လမ်းတံတားဆိုင်ရာ နည်းပညာစွမ်းဆောင်ရည် ဖွံ့ဖြိုးတိုးတက်ရေး စီမံကိန်း၊

ပြည်ထောင်စုသမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော်

(၂၀၁၆–၂၀၁၉)

ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦ

အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေးလက်စွဲ

(ပထမအကြိမ်ထုတ်ဝေမှု)

၂၀၁၉ ခုနှစ်၊ ဧပြီလ

ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန၊ ပြည်ထောင်စုသမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော်

ဂျပန်နိုင်ငံ အပြည်ပြည်ဆိုင်ရာ ပူးပေါင်းဆောင်ရွက်ရေး အေဂျင်စီ

အမှာစကား

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

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

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

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

၂၀၁၉ခုနှစ်၊ ဧပြီလ

ဦးဟန်ဇော်

ပြည်ထောင်စုဝန်ကြီး၊ ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန

ပြည်ထောင်စု သမ္မတ မြန်မာနိုင်ငံတော်

နိဒါန်း

နောက်ခံအကြောင်းအရင်း

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

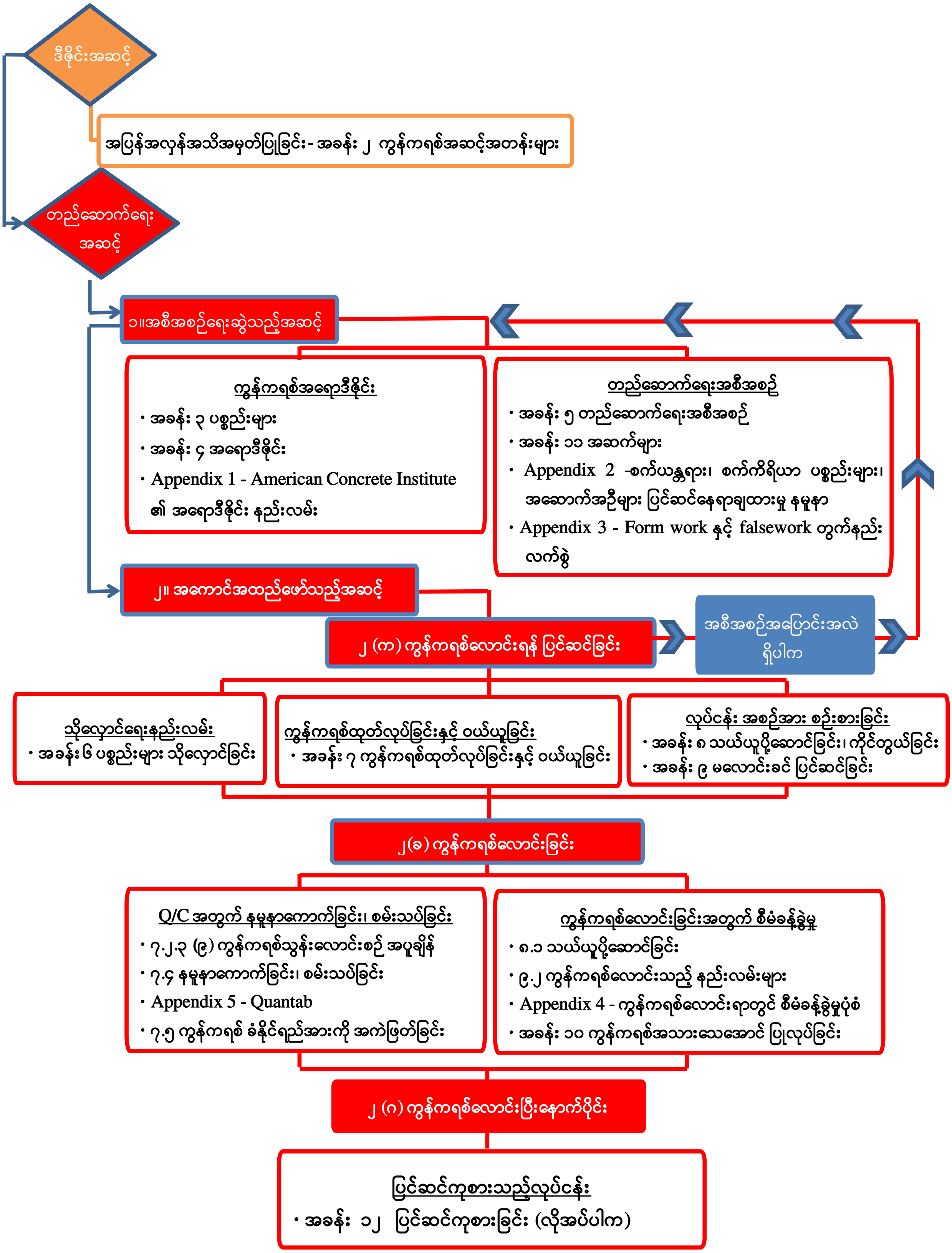
တံတားများနှင့် ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ တည်ဆောက်ရာတွင် အရည်အသွေးနှင့် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး ဆောင်ရွက်ချက်များ တိုးတက်ကောင်းမွန်လာစေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့်၊ ဤစီမံကိန်းကို ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာနမှ ဝန်ထမ်းများနှင့် JICA ကျွမ်းကျင်ပညာရှင်တို့ ပူးပေါင်းကာ ၂၀၁၆ ခုနှစ်မှစတင်၍၊ သုံးနှစ်ကြာ အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ခဲ့ကြပါသည်။ အလုပ်ရုံဆွေးနွေးပွဲများ၊ ညှိနှိုင်းဆွေးနွေးမှုများ အကြိမ်ကြိမ်ပြုလုပ်ပြီးသည့်နောက်၊ ဤစီမံကိန်း၏ အောင်မြင်မှုတစ်ရပ်အဖြစ် တံတားများနှင့် 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)

ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦ အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေး FLOWCHART



ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦ အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေး လက်စွဲ

မာတိကာ

အခန်း ၁. အထွေထွေ 1

အခန်း ၂. ကွန်ကရစ်အဆင့်အတန်းများ 1

အခန်း ၃. ပစ္စည်းများ (MATERIALS) 4

အခန်း ၄. ရောစပ်ပုံအချိုးအစားများ (MIX DESIGN) 10

အခန်း ၅. တည်ဆောက်ရေးအစီအစဉ် (CONSTRUCTION PLAN) 15

အခန်း ၆. ပစ္စည်းများသိုလှောင်ခြင်း 34

အခန်း ၇. ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်ခြင်းနှင့် ဝယ်ယူခြင်း 41

အခန်း ၈. သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း၊ စီမံကိုင်တွယ်ခြင်း 54

အခန်း ၉. ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ ကြိုတင်ပြင်ဆင်ခြင်းနှင့် သွန်းလောင်းသည့် နည်းလမ်း 60

အခန်း ၁၀. ကွန်ကရစ်ကို CURING ပြုလုပ်ခြင်း 75

အခန်း ၁၁. အဆက်များ (JOINTS များ) 81

အခန်း ၁၂. ပြန်လည်ကုစားခြင်းလုပ်ငန်းများ 89

Appendices

Appendix 1 - American Concrete Institute Method of Mix Design (ACI - 211.1) 95

Appendix 2 - Sample of Fixing Layout of the Facilities and Machine & Equipment 103

Appendix 3 - Calculation Manual of Formwork and Falsework 104

Appendix 4 - Management Format of Concrete Pouring 122

Appendix 5 - Quantab 124

Appendix 6 - Checklists 127

ABBREVIATIONS

AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM:	American Society for Testing and Materials
JIS	Japan Industrial Standard
AE:	Air Entrainment
HPC:	High Performance Concrete
ACI:	American Concrete Institute
PH:	Potential of Hydrogen
CJ:	Construction Joint
EJ:	Expansion Joint
PVC:	Poly Vinyl Chloride

အခန်း ၁. အထွေထွေ

မြန်မာနိုင်ငံ၏ တံတားကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများ တိုးတက်ကောင်းမွန်လာစေရန် ရည်ရွယ်၍ ဤအရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေး လက်စွဲစာအုပ်ကို ရေးသားပြုစုထားပါသည်။ သို့သော် ဤစာအုပ်သည် ပဌာမအဆင့် ရေးသားပြုစုမှုသာ ဖြစ်သည့်အတွက် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာနအနေနှင့် နိုင်ငံတွင်းရှိ တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းများ၏ အခြေအနေများအပေါ်မူတည်၍ ပြင်ဆင်ဖြည့်စွက်ခြင်း၊ မွမ်းမံခြင်း များ ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်မည် ဖြစ်ပါသည်။ ဤစာအုပ်ပါ အကြောင်းအရာများသည် အများအားဖြင့် ASTM (American Society for Testing and Materials) နှင့် JIS (Japan Industrial Standard) တို့ကို ကိုးကားရည်ညွှန်းထားသော်လည်း၊ ဆောက်လုပ်ရေး ဝန်ကြီးဌာန အနေဖြင့် လက်ရှိ ကျင့်သုံးလျက် ရှိသော စံသတ်မှတ်ချက်များကို အခြေခံပြီး ပြင်ဆင်ပြောင်းလဲမှုများ ပြုလုပ်နိုင်ပါသည်။

အခန်း ၂. ကွန်ကရစ်အဆင့်အတန်းများ

၂.၁ AASHTO ၏ ကွန်ကရစ်အဆင့်အတန်း သတ်မှတ်ချက်

ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် အဆောက်အဦ အစိတ်အပိုင်း တစ်ခုချင်းစီအတွက် အသုံးပြုမည့် ကွန်ကရစ် အဆင့်အတန်းများကို သတ်မှတ်ဖော်ပြရမည်ဟု AASTHO တွင် ညွှန်ကြားပါရှိပါသည်။ ကွန်ကရစ် အဆင့်အတန်း သတ်မှတ်ဖော်ပြထားခြင်းမရှိလျှင်၊ အင်ဂျင်နီယာက ကွန်ကရစ်အဆင့်ကို သတ်မှတ်ပေး ရမည်ဖြစ်သည်။

၂.၂ ပုံမှန်အလေးချိန် (သိပ်သည်းခြင်း) ရှိ ကွန်ကရစ် (NORMAL-WEIGHT (-DENSITY) CONCRETE)

AASHTO တွင် ပုံမှန်အလေးချိန် (သိပ်သည်းခြင်း) ရှိသည့် ကွန်ကရစ် အဆင့် (၁၀) မျိုး သတ်မှတ် ချက်များအား (ပုံမှန်မဟုတ်သော ဆားငန်ရေထိမည့် ကွန်ကရစ်နှင့်၊ နှင်း၊ ရေခဲဖျော် ဓာတုပစ္စည်းများနှင့် ထိမည့် ကွန်ကရစ်များမပါ) ဇယား ၂-၂-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။ ရေ-ဘိလပ်မြေ အချိုး အမြင့်ဆုံးမှာ ၄၅ ရာခိုင်နှုန်း ဖြစ်ရမည်။ ယခုလက်ရှိတွင် မြန်မာနိုင်ငံ၌ မြန်မာပိုင် ကွန်ကရစ်အဆင့်အတန်း စံသတ်မှတ်ချက်များ မရှိသေးပါ။

ဇယား၂-၂-၁ တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း၊ ကွန်ကရစ် Class B နှင့် Class B (AE) သည် ရောစာအကြီး (coarse aggregate) အရွယ်စုံ (အုပ်စု) နှစ်မျိုးလိုမည် ဖြစ်သည်။

Table 2.2-1 Classification of Normal-Weight Concrete

Class of Concrete	Minimum Cement Content	Maximum Water/ Cementitious Material Ratio	Air Content Range	Size of Coarse Aggregate Per AASHTO M 43 (ASTM D448)	Size Number[a]	Specified Compressive Strength
	lb/yd^3	lb per lb	%	Nominal Size		ksi at days
A	611	0.49	—	1.0 in.to No.4	57	4.0 at 28
A(AE)	611	0.45	6±1.5	1.0 in.to No.4	57	4.0 at 28
B	517	0.58	—	2.0 in.to 1.0 in. and 1.0 in.to No.4	3 57	2.4 at 28
B(AE)	517	0.55	5±1.5	2.0 in.to 1.0 in. and 1.0 in.to No.4	3 57	2.4 at 2p8
C	658	0.49	—	0.5 in.to No.4	7	4.0 at 28
C(AE)	658	0.45	7±1.5	0.5 in.to No.4	7	4.0 at 28
P	564	0.49	—[b]	1.0 in.to No.4 or 0.75 in. to No.4	7 67	≦6.0at[b]
S	658	0.58	—	1.0 in.to No.4	57	—
P(HPC)	—[c]	0.40	—[b]	≦0.75 in	67	＞6.0 at[b]
A(HPC)	—[c]	0.45	—[b]	—[C]	—[C]	≦6.0 at[b]

မှတ်ချက်။

(က) AASHTO M 43 (ASTM D448), Table1-Standard Sizes of Processed Aggregate ပါအတိုင်း

(ခ)ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် သတ်မှတ်ထားချက်အရ

(ဂ)အနိမ့်ဆုံး ပါဝင်ရမည့် ဘိလပ်မြေ ပမာဏနှင့် ရောစာအကြီး အရွယ်ကို စာချုပ်ပါ အခြားအရည်အသွေး သတ်မှတ်ချက်နှင့် ကိုက်ညီစေရန် ရွေးရမည်။

Table 2.2-2 Specification of Aggregates

Size No.	Nominal Size, Sieves with Square Openings	Amounts finer than each laboratory sieve, mass percent passing												
		100mm (4 in)	90mm (3½ in)	75mm (3 in)	63mm (2 ½ in)	50mm (2 in)	37.5mm (1 ½ in)	25.0mm (1 in)	19.0mm (3/4 in)	12.5mm (1/2 in)	9.5mm (3/8 in)	4.75mm (No. 4)	2.36mm (No. 8)	1.18mm (No.16)
1	90 to 37.5 mm (3 ½ to 1 ½ in)	100	90 to 100	-	25 to 60	-	0 to 15	-	0 to 15	-	-	-	-	-
2	63 to 37.5 mm (2 ½ to 1 ½ in)	-	-	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	-	0 to 5	-	-	-	-	-
3	50 to 25.0 mm (2 to 1 in)	-	-	-	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	-	0 to 5	-	-	-	-
357	50 to 4.75 mm (2 in to No. 4)	-	-	-	100	95 to 100	-	35 to 70	-	10 to 30	-	0 to 5	-	-
4	37.5 to 19.0 mm (1 ½ to ¾ in)	-	-	-	-	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	-	0 to 5	-	-	-
467	37.5 to 4.75 mm (1 ½ in to No.4)	-	-	-	-	100	95 to 100	-	35 to 70	-	10 to 30	0 to 5	-	-
5	25.0 to 12.5 mm (1 to ½ in)	-	-	-	-	-	100	90 to 100	20 to 55	0 to 10	0 to 5	-	-	-
56	25.0 to 9.5 mm (1 to 3/8 in)	-	-	-	-	-	100	90 to 100	40 to 85	10 to 40	0 to 15	0 to 5	-	-
57	25.0 to 4.75 mm (1 in. to No.4)	-	-	-	-	-	100	95 to 100	-	25 to 60	-	0 to 10	0 to 5	-
6	19.0 to 9.5 mm (3/4 to 3/8 in)	-	-	-	-	-	-	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	0 to 5	-	-
67	19.0 to 4.75 mm (3/4 in to No. 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 to 100	-	25 to 55	0 to 10	0 to 5	-
7	12.5 to 4.75 mm (1/2 in to No.4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	-
8	9.5 to 2.36 mm (3/8 in to No. 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5

Source: ASTM D448

High Performance Concrete, HPC အတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များသည် Performance ကို အခြေခံ၍ သတ်မှတ်သင့်သည်။ အဖိခံနိုင်ရည်အား (Compressive strength) 6ksi (41.4 MPa) ကျော် ရှိရမည့် Prestressed ကွန်ကရစ် အစိတ်အပိုင်းများအတွက် Class P (HPC) ကို သုံးသင့်သည်။ Compressive strength 10ksi (68.9 MPa) ကျော်ရှိရမည့် ကွန်ကရစ်အတွက်မူ Class P(HPC) ကိုသာ အမြဲတမ်း သုံးသင့်သည်။ Compressive strength အပြင်၊ Performance စံသတ်မှတ်ချက် တစ်ခုခုနှင့်ပါ ပြည့်မီရမည့် နေရာတွင် သွန်းလောင်းသည့် cast-in-place ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများ အတွက် ဆိုလျှင် Class A(HPC) ကို သုံးသင့်သည်။ အခြားအရည်အသွေး သတ်မှတ်ချက်များတွင် ကျုံ့ခြင်း (shrinkage)၊ ကလိုရိုက်ဒ် အရည်စိမ့်ခြင်း (chloride permeability)၊ ရေခဲခြင်း-ပျော်ခြင်းဒဏ် ခံနိုင်ရည် (freeze-thaw resistance)၊ ရေခဲပျော်အောင် လုပ်သည့် ဆား ချေးကပ်ဒဏ် ခံနိုင်ရည် (deicer scaling resistance)၊ ပွန်းပဲ့ခံနိုင်ရည် (abrasion resistance)၊ ဓာတ်ပြုရာမှ ထွက်သည့်အပူ (heat of hydration) တို့ ပါဝင်သည်။

Class P (HPC) နှင့် Class A (HPC) နှစ်ခုစလုံးတွင် အနိမ့်ဆုံးပါဝင်ရမည့် ဘိလပ်မြေပမာဏမှာ ကွန်ကရစ်၏ အရည်အသွေး လိုအပ်ချက်၊ သတ်မှတ်ချက်များကို အခြေခံပြီး၊ ကွန်ကရစ်စက်ရုံ (ထုတ်လုပ်သူ) က ဆုံးဖြတ်သင့်သည့်အတွက် ဇယားတွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားခြင်းမရှိပါ။ ရေ-ဘိလပ်မြေ အမြင့်ဆုံး အချိုးကိုမူ သတ်မှတ်ပေးထားသည်- Class P အတွက် ၀.၄၉၊ Class P(HPC) အတွက် ပိုနိမ့်သည့် ၀.၄၊ Class A(HPC) နှင့် Class A(AE) တို့အတွက်မှာ အတူတူ ၀.၄၅ ဖြစ်သည်။ Class P(HPC) ကွန်ကရစ်တွင် ရေ‌ာစာကြီး (coarse aggregate) အရွယ်သည် ၀.၇၅ လက်မထက် ကြီးပါက လိုအပ်သည့် မြင့်မားသော compressive strength ကို ရရန် ခက်ခဲသည့်အတွက် ဤကွန်ကရစ်အဆင့်တွင် ရောစာကြီး အကြီးဆုံးအရွယ်ကို ၀.၇၅ လက်မနှင့်အောက်ဟု သတ်မှတ်ထားပါသည်။ Class A(HPC) အတွက်မူ ကွန်ကရစ် အရည်အသွေး လိုအပ်ချက်အပေါ် အခြေခံပြီး၊ ကွန်ကရစ်စက်ရုံ (ထုတ်လုပ်သူ) က အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်ကို ရွေးချယ်သင့်သည်။ Class A (HPC) နှင့် Class P (HPC) အတွက် လေပါဝင်မှုကို စမ်းသပ်မှုများပြုလုပ်၍ ဆုံးဖြတ်သင့်ပြီး၊ အနိမ့်ဆုံး လေပါဝင်မှု ၂ ရာခိုင်နှုန်း ထားရှိရန် အကြံပြုပါသည်။

Compressive strength 6.0 ksi (41.4 MPa) ကျော် ရှိရမည့် ကွန်ကရစ်များအတွက် ၂၈ရက်သား ကွန်ကရစ်၏ Compressive strength တန်ဖိုးကို ယူရန် မသင့်လျော်နိုင်ပါ။

အခန်း ၃.   ပစ္စည်းများ (MATERIALS)

၃.၁ ဘိလပ်မြေများ

Portland ဘိလပ်မြေသည် AASHTO M85 (ASTM C150) ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည် ဖြစ်ပြီး၊ blended hydraulic cement ဆိုလျှင် AASHTO M240 (ASTM C595) သို့မဟုတ် (ASTM C1157) နှင့် ကိုက်ညီရမည်။

Class P(HPC) နှင့် Class A(HPC) ကွန်ကရစ်တို့နှင့် ကန်ထရိုက်စာချုပ်များတွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားသည့် ကွန်ကရစ်များအတွက်မှလွဲလျှင် Type I, II, III Portland ဘိလပ်မြေ၊ တမင်လေခိုအောင်းစေသော Type IA, IIA, III Portland ဘိလပ်မြေ (air entrained portland cement) နှင့် Type IP, IS blended hydraulic ဘိလပ်မြေတို့ကိုသာ သုံးရမည်။ Type IA, IIA, IIIA Portland ဘိလပ်မြေများကို လေခိုအောင်းစေရန် လိုအပ်သည့် ကွန်ကရစ်အပိုင်းများအတွက်သာ သုံးနိုင်သည်။

ကန်ထရိုက်စာချုပ်ထဲတွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားသည့်အခါ သို့မဟုတ် အယ်လ်ကာလီ-ဆီလီကာ ဓာတ်ပြုမှု အကန့်အသတ်ရှိသည့် ရောစာများသုံးရန် အင်ဂျင်နီယာက သတ်မှတ်ညွှန်ကြားသည့်အခါ AASHTO M 85(ASTM C150) ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီသည့် အယ်လ်ကာလီနိမ့်သည့် ဘိလပ်မြေများကို သုံးရမည်။

လေခိုအောင်းစေသော ဘိလပ်မြေကိုသုံးရသည့် နေရာများတွင် အလွန်အမင်း လေခိုခြင်းကို လျှော့ချရန် ဘိလပ်မြေများ ရောနှောသုံးသည့် အခါမျိုးနှင့် ခွင့်ပြုထားသည့် အခြေအနေမျိုးတို့မှအပ၊ အဆောက်အဦ၏ လူမြင်ကွင်း အစိတ်အပိုင်းများအတွက် အသုံးပြုသည့် ဘိလပ်မြေမှာ မည်သည့် အမှတ်တံဆိပ်၊ အမျိုးအစားမဆို စက်ရုံတစ်ရုံတည်းကထွက်သည့် ဘိလပ်မြေသာ ဖြစ်ရမည်။

Class P (HPC) နှင့် Class A (HPC) ကွန်ကရစ်များအတွက်၊ ဘိလပ်မြေနှင့် အရောဓာတုပစ္စည်း (admixture) များ အပ်စပ်ခြင်း ရှိ၊ မရှိ သေချာစေရန် အသုံးပြုမည့် ပါဝင်ပစ္စည်းများအားလုံးနှင့် ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ အစမ်းရောစပ်မှုများ ပြုလုပ်ရမည်။ ဘိလပ်မြေ စက်ရုံ၊ အမှတ်တံဆိပ်၊ အမျိုးအစား ပြောင်းလဲသည့် အခါတိုင်း အစမ်းရောစပ်မှု ထပ်မံမပြုလုပ်ဘဲ ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း မပြုရပါ ။

AASHTO M85 က သတ်မှတ်ထားသော ဘိလပ်မြေအမျိုးအစား (၉) မျိုးကို ဇယား ၃.၁-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 3.1-1 Types of cement are categorized in AASHTO M85

Type	For use
Type I	အခြားအမျိုးအစားများ၏ အထူးဂုဏ်သတ္တိများကို မလိုအပ်သည့်အခါ၌ သုံးသည်။
Type IA	Type I လိုအပ်ချက်များအပြင်၊ လေခိုအောင်းစေမှု လိုအပ်သည့်အခါ၌ သုံးသည်။
Type II	ယေဘုယျအားဖြင့် သုံးသည်။ အထူးသဖြင့် ဆာလဖိတ် ဆားဒဏ်ခံနိုင်ရည် အတန်အသင့် လိုအပ်သည့်အခါ၌ သုံးသည်။
Type IIA	Type II လိုအပ်ချက်များအပြင်၊ လေခိုအောင်းစေမှု လိုအပ်သည့်အခါ၌ သုံးသည်။
Type II(MH)	ယေဘုယျအားဖြင့် သုံးသည်။ အထူးသဖြင့် ဓာတ်ပြုအပူဒဏ်နှင့် ဆာလဖိတ်ဆားဒဏ် အတော်အသင့် ခံနိုင်ရည်ကို လိုအပ်သည့်အခါ၌ သုံးသည်။
Type II(MH)A	Type II(MH) လိုအပ်ချက်များအပြင်၊ လေခိုအောင်းစေမှု လိုအပ်သည့်အခါ၌ သုံးသည်။
Type III	မြင့်မားသော ခံနိုင်ရည်ကို ဆောလျင်စွာ (high early strength) ရရှိရန် လိုအပ်သည့်အခါ၌ သုံးသည်။ Type IIIA"Air-entraining cement: Type III လိုအပ်ချက်များအပြင်၊ လေခိုအောင်းစေမှု လိုအပ်သည့်အခါ၌ သုံးသည်။
Type IV	ဓာတ်ပြုမှုမှ ထွက်သည့်အပူဓာတ် နည်းစေချင်သည့်အခါ၌ သုံးသည်။
Type V	ဆာလဖိတ်ဆားဒဏ် ခံနိုင်ရည်မြင့်မားမှုကို လိုချင်သည့်အခါ၌ သုံးသည်။

မှတ်ချက် ၁။ တချို့ဘိလပ်မြေများကို ဥပမာType I/II ဟူ၍ သုံး၍ရသည့်အမျိုးအစားများကို ပေါင်း၍ ဖော်ပြကြသည် (ဘိလပ်မြေသည် သတ်မှတ်အမျိုးအစားများ (Types) ၏ လိုအပ်ချက်များနှင့်လည်း ကိုက်ညီပြီး အမျိုးအစား နှစ်ခုစလုံးအတွက် အသုံးပြုရန် သင့်လျော်သည်ဟု ဖော်ပြလျက်) ။

ASTM C1157 သည် ဘိလပ်မြေ၏ ပါဝင်ဓာတုပစ္စည်းများဆိုင်ရာ ကန့်သတ်ချက်များ မလိုအပ်သည့်၊ ကွန်ကရစ်၏အရည်အသွေးဆိုင်ရာ စံသတ်မှတ်ချက် (performance criteria) တစ်ခု ဖြစ်သည်။ AASHTO M85 (ASTM C150) နှင့် AASHTO M240 (ASTM C595) နှင့် မကိုက်ညီသည့် ဘိလပ်မြေအတွက် ASTM C1157 ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

၃.၂ ရေ

ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရန်နှင့် ကွန်ကရစ်အသားသေစေရန် (Curing) အတွက် အသုံးပြုသောရေသည် သန့်ရှင်းပြီး၊ ဆီ၊ ဆားဓာတ်၊ အက်ဆစ်၊ အယ်လကာလီ၊ သကြားဓာတ်၊ သစ်ရွက်သစ်ပင်များနှင့် အခြား ထိခိုက်စေတတ်သော ပစ္စည်းများ ကင်းစင်ကြောင်း အတည်ပြုထားသည့် ရေဖြစ်ရမည်။ AASHTO T26 ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့်အညီ စမ်းသပ်စစ်ဆေးပြီး၊ ထိုသတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီသည့် ရေဖြစ်ရမည်။ သောက်သုံးနိုင်သည့်ရေ အဆင့်ဖြစ်ပါက စမ်းသပ်မှုမပြုလုပ်ဘဲ အသုံးပြုနိုင်သည်။ ရေရယူသည့် အရင်းအမြစ် နေရာသည် တိမ်ပါက ရေဝင်ပေါက်နေရာ၊ ရေရယူသည့်နေရာကို ရွှံ့၊ နုန်း၊ မြက်နှင့် တခြားပစ္စည်းများ မဝင်စေရန် ဖုံးအုပ်ကာရံ ထားရမည်။

သံချောင်းထည့်သွင်းမြှုပ်နှံမည့် ကွန်ကရစ်ကို ဖျော်စပ်မည့်ရေမှာ ကလိုရိုဒ် အိုင်ယွန်ပါဝင်မှု ၁၀၀၀ ppm ထက်၊ ဆာလဖိတ် (SO4) ပါဝင်မှု ၁၃၀၀ ppm ထက် ကျော်လွန်၍ မရပါ။ ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရာတွင် အသုံးပြုမည့်၊ သောက်သုံးနိုင်သည့် ရေမဟုတ်သော အခြားရေများအတွက် JIS A 5308 ၏စံသတ်မှတ်ချက်များကို ဇယား ၃.၂-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 3.2-1 Specified Quality of Water other than Tap Water

Items	Specified Value
Suspended solid	Less than 2 g/l
Chloride ion	Less than 200 ppm
Difference of time of setting for cement	Less than 30minutes for initial setting, less than 60minutes for final setting
Ratio of compressive strength of mortar	More than 90% at age 7days and age 28days

ပင်လယ်ရေသည် အယ်လ်ကာလီနှင့် ရောစာများ၏ ဓာတ်ပြုမှုကို မြန်စေခြင်း၊ ကွန်ကရစ်၏ ရေရှည်ခံနိုင်ရည်အားတိုးတက်မှုကို လျော့နည်းစေခြင်းနှင့် ကြာရှည်ခံမှုကို လျော့နည်းစေခြင်း တို့ကြောင့် plain concrete ဆိုလျှင်ပင် ပင်လယ်ရေကို အသုံးမပြုစေလိုပါ။

၃.၃ ရောစာအသေး (FINE AGGREGATE)

ဂျပန်တွင် ၅မီလီမီတာ ဆန်ခါအောက်ကျသည့် ရောစာများ ၈၅% (အလေးချိန်အားဖြင့်) နှင့်အထက် ပါဝင်သည့် ရောစာကို ရောစာအသေး (Fine Aggregate) ဟု သတ်မှတ်သည်။ ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မည့် ရောစာအသေး(Fine Aggregate) များသည် AASHTO M6 ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

၃.၄ ရောစာအကြီး (COARSE AGGREGATE)

