အဆို့များအတွက် block-out templates များကို tendon ၏ axis နှင့် တထပ်တည်းကျအောင် တပ်ဆင်နေရာချထားပြီး၊ anchor plates များသည် tendon များနှင့် ထောင့်မှန်ကျနေရမည်။

Prestressing steel များ ထည့်ရာတွင်၊ Girder stem တစ်ခုချင်းစီတွင် အား (force) များ တူညီနေစေရန် ခွဲဝေထည့်ရမည်။ သို့မဟုတ်ပါက ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန ပုံထုတ်ဌာနခွဲမှ လုပ်ငန်းခွင်သို့ ညွှန်ကြားထားသည့် စာရွက်စာတမ်းများအတိုင်း ဖြစ်စေ၊ ကန်ထရိုက်စာချုပ်ပါ လိုအပ်ချက်များအတိုင်း ဖြစ်စေ ထည့်ရမည်။ ပုံ ၃.၂-၁၊ ပုံ ၃.၂-၂၊ ပုံ ၃.၂-၃ နှင့် ပုံ ၃.၂-၄ တို့ကို ကိုးကားအသုံးပြုရမည်။

Figure 3.2-1 Steel Wire Sock for Installing Multi-strand Tendon

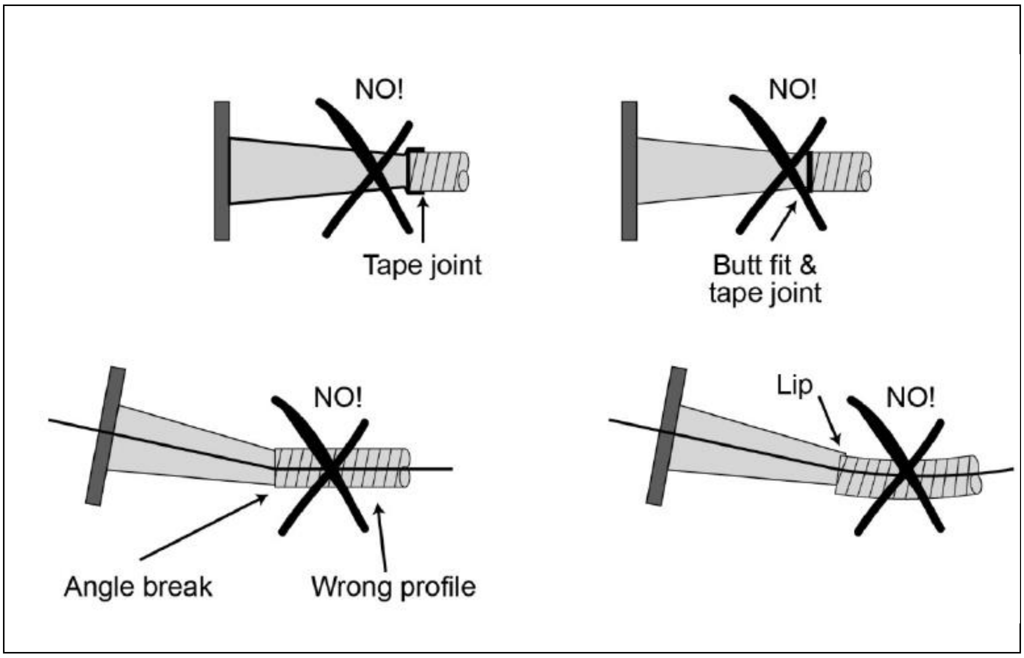
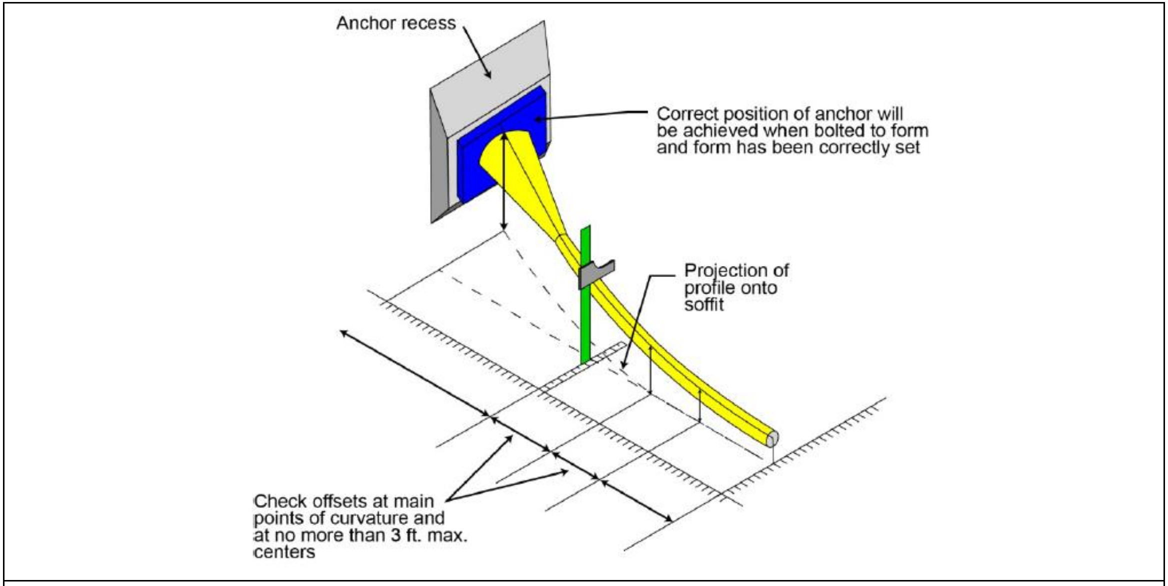
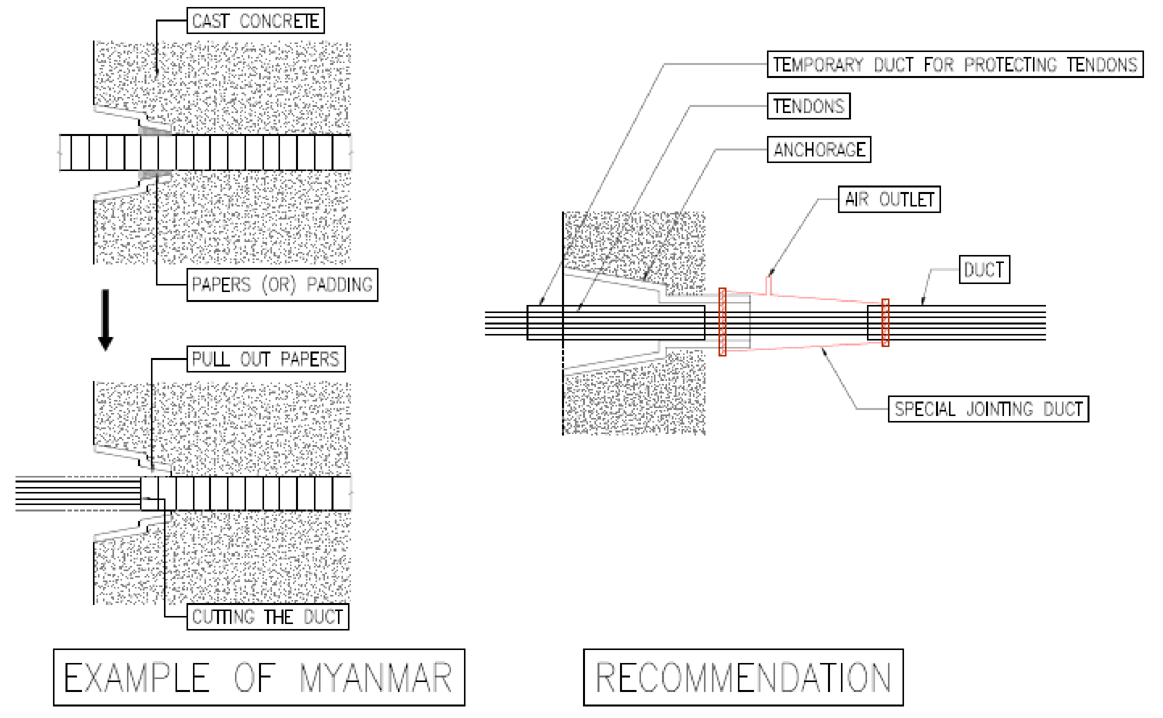


Figure 3.2-2 Unacceptable Duct Connections and Mistakes



(Sometimes, it is necessary to check an alignment in three-dimension from a fixed surface or reference line.)

Figure 3.2-3 Anchor Recess and Checking of Duct Alignment



(In case of the example usually practiced in Myanmar, there is possibility of hardening the tendons by cutting the duct.)

Figure 3.2-4 Duct Setting to Anchor

၁)တပ်ဆင်ပြီးသော steel များကို ကာကွယ်ထိန်းသိမ်းခြင်း

အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့် grout ဖြည့်ရမည့် သတ်မှတ်ချိန် အတိုင်းအတာအတွင်း grout မဖြည့်ရသေးသည့် Post-tensioned concrete member များ၏ Prestressing steel များအတွက် သံချေး ကာကွယ်ဆေး (corrosion inhibitor) များကို ပိုက်ထဲတွင် သော်လည်းကောင်း၊ steel တွင် တိုက်ရိုက် သုတ်လိမ်းခြင်းဖြင့် သော်လည်းကောင်း၊ သံချေးမတက်စေရန်နှင့် အခြားသော လိုက်စားခြင်းများ မဖြစ်စေရန် အမြဲတစေ ကာကွယ်ထားရမည်။ Prestressing steel များကို ကွန်ကရစ်ထဲတွင် မထည့်ရသေးမချင်း၊ grouting မလုပ်ရသေးမချင်း သံချေးတက်ခြင်း၊ လိုက်စားခြင်း အန္တရာယ်မှ ကာကွယ်ထားရမည်။ ကွန်ကရစ် လောင်းပြီး အသားသေစေပြီးမှ ကွန်ကရစ် member ထဲသို့ ထည့်သွင်းတပ်ဆင်ပြီး tension လုပ်ထားသည့် prestressing steel များအား အောက်ဖော်ပြပါ ကန့်သတ်ချိန် အတိုင်းအတာအတွင်း grout ဖြည့်ထားပါက၊ သံချေး ကာကွယ်ဆေးများ အသုံးပြုရန် မလိုအပ်ပါ။ ထို့အပြင် Tendon ကို ထည့်သွင်းတပ်ဆင်သည့် အချိန်နှင့် grouting လုပ်သည့်အချိန် ကြားကာလအတွင်း သံချေးတက်နိုင်သော်လည်း၊ ၎င်းသည် steel ကို လက်သင့်မခံဘဲ ပယ်ချရသည့် အခြေအနေအထိ မရောက်နိုင်ပါ။

Tendon တပ်ဆင်သည့် အချိန်နှင့် grouting လုပ်သည့်အချိန်ကြား၊ သံချေး ကာကွယ်ဆေးမသုံးဘဲ ထားနိုင်သော ကြာချိန်များအား ရာသီဥတု အခြေအနေများအလိုက် အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

- အလွန်စိုစွတ်သော လေထု သို့မဟုတ် ရေငန် အခြေအနေ (စိုထိုင်းဆ > ၇၀%) - ၇ရက်
- အသင့်အတင့်လေထုဖိအား အခြေအနေ (စိုထိုင်းဆ ၄၀ မှ ၇၀%) - ၁၅ရက်
- အလွန်ခြောက်သွေ့သောလေထုအခြေအနေ (စိုစွတ်မှု< ၄၀%) - ၂၀ရက်

ပိုက်များတွင် tendons များ ထည့်သွင်းပြီးသောအခါ အစိုဓာတ် ဝင်ရောက်မှု မရှိစေရန်အတွက် ပိုက်များ၏ အဆုံးဘက်မှ အပေါက်များကို ပိတ်ထားရမည်။ ကွန်ကရစ်ကို ရေနွေးငွေ့သုံး၍ အသားသေအောင် ပြုလုပ်မည့် (steam curing) ဆိုပါက၊ anchorage system ၏ လိုအပ်ချက်အရ post-tensioning လုပ်မည့် steel များကို ကြိုတင်တပ်ဆင်ရန် လိုအပ်သည့် အခြေအနေမျိုးမှ အပ steam curing မပြီးမချင်း steel များကို မတပ်ဆင်ရပါ။ ထိုကဲ့သို့သော tendon များကို ပိုက် သို့မဟုတ် steel တွင် သံချေး ကာကွယ်ဆေးထည့်၍ သံချေးတက်ခြင်းမှ ကာကွယ်ရမည်။ သို့မဟုတ် steam curing လုပ်ပြီး (၇) ရက်အတွင်း အဆိုပါ tendons များကို tensioning လုပ်ခြင်းနှင့် grout လုပ်ခြင်းများ ပြုလုပ်ရမည်။

၃.၃ ANCHORAGE HARDWARE ကို နေရာချထားခြင်း

ကန်ထရိုက်တာသည် Engineer-of-Record ၏ ဒီဇိုင်းအချက်အလက်များနှင့် anchorage device ပေးသွင်းသူက ပြဋ္ဌာန်းထားသော သတ်မှတ်ချက်များအတိုင်း၊ ပစ္စည်းများအားလုံးကို နေသားတကျ မှန်ကန်စွာ တပ်ဆင်ရမည်။ ကန်ထရိုက်တာသည် anchorage ကိရိယာများ၊ reinforcement၊ ကွန်ကရစ်များကို စီစဉ်နေရာချထားခြင်းနှင့် anchorage zone အတွင်း ကွန်ကရစ်ကို consolidation လုပ်ခြင်းကို သေချာ ဂရုတစိုက် ပြုလုပ်ရမည်။

ကြိုး (strand) များကို လိုအပ်သည့် ပမာဏထိ ဆွဲအား ပေးလိုက်ပြီး၊ Jack ကို ပြန်လွှတ်လိုက် သည့်အခါ၊ သပ် (wedge) များက strand များကို သေချာပေါက် ညှပ်မိသည်အထိ သပ်များကို သပ်အိမ်အတွင်းသို့ ပြန်ဆွဲရမည်။ သတ်မှတ်ထားချက်အရ anchor set ပမာဏ သည် ၆.၄ မီလီမီတာ နှင့် ၉.၅ မီလီမီတာ အကြားတွင် ရှိရသည်။

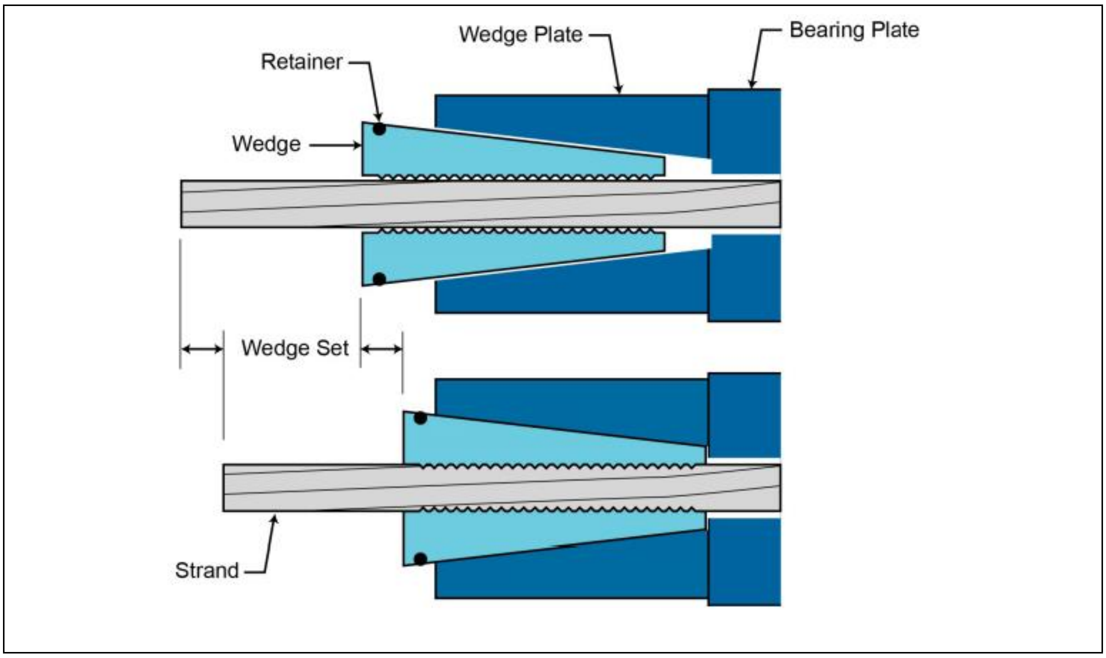


Figure 3.3-1 Anchor Set or Wedge Set

အခန်း ၄. ခွဲခြားသတ်မှတ်ခြင်းနှင့် စမ်းသပ်ခြင်း (IDENTIFICATION AND TESTING)

လုပ်ငန်းခွင်သို့ ပို့ရမည့် wires များ၊ strands များ သို့မဟုတ် bars များကို အမျိုးအမည် ခွဲခြားနိုင်ရန်အတွက် lot နံပါတ်များ သတ်မှတ်၍ ရေးထိုးထားရမည်။ Anchorage assemblies များကိုလည်း ထိုနည်းတူစွာ ခွဲခြားရေးထိုးထားရမည်။

Wire သို့မဟုတ် bar များကို lot တစ်ခုချင်းစီ နှင့် strand ရစ်လုံးတစ်ခုချင်းစီ တို့ကို သတ်မှတ်ချက်များ အတိုင်း ထုတ်လုပ်ထားကြောင်း ထုတ်လုပ်သူ၏ ထောက်ခံစာ (Manufacture Certificate of Compliance)၊ စက်ရုံ၏ထောက်ခံစာ (mill certificate) နှင့် စမ်းသပ်မှု အစီရင်ခံစာ (test report) တို့ ပါရှိရမည်။ စက်ရုံ၏ ထောက်ခံစာနှင့် စမ်းသပ်မှုအစီရင်ခံစာတို့တွင် အောက်ပါတို့ပါဝင်ရမည်။

- ဓာတုပစ္စည်းများ ပေါင်းစပ်ဖွဲ့စည်းပုံ (Strand အတွက်မလိုပါ)
- ကန့်လန့်ဖြတ်ပိုင်းဧရိယာ (cross-sectional area)
- yield နှင့် ultimate strength
- ပြတ်ထွက်မှုအခြေအနေ၌ရှိသည့် နဂိုထက် ပိုရှည်လာသောအရှည်၊ အဆန့် (elongation at rupture)
- modulus of elasticity နှင့်
- အသုံးပြုရန်ရည်ရွယ်ထားသည့် prestressing steel အတွက် stress strain curve များ

အခန်း ၅.　PRESTRESSING STEEL အားကာကွယ်ခြင်း

Prestressing steel များ အားလုံးကို ထုတ်လုပ်သည့်အချိန်မှ grouting လုပ်သည့် အချိန်အထိ သံချေးတက်ခြင်း၊ ထိခိုက်ပျက်စီးခြင်းနှင့် အခြားသော လိုက်စားခြင်းများ မှ ကင်းဝေးစေရန် အမြဲတစေ ကာကွယ် ထိန်းသိမ်းထားရမည်။ Prestressing steel သည် အမဲဆီ၊ ဆီ၊ ဖယောင်းနှင့် ဆေး စသည့် အန္တရာယ်ရှိသည့် ပစ္စည်းများနှင့် ထိတွေ့မှုမှလည်း ကင်းဝေးရမည်။ ဒဏ်ရာဒဏ်ချက်များ ရှိနေသည့် prestressing steel များကို မည်သည့်အချိန်တွင်မဆို အသုံးမပြုရပါ။ Rust Strain မဟုတ်ဘဲ၊ အချိုင့်အပေါက်များ ဖြစ်ပေါ်ခြင်း သို့မဟုတ် အခြား လိုက်စားမှုများ တွေ့ရှိပါက prestressing steel ကို လက်မခံဘဲ ပယ်ချရမည်။

Prestressing steel ကို သယ်ယူပို့ဆောင်ရာနှင့် သိုလှောင်ရာတွင် ထိခိုက်ပျက်စီးခြင်းနှင့် သံချေးတက်ခြင်းတို့မှ ကာကွယ်ရန်အတွက် သေတ္တာများ (container) သို့မဟုတ် တင်ပို့ရာတွင် ထုပ်ပိုးသည့် ပုံစံများဖြင့် (shipping forms) ထုပ်ပိုးပို့ဆောင်ရမည်။ သံချေးတက်ခြင်း သို့မဟုတ် အခြားသော လိုက်စားမှုတို့မှ ကာကွယ်ပေးသည့် သံချေး ကာကွယ်ဆေး(MIL-P-3420F-87 ကို ကိုးကားရမည်) ကို အထုပ်အပိုးများအတွင်း သို့မဟုတ် form တွင် ထည့်သွင်းထား ရမည်။ သို့မဟုတ် သံချေးကာကွယ်ဆေး ထည့်သွင်း၍ ပြုလုပ်ထားသော ထုပ်ပိုးမှုပစ္စည်း (corrosion inhibitor type packaging material) များကို အသုံးပြုသင့်သည်။ သို့မဟုတ်ပါက အင်ဂျင်နီယာ၏ ခွင့်ပြုချက်ဖြင့် သံမဏိ (steel) ပေါ်ကို သံချေး ကာကွယ်ဆေး တိုက်ရိုက် သုတ်လိမ်းနိုင်သည်။ ထို သံချေး ကာကွယ်ဆေး သည် steel ၊ ကွန်ကရစ်၊ steel နှင့် ကွန်ကရစ်၏ တွဲဆက်အား၊ steel နှင့် grout ၏ တွဲဆက်အားတို့ကို ထိခိုက်စေနိုင်သည့် အကျိုးအာနိသင်များ မရှိစေရပါ။ ထုပ်ပိုးထားမှုများ အကြောင်းကြောင်းကြောင့် ပျက်စီးသွားပါက မူလအခြေအနေရောက်အောင် ပြန်လည်ပြင်ဆင်ခြင်း၊ အသစ်ပြန်လည် ထုပ်ပိုးခြင်းများ ချက်ချင်း ပြုလုပ်ရမည်။

အထုပ်အပိုးများတွင်လည်း high-strength prestressing steel များ အတွင်း၌ ပါဝင်ကြောင်း၊ မည်သည့် သံချေး ကာကွယ်ဆေးအမျိုးအစားကို အသုံးပြုထားကြောင်းနှင့် ထုပ်ပိုးသည့် ရက်စွဲ တို့ကို ရှင်းလင်းစွာ ဖော်ပြထားရမည်။

လုပ်ငန်း ပြီးဆုံးချိန်တွင် Anchorage အားလုံး၊ end fittings၊ couplers နှင့် ကွန်ကရစ်တွင် နစ်မြုပ်မနေသော သို့မဟုတ် grout လုပ်မထားသော၊ ပေါ်ထွက်နေသည့် tendon များအားလုံးကို သံချေးတက်ခြင်းမှ အမြဲတစေ ကာကွယ်ထားရမည်။

အခန်း ၆.   ပိုက်များ (DUCTS)

၆.၁   သတ္တုပိုက်များ

သီးခြားသတ်မှတ်ထားသည်များ မရှိပါက ပိုက်များအတွက် အအုပ်၊ အကာ (sheathing) သည် သတ္တု ဖြစ်ရမည်။ ထိုပိုက်များသည် သွပ်ရည်စိမ်ထားသော သံသတ္တု (galvanized ferous metal) ဖြစ်ရမည် ဖြစ်ပြီး၊ ဂဟေ (weld) ဆော်ထားသော သို့မဟုတ် မပြုတ်နိုင်အောင် ချိတ်ဆက်ထားသော ဆက်ကြောင်း များဖြင့် ပြုလုပ်ထားရမည်။

Figure 6.1-1 Corrugated Metal Duct from the USA

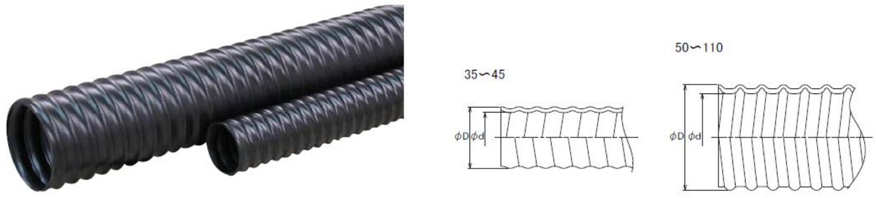
ဂဟေဆော်ထားသော ဆက်ကြောင်းများကို သွပ်ရည်စိမ်ရန် မလိုပါ။ Rigid ပိုက်များတွင် အတွင်းမျက်နှာ ပြင်သည် ချောမွတ်နေရမည် ဖြစ်ပြီး ခေါက်ခြင်း၊ ထပ်ခြင်း (crirrping)၊ ပြားခြင်း (flattening) များ မရှိဘဲ သင့်လျော်သော အနေအထားသို့ ကွေးညွတ်နိုင်စွမ်း ရှိရမည်။ Semi-rigid ပိုက်များကို အတွန့် ဖော်ထားရမည် ဖြစ်ပြီး၊ ကွန်ကရစ် လောင်းပြီးမှ tendon များကို ထည့်သွင်းမည် ဆိုပါက ၎င်းတို့၏ နံရံ အနည်းဆုံးအထူသည်- အချင်း ၆၇ မီလီမီတာနှင့် အောက် ရှိသော ပိုက်များတွင် ၀.၄၅ မီလီမီတာ နှင့်၊ အချင်း ၆၇မီလီမီတာ အထက် ရှိသော ပိုက်များတွင် ၀.၆ မီလီမီတာ ရှိရမည်။

၆.၂   ပလတ်စတစ်ပိုက်များ (PLASTIC DUCTS)

Figure 6.2-1 Corrugated Plastic Ducts from the USA

ရေငန်ရှိသော သို့မဟုတ် ရေခဲဖယ်ရှားသည့် ဓာတုပစ္စည်းများ (Deicing chemicals) နှင့် ထိတွေ့နိုင်သော နေရာများတွင် ပလတ်စတစ်ပိုက်များ နှင့် သဘောတူ ထောက်ခံထားသည့် ပစ္စည်း အမျိုးအစားများကို အသုံးပြုရန် စဉ်းစားရမည်ဖြစ်သည်။ ဂျပန်နိုင်ငံတွင် ပလတ်စတစ်ပိုက် များကို အသုံးများကြသည်။ ကွန်ကရစ်ထဲတွင် အပြည့်အဝ မြှုပ်ထားမည့် အတွန့်ပါသော ပလတ်စတစ်ပိုက်များကို polyethylene သို့မဟုတ် polypropylene တို့ဖြင့်

ပြုလုပ်ထားရမည်။ ပိုက်များ၏အပြင် မျက်နှာပြင်တွင် အဖြူရောင် coating သုတ်ထားရမည် သို့မဟုတ် ခရမ်းလွန်ရောင်ခြည် မှ ကာကွယ်သည့် ultraviolet stabilizer အသုံးပြုထားသော အဖြူရောင် ပိုက်အမျိုးအစား ဖြစ်သင့်သည်။ Tendon ကို ကွန်ကရစ်တွင် မြှုပ်မထားသည့်အခါ၌ သုံးသည့် rigid smooth black polyethylene ပိုက် များသည် ၁၀၀ ရာခိုင်နှုန်း polyethylene resin စစ်စစ်ဖြင့် ထုတ်လုပ်ထားသော rigid pipe ဖြစ်ရမည်။ ပုံ ၆.၂-၁ နှင့် ပုံ ၆.၂-၂၊ ဇယား ၆.၂-၁ နှင့် ဇယား ၆.၂-၂ တို့ကို မှီငြမ်းကိုးကားနိုင်ပါသည်။



ポリエチレン製シースA　寸法表

呼び径	35	38	45	50	55	65	70	75	80	85	95	105	110
D (mm)	42.5	45.5	52.0	62.0	67.0	78.0	83.0	88.5	94.0	98.5	115.5	125.5	130.0
d (mm)	35.0	38.0	45.0	50.0	55.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	95.0	105.0	110.0

PC鋼材適用サイズ

呼び径		35	38	45	50	55	65	70	75	80	85	95	105	110
PC鋼材	裸	Bφ23 1S19.3 1S21.8	Bφ26 1S21.8	Bφ32 1S28.6	7S12.7		12S12.7		12S15.2		12S15.7	19S15.2	27S15.2	
	被覆	ECF1S15.2 ECF1S15.7 ECF1S17.8	–	プレグラウト 1S21.8	プレグラウト 1S28.6		–	–	ECF 12S12.7	–	ECF 12S15.2 12S15.7			

Figure 6.2-2 Plastic Ducts (Polyethylene Ducts) in Japan

Table 6.2-1 Plastic Duct Thickness (AASHOTO)

Duct Shape	Duct Diameter mm	Duct Thickness mm
Flat	any size	2.032
Round	22.86	2.032
Round	60.325	2.032
Round	76.2	2.54
Round	85.09	2.54
Round	101.6	3.048
Round	114.3	3.556
Round	130.175	4.064
Round	145.034	4.064

Table 6.2-2 Quality of PE Ducts: Construction Manual for Structure

(Nippon Expressway Company Limited in Japan)

Test Item	Required Quality	Test Method
1. Resistance against uniform external pressure	Buckling pressure shall be over 0.075MPa	JPCI-A001-2015
2. Resistance against local external pressure	No damage in appearance, and No water leak	JSCE-E 704
3. Flexibility	No water leak	JSCE-E 706
4. Check of connection parts	No water leak	JSCE-E 707
5. Characteristic of bending	Calculated supporting span shall be over designated span	JPCI-A002-2015
6. Resistance against abrasion	Residual thickness shall be over 1.5mm	JPCI-A003-2015
7. Adhesiveness	Adhesive strength shall be over $4.0N/mm^2$	JSCE-E 710
8. Leak of Coupler Segment	No water leak in test of testing piece	JPCI-A004-2015

၆.၃ ပိုက်အထိုင်၊ အဆက်များ (DUCT FITTING)

ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အချိန် သို့မဟုတ် tendon များကို grout လုပ်သည့် အချိန်တွင် duct များ နေရာရွေ့ခြင်း၊ ပုံပျက်ခြင်း မဖြစ်ပေါ်စေရန် လုံလောက်သည့် ခံနိုင်အား (strength) လည်းရှိရမည်။ Sheathing လုပ်ထားသည့် ပိုက်များအတွက် coupling နှင့် အကူးအပြောင်း အဆက် (transition fitting) များသည် သံဓာတ်ပါသော သတ္တုများ (ferrous metal) ၊ polyolefin (polyethylene or polypropylene) ဖြစ်ရမည့်ဖြစ်ပြီး၊ ရေလုံလေလုံ ဖြစ်ရမည်။

ပိုက် များသို့မဟုတ် anchorage assemblies များတွင်၊ Prestressing လုပ်ပြီးနောက် grout မှုတ်ရန်အတွက်၊ ပိုက် (duct) များ၏ အဆုံးများ၌ pipe များ သို့မဟုတ် သင့်လျော်သော အဆက်နေရာများ ထား ရှိရမည်။ အပိုင်း ၃.၁.၂ ‘အဝင်ပိုက်နှင့် အထွက်ပိုက်များ’ ၌ ဖော်ပြထားသည့် အတိုင်း၊ ပိုက်များကို အမြင့်ပိုင်းတွင် venting နှင့် grouting အတွက်၊ ကြားအနိမ့်အပိုင်းတွင် ရေထုတ်ရန် (draining) အတွက် အပေါက် (ports) များ ထားရှိပေးရမည်။

လေထုတ်ပိုက်နှင့် ရေဆင်းပိုက်များသည် strand အတွက် အနည်းဆုံး အချင်း ၁၉ မီလီမီတာ ရှိရမည် ဖြစ်ပြီး single-bar tendon နှင့် strand သုံးခု သို့မဟုတ် လေးခု ပါသည့် flat duct tendon များအတွက် အနည်းဆုံး အချင်း ၁၃ မီလီမီတာ ရှိရမည်။ ပိုက်များနှင့် တွဲဆက်ရာတွင် သတ္တု သို့မဟုတ် ပလတ်စတစ် တွဲဆက်ပစ္စည်း (structural fasteners) များ သုံးရမည်။ လေထုတ်ပိုက်များနှင့် ရေဆင်းပိုက်များသည်

mechanical နည်းဖြင့် ဆက်ထားခြင်း (bolt, screw, pin စသည်ဖြင့် ဆက်ထားခြင်း) သို့မဟုတ် shrink wrap (အဆက်ပေါ်တွင် polymer ပလတ်စတစ်ဖြင့် အုပ်၍ ဆက်ခြင်း)များ ဖြင့် ဆက်ထားခြင်း ဖြစ်ရမည်။ ဘိလပ်မြေအရည်များ မထွက်စေရ။ လိုအပ်ပါက တိပ်များဖြင့် လုံခြုံစွာ ပတ်ထားရမည်။ လေထုတ်ပိုက်များနှင့် ရေဆင်းပိုက်များတွင် လေထုတ်ပိုက်များ တစ်လျှောက် grouting ထည့်သွင်းနိုင်ရန်နှင့်၊ grout များ အပြင်သို့ စိမ့်ထွက်ခြင်းမှ ကာကွယ်ရန် နည်းလမ်းများ ထားရှိရမည်။