ဂျပန်တွင် ၅မီလီမီတာ ဆန်ခါထက် ကြီးသည့် ရောစာများ ၈၅% (အလေးချိန်အားဖြင့်) နှင့်အထက် ပါဝင်သည့် ရောစာကို ရောစာအကြီး (Coarse Aggregate) ဟုသတ်မှတ်သည်။ ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မည့် ရောစာအကြီး (Coarse Aggregate) များသည် AASHTO M80 ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

၃.၅ ရေပါဝင်မှုအခြေအနေများ

Aggregate ၌ ရေပါဝင်မှုအခြေပြပုံကို ပုံ ၃.၅-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။ မဖျော်စပ်မီ ရောစာ၏ ရေပါဝင်မှု အခြေအနေမှာ ‘မျက်နှာပြင်ခြောက်သွေ့သည့်အခြေအနေ’ ‘surface dry state’ ဖြစ်ရမည်။ စိုထိုင်းနေသည့် အခြေအနေရှိသည့် ရောစာကိုသုံးပါက ၎င်း၏မျက်နှာပြင်ရှိ ရေပမာဏကို ရေထုထည်အဖြစ် ထည့်သွင်း တွက်ချက်ရမည်။

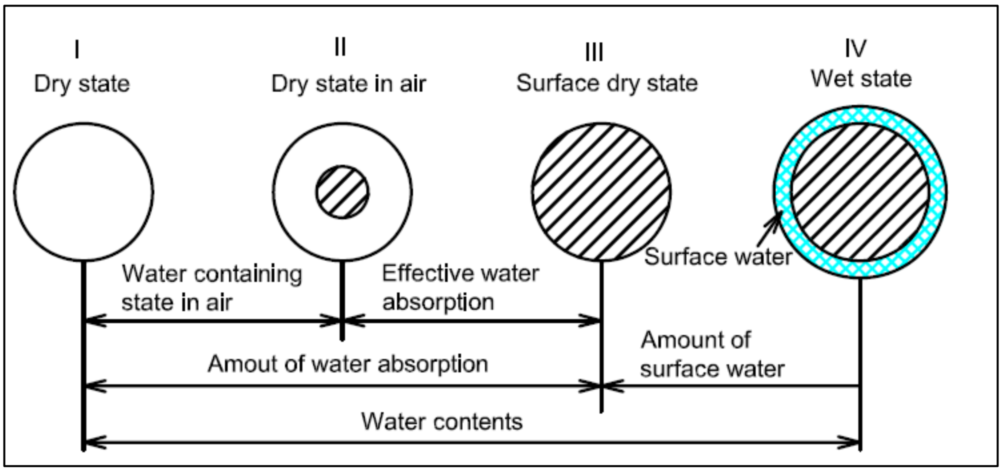


Figure 3.5-1 Water-containing State of Aggregate

ပုံပါ ရေပါဝင်မှုပမာဏတစ်ခုချင်းစီကို အောက်ပါအတိုင်းတွက်ချက်ဖော်ပြနိုင်သည်။

- Water absorption ratio (%) $= \frac{Amout\ of\ water\ absorption}{The\ mass\ of\ dry\ state} \times 100$
- Water contents ratio (%) $= \frac{Water\ contents}{The\ mass\ of\ dry\ state} \times 100$
- Effective water absorption ratio (%) $= \frac{Effective\ water\ absorption}{The\ mass\ of\ dry\ state} \times 100$
- Surface water ratio (%) $= \frac{Amount\ of\ surfacewater}{The\ mass\ of\ surface\ dry\ state} \times 100$

၃.၆ လေခိုအောင်းစေရန်သုံးသော ADMIXTURES များနှင့် CHEMICAL ADMIXTURES များ

လေခိုအောင်းစေရန်သုံးသော Admixtures များသည် AASHTO M 154 (ASTM C260) ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။ ဓာတုAdmixtures များသည် AASHTO M 194 (ASTM 494/C494M) ၏ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။ စံသတ်မှတ်ချက် (Specification) ၌ အမျိုးအစား သတ်မှတ်ဖော်ပြထားခြင်း မရှိပါက Type A, Type B, Type D, Type F, သို့မဟုတ် Type G တို့ကိုသာ သုံးရမည်။ ကလိုရိုက်အိုင်ယွန် (Cl) ၁ ရာခိုင်နှုန်း (အလေးချိန်အားဖြင့်) ကျော် ပါဝင်သော Admixtures များကို သံကူကွန်ကရစ်တွင် မသုံးရပါ၊ Prestressed ကွန်ကရစ် အတွက်မူ ကလိုရိုက်အိုင်ယွန် ၀.၁ ရာခိုင်နှုန်းကျော် ပါဝင်ပါက သုံး၍မရပါ။

လုပ်ငန်းခွင်သို့ Admixture တင်ပို့သည့်အခါက်တိုင်း Admixture ထုတ်လုပ်သည့်ကုမ္ပဏီမှ လက်မှတ်ရေးထိုးထားသော Compliance Certificate ကို ထည့်သွင်းပေးရမည်။ အဆိုပါ Certificate သည် အသိအမှတ်ပြု ဓာတ်ခွဲခန်းများတွင် စမ်းသပ်ထားသော ရလဒ်များကို အခြေခံရမည် ဖြစ်ပြီး၊ ၎င်း၏ Admixture သည် အထက်ဖော်ပြပါ Specification များကို ပြည့်မီကြောင်း ထောက်ခံရမည်။

Admixture တစ်မျိုးထက်ပို၍သုံးပါက၊ ၎င်း Admixture များ အချင်းချင်း တွဲဖက်သုံး၍ရကြောင်း ဖော်ပြသည့် စာရွက်စာတမ်းများ၊ လိုအပ်သည့် အကျိုးသက်ရောက်မှုကို ရရှိရန် သုံးစွဲရမည့် နည်းလမ်း၊ အစီအစဉ်နှင့် ပတ်သက်သည့် စာရွက်စာတမ်းများကို လုပ်ငန်းခွင်တိုင်း၌ ထားရှိရမည်။

လေခိုအောင်းစေသောAdmixtures များ၊ Chemical Admixtures များကို ကွန်ကရစ်အရောထဲသို့ အရည်ပုံစံဖြင့် ထည့်ရမည်။

Chemical Admixtures များမှာ အောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်သည်။

- Type A – ရေလျှော့ချသော အမျိုးအစား
- Type B – ဓာတ်ပြုမှု နှေးစေသော အမျိုးအစား
- Type D – ရေလျှော့ချပြီး ဓာတ်ပြုမှုနှေးစေသော အမျိုးအစား
- Type F – ရေလျှော့ချပြီး၊ အင်အားမြင့်မားစွာ တိုးစေသော အမျိုးအစား
- Type G – ရေလျှော့ချပြီး၊ အင်အားမြင့်မားစွာ တိုးစေသော၊ ဓာတ်ပြုမှုနှေးစေသော အမျိုးအစား

၃.၇ MINERAL ADMIXTURES

ကွန်ကရစ်တွင် သုံးမည့် Mineral Admixtures များသည် အောက်ပါသတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

- Fly ash pozzolans များနှင့် calcined natural pozzolans – AASHTO M295 (ASTM C618)
- Ground granulated blast-furnace slag – AASHTO M 302 (ASTM C989)
- Silica fume-AASHTO M307 (ASTM C1240)

မီးခိုးထွက်ရှိမှုထိန်းချုပ်ရန် ထုံးကျောက်ဖြည့်သွင်းသည့် နည်းလမ်းကို သုံးသည့် စက်ရုံများ၊ ၊ soda ash ကဲ့သို့သော ဆိုဒီယမ်၊ အမိုနီယမ်၊ ဆာလ်ဖာ ဒြပ်ပေါင်းများကို သုံးသည့် စက်ရုံများမှ ထုတ်လုပ်သည့် Fly ash များကို ကွန်ကရစ်တွင် အသုံးမပြုသင့်ပါ။

အထက်ပါ စံသတ်မှတ်ချက်များနှင့် ပြည့်မီသည့် Mineral admixture မှန်ကန်ကြောင်း ထုတ်လုပ်သူမှ လက်မှတ် ရေးထိုးထားပြီး၊ ဓာတ်ခွဲခန်းရလဒ်များကို အခြေခံထားသည့် အရည်အသွေးသက်သေခံ လက်မှတ်ကို လုပ်ငန်းခွင်သို့ admixture တင်ပို့သည့် အခေါက်တိုင်း တင်သွင်းရမည်။

အထက်တွင် ဖော်ပြမထားသော special material များ ကွန်ကရစ်အရောဒီဇိုင်းတွင် ပါလာသည့်အခါ၊ ကန်ထရိုက်စာချုပ်ထဲတွင် သတ်မှတ်ထားသော နည်းလမ်းများဖြင့် ထို material ၏ ဂုဏ်သတ္တိများကို ဆုံးဖြတ်မည်။

Class P (HPC) နှင့် Class A (HPC) ကွန်ကရစ်တို့တွင် သက်တမ်း ပိုမိုတာရှည်ခံစေရန်အတွက် pozzoloans (Fly ash, silica fumes) များနှင့် ချော်မှုန့် (slag) များကို ထည့်သွင်းဖျော်စပ်ကြသည်။

အခြား material သုံးရန် သင့်လျော်သည့် အခါမျိုးလည်း ရှိနိုင်သည်။ ဥပမာ-အလွန်မြင့်မားသော ကွန်ကရစ် strength ကို လိုချင်သည့်အခါ အောက်ပါ material များ သုံးကြသည်။

- Silica fume
- Portland နှင့် blended hydraulic portland ဘိလပ်မြေ မဟုတ်သော အခြား ဘိလပ်မြေများ
- High early strength အတွက် ထုတ်သည့် ဘိလပ်မြေများ
- Ground granulated blast-furnace slag နှင့်
- ဘိလပ်မြေဂုဏ်သတ္တိရှိသော အခြား materials များ နှင့်/သို့မဟုတ် ပိုဇိုလန်ဂုဏ်သတ္တိရှိသော အခြား materials များ

အခန်း ၄.   ရောစပ်ပုံအမျိုးအစားများ (MIX DESIGN)

၄.၁ တာဝန်နှင့် သတ်မှတ်ချက်များ (RESPONSIBILITY AND CRITERIA)

လုပ်ငန်းခွင်နေရာ (Site) သည် အဆောက်အဦတွင် သုံးမည့် Concrete mixes များ အားလုံး ပြုလုပ်နိုင်ရန် ဒီဇိုင်းတွက်ချက်ထားရမည် ဖြစ်သည်။ ရွေးချယ်ထားသော Concrete mix အမျိုးများ သည် ရည်ရွယ်သည့် လုပ်ငန်းများအားလုံးအတွက် လုံလောက်သည့် Workability နှင့် Finishability ရှိရမည်ဟု ASSTHO တွင် ပါရှိသည်။ ထို့ပြင် ဇယား ၂.၂–၁ နှင့် ဤအပိုင်းတွင် ဖော်ပြထားသော လိုအပ်ချက်များ အားလုံးတို့နှင့် ကိုက်ညီရမည်ဖြစ်သည်။

Normal weight (density) ကွန်ကရစ်အတွက် mix အမျိုးကို ရွေးချယ်ရာတွင် American Concrete Institute Publication 211.1 စသည်တို့တွင် ဖော်ပြထားသော Absolute Volume Method ကို အသုံးပြုရမည်။ Fly ash ပါဝင်သော Class P (HPC) အတွက်မူ American Concrete Institute Publication 211.4 တွင် ဖော်ပြထားသော နည်းလမ်းတစ်ခုကို ရွေးချယ်ရမည်။

လုပ်ငန်းလုပ်ကိုင်နေစဉ် အတွင်း fresh concrete နှင့် hardened concrete တို့အတွက် သတ်မှတ်ထားသည့် ဂုဏ်သတ္တိများနှင့် ကိုက်ညီရန် လိုအပ်ပါက mix design ကို ပြုပြင်ရမည်။ Class P (HPC) နှင့် Class A (HPC) တွင်မူ၊ ပြင်လိုက်သည့် mix design အသစ်နှင့် ဖျော်စပ်သည့် ကွန်ကရစ်သည် လိုအပ်သည့် သတ်မှတ်ဂုဏ်သတ္တိများနှင့် ကိုက်ညီကြောင်း သက်သေပြနိုင်သည့် trial batch များ ပြုလုပ်ပြီးမှသာလျှင် mix design ပြုပြင်ခြင်းကို လက်ခံရမည်။

Normal weight (density) ကွန်ကရစ်အတွက် mix design ကို American Concrete Institute (ACI) Publication 211.1, 1991တွင်ဖော်ပြထားပြီး၊ Lightweight (Low density) အတွက် Mix design ကို ACI Publication 211.2, 1998 တွင်ဖော်ပြထားသည်။

Fly ash ပါသော Class P (HPC) အတွက် ACI Publication 211.4, 1993 တွင်ဖော်ပြထားသော နည်းလမ်းကိုသုံးရမည်။ Class P (HPC) နှင့် Class A (HPC) တွင်မူ၊ Compressive Strength အပြင် အခြားသော ကွန်ကရစ်ဂုဏ်သတ္တိများသည်လည်း အရေးကြီးသည့်အတွက်၊ Mix design ကို Compressive Strength တစ်ခုတည်းသာမက အခြားလိုအပ်သည့်ဂုဏ်သတ္တိများကိုပါ အခြေခံ၍ တွက်ချက်ရမည်။

၄.၂ အစမ်းရောစပ်မှုများ (TRIAL BATCH TESTS)

အဆိုပြုသည့် mix design အတွက် အစမ်းရောစပ်မှု (trial mix) များ ပြုလုပ်ပြီး၊ ဓာတ်ခွဲခန်း စမ်းသပ်မှုများဖြင့် mix design performance ကို ဆုံးဖြတ်အတည်ပြုရမည်။ အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေးဌာနခွဲ (တံတားဦးစီးဌာန၊ DOB) သို့မဟုတ် လမ်းသုတေသန ဖွံ့ဖြိုးတိုးတက်ရေးဌာနခွဲ (RRDS)၊ သို့မဟုတ်ပါက precast element ထုတ်လုပ်သူမှ တာဝန်ခံအင်ဂျင်နီယာထံသို့ အဆိုပြု mix design တင်ပြချိန်တွင် ထိုစမ်းသပ်မှုရလဒ်များကိုပါ ပြသရမည်။ Trial batch များမှ ရရှိသည့် strength အစရှိသည့် ကွန်ကရစ်၏ သတ်မှတ်ဂုဏ်သတ္တိများ၏ ပျမ်းမျှတန်ဖိုးများသည် ဒီဇိုင်းတန်ဖိုးထက် အတိုင်းအတာတစ်ခုအထိ (variability ပေါ်မူတည်ပြီး) ကျော်လွန်ရမည်။ Concrete mix အမျိုးအစားများ ရွေးချယ်ရာတွင် အခြေခံအဖြစ်သုံးသည့် ပျမ်းမျှ အဖိခံနိုင်ရည်အား (Compressive Strength) ကိုမူ AASHTO M 241 (ASTM C 685/C 685 M) နှင့်အညီ ဆုံးဖြတ်ရမည်။

၄.၃ အတည်ပြုခြင်း

Mix design များအားလုံးနှင့် ယင်းနှင့် ပူးတွဲပါပြင်ဆင်ချက်များ အားလုံးကို လုပ်ငန်းခွင် တွင် အသုံးမပြုခင် အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေး အင်ဂျင်နီယာ (Quality Control Engineer) က အတည်ပြုရမည်။ လုပ်ငန်းခွင် ၏ Quality Control Engineer ဆီသို့ ပေးပို့သည့် ကွန်ကရစ် class တစ်ခုချင်းစီ အတွက် mix design data တွင်၊ အဆိုပြုသည့် material တစ်ခုချင်းစီ၏ အမည်၊ ပင်ရင်း၊ အမျိုးအစား၊ အမှတ်တံဆိပ်တို့နှင့်အတူ ကွန်ကရစ်တစ်ကုဗမီတာတွင် သုံးမည့် ပမာဏတို့ ပါဝင်ရမည်။

၄.၄ ရေပါဝင်မှု

Concrete Mix တစ်ခုတွင် ပါဝင်သည့် ရေ-ဘိလပ်မြေအချိုးကို တွက်ချက်ရာ၌၊ ရေ၏ အလေးချိန် ဆိုသည်မှာ concrete mix တွင် ပါဝင်သည့် free water စုစုပေါင်း ၏ အလေးချိန်ဖြစ်ရမည်။ Free water တွင် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်သည့်ရေ (mixing water) ၊ admixture solutions များတွင် ပါဝင်နေသည့်ရေနှင့်၊ aggregates တွင် မျက်နှာပြင်ခြောက်သွေ့သည့် အခြေအနေထက် ပိုလျှံသောရေတို့ ပါဝင်မည်။

အသုံးပြုသည့်ရေပမာဏသည် ဇယား ၂.၂-၁ တွင်ဖော်ပြထားသည့် အတိုင်းအတာများထက် မကျော်လွန်ရပါ။ ထို့ပြင် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အချိန်တွင်၊ ဇယား ၄.၄-၁ တွင်ဖော်ပြထားသော ကွန်ကရစ် consistencies များရရှိရန်အတွက် ရေပမာဏကို လိုအပ်သလို ထပ်မံလျှော့ချရမည်။ ဤ

ကွန်ကရစ် slump test limits များကို မြန်မာနိုင်ငံတွင် ဆောက်လုပ်သည့် structures များအတွက် ကိုးကားသင့်ပါသည်။

Table 4.4-1 Normal-Weight Concrete Slump Test Limits

Type of Work	Nominal Slump, in.	Maximum Slump, in
Formed Elements: Sections over 12.0 in. Thick Sections 12.0 in. Thick or Less	 1-3 1-4	 5 5
Cast-in-Place Piles and Drilled Shafts Not Vibrated	5-8	9
Concrete Placed under Water	5-8	9
Filling for Riprap	3-7	8

Water-reducing admixtures များကို သုံးလျှင် တာဝန်ခံအင်ဂျင်နီယာ၏ခွင့်ပြုချက်အတိုင်း ဇယား ၄.၄–၁ ရှိကွန်ကရစ် slump limit ကို ကျော်လွန်နိုင်သည်။

ကွန်ကရစ် Consistency သည် nominal slump ကိုကျော်လွန်သွားပါက၊ slump ကို nominal range အတွင်း ဝင်စေရန်အတွက်၊ နောက်ထပ်ဆက်လက်ဖျော်စပ်မည့် ကွန်ကရစ် batch များတွင် ရေပါဝင်မှုကို ချိန်ညှိရမည်။ သတ်မှတ်ထားသော slump အမြင့်ဆုံးတန်ဖိုးထက် ကျော်လွန်နေသည့် ကွန်ကရစ် batch များကို လုပ်ငန်းခွင်တွင် မသုံးရပါ။

အနည်းဆုံး ပါဝင်ရမည့် ဘိလပ်မြေပမာဏ (minimum cement content) နှင့် ဖျော်စပ်ထားသည့် ကွန်ကရစ်သည် လုံလောက်သည့် workability မရပါက၊ သတ်မှတ်ထားသော ရေ-ဘိလပ်မြေအချိုး အတွင်း ဘိလပ်မြေနှင့် ရေပါဝင်မှုကို တိုးမြှင့်ပေးခြင်းသော်လည်းကောင်း၊ ခွင့်ပြုထားသော admixture သုံးခြင်းကိုသော်လည်းကောင်း ပြုလုပ်ရမည်။

၄.၅ ဘိလပ်မြေပါဝင်မှု

Minimum cement content သည် ဇယား ၂.၂–၁ တွင်ဖော်ပြထားသည့် အတိုင်းသော်လည်းကောင်း၊ Specificaiton တွင် သတ်မှတ်ထားသည့်အတိုင်းသော်လည်းကောင်း ဖြစ်ရမည်။ Standard classes ကွန်ကရစ်များအတွက်၊ ဘိလပ်မြေ အမြင့်ဆုံး ပါဝင်နိုင်မှု (maximum cement content) သို့မဟုတ် ဘိလပ်မြေ နှင့် mineral admixture နှစ်ခုပေါင်းပါဝင်မှုသည် 800lb/yd^3 (474kg/m^3 ခန့်) ထက် မကျော်လွန်ရပါ။ ဘိလပ်မြေအမှန်တကယ်ပါဝင်မှုသည် ဤကန့်သတ်ချက်များအတွင်း၌သာ ရှိရမည် ဖြစ်ပြီး၊ ကွန်ကရစ်၏ လိုအပ်သော ခံနိုင်ရည်အား၊ consistency နှင့် စွမ်းဆောင်ရည် (performance) တို့ ရရှိရန် လုံလောက်သည့် ဘိလပ်မြေပါဝင်မှု ဖြစ်ရမည်။

High-strength ကွန်ကရစ်အများစုတွင် ဘိလပ်မြေကဲ့သို့သော ပစ္စည်းများ ပါဝင်မှု (cementious materials content) သည် ပုံမှန် AASHTO ကန့်သတ်ချက် 800 lb/yd^3 (474kg/m^3 ခန့်) ထက် ကျော်ရန် လိုအပ်သည်။ သို့သော် High-strength ကွန်ကရစ်များအတွက် cementious materials သည် 1000.0 lb/yd^3 (592 kg/m^3 ခန့်) ထက် ကျော်လွန်ပြီး လိုအပ်ပါက အခြားပါဝင်ပစ္စည်းများ သို့မဟုတ် အခြားအစားထိုးပါဝင်ပစ္စည်းများကို အကောင်းဆုံးပေါင်းစပ် အသုံးပြုရန် စဉ်းစားသင့်သည်။

၄.၆ MINERAL ADMIXTURES

Mineral admixture များကို Specifications များတွင် သတ်မှတ်ထားသည့် ပမာဏအတိုင်း အသုံးပြုရမည်။ ဘိလပ်မြေ Types I, II, IV နှင့် V (AASHTO M 85/ASTM C150) တို့ကို သုံးထားသည့် ကွန်ကရစ် class များအားလုံးအတွက်၊ mineral Admixture နှင့်ပတ်သက်၍ specifications တွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားခြင်း၊ တားမြစ်ထားခြင်း မရှိလျှင် တာဝန်ခံအင်ဂျင်နီယာသည် အောက်ပါတို့ကို အစားထိုး သုံးစွဲခွင့်ရမည်ဖြစ်သည်။

- လိုအပ်သည့် Portland Cement '၂၅ ရာခိုင်နှုန်းအထိ' အား AASHTO M295 (ASTM C618) နှင့်ကိုက်ညီသော Fly ash သို့မဟုတ် အခြား pozzolan ဖြင့် အစားထိုးခြင်း၊
- လိုအပ်သည့် Portland Cement '၅၀ ရာခိုင်နှုန်းအထိ' အား AASHTO M302 (ASTM C 989) နှင့်ကိုက်ညီသော slag ဖြင့် အစားထိုးခြင်း
- လိုအပ်သည့် Portland Cement '၁၀ ရာခိုင်နှုန်းအထိ' အား AASHTO M307 (ASTM C 1240) နှင့်ကိုက်ညီသော silica fume ဖြင့် အစားထိုးခြင်း

Fly ash, slag နှင့် silica fume တို့ကို ပေါင်းစပ်အသုံးပြုသည့်အခါ၊ တာဝန်ခံအင်ဂျင်နီယာအနေဖြင့် Portland cement ၏ ၅၀ ရာခိုင်နှုန်းအထိ အစားထိုးသုံးစွဲခွင့် ရှိမည်ဖြစ်သည်။ သို့သော် Fly ash သည် ၂၅ ရာခိုင်နှုန်းထက် မကျော်ရန်နှင့် silica fume သည် ၁၀ ရာခိုင်နှုန်းထက်မကျော်ရန် လိုသည်။ Mineral Admixture ၏ အလေးချိန်သည် အစားထိုးခံရမည့် Portland cement အလေးချိန်နှင့် တူရမည် သို့မဟုတ် ပိုများရမည်။ အရောအနှော၏ ရေနှင့် cementitious materials အချိုးကို တွက်ချက်ရာ၌ cementitious materials ၏ အလေးချိန်ဆိုသည်မှာ Portland cement နှင့် Mineral Admixture တို့၏ အလေးချိန်စုစုပေါင်း ဖြစ်သည်။

၄.၇ AIR-ENTRAINING ADMIXTURE များနှင့် CHEMICAL ADMIXTURE များ

လေခိုအောင်းစေရန်သုံးသော Air-Entraining Admixture များနှင့် Chemical Admixture များကို Specifications တွင် သတ်မှတ်ထားသည့်အတိုင်း သုံးစွဲရမည်။ ထို့အပြင် ကွန်ကရစ်၏ workability ကို တိုးမြင့်ရန်နှင့် ကွန်ကရစ် ခဲသည့်အချိန် (setting time) ကို ပြောင်းလဲရန်အတွက် Quality Control Engineer က ခွင့်ပြုသည့်အခါတွင်လည်း ဤ Admixture များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

အခန်း ၅. တည်ဆောက်ရေးအစီအစဉ် (CONSTRUCTION PLAN)

၅.၁ CONSTRUCTION PLAN လိုအပ်ချက် (PROGRAM AND PROCEDURE)

ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ တည်ဆောက်ရေး လုပ်ငန်းစဉ်တွင်၊ လက်တွေ့ဆောက်လုပ်ရေး လုပ်ငန်းများ ဖြစ်ထွန်းလာစေရန် ပထမဆုံး လုပ်ရမည့် အလုပ်မှာ Construction plan ရေးဆွဲခြင်းပင် ဖြစ်သည်။

Construction plan ရေးဆွဲရာတွင် ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းခွင် (Site) ၏ အခြေအနေ၊ အနေအထားများကို အခြေခံပြီး ဆောက်လုပ်မည့် လုပ်ငန်းစဉ်များ (procedures)၊ နည်းလမ်းများ (methods)၊ ဆောက်လုပ်မည့်ကာလ၊ ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးဆိုင်ရာ စီမံခန့်ခွဲမှု (safety management)၊ ကုန်ကျစရိတ် ထိရောက်စေမှုတို့နှင့် သဘာဝပတ်ဝန်းကျင် အထိအခိုက် နည်းစေရေး စသည်တို့ကို သတ်မှတ် ပြဋ္ဌာန်းရန် လိုအပ်သည်။ Construction plan ကို ဆုံးဖြတ်ရာတွင် Project Manager သာမကဘဲ၊ သက်ဆိုင်ရာ တာဝန်ခံ အင်ဂျင်နီယာများ၊ ဝန်ထမ်းများကပါ ပါဝင်ရမည်။ အထူးသဖြင့် ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများ စီမံခန့်ခွဲမှုတွင် အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းမှု စမ်းသပ်ချက် (quality control test) အမျိုးအစားနှင့် အကြိမ်ရေ၊ ပစ္စည်းဝယ်ယူမှု အစီအစဉ်၊ စက်ယန္တရားများနှင့် လူအင်အား၊ ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်မည့် နည်းလမ်း၊ ဖြန့်ဝေမည့် အစီအစဉ်၊ ကွန်ကရစ် လောင်းခြင်းနှင့် အသားသေအောင် ပြုလုပ်ခြင်း၊ ပစ္စည်းသိုလှောင်မည့် နည်းလမ်းများ၊ ယာယီအဆောက်အဦများ စသည်တို့ကို ဆုံးဖြတ်ရန် လိုအပ်မည်ဖြစ်သည်။ စီမံကိန်းတစ်ခုလုံးအတွက် Construction plan outline ကို ပုံ ၅.၁-၁တွင် ဖော်ပြထားသည်။

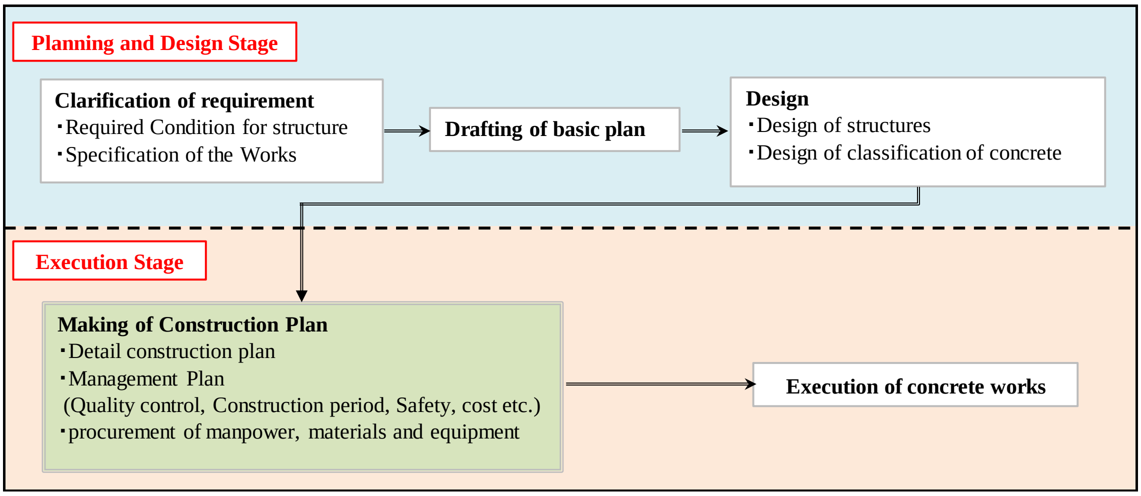


Figure 5.1-1 Outline of Construction Plan in Project

၅.၂ အခြေခံသဘောတရားသတ်မှတ်ခြင်း (DETERMINATION OF BASIC CONCEPT)