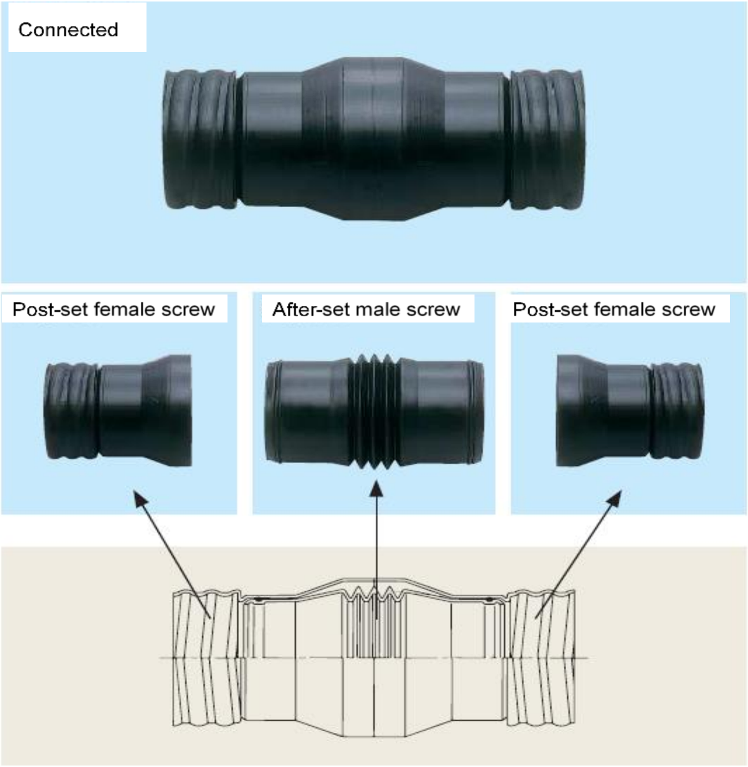


Figure 6.3-1 Example of connection duct

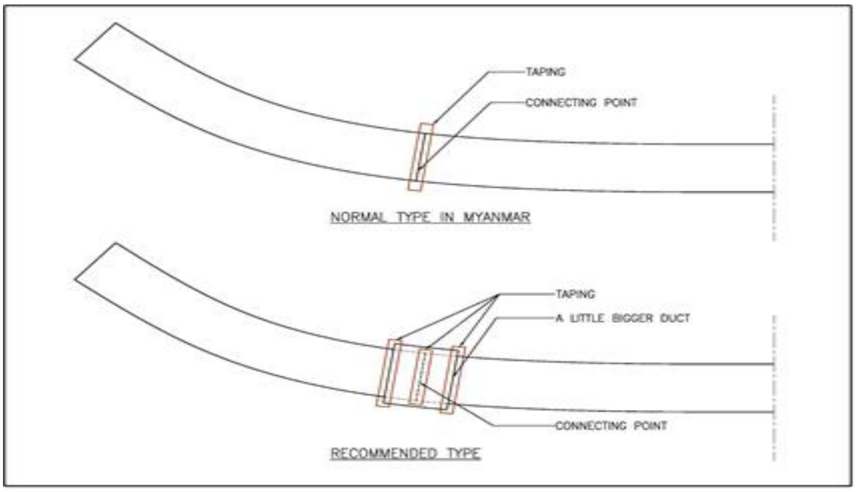


Figure 6.3-2 Recommendation for connection of duct

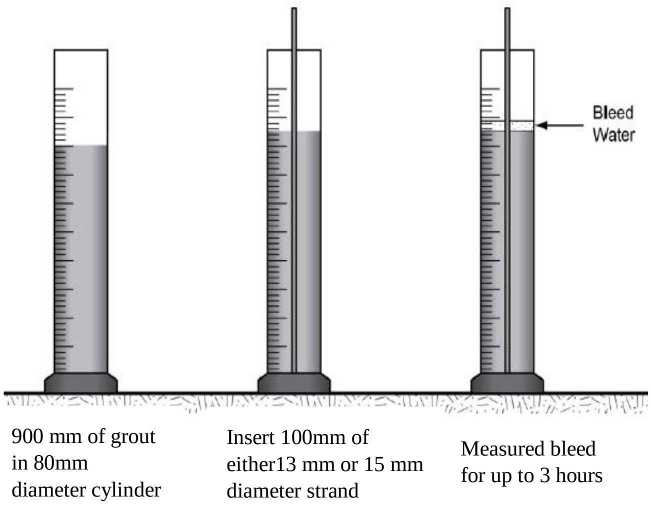
အခန်း ၇. GROUT

Post-tensioning grout သည် အပိုင်း ၇.၃ တွင် ဖော်ပြထားသည့် grout ၏ ရုပ်ဂုဏ်သတ္တိများနှင့် ကိုက်ညီရမည်။ Grout များသည် လုပ်ဆောင်မည့် စီမံကိန်းအတွက် အထူးတလည် ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ထားသည်မျိုးလည်း ဖြစ်နိုင်သလို၊ grout ထုတ်လုပ်သူ (manufactures) မှ ကြိုတင် ထုပ်ပိုးထားသော (prebagged form) ပုံစံဖြင့် တင်သွင်းခြင်းလည်း ရှိနိုင်သည်။ အထူးတလည် ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ထားသော grout ကို အသုံးပြုသည် ဆိုလျှင်၊ ၎င်း grout အတွက် ဓာတ်ခွဲခန်းတွင် နမူနာ စမ်းသပ်ဖျော်စပ်မှုများ ပြုလုပ်စဉ်က အသုံးပြုခဲ့သည့် ဘိလပ်မြေ (cement) နှင့် အရောအနှော (admixture) များကိုသာ လက်တွေ့လုပ်ငန်း လုပ်ကိုင်ရာတွင် အသုံးပြုရမည်။ သီးခြားသတ်မှတ် ဖော်ပြထားသည့် အခြေအနေများမှ အပ၊ ဘိလပ်မြေ (Cement) ၏ လတ်ဆတ်မှုသည် AASHTO M85 (ASTM C 150) သို့မဟုတ် JIS R5210 နှင့်ကိုက်ညီရမည်။ Grout ၏ အောက်ဖော်ပြပါ ဂုဏ်သတ္တိများကို နေ့စဉ် စမ်းသပ်စစ်ဆေးရန် လိုအပ်သည်။

- fluidity
- ၃ နာရီအကြာ၌ ရှိသည် bleeding နှင့်
- ပွခြင်း (ထုထည်ပြောင်းလဲခြင်း)

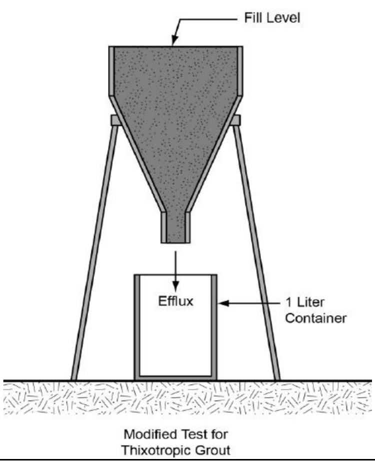
အဆိုပါ လုပ်ငန်းခွင်တွင် ပြုလုပ်ရမည့် စမ်းသပ်မှုများအစား အခြားနည်းလမ်းတစ်ခုအဖြစ် ထုတ်လုပ်သူများ တင်သွင်းသည့် ခွင့်ပြုချက်ရပြီးဖြစ်သား prebagged grout များကို အသုံးပြု နိုင်သည်။ အဆိုပါ grout များကို ပလတ်စတစ် လိုင်နင် ခံထားသည့် သို့မဟုတ် ပလတ်စတစ်သား အုပ်ထားသည့် ပုံး (container) များဖြင့် ကြိုတင် ထုပ်ပိုးထားရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ထုတ်လုပ်သည့်နေ့စွဲ၊ အထုပ်နံပါတ်နှင့် ရောစပ်ပုံ ရောစပ်နည်းများ ရိုက်နှိပ်ထားရမည်။ Grout အမျိုးအစား သို့မဟုတ် grout ရယူသည့် နေရာများ ပြောင်းလဲမှုရှိပါက၊ စမ်းသပ်ချက်များ ထပ်မံ ပြုလုပ်ပြီး၊ grout ၏ ရုပ်ဂုဏ်သတ္တိ လိုအပ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီမှုရှိမရှိကို ပြန်လည် စစ်ဆေးအတည်ပြု ရမည်။ Grout ပေးသွင်းသူသည် lot number တစ်ခုချင်းစီနှင့် လုပ်ငန်းခွင်သို့ ပို့မည့် shipment အခေါက်တိုင်း အတွက် အရည်အသွေး ထိန်းချုပ်မှုဆိုင်ရာ စာရွက်စာတမ်း (Quality control data sheet) တစ်စုံကို ကန်ထရိုက်တာ ဆီသို့ ပေးပို့ရမည့်အပြင် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်း မန်နေဂျာ (Project manager) သို့မဟုတ် အင်ဂျင်နီယာဆီသို့လည်း တစ်စုံစီ တင်သွင်းရမည်။ ထုတ်လုပ်သည့်အချိန် နှင့် အသုံးပြုသည့် အချိန်ကြား ကွာခြားချိန် ၆ လထက် ကျော်နေသည့် ပစ္စည်းများကို အသုံးမပြုခင်တွင် တင်သွင်းသူမှ

ပြန်လည်စမ်းသပ်ပေးပြီး၊ အသုံးပြု၍ရကြောင်း ထောက်ခံချက်လည်း ပေးရမည်။ သို့မဟုတ်ပါက ထိုပစ္စည်းများကိုလုပ်ငန်းခွင် မှ အပြီးဖယ်ရှားပြီး ပြန်လည်အစားထိုးရမည်။



၁၀၀၀ မီလီမီတာ အမြင့်ရှိသည့် ဆလင်ဒါထဲသို့ အသေအချာ ဖျော်စပ် ထားသည့် grout ၉၀၀ မီလီမီတာနှင့် Seven Wire Strand ကို ထည့်၍၊ grout ၏ မျက်နှာပြင် ပေါ်တွင် (bleeding) ကို တိုင်းတာမည်။ ပုံမှန် အခန်း အပူချိန် 20 C ၌ ၃ နာရီကြာပြီးနောက် bleed ၀.၀ % ဖြစ်ပါက အသုံးပြုနိုင်သည်။

Figure 7-1 Wick-Induced Bleed Test



ဖျော်စပ်ပြီးပြီးချင်း Efflux time မှာ ၉ စက္ကန့်မှ ၂၀ စက္ကန့် အတွင်း ဖြစ်ရမည်။ grout အား လှုပ်ရှားမှုမပြုဘဲ မိနစ် ၃၀ ကြာ ထားပြီး စက္ကန့် ၃၀ ကြာ ပြန်လည် မွှေပြီးသည့် အခါ၌ရှိသည့် Efflux time သည် စက္ကန့် ၃၀ ထက် နည်းရမည်။

Figure 7-2 Flow Cone Testing (Modified ASTM C939)

၇.၁ အတည်ပြုချက် (ခွင့်ပြုချက်)

Post-tensioning grout ၏ ထုတ်လုပ်သူများသည် အစစ်ဆေးခံနိုင်သော၊ လွတ်လပ်သည့် ဘီလပ်မြေ/ကွန်ကရစ် သုတေသန ဓာတ်ခွဲခန်းမှထုတ်ပေးသည့် ပစ္စည်း (grout) သည် ဖော်ပြပါရှိသည့် သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီကြောင်း၊ အသိအမှတ်ပြု အစီရင်ခံစာကို တင်ပြရမည်။

၇.၂ ရောနှောခြင်း (MIXING)

Grout ကို ထုတ်လုပ်သူ၏ လမ်းညွှန်ချက်များအတိုင်း ရောစပ်ရမည်။ Grout တွင် အသုံးပြုသောရေသည် သောက်သုံးနိုင်သော ရေအမျိုးအစားဖြစ်ပြီး သန့်ရှင်းရမည့်အပြင်၊ ထိုရေတွင် Portland cement သို့မဟုတ် ကြိုတင်အားဖြည့် သံချောင်းများကို အန္တရာယ် ဖြစ်စေနိုင်သော ပမာဏရှိသည့် ပစ္စည်းများ မပါဝင်ရပါ။ Grout တွင် အသုံးပြုသော ရေသည် ‘ကွန်ကရစ် အဆောက်အဦလက်စွဲ’ တွင် ဖော်ပြထားသော ရုပ်ပိုင်းဆိုင်ရာ ဂုဏ်သတ္တိများနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

၇.၃ GROUT ၏ ရုပ်ပိုင်းဆိုင်ရာဂုဏ်သတ္တိများ

Grout များသည် Bleeding မဖြစ်ရပါ။ Grout တွင် အလူမီနီယံအမှုန့် ပါဝင်ခြင်း မရှိရပါ။ ထို့ပြင် ဟိုက်ဒရိုဂျင်၊ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်နှင့် အောက်ဆီဂျင်ဓာတ်ငွေ့တို့ကို ထွက်ရှိစေသည့် အခြေအနေမျိုး မရှိရပါ။ ဘိလပ်မြေ ဂုဏ်သတ္တိရှိသော Grout (Cementitious grout) သည် ဤတွင် ဖော်ပြထားသော ရုပ်ပိုင်းဆိုင်ရာ ဂုဏ်သတ္တိများနှင့် ကိုက်ညီရမည် သို့မဟုတ် သာလွန်ရမည်။

Grout ၏ အဆင့်အတန်းများနှင့် ဂုဏ်သတ္တိများကို ဇယား ၇.၃-၁၊ ဇယား ၇.၃-၂၊ ဇယား ၇.၃-၃ နှင့် ဇယား ၇.၃-၄ တို့တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 7.3-1 Grout Physical Properties (AASHTO)

Class	Exposure	Constituent Materials								Required Testing
		Cement kg	Fly Ash (Type F), %	Slag, %	Silica Fume (dry), %	Water/ Cementitious Material ratio {W/(c+m)}	High-Range Water Reducer (Type F or G), g/kg	Calcium Nitrite, kg/m³	Other Admixtures	
A	Nonaggressive: Indoor or nonaggressive outdoor	99.8	0	0	0	0.45 max.	0	0	_	3.7.3
B	Aggressive: Subject to wet/dry cycles,marine environment,deicing	99.8	0 min 25max.	0 min 55max.	0 min 15max.	0.45max.	0 min 28.8max.	0 min 27.2 max.	As per Manufacturer's recommendation	3.7.3
C Prepackag	or nonaggressi	–	–	–	–	0.45 max.	–	–	–	
D Special		Determined by the Specifying Designer								3.7.3

Table 7.3-2 Grout Physical Properties (AASHTO)

Property	Test Value	Test Method
Total Chloride irons	Max. 0.08% by weight of cementitious material	ASTM C1152/C1152M
Fine Aggregate (if utilized)	Max. Size ≤No. 50 Sieve	ASTM C33
Volume Change at 28 days	0.0 % to+ 0.2 % at 24h and 28 days	ASTM C1090
Expansion	≤2.0% for up to 3h	ASTM C940
Compressive Strength 28day (average of 3 cubes)	≥ 41 Mpa	ASTM C942
Initial Set of Grout	Min. 3h Max. 12h	ASTM C953
Fluidity Test** Efflux Time from Flow Cone a)Immediately after Mixing b) 30 min after Mixing with Remixing for 30s	Min.11s Max.30s or Min. 9s Max. 20s Max. 30s Max. 30s	ASTM C939 ASTM C939*** ASTM C939 ASTM C939***
Bleeding at 3h	Max. 0.0%	ASTM C940****
Premeability at 28 days	Max. 2500 coulombs at 30 volts for 6h	AASHTO T277 (ASTM C1202)

Table 7.3-3 Grout Physical Properties

(Construction Manual for Structure (Nippon Expressway Company Limited in Japan)

1. Grout shall be non-bleeding and non-expansion type.
2. Cement shall be non-weathered one suitable to JIS R 5210.
3. Water shall be suitable to JIS A 5308.
4. Admixture or premix material shall be suitable to Test Method 419.
5. Water-binder ratio shall be under 45%.
6. Volume of chloride ion in non-hardened grout shall be under 0.08% of cement volume (kg/m^3).
7. Compressive strength 28 days of grout shall be over 30N/mm^2.
8. Quality control method shall be confirmed.

Table 7.3-4 Comparison between AASHTO and Japanese Manual

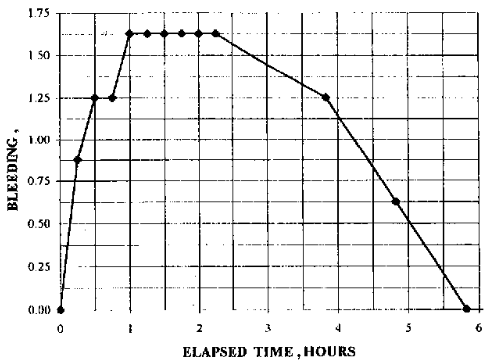
Properties	AASHTO	Japanese Manual	Purpose
Water/Cementitious Materials Ratio	0.45 max	0.45 max	
Fluidity Test	Efflux Time 0 Min: Min 9s Max 20s 30 Min: Max 30s	Depend on factory High-viscosity: Min 14s Low-viscosity :6~14s Super low-viscosity 3.5~6	Workability
Bleeding	Max 0.0% (At 3hr)	Max 0.3% Beginning 0.0% Final	To avoid the cause of air remaining
Volume Change	0.2%(28days)	±0.5%	To avoid shrinkage of volume, then avoid air remaining
Compressive Strength	>41N/mm2	>30N/mm2	
Total Chloride Ions	<0.08 by weight of cementitious materials	<0.08 by weight of cementitious materials	

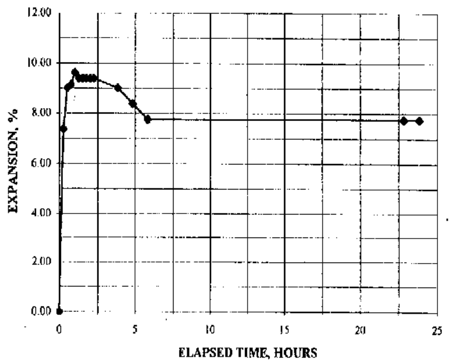
Table 7.3-5 Examples of Grout Materials in Myanmar

	Unit 9	Belu Chaung Bridge	Saing Du Br. First Stage	Saing Du Br. Second Stage
Materials for Grout	Sika214-11	Mortar +Non-Shrink Grout + Intraplast ZX(Sika) 1:2+1~2%	Mortar + Expandfluid 1 + 2%	Mortar + Intraplast ZX(Sika) 1 + 2%
Water/Cementitious Materials Ratio	0.45	0.45	0.45	0.45
Compressive Strength				

Table 7.3-6 Examples of Testing by Material Company in Myanmar

Cement 10kg + Sika INTRAPLAST ZX 100g (1%) , W/C ratio = 0.44





Bleeding 1.63% at 3 Hours

Expansion 9% at 3 Hours

စုစုပေါင်း ကလိုရိုက်ဒ် အိုင်ယွန် စမ်းသပ်မှုကို ‘ကွန်ကရစ် အဆောက်အဦလက်စွဲ’ တွင် ရှင်းပြထားသည်။

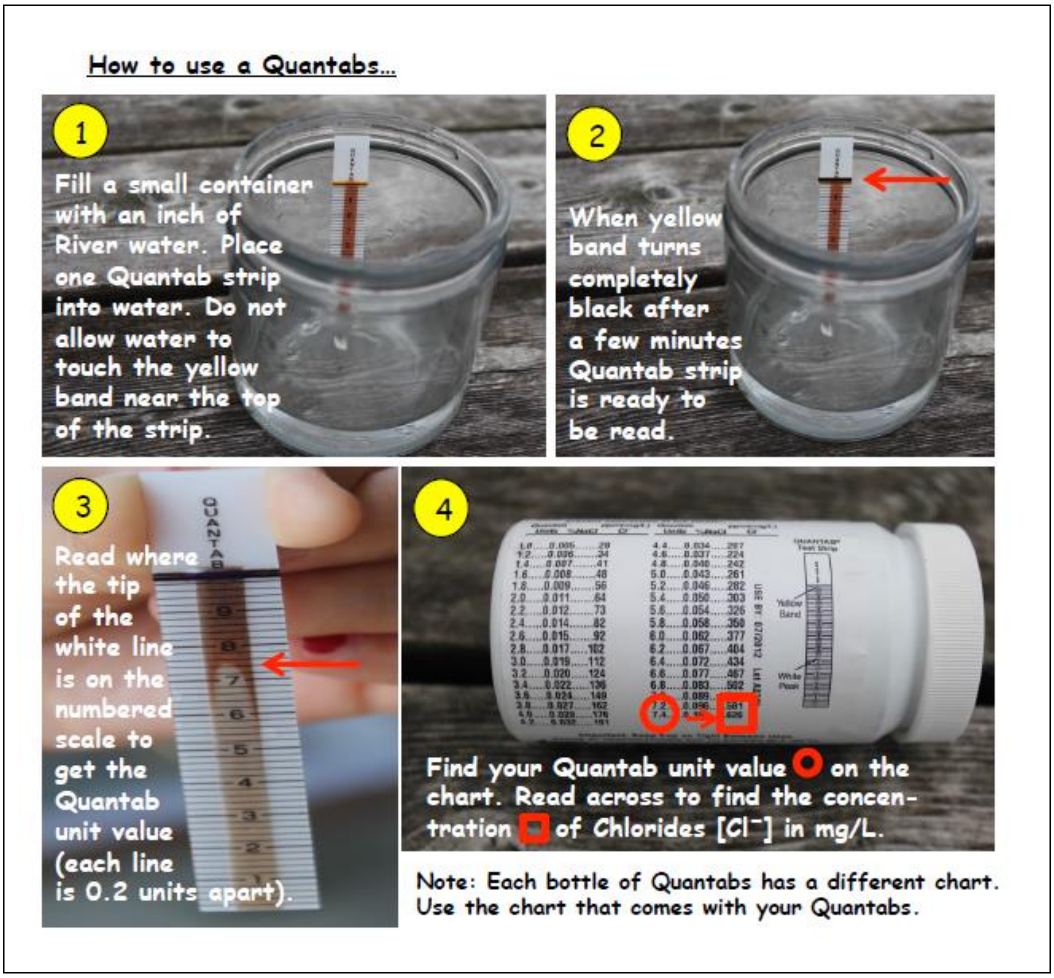


Figure 7.3-1 Example of Method for Checking Chloride Ions

အခန်း ၈.　TENSIONING

၈.၁　TENSIONING နှင့်ပတ်သက်သည့် ယေဘုယျလိုအပ်ချက်များ

Prestressing steel များကို စာချုပ်၌ ဖြစ်စေ၊ အတည်ပြုပြီးသား working drawings များ၌ဖြစ်စေ သတ်မှတ်ဖော်ပြထားသည့် အား (forces) များအတိုင်း ရရှိစေရန်အလို့ငှာ၊ ဆုံးရှုံးမှု (losses) များအတွက် သင့်လျော်သည့် allowance တန်ဖိုး ထည့်တွက်ပြီး၊ hydraulic jacks များဖြင့် ဆွဲရမည်။ Post–tensioned အတွက် ဆုံးရှုံးမှု (loss) တွက်ရာတွင်မူ၊ အသုံးပြုမည့် anchorage system နှင့် ကိုက်ညီသော anchor set loss ကိုပါ ထည့်သွင်းရမည်။

Pre-tensioned member များအတွက် အထိုင်မချခင် (jacking stress မပြုလုပ်ခင်) strand တွင် ရှိသည့် stress သည် ၎င်း strand ၏ Minium ultimate strength ၏ ၈၀ရာခိုင်နှုန်း ထက် မကျော်ရပါ။

Post-tensioned member များအတွက် အထိုင်မချခင် (jacking stress မပြုလုပ်ခင်) နှင့် အထိုင်ချပြီးပြီးချင်း တွင် strand တွင် ရှိသည့် stress များသည် ခွင့်ပြုထားသော တန်ဖိုးများထက် မကျော်လွန်ရပါ။

Tensioning ကို pretensioning၊ post-tensioning နည်းလမ်းနှင့် ထိုနည်းလမ်းနှစ်မျိုး ကို ပေါင်းစပ်သုံးသည့် နည်းလမ်းများအနက်၊ စာချုပ်တွင် သတ်မှတ်ထားသည့်နည်းလမ်း သို့မဟုတ် အတည်ပြုထားသည့် working drawing တွင် ဖော်ပြထားသည့် နည်းလမ်း၊ သို့မဟုတ် အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေး ဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာ (Project manager) မှ စာဖြင့် ရေးသား အတည်ပြုထားသည့် နည်းလမ်းတို့ဖြင့် ဆောင်ရွက်နိုင်သည်။

Strand ကို ကြိုတင်အားဖြည့်ခြင်း (stressing) လုပ်ရာတွင်၊ strand ထဲမှ wire များ ပျက်စီးမှုနှင့် ပတ်သက်၍၊ မည်သည့် strand တွင်မဆို ပျက်စီးသည့် wire တစ်ခုထက် မပိုမှသာလျှင်၊ သို့မဟုတ် ပျက်စီးသော wire များ၏ ဧရိယာသည် member အတွင်းရှိ prestressing steel အားလုံးပေါင်း ဧရိယာ ၏ ၂ ရာခိုင်နှုန်းထက် မပိုမှသာလျှင်၊ အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေး ဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်း မန်နေဂျာ (Project manager) သည် ထိုပျက်စီးမှုကို လက်ခံနိုင်သည်။

၈.၁.၁ ကွန်ကရစ်၏ခံနိုင်ရည်အား

ကွန်ကရစ်သည် Initial stressing အတွက် သတ်မှတ်ထားသော ခံနိုင်ရည်အားကို မရရှိသေးသရွေ့ prestressing force များ ကွန်ကရစ်သို့ သက်ရောက်ခြင်း၊ လွှဲပြောင်းခြင်း မရှိရပါ။ ထို့အပြင် အပိုင်းခွဲ၍ တည်ဆောက်ထားသော တံတားများအတွက်မှ လွဲ၍ Cast-in-place concrete များတွင်၊ post-tension

လုပ်မည့် member အား နောက်ဆုံး ကွန်ကရစ်လောင်းပြီး၊ အနည်းဆုံး ဆယ်ရက် ကြာပြီးမှ post-tension ပြုလုပ်ရမည်။

Table 8.1-1 Concrete Strength for Initial Stressing (N/mm^2) [Construction Manual for Structure (Nippon Expressway Company Limited in Japan)]

Concrete design strength	36	40	50
Concrete strength for initial stressing	30	32.5	36

၈.၁.၂ PRESTRESSING ပစ္စည်းကိရိယာများ

Tendons များကို ဆွဲအားပေးမည့် hydraulic jack များသည် လိုအပ်သော အား (force) ကို ပေးပြီး အချိန်ကြာကြာ တောင့်ခံထားနိုင်ရမည်။ ထို့ပြင် jacking stress အား စစ်ဆေးသိရှိနိုင်ရန် pressure gauge သို့မဟုတ် load cell တပ်ဆင်ထားရမည်။ Jacking system သည် tendon ၏ ရှည်ထွက်လာမှုကို တိုင်းတာနိုင်သည့် သီးခြား စနစ်တစ်ခုလည်း ပါရမည်။ Pressure gauge သည် အနည်းဆုံး ၁၅၀ မီလီမီတာ အချင်းရှိသည့် အတိုင်းအတာပမာဏ တိတိကျကျပါသည့် ဒိုင်ခွက် သို့မဟုတ် ဒီဂျစ်တယ်ဒိုင်ခွက်ဖြစ်ရမည်။ ထို့အပြင် jack တစ်ခုချင်းစီနှင့် ၎င်းတို့၏ ဂိတ် (gauge) ကို နောက်ဆုံး jacking force တွင် ဖြစ်မည့် ခန့်မှန်းထားသည့် cylinder extension ဖြင့် calibrate လုပ်ရမည်။ ထို့နောက် အတည်ပြုထားသည့် calibration chart ကို guage တွင် ထားရှိရမည်။

Load cell ကို calibration လုပ်ထားရမည်ဖြစ်ပြီး tendon ၏ prestressing force ကို သိနိုင်မည့် indicator ပါရှိရမည်။ Jacking stress ကို load cell မှ ဆုံးဖြတ်ရာတွင် ထုတ်လုပ်သူမှ သတ်မှတ်ထားသည့် load cell ၏ rated capacity အောက် ၁၀ ရာခိုင်နှုန်း အပိုင်းအခြားကို အသုံးမပြုရပါ။ အင်ဂျင်နီယာက ခွင့်ပြုပါက load cell များအစား စံကိုက်ချိန်ညှိထားသော proving rings များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

Gauge များကို အနည်းဆုံး တစ်နှစ်တစ်ခါ recalibration ပြန်လုပ်ရမည်။ Gauge pressure နှင့် elongation များအရ stress တန်ဖိုးများသည် သိသိသာသာ ခြားနားသည့် အခါတိုင်းတွင်လည်း gauge များကို calibration ပြန်လုပ်ရမည်။

Stressing လုပ်ပြီးနောက် သို့မဟုတ် member များကို တပ်ဆင်ပြီးနောက် strand များကို ဖြတ်တောက်ရာတွင် oxygen flame သို့မဟုတ် ဖြတ်စက် (mechanical cutting device) များကိုသာ သုံးရမည်။ Electric arc welders များကို အသုံးမပြုရပါ။ လုပ်ငန်းခွင်တွင် ထုတ်လုပ်သော ပစ္စည်း (site product) ဖြစ်သည့် Pretension Girder များတွင်မူ End Anchorage beam သည် တစ်ခါတစ်ရံ

လမ်းကြောင်း သွေဖည်သွားတတ်သည်။ ထိုကဲ့သို့ ဖြစ်ရပ်များတွင် ပြန်လည် ပြုပြင်၍ မရအောင် ပုံစံပျက်ယွင်းမှုများ ဖြစ်နိုင်သည့်အတွက် End Anchorage beam ကို ဂရုတစိုက် သေချာစွာ စစ်ဆေးရမည်။

Figure 8.1-1 Prestressing Equipment for Pre-tension Girder (At the Factory)	**Figure 8.1-2 Prestressing Equipment (Strut Beam) for Post-Tension Girder (At the Site)**

Pressure Gauge and Jack

Figure 8.1-3 Prestressing Equipment for Post-Tension Girder

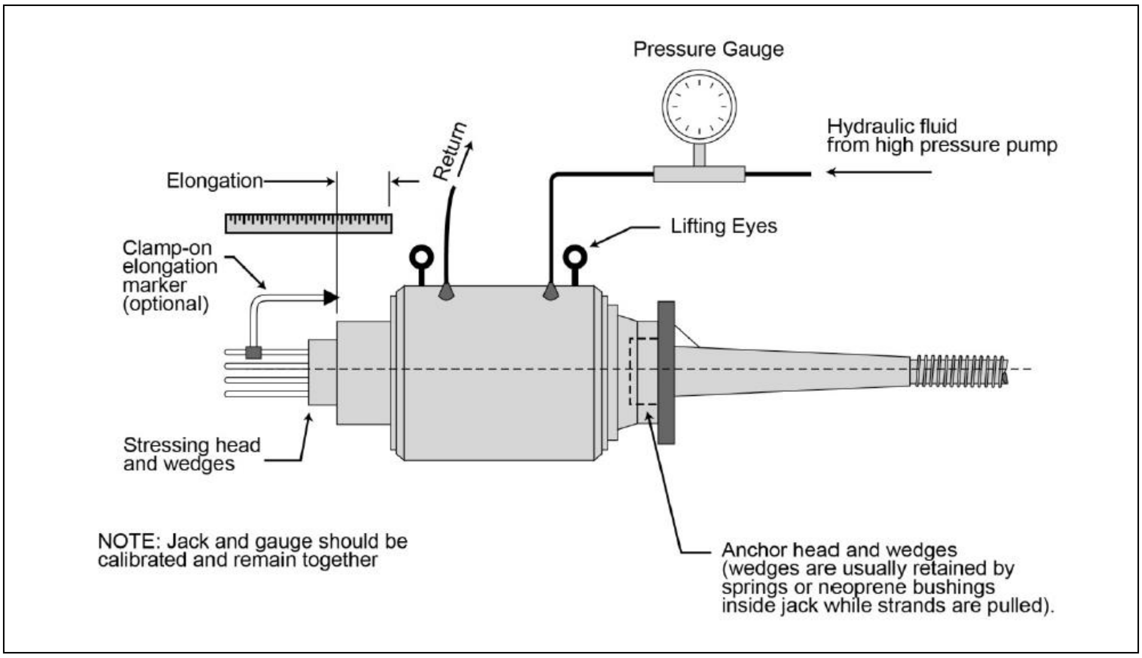
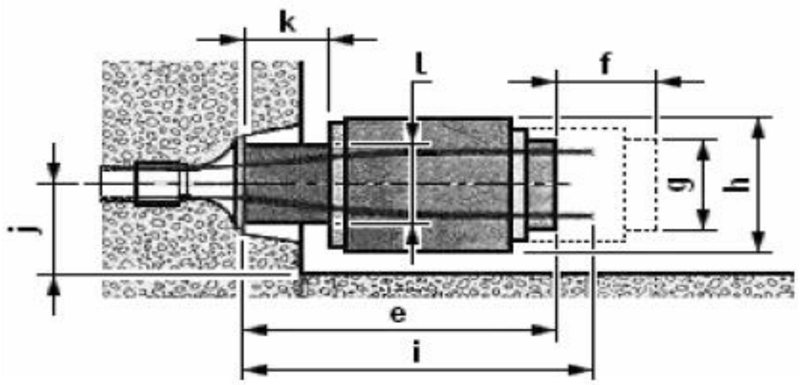