စုဆောင်းကောက်ယူရရှိသော ဒေတာအချက်အလက်များ၊ သင့်လျော်မှန်ကန်သည့် survey ရလဒ်များကို အခြေခံပြီး၊ အပြီးသတ် construction plan မချမှတ်ခင် စီမံကိန်း၏ အခြေခံသဘောတရားကို သတ်မှတ် ဆုံးဖြတ်ရမည်။ လုပ်ငန်းခွင် အနီးတစ်ဝိုက်ရှိ ရာသီဥတုအခြေအနေ၊ မြစ်ရေချောင်းရေ အတက်အကျ အခြေအနေ၊ ဘူမိဗေဒနှင့် မြေမျက်နှာသွင်ပြင်အခြေအနေများ၊ တည်နေရာ အနေအထား (အနီးဝန်းကျင်တွင် ကျေးလက်၊ လူနေဧရိယာ၊ အရေးကြီး အဆောက်အဦများ စသည်) စသည့် ဒေတာ အချက်အလက်များကို တိတိကျကျ စုဆောင်းကောက်ယူရမည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် အထက် ဖော်ပြပါ တည်ဆောက်ရေး အခြေအနေဆိုင်ရာ အချက်အလက်များသည် ဆောက်လုပ်ရေး လုပ်ငန်းများ ၏ ကုန်ကျစရိတ်၊ ကြာမြင့်ချိန်၊ အရည်အသွေး၊ ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းမှု စသည်တို့ အပေါ် တိုက်ရိုက် အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိနေသောကြောင့် ဖြစ်သည်။ လုပ်ငန်းခွင်၏ အခြေအနေ တစ်ခုချင်းစီကို လိုက်၍ လုပ်ငန်းခွင် သွင်ပြင်လက္ခဏာရပ်များလည်း ကွဲပြားပါလိမ့်မည်။ လုပ်ငန်းခွင် နေရာ၏ ထိုဒေတာများ၊ တိကျသော အချက်အလက်များ (ရှိပါက) ကို Construction plan ရေးဆွဲရာ တွင် သေချာစွာ ထည့်သွင်း စဉ်းစားရမည်။ လေ့လာဆန်းစစ်ရမည့် အခြေခံ ဒေတာအချက်အလက်များကို အောက်တွင် ဖော်ပြ ထားသည်။

သဘာဝအခြေအနေများနှင့် ဘူမိ/ပထဝီ/မြေမျက်နှာသွင်ပြင် အနေအထားများအား စစ်ဆေးခြင်း

<u>ရာသီဥတုအခြေအနေများ</u>

လစဉ် သို့မဟုတ် နေ့စဉ်အပူချိန်၊ မိုးရေချိန်ပမာဏ၊ လေတိုက်နှုန်း၊ ရာသီအလိုက် မြစ်ရေအမှတ် နှင့် အခြား သဘာဝ အခြေအနေများကို လေ့လာကောက်ယူရမည်။

<u>မြေမျက်နှာသွင်ပြင် ပထဝီ အနေအထား</u>

လုပ်ငန်းခွင် အနီးတစ်ဝိုက် geotechnical နှင့် မြေမျက်နှာသွင်ပြင် လက္ခဏာရပ်များနှင့် materials များ၊ စက်ယာဉ်ယန္တရားများကို သယ်ယူပို့ဆောင်ရန် လမ်းပန်းအခြေအနေတို့ကို ပြည့်ပြည့်စုံစုံ လေ့လာ စစ်ဆေးရမည်။

၅.၂.၁ အလုပ်ခန့်အပ်မှုဆိုင်ရာ သတ်မှတ်ချက်များ (Employment Conditions)

<u>လုပ်သားအင်အား စီစဉ်ချထားမှုဆိုင်ရာ လိုအပ်ချက် (Condition of Manpower Arrangement)</u>

ပထမဦးစွာ လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာများသည် လုပ်ငန်းအုပ်စုများ၊ စီမံကိန်း Outline၊ စီမံကိန်း အရွယ်အစား၊ တည်ဆောက်ရေးကာလတို့ကို အခြေခံပြီး လိုအပ်သော လုပ်သားအမျိုးအစား၊

အရေအတွက်၊ လိုအပ်သည့်အချိန်၊ ကာလ စသဖြင့် manpower schedule အတွက် အခြေခံအစီအစဉ် (basic plan) ကို ရေးဆွဲရမည်။ အဆိုပါ အချက်များနှင့်အညီ၊ ရိုးရိုးလုပ်သား၊ လူကြမ်း၊ ကျွမ်းကျင်လုပ်သားစသဖြင့် လုပ်သား ခန့်အပ်မှုအခြေအနေကို အတည်ပြုရမည်။ လုပ်ငန်းခွင်နေရာ အနီးတစ်ဝိုက်တွင် အရည်အချင်း ပြည့်မီသည့် ကျွမ်းကျင်လုပ်သား မရပါက၊ ကျွမ်းကျင်လုပ်သား ခန့်ထားမှု အစီအစဉ်ကို အစမှ ပြန်လည်ရေးဆွဲရမည်။

၅.၂.၂ တည်ဆောက်ရေးစက်ယန္တရားများဆိုင်ရာ သတ်မှတ်ချက်များ (Condition for Construction Machine & Equipment)

<u>ဆောက်လုပ်ရေးစက်ယန္တရားများ ဝယ်ယူရေးဆိုင်ရာ သတ်မှတ်ချက် (Condition of procurement of construction machine & equipment)</u>

လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာသည် လုပ်သားအင်အား ဇယားရေးဆွဲသည့် ပုံစံအတိုင်း ဆောက်လုပ်ရေး လုပ်ငန်းသုံး စက်ယာဉ်ယန္တရားများ ဖြည့်ဆည်းမှုအတွက် basic plan ကို ရေးဆွဲရန် လိုအပ်သည်။ လုပ်ငန်းခွင် အနီးဝန်းကျင်တွင် သင့်လျော်သည့် စက်ယာဉ်ယန္တရားများ ရရှိနိုင်မှု၊ ရရှိနိုင်သည့် အရေအတွက် စသည့် အချက်အလက်များကို အတိအကျ လေ့လာ၊ အတည်ပြုရမည်။ လိုအပ်သည့် စက်ယန္တရားများကို လုပ်ငန်းခွင် အနီးတစ်ဝိုက်ဧရိယာ၌ ဝယ်ယူ၍မရနိုင်သည့်အဆုံး၊ ဝယ်ယူရေးဆိုင်ရာ မူလအစီအစဉ်ကို ပြန်လည် သုံးသပ်ပြီး၊ စက်ယန္တရားဝယ်ယူရန် အကောင်းဆုံး အခြားတစ်နေရာရာကို ရှာဖွေရန် စဉ်းစားရမည်။

၅.၂.၃ ယာယီအဆောက်အဦများဆိုင်ရာ သတ်မှတ်ချက်

ယာယီခြံဝင်းဧရိယာ၊ ဆောက်လုပ်ရေး ရုံးခန်း၏ ပုံစံနှင့် တည်နေရာ၊ အလုပ်သမား/ဝန်ထမ်း အိမ်ရာတို့ အတွက် ပုံကြမ်း (Layout) ကို စိစစ်သတ်မှတ်ပြီးလျှင်၊ Layout Drawing ကို ရေးဆွဲပေးရမည်။ Formwork, timbers, falsework, scaffolding များ စသည့် ယာယီ လုပ်ငန်း တစ်ခုတစ်ခုချင်းစီ အတွက် ဝယ်ယူရေးအစီအစဉ်ကို ရေးဆွဲရမည်။ ၎င်းပစ္စည်းများအတွက် စံသတ်မှတ်ချက် (Specification) ၊ အမျိုးအစား၊ အရေအတွက် စသည့် အသေးစိတ် အချက်အလက်များ သည် နောက်ပိုင်းလုပ်မည့် အသေးစိတ်လေ့လာမှုများ၊ ထည့်သွင်းစဉ်းစားမှုများပေါ်တွင် လုံးဝ မှီခိုနေသည့် အတွက်၊ အင်ဂျင်နီယာအနေနှင့် စီမံကိန်းစတင်ရန် အကြောင်းကြားစာ ရသည်နှင့် construction orders နှင့်အညီ ဝယ်ယူရေး အစီအစဉ် အသေးစိတ်ကို စတင်သင့်သည်။

၅.၂.၄ အခြားကိစ္စရပ်များ

<u>သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်ဆိုင်ရာ သတ်မှတ်ချက်</u>

သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်နှင့် လူမှုပတ်ဝန်းကျင်အပေါ် ဆိုးကျိုးသက်ရောက်မှုများကို တားဆီး ကာကွယ်ရန်နှင့် လျော့ပါးစေရန်အတွက်၊ တုန်ခါမှု၊ ဆူညံသံ၊ လေထုညစ်ညမ်းမှု၊ မြေအောက်ရေ ညစ်ညမ်းမှု၊ မြစ်ရေ ညစ်ညမ်းမှု စသည့် ဆိုးကျိုးများကို သေသေချာချာ ဆန်းစစ်လေ့လာပြီး ဖြစ်နိုင်ခြေရှိသော၊ ရေရှည် ခိုင်မာသော မည်သည့် ဆောင်ရွက်ချက်မျိုးကိုမဆို ပြုလုပ်ရမည်။ ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းမှ ဘေးထွက် ပစ္စည်းများ ဖြစ်သည့် မြေကြီးများ၊ ကွန်ကရစ်အပိုင်းအစ အမှိုက်များ စသည့် ဘေးထွက်ပစ္စည်းများကို စနစ်တကျ စွန့်ပစ်ရမည့် သင့်လျော်သော နည်းလမ်းများကို ချမှတ်ပြီး၊ လက်တွေ့ကျင့်သုံးရန်အတွက် လုပ်ငန်းခွင်ရှိ ဝန်ထမ်းများအား ထိုနည်းလမ်းကို သရုပ်ပြထားရမည်။

<u>တည်ဆဲ ဥပဒေများ၊ ညွှန်ကြားချက်များ</u>

Construction plan သည် မြန်မာနိုင်ငံ၏ သက်ဆိုင်ရာဥပဒေများ၊ ညွှန်ကြားချက်များကို လိုက်နာရန် လိုအပ်သည်။

<u>ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး စီမံခန့်ခွဲမှု (Safety Management)</u>

ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးဆိုင်ရာ စီမံခန့်ခွဲမှုနှင့် အဖွဲ့အစည်းကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။ ဤအပိုင်းကို ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး လက်စွဲစာအုပ်တွင်လည်း ဖော်ပြထားသည်။ ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး စီမံခန့်ခွဲမှု အစီအစဉ် ရေးဆွဲရာတွင်၊ ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး ဆိုင်ရာ တိကျသည့် ရည်မှန်းချက်ကို လစဉ် သို့မဟုတ် နှစ်စဉ် ချမှတ်သင့်သည်။

အထက်ပါ ဒေတာအချက်အလက်များသည် တည်ဆောက်ရေးကာလတစ်လျှောက်လုံး၏ စီမံခန့်ခွဲမှု၊ အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းမှု၊ ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းမှုနှင့် စီမံကိန်း၏ ကုန်ကျစရိတ် ထိရောက်မှုအပေါ် တိုက်ရိုက် သက်ရောက်မှု ရှိပေလိမ့်မည်။

၅.၃ CONSTRUCTION PLAN တွင် ဖော်ပြရမည့်အချက်များ

ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများအတွက် Construction plan တွင် အနည်းဆုံး အောက်ပါအချက်များ ပါဝင်ရမည်။ အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့်အချက်များကို လုပ်ငန်းခွင်ရှိ ဝန်ထမ်းများ၊ အင်ဂျင်နီယာများ အပါအဝင် အားလုံး သိရှိ နားလည်ထားရမည်ဖြစ်သည်။

၅.၃.၁ ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းဆိုင်ရာ အကြမ်းဖျင်းဖော်ပြချက် (Outline)

အဆောက်အဦ အမျိုးအစား၊ ပုံစံ၊ အတိုင်းအတာ၊ တည်ဆောက်မည့်နေရာ၊ လုပ်ငန်းပမာဏ အနှစ်ချုပ်၊ တည်ဆောက်ရေးကာလ တို့ကို ဖော်ပြရမည်။

၅.၃.၂ လိုအပ်သောအခြေအနေများ (Requirement Condition)

သက်ဆိုင်ရာ စံသတ်မှတ်ချက်များ (Specifications)၊ အဆောက်အဦ အစိတ်အပိုင်း တစ်ခုချင်းစီ၏ ကွန်ကရစ် strength၊ စီမံကိန်း ကုန်ကျစရိတ်၊ သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်နှင့် လူမှုပတ်ဝန်းကျင် ဆိုင်ရာ အခြေအနေများ စသည်တို့ကို ဖော်ပြရမည်။ ကွန်ကရစ်အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုချင်းစီ၏ လက်ခံနိုင်သော ခြားနားချက်၊ ကွာဟချက်ကို သုံးသပ် သတ်မှတ်ရမည်။

၅.၃.၃ တည်ဆောက်ရေးကာလ (အချိန်ဇယား)

စီမံကိန်းကာလ၊ လုပ်ငန်းဖြစ်ထွန်းတိုးတက်မှု မိုင်တိုင်များ၊ အဆောက်အဦ တစ်ခုချင်းစီအတွက် ဆောက်လုပ်ရန် timing တို့ကို သတ်မှတ်ရမည်။ Materials များ နှင့် စက်ယန္တရားများ ဝယ်ယူရရှိနိုင်မှု၊ ပြန်လည်အသုံးပြုနိုင်မှု အနေအထားများ၊ ရာသီဥတုအခြေအနေများ အပါအဝင် ဆောက်လုပ်ရေး အချိန်ဇယား အပေါ် အကျိုးသက်ရောက်မှုရှိသည့် လိုအပ်သော အချက်အလက်များကို အချိန်ဇယား ရေးဆွဲစဉ် တစ်လျှောက်လုံး ပြည့်ပြည့်စုံစုံ ထည့်သွင်း စဉ်းစားရမည်။

တည်ဆောက်ရေး အစီအစဉ်၊ အချိန်ဇယားထဲတွင် Critical Path ကို သတ်မှတ်သင့်သည်။

၅.၃.၄ ကွန်ကရစ်ပစ္စည်းများ လိုအပ်သည့်ပမာဏ ခန့်မှန်းတွက်ချက်ခြင်းနှင့် ဝယ်ယူရေးနည်းလမ်း

ဘိလပ်မြေ၊ ရောစာ (aggregate) ၊ admixture ၊ အားဖြည့် သံချောင်းများ လိုအပ်သည့် ပမာဏ၊ အမျိုးအစား၊ အမှတ်တံဆိပ်၊ ဝယ်ယူ ရရှိမည့်နေရာ၊ ပေးသွင်းမည့်သူနှင့် သယ်ယူရေး လမ်းကြောင်းများ ပါဝင်သည့် ဝယ်ယူရေး နည်းလမ်းတို့ကို ဖော်ပြရမည်။ ဝယ်ယူရေး နည်းလမ်းကို အစီအစဉ် ဆွဲသည့်အခါ ရရှိမည့်ပမာဏနှင့် သုံးစွဲမည့် ပမာဏအတွက် ဒေတာများကို စာရင်းသွင်း မှတ်တမ်းတင်ရန် အထူးလိုအပ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ဥပမာ ဘိလပ်မြေသည် ကြာမြင့်စွာ သိုလှောင်ထားပါက ရေငွေ့ရိုက်ပြီး အလွယ်တကူ ပျက်စီးတတ်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။

၅.၃.၅ ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းသုံး စက်ကိရိယာများ၊ ယန္တရားများအတွက် အစီအစဉ်နှင့် လူအင်အား အစီအစဉ်

၁) ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းသုံး စက် ယန္တရားများနှင့် ပစ္စည်းပစ္စယများအတွက် အစီအစဉ်

လုပ်ငန်းလိုအပ်ချက်အတွက် ကိုက်ညီသည့် ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းသုံး စက်၊ ယာဉ်၊ ယန္တရားများ၏ အမျိုးအစားနှင့် specifications ၊ လိုအပ်သည့် အရေအတွက်၊ စွမ်းဆောင်ရည်၊ အသုံးပြုမည့်ကာလနှင့် ၎င်းတို့အတွက် လိုအပ်သော အစီအစဉ်များ (arrangement) ကို သေချာစွာ ဖော်ပြရမည်။ Structure အရွယ်အစား၊ Structure တစ်ခုချင်းစီ၏ တည်ဆောက်မည့် ရှေ့နောက်အစဉ်နှင့် တည်ဆောက်မည့် ကာလတို့ကို အခြေခံပြီး၊ စက်၊ ယာဉ်၊ ယန္တရားများ နေရာချထားမှု၊ တပ်ဆင်မှုတို့အတွက် အစီအစဉ်ကို ရေးဆွဲရမည်။ ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းသည် လောင်းနေစဉ် ရပ်ဆိုင်းရပါက၊ ကွန်ကရစ် structure ၏ အရည်အသွေးကို ဆိုးဆိုးရွားရွား ထိခိုက်နိုင်သည့်အတွက် arrangement plan ၂ မျိုး ထားသင့်သည်။ စက်၊ ယန္တရားများအားလုံးကို ယာယီ သတ်မှတ်ဧရိယာဝင်း အတွင်း ထိရောက်စွာ၊ စိတ်ချရစွာ၊ ဘေးကင်းစွာ အသုံးချနိုင်ရန် အပြည့်အဝ ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး၊ ပြင်ဆင်နေရာချထားခြင်းကို သတ်မှတ်ဆောင်ရွက်ရမည်။ စက်၊ ယန္တရားများ နေရာချထားမှုအစီအစဉ် နမူနာကို Appendix 2 တွင် ဖော်ပြထားသည်။

၂) လုပ်သားအင်အားအစီအစဉ် (Manpower Arrangement Plan)

Manpower arrangement plan ရေးဆွဲထားရမည်။ Pile လုပ်ငန်း၊ ငြမ်းလုပ်ငန်း၊ prestressing လုပ်ငန်း၊ မြေတူးလုပ်ငန်း၊ ကွန်ကရစ်၊ Girders နှင့် Cross Beam များ တပ်ဆင်နေရာချခြင်းလုပ်ငန်း၊ သံချည်သံကွေး စသဖြင့် လုပ်ငန်းနယ်ပယ်အလိုက် အရည်အချင်းပြည့်မီသော ကျွမ်းကျင်လုပ်သား၊ အလုပ်သမားခေါင်းနှင့် အလုပ်သမားများဟူ၍ စဉ်းစားရန် လိုအပ်သည်။ မူလအစီအစဉ်ထဲတွင် နေရာချထားသော လူအင်အားအရေအတွက်အတိုင်း ခန့်အပ်ပြီး၊ လုပ်ငန်းလုပ်နေချိန်တစ်လျှောက်လုံး သိပ်မပြောင်းလဲစေရဘဲ၊ ထိုအရေအတွက်အတိုင်း ထားရမည်။ အလုပ်သမားများကို လုပ်ငန်းခွင်၌ တိုက်ရိုက်ခန့်ထားပါက၊ လုပ်ငန်းခွင်ဝန်ထမ်းက အလုပ်သမားတစ်ဦးချင်းစီအတွက် လုပ်ရမည့် အလုပ်နှင့် နေရာကို စီစဉ်ပေးရန်နှင့် သင့်လျော်သည့် စီမံခန့်ခွဲမှု လုပ်နိုင်ရန်အတွက် နေ့စဉ်မှတ်တမ်း ရေးထားရန် လိုအပ်သည်။ အချို့ ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းအပိုင်းများအတွက် sub-contractor ငှားပါက sub-contractor ၏ စီမံခန့်ခွဲမှုအဖွဲ့သည် လူအင်အားစီမံခန့်ခွဲမှုကို ထိန်းချုပ်ရန်၊ ကြီးကြပ်ရန် အတွက် ပုံမှန် အစည်းအဝေးများ (နေ့စဉ်၊ အပတ်စဉ်၊ လစဉ်) ပြုလုပ်ရန်လိုအပ်သည်။ လုပ်ငန်းများ

လက်တွေ့ အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်မည့် တာဝန်ခံအဖွဲ့ ဖွဲ့စည်းရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ဖွဲ့စည်းပုံကို Construction plan တွင် ထည့်သွင်းရေးဆွဲရမည်။

၅.၄ ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများအတွက် CONSTRUCTION PLAN

ဤလက်စွဲစာအုပ်တွင် ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများအတွက် construction plan ကို အုပ်စု ၂ ခု ခွဲခြားထားပါသည်။ တစ်ခုမှာ ယာယီလုပ်ငန်းများအတွက် plan ဖြစ်ပြီး၊ ကျန် တစ်ခုမှာ အမြဲတမ်း အဆောက်အဦ လုပ်ငန်းများအတွက် plan ဖြစ်သည်။

၅.၄.၁ ယာယီလုပ်ငန်းများအတွက် အစီအစဉ် (Temporary Works Plan)

အမြဲတမ်းအဆောက်အဦများ တည်ဆောက်ရာတွင် Cofferdam များ၊ ယာယီထောက်မသည့် လုပ်ငန်းများ (falsework) ၊ ပုံစံခွက် လုပ်ငန်းများ (formwork) ၊ ယက်မများ တပ်ဆင်နေရာချခြင်း (erection)၊ ချဉ်းကပ်လမ်းများ တည်ဆောက်ခြင်း စသည့် ယာယီလုပ်ငန်းများသည် အမြဲတမ်း အဆောက်အဦများ တည်ဆောက်ရေးအတွက် လိုအပ်သော လုပ်ငန်းများ ဖြစ်ပါသည်။ လုပ်ငန်းခွင် အနေအထား၊ စက်ယန္တရားများ ရရှိနိုင်မှု အပေါ် အခြေခံပြီး ယာယီလုပ်ငန်းတစ်ခုချင်းစီအတွက် သင့်လျော်သည့် plan များကို စဉ်းစားရမည်။ ယာယီလုပ်ငန်းများအတွက် Plan သည် တည်ဆောက်ရေး ကာလ၊ ကုန်ကျစရိတ်နှင့် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးတို့အပေါ် တိုက်ရိုက် သက်ရောက်မှု ရှိသည်။

လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာနှင့်သာမက အလားတူလုပ်ငန်းများကို ကျွမ်းကျင်၍ အတွေ့အကြုံ များသော အခြားအင်ဂျင်နီယာများနှင့်လည်း လုံလောက်သော ဆွေးနွေးမှုများ မကြာခဏ လုပ်သင့်သည်။

၅.၄.၂ Structure Works Plan

စီမံကိန်းပါ ဆောက်လုပ်မည့် Structure အားလုံးအတွက် အကောင်အထည်ဖော်ရေး အစီအစဉ် တစ်ခုချင်းစီကို construction plan တွင် အတူထည့်သွင်းရမည်။ သို့သော် Structure တစ်ခုချင်းစီ၏ formworks များ၊ falseworks များအပါအဝင် ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများကဲ့သို့သော တူညီသော လုပ်ငန်းအပိုင်းများကိုမူ အတူပေါင်းစည်းနိုင်သည်။

Structure Work တစ်ခုချင်းစီအတွက် Plan ကို ဤလက်စွဲစာအုပ်၏ အခြားအပိုင်းများတွင် ဖော်ပြထားသည်။ ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ တည်ဆောက်ခြင်းကို အခြေခံအားဖြင့် ယခုဖော်ပြပါ အစဉ်အတိုင်း ဆောင်ရွက်ကြသည်။ (က) ပြင်ဆင်ရေးလုပ်ငန်းများ (rebar works, Formworks နှင့် Falseworks စသည်တို့ အပါအဝင်) (ခ) ကွန်ကရစ်ထုတ်လုပ်ခြင်း (ဂ) ကွန်ကရစ် သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း (ဃ) ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း (consolidation အပါအဝင်) (င) အသားသေအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (curing)

လိုအပ်သော အရည်အသွေး အာမခံချက်ရှိရန်၊ စစ်ဆေးအတည်ပြုရန်အတွက် အဆင့်တိုင်းတွင် သင့်လျော်မှန်ကန်သော စီမံခန့်ခွဲမှုနှင့် စစ်ဆေးမှုတို့ လိုအပ်သည်။ လုပ်ငန်းစဉ်တစ်ခုချင်းစီအတွက် plan များ၊ စီမံခန့်ခွဲမှုနှင့် စစ်ဆေးမည့် နည်းလမ်းများကိုလည်း Construction Plan တွင် ဖော်ပြထားရမည်။ ဖော်ပြထားရမည့် အချက်များမှာ အောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်သည်။

၁) ပြင်ဆင်ရေးလုပ်ငန်းများ (Preparation Works)

အားဖြည့်သံချောင်းလုပ်ငန်း (Re-bar work)၊ formwork နှင့် falsework များသည် ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ တည်ဆောက်ရေးအတွက် အဓိက ပြင်ဆင်ရသည့် လုပ်ငန်းများ ဖြစ်သည်။ ဤလုပ်ငန်းများသည် ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ၏ ခံနိုင်ရည်အား၊ ကြာရှည်ခံမှုနှင့် အသွင်အပြင် လက်ရာစသည့် အရည်အသွေးများအတွက် အရေးကြီးသော လုပ်ငန်းများဖြစ်သည်။

ထို့ကြောင့် Re-bar work ၊ formwork နှင့် falsework လုပ်ငန်းများတွင် သတိထားရမည့် အချက်များကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

၂) အားဖြည့်သံချောင်းလုပ်ငန်း (Re-bar Works)

လုပ်ငန်းခွင်တွင် Re-bar များ သိုလှောင်မည့် အစီအစဉ်၊ Re-bar ဖြတ်တောက်ခြင်း၊ သံချည်သံကွေး လုပ်ခြင်း၊ တပ်ဆင်ခြင်း လုပ်ငန်းများအတွက် အစီအစဉ်များ ရေးဆွဲရမည်။

<u>Re-bar များ ဖြတ်တောက်ခြင်း၊ ကွေးခြင်း</u>

- Re-bar များ ကွေးခြင်း၊ ဖြတ်တောက်ခြင်းကို သင့်လျော်သည့် ဖြတ်စက်၊ ကွေးစက်တို့ဖြင့် ပြုလုပ်ရမည်။ သံချည်သံကွေးလုပ်ငန်းတွင် Re-bar အား တစ်ကြိမ်ကွေးထားသည့်နေရာများကို၊ ပြန်ပြင်၍ ကွေးခြင်းမျိုး၊ ထပ်မံကွေးခြင်းမျိုး မပြုလုပ်ရပါ။ Re-bar ပျက်စီးနိုင်သည့် အတွက်ကြောင့် ဖြစ်သည်။ အဆက်နေရာများ (joint construction)တွင် ယာယီအကွေးပြုလုပ်ပြီး၊ ၎င်းနောက် မူလဒီဇိုင်းပုံစံနှင့်ကိုက်ညီအောင် ပြန်ကွေးသည့် အခါမျိုးတို့တွင် ယာယီကွေးခြင်းကို အချင်းဝက်ကြီးကြီးဖြင့် ပြုလုပ်ခဲ့ရမည်။ ထိုနေရာကို ၉၀၀-၁၀၀၀ ဒီဂရီ ဆဲလ်စီးယက်စ်အထိ အပူပေးပြီးနောက်၊ သို့မဟုတ် Re-bar ကို ၉၀၀-၁၀၀၀ ဒီဂရီ ဆဲလ်စီးယက်စ်ဖြင့် အပူပေးပါက အဆိုပါနေရာကို ချက်ချင်း၊ အလွန်အမင်း အအေးခံခြင်း မလုပ်သင့်ပါ။
- ဂဟေဆော်ခြင်းသည် re-bar များကို ထိခိုက်ပျက်စီးစေနိုင်သည့်အတွက်၊ re-bar များအား ဂဟေဆော်ခြင်းကို အခြေခံအားဖြင့် မည်သည့်အခြေအနေမျိုးတွင်မှ ခွင့်မပြုပါ။

Re-bar များ ဆင်ခြင်း (Fabrication of Re-bar)

- Re-bar များကို မဆင်ခင် သန့်ရှင်းရေးလုပ်ရမည်။ အောက်ခံ မျက်နှာပြင်၊ အင်္ဂတေ စသည်တို့ပေါ်က သံချေးများ နှင့် ပင်ကိုတွယ်ကပ်အားကို ထိခိုက်စေသော အရာများကို သံဘရက်ရှ် စသည်တို့ဖြင့် လုံး၀ ဖယ်ရှားပစ်ရမည်။
- Re-bar များကို drawings နှင့် Specifictions များအတိုင်း အတိအကျ ဆင်ရမည်။ Re-bar များ နေရာ လွဲနေပါက ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အား (strength) နှင့် ကြာရှည်ခံမှုကို ထိခိုက်လိမ့်မည်။ Re-bar ဆင်ခြင်းနှင့် ပတ်သက်၍ စံသတ်မှတ်ထားသည့် စစ်ဆေးရမည့် အချက်များ၊ စစ်ဆေးရမည့် နည်းလမ်းများနှင့် လက်ခံနိုင်သည့် အမှား အတိုင်းအတာ (tolerance) တို့ကို ဇယား ၅.၄-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 5.4-1 Standard Inspection Items, Method and Tolerance of Fabrication of Re-bar

Arrangement of Fabricated Re-bar	Method of Inspection	Time and Frequency	Acceptance Criterion
Location and length of joints and the anchors	Measurement by scale	After fabrication or in case of a long time has passed.	To follow drawings of specifications
Covering			Within 0 ± 25mm against specified value
Effective height			Tolerance: A small value of ± 3% or ± 30 mm of design dimension. However, the minimum covering must be secured.
Center spacing			Tolerance: ± 20mm

ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အခါ Re-bar များ ရွေ့မသွားစေရန် တင်းကျပ်မြဲမြံစွာ ဆင်ရမည်။ ဆင်ထားသည့် Re-bar များ မတည်မငြိမ်ဖြစ်လာပါက၊ သံချောင်းများ ထပ်မံ တပ်ဆင်သင့်သည်။ Re-bar ဆင်ရာတွင် အဓိကအချက်မှာ အချင်း ၀.၈ မီလီမီတာနှင့် အထက် ရှိသည့် သံနန်းကြိုးများ သို့မဟုတ် သင့်လျော်သည့် ကလစ်များဖြင့် Re-bar များကို ချည်နှောင်ပြီး မြဲအောင်လုပ်ရန် ဖြစ်သည်။ ပုံ ၅.၄-၁ တွင် ပြသထားသည်။

(a) Iron Wire	(b) Plastic Clip

Figure 5.4-1 Iron Wire and Plastic Clip

- သံချောင်းများကို ကာကွယ်ထားမည့် ကွန်ကရစ် ကာဗာ ရရှိရန် သင့်လျော်သည့် အကွာအဝေးတိုင်းတွင် spacers တုံးများ ထည့်သွင်းရမည်။ spacers ရွေးချယ် ထည့်သွင်းသည့်အခါ၊ ထည့်မည့်နေရာများ၊ ထည့်မည့် နည်းလမ်း၊ re-bars အလေးချိန်၊ work load စသည်တို့ကို ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းအတွက် construction plan ပြင်ဆင်နေစဉ်အတွင်း ဆုံးဖြတ်ရန် လိုအပ်သည်။
- အသုံးများသည့် spacers များမှာ ပုံ ၅.၄-၂တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း အင်္ဂတေ၊ ကွန်ကရစ်၊ သံမဏိ၊ ပလတ်စတစ် စသည်တို့ ဖြစ်သည်။ လုပ်ငန်းခွင် အခြေအနေပေါ် မူတည်ပြီး သင့်လျော်သည့် spacers များ ရွေးချယ်ရန် လိုသည်။

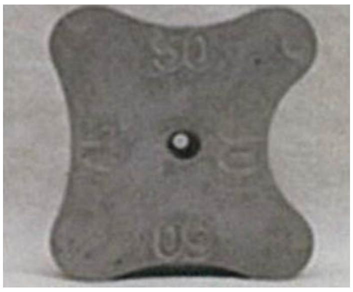
(a) Plastic Spacer for Wall	(b) Plastic Spacer for Soffit
	
(c) Concrete Spacer for Soffit	(d) Mortar Spacer for Soffit

Figure 5.4-2 Common Use of Various Spacers

အင်္ဂတေနှင့် ကွန်ကရစ် spacers များ သုံးမည်ဆိုပါက၊ structural ကွန်ကရစ် အရည်အသွေးအတိုင်း ပြုလုပ်ထားသည့် အင်္ဂတေ၊ ကွန်ကရစ် spacers များကို သုံးသင့်သည်။

ထည့်သွင်းရမည့် spacers အရေအတွက်မှာ beams များနှင့် ကြမ်းခင်းတွင် တစ် စတုရန်းမီတာ လျှင် ၄ ခုနှုန်း၊ web, wall နှင့် column တွင် တစ် စတုရန်းမီတာ လျှင် ၂ ခုမှ ၄ ခုနှုန်း ဖြစ်သည်။ ဥပမာ- တစ်စတုရန်းမီတာကို spacers ၄ ခု သို့မဟုတ် ၅ ခု ထည့်လျှင် spacers များကို ၅၀ စင်တီမီတာခြား၊ တစ်ခုကျော်စီ ထည့်သင့်သည်။ (ပုံ ၅.၄-၃) ကို ကြည့်ပါ။

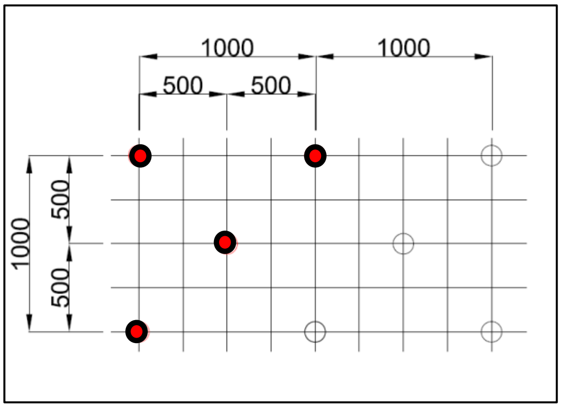


Figure 5.4-3 Image of Spacers Installation

၃) Formwork နှင့် Falsework

Formwork နှင့် falsework ကို ဆောက်လုပ်မည့် ကွန်ကရစ် strucutures များ၏ပုံသဏ္ဍာန် အတိုင်းအတာများအပေါ် အခြေခံပြီး အစီအစဉ် ရေးဆွဲပြီး အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ရမည်။ Formwork and falsework အတွက် ထိုအစီအစဉ်ကို Construction plan တွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြ ရမည်။

Plan and Design

Formwork နှင့် falsework များသည် ဆောက်လုပ်စဉ်အတွင်းရှိမည့် working load ကဲ့သို့သော တွက်ချက်ထားသည့် loads များကို ခံနိုင်ရန် လုံလောက်သည့် strength နှင့် rigidity ရှိရမည်။ ဆောက်လုပ်မည့် structure ၏ ပုံသဏ္ဍာန်နှင့် အတိုင်းအတာများ အတိအကျရစေရန် formwork နှင့် falsework များကို ဒီဇိုင်းရေးဆွဲခြင်းနှင့် စီစဉ်ခြင်းတို့ ပြုလုပ်ရမည်။

Formwork and falsework အစီအစဉ်နှင့် ဒီဇိုင်းအတွက် အောက်ပါတို့ကို လေ့လာသုံးသပ်ရမည်။

- မှန်ကန်သော operation load တွက်ချက်မှု (ကွန်ကရစ်၏ ဒေါင်လိုက်ဖိအား၊ ဘေးတိုက်ဖိအား၊ formwork ပေါ်တွင် သက်ရောက်မည့် load နှင့် working load စသည်)

- အသုံးပြုသည့် material
- Plan နှင့် ဒီဇိုင်းအတွက် အခြားအရေးကြီးသောအချက်များ (စီစဉ်နေရာချထားမှုနှင့် တွက်ချက်သည့် နည်းလမ်းစသည်)

Formwork and falsework တွက်ချက်သည့် manual ကို Appendix 3 တွင် ဖော်ပြထားသည်။

<u>တပ်ဆင်ခြင်းနှင့် စစ်ဆေးခြင်း</u>

Formwork များ မတပ်ဆင်ခင် lean concrete စသည်တို့ပေါ်တွင် Survey လုပ်ထားသည်နှင့်အညီ setting lines များ ရေးဆွဲရမည်။ ထို့ပြင် တပ်ဆင်နေစဉ်အတွင်းသော်လည်းကောင်း၊ တပ်ဆင်မှုပြီးစီးသွားချိန်နှင့် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အချိန်တွင်သော်လည်းကောင်း ထပ်မံစစ်ဆေးမှု (double checking) လုပ်နိုင်ရန်အတွက် reference lines သို့မဟုတ် offset lines များလည်း အမှတ်အသားလုပ်သင့်သည်။

(a) Setting Lines

(b) Reference Lines

Figure 5.4-4 Reference Lines (Offset Lines) for Assembling and Checking

တပ်ဆင်ပြီးသည့်နောက်၊ လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာသည် ရေပြင်ညီလိုင်းများ၊ ဒေါင်လိုက် ဖြောင့်တန်းမှု၊ re-bars ကာဗာ၊ သံဆင်ထားသည့်အခြေအနေ စသည်တို့ တိကျသေချာမှု ရှိ၊ မရှိ စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။

Falsework တွင် load သည် ဒေါင်လိုက် ကျရောက်မည်ဖြစ်သည့်အတွက် Falsework ဆင်ရာတွင် ဒေါင်လိုက် အားဖြင့် တိကျရန် လိုသည်။ ပိုက်လုံး၊ တိုင် (falsework material) ၃ မီတာအမြင့်တွင် ဘေးဘက်သို့ ၅ စင်တီမီတာခန့် တိမ်းစောင်းသွားပါက၊ falsework တိုင်၏ ခံနိုင်ရည်အား ၃၀ ရာခိုင်နှုန်းခန့် လျော့ကျသည်ဟု ယေဘုယျအားဖြင့် ယူဆထားကြသည်။ ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ်လောင်းစဉ် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းစေရန်နှင့် structures များအတွက် လက်ခံနိုင်သော tolerance ကို

ပြေလည်စေရန်အတွက်၊ ကွန်ကရစ်မလောင်းခင် formwork နှင့် falsework များအား နောက်ဆုံးစစ်ဆေးခြင်း (final inspection) ဝင်ရန်လိုအပ်သည်။

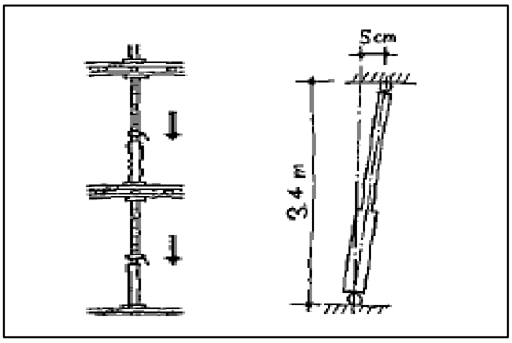


Figure 5.4-5 Vertical accuracy needs to secure safety during concrete placing

၄) ကွန်ကရစ်ထုတ်လုပ်ခြင်း၊ ဖျော်စပ်ခြင်း (Manufacture (Mixing) of Concrete)

ကွန်ကရစ်ထုတ်လုပ်မည့် (ဖျော်စပ်မည့်) အစီအစဉ်ကို ရေးဆွဲဖော်ပြရမည်။ Construction plan တွင် အနိမ့်ဆုံးအနေဖြင့် အောက်ပါအချက်များကို ဖော်ပြရမည်။

- ဆောက်လုပ်မည့် ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အား တစ်ခုချင်းစီအတွက် mix design
- ဘိလပ်မြေအမျိုးအစားနှင့် အမှတ်တံဆိပ်၊ admixture အမည်နှင့် အသုံးပြုပုံ၊ ရောစာကြီး (Coarse aggregate) အရွယ်အစား
- ကွန်ကရစ်ထုတ်လုပ် (ဖျော်စပ်) မည့် နည်းလမ်း
- Material တစ်ခုချင်းစီ၏ တိုင်းတာချိန်တွယ်မည့် နည်းလမ်း (ဘိလပ်မြေ၊ aggregates ၊ ရေ၊ admixture)
- Material တစ်ခုချင်းစီကို ဖျော်စပ်ထဲသို့ထည့်မည့် ရှေ့နောက်အစဉ်နှင့် စံသတ်မှတ်ထားသည့် ဖျော်စပ်မည့် ကြာချိန်

ပုဂ္ဂလိက စက်ရုံများ သို့မဟုတ် အခြား ဆောက်လုပ်ရေး လုပ်ငန်းခွင် များမှ ဖျော်စပ်ပြီးကွန်ကရစ်ကို ဝယ်ယူပါက သယ်ယူရာတွင် ကြာမည့်အချိန်နှင့် အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းမည့် စနစ်ကို ကြိုတင်စုံစမ်းမေးမြန်းပြီး စစ်ဆေးသင့်သည်။

၅) သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း (Transporting)

ဖျော်စပ်ထုတ်လုပ်ထားသည့် ကွန်ကရစ်ကို သယ်ယူရေးအတွက် အစီအစဉ် ရေးဆွဲဖော်ပြရမည်။ Construction plan တွင် အနိမ့်ဆုံးအားဖြင့် အောက်ပါအချက်များကို ဖော်ပြရမည်။

- သယ်ယူပို့ဆောင်မည့် နည်းလမ်း

- သယ်ယူမည့် လမ်းကြောင်းနှင့် ခန့်မှန်းကြာချိန်

ကွန်ကရစ်၏ ဝိသေသလက္ခဏာများ (Slump ၊ လေပါဝင်မှု၊ အပူချိန်တိုးခြင်းစသည်) ပြောင်းလဲမှုကို အနည်းဆုံးဖြစ်စေသည့် သယ်ယူရေးကြာချိန် (transportation time) ဖြစ်အောင် စီစဉ်ထားရမည်။

၆) ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း (Pouring)

ကွန်ကရစ်မလောင်းခင် စစ်ဆေးခြင်းအပါအဝင် ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင် သတိထားရမည့် အချက်များကို ဖော်ပြရမည်။ Re-bar, formwork နှင့် falsework များအား တပ်ဆင်နေရာချထားမှုကို စစ်ဆေးပြီးမှ ကွန်ကရစ်လောင်းရန် စီစဉ်ရမည်။ Construction plan တွင် သတ်မှတ်ထားသည့် ကွန်ကရစ်လောင်းရန် အတွက် အချက် များမှာ အောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်သည်။

- ကွန်ကရစ်လောင်းမည့် အပိုင်းများအား ကွန်ကရစ်မလောင်းခင် စစ်ဆေးရမည့် အချက်များ
- လုပ်သားအင်အားနှင့် စက်ယာဉ်ယန္တရား ပြင်ဆင်ထားမှု
- တစ်ကြိမ်တွင် လောင်းမည့် ဧရိယာ သို့မဟုတ် နေရာ
- လောင်းမည့် ရှေ့နောက်အစီအစဉ်
- fluctuation ကို တိုင်းတာမည့် နည်းလမ်း
- consolidation လုပ်မည့် နည်းလမ်း
- vibrators အရေအတွက်၊ အရွယ်အစား၊ လုပ်ဆောင်နိုင်မှု စွမ်းရည်နှင့် vibration လုပ်မည့် နည်းလမ်းများ

၇) အသားသေအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (Curing)

Curing ပြုလုပ်ရမည့် အချိန်သည် နေ့စဉ် ပြင်ပ ပျမ်းမျှအပူချိန်နှင့် ဘိလပ်မြေအမျိုးအစားကို လိုက်၍ ပြောင်းလဲနေသည့်အတွက်၊ သင့်လျော်သည့် curing အစီအစဉ် ရေးဆွဲရန် လိုအပ်သည်။

- Curing နည်းလမ်း
- Structure တစ်ခုချင်းစီအတွက် Curing လုပ်သည့် ကြာချိန်

၈) အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေး အစီအစဉ် (Quality Control Plan)

အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေး (Quality Control) ဆိုသည်မှာ အဆောက်အဦများ ကြာရှည်ခံစေရေး အတွက် အရေးအကြီးဆုံးသော စီမံခန့်ခွဲမှု တစ်ရပ်ပင်ဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ် အဆောက်အဦများကို ကုန်ကျစရိတ် သက်သက်သာသာနှင့် လိုအပ်သည့် အရည်အသွေးများအတိုင်း ဆောက်လုပ်နိုင်ရန်၊ ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်း အဆင့်တိုင်း အတွက် Quality Control Plan ကို ရေးဆွဲရမည်။ ထို့ပြင်

Quality Control Plan ကို ထိထိရောက်ရောက်နှင့် စနစ်တကျ အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ရမည်။ Quality Control Plan ရေးဆွဲရာတွင် ကွန်ကရစ် material များ၊ steel material များ၊ စက်ကိရိယာ ပစ္စည်းပစ္စယများနှင့် ဆောက်လုပ်ရေးနည်းလမ်းတို့ကို သင့်လျော်မှန်ကန်စွာ စီစဉ်နိုင်ရန်၊ စီမံခန့်ခွဲနိုင်ရန်အတွက် စဉ်းစား ရမည် ဖြစ်သည်။

Quality control တွင် ယေဘုယျအားဖြင့် ၂ ဆင့်ရှိပါသည်။ Concrete construction အတွက် ဝယ်ယူသည့် ပစ္စည်းများအား အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းခြင်းနှင့် ကွန်ကရစ်ခဲလာပြီးသည့်နောက် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းခြင်းတို့ ဖြစ်သည်။ ထို Quality control ၂မျိုးစလုံးကို စံသတ်မှတ်ချက်များ၊ ကန်ထရိုက် စာချုပ်တို့နှင့်အညီ ဆောင်ရွက်ရန် လိုပြီး၊ သင့်လျော်မှန်ကန်သော စက်ကိရိယာများ၊ မျက်စိဖြင့် ကြည့်ရှုလေ့လာခြင်းအပါအဝင် သင့်လျော်သည့် နည်းလမ်းများဖြင့် သိရှိတိုင်းတာရန် လိုအပ်သည်။ လိုအပ်သော အရည်အသွေးများရရှိရန် မဖြစ်နိုင်ဟု ယူဆရပါက အခြားသင့်လျော်သည့် ဆောင်ရွက်ချက်များကို ကြိုတင်ပြင်ဆင်ရန် လိုအပ်သည်။

Quality Control ဆိုသည်နှင့် စမ်းသပ်ချက်မျိုးစုံ လုပ်ဆောင်ခြင်း၊ မလိုအပ်သည့် ဒေတာများ ကောက်ယူခြင်းတို့ လုပ်ရန် မလိုပါ။ လိုအပ်သည့် စမ်းသပ်ချက်များကို သတ်မှတ်ထားသည့် အကြိမ်အရေအတွက်အတိုင်း လုပ်ဆောင်ရန်သာ အရေးကြီးသည်။ ကွန်ကရစ်အရည်အသွေးကို ထိန်းသိမ်းရန်ဆိုလျှင် ပထမဦးစွာ strength၊ ကြာရှည်ခံမှု၊ ရေလုံမှု စသည့် လိုအပ်သည့် အရည်အသွေးများကို ကြိုတင်၍ အဆင့် သတ်မှတ်ရမည်။ ထို့ပြင် အတိအကျ ကိုယ်စားပြုနိုင်သည့် characteristic တန်ဖိုးများကို စဉ်းစားရမည်။ ထို characteristic တန်ဖိုးများ၏ ခွင့်ပြုနိုင်သော အတိုင်းအတာ range ကို ဆုံးဖြတ်ရန်နှင့် ၎င်းတို့ကို Quality Control Plan တွင် ဖော်ပြရန် အရေးကြီးသည်။ အတိအကျဆိုရလျှင် Compressive strength သည် ကွန်ကရစ်၏ အရည်အသွေး ကို ခြုံငုံ၍ အဆုံးအဖြတ်ပေးနိုင်ပြီး၊ structural ဒီဇိုင်းအတွက် အခြေခံဖြစ်သဖြင့် အရေးပါသော characteristic တန်ဖိုးတစ်ခုဖြစ်သည်။

က) Material အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေးအတွက် စဉ်းစားရမည့် အချက်များ

- ဘိလပ်မြေ - သိပ်သည်းခြင်း၊ ရာသီဥတုဒဏ်ခံနိုင်သည့် အတိုင်းအတာ၊ အဆင့်
- ရောစပ်သည့်ရေ - ကလိုရိုက် ပါဝင်မှု၊ organic impurities များဖြင့် ညစ်ညမ်းမှု
- Aggregate - သိပ်သည်းခြင်း၊ ရေစုပ်ယူမှု၊ မျက်နှာပြင်စိုစွတ်မှု၊ Grading
- Admixture - အရည်အသွေးလျော့ပါးစေခြင်း စသည်
- Steel material - သံချေးတက်ခြင်း

ခ) **ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ထုတ်လုပ်ခြင်း အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေးအတွက် စဉ်းစားရမည့် အချက်များ**

- ကွန်ကရစ်ထုတ်လုပ်သည့် စက်များ - တိုင်းတာရေး ကိရိယာများ၊ ဖျော်စပ်သည့် စက်များ စသည် (Calibration စသည်ဖြင့်)
- ထုတ်လုပ်မှုအဆင့် - material တစ်ခုချင်းစီ၏ အလေးချိန်တိုင်းတာမှု၊ ဖျော်စပ်သည့် နည်းလမ်းနှင့် ရှေ့နောက်အစီအစဉ်

ဂ) **ကွန်ကရစ်အရည်အသွေး**

- Fresh Concrete - Workability, Slump ၊ လေပါဝင်မှု၊ အပူချိန်၊ တစ်ယူနစ် အလေးချိန်
- ရေ-ဘိလပ်မြေ အချိုး
- Hardened Concrete- Compressive strength, Flexural strength, ကြာရှည်ခံမှု

သံချောင်းများနှင့် သံပစ္စည်းများကဲ့သို့ ဝယ်ယူသည့် ပစ္စည်းများ၏ အရည်အသွေး ထောက်ခံစာများကို အတည်ပြုစစ်ဆေး၍ သိမ်းဆည်းထားရန် လိုအပ်သည်။ စက်ရုံများ၌ ထုတ်လုပ်မှုကို စစ်ဆေးခြင်း သို့မဟုတ် ပစ္စည်းတစ်ခုချင်းစီအား စမ်းသပ်ခြင်းတို့ ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။

၅.၅ ဆောက်လုပ်ရေး စီမံခန့်ခွဲမှုအစီအစဉ် (CONSTRUCTION MANAGEMENT PLAN)

Construction management သည် ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများကို ကုန်ကျစရိတ် သက်သက်သာသာနှင့် လိုအပ်သည့် အရည်အသွေးများအတိုင်း ဆောက်လုပ်ပြီးစီးရန်အတွက်၊ ဆောက်လုပ်သည့် အချိန်တွင် မူလစီစဉ်ထားသည့် အစီအစဉ်များ၊ လုပ်ငန်းစဉ်များ၊ နည်းလမ်းများ အတိုင်း လုပ်ကိုင်နိုင်ခြင်းရှိ၊ မရှိ စစ်ဆေးအတည်ပြုခြင်း ဖြစ်သည်။ Management Plan ကို ပုံ ၅.၅-၁ တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း အဆင့် ၄ ဆင့်ဖြင့် ဆောင်ရွက်သင့်သည်။

- အရည်အသွေး ရည်မှန်းချက်များကို သတ်မှတ်ပြီး၊ ရည်မှန်းချက်များ ပြည့်မီအောင် ဆောင်ရွက်မည့် နည်းလမ်း စံသတ်မှတ်ခြင်း (PLAN)
- စံသတ်မှတ်ထားသည့် နည်းလမ်းဖြင့် လက်တွေ့အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ခြင်း (DO)
- လက်တွေ့အကောင်အထည်ဖော်မှု (execution) လုပ်ကိုင်ရန်၊ ရလဒ်များက ကိန်းဂဏန်း အတိုင်းအတာ (range of statistical dispersion) အတွင်း ဝင်၊ မဝင် ကို စစ်ဆေးခြင်း (CHECK)
- Statistical management အခြေအနေအတွင်း မဝင်ပါက၊ နည်းလမ်း ပြောင်းခြင်း သို့မဟုတ် စီမံခန့်ခွဲမှု အစီအစဉ် ပြောင်းခြင်းကဲ့သို့ ပြင်ဆင်ပြောင်းလဲသည့် ဆောင်ရွက်ချက်များ လုပ်ဆောင်ခြင်း (ACTION)

အထက်ပါ အဆင့် ၄ ဆင့်ဖြင့် စီမံခန့်ခွဲသည့် နည်းလမ်းကို PDCA နည်းလမ်းဟုခေါ်သည်။ ၎င်းကို construction management လုပ်ငန်းများတွင် တွင်တွင်ကျယ်ကျယ် အသုံးပြုကြပြီး၊ quality assurance management တွင် အလွန် ထင်ရှားသည်။

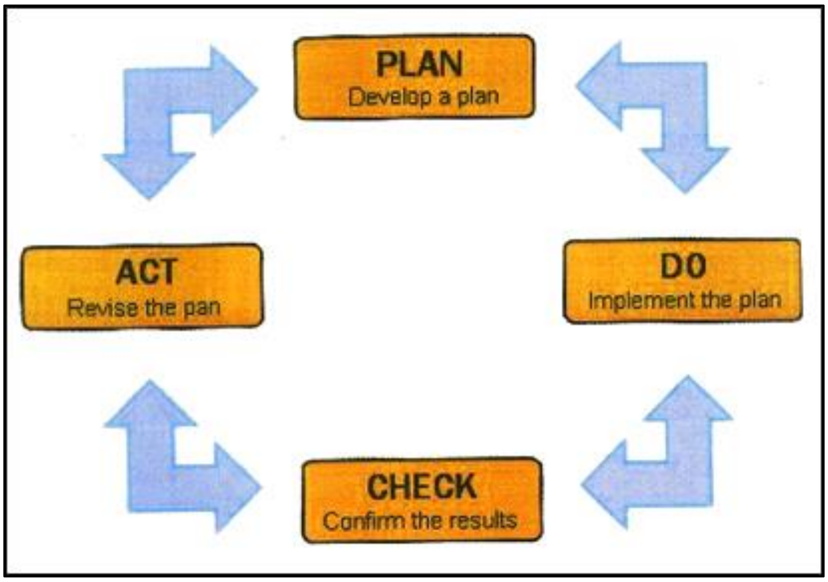


Figure 5.5-1 Cycle of PDCA

Construction management plan တွင် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့် လုပ်ငန်းကို စီမံကိုင်တွယ်နိုင်မည့် အဖွဲ့အစည်းနှင့် စီမံခန့်ခွဲမည့်နည်းလမ်းကို ဆုံးဖြတ်ရမည်။ လိုအပ်သည့် ဆောက်လုပ်ရေးဆိုင်ရာ မှတ်တမ်းများကို သိမ်းဆည်းထိန်းသိမ်းရန် အတွက်လည်း စီမံခန့်ခွဲမှု လုပ်ရမည် ဖြစ်သည်။

Management of Concrete Works

ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများအတွက် concrete management plan တွင် သုံးသပ်စစ်ဆေးရမည့် အချက်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

- ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း - လောင်းသည့်နည်းလမ်း၊ Consolidation လုပ်သည့်နည်းလမ်း
- Curing- အပူချိန်၊ လုပ်မည့်အချိန်၊ နည်းလမ်း
- Formworks များ၊ ငြမ်းများ ဖယ်ရှားခြင်း၊ ဖျက်သိမ်းခြင်း - ဖယ်မည့်၊ ဖျက်မည့်အချိန်၊ ကွန်ကရစ် Strength
- Workmanship: Structure တစ်ခုချင်းစီအတွက် Tolerance

ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများ စီမံခန့်ခွဲရာတွင် နေ့စဉ် ရာသီဥတု၊ နေ့ရက်နှင့် အချိန်အလိုက် လုပ်ငန်းတိုးတက်မှု၊ ဆောက်လုပ်သည့်အချိန်၌ ရေးမည့် အထူးမှတ်စုမှတ်ရာများ၊ တာဝန်ခံ ပုဂ္ဂိုလ်၏

အချက်အလက်များ နှင့် quality control စမ်းသပ်ချက် ရလဒ်များကို ဖြည့်သွင်းနိုင်သည့် management format တစ်ခု လိုအပ်သည်။ ထို format ကို လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာက ပြင်ဆင်ပြီး၊ ရေးသွင်းမှတ်တမ်းတင်ရမည်။ နောက်တစ်နေ့တွင် အက်ကွဲကြောင်း၊ cold joint စသည့် ပြဿနာ တစ်စုံတစ်ရာ ဖြစ်ပေါ်ပါက ဤမှတ်တမ်းသည် အလွန်အသုံးဝင်ပြီး၊ ပြဿနာ၏ အကြောင်းရင်း ကို ခွဲခြားဆန်းစစ်ရန် အရေးပါသည့် အချက်အလက် ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် အသေးစိတ် မှတ်တမ်းတင်ရန် အတွက် ထို format ကို ပြင်ဆင်ထားရန် အရေးကြီးသည်။ ၎င်းသည် construction management လုပ်ငန်းစဉ်တစ်ခုလုံးအတွက် ထိရောက်တိုးတက်မှု ရှိစေမည် ဖြစ်သည်။

Management format နမူနာကို Appendix 4 တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

၅.၆ ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး စီမံခန့်ခွဲမှုအစီအစဉ် (SAFETY MANAGEMENT PLAN)

Construction plan တွင် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးစီမံခန့်ခွဲမှုသည် အရေးကြီးသောအချက် တစ်ချက် ဖြစ်သည်။

ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး အစီအစဉ်သည် မြန်မာနိုင်ငံ၏ ဥပဒေများ၊ စပ်လျဉ်းသည့် စည်းကမ်း ကန့်သတ်ချက်များကို လိုက်နာရန် လိုအပ်သည်။ Safety Management Plan ထဲတွင် အင်ဂျင်နီယာ များသည် လုပ်ငန်းခွင်ရှိ ဝန်ထမ်းများအတွက်သာမက၊ အခြားလူ (third parties) များအတွက် ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေး အစီအစဉ်များကိုပါ အသေးစိတ် ရှင်းလင်းဖော်ပြထားရမည် ဖြစ်သည်။ ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေး အစည်းအဝေး၊ tool box meeting နှင့် safety patrol တို့ကို ပုံမှန်လုပ်သင့်သည်။ လုပ်ငန်းခွင် များသို့ safety managers များ စေလွှတ်ခြင်းသည်လည်း safety control, safety development နှင့် dynamic safety management အစီအစဉ်များ တိုးတက်စေရန် ထိရောက်သည့် နည်းလမ်းတစ်ခု ဖြစ်သည်။

လုပ်ငန်းခွင်တွင် ထိခိုက်ဒဏ်ရာရမှုများ ဖြစ်တတ်သည့်အတွက်၊ အနီးဝန်းကျင်ရှိ ဆေးရုံဆေးခန်းများသို့ မည်သို့ ဆက်သွယ်မည်ကို ကြိုတင်ပြင်ဆင်ထားရန်လိုသည်။ ဆက်သွယ်ရန် အချက်အလက်များကို လုပ်ငန်းခွင်မှ လူတိုင်း သိရှိနိုင်အောင် လုပ်ထားရမည်။ သက်ဆိုင်သည့် ဝန်ထမ်းများအားလုံးကို မျှဝေ အသိပေးထားရမည်။

ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး စီမံခန့်ခွဲမှု အသေးစိတ်ကို ဤစီမံကိန်း၏ ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေး စီမံခန့်ခွဲမှု လက်စွဲစာအုပ်တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

၅.၇ အခြားအရာများ

သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်နှင့် လူမှုဝန်းကျင်အပေါ် ထိခိုက်မှုများ ရှိသည်ဟု ယူဆရပါက ပြင်ဆင်ကုစား သည့် ဆောင်ရွက်ချက်များနှင့် လေ့လာစောင့်ကြည့်ရေး အစီအစဉ်များ ချမှတ်ရေးဆွဲရမည်။ မြစ်ချောင်းများ အနီး၊ လယ်ယာမြေများအနီး သို့မဟုတ် မြေအောက် တို့တွင် ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများ လုပ်ကိုင်ပါက အထူးသတိထားရန်လိုအပ်ပြီး၊ ရေထုညစ်ညမ်းမှုကို ကာကွယ်ရန် ရေစွန့်ထုတ်မှုနှင့် ပတ်သက်ပြီး ပြည့်ပြည့်စုံစုံ စီမံခန့်ခွဲမှုလုပ်ကိုင်ရန် လိုအပ်ပါသည်။

လူနေဧရိယာများ၊ စီးပွားရေးလုပ်ငန်းဧရိယာများတွင် ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းလုပ်ပါက၊ လုပ်ငန်းကြောင့် ဖြစ်သည့် ဆူညံသံ၊ လေထုညစ်ညမ်းမှု၊ အများပြည်သူသွားလာရေး ပိတ်ဆို့စေမှု စသည်တို့ကို ထိန်းချုပ် လျှော့ချရန် လိုအပ်သည်။