Figure 8.1-4 Typical Multi-Strand, Center Hole, Stressing Jack



K-RANGE JACKS

The table below can be referred for the selection of the Jack for Prestressing of Cables:-

JACK TYPE	ANCHORAGE TYPE		e	f	g	h	i	j	k	l
K 100	4 K 13	-	635	200	185	275	785	190	126	192
	7 K 13	4 K 15	635	200	185	275	785	190	126	192
K 200	7 K 13	4 K 15	720	200	220	350	875	230	228	274
	12 K 13	7 K 15	726	200	220	350	875	230	231	274
K 350	12 K 13	7 K 15	820	250	267	440	970	270	235	324
	19 K 13	12 K 15	820	250	267	440	970	270	230	324
K 500	19 K 13	12 K 15	940	250	267	515	1090	310	230	410
	27 K 13	19 K 15	933	250	267	515	1090	310	222	410
K 700	27 K 13	19 K 15	881	260	350	610	1030	360	142	478
	37 K 13	27 K 15	973	260	350	610	1125	360	104	478
K 1000	37 K 13	27 K 15	1062	220	400	710	1220	410	268	535
	55 K 13	37 K 15	1171	220	400	710	1320	410	279	535

Figure 8.1-5 K-RANGE JACK TYPES (Used in Myanmar)

၈.၁.၃ JACK စံကိုက်ချိန်ညှိခြင်း (JACK CALIBRATION)

Jack Calibration ကို ပစ္စည်းတင်သွင်းသူ သို့မဟုတ် ဒေသတွင်း အသိအမှတ်ပြု ဓာတ်ခွဲခန်း တစ်ခုခုတွင် ပြုလုပ်ရမည်။ လုပ်ငန်းခွင်တွင်မူ ထုတ်လုပ်သူမှ ပေးသော master gauge ကိုသုံး၍ ပြုလုပ်ရမည်။ ပုံ ၈.၁-၆ တွင် Jack စံကိုက်ချိန်ညှိပုံကို ပြသထားသည်။ Stressing လုပ်ရာတွင် စံကိုက်ချိန်ညှိရန်အတွက် ပုံမှန်တပ်ဆင်မှု အပြင်၊ အခြား ပစ္စည်း (၂) ခုကို ထပ်မံ ထည့်သွင်းထားသည်။ ၎င်းတို့မှာ jack နှင့် anchorage ကြားတွင် ရှိသော load cell နှင့် pressure gauge နှင့် ချိတ်ထားသည့် master guage ဖြစ်သည်။ ပုံမှန်အားဖြင့် load cell ကို ပုံတွင်ပြထားသည့်အတိုင်း jack ၏အရှေ့ တွင် ထားလေ့ရှိသည်။ Load cell ၌ prestressing tendon တွင် သက်ရောက်နေသည့် အား (force) ကို တိကျစွာ ဖတ်နိုင်သည်။

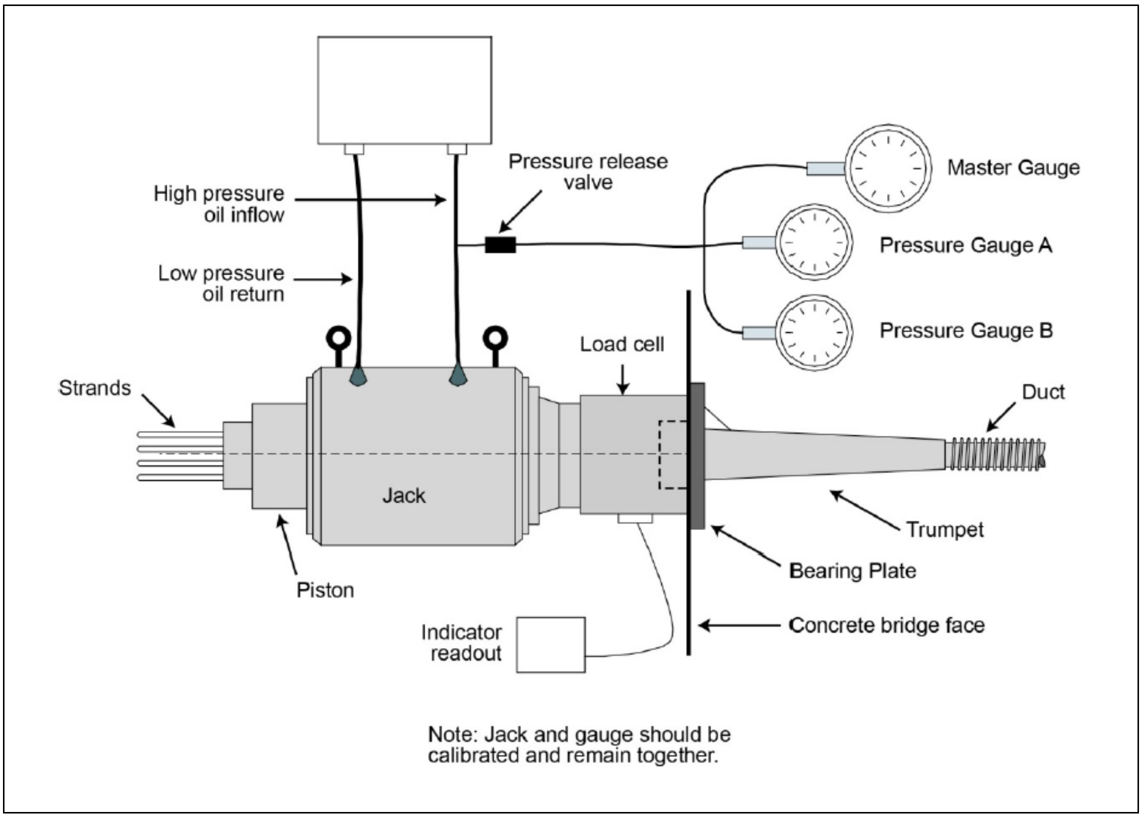


Figure 8.1-6 Jack Calibration

Table 8.1-2 Timing of Calibration for Jacks and Gauges
Construction Manual for Structure (Nippon Expressway Company Limited in Japan)

Jacks နှင့် gauges များကို စံကိုက်ချိန်ညှိရမည့် အချိန်မှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။
၁. ပထမဆုံး tendon ကို initial prestressing ပြုလုပ်ခါနီး
၂.tendon ၅၀ ခန့် prestressing လုပ်ပြီးချိန်
၃.Jacks သို့မဟုတ် pumps များကို ပြန်လည်ပြင်ဆင်ပြီးချိန်
၄.တွဲဖက်အသုံးပြုနေသည့် Jacks နှင့် pump အတွဲကို လဲလှယ်အသုံးပြုသောအခါ
၅.Control Chart အရ cable tension strength ပုံမှန်မဟုတ်သော အခြေအနေ ဖြစ်လာသောအခါ
၆.Prestressing လုပ်ငန်းများကို အချိန်ကြာမြင့်စွာ ရပ်ဆိုင်းထားပြီးမှ ပြန်လည် စတင်သောအခါ

၈.၁.၄ STRESS များကိုတိုင်းတာခြင်း

Tensioning လုပ်ခြင်းသည် ကြိုတင်အားဖြည့် ကွန်ကရစ် (PC) တံတားများအတွက် လွန်စွာ အရေးပါသော လုပ်ငန်းတစ်ခု ဖြစ်သည်။ အဘယ့်ကြောင့်ဆိုသော် tensioning သည် ယက်မ (Grider) ၏ စိတ်ချရမှုအပေါ် တိုက်ရိုက် အကျိုးသက်ရောက်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် အောက်ဖော်ပြပါ အကြောင်းအရင်းများကြောင့် ဒီဇိုင်းတွင်တွက်ချက်ထားသော prestressing နှင့် အမှန်တကယ် ပြုလုပ်သည့် prestressing တို့အကြား ကွာခြားမှုများ (အမှားအယွင်းများ) ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

- Tendon နှင့် duct ကြားတွင် ပွတ်တိုက်အားများ ပြန့်ကျဲရှိနေခြင်း
- Jack သို့မဟုတ် anchorage ၏ ပွတ်တိုက်အားများ ပြန့်ကျဲရှိနေခြင်း
- Tendon ၏ Elastic modulus တန်ဖိုး မတည်ငြိမ်ခြင်း
- Jack များတွင် အမှားအယွင်းဖြစ်ပေါ်ခြင်း

အထက်တွင်ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း Tendon တွင် သက်ရောက်သော ဆွဲအား (tension force) သည် ဒီဇိုင်းတွင် တွက်ချက်ထားသော အခြေအနေအောက် ကျမသွားစေရန် ဂရုတစိုက် ထိန်းချုပ်၍ tensioning ပြုလုပ်ရမည်။

အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာ (Project manager) မှ ပြန်လည် စစ်ဆေးနိုင်ရန်နှင့် အတည်ပြုရန်အတွက် tendon တစ်ခုချင်းစီ၏ gauge pressure များနှင့် tendon ၏ ရှည်ထွက်မှု၊ အဆန့် များအတွက် မှတ်တမ်းကို ကန်ထရိုက်တာမှ တင်ပြရမည်။ အဆန့်ကို တိုင်းတာရာတွင် တိကျမှုသည် ၁.၅ မီလီမီတာအထိ ရှိရမည်။ Stressing မှတ်တမ်းများကို လက်ခံအတည်ပြုပြီးမှသာ post-tensioned tendon ၏ stressing tails များကို ဖြတ်တောက်ရမည်။

ဆွဲအား (Tension) ပေးနေစဉ် တစ်လျှောက် tendon တွင်ရှိသော stress ကို gauge သို့မဟုတ် load cell ဖြင့် တွက်ချက်ပြီး၊ တိုင်းတာထားသော အဆန့် များဖြင့်လည်း တိုက်ဆိုင်စစ်ဆေးရမည်။ Tendon elongation ကိုတွက်ချက်ရာတွင် tension လုပ်ထားသည့် steel lot တစ်ခုအတွက် ထုတ်လုပ်သူက တင်ပြထားသည့် nominal area ပေါ်အခြေခံသည့် modulus of elasticity ကိုဖြစ်စေ၊ လုပ်ငန်းခွင်တွင် စမ်းသပ်ထားသည့် strands များ၏ bench test များမှ တွက်ချက်ရရှိလာသော modulus of electricity ကိုဖြစ်စေ အသုံးပြုရမည်။

ရှည်ထွက်မှု တန်ဖိုးများကို မဖော်ပြခင်၊ tensioning system တွင် အလျော့အတင်း ကွာခြားမှုများ မရှိစေရန်အတွက် tendon များ အားလုံးကို ပဏာမ အားတစ်ခု (preliminary force) တစ်ခုဖြင့် ဆွဲထားရမည်။ ထို ပဏာမ အား သည် final jacking force ၏ ၅% မှ ၂၅% ကြား ရှိရမည်။ Initial force ကို dynometer သို့မဟုတ် အခြား လက်ခံအတည်ပြုထားသော နည်းလမ်း တစ်ခုခုကို သုံး၍ တိုင်းတာရမည်။ ၎င်း အားပမာဏကို တွက်ချက်ထားသော သို့မဟုတ် တိုင်းတာထားသော အဆန့် (elongation) ကို စစ်ဆေးရာတွင် သုံးနိုင်မည်ဖြစ်သည်။ Anchor wedges များကို အံဝင်ခွင်ကျ တပ်ဆင်ထားခြင်း ရှိ/မရှိ သေချာစေရန်နှင့် ရှည်ထွက်မှုကို တိုင်းတာနိုင်ရန် နောက်ဆုံး stressing မလုပ်ခင်တွင် strand တစ်ခုစီကို အမှတ်အသား လုပ်ထားရမည်။

Jack gauge pressure မှ ရသော stress နှင့် elongation မှ တွက်ယူရရှိသော stress များအကြား ကွာခြားမှု ရှိနိုင်ကြောင်း ကြိုတင်တွေးဆထားရမည်။ ထိုကဲ့သို့သော အခြေအနေတွင် pressure guage မှ ဖော်ပြသည့်အတိုင်း load ကို အသုံးပြုပါက under-stress ဖြစ်ခြင်းထက် over stress အနည်းငယ် ဖြစ်နိုင်သည်။ Gauge pressure မှ ပေးသည့် stress နှင့် elongation မှ ပေးသည့် stress တို့အကြား ခြားနားမှုသည် အရှည် ၁၅.၃ မီတာနှင့် အောက် tendon များတွင် ၇% ကျော် သည့်အခါတွင်

သော်လည်းကောင်း၊ အရှည် ၁၅.၃ မီတာ အထက် tendon များတွင် ၅% ကျော် သည့်အခါတွင် သော်လည်းကောင်း၊ လုပ်ငန်းစဉ်တစ်ခုလုံးအား သေချာစွာ ပြန်လည်စစ်ဆေး၍ အမှားအယွင်း ဖြစ်စေသော အကြောင်းအရင်းကို ရှာဖွေပြီး လုပ်ငန်းနောက်တစ်ဆင့် မစတင်မီ ပြင်ဆင်တည့်မတ်ရမည်။

တင်းအားပေးခြင်းလုပ်ငန်းစဉ် (Tensioning operation) အတွက် အကြံပြုထားသည့် နည်းလမ်းများကို Appendix A တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Figure 8.1-7 Measurement of Elongation

Figure 8.1-8 Measurement of Camber

၈.၂ ကြိုတင်အားဖြည့်ခြင်းအတွက် လိုအပ်ချက်များ (စက်ရုံ၌ ထုတ်လုပ်ခြင်း)

တင်းအားပေးခြင်း (Stressing) ပြုလုပ်ရာတွင် strand တစ်ချောင်းစီ ဆွဲခြင်း (Single Strand Stressing) သို့မဟုတ် တစ်ခုထက် ပိုသော strand များအား တစ်ပြိုင်တည်း ဆွဲခြင်း (multi-strand stressing) နည်းလမ်းများကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ Strand တစ်ချောင်းစီတွင် ထည့်သွင်းမည့် အား ပမာဏသည် စာချုပ် သို့မဟုတ် အတည်ပြုထားသည့် working drawings များတွင် ဖော်ပြထားသည့် အတိုင်း ဖြစ်ရမည်။

အစုအဝေးအလိုက် တင်းအားပေးမည့် strand များအားလုံး (Multiple-strand stressing) ကို pre-tensioning အပြည့်အဝ မလုပ်ခင်တွင် တူညီသော ကနဦး အား တစ်ခု (tension) ဖြင့် အရင်ဆွဲရမည်။ ထို အားပမာဏသည် အပိုင်း ၈.၁.၄ ‘Stress များကို တိုင်းတာခြင်း’ တွင် သတ်မှတ်ထားသည့် အတိုင်းအတာ အတွင်း၌သာ ရှိရမည်။ ထို့ပြင် အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေး ဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာက သတ်မှတ်ပေးထားသည့် အတိုင်း၊ tendon များအားလုံး လျော့နေခြင်း မရှိစေရန်နှင့်၊ stress များ တူညီနေကြစေရန်အတွက် အနိမ့်ဆုံး လိုအပ်သည့် ပမာဏ ဖြစ်ရမည်။ ၎င်း အား ပမာဏသည် casting bed ၏ အလျားနှင့်၊ tension ပေးရမည့် group ထဲရှိ tendon တို့၏ အရွယ်အစားနှင့် အရေအတွက်ပေါ်တွင် မူတည်သည်။

tendon (draped pretensioning tendon) အကွေးများကို တင်းအားပေးရာတွင်၊ တင်းအား တစ်စိတ်တစ်ဒေသကို casting bed ၏ အစွန်း၌ jacking လုပ်ပြီး၊ ကျန်တစ်စိတ်တစ်ဒေသကို tendons များအား မ တင်ခြင်း (uplifting) ၊ ဖိထားခြင်း (depressing) လုပ်ရမည်။ သို့မဟုတ်ပါက tendons များကို အပြည့်အဝ jacking လုပ်ခြင်း ပြုလုပ်ရမည်။ Jacking operation အတွင်း ထို tendon များကို roller များ၊ pin များ သို့မဟုတ် အခြား ခွင့်ပြုထားသည့် နည်းလမ်းများဖြင့် ကွေးသည့် နေရာတွင် မြဲမြံစွာ ထိန်းထားရမည်။

Strand အကွေးများကို တင်းအားပေးရာ၌၊ မည်သည့် တင်းအားပေးသည့် နည်းလမ်းကိုမဆို အသုံးပြုစေကာမူ၊ tendon လမ်းကြောင်း တစ်လျှောက် slope ပြောင်းလဲသည့် နေရာများ အားလုံးတွင်၊ လက်ခံ ခွင့်ပြုထားသော low-friction device (hold-down ties များ စသည်) ကိုသာ အသုံးပြုရမည်။ Strand အတွက် အဆန့် (elongation) မှတစ်ဆင့် တွက်ချက် ရရှိလာသော load တန်ဖိုးသည် jack gauge များတွင် ပြသော load တန်ဖိုးအောက် ၅% ကျော် လျော့နည်းနေမည်ဆိုလျှင်၊ ထို strand ကို bed ၏ အစွန်း ၂ ဖက်လုံးမှ ဆွဲအားပေးရမည် ဖြစ်သည်။ အစွန်း ၂ ဖက်လုံးမှ ဆွဲပြီးနောက် ရှည်ထွက်သည့် အဆန့် စုစုပေါင်းမှ တွက်၍ရသည့် load တန်ဖိုးနှင့် jack gauge မှပြသည့် load တန်ဖိုးတို့၏ ကွာခြားချက်သည် ၅% အတွင်း၌ ရှိရမည်။

Pre-tensioned ကွန်ကရစ် member တွင် သီးခြားစီ တင်းအားပေးခဲ့သော strand များ၏ အား ဆုံးရှုံးမှုများ (prestress loss) ကို စစ်ဆေးရန်၊ အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာ (Project manager) မှ ညွှန်ကြားသည့်အခါ၊ ကန်ထရိုက်တာသည် member များကို ကွန်ကရစ်မလောင်းခင် ၃နာရီအတွင်း (၃နာရီထက် မစောစေဘဲ)၊ ၎င်းကို စစ်ဆေးရမည်ဖြစ်သည်။ Prestress လုပ်ထားသည့် အားများ ဆုံးရှုံးမှုကို စစ်ဆေးသော နည်းလမ်းနှင့် ကိရိယာများသည် အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာ (Project manager) မှ သဘောတူ ခွင့်ပြုသည့် အတိုင်း ဖြစ်ရမည်။ Prestress loss ၃% ထက်ကျော်လွန်နေသည့် strand များ အားလုံးကို တွက်ချက်ထားသည့် မူလ Jacking stress အထိ ဆွဲအားပြန်ပေးရမည် (re-tensioning လုပ်ရမည်)။

ကွန်ကရစ်သည် ကူးပြောင်းလာမည့် stress များကို လက်ခံနိုင်ရန် လိုအပ်သည့် ဖိအားခံနိုင်ရည် (compressive strength) မရသေးမချင်း၊ Strand များထဲရှိ stress များကို anchorages များဖြင့် ထိန်းထားရမည်ဖြစ်သည်။

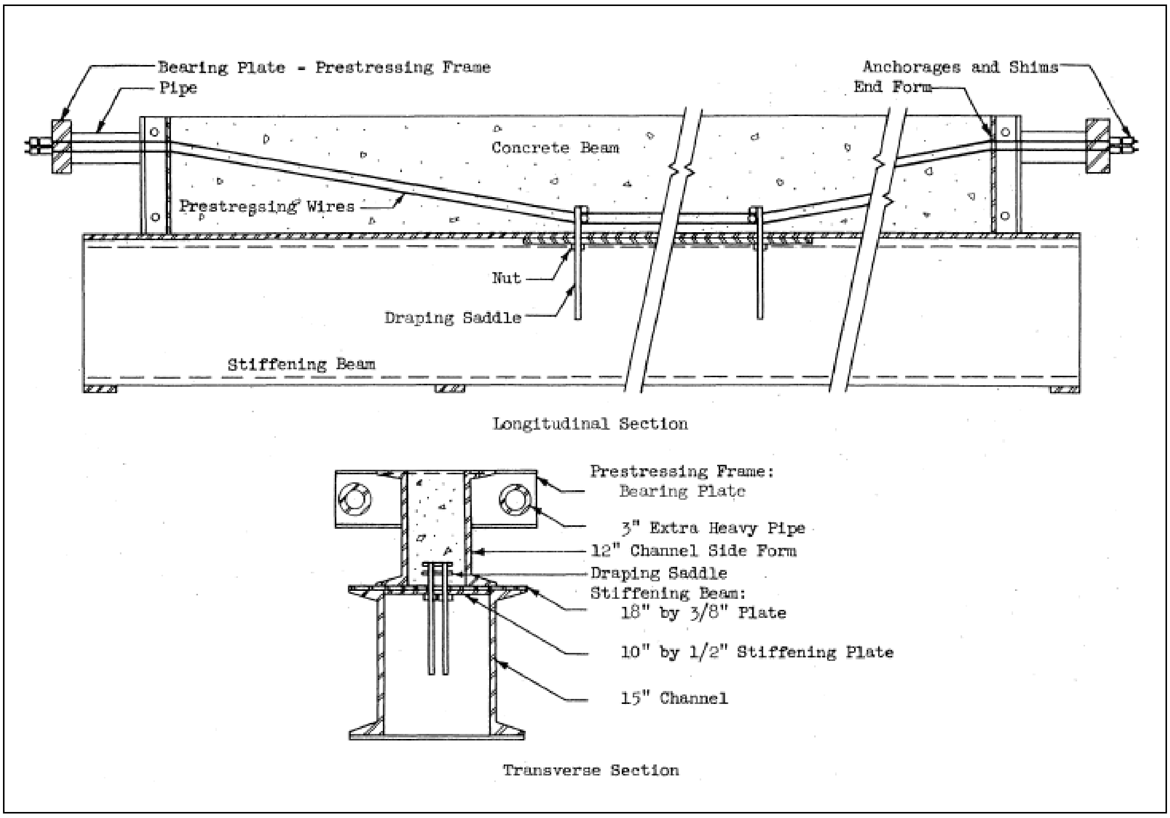


Figure 8.2-1 Draped Pretensioned Tendons

Pre-tensioning တွင် prestressing steel အား တင်းအားပေးလိုက်သည့် အချိန်၌ ရှိသည့် အပူချိန်မှာ ကွန်ကရစ် initial setting ဖြစ်သည့်အချိန်တွင် ရှိမည့် ကွန်ကရစ်နှင့် prestressing steel တို့၏ အပူချိန် (ခန့်မှန်းတွက်ချက် ထားသည့်) အောက် အနုတ် 4°C ကျော် လျော့နည်းနေပါက၊ Prestressing steel ၏ တွက်ချက်ထားသည့် ရှည်ထွက်မှု တန်ဖိုးကို အပူချိန် ပြောင်းလဲမှုကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သော အား ဆုံးရှုံးမှု များကို ကာမိစေသည်အထိ တိုးမြှင့်ရမည်။ သို့သော် မည်သည့်အခြေအနေတွင်မဆို jacking stress သည် prestressing steel ၏ အနိမ့်ဆုံး ultimate tensile strength ၏ ၈၀%ထက် မကျော်လွန်ရပါ။

Strand များကို ဆက်ရန်အတွက် အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်း မန်နေဂျာက လက်ခံ အတည်ပြုထားသည့် နည်းလမ်း (Strand splicing method) များနှင့် ကိရိယာများကိုသာ သုံးရမည်။ Strand တစ်ခုချင်းစီကို ဆွဲသည့်နည်း (Single-Strand jacking) ကို အသုံးပြုပါက strand တစ်ချောင်းလျှင် တစ်နေရာကိုသာ ဆက်ခွင့် ပြုရမည်။ Multiple-Strand jacking နည်းကို သုံးပါက strand အားလုံး သို့မဟုတ် strand များ၏ ၁၀% အောက်ကို ဆက်နိုင်သည်။ ဆက်သည့် strand (Spliced strands) များသည် တူညီသော အရင်းအမြစ် မှ ရယူထားပြီး၊ ရုပ်ပိုင်းဆိုင်ရာ ဂုဏ်သတ္တိများ တူညီရမည်။ Strand ကို ကျစ်ထားသည့် ပုံစံလည်း တူညီရမည်။ အဆက်များ (Splice) အားလုံးသည် တင်းအားပေးသည့် အပိုင်းများ၏ အပြင်ဘက်တွင် သာ ရှိရမည်။

ပုံသဏ္ဌာန်ပျက်ယွင်းခြင်း မဖြစ်ပေါ်စေရန် ထိန်းထားသော ပုံစံခွက်များ (side and flange form) များကို တင်းအားပေးထားသည့် သံချောင်းများ မလွှတ်ခင်တွင် ဖယ်ရှားထားရမည်။

စာချုပ်တွင် အထူးတလည် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားခြင်းမရှိပါက၊ pretension ပြုလုပ်ထားသော prestressing strand များအားလုံးကို member ၏ အစွန်းနှင့် တစ်ပြေးညီတည်း ဖြစ်အောင် ဖြတ်တောက်ရမည် ဖြစ်ပြီး၊ ဖြတ်ထားသော strand ၏ အစွန်းများနှင့် ထိစပ်နေသော ကွန်ကရစ် ၂.၅၄ စင်တီမီတာ ခန့် အမြှောင်းကို သန့်စင်အောင်ပြုလုပ်၍ ဆေးသုတ်ရမည်။ သန့်ရှင်းရေးလုပ်ရာတွင် သတ္တု၊ ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်တို့၌ သေချာ တွဲဆက်မနေသော အကြွင်းအကျန် များနှင့် အညစ်အကြေး များအားလုံးကို wire brush ဖြင့် တိုက်ခြင်း၊ သို့မဟုတ် လေဖြင့်မှုတ်၍ ဖယ်ရှားသောနည်း (abrasive blasting) နည်းတို့ဖြင့် သန့်ရှင်းရေး လုပ်ရမည်။ ထိုမျက်နှာပြင်များကို zinc ပါဝင်မှုမြင့်သည့် သုတ်ဆေးဖြင့် ခပ်ထူထူတစ်လွှာ သုတ်ရမည်။ ဆေးသုတ်ချိန်တွင် သုတ်ဆေးကို သမနေအောင် မွှေထားရမည် ဖြစ်ပြီး၊ strand များတွင်းရှိ အပေါက် (void) များအားလုံးအတွင်းသို့ နှံ့စပ်အောင် သုတ်ရမည်။

၈.၃ PRE-TENSIONING လိုအပ်ချက်များ (လုပ်ငန်းခွင်၌ ပြုလုပ်ခြင်း)

၈.၃.၁ အထွေထွေ

အရေးကြီးသော အခြေခံအချက်များမှာ အပိုင်း ၈.၂ 'စက်ရုံ၌ ထုတ်လုပ်ခြင်း (Factory Product)' တွင် ဖော်ပြထားသည့် အတိုင်းပင်ဖြစ်သည်။ သို့သော် မြေပြင်လုပ်ငန်းခွင်တွင် လုပ်ကိုင်ရသည့်အခါ၊ စက်ရုံတွင်း လုပ်ကိုင်ရသည့် လုပ်ငန်းအခြေအနေများကဲ့သို့ ကောင်းမွန်တည်ငြိမ်ခြင်း မရှိနိုင်သည့် အတွက်၊ အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းမှု (quality control) ကို ပိုမိုသတိရှိစွာ အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ရမည်။ ထို့ပြင် အရည်အသွေးနှင့် တာရှည်ခံမှု (durability) ကို စက်ရုံထွက်ကုန်ပစ္စည်းကဲ့သို့ ခန့်မှန်းတွက်ချက်၍ မရပါ။ ၎င်း၏အရည်အသွေးကို post-tension girder များအတိုင်းသာ ခန့်မှန်းရမည်။

Figure 8.3-1 Tensioning of Pre-tensioning Material (Site Product)

၈.၃.၂ ယက်မ အစွန်း ကို ကာကွယ်ခြင်း (PROTECTION OF END OF GIRDER)

ပုံ ၈.၃-၂ ကို မှီငြမ်းကိုးကားနိုင်သည်။

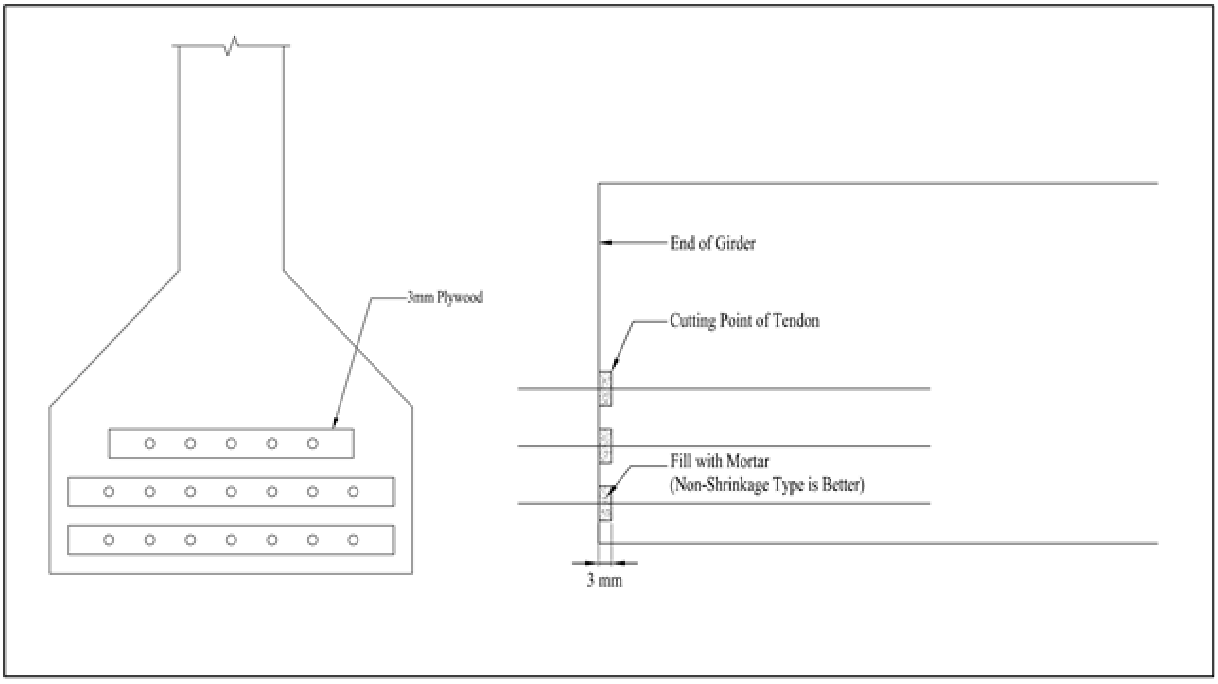


Figure 8.3-2 Example of Girder End Protection

၈.၄ POST-TENSIONING အတွက် လိုအပ်ချက်များ

မည်သည့် member ကို မဆို post-tensioning မလုပ်ခင်တွင်၊ tensioning လုပ်မည့် steel သည် ပိုက်အတွင်း၌ တွဲဆက်မှု မရှိဘဲ၊ လွတ်လပ်စွာ ရှိနေကြောင်းကို ကန်ထရိုက်တာသည် ဆောက်လုပ်ရေး

ဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်း မန်နေဂျာ (Project manager) သို့မဟုတ် အင်ဂျင်နီယာက လက်ခံနိုင်သည်အထိ လက်တွေ့ ပြသရမည်။