အခန်း ၆.   ပစ္စည်းများသိုလှောင်ခြင်း

၆.၁ ဘိလပ်မြေသိုလှောင်ခြင်း

လုပ်ငန်းခွင်ထဲတွင် ဘိလပ်မြေများသိုလှောင်နိုင်ရန်နှင့် အစိုပြန်ခြင်းမှကာကွယ်ရန် သင့်လျော်သော နည်းလမ်းများ ပါဝင်သည့် အစီအစဉ် ရေးဆွဲထားရမည်။ အကြောင်းကြောင်းကြောင့် တချို့တစ်ဝက် စခဲနေသော ဘိလပ်မြေအိတ် များနှင့် အခဲများဖြစ်နေသော ဘိလပ်မြေအိတ် များကို ပယ်ရမည်။ ၂ လ နှင့် အထက် သိုလှောင်ထားသော ဘိလပ်မြေအိတ်များ၊ ၆လနှင့်အထက် သိုလှောင်ထားသော Bulk နှင့် လာသည့် ဘိလပ်မြေများ၊ အင်ဂျင်နီယာ၏ အမြင်တွင် အကြောင်းတစ်ခုခုကြောင့် ထိခိုက်ပျက်စီး နေသည်ဟု ယူဆရသည့် ဘိလပ်မြေများကို လုပ်ငန်းခွင်၌ အသုံးမပြုခင် ၎င်းတို့၏ အရည်အသွေးကို ပြန်လည်စစ်ဆေးပြီး အကဲဖြတ် ဆုံးဖြတ်ရမည်။

<u>သင့်လျော်သော သိုလှောင်ရုံများ (Storage House)</u>

သိုလှောင်ရုံသည် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရန် လိုအပ်သည့် ဘိလပ်မြေ ပမာဏကို သိုလှောင်ထားနိုင်အောင် ကျယ်ဝန်းသည့် ကြမ်းခင်းဧရိယာ ရှိရမည်။ ထို့ပြင် ဝင်ရ ထွက်ရ၊ သယ်ယူရ လွယ်ကူပြီး လေဝင်လေထွက် ကောင်းမွန်သော ပြတင်းပေါက် များလည်း ရှိရမည်။ ဖြစ်နိုင်လျှင် ကြမ်းခင်းကို ကွန်ကရစ်ဖြင့် ပြုလုပ်ရမည်။ သစ်သားကြမ်းခင်း ပြုလုပ်မည် ဆိုပါက၊ သိုလှောင်ရုံကို အဆင်ပြေ၍ ခြောက်သွေ့သော နေရာတွင် တည်ဆောက်ရမည်။ ထို့အပြင် ကြမ်းခင်းပျဉ်ပြား များသည် အနည်းငယ်မျှ ဟမနေစေရ။ ကြမ်းခင်းကို မြေပြင် အထက် အနည်းဆုံး ၂၀ စင်တီမီတာ မြင့်၍ ခင်းထားရမည်။

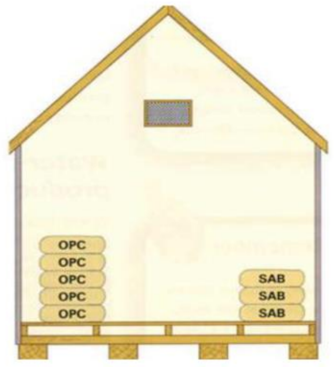


Figure 6.1-1 Recommendable Plan for Cement Storage House

၆.၁.၁ သိုလောင်ရာတွင် ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည့် အချက်များ

လုပ်ငန်းခွင်၏ ပတ်ဝန်းကျင်ထိန်းသိမ်းရေး ဆောင်ရွက်ချက်နှင့်အညီ ဘိလပ်မြေ သိုလှောင်ရုံ တစ်ခုလုံးသည် ထိရောက်မှုတသော လေဝင် လေထွက် ရှိရန်၊ သင့်တင့် လျောက်ပတ်သော လေအဝင်အထွက် ပမာဏ ရရှိရန် မဖြစ်မနေ လိုအပ်သည်။ သိုလှောင်ရုံတွင် လေဝင်လေထွက် အနေအထားကြောင့် ဘိလပ်မြေ အရည်အသွေး ပျက်စီးခြင်း လုံးဝ မဖြစ်စေရပါ။ ဘိလပ်မြေများကို အမျိုးအစားအလိုက် သာမက၊ ဖြန့်ဖြူးသည့် (ရောက်ရှိသည့်) ရက်စွဲများအလိုက်ပါ အုပ်စုခွဲထားခြင်း အားဖြင့် အလွန်အမင်း လေသလပ်ခြင်းကို ကာကွယ်ရန် အထူး စီမံထားရှိရမည်။

Figure 6.1-2 Recommendable Plan for Storage of Cement Bags

ဘိလပ်မြေအိတ်များကို ကြမ်းခင်းပေါ်တွင် တိုက်ရိုက် ချမထားရပါ။ တိုက်ရိုက်ချထားမည်ဆိုပါက၊ ကြမ်းခင်းအား လုံလောက်သော အမြင့်ဖြစ်သည့် မြေကြီးအထက် ၃၀ စင်တီမီတာသို့ မြှင့်ထား ပေးရန် လိုအပ်သည်။ သိုလှောင်ရုံတွင် ဘိလပ်မြေအိတ်များကို အများဆုံး ၁၀ အိတ်အထိသာ ထပ်၍ စီရမည်။ ဘိလပ်မြေအိတ်များကို ရေလုံသောအစဖြင့် ဖုံးအုပ်ထား ရမည်။ ဘိလပ်မြေများကို ရောက်ရှိသည့်ရက်စွဲ အစဉ်လိုက်အတိုင်း အသုံးပြုသင့်သည်။ သိုလှောင်သည့် ဘိလပ်မြေ ပမာဏသည် တစ်နေ့တာ အသုံးပြုမည့်ပမာဏ၏ သုံးဆကျော် ရှိသင့်သည်။

၆.၁.၂ မှတ်တမ်းတင်ရမည့် အရာများ

ဘိလပ်မြေအတွက် မှတ်တမ်းရေးသွင်းရမည့်အရာများမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်ပါသည်။

- ဘိလပ်မြေ ရောက်သည့်နေ့ရက်၊ အရေအတွက်နှင့် ပေးသွင်းသူနာမည်
- ဘိလပ်မြေတံဆိပ်နှင့်အမျိုးအစား
- ပစ္စည်းချသည့်နေရာ
- အသုံးပြုသည့်ရက်စွဲ

မှတ်တမ်းများကို Storekeeper က လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာဆီသို့ ပြသရမည်။ Storekeeper သည် လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာ လိုအပ်နိုင်လောက်သည့် အသေးစိတ်အချက်အလက်များနှင့် ကွန်ကရစ်

လောင်းသည့် အခါတိုင်း တစ်နေ့တာအသုံးပြုသည့် ဘိလပ်မြေပမာဏတို့ကို နေ့စဉ် မှတ်တမ်းတင်ထားရမည် ဖြစ်သည်။

၆.၂ AGGREGATES နှင့် သဲများ သိုလှောင်ခြင်း

ကွန်ကရစ် ရောစာများ (Aggregates) များနှင့် သဲများကို ကိုင်တွယ်ရာနှင့် သိုလှောင်ရာတွင် အဓိက အရေးကြီးသည်မှာ အရွယ်အစားအလိုက်ကွဲသွားခြင်း (Segregation) နှင့် ပြင်ပအရာဝတ္ထုများနှင့် ရောနှော ညစ်ညမ်းသွားနိုင်ခြင်း (Contamination) တို့ကို ကာကွယ်ရန်ပင်ဖြစ်သည်။ သိုလှောင်သည့် နေရာတွင် ရောစာများနှင့် သဲများ အားလုံးမှ ရေ (အစိုဓာတ်) ထွက်နိုင်အောင် (Drainage) လုံလုံလောက်လောက် ပြုလုပ်ပေးရမည်။ သို့မှသာ ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်သည့်အချိန်တွင် ရောစာများ၊ သဲများ၏ အစိုဓာတ်ပါဝင်မှု တူညီမည် ဖြစ်သည်။ ရောစာများကို အရွယ်အစားအလိုက် ခွဲခြား၍ ပုံသင့်ပြီး၊ အပုံအစွန်းများတွင် တစ်ပုံနှင့် တစ်ပုံ ရောသွားခြင်းမှ ကာကွယ်ရန်၊ လုံလုံလောက်လောက် ပိုင်းခြားပြီး ပုံရမည်ဖြစ်သည်။

၆.၂.၁ သင့်လျော်သည့် သိုလှောင်ရေး နည်းလမ်းများနှင့် သိုလှောင်ရန်နေရာများ

အထက်တွင်ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း လုံလောက်သော ရေစီးဆင်းမှု (drainage) ရှိရန်နှင့် ရောစာများကို အရွယ်အစားအလိုက် ခွဲခြား သိုလှောင်ရန်ကို အသေအချာ စဉ်းစားသုံးသပ်ရမည်။

သိုလှောင်ရေးနည်းလမ်းနှင့် သိုလှောင်ရေးအစီအစဉ်ကို အောက်ပါ ပုံ ၆.၂-၁ တွင် အကြံပြု ဖော်ပြထားရှိသည်။ ထို့အပြင် မိုးရွာသွန်းမှုကြောင့် ရောစာများ၏ အစိုဓာတ်ပါဝင်မှုနှုန်း မြင့်တက်လာနိုင်သည့်အတွက် အမိုးမိုးခြင်း သို့မဟုတ် ရေလုံသည့်အစများဖြင့် ဖုံးအုပ်ခြင်းများ စသည်တို့ကို ပြုလုပ်သင့်ပါသည်။

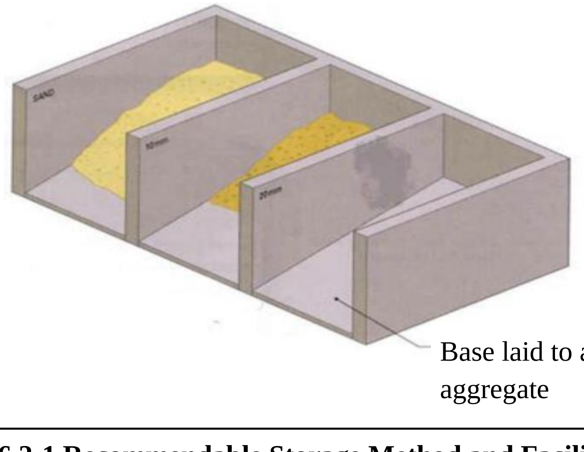


Figure 6.2-1 Recommendable Storage Method and Facilities for Sand and Aggregates

၆.၂.၂ မှတ်တမ်းတင်ရမည့် အရာများ

ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများကို စီမံခန့်ခွဲနိုင်ရန်နှင့် လေ့လာစောင့်ကြည့်ရန်အတွက် ပစ္စည်းဝယ်ယူခြင်းများ နှင့် လုပ်ငန်းခွင်သို့ လာရောက်ပို့ဆောင်ခြင်းများကို မှတ်တမ်းတင်ထားရမည်။ ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများ အဆင်ပြေ ချောမွေ့စေရန်အတွက် သိုလှောင်ထားသည့် ပစ္စည်း ပမာဏကို သုံးသပ် စစ်ဆေးနေရမည်။

၆.၃ ရေ

နေ့စဉ်လောင်းမည့် ကွန်ကရစ်ပမာဏ ဖျော်စပ်ရန်အတွက် သင့်တင့်လုံလောက်သော ရေပမာဏကို အမျိုးအစားအတိုင်း တွက်ချက်၍ သိုလှောင်ထားရမည်။

၆.၃.၁ သင့်လျော်သည့်သိုလှောက်ရေးနည်းလမ်းနှင့် သိုလှောင်ရန် နေရာများ

ကျေးလက်ဒေသများတွင် ဆောင်ရွက်ပါက၊ ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းခွင်နေရာအနီးမှ ရေတွင်းများ သို့မဟုတ် မြစ်ချောင်းများမှ ရေကို အများအားဖြင့် ရယူကြသည်။ ပုံမှန်အားဖြင့် ရေကို သံစည်များ၊ ရေလှောင်ကန်များ စသည်တို့ဖြင့် သိုလှောင်ထားရှိသည်။ ရေသိုလှောင်ရန် နည်းလမ်းကို စဉ်းစားရာတွင် သိုလှောင်နိုင်သည့် ပမာဏ၊ ရေအရည်အသွေးကို ကျဆင်းစေနိုင်သော ပစ္စည်းများ ရောနှောခြင်းမှ ကာကွယ်ရန် စသည်တို့ကို အခြေခံပြီး စဉ်းစားဆုံးဖြတ်ရမည်။ အထူးသဖြင့် ရေရယူမည့် နည်းလမ်းသည် တည်ငြိမ်မှုရှိပြီး၊ ရေရှည်ရယူနိုင်သည့် နည်းလမ်းမျိုး ဖြစ်သင့်သည်။ ရေယူရာတွင် လျှပ်စစ် pump များ အသုံးပြုပါက၊ အရေးပေါ်အခြေအနေအတွက် အရန် pump နှင့် ပိုက် များကို ကြိုတင်စီမံထားရှိရမည်။

သံဖြင့် ပြုလုပ်ထားသော ရေစည်၊ ရေလှောင်ကန် အသုံးပြုသည့်အခါ၊ သံချေးမတက်စေရန် ကာကွယ်ထားသည့် အမျိုးအစားကို ရွေးချယ်သင့်သည်။

၆.၃.၂ မှတ်တမ်းတင်ရမည့် အရာများ

Construction Plan ရေးဆွဲချမှတ်ရန်အတွက် ရေအရည်အသွေးကိုလည်း စမ်းသပ်စစ်ဆေးရမည်။ သို့ရာတွင် အချိန်နှင့်အမျှ ရေအရည်အသွေးပြောင်းလဲနိုင်မှုကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး၊ ကွန်ကရစ် မလောင်းခင် တစ်ရက်အလိုတွင် ရေအရည်အသွေးကို ပြန်လည် အတည်ပြုသင့်ပါသည်။ ကလိုရိုက်ဒ်ပါဝင်မှု နှင့် pH စသည်တို့ကို ပြန်လည်စစ်ဆေးပြီး မှတ်တမ်းတင်ထားသင့်သည်။ သန့်စင်ထားသောရေ နှင့် သောက်သုံးနိုင်သောရေ မဟုတ်သည့် ရေကို အသုံးပြုရန် စီစဉ်ထားပါက၊ လိုအပ်သော စံသတ်မှတ်ချက်များကို အောက်ပါ ဇယား ၆.၃-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 6.3-1 Required quality in case of using the water other than treated (tap) water

Items	Required Quality
Suspended solid	Less than 2g/l
Chloride contents	200 ppm
PH	5.8 ~ 8.6

၆.၄ ADMIXTURE

၆.၄.၁ သင့်လျော်သည့် သိုလှောင်ရေးနည်းလမ်း

Admixture များ အရည်အသွေး ပြောင်းလဲခြင်းမရှိစေရန်၊ မိုးရေမထိစေရန်နှင့် အခြားပြင်ပ အရာဝတ္ထုများဖြင့် ရောနှောမသွားစေရန်တို့အတွက် အဆောက်အဦအတွင်း၌သာ သိုလှောင်ထားသင့်သည်။ Admixture များ အနည်ထိုင်ခြင်း မဖြစ်စေရန်အတွက် အသုံးမပြုခင် သေသေချာချာ မွှေရမည်။

၆.၄.၂ မှတ်တမ်းတင်ရမည့်အရာများ

လုပ်ငန်းခွင်အင်ဂျင်နီယာသည် အရည်အသွေးသက်သေခံလက်မှတ်များကို ပစ္စည်းပေးသွင်းသူထံမှ တောင်းထားရမည်ဖြစ်ပြီး ထိုသက်သေခံလက်မှတ်များကို သိုလှောင်ရုံ စီမံခန့်ခွဲမှုအတွက် သိမ်းဆည်းထားရမည်။

၆.၅ REINFORCEMENT BAR (RE-BAR)

အားဖြည့်သံချောင်း (Re-bar) သည် သံကူကွန်ကရစ်အတွက် အဓိကကျသော ပစ္စည်းဖြစ်ပြီး၊ ကွန်ကရစ်၏ strength နှင့် ကြာရှည်ခံမှုအပေါ်တွင် များစွာသက်ရောက်မှုရှိသည်။ ကွန်ကရစ်နှင့် သံချောင်းတို့၏ တွယ်ကပ်ခြင်း ဂုဏ်သတ္တိများကို ပြည့်ပြည့်ဝဝနှင့် မှန်မှန်ကန်ကန် ပေါင်းစပ်နိုင်မှသာလျှင် သံကူကွန်ကရစ်၏ လိုအပ်သော ခံနိုင်ရည်အားကို ရရှိမည်ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ်နှင့် တွယ်ကပ်မှုကို လျော့ကျစေနိုင်သော အရာများနှင့် ရောနှောမနေစေရန် သံချောင်းအား ကာကွယ်ထားရမည်။

၆.၅.၁ သင့်လျော်သော သိုလှောင်သည့်နည်းလမ်းနှင့် သိုလှောင်ရန်နေရာများ

သံချောင်းများကို မြေကြီးပေါ်တွင် တိုက်ရိုက်ထားသိုခြင်း မပြုရဘဲ၊ မြေကြီးပေါ်တွင် ဆင့်များ၊ တုံးများ ခံပြီးမှ သံချောင်းများတင်ရမည်။ ဆင့်များ၊ တုံးများ ခံပြီး တင်သော်လည်း၊ အောက်ခံမြေကြီးကို ပြုပြင်ထားခြင်း မရှိပါက၊ မြေကျွံမှု ဖြစ်နိုင်ပြီး၊ သံချောင်းများ မြေကြီးနှင့် ထိတွေ့သွားနိုင်သည်။

ထို့ကြောင့် မြေမညီသည့်နေရာများကို ကျောက်၊ ကျောက်စရစ်နှင့် ကွန်ကရစ်တို့ဖြင့် မျက်နှာပြင် ညီညာအောင် လုပ်ထားရမည်။

ထို့အပြင် စီမံကိုင်တွယ်ရ ပိုမိုအဆင်ပြေလွယ်ကူစေရန်အတွက် ဆင့်များ၊ တုံးများကို အရွယ်တူသံချောင်း အစည်း တစ်ခုနှင့် တစ်ခု ကြားတွင်သော်လည်းကောင်း၊ သံချောင်းအရေအတွက် အတိုင်းအတာတစ်ခု ကြားတွင်သော်လည်းကောင်း ဆင့်များ၊ တုံးများခြား၍ အစုလိုက် ထားသင့်သည်။သံချေးတက်ခြင်းမှ ကာကွယ်ရန် အတွက်လည်း ရေလုံသော အစဖြင့် ဖုံးအုပ်ထားသင့်ပါသည်။

သိုလှောင်သည့်နည်းလမ်းကို ပုံ ၆.၅–၁ တွင်ဖော်ပြထားပါသည်။

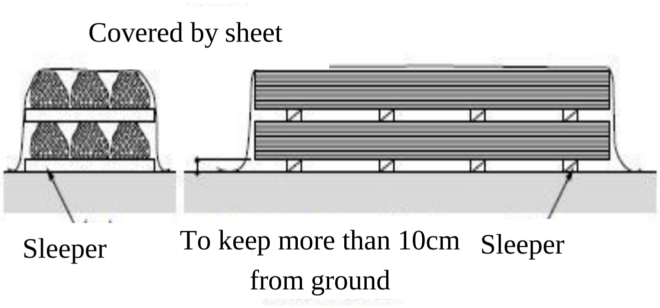
	
(a) Sleeper Arrangement	(b) Picture of Sleeper arrangement for Re-Bar

Figure 6.5-1 Recommended Storage Method and Facilities for Re-Bar

၆.၅.၂ မှတ်တမ်းတင်ရမည့်အရာများ

လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာသည် အရည်အသွေးသက်သေခံလက်မှတ်များကို ပစ္စည်းပေးသွင်းသူထံမှ တောင်းထားရမည် ဖြစ်ပြီး ထိုသက်သေခံလက်မှတ်များကို သိမ်းဆည်းထားရမည် ဖြစ်သည်။

၆.၅.၃ အခြား

Re-bar အရေအတွက်အတိုင်းအတာတစ်ခုအား tensile strength စမ်းသပ်မှု၊ bending strength စမ်းသပ်မှု စသည့် အရည်အသွေး စမ်းသပ်စစ်ဆေးမှုများ ပြုလုပ်သင့်သည်။

၆.၆ FORMWORK ပစ္စည်းများ

Formwork ပစ္စည်းများ သိုလှောင်ရေးသည် ယာယီလုပ်ငန်းစဉ်သာဖြစ်သည်။ သို့သော် Formwork ပစ္စည်းများသည် ကွန်ကရစ်၏ မျက်နှာပြင်ချောမွေ့မှု finishing ကို သက်ရောက်မှုရှိသည်။ အများအားဖြင့် Formwork ပစ္စည်းများကို အကြိမ်ပေါင်းများစွာ ပြန်လည်အသုံးပြုကြသည့်အတွက်၊

Formwork များ ကောင်းမွန်သည့်အနေအထားတွင် ရှိနေစေရန် မှန်မှန်ကန်ကန် သိုလှောင်သိမ်းဆည်းရန် လိုအပ်သည်။ Formwork များအား စနစ်တကျ သိုလှောင် သိမ်းဆည်းခြင်းသည် ကုန်ကျစရိတ် ချွေတာခြင်း ကိစ္စရပ်ကဲ့သို့ အရေးကြီးသည်။

၆.၆.၁ သင့်လျော်သည့် သိုလှောင်ရေးနည်းလမ်းနှင့် နေရာများ

Formwork များ သိုလှောင်သိမ်းဆည်းသည့် နည်းလမ်းသည် သံချောင်းသိုလှောင်သည့် နည်းလမ်းနှင့် အများအားဖြင့် အတူတူပင်ဖြစ်သည်။ Formwork ပစ္စည်းများကိုလည်း ပြုပြင်ထားခြင်းမရှိသော မြေကြီးပေါ်တွင် တိုက်ရိုက်ချထားခြင်း မပြုလုပ်ရပါ။ မြေကြီးပေါ်တွင် ဆင့်များ၊ တုံးများခံပြီးမှ Formwork ပစ္စည်းများ ထားရမည်။ ပုံ ၆.၆-၁ ကို ကြည့်ပါ။

ဆောက်လုပ်ပြီးစီးသွားသည့် အစိတ်အပိုင်းများမှ Forms များကို ပြန်လည်ခွာယူပြီးသည်နှင့် တစ်ပြိုင်နက် ချက်ချင်း သန့်ရှင်းရေးလုပ်ခြင်း၊ ပျက်စီးသွားသော အစိတ်အပိုင်းများကို ပြင်ဆင်ခြင်းနှင့် ဆီ (Form Oil) သုတ်ခြင်းတို့ကို ပြုလုပ်ရမည်။ ပျက်စီးပြီး ပုံသဏ္ဍာန်ပျက်ယွင်းသွားသော Formwork ပစ္စည်းများသည် ကွန်ကရစ်၏ ပုံသဏ္ဍာန်အရည်အသွေးကို တိုက်ရိုက် သက်ရောက်မှုရှိရုံသာမက၊ ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အချိန် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးကိုပါ သက်ရောက်မှုရှိသည်။ ထို့ကြောင့် ယေဘုယျအားဖြင့် ပြန်လည်ပြုပြင်၍မရတော့သည့် ပျက်စီးနေသော၊ ပုံသဏ္ဍာန်ယိုယွင်းနေသော Formwork များကို ပြန်၍အသုံးမပြုရပါ။

Figure 6.6-1 Recommended Storage Method and Facilities for Formwork Materials

၆.၆.၂ မှတ်တမ်းတင်ရမည့်အရာများ

အခြေခံအားဖြင့် Formwork ပစ္စည်းများကို မှတ်တမ်းတင်စရာ မလိုပါ။ သို့ရာတွင် Formwork ပစ္စည်းတစ်ခုချင်းစီ၏ အသုံးပြုသည့် အကြိမ်အရေအတွက်ကို မှတ်တမ်းတင်ထားသင့်သည်။

အခန်း ၇.   ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်ခြင်းနှင့် ဝယ်ယူခြင်း

၇.၁ ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်သည့် ပစ္စည်းကိရိယာများ

၇.၁.၁ ဖျော်စပ်သည့် စက်ပစ္စည်းကိရိယာများ (အထွေထွေ)

ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရာတွင် အသုံးပြုသည့် material အများစုကို Batching Plant တွင် ချိန်တွယ် တိုင်းတာသည်။ ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်ရာတွင် အလေးချိန် အချိုးအစား ကို အသုံးပြုပြီး၊ Batch Mixer ဖြင့် ဖျော်စပ်သည်။

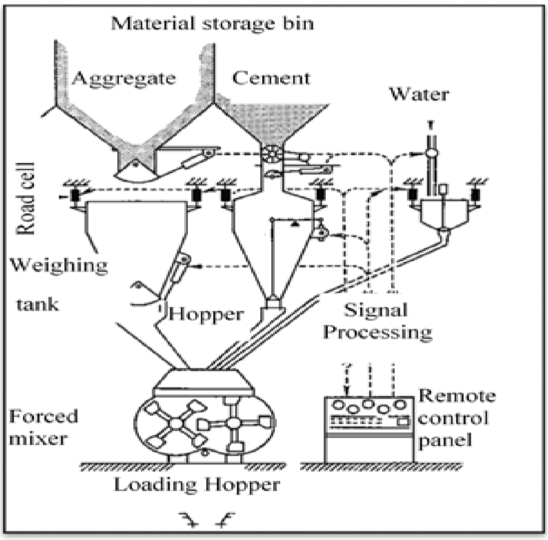


Figure 7.1-1 Structure of Batching Plant

Batching Plant တွင် ပစ္စည်းလှောင်ကန် (Material storage bin) ၊ ချိန်တွယ်ရေး ကိရိယာ (measuring facility) ၊ မွှေစက် (mixing facility) တို့ပါဝင်ပါသည်။ Batching Plant တည်ဆောက်ပုံကို ပုံ ၇.၁-၁ တွင်ဖော်ပြထားသည်။

၇.၁.၂ အလေးချိန် ချိန်တွယ်ခြင်း

ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ထုတ်လုပ်မှုတွင် Material များ ချိန်တွယ်တိုင်းတာခြင်းသည် အရေးအကြီးဆုံးသော လုပ်ငန်းစဉ် ဖြစ်သည်။ ဒီဇိုင်းစာရွက်စာတမ်းများပါ စံသတ်မှတ်ချက်များတွင် ဖော်ပြထားခြင်း သို့မဟုတ် အခြားတရားဝင်နည်းလမ်းများကို အတိအကျ ဖော်ပြထားခြင်းတို့မှအပ material များကို အလေးချိန်အားဖြင့်သာ တိုင်းတာ ရမည်။

ရောစာများ (aggregates) နှင့် ဘိလပ်မြေ ၏ အလေးချိန်ကို တိုင်းတာရန်အတွက် စက်ကိရိယာများကို သင့်လျော်စွာ ဒီဇိုင်းဆွဲ၍ တည်ဆောက်ထားရမည်။ ဘိလပ်မြေ နှင့် aggregate အရွယ်အစား တစ်မျိုးချင်းစီကို သီးခြားစီ ချိန်တွယ်ရမည်။ အလေးချိန်စံနှုန်း သိရှိပြီးသား အိတ်နှင့်လာသော ဘိလပ်မြေကို ချိန်တွယ်စရာ မလိုသော်လည်း၊ Bulk နှင့်လာသော ဘိလပ်မြေများကိုမူ ချိန်တွယ်ရမည်။ အလေးချိန်သည့် စက်ကိရိယာများ အားလုံး၏ accuracy အနေဖြင့် လိုအပ်သည့်အလေးချိန်ပမာဏ တစ်ခု (ဒီဇိုင်းအလေးအချိန်ပမာဏတစ်ခု) ကို ဆက်တိုက်တိုင်းတာကြည့်သည့်အခါ ကွာဟချက်မှာ ၁ ရာခိုင်နှုန်း အတွင်း၌သာ ရှိရမည်ဖြစ်သည်။

Material တစ်ခုချင်းစီအတွက် JIS A 5308 တွင် သတ်မှတ်ထားသည့် tolerenace ပမာဏများကို ဇယား ၇.၁-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

ကွန်ကရစ် တစ်ကြိမ် ဖျော်စပ်သော ပမာဏသည် ထုတ်လုပ်သူမှ အာမခံထားသော mixer capacity ထက် မကျော်လွန်ရပါ။ လေတိုက်ခြင်းကြောင့်ဖြစ်စေ အခြားအကြောင်းရင်းများကြောင့် ဖြစ်စေ material များ လေလွင့်ဆုံးရှုံးမှု မဖြစ်ရလေအောင် တိုင်းတာထားပြီးသော ပစ္စည်းများကို မွှေစက်ထဲသို့ ထည့်ထားရမည်။

Table 7.1-1 Measurement Tolerance of Quantity in One Batch (%)

Material	Tolerance
Cement	±1
Aggregate	±3
Water	±1
Admixture	±3

၇.၁.၃ မွှေစက် (Mixing Facility)

ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မှု အများစုတွင် မွှေစက်များကို အသုံးပြုကြသည်။ မွှေစက် အမျိုးအစား များကို ပုံ ၇.၁–၂ တွင်အကြမ်းဖျင်းဖော်ပြထားသည်။

Tilting Type Mixer၊ Forced Mixing Type (Pan Type) နှင့် Forced Mixing Type (Horizontal Two-axial Type) တို့၏ဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်ပုံကို ပုံ ၇.၁-၃၊ ပုံ ၇.၁-၄ နှင့် ပုံ ၇.၁-၅ တို့တွင် အသီးသီး ဖော်ပြထားသည်။