Strands လေးချောင်းထက် မပိုသော ပိုက်ပြား (flat ducts) မှလွဲ၍၊ tendon တစ်ခုချင်းတွင်ရှိသော strands အားလုံးကို multi-strand jack ဖြင့် တစ်ပြိုင်တည်း ဆွဲရမည်။ Tensioning ပြုလုပ်ရာတွင် AASHTO M204M/M203 တွင် ဖော်ပြထားသော အား (Force) များနှင့် အဆန့် (elongation) အတိုင်း ရရှိရန် လုပ်ဆောင်ရမည်။

စာချုပ်ထဲတွင် သို့မဟုတ် အတည်ပြုထားသော working drawings များတွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားသည့် အခြေအနေမျိုးမှအပ၊ တစ်ဆက်တည်းရှိသော post-tensioned member များ၏ tendon များကို အစွန်း ၂ ဖက်လုံးမှ jacking လုပ်၍၊ တင်းအားပေးရမည်။ ဖြောင့်တန်းနေသော tendon (straight tendons) များနှင့်၊ စာချုပ်တွင် one stressing ဟု ဖော်ပြထားသောအခါများတွင်၊ tensioning လုပ်ခြင်းကို tendon ၏ အစွန်းတစ်ဖက်မှဖြစ်စေ၊ အစွန်း ၂ဖက်လုံးမှ ဖြစ်စေ၊ ကန်ထရိုက်တာ၏ ရွေးချယ်မှုဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Jack များကို calibration လုပ်ခြင်း၊ ဆွဲရမည့် တင်းအားပမာဏကို တွက်ချက်ခြင်း၊ တင်းအားပေးမည့် (Tensioning) လုပ်ငန်းစဉ်နှင့် စစ်ဆေးမည့် အချက်များကို ဖော်ပြထားသည့် စီမံချက်အစီရင်ခံစာကို tensioning လုပ်ငန်း မလုပ်ခင်၊ အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်း မန်နေဂျာ (Project manager) သို့ တင်ပြရမည်။

တင်းအားပေးခြင်း (Tensioning) ကို ကျွမ်းကျင်အင်ဂျင်နီယာ၏ ကြီးကြပ်မှုအောက်၌ လုပ်ဆောင်ရမည်။ ထိုအင်ဂျင်နီယာသည် tensioning system တပ်ဆင်နေရာချမှုကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။ Inspection sheet များကို လည်း အမြဲသိမ်းဆည်းထားရမည်။

Tendons shall be protected until tensioning work	Avoid ends for safety
Figure 8.4-1 Protection for Tendons	**Figure 8.4-2 Post-tensioning Work**
Figure 8.4-3 Insertion of Bearing Plate	**Figure 8.4-4 Setting of Jack**

၈.၅ STRESSING လုပ်ဆောင်ခြင်းမှတ်တမ်း

Tendon တစ်ခုချင်းစီအတွက် အောက်ဖော်ပြပါ Post-tensioning လုပ်ငန်းစဉ်များ၏ မှတ်တမ်းများကို ထိန်းသိမ်းထားရမည်။

- စီမံကိန်းအမည်၊ အမှတ်စဉ်
- ကန်ထရိုက်တာ (Contractor) နှင့် တစ်ဆင့်ခံ ကန်ထရိုက်တာ (Sub-contractor)
- Tendon ၏ နေရာ၊ အရွယ်အစားနှင့် အမျိုးအစား
- ပိုက် (Ducts) များတွင် tendon အား ပထမဆုံး ထည့်သွင်းတပ်ဆင်သည့်ရက်
- Strands သို့မဟုတ် wires များအတွက် ရစ်လုံးအမှတ် (reel no.) နှင့် bars များနှင့် wire များအတွက် heat number
- ယူဆထားသော ကန့်လန့်ဖြတ်ပိုင်း ဧရိယာနှင့် အမှန်တကယ် ရှိနေသောကန့်လန့်ဖြတ်ပိုင်း ဧရိယာ (Assumed and actual cross-sectional area)
- ယူဆထားသော Modulus of elasticity နှင့် အမှန်တကယ် ရှိနေသော Modulus of elasticity

- Stress ပေးသည့် ရက်စွဲ
- Tendon များ၏ အစွန်းတွင်ရှိသော jack နှင့် gauge နံပါတ်များ
- လိုအပ်သော Jacking force
- guage pressure
- ကြိုတင်ခန့်မှန်းချက်နှင့် အမှန်တကယ်ဖြစ်ပေါ်လာသော အဆန့် (anticipated and actual Elongations)
- Anchor sets (ခန့်မှန်းထားသည့် နှင့် လက်တွေ့အသုံးပြုသည့်)
- Stressing ပြုလုပ်မည့်အစီအစဉ်
- Stressing ပြုလုပ်မည့်ပုံစံ (တစ်ဖက်၊ နှစ်ဖက်၊ တစ်ပြိုင်နက်)
- Stressing လုပ်ဆောင်ရာတွင် စောင့်ကြည့်စစ်ဆေးမည့် မျက်မြင်သက်သေ (ကန်ထရိုက်တာနှင့် စစ်ဆေးသူ)
- Grouting လုပ်သည့်ရက်စွဲ၊ stressing လုပ်သည်မှ grouting လုပ်ရသည်အထိ ကြာသည့်ရက်၊ အသုံးပြုထားသော grouting ဖိအား (pressure) နှင့် injection end
- Pour back အပါအဝင် တခြားသက်ဆိုင်ရာ အချက်အလက်တို့၏ မှတ်တမ်း

ပြည့်ပြည့်စုံစုံ ဖော်ပြထားသည့် အားဖြည့်ခြင်း (Stressing) လုပ်ငန်းစဉ်များ အားလုံးနှင့် jack calibration ပုံစံတို့၏ မိတ္တူတစ်စုံကို အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်း မန်နေဂျာ (Project manager) ထံသို့ ပေးအပ်ရမည်။

၈.၆ TENDON အား ထိန်းသိမ်းခြင်း

တင်းအားပေးပြီးနောက် ၄ နာရီအတွင်း၊ tendon များကို အဆို့များဖြင့် ယာယီပိတ်ထားခြင်း၊ အပေါက်များ၊ vent များကို ဖုံးအုပ်ထားခြင်း၊ သတ္တုမျက်နှာပြင်များ (grout cap ဖြင့် ဖုံးအုပ်သွားမည့်) မှ သံချေးနှင့် အခြားသော အမှိုက်များကို သန့်ရှင်းရေးလုပ်ခြင်း၊ tendon ကို grout မလုပ်မချင်း wedge plate ပေါ်တွင် seal ပါသော grout cap ကို တပ်ဆင်ထားခြင်း တို့ကို ဆောင်ရွက်၍ သံချေးတက်ခြင်း သို့မဟုတ် အန္တရာယ် ဖြစ်စေနိုင်သော ပစ္စည်းများနှင့် ထိတွေ့ခြင်းမှ ကာကွယ်ရမည်။

အခန်း ၉. GROUTING

၉.၁ အထွေထွေ

Post-tensioning နည်းလမ်းကို အသုံးပြုသောအခါ prestressing steel ကို အမြဲတမ်း အကာအကွယ်များ ပြုလုပ်ပေးထားရမည် ဖြစ်၍၊ ပိုက်နှင့် tendon ကြားရှိ နေရာလွတ် (voids) များကို grout ဖြင့် သေချာစွာ ဖြည့်တင်းပြီး ကွန်ကရစ်ဖြင့် တွဲဆက်နေစေရမည်။ Grout ကို vent တစ်လျှောက် အနိမ့်မှနေ အမြင့်သို့ မှုတ်သွင်းရမည်။

Grouting လုပ်ငန်းများအားလုံးကို လက်ရှိဆောင်ရွက်မည့် စီမံကိန်းနှင့် grouting အမျိုးအစား၊ grouting လုပ်ငန်းပမာဏ တူညီသည့် စီမံကိန်းများတွင် လုပ်ငန်းအတွေ့အကြုံ အနည်းဆုံး ၃ နှစ်နှင့် သင်တန်းအတွေ့အကြုံလည်းရှိသည့် အလုပ်သမားခေါင်းဆောင်များနှင့် ကြီးကြပ်သူများ က လုပ်ဆောင်ရမည်။

Grouting လုပ်ငန်းအစီအစဉ်ကို အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်း မန်နေဂျာ (Project manager) က အတည်ပြုပေးရမည်။ Grouting လုပ်ငန်းအစီအစဉ်အား အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် စီမံကိန်း မန်နေဂျာ (Project manager) ၏ ခွင့်ပြုသည့် စာကို ရရှိပြီးမှသာ Permanent Tendons များတွင် grouting လုပ်ငန်းများကို လုပ်ဆောင်ရမည်။

Grouting လုပ်ငန်းအစီအစဉ်တွင် အောက်ဖော်ပြပါ အချက်အလက်များ အနည်းဆုံး ပါဝင်ရမည်။

- Grouting အဖွဲ့၏ supervisor နှင့် အဖွဲ့ဝင်များ၏ အတွေ့အကြုံမှတ်တမ်း၊ တတ်ရောက်ထားသည့် သင်တန်းအမည်များနှင့် အထောက်အထား များကို စံသတ်မှတ်ချက်များနှင့်အညီ ဖော်ပြရမည်။
- Grouting တွင် အသုံးပြုမည့် ပစ္စည်းများ၏ တံဆိပ်အမည်၊ အမျိုးအစား၊ အရည်အသွေးနှင့် လိုအပ်သော ထောက်ခံချက် (certificate) များ
- လုပ်ငန်း လိုအပ်ချက်နှင့် လုပ်ငန်းအခြေအနေနှင့် သက်ဆိုင်သော စက်၏ စွမ်းဆောင်နိုင်စွမ်း အပါအဝင် အသုံးပြုမည့် စက်အမျိုးအစား၊ စက်ပစ္စည်း အစိတ်အပိုင်းအပိုများ
- Grouting လုပ်ဆောင်မည့် အကြမ်းဖျဉ်း အစီအစဉ်
- ပိုက် အတွက် ဖိအား စမ်းသပ်စစ်ဆေးမှုနှင့် ပြင်ဆင်ရေးအစီအစဉ် များ (repair procedures)

- ပိုက်များအတွင်းရှိ grout စီးဆင်းမှုနှုန်းကို ထိန်းချုပ်ရန် အသုံးပြုမည့်နည်းလမ်း
- သီအိုရီအရ grout ထုထည်တွက်ချက်ခြင်း
- Mixing နှင့် pumping အစီအစဉ်
- Grouting လုပ်မည့် လမ်းကြောင်း
- Inlets နှင့် outlet ပိုက်များ အသုံးပြုမည့် ရှေ့နောက်အစီအစဉ်
- ပိတ်ဆို့မှုများကို ရှင်းလင်းရန်နှင့် ဖြစ်လာနိုင်သော post grouting ပြင်ဆင်ရေး အစီအစဉ်များ

Grouting လုပ်ငန်းများ မစတင်ခင်တွင် ကန်ထရိုက်တာ၊ grouting လုပ်မည့်အဖွဲ့နှင့် အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာ (Project manager) တို့ တွေ့ဆုံညှိနှိုင်း ဆွေးနွေးရမည်။ တွေ့ဆုံဆွေးနွေးရာတွင် grouting လုပ်မည့် လုပ်ငန်းစဉ်၊ လိုအပ်သည့် စမ်းသပ်မှုများ၊ ပြင်ဆင်တည့်မတ်သည့် လုပ်ငန်းအစီအစဉ်နှင့် အခြားသက်ဆိုင်ရာ ကိစ္စရပ်များကို ဆွေးနွေးရမည်။

၉.၂ ပိုက် (DUCT) များကို ပြင်ဆင်ခြင်း

ပိုက်များအတွင်းသို့ prestressing steel များ မထည့်သွင်းမီ၊ ပိုက်တစ်ခုချင်းစီ၏ လေလုံမှု အခြေအနေကို လေဖိအားပေး၍ စမ်းသပ်ရမည်။ စမ်းသပ်နေစဉ်တွင် ယိုစိမ့်မှု ဖြစ်ပေါ်ပါက ထိုယိုစိမ့်မှုကို ဖယ်ရှားရန် သို့မဟုတ် ယိုစိမ့်မှုကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသည့် အကျိုးဆက်များကို နည်းနိုင်သမျှ နည်းစေရန်အတွက် ပိုက်ကို ပြန်လည်ပြင်ဆင်ရမည်။

ပိုက်များအားလုံးသည် သန့်ရှင်းစင်ကြယ်နေရမည်ဖြစ်ပြီး၊ grouting လုပ်ငန်းစဉ်အား အနှောင့်အယှက် ဖြစ်စေနိုင်သည့် သို့မဟုတ် တွဲကပ်အား (bonding) ကို ထိခိုက်စေနိုင်သည့် ပစ္စည်းများ ကင်းရှင်းရမည်။

အဆိုပါ ပစ္စည်းများကို ဖယ်ရှားရန် လိုအပ်ပါက သတ္တုပိုက်များအား ရေဖြင့် ဆေးကြောရမည်။ ဆေးကြော ပြီးနောက် ပိုက်များအတွင်းမှ ရေများအားလုံးကို ဆီပါဝင်မှု ကင်းစင်သည့် compressed air ဖြင့် မှုတ်ထုတ်ရမည်။

၉.၃ စက်ပစ္စည်းကိရိယာများ

အသုံးပြုမည့် Grout Pump သည် positive displacement type ဖြစ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ အနည်းဆုံး ၁.၀၄ kN/mm2 ရှိသည့် အထွက် pressure ပေးနိုင်ရမည်။ Grout ထဲသို့ ဆီ၊ လေနှင့် တခြား ပြင်ပ

အရာဝတ္ထုများ မဝင်ရောက်နိုင်စေရန်နှင့် grout သို့မဟုတ် ရေ ဆုံးရှုံးမှုကို ကာကွယ်နိုင်ရန်အတွက် Pump ကို အလုံပိတ်ထားရမည်။

Pump အထွက် နှင့် ပိုက် ၏ အဝင် ကြားတွင်ရှိသော grout line ၏ တစ်နေရာ၌ ၂.၀၇ N/mm^2 ထက်မကြီးသော ဖိအား (pressure) ကို ဖတ်နိုင်သည့် pressure gauge ထားရှိ ရမည်။

Grout pump အတွင်းသို့ grout မထည့်သွင်းခင်၊ grout ကို စစ်ထုတ်ရန်အတွက် ၁.၃၂ စင်တီမီတာ ထက်မကြီးသော အပေါက်များပါသည့် ဇကာတစ်ခုကို grouting equipment တွင် တပ်ဆင်ထား ရမည်။ အကယ်၍ grout တွင် thixotropic ပစ္စည်း သုံးထားပါက ဇကာပေါက်များသည် ၁.၄၈ စင်တီမီတာ ရှိမှသာ အဆင်ပြေသည်။ ထိုဇကာကို အလွယ်တကူ စစ်ဆေးနိုင်၊ သန့်ရှင်းရေး လုပ်နိုင်ရမည်။

ပုံမှန်အခြေအနေများတွင် grouting equipment သည် စီမံကိန်းတွင်းရှိ အကြီးဆုံး tendon ကို မိနစ် ၂၀ ထက် မပိုစေရဘဲ တောက်လျှောက် grouting လုပ်နိုင်ရမည်။

၉.၄ GROUT ဖျော်စပ်ခြင်း (MIXING OF GROUT)

Mixer ထဲသို့ ရေကို အရင်ထည့်ပြီးမှ cement grout ထည့်ရမည်။ ကောင်းစွာ သမနေသော အရောအနှော (homogeneous mixture) ရရှိစေရန် အတွက် colloidal mixer ကိုသုံး၍၊ ထုတ်လုပ်သူ ၏ လမ်းညွှန်ချက်များနှင့်အညီ ရောစပ်ရမည်။ Grout မှုတ်သွင်းသည့် လုပ်ငန်းစဉ် (Injection process) မစတင်ခင်၊ grout အား fluidity test ပြုလုပ်ရမည်။ အသုံးပြုသည့် mixer အမျိုးအစား နှင့် ပတ်ဝန်းကျင် အပူချိန်တို့ဖြင့် ခန့်မှန်းတွက်ချက်ထားသည့် စီးဆင်းနှုန်း (flow rate) ကို grout ထုတ်လုပ်သူထံမှ ရယူရမည်။ သင့်လျော်သော grout ဂုဏ်သတ္တိများရမှသာ grouting လုပ်ငန်းစဉ်ကို စတင်ရမည်။

Admixture ၏ ထုထည်ပွလာစေနိုင်သည့် ဂုဏ်သတ္တိများ အလွန်အမင်း မဆုံးရှုံးစေဘဲ၊ အပူချိန် လွန်ကဲစွာမြင့်တက်ခြင်း မရှိစေဘဲ၊ ကောင်းစွာ သမနေသည့် grout ကို ရရှိစေသည့် အချိန် အတိုင်းအတာ တစ်ခုအထိ မွှေရမည်။ Grout ကို မှုတ်တင်သည့်အချိန်ထိ မရပ်မနား လှုပ်ပေးနေရမည်။

အကယ်၍ အသုံးပြုရန် နှောင့်နှေးနေပါက လျော့ကျသွားမည့် စီးဆင်းနိုင်ရည် (flowability) ပြန်လည် မြင့်တက်လာစေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် ရေထပ်ထည့်ခြင်းများ မပြုလုပ်ရပါ။

Grout ရောစပ်ရမည့် ကြာချိန်သည် အရည်အသွေး စမ်းသပ်မှုများအတိုင်း ဖြစ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ယေဘုယျအားဖြင့် High-speed shear mixer အတွက် ၃ မိနစ် နှင့် vane mixer အတွက် ၄ မိနစ်ထက် မပိုရပါ။

Appendix C တွင်ဖော်ပြထားသော pilot project အရ၊ grout ၏ အရည်အသွေးကို ထိန်းသိမ်းရာ၌ high-speed mixer များက ပို၍ကောင်းမွန်သည်။

ဂျပန်နိုင်ငံတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် high-speed mixer (over 1000 rmp) ကို အများဆုံး အသုံးပြုသည်။

Figure 9.4-1 Example of Mixing Grout in Myanmar

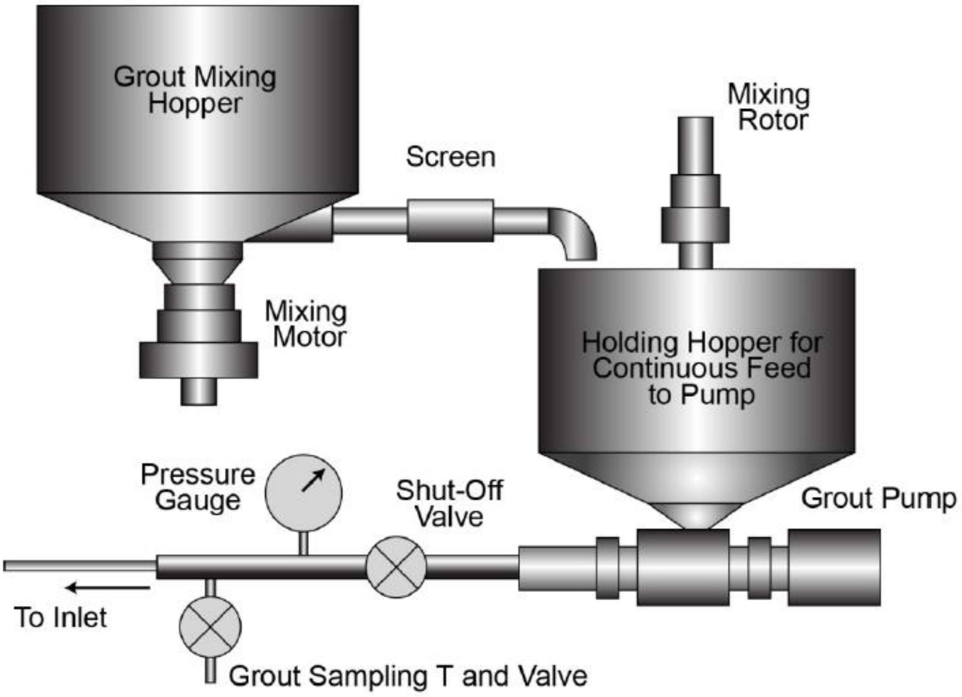


Figure 9.4-2 Example of Grout Mixing and Pumping Equipment

၉.၅ GROUT ဖြည့်ခြင်း

Grouting မစတင်ခင်တွင် grout လုပ်မည့် အပေါက်များအားလုံးကို ဖွင့်ထားရမည်။ အဝင်နှင့်အထွက် အပေါက်များတွင် positive shut-offs များကို ထားရှိပေးရမည်။ Grout အပေါက်များကို မပိတ်ခင် ပိုက်ကိုရေဆေးစဉ်က ကျန်နေသည့် ရေ သို့မဟုတ် လေ ခိုနေသည်များ အားလုံး ဖယ်ရှားသွားသည် အထိ ပထမဆုံး အပေါက်မှ (first injection vent) grout များကို စီးဆင်းစေရမည်။ ပိုက်အတွင်း Grout ၏ တောက်လျှောက် စီးဆင်းနှုန်းသည် တစ်မိနစ်လျှင် ၁၀.၇ မီတာ နှင့် ၁၅.၃ မီတာ အတွင်း ရှိနေစေရန် ထိန်းညှိထားရမည်။

Grout မှုတ်သွင်းသည့် အပေါက် (Injection vent) တွင် ရှိသော pumping pressure သည် ၁.၀၄ N/mm^2 ထက် မကျော်လွန်ရပါ။ ပုံမှန်လုပ်ငန်းစဉ်များတွင် ၀.၅၂ N/mm^2 ခန့် ဖြင့် လုပ်ဆောင်ရမည်။ Actual grouting pressure သည် ခွင့်ပြုထားသော အများဆုံးဖိအား (pressure) ထက် ပိုများခဲ့ပါက၊ ထို injection vent ကို ပိတ်၍၊ အသင့် ဖြစ်နေပြီး၊ အချိန်မရွေး ပိတ်၍ ရသည့် နောက် အပေါက် တစ်ပေါက်မှ ဖြည့်သွင်းရမည်။ လားရာ တစ်ဘက်ထဲသို့ စီးဆင်းနေမှု (one-way flow) ကို တောက်လျှောက် ထိန်းထားရမည်။ Grout များ စီးဆင်းမသွားသေးသော ကပ်လျက်ရှိသော အပေါက် (succeeding vent) အတွင်းသို့ grout ကို မဖြည့်သွင်းရပါ။ ရေ သို့မဟုတ် လေများ သိသာ

မြင်သာအောင် မထွက်ရှိတော့သည်အထိ grout ကို ပိုက်တစ်လျှောက် ဖြည့်သွင်းနေပြီး၊ ejection vent မှ အဆက်မပြတ် စွန့်ထုတ်နေစေရမည်။ စွန့်ထုတ်သည့်အပေါက်မှ grout fluidity ကို တိုင်းတာသည့် fluidity test ကို tendon တစ်ခုချင်းစီတွင် အပိုင်း ၇.၃ ‘Grout ၏ ရုပ်ပိုင်းဆိုင်ရာ ဂုဏ်သတ္တိ ’ နှင့်အညီ လုပ်ဆောင်ရမည်။ တိုင်းတာထားသည့် grout ၏ စီးထွက်ရန် ကြာချိန် (efflux time) သည် ဝင်ပေါက် (inlet) တွင် တိုင်းတာထားသည့် efflux time သို့မဟုတ် အခန်း (၇) တွင် ဖော်ပြထားသော အနည်းဆုံး efflux time ထက် မကျော်လွန်ရပါ။ အကယ်၍ grout efflux time သည် လက်သင့်မခံနိုင်ဖွယ်ဖြစ်ပါက၊ ထွက်ပေါက် (outlet) တွင် ပိုနေသော grout များကို စွန့်ထုတ်ရမည်။ Grout efflux time ကို ပြန်လည် စစ်ဆေးရမည်။ လက်ခံနိုင်သော grout fluidity မရမချင်း ဤလုပ်ငန်းစဉ်ကို ဆက်လက် လုပ်ဆောင်ရမည်။ Tendon တွင် grout များ ဖြည့်သွင်းရန် အတွက် injection နှင့် ejection vent များကို အသီးသီး အစဉ်လိုက်ပိတ်ရမည်။

ပုံ ၉.၅-၁၊ ပုံ ၉.၅-၂ နှင့် ပုံ ၉.၅-၃ တို့ကို မှီငြမ်းကိုးကားရမည်။

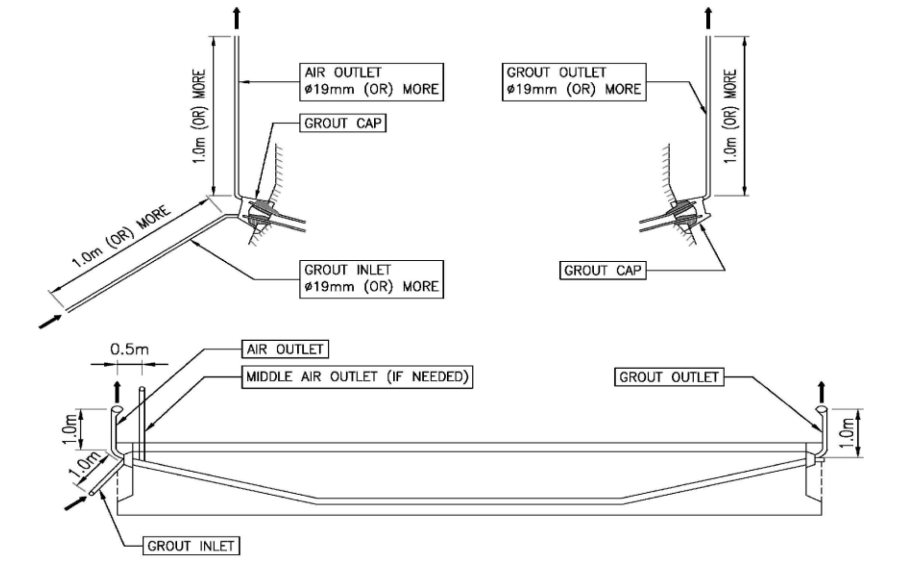


Figure 9.5-1 Example of Setting of Grout Inlet and Outlet, and Air Outlet

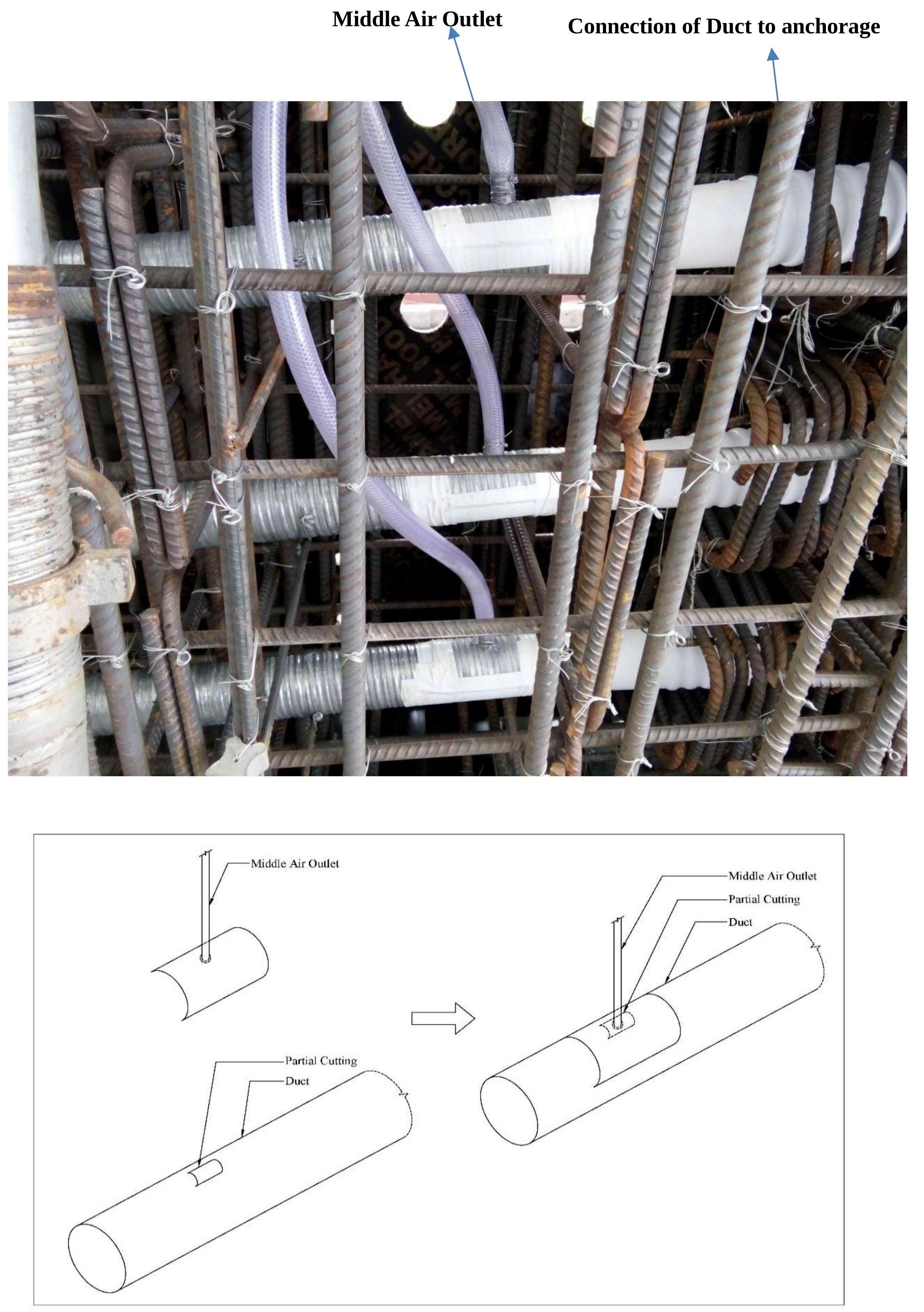


Figure 9.5-2 Example of Air Outlet

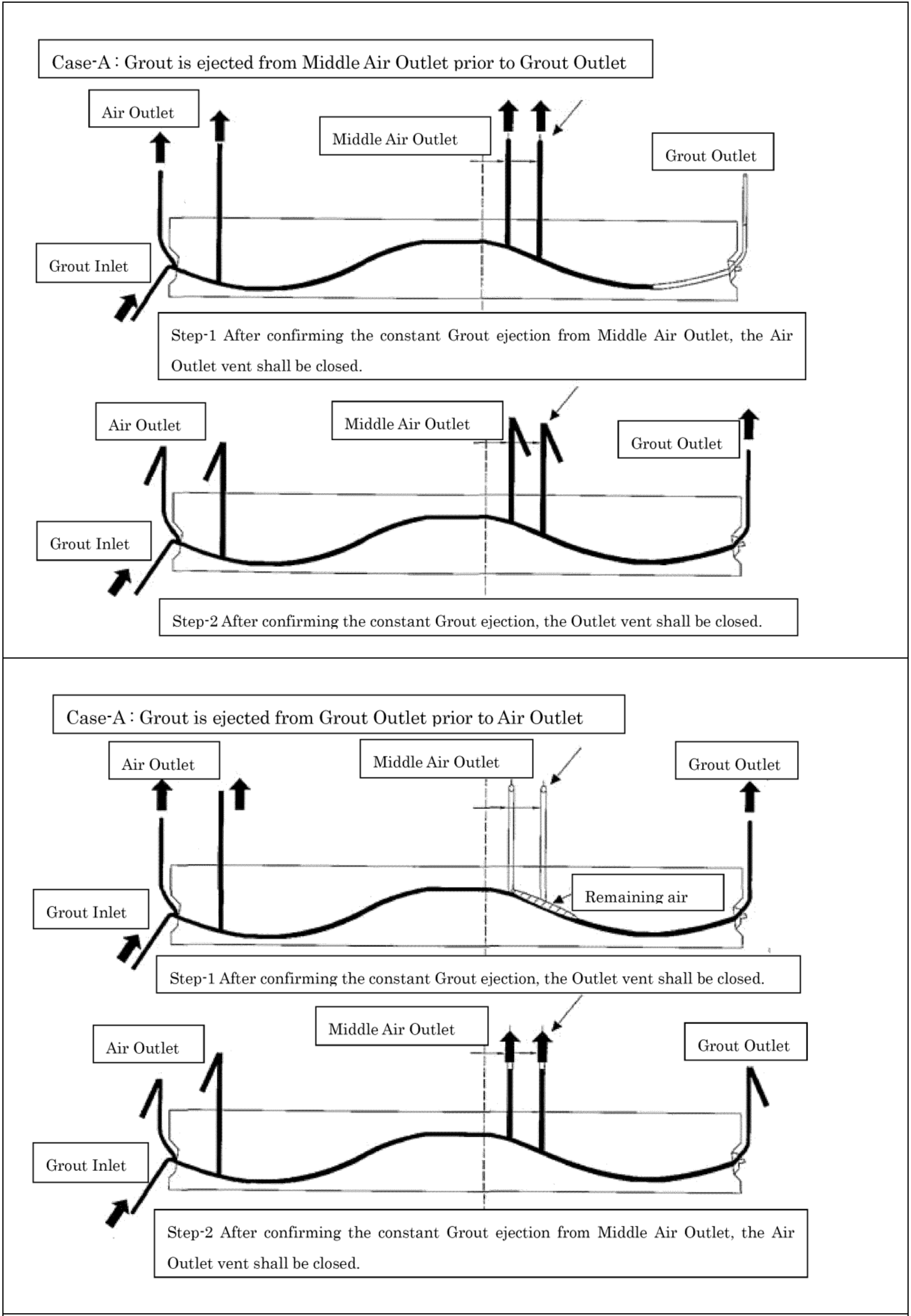


Figure 9.5-3 Example of Treatment of Injection Grout

၉.၆ အပူချိန် (TEMPERATURE) သတ်မှတ်ခြင်း

0°C အောက်နည်းသော အပူချိန်တွင် ရေခဲခြင်းကြောင့်ဖြစ်သော ထိခိုက်ပျက်စီးမှုများ မဖြစ်စေရန် ပိုက်များတွင် ရေကင်းစင်နေစေရမည်။ 51 mm အရွယ် Grout ကုဗတုံးများကို grouting လုပ်သည့်အချိန်မှသည် အသားသေသည့် အချိန်အထိ၊ compressive strength သည် အနည်းဆုံး 5.5 N/mm^2 ရောက်ရှိလာသည်အထိ ကွန်ကရစ်၏ အပူချိန်မှာ 1.7 °C နှင့် အထက် မြင့်လာရမည် ဖြစ်သည်။ ရောစပ်နေစဉ်အတွင်း နှင့် မှုတ်ထုတ်နေစဉ်အတွင်း grout ၏ အပူချိန်သည် 32°C ထက် မကျော်ရပါ။ အကယ်၍ လိုအပ်ပါက ရောစပ်ရမည့် ရေကိုအအေးခံထားရမည်။

၉.၇ POST-GROUTING စစ်ဆေးခြင်း (POST-GROUTING INSPECTION)

AASHTO အရ၊ post-grouting စစ်ဆေးခြင်းအား အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း လုပ်ဆောင်ရမည်။ Post-grouting စစ်ဆေးခြင်း အခြားနည်းလမ်းကို အပိုင်း ၉.၁၀ တွင်ဖော်ပြထားသည်။

အကယ်၍ အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာ (Project manager) မှ Bleeding water သို့မဟုတ် ကျုံ့ဝင်သွားမှုများ မရှိကြောင်းကို အတည်ပြုပြီးသည်အထိ grouting စလုပ်သည့် အချိန်မှစ၍ ၄၈ နာရီအထိ anchorage အားလုံးနှင့် အမြင့်ပိုင်းများတွင် အပေါက်များ ဖောက်ပြီး စစ်ဆေးရမည်။ အင်ဂျင်နီယာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန စီမံကိန်းမန်နေဂျာ (Project manager) က လေပေါက်များ မရှိကြောင်း အတည်ပြုပြီးပါက၊ span တစ်ခုတွင် anchorage တစ်ခု သို့မဟုတ် နှစ်ခုသာ ဖောက်၍ အရည်အသွေး ပြည့်မီသော grout ဖြစ်/မဖြစ် စစ်ဆေးရမည်။ လေပေါက်များကို တွေ့ရှိပါက လက်ခံအတည်ပြုထားသည့် grout ဖြင့် ချက်ချင်း ဖြည့်ရမည်။

၉.၈ အချောသတ်ခြင်း (FINISHING ပြုလုပ်ခြင်း)

အောက်ဖော်ပြပါ သတ်မှတ်ချက်များကို အသုံးပြုရမည်။

- Grout မမာမချင်း အဆို့ရှင် (valves)၊ အဖုံး (cap) နှင့် vent pipes များကို ဖယ်ရှားခြင်း သို့မဟုတ် ဖွင့်ခြင်းများ မပြုလုပ်ရပါ။
- Grout မာသွားသောအခါ၊ ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင်အောက် အနည်းဆုံး ၂၅မီလီမီတာ တွင် vents ၏ အဆုံးပိုင်းကို ဖယ်ရှားရမည်။

- Void များကို epoxy grout ဖြင့် ပြန်လည် ဖြည့်ရမည်။ ထိုသို့ပြုလုပ်ရာတွင် end anchorage များကို ကာကွယ်ရန်အတွက်၊ နောက်လုပ်ငန်း မစတင်မီ grout caps များကို ပိတ်ဆို့ရန် သုံးသည့် ပစ္စည်းအမျိုးမျိုးကို ဖယ်ရှားရမည်။

၉.၉ END ANCHORAGE များကိုထိန်းသိမ်းခြင်း

မြန်မာနိုင်ငံတွင် Anchorage ၏ ပတ်ပတ်လည်ကို ကွန်ကရစ် သွန်းလောင်းခြင်း လမ်းညွှန်စာအုပ် (cast-concrete directory) အတိုင်း အများအားဖြင့် ဖြည့်လေ့ရှိကြသည်။

Figure 9.9-1 Protection of End Anchorage in Myanmar

AASHTO တွင် End anchorage ကာကွယ်မှုများကို အောက်ပါအတိုင်း သတ်မှတ်ထားပါသည်။

Figure 9.9-2 Anchorage with permanent grout cap, grout inlet, and cap vent (Steel)

Figure 9.9-3 Permanent Plastic Grout Cap (Courtesy of VSL)

Stainless steel သို့မဟုတ် polymer ဖြင့် ပြုလုပ်ထားသော permanent grout cap များကိုသုံးရမည်။ အောက်ပါ လိုအပ်ချက်များကို လုပ်ဆောင်ရမည်။

- Tendon နှင့် anchor ကို grout အပြည့်အဝ ဖြည့်ရန် အတွက် မှန်ကန်သော grout cap ကို တပ်ဆင် အသုံးပြုရမည်။

- Permanent grout cap ကို grout ဖြင့် အပြည့်ဖြည့်ရမည်။

- ကွန်ကရစ် ဖြည့်ခြင်း (Pour-back) မလောင်းခင်၊ pour back လုပ်ရမည့် အောက်ခံမျက်နှာပြင်များကို သေချာနှံ့စပ်အောင် သန့်ရှင်းထားရမည်ဖြစ်ပြီး၊ မျက်နှာပြင် ကြမ်းတမ်းနေစေရန် ပြုလုပ်ထား ရမည်။
- Anchors နှင့် grout caps များကို၊ လက်ခံအတည်ပြုထားသော၊ ခံနိုင်အားမြင့်၍ တွဲဆက်အား (high-bond) ကောင်းသည့်၊ ကျုံ့အားနည်းသည့် (low-shrink) ၊ သဲ ပါဝင်သော epoxy grout (Pour-back) ဖြင့် ငုံထားရမည်။
- ကွန်ကရစ်ဖြည့်ထားမှု (Pour back) မှာ grout cap နှင့် anchor plate အစွန်များတွင် အနည်းဆုံး cover အထူ ၂.၅၄ စင်တီမီတာ မှ ၁.၂၇ စင်တီမီတာ ရှိရမည်။

ကြိုတင်သွန်းလောင်းထားသော beam ပုံစံ member များ၏ အစွန်းပိုင်းများကို (သံကူ) ကွန်ကရစ် diaphragm ဖြင့် အုပ်ထားရမည်။ Expansion joint များတွင်လည်း reinforced diaphragm များကို သေသေချာချာ သွန်းလောင်းရမည်။ (diaphragm တစ်ခုပြီး တစ်ခု သွန်းလောင်းထားသည့် တစ်ဆက်တည်း ဖြစ်နေသော ယူနစ်များကြားတွင် ခွင့်ပြုထားသည့် Joint spacer များကိုသာ အသုံးပြုရမည်။)

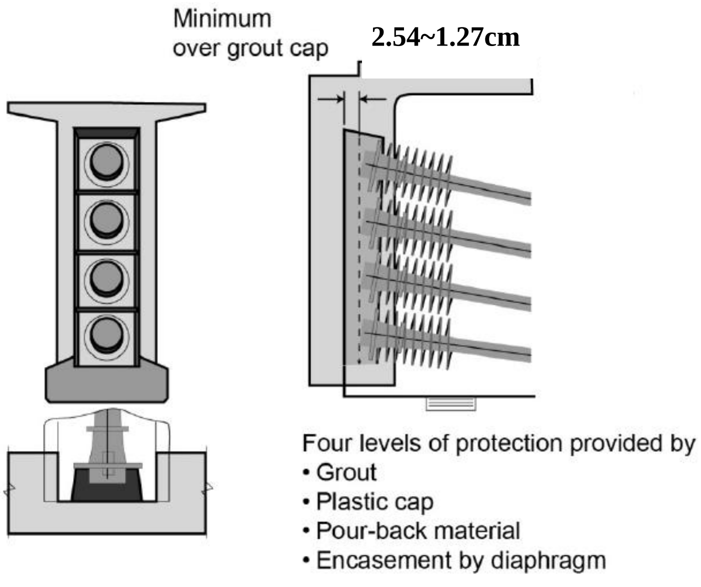


Figure 9.9-4 Example of Anchor Protection Detail at End Anchorage

၉.၁၀ GROUTING ကိုအတည်ပြုခြင်း

Grouting ကိုအတည်ပြုရန်အတွက် အောက်ပါတို့ကို ကိုးကားနိုင်သည်။

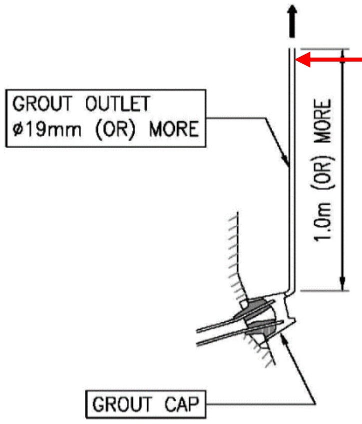
သင့်လျော်သော စစ်ဆေးမည့် နည်းလမ်းများကို ရွေးချယ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ စစ်ဆေးခြင်းကို လုံလုံလောက်လောက် ပြုလုပ်ရမည်။ တွေ့ရှိရသော မည်သည့် voids များကိုမဆို ခွင့်ပြုထားသော grout ဖြင့် ချက်ချင်း ဖြည့်ရမည်။

၉.၁၀.၁ ထွက်ပေါက် (OUTLET) ကို အမြင်ဖြင့် စစ်ဆေးခြင်းနှင့် GROUT ထုထည်တွက်ချက်ခြင်း

ထွက်ပေါက် (Outlet) ကို အနိမ့်ဆုံးအားဖြင့် မျက်မြင် ကြည့်ရှု စစ်ဆေးရမည်ဖြစ်ပြီး၊ grout volume ခန့်မှန်း တွက်ချက်ခြင်းများကို ဆောင်ရွက်ရမည်။

စုစုပေါင်း Grout ထုထည်ကို grout material နှင့် ရေ၏ ထုထည်အား တိုင်းတာခြင်းဖြင့် တွက်ချက်သည်။ ခန့်မှန်း grout ထုထည်ကို အောက်ပါအတိုင်းတွက်ယူရမည်။

စုစုပေါင်း Grout ထုထည် – ကျန်ရှိနေသော Grout ထုထည်



Grout surface

လေများ၊ bleeding water များ ကျန်ရှိခြင်း၊ သို့မဟုတ် Grout ပြတ်တောက်ခြင်းများ ဖြစ်ပေါ်လာပါက Grout မျက်နှာပြင်သည် နိမ့်ကျလာလိမ့်မည်။ ထိုအခြေအနေမျိုးတွင် နောက်တစ်ကြိမ် grouting လုပ်ခြင်း ပြုလုပ်ရမည်။

Figure 9.10-1 Visual Inspection of Grout Outlet

၉.၁၀.၂ DIGITAL VOLUMETER ဖြင့် GROUT ထုထည်ကို စစ်ဆေးခြင်း

Grout ၏အမှန်တကယ်ထုထည်ကို digital volumeter သုံး၍တွက်ချက်နိုင်သည်။

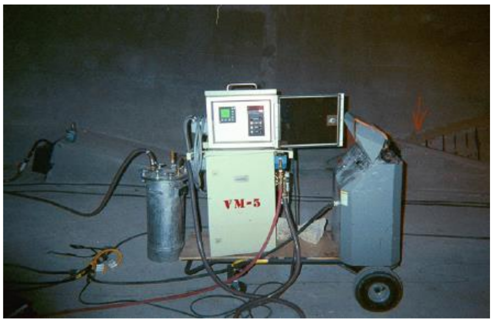


Figure 9.10-2 Digital Volumeter

၉.၁၀.၃ ဂျပန်တွင်အသုံးပြုသည့် GROUTING ကိုအတည်ပြုသည့်နည်းလမ်း

၁) Grouting ဖြည့်စဉ်နှင့်ဖြည့်ပြီးနောက်

(က). Vibration device sensor

တုန်ခါမှုကို တိုင်းတာသည့် ကိရိယာ (Vibration device sensor) ကို သတ်မှတ်ထားသော နေရာတွင် တပ်ဆင်ရမည်။ လေ ကျန်ရှိနေခြင်း ရှိမရှိကို တုန်ခါမှု ပုံသဏ္ဍာန် ခြားနားမှုများကို စစ်ဆေး ကြည့်ရှုခြင်းဖြင့် သိရှိနိုင်သည်။

Figure 9.10-3 Vibration device sensor

(ခ). Thermocouple အပူချိန်တိုင်းကိရိယာ (Thermocouple Heat Radiation Sensor (MS Sensor))

ပိုက်၏ အတွင်းမျက်နှာပြင်တွင် အပူချိန်တိုင်းကိရိယာ (sensor) ကို တပ်ဆင်သည်။ ကျန်နေသော လေများကို heat radiation အချိုး ကွာခြားချက်မှ သိရှိနိုင်သည်။

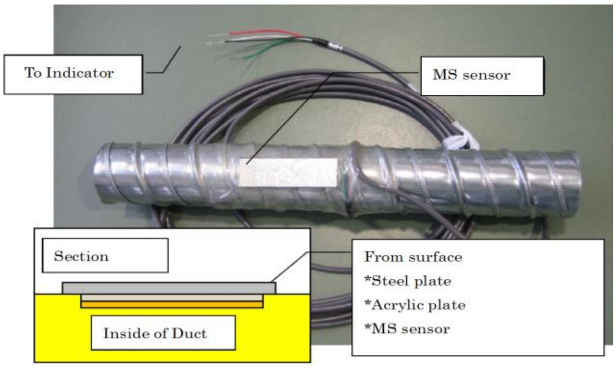
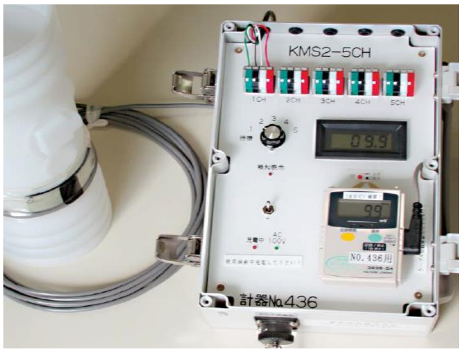
	

Figure 9.10-4 MS sensor system	**Figure 9.10-5 Indicator**

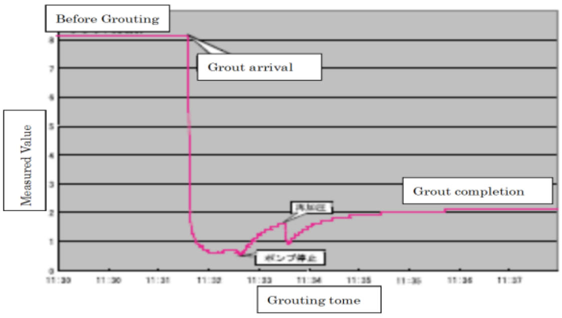
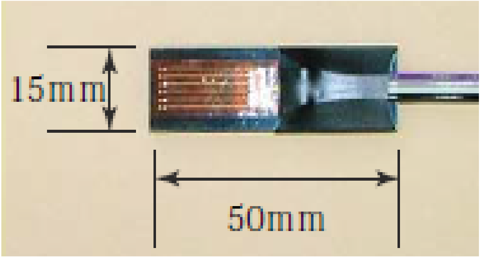
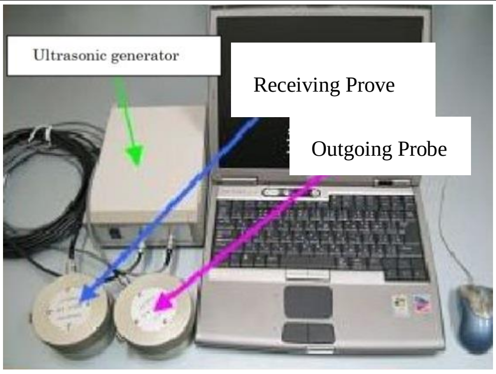

	

Figure 9.10-6 Result of Measuring	**Figure 9.10-7 MS Sensor**

၂) မာလာပြီးနောက် (မဖျက်ဆီးသည့် နည်းလမ်းဖြင့် စစ်ဆေးခြင်း)

- (က) Broad band ultrasonic wave method

ကျန်နေသောလေများကို လျှပ်စစ်လှိုင်း (electric waves) ပုံသဏ္ဌာန် ခြားနားခြင်းများမှ တစ်ဆင့် စစ်ဆေးနိုင်သည်။

	
Figure 9.10-8 Electromagnetic Radar to confirm Duct Position	**Figure 9.10-9 Broadband Ultrasonic Wave Sensor**

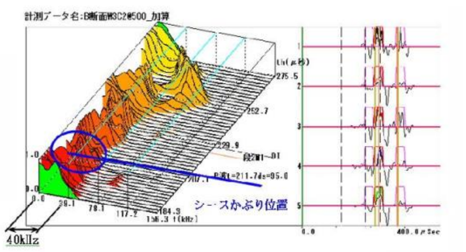


Figure 9.10-10 Normal Result

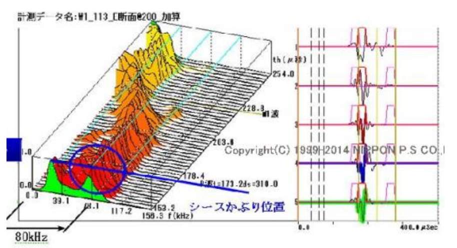


Figure 9.10-11 Air-Remaining Area

(ခ). Multipath array electromagnetic wave method

ကျန်နေသော လေများကို လျှပ်စစ်သံလိုက်လှိုင်းများ၏ ပုံသဏ္ဌာန်မှ တစ်ဆင့် တွေ့ရှိနိုင်သည်။

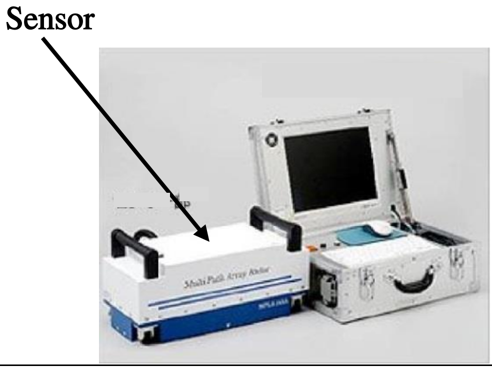


Figure 9.10-12 Indicator

Figure 9.10-13 Checking by Multipath Array Electromagnetic Wave Method

၉.၁၁ GROUTING လုပ်ခြင်းတွင် ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သော ပြဿနာများနှင့် ဖြေရှင်းနည်းများ

၉.၁၁.၁ စီးဆင်းမှုပြတ်တောက်ခြင်း

အကယ်၍ စက်ချွတ်ယွင်းမှုရှိပါက အရန်သင့်ရှိသော စက်ပစ္စည်း (Stand by Equipment) ကိုသုံးပါ။ အရန်စက်ပစ္စည်းသည် အလုပ်လုပ်နိုင်သော အနေအထားတွင် ရှိမရှိ အခါအားလျော်စွာ စစ်ဆေးရမည်။ အရန်စက်ပစ္စည်းဆိုသည်မှာ အနီးနားတွင် လည်ပတ်လုပ်ကိုင်နေသည့် production grouting equipment ၏ အပိုတစ်စုံပစ္စည်းလည်း ဖြစ်နိုင်သည်။ မည်သည့်အခြေအနေမျိုးတွင်မဆို အရန်စက်ပစ္စည်း ကို အမြန်ဆုံးရွှေ့ပြောင်းနိုင်ရမည်။

အရန်စက်ပစ္စည်းကို အလုပ်လုပ်နေသည့် နေရာသို့ ၁၅ မိနစ်မှ မိနစ် ၃၀ အတွင်း ယူဆောင်လာနိုင်ရမည်။ အထူးသဖြင့် long tendon များတွင်၊ grout များသည်စတင်ခဲလာနိုင်ပြီး grout ကို ရွေ့လျားသွားအောင် ပြုလုပ်ရန် အလွန် ခက်ခဲလိမ့်မည်။ အရန်စက်ပစ္စည်းကို operation ရှိရာသို့ သတ်မှတ်ချိန်အတွင်း မယူလာနိုင်ပါက grouting လုပ်ခြင်းကို ရပ်ဆိုင်းရမည်။

၄.၁၁.၂ GROUTING ဖိအားများခြင်း

Grout ဖြည့်သွင်းရန် လွန်ကဲသော ဖိအားလိုအပ်သည့် အခြေအနေ ဖြစ်လာခြင်းသည် ပိတ်ဆို့မှု ဖြစ်ပေါ်နေခြင်းကြောင့် ဖြစ်နိုင်သည်။ လွန်ကဲသော ဖိအားဆိုသည်မှာ အပိုင်း ၄.၅ အရ ကန့်သတ်ထားသော ဖိအား၏ ၅၀% ထက်ပိုသည့် မည်သည့် ဖိအားကိုမဆို ဆိုလိုသည်။ ထိုအခါ၊ မည်သည့် အခြေအနေမျိုးတွင်မဆို Grout ကို အတင်းအကြပ် ဖြတ်စီးစေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် မည်သည့်ကိုမျှ မပြုလုပ်ရပါ။ အခြေအနေနှင့် အခြားအသေးစိတ် အချက်အလက်များပေါ် မူတည်၍၊ လွန်ကဲသော ဖိအားသည် ပိုက်များကို ပျက်စီးစေနိုင်ပြီး၊ ကွန်ကရစ်များကို ကွဲထွက်စေနိုင်သည်။ Grout ဖြတ်သန်း စီးဆင်းထားဖူးသော အလယ်အပေါက်တွင် grout ကို မဖြည့်နိုင်ပါက၊ grouting လုပ်ခြင်းကို ရပ်ဆိုင်းရမည်။

၄.၁၁.၃ GROUT စီးဆင်းမှုကို အဆက်ပြတ်စေသည့် GROUT FLUIDITY PRODUCTION

Grouting မလုပ်ဆောင်မီ၊ Flow-cone time ရလဒ်သည် ခွင့်ပြုထားသော အတိုင်းအတာထက် ကျော်လွန်ခဲ့ပါက၊ အခြားစမ်းသပ်ချက် တစ်မျိုးဖြင့် ထပ်မံစမ်းသပ်ကြည့်ရမည်။ အကယ်၍ flow time သည် ခွင့်ပြုချက် အတိုင်းအတာထက် ကျော်လွန်နေသေးပါက၊ grout material ၌ ထိုသို့ဖြစ်စေသော အကြောင်းအရင်း၊ သိုလှောင်ထားသည့် ကြာချိန်၊ အခြေအနေနှင့် ရောစပ်ခြင်းတို့ကို စစ်ဆေး ရမည်။

ထိုအသုတ် (Batch) grout ကို မသုံးဘဲ စွန့်ပစ်ပြီး၊ ပစ္စည်းအသစ်များဖြင့် ပြန်လည်စတင်ရမည်။ Fluidity တိုးစေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် ရေနှင့်တခြား high-range water reducer များ ထပ်ထည့်ခြင်း မပြုလုပ်ရပါ။ လိုအပ်ပါက ထို batch ကိုလည်း မသုံးဘဲ ပစ္စည်းအသစ်များဖြင့် ပြန်လည် စတင် ရမည်။

၄.၁၁.၄ VACUUM GROUTING

Vacuum Grouting သည်ပို၍ ယုံကြည်စိတ်ချရပြီး ပုံမှန်အားဖြင့် အမေရိကန် ပြည်ထောင်စုတွင် သုံးကြသည်။

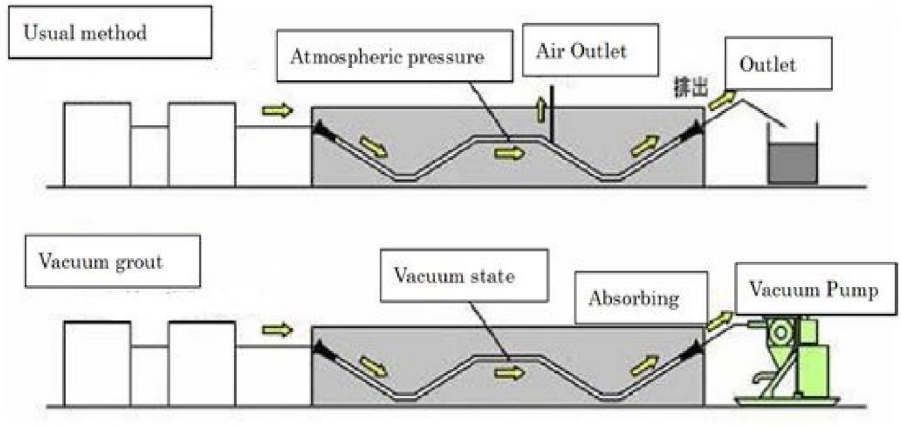


Figure 9.11-1 Vacuum Grout System

Figure 9.11-2 Grout Pump

Figure 9.11-3 Vacuum Grout Injection

အခန်း ၁၀.   စစ်ဆေးခြင်းအတွက် လမ်းညွှန်ချက်များ

PC Girder စစ်ဆေးခြင်း ယေဘုယျ အချက်များကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

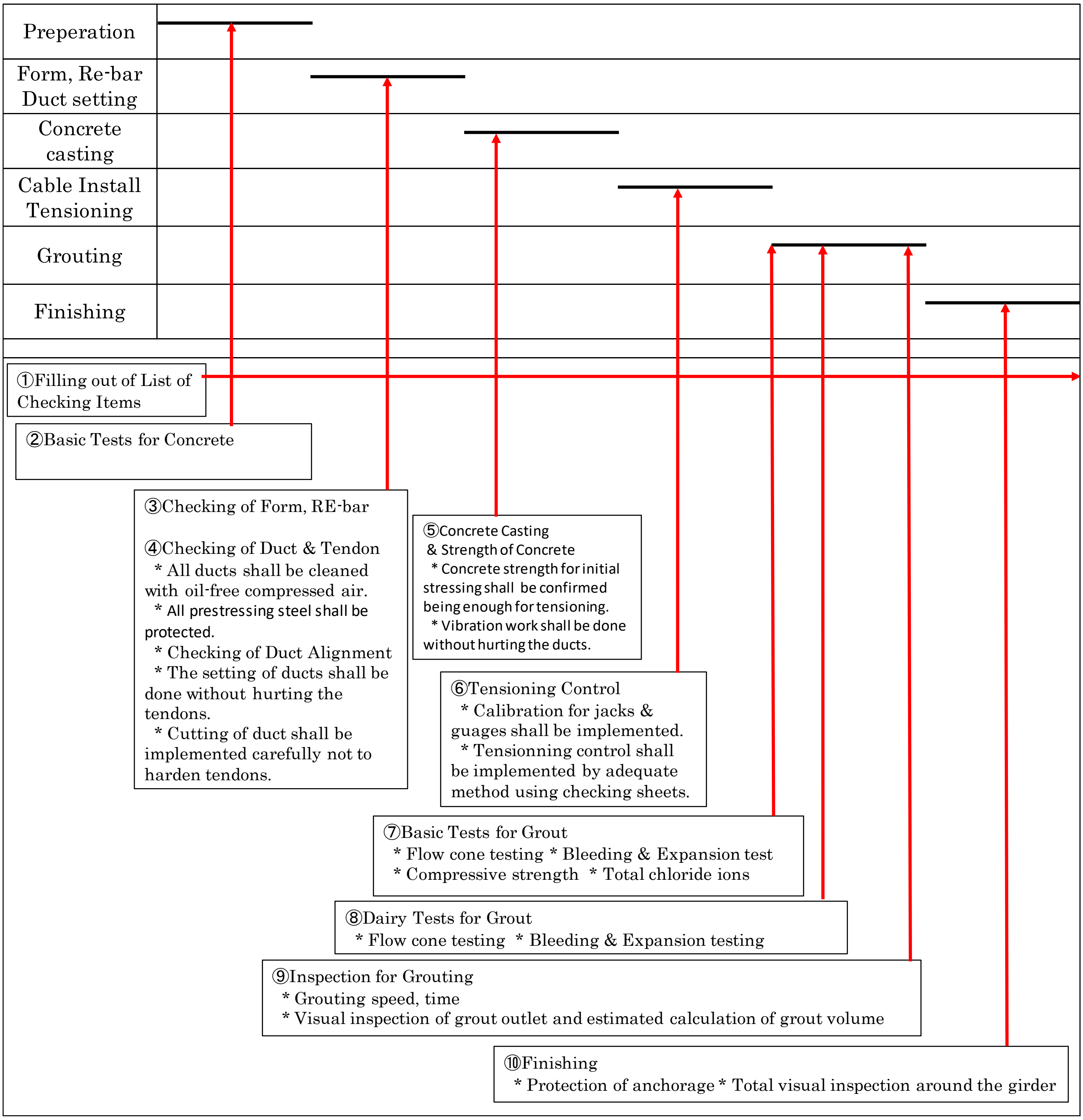


Figure 10-1 Inspection Outline for PC girder

၁၀.၁ စစ်ဆေးရမည့်အချက်အလက်များ (CHECKING ITEMS) ကို မှတ်တမ်းတင်ခြင်း

ကြီးကြပ်သူသည် PC ယက်မ ဆောက်လုပ်ရေး (girder construction) လုပ်ငန်းစဉ် တစ်လျှောက်တွင် စစ်ဆေးမှု ပြုလုပ်ခြင်း ရှိမရှိကို ဖော်ပြသည့် check list (Appendix B-1) တွင် 'Yes' သို့မဟုတ် 'No' ဖြင့် မှတ်တမ်းတင်ရမည်။

ပစ္စည်းများကို အရည်အသွေး မပျက်ယွင်းရအောင်၊ အထူးသဖြင့် Prestress steel များ သံချေးမတက်အောင် သေချာစွာ သိမ်းဆည်း သိုလှောင်ထားရမည်။

List of checking items that should be implemented				
			Checking	
Concrete	Concrete Strength	Test piece (At Transfer)	yes	no
		Test piece (28 days)	yes	no
		Schmidt hammer (At Transfer)	yes	no
	Requred tests shall be in accordance with "2 Concrete Structure"			
Prestressing Steel	Checking of Manufacturer's certificate & a test		yes	no
	Implementation of Protection of Prostressing Steel		yes	no
Grout	Basic Test	Compressive Strength	yes	no
		Content of Chloride	yes	no
		Fluidity	yes	no
		Ratio of Bleeding	yes	no
		Rate variability of volume	yes	no
	Daily Test	Compressive Strength	yes	no
		Content of Chloride	yes	no
		Fluidity	yes	no
		Ratio of Bleeding	yes	no
		Rate variability of volume	yes	no
Anchorage	Yield & ultimate strength, Modulus of elasticity		yes	no
Duct	Thickness (By Manual)	Steel	yes	no
		Plastic	yes	no
Duct setting	Checking of Duct Position		yes	no
Cable Tension Strength Control	Checking of Pressure & Elongation		yes	no
Grouting	Visual Inspection		yes	no
	Volume of grouting		yes	no
	Mechanical checking (MS sensor etc.)		yes	no

Figure 10.1-1 Checking Sheet Sample

၁၀.၂ ကွန်ကရစ် (CONCRETE) အတွက်အခြေခံစမ်းသပ်ချက်များ

လိုအပ်သော အခြေခံစမ်းသပ်ချက်များကို 'ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦလက်စွဲ' မှ ပြဋ္ဌာန်းချက်များ နှင့် အညီ ဆောင်ရွက်ရမည်။