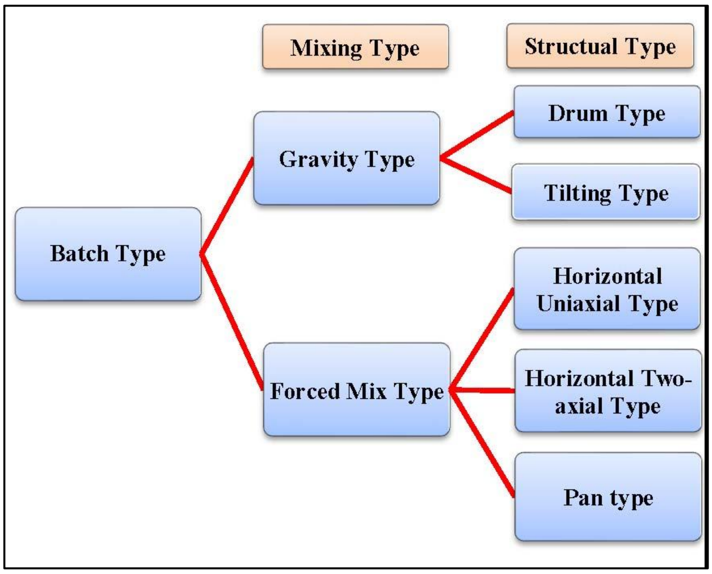


Figure 7.1-2 Typical Batch Type of Mixers

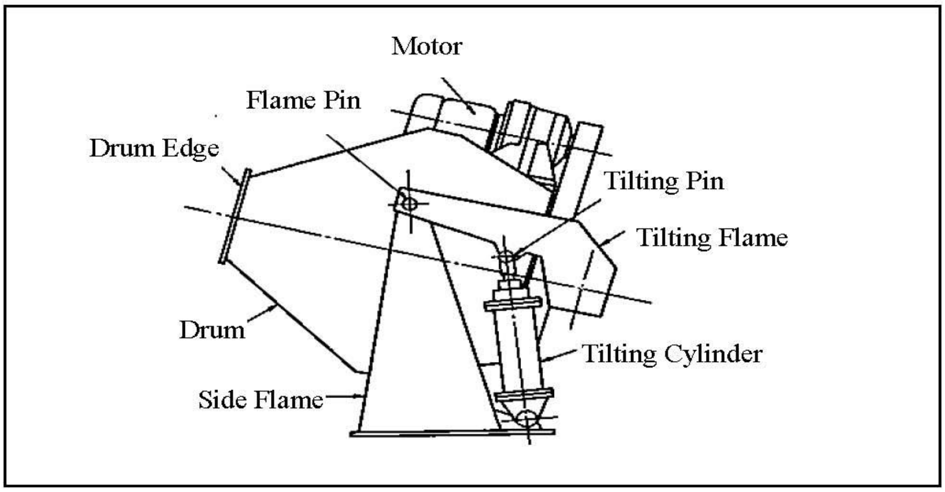


Figure 7.1-3 Structure of Tilting Type Mixer

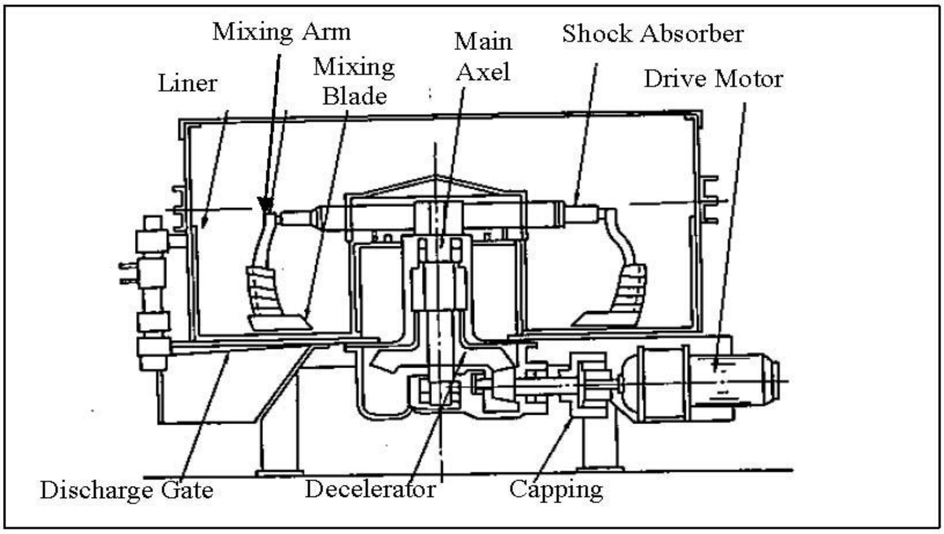


Figure 7.1-4 Structure of Forced Mixing Type (Pan Type)

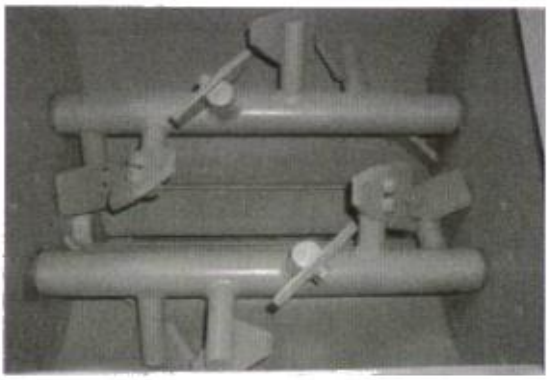
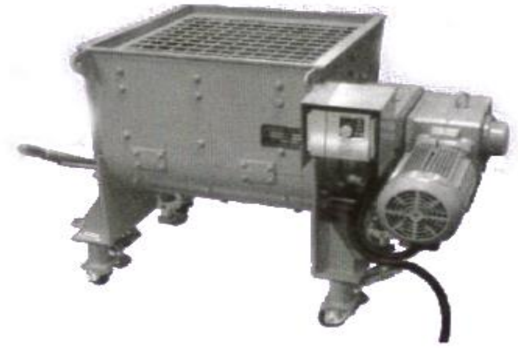



Figure 7.1-5 Structure of Forced Mixing Type (Horizontal Two-Axial Type)

Mixer များ ၏ ဖျော်စပ်သည့် အရည်အသွေးများကို JIS A 1111 - 'Test method for difference in mortar and aggregate content in mixed concrete with a mixer' နှင့်အညီ စမ်းသပ်စစ်ဆေး၍ အကဲဖြတ်ရမည်။

ဂျပန်နိုင်ငံတွင် ကွန်ကရစ်အရည်အသွေးကို JIS A 8603 " 'Concrete Mixer' တွင် ဖော်ပြထားသည့် အဖိ ခံနိုင်ရည်အားစမ်းသပ်ချက် (Compression Test) ၊ လေပါဝင်မှုစမ်းသပ်ချက် (Air Contents Test) နှင့် Slump Test စသည်တို့ဖြင့် ထိန်းချုပ်ထားသည်။

JIS A 8603 တွင် စံသတ်မှတ်ထားသော tolerance တန်ဖိုးများကို ဇယား ၇.၁-၂ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 7.1-2 Mixing Performance of Batch Type Mixer

Items		Mixing Concrete Quantities	
		In case of Nominal Capacity	**In case of 1/2 of Nominal Capacity**
Difference unit mass with volumetric of mortar in concrete		Less than 0.8%	Less than 0.8%
Difference unit quantity of aggregates in concrete		Less than 5%	Less than 5%
Difference	Compressive strength	Less than 7.5%	-
	Air contents	Less than 10%	-
	Slump	Less than 15%	-

*Coefficient of deviation ကို အောက်ဖော်ပြပါပုံသေနည်းဖြင့် တွက်ချက်သည်။

$((x1 - x2))/((x1 + x2)) \times 100\%$

X1 : နမူနာ (၁) သို့မဟုတ် (၂) မှရရှိသော material ပမာဏ။ ကွန်ကရစ်အိကျခြင်း သို့မဟုတ် Compressive Strength ဆိုလျှင် ပိုကြီးသည့် တန်ဖိုးကိုယူရမည်။

X2 : နမူနာ (၁) သို့မဟုတ် (၂) မှရရှိသော material ပမာဏ။ ကွန်ကရစ်အိကျခြင်း သို့မဟုတ် Compressive Strength ဆိုလျှင် ပိုငယ်သည့် တန်ဖိုးကိုယူရမည်။

၇.၂ ကွန်ရစ်ဖျော်စပ်သည့် စက်ကိရိယာများ၊ ချိန်တွယ်ခြင်းနှင့် ဖျော်စပ်ခြင်းတို့အား စီမံခန့်ခွဲခြင်း

၇.၂.၁ ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်သည့် စက်ကိရိယာများ

ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများမစတင်မီ ထုတ်လုပ်ရေးကိရိယာအားလုံး၏ လုပ်ဆောင်နိုင်စွမ်းကို စစ်ဆေးပြီး စံကိုက်ချိန်ညှိခြင်း (Calibration) လုပ်ရမည်။ ၎င်းလုပ်ငန်းမှတ်တမ်းများကို ကြိုတင်ပြင်ဆင်ထားပြီး သင့်လျော်သော အချိန်အတိုင်းအတာတစ်ခုအထိ သိမ်းဆည်းထားရမည်။

ကွန်ကရစ် material ပစ္စည်းတစ်ခုချင်းစီ၏ အလေးချိန်သည် ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အားအပေါ် များစွာ သက်ရောက်မှု ရှိသောကြောင့်၊ အလေးချိန် ချိန်တွယ်သည့် ကိရိယာများကို ပုံမှန် Calibration ပြုလုပ်ရန် အထူးသဖြင့် လိုအပ်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် ထို Calibration ကို စံသတ်မှတ်ထားသည့် သတ္တုအလေးချိန်ဖြင့် ပြုလုပ်ရမည်။ Batching plant တွင် တပ်ဆင်ထားသော ချိန်ခွင်ကိရိယာများ အတွက် Calibration လုပ်ရမည့် အကြိမ်အရေအတွက်မှာ Batching plant မတပ်ဆင်မီ သို့မဟုတ် တပ်ဆင်ပြီးချိန်တွင် တစ်ကြိမ်နှင့် ၎င်းနောက်ပိုင်းတွင် တစ်နှစ်လျှင် တစ်ကြိမ်ခန့်ဖြစ်သည်။ သယ်ဆောင်ရလွယ်ကူသော အလေးချိန်တွယ်စက်များအား Calibration လုပ်ခြင်းကိုမူ ကွန်ကရစ် လုပ်ငန်းများ မစတင်မီတွင် တစ်ကြိမ်နှင့် ၎င်းနောက်ပိုင်းတွင် ခြောက်လလျှင် တစ်ကြိမ်ခန့် လုပ်ဆောင် သင့်ပါသည်။ ဖျော်စပ်ပြီး ကွန်ကရစ် (fresh concrete) ကို ပေးသွင်းသူထံမှ ဝယ်ယူပါက Calibration လုပ်ထားသည့် သက်သေအထောက်အထားများကို စစ်ဆေး အတည်ပြုရန် လိုအပ်သည်။

၇.၂.၂ ရောစပ်ခြင်း (Batching)

ကွန်ကရစ် တစ်ကြိမ် ဖျော်စပ်မည့်ပမာဏသည် ထုတ်လုပ်သူက အာမခံထားသော mixer capacity ကို ကျော်လွန်၍မရပါ။ လေတိုက်ခြင်းကြောင့်ဖြစ်စေ အခြားကိစ္စရပ်များကြောင့်ဖြစ်စေ material များ လေလွင့်ဆုံးရှုံးမှု မဖြစ်ပေါ်စေရန်အတွက် တိုင်းတာထားပြီးသော ပစ္စည်းများကို ရောစပ်ပြီး မွှေစက်ထဲသို့ ထည့်ရမည်။

၇.၂.၃ ရောစပ်ခြင်း၊ မွှေခြင်း (Mixing)

ရောစပ်ချိန်တွင်အရေးကြီးသည့်အချက်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

၁) ကွန်ကရစ်အရောအနှောတစ်ခုလုံး၏ အရည်အသွေး တစ်သမတ်တည်း တူညီသည်အထိ ကွန်ကရစ် material များအား သမအောင် ရောစပ်ရမည်။ မွှေရမည်။

၂) ဖျော်စက်၊ မွှေစက် ထဲသို့ထည့်သွင်းမည့် ပစ္စည်းအစဉ်လိုက်ကို ကြိုတင်စဉ်းစားထားသင့်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် (၁) သတ်မှတ်ထားသောရေပမာဏ (စုစုပေါင်းပမာဏ၏ တစ်ဝက် သို့မဟုတ် သုံးပုံနှစ်ပုံ) ကို ဖျော်စက်ထဲသို့ ထည့်သည်။ (၂) အခြားပစ္စည်းများကို ဖျော်စက်ထဲသို့ တစ်ပြိုင်နက်တည်း ထည့်သည်။ (၃) အခြားပစ္စည်းများ ထည့်ပြီးသည့်နောက် ကျန်ရှိနေသော ရေပမာဏကို ထည့်သည်။

၃) Mixing time ကို လုပ်ငန်းခွင်တွင် ပြုလုပ်သော စမ်းသပ်မှု ရလဒ်များအပေါ်အခြေခံ၍ မူအားဖြင့်၊ ဆုံးဖြတ်သည်။ စမ်းသပ်မှုများ မလုပ်ထားသည့် အခြေအနေတွင် JIS 1119 အရ Tilting Type Mixer အတွက် သတ်မှတ်ထားသည့် အနည်းဆုံး ကြာချိန်မှာ ၉၀ စက္ကန့်ဖြစ်ပြီး၊ Forced Type

Mixer အတွက်မူ ၆၀ စက္ကန့် ဖြစ်သည်။ ထိုစံသတ်မှတ်ချက်အရ အများဆုံးကြာချိန်သည် လုပ်ငန်းခွင်တွင် သုံးနေကျဖြစ်သည့် ကြာချိန်၏ သုံးဆထက် မပိုရပါ။

၄) AASHTO M157 တွင်ဖော်ပြထားသော mixer ၏ စွမ်းဆောင်ရည် စမ်းသပ်ချက်များကို မလုပ်ဆောင်ထားပါက၊ အထိုင်ချထားသော mixer များအတွက် လိုအပ်သော Mixing time မှာ ၉၀ စက္ကန့်ထက် မနည်း၊ ၅ မိနစ်ထက် မကျော်စေရပါ (AASHTO) ။

၅) Mixer ထဲသို့ထည့်မည့် ကွန်ကရစ်ပစ္စည်းများ၏ ပထမအသုတ်တွင် ဘိလပ်မြေ၊ သဲနှင့် ရေတို့ ပိုလျှံစွာ ထည့်ရမည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် Drum ၏ အတွင်းဘက်မျက်နှာပြင်တစ်လျှောက် မဆလာများ ကပ်ညိသွားမှုကြောင့် လိုအပ်သည့် မဆလာပါဝင်မှု လျော့ကျမသွားစေရန်အတွက် ဖြစ်သည်။

၆) ကွန်ကရစ်ကို ချက်ချင်းအသုံးပြုမည့် ပမာဏလောက်ကိုသာ ဖျော်စပ်ရမည်။ ပါဝင်ပစ္စည်းများ အားလုံး တစ်သားတည်း ရောစပ်၊ ရောနှောသွားသည်အထိ သမအောင် မွှေရမည်။ ကနဦးခဲခြင်း (Initial set) ဖြစ်နေသည့် ကွန်ကရစ်ကို မသုံးရပါ။ ကွန်ကရစ်ကို ရေထည့်၍ ပြန်ဖျော်ခြင်း (Retempering) ကို ခွင့်မပြုရပါ။

၇) နောက်ဆုံးဖျော်စပ်ထားသည့် ကွန်ကရစ်ကို မဖယ်ရှားရသေးဘဲ၊ နောက်တစ်သုတ် ဖျော်စပ်မည့် ပစ္စည်းများကို mixer ထဲသို့မထည့်ရပါ။

၈) အရေးပေါ်အခြေအနေ သို့မဟုတ် လုပ်ငန်း၏ အရေးမကြီးသော အသေးစားအလုပ်များအတွက် ကွန်ကရစ် ပမာဏ အနည်းငယ်လိုအပ်ခဲ့လျှင် အင်ဂျင်နီယာမှ ခွင့်ပြုထားသော နည်းလမ်းများဖြင့် လက်ဖြင့် ဖျော်စပ်နိုင်သည်။

၉) Hot Weather Concrete (ပျမ်းမျှနေ့အပူချိန်သည် ၂၅ ဒီဂရီဆဲစီးယပ်စ်ထက်မြင့်နေခြင်း) ကို ဖျော်စပ်ရာ၌ အထက်ဖော်ပြပါ အမှတ်စဉ် ၁ မှ ၇ အပြင် အောက်ပါအချက်များကိုလည်း ထည့်သွင်း စဉ်းစားသင့်သည်။

(က) အတတ်နိုင်ဆုံး အပူချိန်နိမ့်သည့် ကွန်ကရစ်၏ပါဝင်ပစ္စည်းများကို သုံးရန်။

(ခ) ယေဘုယျအားဖြင့် ဖျော်စပ်ပြီး ကွန်ကရစ်၏အပူချိန်ကို ၃၀ ဒီဂရီ ဆဲစီးယပ်စ်အောက်၊ လောင်းနေသည့် ကွန်ကရစ်၏ အပူချိန်ကို ၃၅ ဒီဂရီဆဲစီးယပ်စ်အောက် ဖြစ်နေစေရန် စီမံရမည်။ ကွန်ကရစ် အပူချိန် ၁ ဒီဂရီဆဲစီးယပ်စ် လျော့ကျစေရန်အတွက်၊ ပါဝင်ပစ္စည်း တစ်ခုချင်းစီ၏ လျော့ချ ရမည့် အပူချိန်များကို ဇယား ၇.၂-၁ တွင်ဖော်ပြထားသည်။

Table 7.2-1 The temperature to be lowered for each material required to lower the concrete temperature by 1°C

Material	Required temperature
Cement	8°C
Aggregate	2°C
Water	4°C

၇.၃ ပုဂ္ဂလိကပေးသွင်းသူ (PRIVATE SUPPLIER) ထံမှ ကွန်ကရစ် ဝယ်ယူခြင်း

၇.၃.၁ ကွန်ကရစ် Specification နှင့် Supplier ရွေးချယ်မှု အစီအစဉ်

ပုဂ္ဂလိကပေးသွင်းသူထံမှ ဖျော်စပ်ပြီးခါစ ကွန်ကရစ်များ ဝယ်ယူရမည့်အခြေအနေမျိုးတွင် ပထမဦးစွာ လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာသည် အောက်ဖော်ပြပါစံသတ်ချက်မှတ်များကို သတ်မှတ်ရမည်။ Supplier ရွေးချယ်ရာတွင်၊ လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာသည် လိုအပ်သည့် fresh concrete များ ရရှိနိုင်မှု အခြေအနေ၊ သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး လမ်းကြောင်းနှင့် ကြာချိန်၊ စက်ရုံ၏ အရည်အသွေးထိန်းချုပ်မှု အနေအထား စသည်တို့ကို လျှောက်ထားလာသည့် Supplier များနှင့် အပြည့်အဝဆွေးနွေးရမည်။

၁) ဘိလပ်မြေအမျိုးအစားများ

၂) Aggregate များ၏အရည်အသွေးနှင့်အရွယ်အစား

၃) အယ်ကာလီ–ဆီလီကာ ဓာတ်ပြုမှု (Alkali-Silica Reaction) စစ်ဆေးစမ်းသပ်ချက်များ

၄) Admixture အမျိုးအစားများ

၅) ကလိုရင်းပါဝင်မှု

၆) လိုအပ်သော compressive strength

၇) လိုအပ်သော လေပါဝင်မှု

၈) လုပ်ငန်းခွင်သို့ လာပို့သည့်အချိန်၌ ရှိရမည့် ကွန်ကရစ်၏ လိုအပ်သော အမြင့်ဆုံး အပူချိန်

၉) ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး အမြင့်ဆုံးကန့်သတ်ချက်

၁၀) တစ်ယူနစ် ရေပါဝင်မှုအမြင့်ဆုံးကန့်သတ်ချက်

၁၁) တစ်ယူနစ် ဘိလပ်မြေပါဝင်မှု အမြင့်ဆုံးနှင့် အနိမ့်ဆုံး ကန့်သတ်ချက်

၁၂) အခြားလိုအပ်ချက်များ

၇.၃.၂ ကွန်ကရစ်လောင်းချိန်၌ သတိထားရမည့်အချက်များ

ယေဘုယျအားဖြင့် ကွန်ကရစ်စက်ရုံများသည် လုပ်ငန်းခွင်နေရာနှင့် အလှမ်းဝေးတတ်သည်။ ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းများ အဆင်ပြေချောမွေ့စွာဆောင်ရွက်နိုင်စေရန် ၎င်းကို Construction Plan တွင်

သေသေချာချာ ကြိုတင်ထည့်သွင်း စီစဉ်ထားရမည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းနေစဉ်တွင် လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာ သည် ကွန်ကရစ်စက်ရုံနှင့် ဆက်သွယ်၍ လုပ်ငန်းခွင်အခြေအနေနှင့် လုပ်ငန်းခွင် အခြေအနေ အလိုက် ပို့ဆောင်ရမည့် အကြောင်းကို ဆွေးနွေးပြောကြားရမည်။

၇.၄ နမူနာ ကောက်ယူခြင်းနှင့် စမ်းသပ်ခြင်း

နမူနာကောက်ယူခြင်းနှင့်စမ်းသပ်ခြင်းတို့အတွက် လိုအပ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီမှု ရှိ၊ မရှိကို AASHTO, ASTM ၏ အောက်ဖော်ပြပါ Standard methods များ သို့မဟုတ် JIS ကဲ့သို့သော အလားတူ စံချိန်စံညွှန်းများနှင့် အညီ ဆုံးဖြတ်ရမည်။

(၁) Fresh concrete နမူနာယူခြင်း- AASHTO T 141 (ASTM C172), JIS A 5308

(၂) ကွန်ကရစ်၏ Yield၊ လေပါဝင်မှု (Gravimetric)၊ တစ်ကုဗပေတွင်ရှိသော အလေးချိန်- AASHTO T121 (ASTM C138/C138M)

(၃) Portland cement concrete slump- AASHTO T 119 (ASTM C143/C143M), JIS A1101, JIS A5308 9.3

(၄) Pressure Method ဖြင့် ဖျော်စပ်ပြီးခါစ ကွန်ကရစ်၏ လေပါဝင်မှု- AASHTO T 152 (ASTM C231), JIS A1118, JIS A1128, JIS A5308 9.3

(၅) ဓာတ်ခွဲခန်းတွင် Concrete Test Specimen ပြုလုပ်ခြင်းနှင့် Curing လုပ်ခြင်း- ASTM C192/C192M)

(၆) လုပ်ငန်းခွင်တွင် Concrete Test Specimen ပြုလုပ်ခြင်းနှင့် Curing လုပ်ခြင်း- AASHTO T 23 (ASTM C31/C31 M)

(၇) Cylindrical Concrete Specimen ၏ Compressive Strength- AASHTO T 22 (ASTM C39/C39M)

(၈) ကလိုရိုက်ပါဝင်မှုစမ်းသပ်ချက်- JIS5308 8.6

လုပ်ငန်းခွင် (Site) တွင်ပြုလုပ်သော စမ်းသပ်မှုများအတွက် JIS မှ သတ်မှတ်ထားသည့် အကြိမ်ရေနှင့် အမှားခံနိုင်သော ပမာဏကို နမူနာအဖြစ် ဇယား ၇.၄-၁ တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

Table 7.4-1 Frequency and tolerance of tests conducted at the site specified by JIS

Test	Frequency	Tolerance
Slump	As general, once per $150m^3$	In case of design slump is ・Less than 5cm: ± 1.0cm ・Exceeding 5cm to less than 8cm : ± 1.5cm ・Exceeding 8cm to less than 18cm : ± 2.5cm ・Exceeding 18cm : ± 1.5cm
Air contents	Ditto	4.5% ± 1.5% for Portland cement concrete
Chloride Contents	Decided on site	In principal, $0.3kg/m^3$ for reinforcement concrete, it is not prescribed in the plain concrete.

ပထမဆုံး Specimen ကို ပထမဆုံး (စက်ရုံမှ) ရောက်ရှိလာသည့် သို့မဟုတ် ဖျော်စပ်ထားသည့် fresh concrete မှ ရယူသင့်သည်။ အနည်းဆုံးအနေဖြင့် ထိုကွန်ကရစ်များ၏ ပထမဆုံး ၃ခေါက်မှ နမူနာများရယူ၍ Slump၊ လေပါဝင်မှုနှင့် ကလိုရိုက် ပါဝင်မှုစမ်းသပ်ချက်များကို ပြုလုပ်သင့်သည်။

ကလိုရိုက်ပါဝင်မှုအတွက်မူ အလွယ်တကူ တိုင်းတာ၍ရသည့် Quantab ဖြင့် စမ်းသပ်စစ်ဆေးသင့်ပါသည်။ ထိုစမ်းသပ်ချက်အတွက် Record sheet နမူနာနှင့် manual ကို Appendix 5 တွင် ဖော်ပြထားသည်။

၇.၅ ကွန်ကရစ်ခံနိုင်ရည်အားကို အကဲဖြတ်ခြင်း

၇.၅.၁ စမ်းသပ်ချက်များ

ခံနိုင်ရည်အားစမ်းသပ်ချက် (Strength test) တွင် ၆လက်မ x ၁၂လက်မ အရွယ် နမူနာတုံး (specimen) အနည်းဆုံး ၂ တုံး၊ သို့မဟုတ် ၄လက်မ x ၈လက်မ အရွယ် specimen အနည်းဆုံး ၃တုံး တို့၏ ပျှမ်းမျှခံနိုင်ရည်အားများ ပါဝင်ရမည်။ Compressive Strength စမ်းသပ်ရန်အတွက် ကွန်ကရစ် batch တစ်ခုတည်းမှ ကျပန်းရယူထားသော ကွန်ကရစ်ဖြင့် specimen (ဆလင်ဒါ) များကို ပြုလုပ်ရမည်။ နမူနာယူခြင်း၊ ပုံစံလောင်းခြင်း၊ စမ်းသပ်ခြင်းတို့တွင် မှားယွင်းမှုများ တွေ့ပါက မည်သည့် specimen တုံးကိုမဆို ပယ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ Strength test ကို ကျန်သည့် နမူနာတုံး (များ) ၏ Strength များဖြင့် တွက်ရမည်။ လိုအပ်သော သတ်မှတ် Strength သည် 5.0 ksi (35 MPa ခန့်) ထက် ကျော်ပါက Strength test တစ်ခုချင်းစီ အတွက် အနည်းဆုံး ဆလင်ဒါ ၃ တုံးဖြင့် စမ်းသပ်ရမည်။

၇.၅.၂ Construction Operations များကိုထိန်းချုပ်ခြင်း

ကွန်ကရစ်အား curing လုပ်ခြင်းနှင့် ကာကွယ်ခြင်းများ လုံလောက်မှု ရှိ၊ မရှိ ဆုံးဖြတ်ရန်နှင့် ကွန်ကရစ် structures ပေါ်သို့ load နှင့် stress များ စတင် သက်ရောက်နိုင်မည့်အချိန်ကို ဆုံးဖြတ်ရန်အတွက်၊ AASHTO T23 (ASTM C31/C31M) ၏ Article 9.4 တွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း၊ လုပ်ငန်းခွင်တွင် specimen တုံးများကို curing လုပ်ရမည်။ ၎င်း specimen တုံးများက ကိုယ်စားပြုသည့် structure အစိတ်အပိုင်းများအတွက် အဆိုးဆုံးသော အနေအထားများအောက် မလျော့သော အခြေအနေဖြင့် specimen များကို curing လုပ်ရမည်ဖြစ်သည်။ Specimen တုံး အရေအတွက် လုံလုံလောက်လောက် ပြုလုပ်ပြီး၊ falsework ဖြုတ်ရမည့်အချိန်၊ pre-stressing forces များ စတင် သက်ရောက်နိုင်မည့် အချိန်၊ အဆောက်အဦကို စတင် အသုံးပြုနိုင်မည့် အချိန် စသည်တို့ကို ဆုံးဖြတ်နိုင်ရန် အတွက်၊ ၎င်း specimen တုံးများကို သင့်လျော်သည့် သက်တမ်းများတွင် စမ်းသပ်မှုများ ပြုလုပ်ရမည်ဖြစ်သည်။

၇.၅.၃ ကွန်ကရစ်ကို လက်ခံခြင်း (Acceptance of Concrete)

သတ်မှတ်ထားသော Strength နှင့် ကိုက်ညီမှု ရှိ၊ မရှိ ဆုံးဖြတ်ရာတွင် AASHTO T23 (ASTM C31/C31M) ၏ Article 9.3 တွင်ဖော်ပြထားသော ထိန်းချုပ်ထားသည့်အခြေအနေများအောက်၌ specimen တုံးများကို Curing လုပ်ပြီး၊ သတ်မှတ်ထားသည့် သက်တမ်းအလိုက် စမ်းသပ်မှု လုပ်ရမည်ဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ်ကို လက်ခံရန် စမ်းသပ်စစ်ဆေးမှုများ (Acceptance tests) အတွက် နမူနာများကို ကွန်ကရစ် class တစ်ခုချင်းစီအတွက် ယူရမည်။ နမူနာများကို အနည်းဆုံး တစ်ရက်လျှင် တစ်ကြိမ်ဖြစ်စေ၊ ကွန်ကရစ်ထုထည် ၁၅ဝ ကုဗကိုက် (၁၁၅ ကုဗမီတာ) ပမာဏတိုင်းတွင် တစ်ကြိမ် (JIS တွင်မူ 150 m^3 တိုင်းတွင် တစ်ကြိမ်) ဖြစ်စေ ယူရမည်။ သို့မဟုတ်ပါက ကွန်ကရစ် အကြီးစား လောင်းသည့် အခါတိုင်း တစ်ကြိမ်စီ ယူရမည်။