၁၀.၃ FORM နှင့် သံချောင်းများ နေရာချထားမှုများကို စစ်ဆေးခြင်း

ပုံစံခွက်များ (Form) နှင့် အားဖြည့်သံချောင်း (Rebar) နေရာချထားမှုများကို 'ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦလက်စွဲ' မှ ပြဋ္ဌာန်းချက်များနှင့်အညီ ဆောင်ရွက်ရမည်။

၁၀.၄ DUCT နှင့် P.S နေရာချထားမှုများကို စစ်ဆေးခြင်း

ပိုက်များ အားလုံးကို ဆီပါဝင်မှု မရှိသည့် compressed air ဖြင့် သန့်ရှင်းရေးလုပ်ရမည်။ ပိုက်၏ alignment ကို drawing များနှင့်အညီ စစ်ဆေးရမည်။

ပိုက်ထဲတွင်၊ prestressing steel များ ထည့်သွင်းပြီးမှ၊ ပိုက်ကို တပ်ဆင်နေရာချလျှင်၊ အတွင်းမှ prestressing steel များ ထိခိုက်မှု မရှိစေရန် အထူးဂရုပြု လုပ်ဆောင်ရမည်။

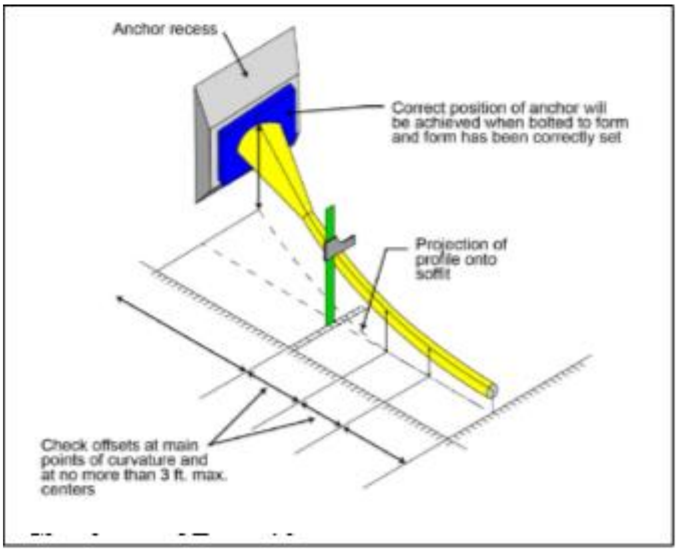


Figure 10.4-1 Checking of Duct Alignment

ထုတ်လုပ်လိုက်သည်မှစ၍၊ grouting လုပ်သည်အထိ prestressing steel အားလုံးကို ဒဏ်ရာ ဒဏ်ချက် များ ဖြစ်ပေါ်ခြင်း၊ သံချေးတက်ခြင်း နှင့် အခြားတိုက်စားမှုများမရှိစေရန် အမြဲတမ်း ကာကွယ် ဆောင်ရွက် ထားရမည်။

Tendon တင်းမာခြင်းမရှိစေရန်အတွက် ပိုက် (duct) ဖြတ်တောက်ခြင်းများကို ဆောင်ရွက်ရမည်။

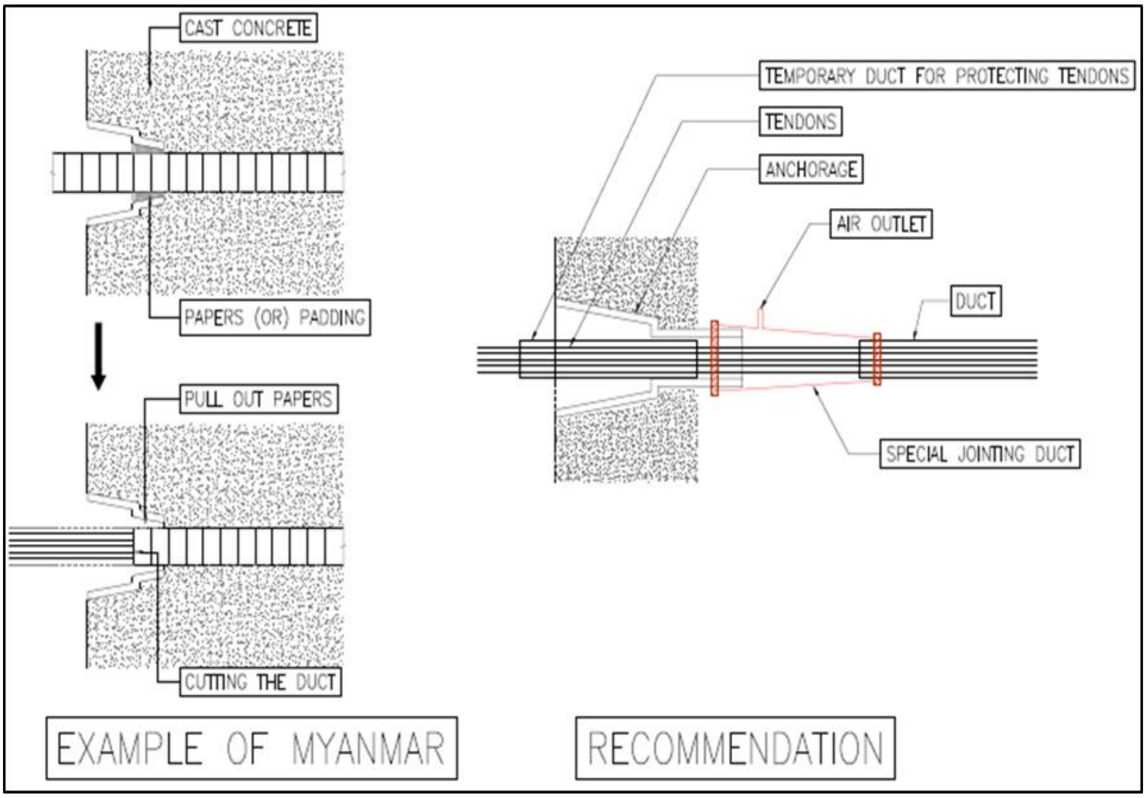
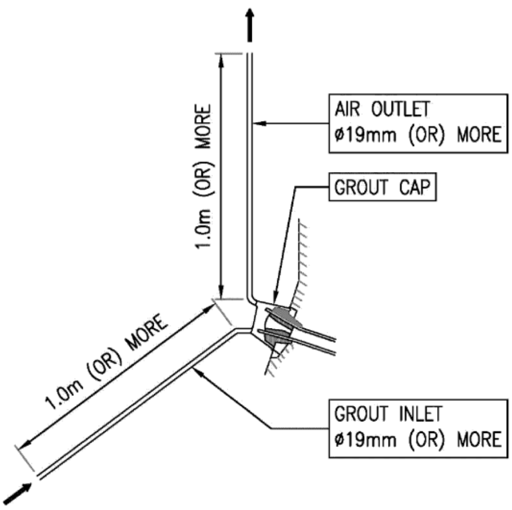


Figure 10.4-2 Detailed of Duct at Anchorage

လေထွက်ပေါက် (Air outlet) ကို grout inlet ဘက်တွင် တပ်ဆင်သင့်သည်။

Grout inlet side



လေထွက်ပေါက် (Air outlet)

မြန်မာနိုင်ငံတွင် Anchor ၌ ဝင်ပေါက် သို့မဟုတ် ထွက်ပေါက် တစ်ခုတည်း သာ ထားသည်။ လေခိုမှုများ မရှိစေရန် grout အဝင်ဘက်တွင် လေထွက်ပေါက် (air outlet) ကို တပ်ဆင်ခြင်းသည် အကောင်း ဆုံးဖြစ်သည်။

Figure 10.4-3 Setting of air outlet

၁၀.၅ ကွန်ကရစ်သွန်းလောင်းခြင်းနှင့် ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်ကို စစ်ဆေးခြင်း

အခြေခံအားဖြင့် လိုအပ်သော စစ်ဆေးမှုများကို ‘ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦလက်စွဲ’ မှ ပြဋ္ဌာန်းချက်များနှင့် အညီ ဆောင်ရွက်ရမည်။

ကနဦး ဆွဲအား (Initial Stressing) အတွက် ကွန်ကရစ်၏ tension ခံနိုင်ရည်အားကို အတည်ပြု ရမည်။ (Manual ၈.၁.၁)

ကွန်ကရစ်သွန်းလောင်းခြင်း (Casting) လုပ်ငန်းများကို ‘ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦလက်စွဲ’ မှ ပြဋ္ဌာန်းချက်များနှင့် အညီ ဆောင်ရွက်ရမည်။ အထူးသဖြင့် vibration လုပ်ရာတွင်၊ ပိုက်များကို ထိခိုက်မှု မရှိအောင် သတိထားလုပ်ဆောင်ရမည်။

၁၀.၆ ဆွဲအားထိန်းချုပ်ခြင်း (TENSIONING CONTROL)

Jack နှင့် gauges များ၏ စံကိုက်ချိန်ညှိခြင်းကို အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဆောင်ရွက်ရမည်။

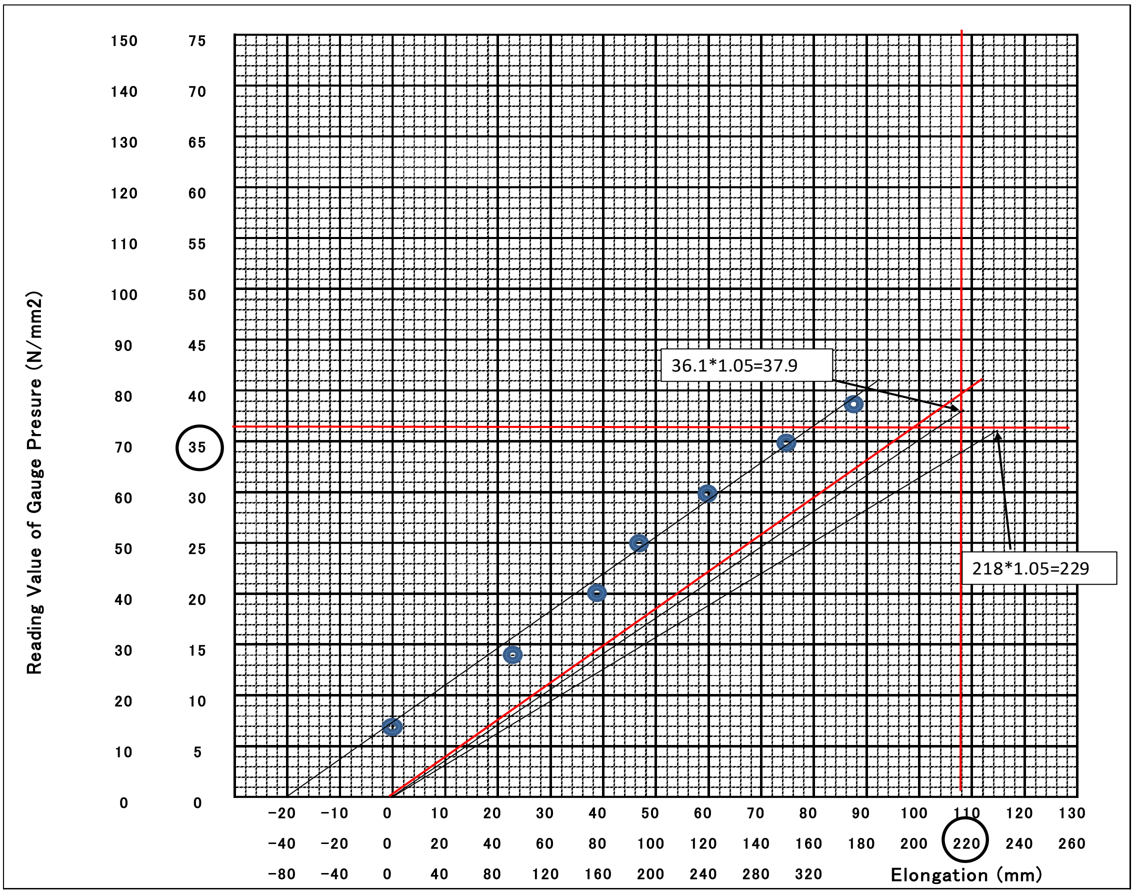
- ပထမဆုံး tendon ကို ကနဦးဆွဲအားပေးခြင်း (initial prestressing) မလုပ်ဆောင်ခင်တွင်

- Tendon အချောင်း ၅၀ ခန့် ကို prestressing လုပ်ဆောင်ပြီးချိန်တွင်
- Jacks သို့မဟုတ် pumps များ ပြင်ဆင်ပြီးချိန်တွင် အစရှိသဖြင့်

Girder ၏ စိတ်ချရမှုအပေါ် အကျိုးသက်ရောက်မှုရှိသောကြောင့် tensioning သည် PC တံတားများအတွက် အထူးအရေးကြီးပါသည်။

အောက်ဖော်ပြပါ checking sheet ကို သုံး၍ ပြည့်စုံသော နည်းလမ်းဖြင့် tensioning လုပ်ငန်းကို ထိန်းချုပ် လုပ်ဆောင်ရမည်။ (Manual: Apppendix B-2)

Figure 10.6-1 Example of Cable Tension Strength Control



၁၀.၇ GROUT အတွက်အခြေခံစမ်းသပ်ချက်များ

လုပ်ငန်းခွင်၌ ပြုလုပ်ရသည့် Grout အတွက် အခြေခံစမ်းသပ်မှုများကို Apppendix B-3 1/3 & 2/3 ကို မှီငြမ်းကိုးကားနိုင်သည်။

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (min.)		ASTM C939		JSCE-F531	
				Flow time(sec.)	Test value	Flow time(sec.)	Test value
Flow cone Testing		0			9~20		
		15					
		30			<30		
		45			(Remixing 30s)		
		60					

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Hight of Grout (mm)	Hight of Bleed water (mm)	Bleeding (%)		Test value
Bleeding Test		0.0					
		0.5					ASTM C940
		1.0					0.0%(At 3hr)
		2.0					
		3.0					JSCE-F535
		5.0					0.0%(Final)
		10.0					
		24.0					

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Hight of Grout (mm)	Amout of change (mm)	Expansion (%)		Test value
Expansion Test		0.0					
		0.5					ASTM C940
		1.0					<2.0%(up to 3hr)
		2.0					
		3.0					JSCE-F535
		5.0					±0.5%
		10.0					
		24.0					

	No.	Compressive strength (N/mm^2)				Dimnsionsof mortar cube
		24 hrs.	3 days	7 days	28 days	
Compressive Strength (28 days)	1					Diameter (mm)
	2					
	3					Hight (mm)

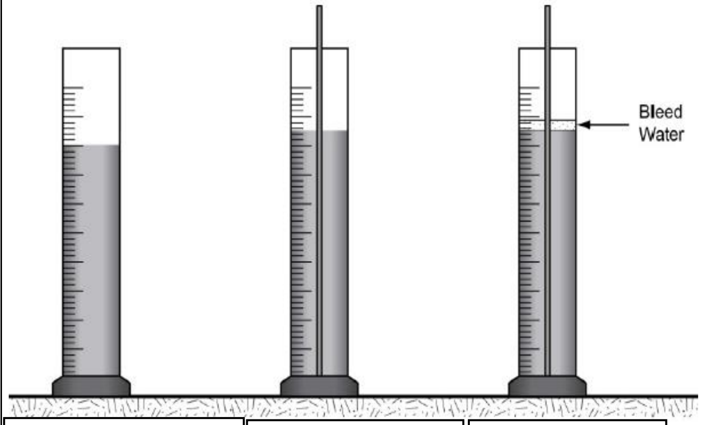
	No.	Unit value on the numbered scale	Chloride Ions getting from the chart(mg/L)	Chloride Ions(%)			Test value
Total Chloride Ions (In case of using "Quantab")	1						< 0.08%
	2						
	3						

Figure 10.7-1 Inspection Sheets for for Grouting

၁၀.၈ GROUT ကိုနေ့စဉ်စမ်းသပ်ခြင်း

လုပ်ငန်းခွင်၌ Grout ကို နေ့စဉ်စမ်းသပ်မှု လုပ်ရာတွင်၊ အနည်းဆုံး အောက်ဖော်ပြပါ ဂုဏ်သတ္တိများ ပါဝင်ရန် လိုအပ်သည်။

- Fluidity,
- ၃ နာရီအကြာ၌ ဖြစ်သည့် Bleeding
- ပွခြင်း (ထုထည် ပြောင်းလဲခြင်း)



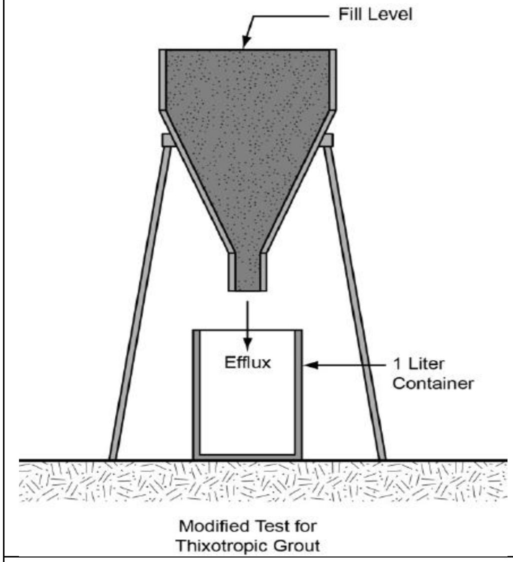
900mm of grout in 80mm diameter cylinder

Insert 100mm of either13 mm or 15 mm diameter

Measured bleed for up to 3 hours

၁၀၀၀ မီလီမီတာ အမြင့် ရှိသည့် ဆလင်ဒါထဲ သို့ အသေအချာ ဖျော်စပ်ထား သည့် grout ၉၀၀ မီလီမီတာ နှင့် Seven Wire Strand ကို ထည့်၍၊ grout ၏ မျက်နှာပြင် ပေါ်တွင် ရေ (bleeding) ကို တိုင်းတာမည်။ ပုံမှန် အခန်းအပူချိန် 20 C ၌ ၃ နာရီကြာပြီးနောက် bleed ရာခိုင်နှုန်း ၀.၀ % ဖြစ်ပါက အသုံးပြုနိုင်သည်။

Figure 10.8-1 Wick-Induced Bleed Test



ဖျော်စပ်ပြီးပြီးချင်း Efflux time မှာ ၉ စက္ကန့်မှ ၂၀ စက္ကန့် အတွင်း ဖြစ်ရမည်။ grout အား လှုပ်ရှားမှုမပြုစေဘဲ မိနစ် ၃၀ ကြာ ထားပြီး စက္ကန့် ၃၀ ကြာ ပြန်လည် မွှေပြီးသည့်အခါ၌ ရှိရမည့် Efflux time မှာ စက္ကန့် ၃၀ ထက် နည်းရမည်။

Figure 10.8-2 Flow Cone Testing (Modified ASTM C939)

၁၀.၉ GROUT ကို စစ်ဆေးခြင်း

ကောင်းစွာ သမနေသော အရောအနှော (homogeneous mixture) ရရန်အတွက် Colloidal mixer ကိုအသုံးပြုပြီး ထုတ်လုပ်သူ၏ လမ်းညွှန်ချက်များနှင့်အညီ Grout ကိုရောနှောရမည်။

Grout အသုံးပြုမှု နှောင့်နှေးခြင်းကြောင့် လျော့ကျသွားသည့် flowability ကို ပြန်လည်မြှင့်တင်ရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် ရေထပ်ထည့်ခြင်းများ မပြုလုပ်ရပါ။

Grout outlet ကို အနိမ့်ဆုံးအားဖြင့် မျက်မြင်ဖြင့် စစ်ဆေးပြီး grout ထုထည်ခန့်မှန်း တွက်ချက်ခြင်း တို့ကို လုပ်ဆောင်ရမည်။

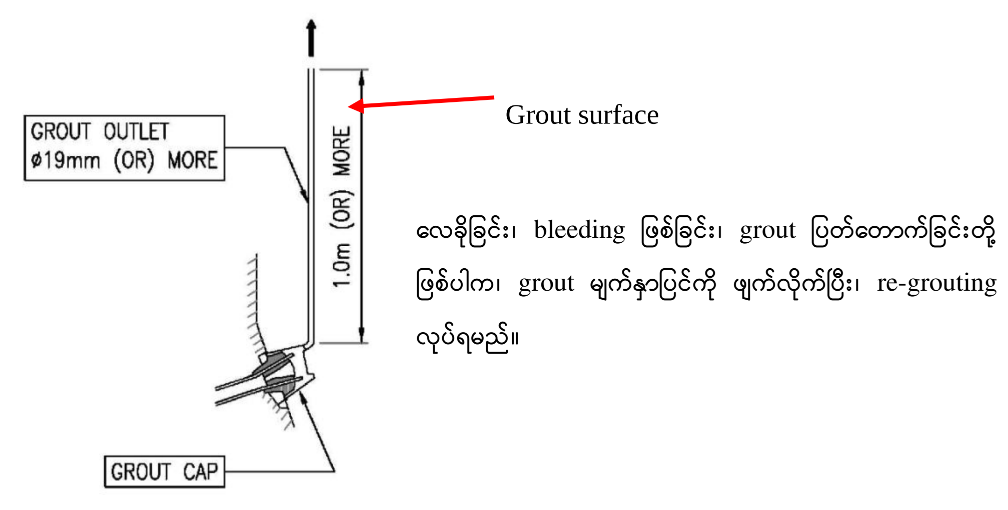


Figure 10.9-1 Visual Inspection of Grout Outlet

၁၀.၁၀ ပြီးဆုံးခြင်း (FINISHING)

ကွန်ကရစ်မလောင်းခင်တွင် Anchorage များကို သန့်ရှင်းထားရမည်။ Anchorages ပတ်လည်တွင် ကွန်ကရစ်ကို အပြည့်အဝ ဖြည့်ရမည်။ နောက်ဆုံးတွင် စစ်ဆေးသူ (inspector) သည် ယက်မ (girder) ပတ်လည် တစ်လျှောက်ကို အမြင်ဖြင့် သေချာစွာ စစ်ဆေးရမည်။

Appendices

Appendix A: Method for Tensioning Operation

A-1: Using record of gauge pressure and elongation of Tendon

(1) Procedure of the revision correction for operation line

- Tendons shall be tensioned to a preliminary force (about 20% of final jacking force). In this example, a preliminary force is 100 N/mm^2.
- Before final jacking force, gauge pressure and elongation shall be plotted step-by-step (Line A).
- Then slide the Line A to revision correction line (Operation Line B).
- Tendons shall be tensioned to a final jacking force, and a final elongation shall be measured.

(2) Allowable error

Operation Line B shall be inside between upper allowable error line and lower allowable error line. The following shows an example of allowable error.

Number of Tendons for 1 set	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**Over 10**
Allowable error (%)	**10**	**7.1**	**5.8**	**5.0**	**4.5**	**4.1**	**3.8**	**3.5**	**3.3**	**3.2**

Source: Construction Manual for Concrete Road Bridge (Japan Road Association)

(3) Elongation

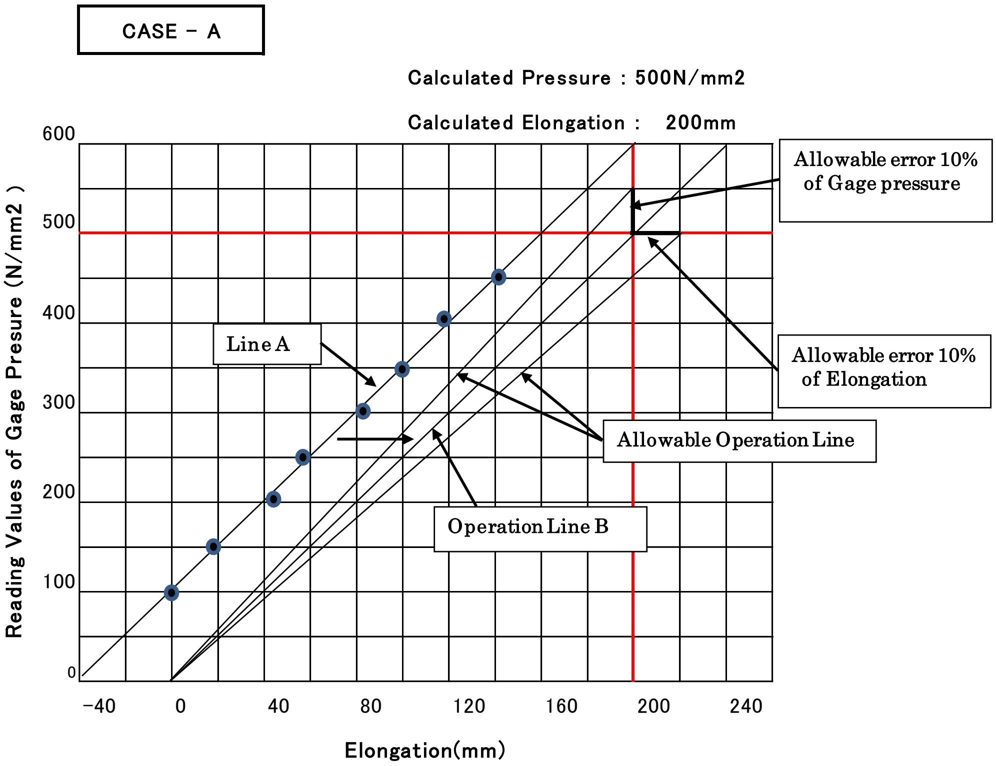
Total Elongation is as follows:

- Single pulling: Total Elongation = “Elongation of Stressing” - “Pull in at Fix Side Tendon Grip”
- Double pulling: Total Elongation = “Elongation of Stressing A” + “Elongation of Stressing B”

(4) Treatment for various cases

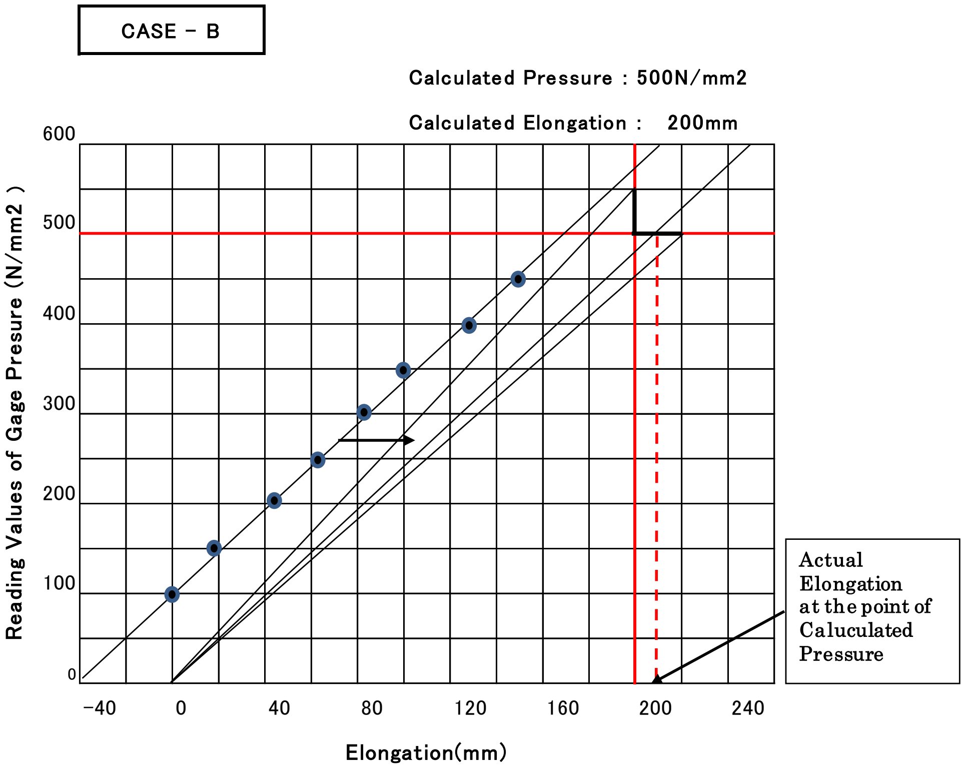
1) CASE A: Actual Elongation is almost the same as Calculated Elongation

Operation of prestressing is acceptable.



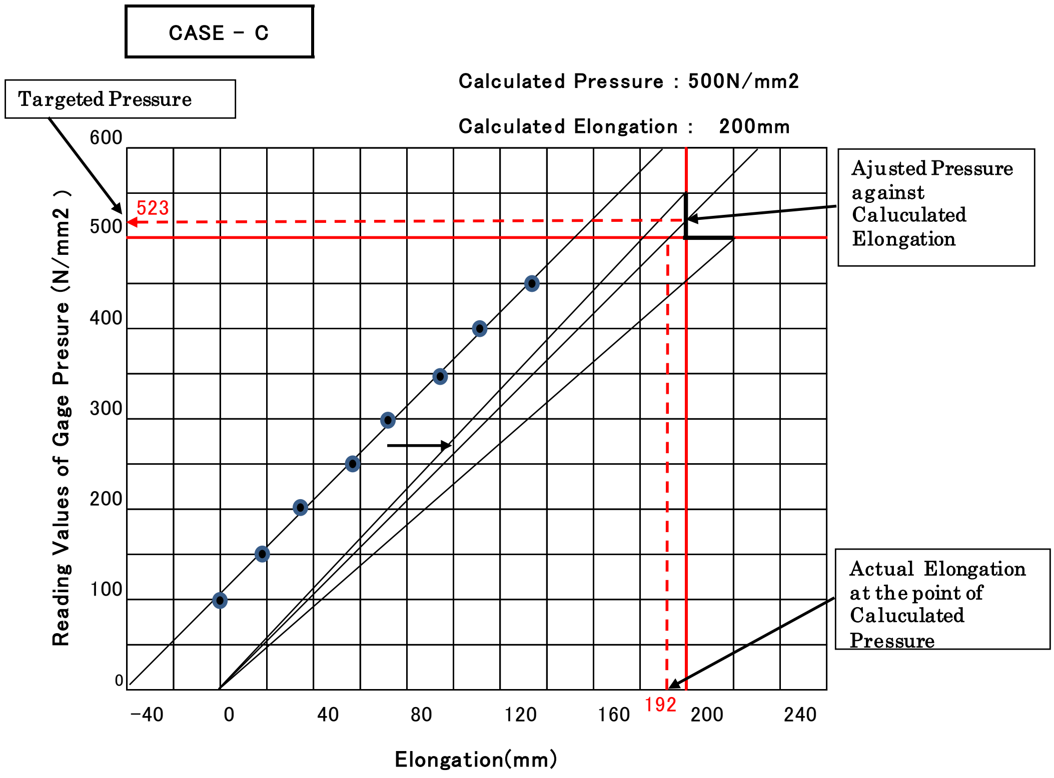
2) CASE B: Actual Elongation is bigger than Calculated Elongation, but inside of allowable error Line.

Operation of prestressing is acceptable.



3) CASE C: Actual Elongation is smaller than Calculated Elongation, but inside of allowable error line.

Tendons shall be re-tensioned to the Pressure (523 N/mm^2 in this example) where the elongation will be to a calculated elongation.



4) CASE D: Actual Elongation is outside of allowable error line.

The reason shall be investigated immediately, and the countermeasure shall be discussed.

Appendix B Inspection Sheet

B-1 List of Checking Items

				PC 01
Checking items that should be implemented				
			Checking	
Concrete	Concrete Strength	Test piece (At Transfer)	yes	no
		Test piece (28 days)	yes	no
		Schmidt hammer (At	yes	no
	Requred tests shall be in accordance with			
	"2 Concrete Structure"			
Prestressing Steel	Checking of Manufacturer's certificate & a		yes	no
	Implementation of Protection of Prostressing		yes	no
Grout	Basic Test	Compressive Strength	yes	no
		Content of Chloride	yes	no
		Fluidity	yes	no
		Ratio of Bleeding	yes	no
		Rate variability of volume	yes	no
	Daily Test	Compressive Strength	yes	no
		Content of Chloride	yes	no
		Fluidity	yes	no
		Ratio of Bleeding	yes	no
		Rate variability of volume	yes	no
Anchorage	Yield & ultimate strength, Modulus of		yes	no
Duct	Thickness (By Manual)	Steel	yes	no
		Plastic	yes	no
Duct setting	Checking of Duct Position		yes	no
Cable Tension Strength Control	Checking of Pressure & Elongation		yes	no
Grouting	Visual Inspection		yes	no
	Volume of grouting		yes	no
	Mechanical checking (MS sensor etc.)		yes	no

B-2 Stressing Record

B-2-1 Example 1 (MOC Inspection Sheets)

PRE TENSION RECORD

Project Name	Bridge Name/ No	Inspecter Name	Designation
Span No.	Girder No.	Concrete Compressive Strength Design	Foreman skill
Concreting Date	Tensioning Date	Concrete Compressive Strength at Transfer	Contract.

	R	R	R	R	R	R	R	R	Fm	Fm	PTc	Fc	PTc	Fc	
									A	B	C	D	E	F	
Strand No.	Reel No.	Jack Serial No.	Gauge Serial No.	Jack Location Side	Total Req'd Jack Force (ksi)	Req'd JackForce Per Wire (psi)	Gauge @ 20% Jacking Force (psi)	Gauge @ Req'd Jacking Force (psi)	Measured Elong. @ 20% Gauge (in)	Measured Elong. @100% Gauge (in)	Calc. 100% Elong. (in)	(B-A) = Measured 80% Elong. (in)	Calc. 80% Elong. (in)	% Elong. Per Tendom	Remarks

R Recorded info. From Plans, Shop Dwg; ,PT Suppliers, Equipment.

PTc PT Supplier Calculations from Shop Dwg;

Fm Field Measured Values

Fc Field Calculation

Camber Checking________________

Note: % Elong. Per Tendom (F) = Col: (D) divided by Co:. E x 100

% Elong. Per Tendom shall be between 95% minimum and 105% maximum

Recorded By Inspected By Checked By Approved By

POST TENSION RECORD

Project Name	Bridge Name/ No	Inspecter Name	Designation
Span No.	Girder No.	Concrete Compressive Strength Design	Foreman skill
Concreting Date	Tensioning Date	Concrete Compressive Strength at Transfer	Contract.

	R	R	R	R	R	R	R	R	Fm	Fm	PTc	Fc	PTc	Fc	
									A	B	C	D	E	F	
Tendom No.	Reel No.	Jack Serial No.	Gauge Serial No.	Jack Location Side	Req'd Jack Force per Tendom (ksi)	Strands Per Tendom	Gauge @ 20% Jacking Force (psi)	Gauge @ Req'd Jacking Force (psi)	Measured Elong. @ 20% Gauge (in)	Measured Elong. @100% Gauge (in)	Calc. 100% Elong. (in)	(B-A) = Measured 80% Elong. (in)	Calc. 80% Elong. (in)	% Elong. Per Tendom	Remarks

R Recorded info. From Plans; Shop Dwg; ,PT Suppliers, Equipment.
PTc PT Supplier Calculations from Shop Dwg;
Fm Field Measured Values
Fc Field Calculation

Note: % Elong. Per Tendom (F) = Col: (D) divided by Co:. E x 100
% Elong. Per Tendom shall be between 95% minimum and 105% maximum

Camber Checking__________

Recorded By Inspected By Checked By Approved By

B-2-2 Example 2 (Federal Highway Administration: Post-Tensioning Tendon Installation and Grouting Manual)

STRESSING REPORT **Page 1 of 2**

Project name: Job No.
Contractor: Stressing Sub-Contractor:
Tendon Location: Tendon Number:
Tendon Size: PT Steel Supplier:

Assumed for Calculations		Actual Values Delivered per Pack or Reel of Strand	
		Strands from Reel No:	
Number of Strands, Ns:		Number of Strands per Reel, Nr:	
Assumed Strand Area, As:		Actual Strand Area per Reel, Ar:	
Assumed Modulus, Es:		Actual Modulus per Reel, Er:	
Product, Ns*As*Es =		Product, Nr*Ar*Er =	
		Sum of Products: Sum(Nr*Ar*Er) =	

Adjusted Elongation Expected = [Nr*Ar*Er / (Sum(Nr*Ar*Er))]

First Stage Stressing from End A	Jack Force (kip)	Gauge (psi)		**Second Stage Stressing from End B**	Jack Force (kip)	Gauge (psi)
Required force before wedge set:				Required force before wedge set:		
				Anticipated pick-up force:		
Theoretial elongation, ΔA, (ins) =		Theo ΔA+ΔB =		Theoretical elongation, ΔB, (ins) =		
Adjusted elongation, ΔA, (ins) =		Adj ΔA+ΔB =		Adjusted elongation, ΔB, (ins) =		
Expected Wedge Set, End A, Wa:				Expected Final Wedge Set, End B, Wb:		

	Jack	Gauge		Jack	Gauge
Equipment Identifiers End A:			Equipment Identifiers End B:		

Stressing Mode:

One End only: ________ Both A then B: ________ Both Simultaneous (A and B with 2 sets of equipment): ________

Target Gauge Pressures and Elongations

	End A Pressure	Elongation per increment	Wedge Set	**End B** Pressure	Elongation	Wedge Set

Elong before set at A = ΔA = (Sum) = Elong before set at B = ΔB = (Sum) =
Net Elong after wedge set at A= Net at B after set =
Overall anticipated elongation =

STRESSING REPORT

Elongation Measurement:

First Stage Stressing	**End A** Pressure	Elongation	Wedge Set at A, Wa	**End B** Pressure	Elongation	Wedge Set at B, Wb	Increment of Elong per 20% of Load	Average per 20%
Initial 20%								
40%								
60%								
80%								I I I
Final 100% at A								V
Second Stage Stressing Pick-up at B								I I I
Final 100% at B								V I I I

Elongation at A from 20 to 100% = V

Add for initial 20% load = <---------------< ---------------------------< ---------------------------- < -----------------<------- --------<--

Elongation at A before set =

Elongation at B before set =

Total Elongation before set =

Total Wedge Set =

Deduct for elongation inside jack =

Final Elongation =

Expected Elongation =

Ratio of (Final / Expected) =

% under or over =

< 7% O.K. (AASHTO LRFD Construction or Project Specs.)

Approved:

Not Approved:

Observations: *No popping noises of broken wires O.K. Over elongation is within tolerance, O.K.*

Signed - Stressing Foreman: ______________________ Date: ______________

Signed - Inspector: ______________________ Date: ______________

B-2-3 Example 33 (Recommended Format)

Cable Tension Strength Control Chart

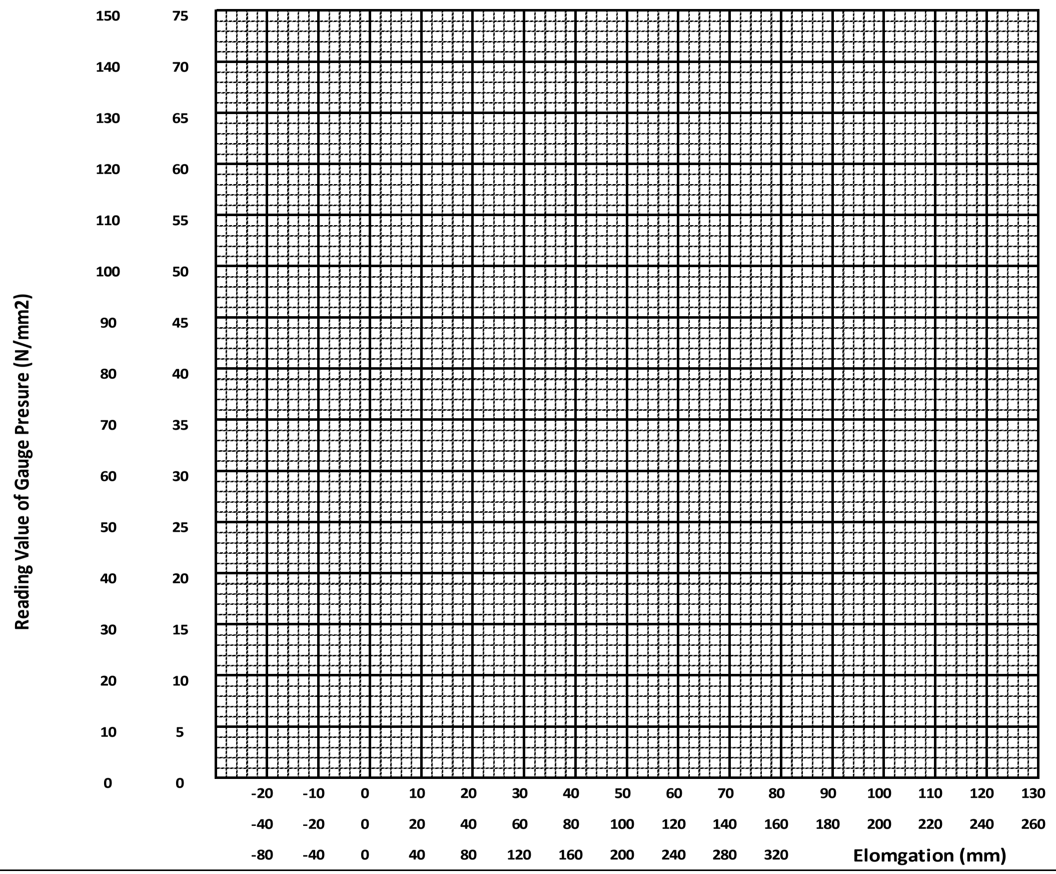
PC 02

Project Name	
Bridge Name	
Span Number	
Girder Number	
Cable Number	

(A)Calculated Tension Strength(N/mm2)		Concrete Strength σc(N/mm2)	
Jack Plate Area Aj(cm2)		σc(N/mm2) at Transfer (N/mm2)	
Total Cable Area/tendon At(cm2)			
(B).Calculated Gauge Pressure(N/mm2)		Final Gauge Pressure(N/mm2)	
B=(A*At/Aj)			
Calculated Elongation (mm)		Adjustment Total Elongation (mm)	

Name of Inspector

Gauge Pressure (N/mm2)	Elongation (mm)		
	Stressing side A	Stressing side B(or Pulling at Fix side)	Total
"0"Adjustment			
Adjustment Total Elongation			



Project Name	
Bridge Name	Saing Du Bridge
Span Number	6
Girder Number	5
Cable Number	4
Tendon Numer	T2

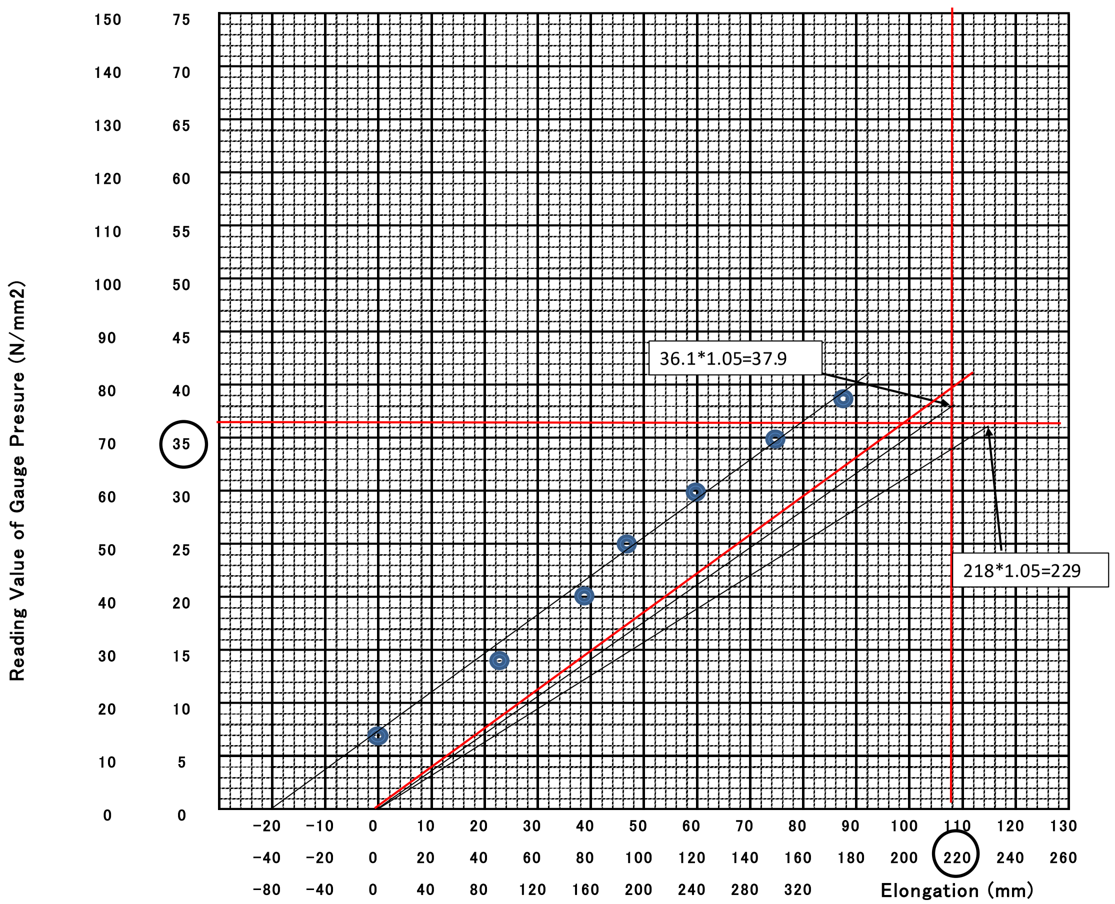
Cable Tension Strength Control Chart

PC 02

(A)Calculated Tension Strength(N/mm2)	1397	Concrete Strength σc(N/mm2)	
Jack Plate Area Aj(cm2)	459.4	σc(N/mm2) at Transfer (N/mm2)	
Total Cable Area/tendon At(cm2)	98．8＊12		
(B).Calculated Gauge Pressure(N/mm2)	36.1	Final Gauge Pressure(N/mm2)	38.5
B=(A*At/Aj)			
Calculated Elongation (mm)	218.0	Adjustment Total Elongation (mm)	215

Name of Inspector

Gauge Pressure (N/mm2)	Elongation (mm)		
	Stressing side A	Stressing side B(or Pulling at Fix side)	Total
38.5	189	14	175
38	182	14	168
37	177	13	164
36	170	13	157
35	162	12	150
30	130	10	120
25	102	8	94
20	85	6	79
14	49	3	46
7	0	0	0
″0″Adjustment			
Adjustment Total Elongation			



B-3 Testing for Grout

PC 03

Testing Report for Grout 1/3 (Basic Physical Properties)

Report No.		Date	
Project Name		Name of Project Manager	
Bridge Name		Name of Contructor or Unit No.	
Span No.		Name of Grout Operator	
Place of Test		Batch No.	

Basic data of materials	Name of materials	Type & Bland name	Manufacturer	Date Sheet No by supplier
	Cement			No.
	Admixture			No.
	Premixed One			No.
	Water			No.

Combination	Watet/Cementitious Material ratio (%)	Water (kg)	Cementitious material (kg)		Admixture (kg)		Date
			Cement	Premixed One			
1 m^3							

Mixing	Volume (m^3)	Capacity & form of Mixer	Number of Revolutions (rpm)	Mixing time (min)	Number of Revolutions is required over 1000rpm. The mix time should be generally not more than 4 minutes for a vane mixer.

Compressive Strength (28 days)	No.	Compressive strength (N/mm^2)				Dimnsionsof mortar cube	
		24 hrs.	3 days	7 days	28 days		
	Giredr No1					Diameter (mm) (Cylinder)	
	Giredr No2						
	Giredr No3					Hight (mm)	
	Giredr No4						
	Giredr No5						

Total Chloride Ions (In case of using "Quantab")	No.	Unit value on the numbered	Chloride Ions getting from the chart(%)	Chloride Ions(%) Ave		Chloride Ions(kg/m^3)	Test value
							< 0.08% or < 0.30kg/m^3
	Ave of 3						
					:Water		

Testing Report for Grout 2/3（Fluidity, Bleeding, Expansion）

Report No.		Date	
Project Name		Name of Project Manager	
Bridge Name		Name of Contructor or Unit No.	
Span No.		Name of Grout Operator	
Place of Test		Batch No.	

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (min.)		ASTM C939		JSCE-F531	
				Flow time(sec.	Test value	Flow time(sec.	Test value
Flow cone Testing		0			9~20		
		15					
		30			<30		
		45		(Remixing 30s)			
		60					

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Height of Surface B (ml)	Bleeding water B-A (ml	Bleeding (B-A)/A0 (%)	Test value
Bleeding Test (Measure by 100ml)		0.0	A0				
		0.5					ASTM C940
		1.0					0.0%(At 3hr)
		2.0					
		3.0					JSCE-F535
		5.0					0.0%(Final)
		10.0					
		24.0					

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Amout of change C=Ai-A0	Expansion C/A0 (%)		Test value
Expansion Test (Measure by 100ml)		0.0	A0				
		0.5					ASTM C940
		1.0					<2.0%(up to 3hr)
		2.0					
		3.0	Ai				JSCE-F535
		5.0					±0.5%
		10.0					
		24.0					

PC 05

Testing Report for Grout 3/3 (Checking of Grouting Volume & Grouting Pressure)

Report No.		Date	
Project Name		Name of Project Manager	
Bridge Name		Name of Contractor or Unit No.	
Span No.		Name of Grout Operator	
Place of Test		Batch No.	

Designed Grouting Pressure	Conversion to Grouting Pump Meter Pressure : < 2.0 Mp
	Conversion to Grouting Hose Pressure : < 0.6 Mp
	Target Re-pressurize : over Final Grouting Pressure < 2.0 Mp

Factor of Tendon	Inner sectional area of Duct (B)	Sectional area of Tendon (C)	(B-C)
			mm^2

Design Grouting Volume (Gd)/1-girder	Gd = ΣLi * (B - C) : liter
	Li : length of Duct (m) B-C : Empty Area (mm^2)
	Gd= litter

Actual Grouting Volume (Ga)	Ga = B/ρ + W (litre) - R : liter
	B : Weight of Cementitious materials (kg) ρ: Density of Cementitious materials (kg/liter)
	W : Volume of water (liter) R : Volume of remained mixed grout (liter)

No. of Duct	Remainning Volume (Liter)				Actual Grouting Volume (Ga) (liter)	Actual Grouting Volume (Liter)
					Ga = B/ρ + W (litre) - R	
					B= (kg)	
	Outle: (liter)	1 Girder				
					ρ= (kg/liter)	
	In hopper	Pump & hose	For testing	Total R		B/ρ+W-R
Girder No1					B/ρ= (liter)	
Girder No2						
Girder No3					W= % =158or135 (liter)	
Girder No4						
					R= Remainning (liter)	
Total					**Ga= B/ρ+W - R(liter)**	

Appendix C Inspection Example on the Pilot Project

1. Pretesting of Grout Materials

1.1 Outline

Pretesting of grout for Taung Bway Bridge was implemented at Unit 9 on 27th February and 7th March 2018.

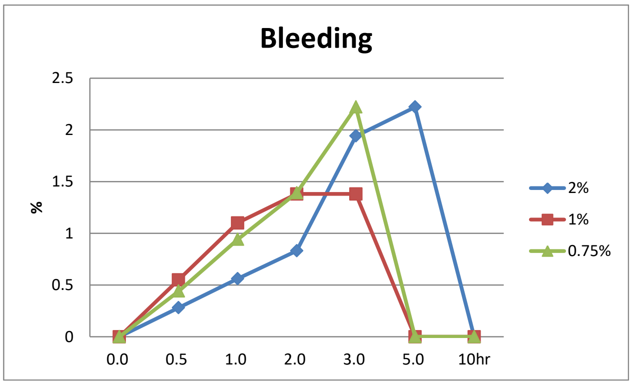
		(A-1) Sika ZX (1%)	(A-2) Sika ZX (2%)	(A-3) Sika ZX (1%)	(A-4) Sika ZX (0.75%)	Test Value
Flow Cone Test Flow time (sec)	Elapsed T(min)					AASHTO
	0	38	21	59	56	9～20
	30	**91**	**24**	**43**	**43**	<30
Bleeding Test Bleed ratio(%)	Elapsed T(min)					AASHTO
	3.0	0.83& 1.09(with steel)	1.94& 2.78(with steel)	1.38	2.22	0.00%
	10.0		0	0	0	
Expansion Test Expand Ratio(%)	Elapsed T(min)					AASHTO
	3.0	5.83& 5.43(with steel)	8.06& 7.78(with steel)	3.88	1.94	2.00%
	10.0		8.89& 7.78(With steel)	3.88	1.94	
Compressive Strength (N/m^2)	Elapsed T(day)					AASHTO
	7	10.53	10.58	16.18	4.05	
	28	9.04	10.80			41Mpa
Chloride ions （%）						
	Average	0.29				0.30kg/m^3
Comment		Mixed by hand only Some water flowed out from bucket				over 32degree

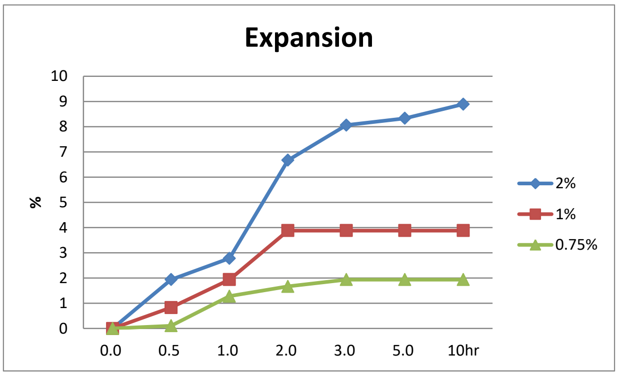
Regarding workability, Sika 2% shall be selected.

But bleeding and expansion did not satisfy the standard value of AASHTO, so more suitable admixture shall be studied.

APT admixture cannot be tested because of its stiffness.

MAPEI admixture cannot be tested because that material was not imported.





1.1-1 Mixing by hand

1.1-2 Mixing by hand-mixer

1.1-3 Slow mixing hopper to pump

1.1-4 Bad mixing of APT (not available for testing)

1.1-5 Flow cone testing

1.1-6 Bleeding and expansion testing

1.1-7 Chloride ion testing	**1.1-8 Compressive strength testing**

1.2 Design of grout

1000(l=m^3) = C/W*C + (1/3.16)(l/kg)*C

= C/W*C + 0.316*C

C : Cement(kg) W : Water(kg=l) 3.16 : Unit weight of Cement(kg/l)

	(A-1) Sika ZX (1%)	(A-2) Sika ZX (2%)	(A-3) Sika ZX (1%)	(A-4) Sika ZX (0.75%)
Cement (kg)	50kg	50kg	50kg	50kg
Admixture(%, kg)	(1%) 0.5kg	(2%) 1.0kg	(1%) 0.5kg	(0.75%) 0.375
W/C	42.5%	45%	45%	45%
Water (kg)	21.25kg	22.5kg	22.5kg	22.5kg
Cement C(kg/m^3)	1000=0.425C+ 0.316C C=1350kg/m^3	1000=0.45C+ 0.316C C=1305kg/m^3	1000=0.45C+ 0.316C C=1305kg/m^3	1000=0.45C+ 0.316C C=1305kg/m^3
Water W(kg/m^3)	W=574kg/m^3	W=587kg/m^3	W=587kg/m^3	W=587kg/m^3
Comment				

1.3 Basic date and chloride ions test

Testing Report for Grout 1/3 (Basic Physical Properties) PC 03

Report No.		Date	
Project Name		Name of Project Manager	
Bridge Name		Name of Contructor or Unit No.	
Span No.		Name of Grout Operator	
Place of Test		Batch No.	

Basic data of materials	Name of materials	Type & Bland name	Manufacturer	Date Sheet No by supplier
	Cement			No.
	Admixture			No.
	Premixed One			No.
	Water			No.

Combination	Watet/Cementitious Material ratio (%)	Water (kg)	Cementitious material (kg)		Admixture (kg)		Date
			Cement	Premixed One			
1 m^3	42.5	574	1350		13.5	**Sika ZX(1%)**	27.02.2018
1 m^3	45	587	1305		26.1	**Sika ZX(2%)**	27.02.2018
1 m^3	45	587	1305		13.1	**Sika ZX(1%)**	08.03.2018
1 m^3	45	587	1305		9.79	**Sika ZX(0.75%)**	08.03.2018

Mixing	Volume (m^3)	Capacity & form of Mixer	Number of Revolutions (rpm)	Mixing time (min)	Number of Revolutions is required over 1000rpm. The mix time should be generally not more than 4 minutes for a vane mixer.

Compressive Strength (28 days)	No.	Compressive strength (N/mm^2)				Dimnsionsof mortar cube
		24 hrs.	3 days	7 days	28 days	
	Sika ZX(1%)		8.52	10.53		Diameter (mm) (Cylinder) 50
	Sika ZX(2%)		9.06	10.58		
	Sika ZX(1%)		13.1	16.18		Hight (mm)
	Sika ZX(0.75%)		13.7	4.05		

Total Chloride Ions (In case of using "Quantab")	No.	Unit value on the numbered	Chloride Ions getting from the chart(%)	Chloride Ions(%) Ave		Chloride Ions(kg/m^3)	Test value
	1	2.7	0.048				< 0.08% < 0.30kg/m^3
	2	2.8	0.052	0.052	(0.052/100)*574=	0.0298	
	3	2.9	0.056		574:Water		

1.4 Flow Cone Testing

Report No.		Sika ZX(1%)		Date		27.02.2018	
Project Name				Name of Project Manager			
Bridge Name				Name of Contructor or Unit No.			
Span No.				Name of Grout Operator			
Place of Test				Batch No.			
Flow cone Testing	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (min.)		ASTM C939		JSCE-F531	
				Flow time (sec.)	Test value	Flow time (sec.)	Test value
	9:42	0		38	9~20		
	9:57	15		74			
	10:12	30		91	<30		
		45		(Remixing 30s)			
		60					

Report No.		Sika ZX(2%)		Date		27.02.2018	
Project Name				Name of Project Manager			
Bridge Name				Name of Contructor or Unit No.			
Span No.				Name of Grout Operator			
Place of Test				Batch No.			
Flow cone Testing	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (min.)		ASTM C939		JSCE-F531	
				Flow time (sec.)	Test value	Flow time (sec.)	Test value
	11:15	0		21	9~20		
	11:30	15		25			
	11:45	30		24	<30		
		45		(Remixing 30s)			
		60					

Report No.		Sika ZX(1%)		Date		08.03.2018	
Project Name				Name of Project Manager			
Bridge Name				Name of Contructor or Unit No.			
Span No.				Name of Grout Operator			
Place of Test				Batch No.			
Flow cone Testing	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (min.)		ASTM C939		JSCE-F531	
				Flow time (sec.)	Test value	Flow time (sec.)	Test value
	11:15	0		21	9~20		
	11:30	15		25			
	11:45	30		24	<30		
		45		(Remixing 30s)			
		60					

Report No.		Sika ZX(0.75%)		Date		08.03.2018	
Project Name				Name of Project Manager			
Bridge Name				Name of Contructor or Unit No.			
Span No.				Name of Grout Operator			
Place of Test				Batch No.			
Flow cone Testing	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (min.)		ASTM C939		JSCE-F531	
				Flow time (sec.)	Test value	Flow time (sec.)	Test value
	11:15	0		21	9~20		
	11:30	15		25			
	11:45	30		24	<30		
		45		(Remixing 30s)			
		60					

1.5 Bleeding and expansion test

(A-1) Sika ZX (1%) without steel

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Height of Surface B (ml)	Bleeding water B-A (ml	Bleeding (B-A)/A0 (%)	Test value
Bleeding Test (Measure by 100ml)	9:45	0.0	A0 1800				
	10:15	0.5	1820	1825	5	0.28	ASTM C940
	10:45	1.0	1860	1865	5	0.28	0.0%(At 3hr)
	11:45	2.0	1905	1930	25	1.39	
	12:45	3.0	1905	1920	15	0.83	JSCE-F535
		5.0					0.0%(Final)
		10.0					
		24.0					

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Amout of change C=Ai-A0	Expansion C/A0 (%)		Test value
Expansion Test (Measure by 100ml)	9:45	0.0	A0 1800				
	10:15	0.5	1820	20	1.11		ASTM C940
	10:45	1.0	1860	60	3.33		<2.0%(up to 3hr)
	11:45	2.0	1905	105	5.83		
	12:45	3.0	1905	105	5.83		JSCE-F535
		5.0					±0.5%
		10.0					
		24.0					

(A-1) Sika ZX (1%) with steel

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Height of Surface B (ml)	Bleeding water B-A (ml	Bleeding (B-A)/A0 (%)	Test value
Bleeding Test (Measure by 100ml)	9:45	0.0	A0 1840				
	10:15	0.5	1855	1860	5	0.27	ASTM C940
	10:45	1.0	1880	1900	20	1.09	0.0%(At 3hr)
	11:45	2.0	1930	1960	30	1.63	
	12:45	3.0	1940	1960	20	1.09	JSCE-F535
		5.0					0.0%(Final)
		10.0					
		24.0					

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Amout of change C=Ai-A0	Expansion C/A0 (%)		Test value
Expansion Test (Measure by 100ml)	9:45	0.0	A0 1840				
	10:15	0.5	1855	15	0.82		ASTM C940
	10:45	1.0	1880	40	2.17		<2.0%(up to 3hr)
	11:45	2.0	1930	90	4.89		
	12:45	3.0	1940	100	5.43		JSCE-F535
		5.0					±0.5%
		10.0					
		24.0					

(A-2) Sika ZX (2%) without steel

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Height of Surface B (ml)	Bleeding water B-A (ml	Bleeding (B-A)/A0 (%)	Test value
Bleeding Test (Measure by 100ml)	11:15	0.0	A0 1800				
	11:45	0.5	1835	1840	5	0.28	ASTM C940
	12:15	1.0	1850	1860	10	0.56	0.0%(At 3hr)
	1:15	2.0	1920	1935	15	0.83	
	2:15	3.0	1945	1980	35	1.94	JSCE-F535
		5.0	1950	1990	40	2.22	0.0%(Final)
		10.0	1960	1960	0	0	
		24.0					

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Amout of change C=Ai-A0	Expansion C/A0 (%)		Test value
Expansion Test (Measure by 100ml)	11:15	0.0	A0 1800				
	11:45	0.5	1835	35	1.94		ASTM C940
	12:15	1.0	1850	50	2.78		<2.0%(up to 3hr)
	1:15	2.0	1920	120	6.67		
	2:15	3.0	1945	145	8.06		JSCE-F535
		5.0	1950	150	8.33		±0.5%
		10.0	1960	160	8.89		
		24.0					

(A-2) Sika ZX (2%) with steel

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Height of Surface B (ml)	Bleeding water B-A (ml	Bleeding (B-A)/A0 (%)	Test value
Bleeding Test (Measure by 100ml)	11:15	0.0	A0 1800				
	11:45	0.5	1830	1840	10	0.56	ASTM C940
	12:15	1.0	1850	1870	20	1.11	0.0%(At 3hr)
	1:15	2.0	1910	1945	35	1.94	
	2:15	3.0	1940	1990	50	2.78	JSCE-F535
		5.0	1940	2000	60	3.33	0.0%(Final)
		10.0	1940	1940	0	0	
		24.0					

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Amout of change C=Ai-A0	Expansion C/A0 (%)		Test value
Expansion Test (Measure by 100ml)	11:15	0.0	A0 1800				
	11:45	0.5	1830	30	1.67		ASTM C940
	12:15	1.0	1850	50	2.78		<2.0%(up to 3hr)
	1:15	2.0	1910	110	5.56		
	2:15	3.0	1940	140	7.78		JSCE-F535
		5.0	1940	140	7.78		±0.5%
		10.0	1940	140	7.78		
		24.0					

(A-3) Sika ZX (1%)

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Height of Surface B (ml)	Bleeding water B-A (ml	Bleeding (B-A)/A0 (%)	Test value
Bleeding Test (Measure by 100ml)	11:44	0.0	A0 1805				
	12:11	0.5	1820	1840	10	0.55	ASTM C940
	12:44	1.0	1840	1870	20	1.10	0.0%(At 3hr)
	1:44	2.0	1875	1945	25	1.38	
	2:44	3.0	1875	1990	25	1.38	JSCE-F535
	4:44	5.0	1875	1875	0	0	0.0%(Final)
	9:44	10.0	1875	1875	0	0	
		24.0					

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Amout of change C=Ai-A0	Expansion C/A0 (%)		Test value
Expansion Test (Measure by 100ml)	11:15	0.0	A0 1805				
	11:45	0.5	1820	15	0.83		ASTM C940
	12:15	1.0	1840	35	1.94		<2.0%(up to 3hr)
	1:15	2.0	1875	70	3.88		
	2:15	3.0	1875	70	3.88		JSCE-F535
		5.0	1875	70	3.88		±0.5%
		10.0	1875	70	3.88		
		24.0					

(A-4) Sika ZX (0.75%)

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Height of Surface B (ml)	Bleeding water B-A (ml	Bleeding (B-A)/A0 (%)	Test value
Bleeding Test (Measure by 100ml)	12:40	0.0	A0 1800				
	1:10	0.5	1802	1810	8	0.44	ASTM C940
	1:40	1.0	1823	1840	17	0.94	0.0%(At 3hr)
	2:40	2.0	1830	1855	25	1.39	
	3:40	3.0	1835	1875	40	2.22	JSCE-F535
	5:40	5.0	1835	1835	0	0	0.0%(Final)
	10:40	10.0	1835	1835	0	0	
		24.0					

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Height of Grout A (ml)	Amout of change C=Ai-A0	Expansion C/A0 (%)		Test value
Expansion Test (Measure by 100ml)	12:40	0.0	A0 1800				
	1:10	0.5	1802	2	0.11		ASTM C940
	1:40	1.0	1823	23	1.28		<2.0%(up to 3hr)
	2:40	2.0	1830	30	1.67		
	3:40	3.0	1835	35	1.94		JSCE-F535
	5:40	5.0	1835	35	1.94		±0.5%
	10:40	10.0	1835	35	1.94		
		24.0					

2 Inspection at the Site

2.1 Basic Inspection

The PC Manual team conducted an inspection in the pilot project Taung Bway Bridge (Unit 9) in 2018.