သတ်မှတ်ရက်အလိုက် စမ်းသပ်ရရှိသည့် ကွန်ကရစ်၏ Strength မှာ၊ စံသတ်မှတ်ထားသည့် Compressive Strength အောက် 0.500 ksi (3.44MPa) ကျော် လျော့နည်းနေပါက၊ မည်သည့်ကွန်ကရစ်ကိုမဆို ပယ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ အခြားလက်ခံနိုင်သော ကွန်ကရစ်ဖြင့် အစားထိုးရမည်။

- ပယ်လိုက်သော ကွန်ကရစ်၏ strength နှင့် အရည်အသွေးသည် လက်ခံနိုင်ဖွယ်ကြောင်း ရှိကြောင်း၊ သက်သေအထောက်အထားကို လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာက စဉ်းစားဆုံးဖြတ်ရမည်။ ထို သက်သေအထောက်အထားတွင် ကွန်ကရစ်အစိတ်အပိုင်းများမှ ရယူထားသော core များ

ပါဝင်ပါက၊ core နမူနာများကို AASHTO T 24M/T 24 (ASTM C42/C42M) နှင့် အညီ ရယူစမ်းသပ်ရမည်။

သတ်မှတ်ခံနိုင်ရည် ရရှိရမည့် ကွန်ကရစ်အသက် (ရက်သား) ကို စာချုပ်တွင် ထည့်သွင်းဖော်ပြ ထားရမည်။

JIS A 5308 တွင်မူ Compressive Strength စမ်းသပ်မှုအတွက် နမူနာတစ်ကြိမ်ယူလျှင်၊ specimen ၃ ခု ယူရမည်။ လက်ခံနိုင်သော Compressive Strength များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

၁) Specimen ၁ ခု၏ Strength သည် Design Compressive Strength ၏ ၈၅ ရာခိုင်နှုန်း ကို ကျော်ရမည်။

၂) Specimen ၃ ခု၏ ပျမ်းမျှ Strength တန်ဖိုးသည် Design Compressive Strength နှင့် ညီရမည်။

လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာအနေဖြင့် အထက်ဖော်ပြပါ specifications နှစ်ခုစလုံး (ASTM or equivalent one) ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစား၍၊ specimen အရေအတွက်နှင့် စမ်းသပ်စစ်ဆေးမှုရလဒ်အား လက်ခံခြင်းတို့ကို ဆုံးဖြတ်သင့်သည်။

ကုဗပုံ specimen ၏ Compressive Strength အား အကဲဖြတ်ခြင်း

အထက်ဖော်ပြပါ စံသတ်မှတ်ချက်သည် ဆလင်ဒါပုံ specimen များ သုံးသည့် အခြေအနေများအတွက် ဖြစ်သည်။

ကုဗပုံ Specimen သည် ဆလင်ဒါပုံ specimen ထက် Compressive Strength များကို ပိုမို ဖော်ပြတတ်သည်။ ထို့ကြောင့် ကုဗပုံ specimen ကို သုံးမည်ဆိုလျှင် Compressive Strength ၏ တန်ဖိုးကို အကဲဖြတ်ရာတွင် ချိန်ညှိပြင်ဆင်သည်။

ကုဗပုံမှ ဆလင်ဒါပုံသို့ ပြောင်းသည့် L–Hermite ၏ coefficient ပုံသေနည်းကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

$0.76 + 0.2\log(\sigma_cu / 19.58)$

σ_cu = ကုဗပုံ specimen ၏ Compressive Strength

JIS ကိုအသုံးပြုထားသည့် ဥပမာတစ်ခုကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

Table 7.5-1 Design Compressive Strength is 24 MPa

Result of Compressive Strength (28days) <Cube Type>	Coefficient Value for Conversion	Estimated Compressive Strength of Cylinder Type	Evaluation
No.1: 32.3 MPa	0.78	25.2 MPa	More than 85% of design Strength: OK
No.2: 31.5 MPa	0.78	24.6 MPa	More than 85% of design Strength: OK
No.3: 28.8 MPa	0.78	22.5 MPa	More than 85% of design Strength: OK
		Average: 24.1 MPa	Average is more than design Strength OK

၇.၅.၄ Mix Design ကို ထိန်းချုပ်ခြင်း (Re-trial Mix)

ကွန်ကရစ်အား လက်ခံရန် ဆုံးဖြတ်ချက်အတွက် လုပ်ဆောင်သည့် ဆက်တိုက်စမ်းသပ်မှု ၃ ခုမှ ပျှမ်းမျှတန်ဖိုးသည် သတ်မှတ် strength ထက် 0.150 ksi (1.0 MPa) ကျော် လျော့နည်းနေသည့်အခါ သို့မဟုတ်၊ စမ်းသပ်မှုတစ်ခုချင်းစီ၏ တန်ဖိုးသည် သတ်မှတ် strength ထက် 0.200 ksi (1.4 MPa) ကျော် လျော့နည်းနေသည့်အခါ၊ ထိုကွန်ကရစ် class ကို နောက်ထပ်မလောင်းခင် ပါဝင်ပစ္စည်းများ (materials)၊ ရောစပ်ပုံအချိုးအစားများနှင့် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်သည့် နည်းလမ်းများအား ပြင်ဆင် ပြောင်းလဲမှုများ လုပ်ရမည်။ ထိုပြောင်းလဲမှုကို qualified အင်ဂျင်နီယာမှ အတည်ပြုရမည်။ ပုဂ္ဂလိက ကွန်ကရစ်စက်ရုံမှ fresh ကွန်ကရစ်ကို ဝယ်ယူရမည့်အခြေအနေမျိုးတွင် အထက်ပါ ဆောင်ရွက်ချက်ကို ကွန်ကရစ်ပေးသွင်းသူက ၎င်းတို့၏စရိတ်ဖြင့် လုပ်ဆောင်သင့်သည်။

၇.၅.၅ Waterproof Cover Method၊ Steam သို့မဟုတ် Radiant Heat ဖြင့် Curing ပြုလုပ်သည့် Precast ကွန်ကရစ်

Precast concrete member ကို Waterproof Cover Method၊ Steam သို့မဟုတ် Radiant Heat နည်းတို့ဖြင့် curing လုပ်ထားပါက၊ Compressive Strength အတွက် ၎င်း၏ specimen များကို လည်း အလားတူအခြေအနေများအတိုင်း curing လုပ်ပေးရမည်။ စမ်းသပ်ချက်အရ၊ specimen များသည် သတ်မှတ်ထားသော Compressive Strength ကို သတ်မှတ်ထားသောအချိန်ထက် နောက်မကျဘဲ ရရှိပါက ထိုကွန်ကရစ်အား လက်ခံနိုင်သည်ဟု စဉ်းစားရမည်။

၁) သတ်မှတ် ဒီဇိုင်း compresseive strength 6.0 ksi (41 MPa ခန့်) နှင့် အောက် ကွန်ကရစ်များ အတွက် ဆိုလျှင်၊ specimen များအား ၎င်း၏ ကွန်ကရစ် member အတိုင်း တူညီသော အပူချိန် အခြေအနေများ ရရှိစေရန်၊ ကွန်ကရစ် member ၏ ဘေးနား၊ ကွန်ကရစ် member နှင့် အဖုံးအကာ တစ်ခုတည်း၏ အောက်တွင် ထားရမည်ဖြစ်သည်။

၂) သတ်မှတ် compresseive strength အားလုံးအတွက်မူ၊ ကွန်ကရစ် member ၏ အလားတူ အပူချိန်အတိုင်း ပြုလုပ်ထားသည့် chamber ထဲတွင် specimen များအား၊ Match-curing လုပ်ရမည်။ pre-stressing strand မလွှတ်ခင်တွင် လုပ်ရမည်ဖြစ်သည်။

အခန်း ၈. သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း၊ စီမံကိုင်တွယ်ခြင်း

ဘိလပ်မြေသည် ရေနှင့်တွေ့သည်နှင့် တစ်ပြိုင်နက်၊ fresh concrete တွင် hydration reaction စတင်ဖြစ်ပေါ်ပြီး၊ ထိုဓာတ်ပြုနှုန်းသည် အချိန်နှင့်အမျှ မြင့်တက်လာသည်။ ဖျော်စပ်ပြီး ၂ နာရီမှ ၃ နာရီအကြာတွင် slump မှာ အချိန်နှင့်အမျှ ကျလာပြီး၊ ရေကျန်ရှိမှု (fluidity) သည်လည်း လျော့ကျလာသည်။ ဖျော်စပ်ပြီး ၄ နာရီမှ ၅ နာရီအကြာတွင်မူ မာခဲသည့် ဖြစ်စဉ် (hardening reaction) စတင်ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထို့ကြောင့် အလွန် တာရှည်ခံရမည့် ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ ဆောက်လုပ်သည့်အခါ၊ ကွန်ကရစ် စတင်ဖျော်စပ်ချိန်မှ၊ slump loss သိသိသာသာ မဖြစ်ပေါ်ခင် အချိန်အထိ အချိန်တိုအတွင်း၊ ကွန်ကရစ်ကို သယ်သူပို့ဆောင်ခြင်း၊ ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း၊ သိပ်သည်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (consolidation)၊ အချောကိုင်ခြင်း စသည့် လုပ်ငန်းတစ်ခုချင်းစီကို Construction plan တွင် ဖော်ပြထားသည့် ကွန်ကရစ်လောင်းရမည့်အစီအစဉ်အတိုင်း မှန်မှန်ကန်ကန် လုပ်ကိုင်ပြီးမြောက်ရန် လိုအပ်သည်။

၈.၁ သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း (DELIVERY)

ကွန်ကရစ်ပေးသွင်းမည့် အဖွဲ့အစည်းသည် ကွန်ကရစ်ကို လိုအပ်သည့်ပမာဏအတိုင်း စဉ်ဆက်မပြတ်ပေးသွင်းနိုင်မည့် စက်ရုံ capacity နှင့် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးပစ္စည်းများ ရှိရမည် ဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းသည့် လုပ်ငန်းများ လုပ်ကိုင်နေစဉ်အတွင်း ကွန်ကရစ်ရောက်လာသည့် နှုန်းမှာ ကိုင်တွယ်ခြင်း၊ လောင်းခြင်းနှင့် အချောသတ်ခြင်းများကို ကောင်းမွန်စွာလုပ်နိုင်သည့် အတိုင်းအတာမျိုး ဖြစ်ရမည်။ ပထမတစ်သုတ်လောင်းသည့် ကွန်ကရစ် initial set ဖြစ်ပြီးမှ နောက်တစ်သုတ် လောင်းရခြင်းကြောင့် Monolithic Pour အတွင်း cold joints များ ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို ရှောင်ရှားနိုင်မည့် အချိန်အတိုင်းအတာဖြစ်ရမည်။ ကွန်ကရစ်ရောက်သည့် တစ်သုတ်နှင့် တစ်သုတ်ကြား ကြာချိန်သည် မိနစ်နှစ်ဆယ်ထက်ပို၍မခြားသင့်ပါ။ ကွန်ကရစ် ပေးပို့ခြင်းနှင့် စီမံကိုင်တွယ်ခြင်း နည်းလမ်းများကို ရွေးချယ်ဆုံးဖြတ်ရာတွင် ကွန်ကရစ်ကို ပြန်လည်ကိုင်ကွယ်ရမှု အနည်းဆုံးနှင့် structure သို့မဟုတ် ကွန်ကရစ်ကို ထိခိုက်ပျက်စီးမှု မရှိစေဘဲ သွန်းလောင်းနိုင်မည့် နည်းလမ်းကို ရွေးချယ်ရမည်။

JIS 5308 အရ ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရန် ရောမွှေသည်မှ fresh ကွန်ကရစ်ကို စက်မှ ချသည် (ထုတ်သည်) အထိ ကြာချိန်သည် တစ်နာရီခွဲအတွင်း ဖြစ်ရမည်။

၈.၁.၁ သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးနည်းလမ်းကို စဉ်းစားရွေးချယ်ခြင်း

သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး နည်းလမ်းကို အထက်ဖော်ပြပါအခြေအနေများကို အခြေခံ၍ စီစဉ်သင့်သည်။

သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်းတွင် ကွန်ကရစ်စက်ရုံမှ လုပ်ငန်းခွင် သို့ သယ်ယူခြင်းနှင့် စက်က ချသည့်နေရာမှ လုပ်ငန်းခွင် အတွင်းရှိ ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်နေရာသို့ သယ်ယူခြင်း ဟူ၍ ၂ပိုင်း ခွဲထားသည်။ လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာသည် လုပ်ငန်းခွင် အနေအထားပေါ် မူတည်ပြီး အဆိုပါ သယ်ယူပို့ဆောင်မှု ၂ပိုင်း စလုံးအတွက် သင့်လျော်သည့် နည်းလမ်းကိုရွေးချယ်ရမည်။

Table 8.1-1 Transportation Method

Transportation Method	Points	
	To Segregation	To Changing of Quality
Agitator Truck	・Agitating with high Speed before unloading ・Confirmation of wearing for stirring blade	・Mixing of washing water ・Cleaning of residual
Dump Truck	・Consideration of loading and unloading method	・Protection of rainwater, isolation and wind etc.

၈.၁.၂ သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးလမ်းကြောင်း အစီအစဉ်

လုပ်ငန်းခွင်အင်ဂျင်နီယာသည် fresh ကွန်ကရစ်ကို ပုဂ္ဂလိက ပေးသွင်းသူ သို့မဟုတ် ကွန်ကရစ် စက်ရုံများမှ ဝယ်ယူပါက သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး လမ်းကြောင်းအတွက် အစီအစဉ် ရေးဆွဲထားရမည်။ ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်သည့် အချိန်မှ ပို့ဆောင်သည့် နေရာအထိ ခွင့်ပြုသည့်ကြာချိန်ကို အထက်တွင် ဖော်ပြထားခဲ့ပြီး ဖြစ်သည်။ ထိုခွင့်ပြုကြာချိန်နှင့် ကိုက်ညီမည့်လမ်းကြောင်းများကို သေသေချာချာ စဉ်းစားရမည်။

အထူးသဖြင့် မနက်ပိုင်းနှင့် ညနေပိုင်းတို့တွင် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အခါ ကွန်ကရစ်သယ်ယူရန် ရွေးချယ်ထားသော လမ်းကြောင်းများအတွက် ယာဉ်ကြောကျပ်တည်းမှု အခြေအနေများကိုလည်း ထည့်သွင်းစစ်ဆေးရန် လိုအပ်သည်။

၈.၁.၃ မှတ်တမ်းတင်ရမည့်အချက်များ

ပုဂ္ဂလိက ပေးသွင်းသူများ သို့မဟုတ် ကွန်ကရစ်စက်ရုံများမှ fresh ကွန်ကရစ်များကို ဝယ်ယူပါက စက်ရုံမှ ယူဆောင်လာလည့်အချိန်နှင့် လုပ်ငန်းခွင် တွင် စက်မှချသည့်အချိန် တို့ကို မှတ်တမ်းရေးသွင်းရမည်။ ၎င်းသည် ကွန်ကရစ် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေးအတွက် အရေးကြီးသည်။

၈.၂ ကိုင်တွယ်စီမံခြင်း (HANDLING)

စက်မှ ချလိုက်သည့် fresh ကွန်ကရစ်များကို ကွန်ကရစ်လောင်းမည့် နေရာသို့ သင့်လျော်သည့် နည်းလမ်းများ (ကွန်ကရစ် bucket ကို အသုံးပြုခြင်း၊ ကွန်ကရစ် pump ကိုသုံးခြင်း၊ chute ကို သုံးခြင်း စသည်) ဖြင့် စီမံပို့ဆောင်ပေးရမည်။

၈.၂.၁ ကိုင်တွယ်မည့်နည်းလမ်းများ ဆုံးဖြတ်၊ ရွေးချယ်ခြင်း

လုပ်ငန်းခွင်တွင် ကွန်ကရစ်စက်မှ ချမည့်နေရာနှင့် လောင်းမည့်နေရာများပေါ် မူတည်ပြီး ကိုင်တွယ်ပို့ဆောင်မည့် နည်းလမ်းကို ကြိုတင်စီစဉ်ရွေးချယ်ထားရမည်။

ကိုင်တွယ်ပို့ဆောင်မည့် နည်းလမ်းများနှင့် သတိထားရမည့် အချက်များကို ဇယား ၈.၂–၁ နှင့် ဇယား ၈.၂-၂ တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

Table 8.2-1 Features of Handling Methods

Handling Method	Direction	Handling Distance	Handling Q'ty (m3)	Applicable Range
Concrete Bucket	Vertical Horizontal	5 ~ 50m	15 ~ 20/h	General, High Portion
Concrete Pump	Vertical	10 ~ 120m	20 ~ 70/h	General, High Portion, Long Distance
	Horizontal	10 ~ 500m		
Shoot (chute)	Vertical Diagonal	5 ~ 20m	10 ~ 50/h	General
Wheelbarrow	Horizontal	5 ~ 50m	0.05 ~ 0.1/ Number	Small Scale Structures

Table 8.2-2 Points of Handling Methods

Transportation Method	Points	
Concrete Bucket	• Adapting appropriate shape, capacity and discharge slot • Preventing holding for a long time	• Pre-cleaning of adhered foreign substances • Prevention of leaking of mortar
Concrete Pump	• Selection of appropriate specification such as pumping capability • Making out of Appropriate Plan such as layout of pipes and diameter of pumping	• Prohibition of charging of additional water • Prevention of excessive pumping pressure • Removal of stacking concrete
Shoot (chute)	• Do not apply diagonal shoot (chute) in principle • Control of falling speed	—

၈.၂.၂ ကိုင်တွယ်ရမည့်နည်းလမ်းများ

၁) Concrete Bucket

ကွန်ကရစ်ကို ပုံးထဲထည့်၍ ဝန်ချီစက် (crane) ဖြင့် သယ်မသော နည်းလမ်းဖြစ်ပါသည်။ အလုပ်ပြီးမြောက်နှုန်း အလွန် မမြင့်မားသော်လည်း၊ သယ်ဆောင်စဉ် segregation ဖြစ်မှု အနည်းဆုံးဖြစ်သည်။ အားသာသည့်အချက်မှာ ကွန်ကရစ်လောင်းရမည့်နေရာအထိ ကွန်ကရစ်ကို ကိုင်တွယ်သယ်ဆောင်ရ လွယ်ကူခြင်း ဖြစ်သည်။ ပုံး၏ ကွန်ကရစ် ထုတ်မည့်အပိုင်းကို အလွယ်တကူ ဖွင့်၍၊ ပိတ်၍ရအောင် ဒီဇိုင်းလုပ်ထားရမည် ဖြစ်ပြီး ပိတ်ထားစဉ်တွင်လည်း ကွန်ကရစ်များ စိမ့်ထွက်ခြင်း မရှိစေရန် ပြုလုပ်ထားရမည်။

၂) Concrete Pump

ကွန်ကရစ် pump ကို Piston Type နှင့် Squeeze Type ဟူ၍ အဓိကအားဖြင့် နှစ်မျိုးခွဲထားသည်။

(ပုံ ၈.၂-၁ နှင့် ပုံ ၈.၂-၂ တွင်ကြည့်ပါ)

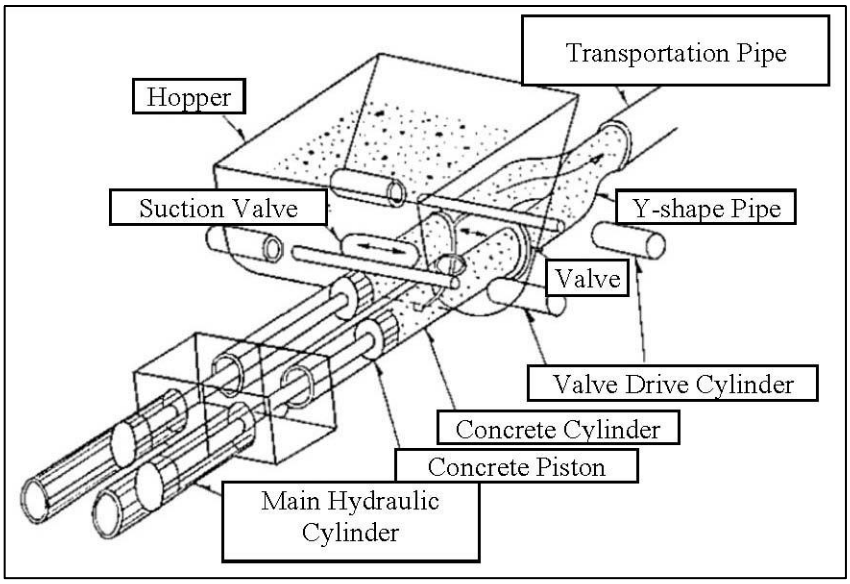


Figure 8.2-1 Piston Type

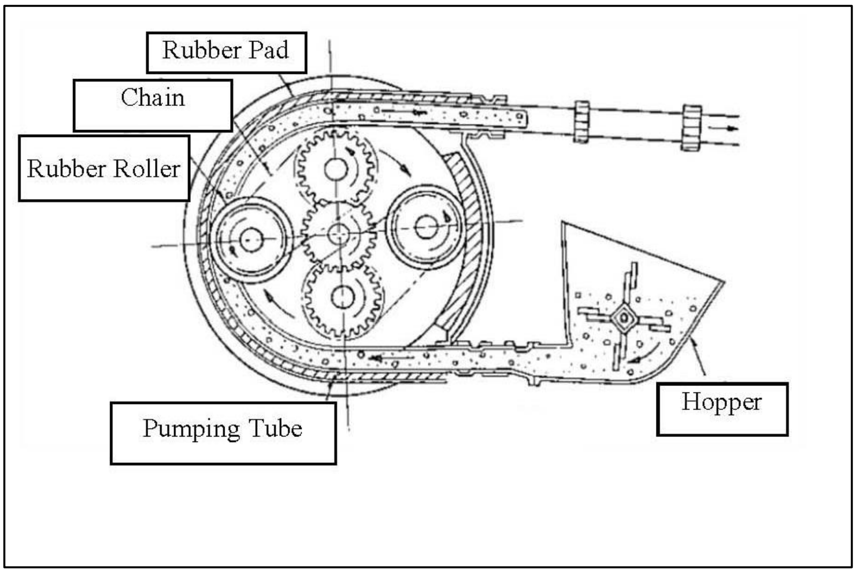


Figure 8.2-2 Squeeze Type

Piston Type တွင် ဆလင်ဒါနှစ်ခုထဲမှ piston များကို ရှေ့တိုးနောက်ဆုတ် တစ်လှည့်စီ ပြုလုပ်၍၊ မြင့်မားသော အရှိန်ဖြင့် ကွန်ကရစ်ကို တွန်းထုတ်ပေးသည့်နည်း ဖြစ်သည်။ ဤအမျိုးအစားသည် မြင့်မားသော၊ ဝေးသော နေရာများသို့ pumping လုပ်ရသည့်အခါ သင့်လျော်သည်။

Squeezing Type တွင်မူ drum case အတွင်းဘက်တစ်လျှောက် ဖြတ်သန်း တပ်ဆင်ထားသော ရာဘာပိုက်ကို roller ဖြင့် ဖိညှစ်၍ ကွန်ကရစ်ကို တွန်းထုတ်ခြင်းဖြစ်သည်။ ဤအမျိုးအစားသည် ကွန်ကရစ် ပန်းထွက်အားကို အရှိန်မြင့်မပေးနိုင်သော်လည်း၊ ဖွဲ့စည်းပုံမှာ သေးငယ်ပြီး ရိုးရှင်းသည့်အတွက် အသေးစား ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းများတွင် အသုံးပြုကြသည်။

ကွန်ကရစ် pump အသုံးပြုရာတွင် သတိထားရမည့်အချက်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

- ကွန်ကရစ် slump သည် ၈ စင်တီမီတာကျော် ရှိရမည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် ခန့်မှန်းခြေ ၁၂ စင်မီတာ ဖြစ်ရမည်။
- Pumping လုပ်သည့် အကွာအဝေး ၁၅၀ မီတာလျှင်၊ slump loss ၁ စင်တီမီတာ ရှိသည်ဟု စဉ်းစားရမည်။
- ဘိလပ်မြေပါဝင်မှု ပိုမိုလိုအပ်သည်။ ဥပမာအားဖြင့် Pumping အကွာအဝေး ၁၀၀ မီတာအတွက် အနိမ့်ဆုံး ဘိလပ်မြေပါဝင်မှုမှာ 290 kg/m^3 ဖြစ်သည်။
- Fresh ကွန်ကရစ် မလောင်းခင်၊ သယ်ယူမည့် ပိုက်အတွင်းသို့ ဘိလပ်မြေနှင့် သဲ (၁:၁ မှ ၁:၃) အချိုးဖြင့် ဖျော်စပ်ထားသည့် မဆလာကို အရင်ထည့်ထားရမည်။ ထိုသို့မလုပ်ဘဲ ပိုက်ထဲသို့ Fresh ကွန်ကရစ်ကို တန်းထည့်ပါက၊ ကွန်ကရစ်ထဲရှိ မဆလာများ ဆုံးရှုံးမှုကြောင့် ပိုက်လိုင်းအတွင်းတွင် Fresh ကွန်ကရစ်များ ပုံသွားလိမ့်မည်။

၃) ဆင်ခြေလျှော (Chute)

အမြင့်တစ်နေရာမှ ကွန်ကရစ်လောင်းမည်ဆိုလျှင် ဒေါင်လိုက်လျှော (Vertical chute) သို့မဟုတ် သင့်လျော်သောအချင်းရှိသည့် ပျော့ပျောင်းသော ပိုက်ကိုသုံးရမည်။ တစောင်းသွန်းလောင်းခြင်း (Diagonal chute) သည် segregation ဖြစ်ပေါ်တတ်သဖြင့် တတ်နိုင်သမျှ အသုံးမပြုကြပါ။ မလွှဲမရှောင်သာ အသုံးပြုရမည်ဆိုလျှင် စောင်းရမည့် ထောင့်အချိုးသည် ၁ : ၂ (ဒေါင်လိုက် : ရေပြင်ညီ) ဖြစ်ရမည်။ ထို့အပြင် လောင်းချလိုက်သည့် ကွန်ကရစ်ပုံ၏ထိပ်ဖျားနှင့် ကွန်ကရစ်လောင်းနေသည့် နေရာ၏ မျက်နှာပြင် တို့သည် ၁.၅ မီတာထက် ပို၍ မကွာဝေးရပါ။ Segregation မဖြစ်စေရန်အတွက် Baffle plate နှင့် ကတော့ပုံ ပိုက်တို့ကို အသုံးပြုရမည်။ သင့်လျော်သည့် တစောင်းသွန်းလောင်းသည့် နည်းလမ်းကို အောက်ပါပုံတွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

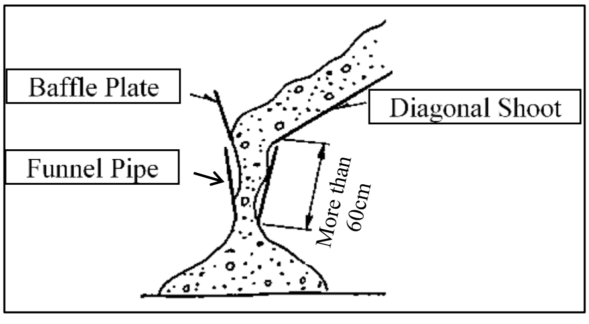


Figure 8.2-3 Recommendable Method for Diagonal Shoot (chute)

အခန်း ၉. ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ ကြိုတင်ပြင်ဆင်ခြင်းနှင့် သွန်းလောင်းသည့် နည်းလမ်း

ကွန်ကရစ်လောင်းမည့်အစီအစဉ် နှင့် အချိန်ဇယားကို သတ်မှတ်သည့်အခါ သို့မဟုတ် အတည်ပြုသည့်အခါတွင်၊ ကွန်ကရစ်သွန်းလောင်းမည့် ရှေ့နောက်အစဉ်သည် Construction Plan နှင့် ကိုက်ညီရမည်။ စာချုပ်တွင် သီးခြားခွင့်ပြုထားခြင်းမျိုးမရှိပါက၊ အောက်ပါစာပိုဒ်များမှ သတ်မှတ်ချက်များကို အသုံးပြုရမည်။

အခြေအနေအပြောင်းအလဲတစ်ခုခုကြောင့် အစီအစဉ် ပြောင်းရသည်မျိုးများ ရှိလာလျှင်ပင်၊ လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာသည် မူလအစီအစဉ်၏ ရည်ရွယ်ချက်ကို အလေးထားရမည်ဖြစ်ပြီး၊ မူလအစီအစဉ်နှင့် မူဝါဒတူသည့် Construction Plan တစ်ခုကို အခြေအနေပြောင်းလဲမှုနှင့်အညီ ရွေးချယ်ရမည် ဖြစ်သည်။ အလုပ်သမားများအပါအဝင် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ထမ်းများအားလုံးသည် ကွန်ကရစ် လောင်းခြင်းနှင့် ပတ်သက်သည့် အသိပညာရှိရန်နှင့်၊ သင့်လျော်မှန်ကန်စွာ လုပ်ကိုင်ဆောင်ရွက်မှသာ အရည်အသွေး ပြည့်မီသည့် အဆောက်အဦတစ်ခုကို တည်ဆောက်နိုင်မည်ဆိုသည့် အသိဖြင့် လုပ်ကိုင်ကြရန် အရေးကြီးသည်။

၉.၁ ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ ကြိုတင်ပြင်ဆင်ခြင်း

၉.၁.၁ ပတ်ဝန်းကျင်အခြေအနေများမှ ကွန်ကရစ်ကို ကာကွယ်ခြင်း

ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်းနှင့် curing လုပ်ငန်းစဉ်များအတွင်း ရာသီဥတုကြောင့်ဖြစ်စေ၊ အခြား ပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေများကြောင့်ဖြစ်စေ ကွန်ကရစ်ကို ထိခိုက်မှုမရှိစေရန်အတွက် လိုအပ်သလို ကြိုတင်ကာကွယ်ခြင်းများကို ပြုလုပ်ထားရမည်။ အေးခဲနေသည့်ကွန်ကရစ် သို့မဟုတ် ရာသီဥတု အခြေအနေကြောင့် ထိခိုက်ထားသည့် ကွန်ကရစ်များကို လက်ခံနိုင်သော အနေအထားသို့ ရောက်အောင် ပြန်လည်ပြုပြင်ရမည်။ သို့မဟုတ်ပါက ဖယ်ရှား၍ အစားထိုးရမည်။