C/T and JICA engineer visited the site for inspection of forms, rebars, ducts, and PC steel (6th, 7th March 2018).

2.1-1 Tendons and duct

Tendons were installed in the duct before setting, and the ducts with tendons were kept on the ground until setting time. Setting the duct with tendons was implemented manually. So, the hurting of tendons may not be a cause of worry. But in the tendons, some rusts are happened, so it is better to keep the tendons in good condition until the installing to the ducts that are set in the girder position without tendons.

Connection part of ducts was not sufficient to protect the tendons. It is better to use the connection duct mentioned in the Manual.

2.1-2 Anchorage

Sealing around the duct at the anchorage was some kind of rubber pad, a material not good for grouting work. It is better to use the special connecting duct mentioned in the Manual between the anchorage and standard part duct.

Reinforcing by rebars around the anchorage was not sufficient.

2.1-3 Rein forcing bars and concrete casting of concrete

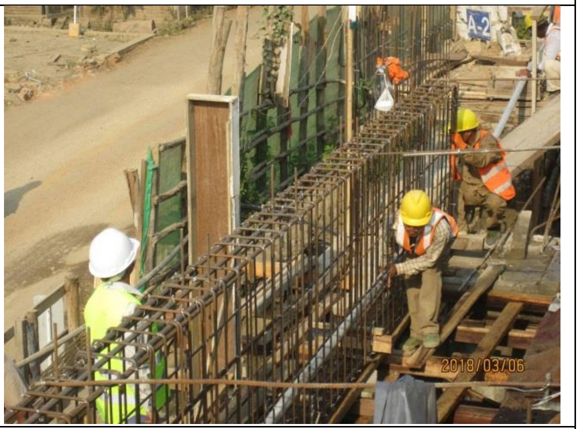
Mixing work was not uniform and insufficient, so the results of slump testing for each batch were so different.

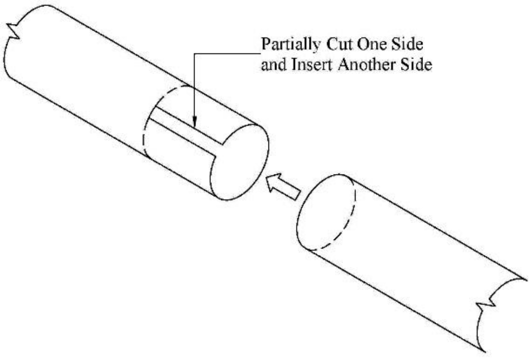
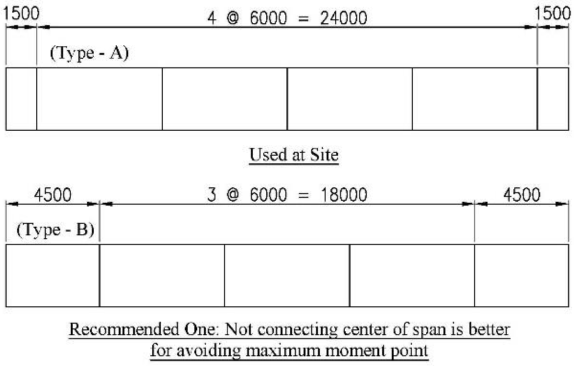
The strength of PC concrete was almost sufficient for design strength.

The setting of rebars for the crossbeam is bad. The connection of rebars for the crossbeam was done by spot welding, and that was the problem.

2.1-4 Others

Scaffolding and stationary were not sufficient with regards to work safety.

<table>
<tr><td> </td><td>
Figure shows placing of PC ducts on the ground that are already installed with PC steel. This situation should be avoided in order to prevent corrosion.</td></tr>
<tr><td>2.1-1 View of the work site</td><td>2.1-2 Storage of ducts and PC steel</td></tr>
<tr><td> </td><td></td></tr>
<tr><td>2.1-3 Setting of rebar and ducts</td><td>2.1-4 Setting of duct</td></tr>
</table>

	
2.1-5 Connection part of ducts	**2.1-6 Connection part of ducts**
	
2.1-7 Division number of ducts shall be odd number	**2.1-8 Checking of duct setting**
	Reinforced bars are not enough around the anchorage. (See in photo)
2.1-9 Spacer for rebar	**2.1-10 Duct and anchorage**

2.1-11 Sealing between duct and anchorage	**2.1-12 End duct at anchorage (after casting concrete)**
2.1-13 End duct at anchorage (before casting concrete)	**2.1-14 Concrete casting (1): Vibration work for bottom of girder was not enough**
2.1-15 Concrete casting (2)	**2.1-16 Curing of concrete**

2.2 Inspection for Tensioning

C/T and JICA engineer visited the site for inspection of tensioning (24th, 25th March 2018).

Prestressing work was controlled by the skilled engineer at the site. There were no severe problems observed, but the following aspects should be improved:

- Design final pressure and elongation were not checked by the site engineer, so feedbacks on some errors on design were not provided.
- Final elongation was calculated using only preliminary force stage and final prestressing stage figures. It will be better to use the plotting method, or μ-method, mentioned in the Manual. Also, the fix side pulling shall be considered.
- Checking of the final pressure and elongation were not clear. Checking of allowable error shall be set and implemented.

<table>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>2.2-1 Pressure gauge</td><td>2.2-2 Anchor head before prestressing</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>2.2-3 Setting of grips (wedge)</td><td>2.2-4 Prestressing</td></tr>
</table>

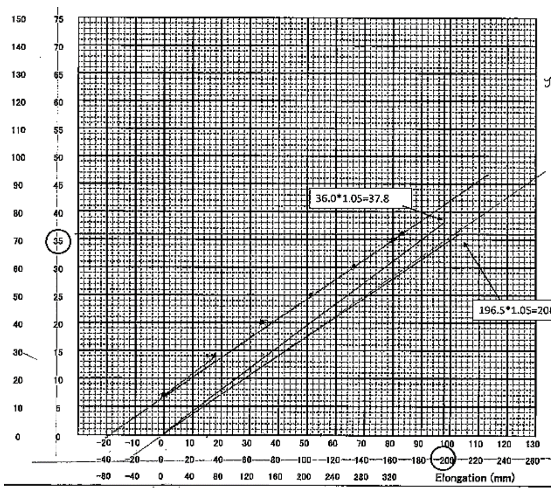
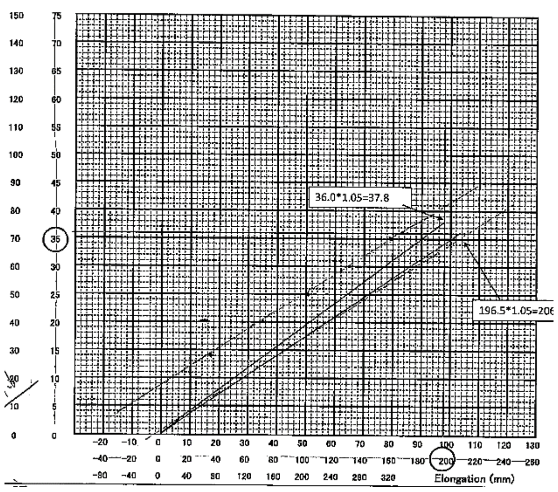
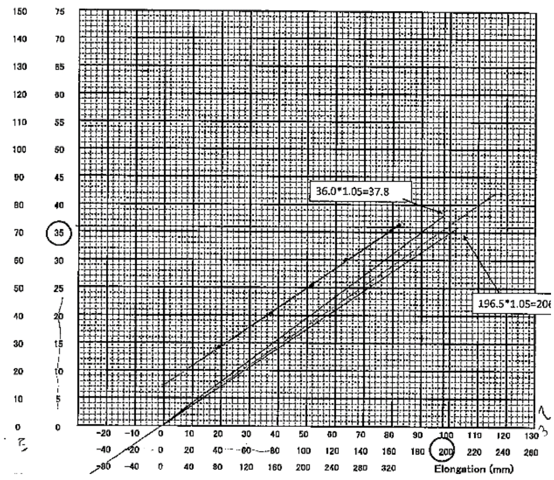
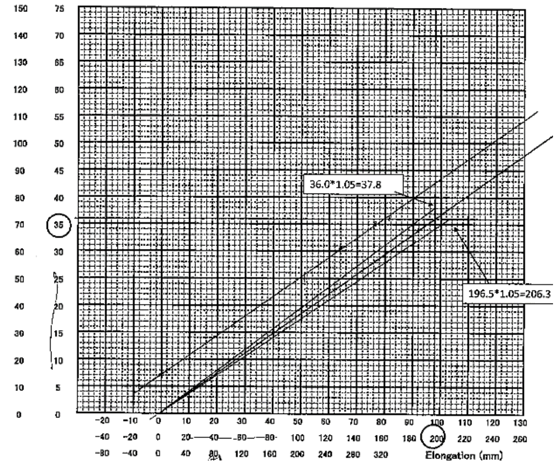
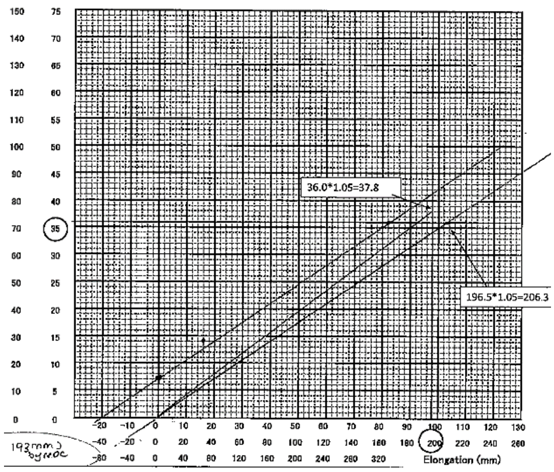
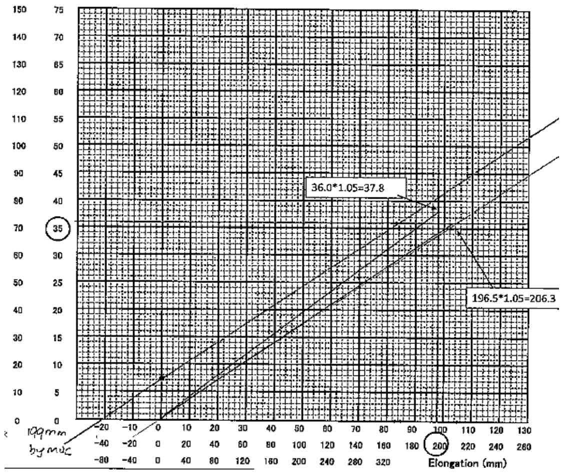
Difference between final elongation values calculated by C/T and the site engineer was 3.0% on the average and 7.5% at maximum.

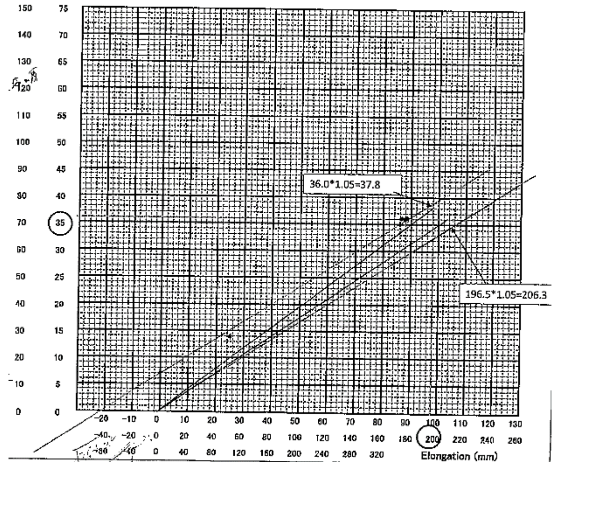
Final elongation value was over the designed elongation value in most cases, and only "Girder 5-Tendon 3" is under the designed elongation. This shall be checked.

7 tendons were sufficient for the allowable error of 5%; 8 tendons were not sufficient for allowable error.

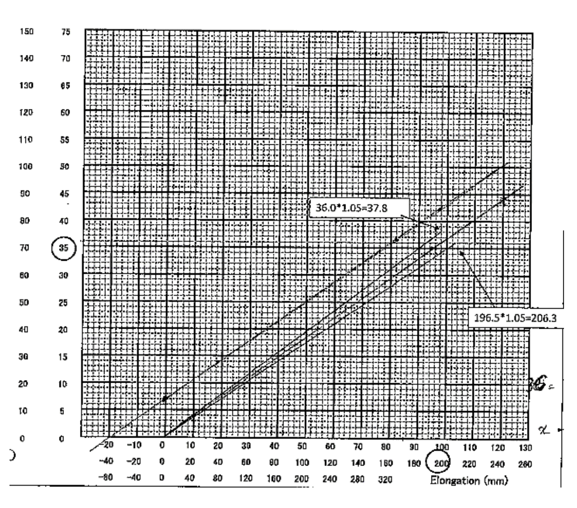
Calculated Gauge Pressure (N/mm2)	**36.0**	**Calculated Elongation (mm)**	**196.5**

	Actual Final Pressure(N/mm2)	**Final Elongation (by C/T)**	**Final Elongation (by Site Engineer)**
Girder 1-Tendon 1	36.5	207	211
Girder 1-Tendon 2	36.5	212	205
Girder 1-Tendon 3	36.5	200	205
Girder 2-Tendon 1	36.0	200	195
Girder 2-Tendon 2	36.0	205	193
Girder 2-Tendon 3	36.0	208	199
Girder 3-Tendon 1	36.0	216	213
Girder 3-Tendon 2	36.5	198	200
Girder 3-Tendon 3	36.5	201	201
Girder 4-Tendon 1	36.0	210	204
Girder 4-Tendon 2	35.0	206	205
Girder 4-Tendon 3	35.5	213	200
Girder 5-Tendon 1	36.0	202	203
Girder 5-Tendon 2	35.5	214	199
Girder 5-Tendon 3	36.5	182	189

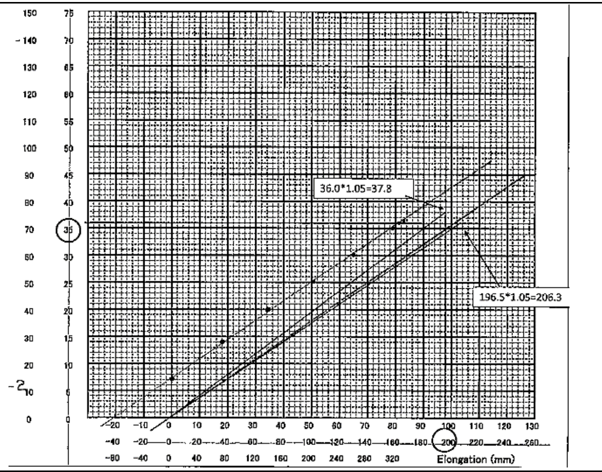
	
Girder 1-Tendon1	**Girder 1-Tendon2**
	
Girder 1-Tendon3	**Girder 2-Tendon1**
	
Girder 2-Tendon2	**Girder 2-Tendon3**



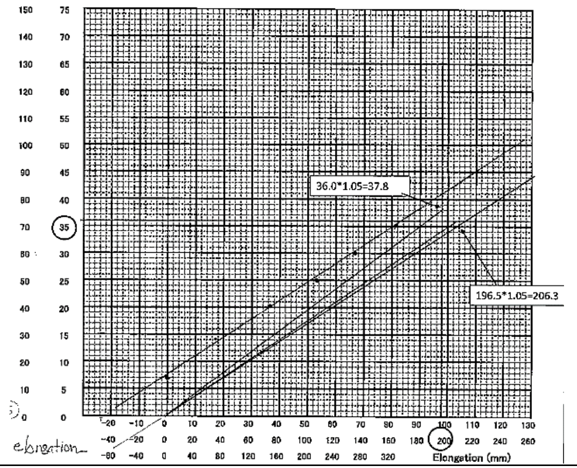
Girder 3-Tendon1



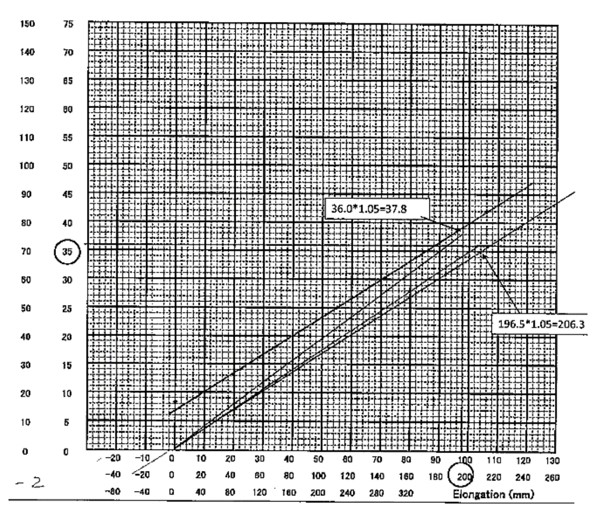
Girder 3-Tendon2



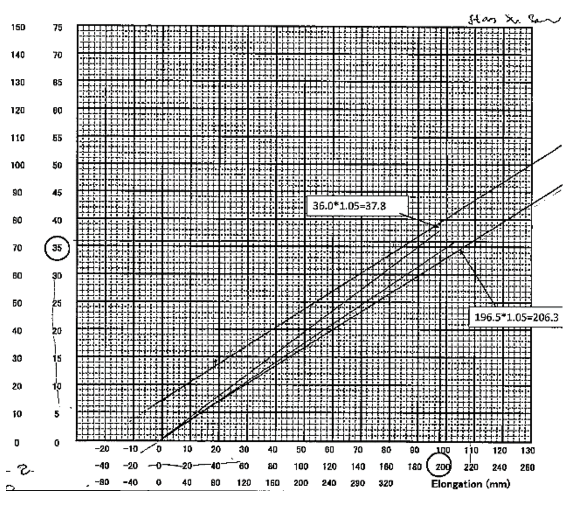
Girder 3-Tendon3



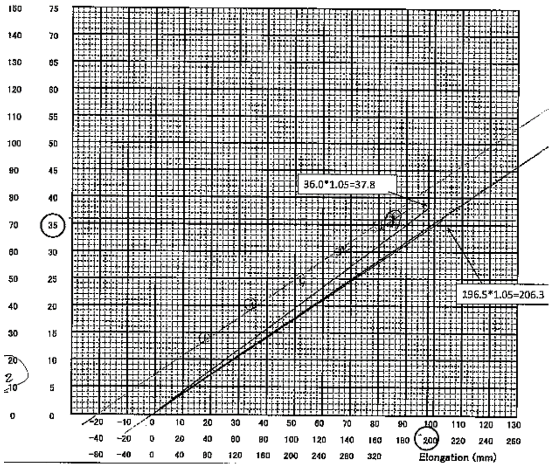
Girder 4-Tendon1



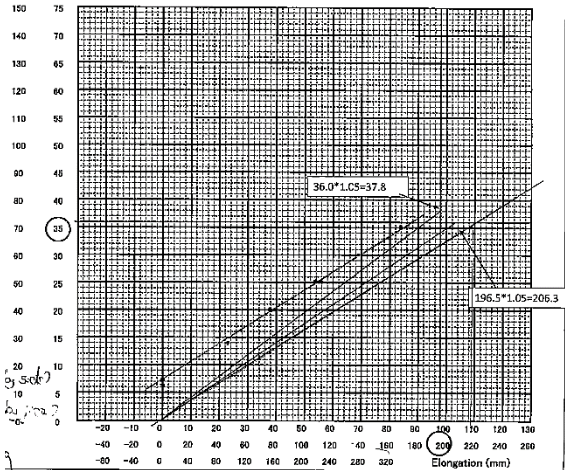
Girder 4-Tendon2



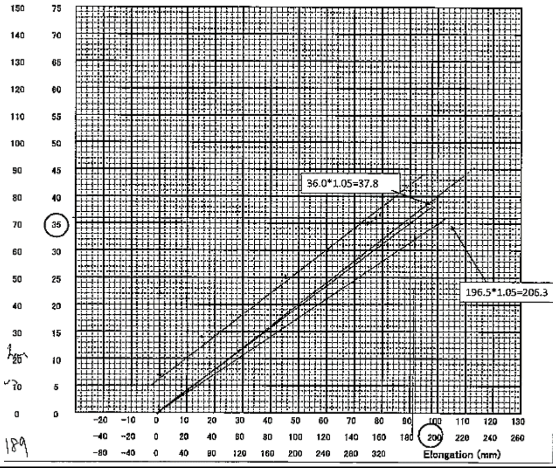
Girder 4-Tendon3



Girder 5-Tendon1



Girder 5-Tendon2



Girder 5-Tendon3

2.3 Inspection for Grouting

C/T and JICA engineer visited the site for inspection of tensioning (26th, 27th March 2018).

In this pilot project, MOC selected Sika Intraplast ZX as grouting admixture based on the result of pretesting. Main targets for the quality control test for grouting are listed below. All of these test items were not sufficient against AASHTO.

- Flow Cone Testing
- Bleed Testing
- Expansion Testing
- Compressive Strength

According to the Sika company test report, each test result was sufficient for AASHTO. But the test result at the site was so different. MOC shall test and study the grouting materials, including those from another company.

		Girder-1	Girder-3	Girder-2 & 4	Girder-5	Test Value
Flow Cone Test Flow time (sec)	Elapsed T(min)					AASHTO
	0	33	34	40	65	9～20
	30	40	37	49	91	<30
Bleeding Test Bleed ratio(%)	Elapsed T(min)					AASHTO
	3.0	0.8	–	–	0.8	0.00%
	10.0					
Expansion Test Expand Ratio(%)	Elapsed T(min)					AASHTO
	3.0	9.2	–	–	8.9	2.00%
	10.0				8.9	
Compressive Strength (N/m^2)	Elapsed T(day)					AASHTO
	7					
	28				4.6~33.7	41Mpa
Chloride ions (%)						
	Average	0.38				0.30kg/m^3

Mixing by hand mixer	**Grout pressing pump (strong type)**
Grouting work	**Outlet of grouting mortal**

2.3-1 Basic physical testing

1. Compressive strength

All results of testing were not sufficient against AASHTO, especially the result on cylinder strength which was so small. These results shall be checked by BRL and Sika company.

2. Total chloride ions

The result was not sufficient for test value.

River water was used for concrete and grout concrete in this site, in which case total chloride ions test shall be implemented before construction in every project.

Testing Report for Grout 1/3 (Basic Physical Properties)

PC 03

Report No.		Date	
Project Name		Name of Project Manager	
Bridge Name		Name of Contructor or Unit No.	
Span No.		Name of Grout Operator	
Place of Test		Batch No.	

Basic data of materials	Name of materials	Type & Bland name	Manufacturer	Date Sheet No by supplier
	Cement			No.
	Admixture			No.
	Premixed One			No.
	Water			No.

Combination	Watet/Cementitious Material ratio (%)	Water (kg)	Cementitious material (kg)		Admixture (kg)		Date
			Cement	Premixed One			
1 m^3	45	587	1305		26.1	**Sika ZX(2%)**	27.02.2018

Mixing	Volume (m^3)	Capacity & form of Mixer	Number of Revolutions (rpm)	Mixing time (min)	Number of Revolutions is required over 1000rpm. The mix time should be generally not more than 4 minutes for a vane mixer.

Compressive Strength (28 days)	No.	Compressive strength (N/mm^2)				Dimnsionsof mortar cube
		24 hrs.	3 days	7 days	28 days	
	Giredr No1	See Another sheet				Diameter (mm) (Cylinder) 50
	Giredr No2					
	Giredr No3					Hight (mm)
	Giredr No4					
	Giredr No5					

Total Chloride Ions (In case of using "Quantab")	No.	Unit value on the numbered scale	Chloride Ions getting from the chart(%)	Chloride Ions(%) Ave		Chloride Ions(kg/m^3)	Test value
							< 0.08% < 0.30kg/m^3
	Ave of 3			0.065	(0.065/100)* 587=	0.38	
					587:Water		

Cube Strength

Sr No	Date (Moulded)	Date (Tested)	Age	Specimen Size			Compressive Strength
				Length	Width	Height	
			(Days)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)
1	25.3.2018	28.3.2018	3	52	50	52	16.325
				52	51	52	20.399
2	25.3.2018	2.4.2018	7	50	50	50	24.151
				50	50	50	20.566
3	25.3.2018	22.4.2018	28	51	51	51	21.325
				51	51	51	33.659

Cylinder Strength

Sr No	Date (Moulded)	Date (Tested)	Age	Specimen Size		Compressive Strength	Remark
				Length	Height		
			(Days)	(mm)	(mm)	(MPa)	
1	25.3.2018	28.3.2018	3	50	105	6.731	
				50	105	6.638	
2	25.3.2018	2.4.2018	7	50	100	6.676	Capping
				50	100	6.558	
3	25.3.2018	22.4.2018	28	50	100	9.68	Capping
				50	100	4.558	Capping

Allowable Compressive strength (28 days) is over 41MPa (cube strength) in AASHTO.

2.3-2 Flow cone Testing

Report No.				Date		25.03.2018	
Project Name				Name of Project Manager		U Kyaw Myo(DD)	
Bridge Name	Taung Bway Bridge			Name of Contructor or Unit No.		9	
Span No.	Girder 1			Name of Grout Operator		U Zaw Myo Thant(SAE)	
Place of Test				Admixture		Sika ZX(2%)	
Flow cone Testing	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (min.)		ASTM C939		JSCE-F531	
				Flow time(sec.)	Test value	Flow time(sec.)	Test value
	8:40	0		33	9~20		
	13:12	15		38			
	9:10	30		40	<30		
	9:25	45			(Remixing 30s)		
		60					

Report No.				Date		25.03.2018	
Project Name				Name of Project Manager		U Kyaw Myo(DD)	
Bridge Name	Taung Bway Bridge			Name of Contructor or Unit No.		9	
Span No.	Girder 3			Name of Grout Operator		U Zaw Myo Thant(SAE)	
Place of Test				Admixture		Sika ZX(2%)	
Flow cone Testing	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (min.)		ASTM C939		JSCE-F531	
				Flow time(sec.)	Test value	Flow time(sec.)	Test value
	7:47	0		34	9~20		
	8:02	15		36			
	8:32	30		37	<30		
		45			(Remixing 30s)		
		60					

Report No.				Date		24.03.2018	
Project Name				Name of Project Manager		U Kyaw Myo(DD)	
Bridge Name	Taung Bway Bridge			Name of Contructor or Unit No.		9	
Span No.	Girder 2 & 4			Name of Grout Operator		U Zaw Myo Thant(SAE)	
Place of Test				Admixture		Sika ZX(2%)	
Flow cone Testing	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (min.)		ASTM C939		JSCE-F531	
				Flow time(sec.)	Test value	Flow time(sec.)	Test value
	9:50	0		40	9~20		
	10:05	15		47			
	10:20	30		49	<30		
		45			(Remixing 30s)		
		60					

Report No.				Date		24.03.2018	
Project Name				Name of Project Manager		U Kyaw Myo(DD)	
Bridge Name	Taung Bway Bridge			Name of Contructor or Unit No.		9	
Span No.	Girder 5			Name of Grout Operator		U Zaw Myo Thant(SAE)	
Place of Test				Admixture		Sika ZX(2%)	
Flow cone Testing	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (min.)		ASTM C939		JSCE-F531	
				Flow time(sec.)	Test value	Flow time(sec.)	Test value
	7:44	0		65	9~20		
	7:59	15					
	8:14	30		91	<30		
		45			(Remixing 30s)		
		60					

2.3-3 Bleeding Test

Girder-1

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Hight of Grout A (ml)	Hight of Surface B (ml)	Bleeding water B-A (ml	Bleeding (B-A)/A0 (%)	Test value
Bleeding Test (Measure by 100ml)	8:45	0.0	A0 1780				
	9:15	0.5	1820	1825	5	0.3	ASTM C940
	9:45	1.0	1865	1880	25	1.4	0.0%(At 3hr)
	10:45	2.0	1950	1965	15	0.8	
	11:45	3.0	1960	1975	15	0.8	JSCE-F535
		5.0					0.0%(Final)
		10.0					
		24.0					

Girder-5

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Hight of Grout A (ml)	Hight of Surface B (ml)	Bleeding water B-A (ml	Bleeding (B-A)/A0 (%)	Test value
Bleeding Test (Measure by 100ml)	7:44	0.0	A0 1800				
	8:14	0.5	1840	1845	5	0.3	ASTM C940
	9:45	1.0	1880	1900	20	1.4	0.0%(At 3hr)
	10:45	2.0	1960	1975	15	0.8	
	11:45	3.0	1960	1960	0	0.8	JSCE-F535
		5.0	1960	1960	0		0.0%(Final)
		10.0	1960				
		24.0					

2.3-4 Expansion Test

Girder-1

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Hight of Grout A (ml)	Amout of change C=Ai-A0 (ml)	Expansion C/A0 (%)		Test value
Expansion Test (Measure by 100ml)	8:45	0.0	A0 1780				
	9:15	0.5	1820	40	2.2		ASTM C940
	9:45	1.0	1865	85	4.8		<2.0%(up to 3hr)
	10:45	2.0	1950	170	8.7		
	11:45	3.0	1960	180	9.2		JSCE-F535
		5.0					±0.5%
		10.0					
		24.0					

Girder-5

	Observed Time (hr.min.)	Elapsed Time (hr.)	Hight of Grout A (ml)	Amout of change C=Ai-A0 (ml)	Expansion C/A0 (%)		Test value
Expansion Test (Measure by 100ml)	8:45	0.0	A0 1800				
	9:15	0.5	1840	40	2.2		ASTM C940
	9:45	1.0	1880	80	4.4		<2.0%(up to 3hr)
	10:45	2.0	1960	160	8.9		
	11:45	3.0	1960	160	8.9		JSCE-F535
		5.0	1960	160	8.9		±0.5%
		10.0	1960	160	8.9		
		24.0					

2.3-5 Volume Checking

Some of the dates were a bit doubtful, but checking of volume by this method is useful for evaluating the grouting work.

Testing Report for Grout 3/3 (Checking of Grouting Volume & Grouting Pressure)

Report No.		Date	
Project Name		Name of Project Manager	
Bridge Name		Name of Contractor or Unit No.	
Span No.		Name of Grout Operator	
Place of Test		Batch No.	

Designed Grouting Pressure	Conversion to Grouting Pump Meter Pressure :	< 2.0 Mp	
	Conversion to Grouting Hose Pressure :	< 0.6 Mp	
	Target Re-pressurize : over Final Grouting Pressure	< 2.0 Mp	
Factor of Tendon	Inner sectional area of Duct (B)	Sectional area of Tendon (C)	(B-C)
	(66~68)*((66~68)*3.1416/4=(3419~3632) mm^2	98.7*12=1184mm^2	(2236~2448)mm^2
Design Grouting Volume (Gd)/1-girder	Gd = ΣLi * (B - C) : liter		
	Li : length of Duct (m) B-C : Empty Area (mm^2)		
	Gd= 27.38*3*(2236~2448)*(10^-6)*(10^3) =**(183.7~201.1) litter**		
Actual Grouting Volume (Ga)	Ga = B/ρ + W (litre) - R : liter		
	B : Weight of Cementitious materials (kg) ρ: Density of Cementitious materials (kg/liter)		
	W : Volume of water (liter) R : Volume of remained mixed grout (liter)		

No. of Duct	Remainning Volume (Liter)				Actual Grouting Volume (Ga) (liter)	Actual Grouting Volume (Liter)
					Ga = B/ρ + W (litre) - R	
					B= 350or 300 (kg) 350:N03 300:Others	
	Outle:12(liter)	1 Gierder				
					ρ= 3.16 (kg/liter)	
	In hopper	Pump & hose	For testing	Total		
Girder No3	16		8	36	B/ρ= 110.8 or 94.9 (liter)	268-36=232
Girder No1	2		8	22		230-22=208
Girder No2&4	3	13		40(20:1Girder)	W= 45% 350or300*0.45=158or135 (liter)	230-20=210
Girder No5	11	13	8	44		230-44=186
					R= Remainning (liter)	
Total					**Ga= 268or230 − R(liter)**	