အခြားဖော်ပြထားချက်များမရှိလျှင်၊ AASHTO အရ လောင်းခါနီး ကွန်ကရစ်၏ အပူချိန်သည် ၅၀ ဒီဂရီဖာရင်ဟိုက် (၁၀ ဒီဂရီဆဲစီးယပ်စ်ခန့်) နှင့် ၉၀ ဒီဂရီဖာရင်ဟိုက် (၃၂.၂ ဒီဂရီဆဲစီးယပ်စ်ခန့်) ကြားတွင်ရှိရမည်။

၁) မိုးရေဒဏ်မှကာကွယ်ခြင်း

မိုးရေထဲတွင် ကွန်ကရစ်လောင်းပါက မျက်နှာပြင် မဆလာကို ထိခိုက်နိုင်ခြင်း၊ ရေစီးကြောင့် ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင် ထိခိုက်ခြင်းတို့ ဖြစ်နိုင်သည့်အတွက်၊ မိုးရွာနေပါက လုံလောက်သည့် အကာအကွယ်မရှိဘဲ ကွန်ကရစ်လောင်းသည့် လုပ်ငန်းကို မစတင်ရပါ၊ ကွန်ကရစ်လောင်းနေဆဲတွင် မိုးရွာပါကလည်း ရပ်ဆိုင်းရမည်။

၂) အပူဒဏ်မှ ကာကွယ်ခြင်း

ပတ်ဝန်းကျင်အပူချိန်သည် ၉၀ ဒီဂရီဖာရင်ဟိုက် (၃၂.၂ ဒီဂရီဆဲစီးယပ်စ်) ခန့်ထက် ကျော်လွန်နေပါက ကွန်ကရစ်အသားဖြင့် ထိကပ်သွားနိုင်သော ကျောက်ပုံးများ (Forms)၊ အားဖြည့်သံချောင်း (Re-bar)၊ Steel Beam Flanges များနှင့် အခြားမျက်နှာပြင်များကို ရေဖြန်းခြင်းဖြင့်ဖြစ်စေ၊ အခြား ခွင့်ပြုထားသော နည်းလမ်းများဖြင့်ဖြစ်စေ၊ ၎င်းတို့၏ အပူချိန်ကို ၉၀ ဒီဂရီ ဖာရင်ဟိုက် (၃၂.၂ ဒီဂရီ ဆဲစီးယပ်စ်) အောက်ရောက်အောင် လျှော့ချထားရမည်။

လောင်းသည့်အချိန်တွင် ကွန်ကရစ်သည် သတ်မှတ်အပူချိန်အတွင်းရှိနေစေရန်အတွက် အောက်ဖော်ပြပါ နည်းလမ်းများကို ပေါင်းစပ်အသုံးပြုနိုင်သည်။

- Materials များ သိုလှောင်သည့်နေရာ သို့မဟုတ် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်သည့် စက်ပစ္စည်း ကိရိယာများကို အရိပ်ရအောင် လုပ်ပေးခြင်း
- Aggregates များကို ရေလိုအပ်ချက်နှင့်အညီ ရေဖြန်းကာ အေးအောင်ပြုလုပ်ခြင်း
- Aggregates များနှင့် ရေကို အအေးခန်းထဲတွင်ထားခြင်း သို့မဟုတ် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မည့် ရေ တချို့တစ်ဝက်ကိုဖြစ်စေ၊ အားလုံးကိုဖြစ်စေ ရေခဲများဖြင့်အစားထိုးခြင်း (ရေခဲတုံး၏ အရွယ်အစားသည် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်နေချိန်အတွင်း အားလုံးအရည်ပျော် သွားရမည့် အရွယ်အစား ဖြစ်ရမည်။)
- နိုက်ထရိုဂျင်အရည်ထည့်သွင်းခြင်း

၉.၁.၂ သံချောင်းထည့်သည့်ပုံစံ၊ Formwork များ နှင့် Falsework များကို စစ်ဆေးခြင်း

ကွန်ကရစ်မလောင်းခင်တွင် သံချောင်းထည့်ထားသည့် အခြေအနေ၊ Formwork များ နှင့် Falsework များသည် သတ်မှတ်ထားသော အတိုင်းအတာအတိုင်း စီစဉ်ဆောင်ရွက်ထားခြင်းရှိ၊ မရှိကို လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာက စစ်ဆေးရမည်။ ထို့ပြင် လုံလောက်သည့် အလုပ်သမားဦးရေ ရှိစေရန် စီစဉ်ထားရမည်။ ပြဿနာ တစ်စုံတစ်ရာရှိလာပါက သင့်လျော်သည့် ပြင်ဆင်ဆောင်ရွက်မှုများကို ချက်ချင်းပြုလုပ် ရမည်။

၉.၁.၃ စက်ပစ္စည်းကိရိယာများကို စစ်ဆေးခြင်း

လုပ်ငန်းခွင်အင်ဂျင်နီယာသည် စက်ပစ္စည်းကိရိယာများ အားလုံး၏ စီစဉ်ထားမှုနှင့် Specifications များအား Construction Plan အတိုင်း ဖြစ်၊ မဖြစ် စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။ အမှန်တကယ် လုပ်ဆောင်ရမည့် Plan သည် မူလ Construction Plan နှင့် ကွာခြားချက်ရှိနေပါက၊ revised plan ကို ပြန်လည်ရေးဆွဲရမည်ဖြစ်ပြီး၊ တာဝန်ခံ အင်ဂျင်နီယာ၏ အတည်ပြုချက်ကို ရယူရမည်။

စက်ပစ္စည်းကိရိယာများအားလုံးစစ်ဆေးခြင်းသည် ကွန်ကရစ်လောင်းမည့်ရက် မတိုင်ခင် အနည်းဆုံး တစ်ရက်အလိုတွင် ပြီးစီးနေရမည်။ ပြဿနာ တစ်စုံတစ်ရာ ပေါ်ပေါက်လာပါက သင့်လျော်သည့် ပြုပြင်မှု၊ အစားထိုးမှု စသည်တို့ကို ချက်ချင်းလုပ်ဆောင်ရမည်။ စက်ပစ္စည်းများ ပြုပြင်ရန်အတွက်၊ လွယ်ကူစွာရနိုင်သည့် အချွန်အတက် ကိရိယာတန်ဆာပလာများကိုလည်း စီစဉ်ထားသင့်သည်။

၉.၁.၄ သန့်ရှင်းရေးလုပ်ရာတွင် သတိထားရမည့်အချက်များ

လုပ်ငန်းခွင်အင်ဂျင်နီယာသည် ကွန်ကရစ် မလောင်းခင်တွင် စစ်ဆေးမှုလုပ်ရမည်။ ယေဘုယျ အားဖြင့် မြေပြင်ပေါ် အဆောက်အဦ တည်ဆောက်ရာ တွင် သံချောင်းများ တပ်ဆင်ခြင်းကို စတင် လုပ်ဆောင်လေ့ရှိပြီး လုပ်ငန်းအခြေအနေ အတော် အသင့်ပြီးမြောက်ပါက form-work လုပ်ငန်း ကို လုပ် ဆောင်ကြသည်။ Formwork လုပ်ငန်း စတင်ပြီးမှ ကွန်ကရစ် လောင်းရမည့်နေရာ အတွင်းပိုင်းကို သန့်ရှင်းရေးလုပ်ရန်မှာ ခက်ခဲသည့်အတွက်၊ formworkလုပ်ငန်း မစတင်ခင်၊ ကွန်ကရစ် လောင်း မည့်နေရာကို သန့်ရှင်းရေး တစ်ကြိမ် လုပ်ထား သင့် သည်။ သန့်ရှင်းရေး လုပ်ထား ပြီးလျှင်လည်း၊ လုပ်ငန်းခွင်အင်ဂျင်နီယာက ၎င်းနေရာအတွင်းသို့ အမှိုက်များ၊ အညစ်အကြေးများ ပြန်မဝင်စေရန် ဂရုစိုက်ရမည်။ အထူးသဖြင့် ကွန်ကရစ် လောင်းရမည့်နေရာများသို့ သံချောင်း တပ်ဆင်ရန် ဝင်ရောက်သည့်အခါ၊ ဖိနပ်မှ ရွှံ့များကို ခါချပြီး၊ သန့်စင်ပြီးမှ ဝင်ရမည်ဖြစ်သည်။

Formwork အတွင်း အောက်ဘက်မျက်နှာပြင်ပေါ်သို့ ရွံ့ကျသွားပါက ရေဖြင့်ဆေးသည့်တိုင်အောင် ပြောင်စင်ရန် ခက်ခဲပါသည်။ ထို့ကြောင့် ပြင်ပအရာဝတ္ထုများနှင့် အမှိုက်သရိုက်များ ဝင်ရောက်လာပါက သင့်လျော်သလို ဖယ်ရှားနိုင်ရန် formwork တွင် အပေါက်ငယ်များကို ဖောက်ထားသင့်သည်။

၉.၁.၅ ရေဖြန်းရန်အတွက် လိုအပ်ချက်များ

ကွန်ကရစ် သိပ်သည်းစေရန်အတွက် မျှတသည့် အစိုဓာတ်ရှိရန် လွန်စွာအရေးကြီးသည်။ လောင်းနေစဉ်အတွင်း fresh ကွန်ကရစ်မှ ရေဓာတ်မဆုံးရှုံးရအောင် အကာအကွယ် လုပ်ပေးသင့်သည်။

ခြောက်သွေ့သော အခြေအနေတွင် သစ်သား formwork ကို သုံးပါက ရေစုပ်ယူနှုန်း မြင့်မားသည်။ အပူချိန်မြင့်သော အခြေအနေတွင် သတ္တု formwork ကို သုံးပါက ရေစုပ်ယူနှုန်း အလွန်မြင့်မားသည်။ ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ်လောင်းနေစဉ်အတွင်း formwork များနှင့် ထိတွေ့နေသော သို့မဟုတ် formwork အနီးတွင်ရှိသော fresh ကွန်ကရစ်မှ ရေများ ဆုံးရှုံးသွားတတ်သည်။

အထက်ပါ ရေဆုံးရှုံးနိုင်ရခြင်း အခြေအနေများကို ကာကွယ်ရန်၊ ကွန်ကရစ်လောင်းခါနီးတွင်၊ formwork များပေါ်သို့ ရေဖြန်းပေးရမည်။ ထိုသို့ ရေဖြန်းခြင်းသည် fresh ကွန်ကရစ်၏ အပူချိန်ကိုလည်း ကျဆင်းစေနိုင်သည့် အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိသည်။

၉.၁.၆ မှတ်တမ်းတင်ရမည့်အရာများ

ကွန်ကရစ်မလောင်းခင် လုပ်ရမည့် စစ်ဆေးမှုအတွက် Check sheet ပြင်ဆင်ထားရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ၎င်းကို Quality Control မှတ်တမ်းမှတ်ရာများအဖြစ် သိမ်းဆည်းထားရမည်။ Check sheet နမူနာကို Appendix 6 တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

၉.၂ ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း နည်းလမ်းများ

၉.၂.၁ ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင် သတိထားရမည့်အချက်များ

ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင် ညီညာမှုရှိစေရန်အတွက် Segregation ဖြစ်ခြင်း၊ Cold Joints များ ဖြစ်ပေါ်ခြင်း၊ ကွန်ကရစ် မပြည့်သည့်နေရာများ ကျောက်ပေါက်ရာများဖြစ်ခြင်း စသည်တို့ကို တားဆီး ကာကွယ်ရန် အရေးကြီး သည်။

ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင် သတိထားရမည့် အချက်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

၁) ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင် အားဖြည့်သံချောင်းများ (re-bars)၊ Formworks များ၊ Falsework များနှင့် spacers များ စသည်တို့ နေရာလွဲခြင်းကြောင့်၊ ၎င်းတို့အတွက် လုံလောက်သော cover မရခြင်းကို ရှောင်ရှားနိုင်ရန်။

၂) ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင် လောင်းပြီးသားကွန်ကရစ်နှင့် ထပ်လောင်းမည့် ကွန်ကရစ်တို့ တစ်သားတည်း ပေါင်းစပ်နိုင်ရန်အတွက် အချိန်အပိုင်းအခြားနှင့် consolidation ကို စဉ်းစားရန်။ အသစ်တစ်လွှာ လောင်းရန်အတွက် ခွင့်ပြုထားသော အချိန်အပိုင်းအခြားမှာ ခန့်မှန်းခြေအားဖြင့် ၂၅ ဒီဂရီ ဆဲစီးယပ်စ်အောက် နိမ့်သောအပူချိန်တွင် ၁၂၀–၁၅၀ မိနစ်နှင့် ၂၅ ဒီဂရီဆဲစီးယပ်စ်ထက် မြင့်သော အပူချိန်တွင် ၆၀–၁၂၀ မိနစ် ဖြစ်သည်။

၃) Consolidation ရှိစေရန်အတွက် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့် အမြန်နှုန်းကို သင့်လျော်သည့် အခြေအနေတစ်ခုတွင် ထိန်းထားနိုင်အောင် စဉ်းစားရန်။ အခြေခံအားဖြင့် ကွန်ကရစ်အလွှာတစ်ခု ၏ အထူသည် ၄၀–၅၀ စင်တာမီတာအောက်တွင် ရှိရမည်။

၄) ဒေါင်လိုက်လောင်းခြင်းကို ၁–၃ မီတာ အပိုင်းအခြားအတွင်း စဉ်းစားရန်။ ဘေးဘက်မှလောင်းပြီး Vibrators ထိုးခြင်းသည် segragation အလွယ်တကူဖြစ်ပေါ်နိုင်သဖြင့် တားမြစ်ထားသည်။

၅) လောင်းရမည့်အမြင့်ကို စဉ်းစားရန်။ ကွန်ကရစ် လောင်းချမည့်နေရာနှင့် လောင်းမည့်နေရာကြား အကွာအဝေးသည် ၁.၅ မီတာ ထက် နည်းရမည်။ လောင်းသည့်အခါ ရေပြင်ညီအတိုင်း တပြေးညီ နှံ့စပ်အောင် လောင်းရမည်။

၆) ကွန်ကရစ်အသစ် တစ်လွှာမလောင်းခင် Bleeding Water ကို ဖယ်ရှားရန် စဉ်းစားရန်။

၇) တိုင်များ၊ နံရံများ ကဲ့သို့သော high structures များကို ကွန်ကရစ် ဆက်တိုက် လောင်းရာတွင် Formwork များပေါ်သို့ lateral pressure များ ပိုမိုကျရောက်ခြင်းကို ရှောင်ရှားရန်အတွက်၊ ကွန်ကရစ် လောင်းသည့်ကြာချိန်ကို ထိန်းချုပ်ရန်။ ယေဘုယျအားဖြင့် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့် နှုန်းမှာ တစ်နာရီလျှင် ၂ မီတာမှ ၃ မီတာခန့် ဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်နှုန်းကို လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာက ကြိုတင်တွက်ချက်ထားသည့် ‘Formwork Calculation’ အတိုင်း လိုက်နာ ရမည်။

၈) နံရံ သို့မဟုတ် တိုင် တို့နှင့် ချိတ်ဆက်ထားသည့် Deck များ၊ Beam များကဲ့သို့သော structure များကို ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင် Deck များ Beam များ၏ အောက်ပိုင်းများတွင် ကွန်ကရစ် အနည်ထိုင်မှု (Settlement) ကြောင့် ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်တွင် အက်ကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ် တတ်သည်။ ထို့ကြောင့် နံရံနှင့် တိုင်များတွင် လောင်းထားသည့် ကွန်ကရစ်များ အနည်ထိုင်ပြီးသည် အထိ စောင့်ပြီးမှသာလျှင် အပေါ်ပိုင်းကို လောင်းသင့်ပါသည်။ အောက်ပါပုံ

တွင်လည်း ဖော်ပြထားသည်။ ကွန်ကရစ်အနည်ထိုင်မှုပြီးစီးမည့် ခန့်မှန်းကြာချိန်သည် mix design နှင့် အပူချိန်ပေါ် လိုက်၍ ပြောင်းလဲမှုများရှိသော်လည်း၊ ယေဘုယျအားဖြင့် ၁ နာရီမှ ၂ နာရီ ဖြစ်သည်။

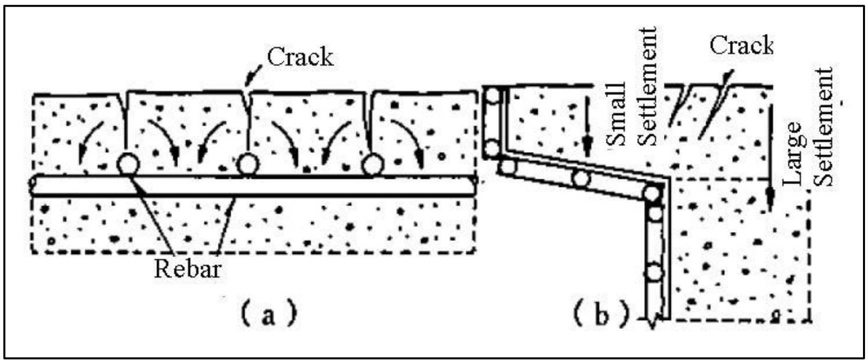


Figure 9.2-1 Image of Occurrence of Cracking

၉) လုပ်ငန်းခွင်အင်ဂျင်နီယာသည် အဆောက်အဦ ကြာရှည်ခံစေရန်အတွက် သင့်လျော်သည့် ကွန်ကရစ် လောင်းမည့် အစီအစဉ် (pouring sequence) ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားထားရမည်။ Footingအတွက် အခြေခံ pouring sequence ကို အောက်ပါပုံတွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

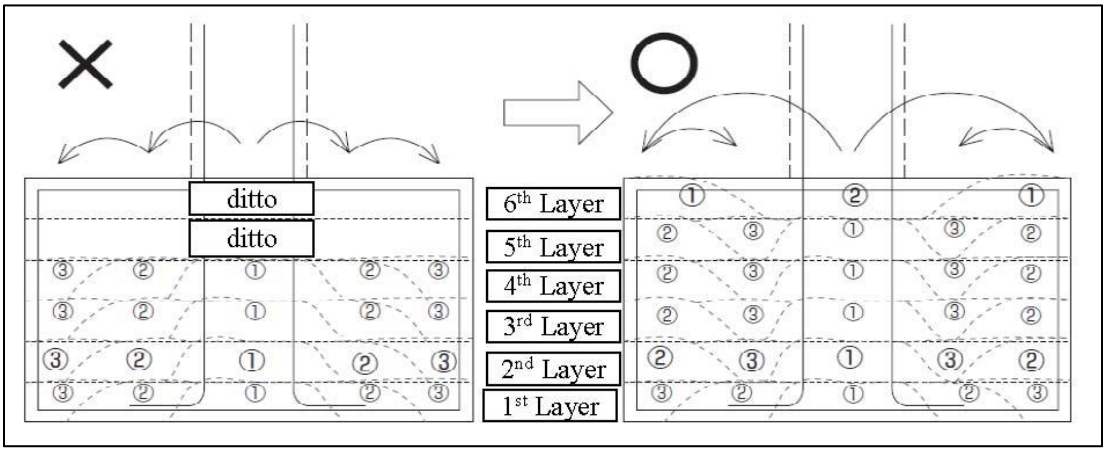


Figure 9.2-2 Appropriate Pouring Sequence for Footing ½

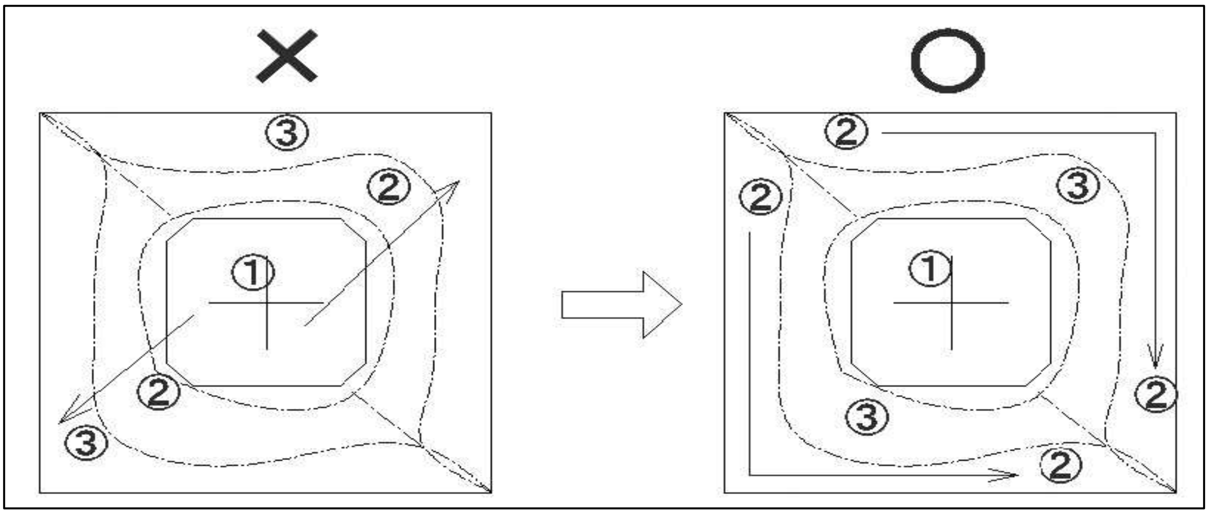


Figure 9.2-3 Appropriate Pouring Sequence for Footing 2/2

၉.၂.၂ ဒေါင်လိုက် အစိတ်အပိုင်း (Vertical Members) များအား ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း

တိုင်များ၊ Substructures များ၊ Culvert နံရံများနှင့် အခြား Vertical Members များကို ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးနောက် အနည်ထိုင်စေရန် အချိန်အတိုင်းအတာတစ်ခုအထိ စောင့်ပြီးမှ ၎င်းတို့နှင့် ချိတ်ဆက်မည့် caps များ၊ slabs များနှင့် footing အစရှိသည့် Horizontal Members များကို လောင်းရမည်။ ထိုအချိန်အတိုင်းအတာသည် မျက်နှာပြင်ပေါ်သို့ရေတက်လာခြင်း (Bleeding Water) ကြောင့် ဖြစ်သည့် settlement ဖြစ်စဉ် ပြီးမြောက်ရန် လုံလောက်သည့် အချိန်ဖြစ်ရမည်။ ထိုအချိန်သည် ၁၅ ပေ (၄.၅ မီတာခန့်) ထက်မြင့်သည့် Vertical Members များအတွက် အနည်းဆုံး ၁၂ နာရီရှိရမည်၊ ၅ ပေ (၁.၅ မီတာခန့်) နှင့် ၁၅ ပေ (၄.၅ မီတာခန့်) ကြား Members များအတွက် အနည်းဆုံး ၃၀ မိနစ်ရှိရမည်။ ထို Vertical Members များပေါ်တွင် Falsework ဒေါက်များရှိပြီး၊ အခြား ခွင့်ပြုထားချက်များ မရှိပါက၊ ထို Vertical Members များအား အနည်းဆုံး ခုနစ်ရက်ထားရမည်ဖြစ်ပြီး Horizontal Members မှ load များ ၎င်းအပေါ် မသက်ရောက်ခင် သတ်မှတ် strength ကို ရရှိပြီး ဖြစ်ရမည်။

၉.၂.၃ မြေပေါ်အဆောက်အဦများ (Superstructures)

သီးခြားခွင့်ပြုချက်များမရှိပါက ထောက်ကူမှုပေးမည့် Substructure ၏ formworks များ အပြည့်အဝဖယ်ရှားပြီး၊ ၎င်း Substructure ၏ ကွန်ကရစ်ဂုဏ်သတ္တိများကို မဆုံးဖြတ်ရမချင်း Superstructure တွင် ကွန်ကရစ် မလောင်းရပါ။

အမြင့် ၄ ပေ (၁.၂ မီတာခန့်) ထက်နိမ့်သည့် T-beam သို့မဟုတ် Deck girder span များတွင် ကွန်ကရစ်ကို တစ်ဆက်တည်း သို့မဟုတ် နှစ်ခါခွဲ၍ (ပထမတစ်ကြိမ်တွင် ယက်မတိုင် Girder Stems များအပေါ်အထိ၊ ဒုတိယတစ်ကြိမ်တွင် လုပ်ငန်းပြီးဆုံးသည်အထိ) လောင်းရမည်။ ၄ ပေ (၁.၂ မီတာခန့်)

နှင့် အထက်မြင့်သည့် T-beam သို့မဟုတ် Deck Girder Span များတွင်မူ Falsework သည် non-yielding မဟုတ်ပါက ကွန်ကရစ်များကို နှစ်ခါခွဲလောင်းရမည်ဖြစ်ပြီး၊ တိုင်များ (Stems) ကို လောင်းပြီး ၅ရက်ထားပြီးမှ အပေါ်ကြမ်းခင်း (deck slab) ကို လောင်းရမည်။ Box Girder ကို ကွန်ကရစ် လောင်းရာတွင် အောက်ခံ Slab၊ ယက်မတိုင်များနှင့် အပေါ် Slab ဟူ၍ နှစ်ခါ သို့မဟုတ် သုံးခါခွဲ လောင်းရမည်။ ထိုအခြေအနေနှစ်မျိုးလုံးတွင် အောက်ခံ Slab ကို ဦးစွာ လောင်းရမည်ဖြစ်ပြီး၊ သီးခြားခွင့်ပြုချက် မရှိပါက ယက်မတိုင်များကို လောင်းပြီး၊ အနည်းဆုံး ၅ရက်ကြာပြီးမှ အပေါ် Slab ကို လောင်းရမည်။

၉.၂.၄ အခုံးများ (Arches)

အခုံးကွင်းများ (Arch Rings) ကို ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင် အလယ်မှနေ load များ ညီညီမျှမျှ ခွဲဝေ၍ နှစ်ဖက် ခေါက်ချိုးညီစွာ ကျရောက်သည့် ပုံစံနှင့် လောင်းရမည်။ ကွန်ကရစ်ကို တစ်ဆက်တည်း လောင်းလို့ ရနိုင်မည့် ကန့်လန့်ဖြတ် ဖြတ်ပိုင်း (Transverse Section) အရွယ်အစားဖြင့် arch ring များကို လောင်းရမည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းမည့် Section ရှေ့နောက် အစီအစဉ်သည် ခွင့်ပြုထားသည့် အတိုင်း ဖြစ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ အားဖြည့်သံချောင်းများတွင် initial stress များ မဖြစ်ပေါ်စေရပါ။ Section များကို သင့်လျော်သည့် keys သို့မဟုတ် dowels တို့ဖြင့် ဆက်ရမည်။ စာချုပ်အရ တားမြစ်ကန့်သတ်ထားသည်များ မရှိပါက၊ Culvert များအတွက် အခုံးများ(arch barrel) နှင့် အခြားအခုံးများကို တစ်ကြိမ်တည်းနှင့် တစ်ဆက်တည်း သွန်းလောင်းနိုင်သည်။

၉.၂.၅ Box Culverts

ယေဘုယျအားဖြင့် Box Culverts ၏ Footing သို့မဟုတ် အောက်ခြေ Slab များကို ကွန်ကရစ် လောင်းပြီး၊ setting ရစေပြီးမှ၊ ကျန်ရှိနေသေးသော အပိုင်းများကို ဆက်လက်ဆောက်လုပ်ရမည်။ နံရံအမြင့် ၅ ပေ (၁.၅ မီတာခန့်) နှင့်အောက် ရှိသော Culvert များအတွက် ဘေးနံရံများနှင့် အပေါ် Slab များကို တစ်ဆက်တည်း လောင်းနိုင်သည်။ နံရံပိုမြင့်သည့် Culvert များအတွက်မူ vertical member များအတွက် ကန့်သတ်ချက်များကို လိုက်နာရမည်။

၉.၂.၆ ကြိုတင်သွန်းလောင်းထားသော အစိတ်အပိုင်းများ (Precast Elements)

Precast member များကို ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင် member တစ်လျှောက် အက်ကွဲကြောင်းများ (settlement သို့မဟုတ် shrinkage ကြောင့်) မရှိဘဲ ကောင်းစွာ သိပ်သည်းမှု ရစေသည့် ကွန်ကရစ် လောင်းသည့် နည်းလမ်းမျိုးကို သုံးရမည်။

၉.၂.၇ သိပ်သည်းမှု ရအောင် လုပ်ခြင်း (Consolidation/ Compaction)

ရေအောက်တွင်လောင်းသည့် ကွန်ကရစ်နှင့် ချွင်းချက်ထားသည့် ကွန်ကရစ်များမှအပ၊ ကွန်ကရစ် များ အားလုံးကို လောင်းပြီးသည်နှင့် တစ်ပြိုင်နက် mechanical vibrator ဖြင့် သိပ်သည်းမှု (consolidation) ရအောင် ပြုလုပ်ရမည်။

ခွင့်ပြုထားသည့် အခြေအနေမျိုးမှလွဲ၍ vibration ကို အတွင်းဘက်မှသာ လုပ်ရမည်။ External vibration အတွက် Forwork ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသည့် ပါးလွှာသော section များအတွက်သာ External vibration လုပ်နိုင်သည်။

Internal Vibrator	External Vibrator

Figure 9.2-4 Type of Vibrators

Vibrator များသည် ခွင့်ပြုထားသည့် အမျိုးအစားနှင့် လုပ်ငန်းအတွက် သင့်လျော်သည့် ဒီဇိုင်း၊ အရွယ် ရှိရမည် ဖြစ်ပြီး ကွန်ကရစ်ထဲသို့ vibration ကောင်းကောင်းပျံ့နှံ့ရောက်ရှိစေနိုင်ရမည်။

ကွန်ကရစ် compaction ကောင်းကောင်းရစေရန်၊ Formworks များအတွင်း ကွန်ကရစ်များ တစ်သုတ် လောင်းပြီးသည်နှင့် ချက်ချင်း vibration လုပ်နိုင်ရန်၊ vibrator အလုံအလောက် ပြင်ဆင်ထားရမည်။ ပျက်သွားပါကလည်း ချက်ချင်းအစားထိုးနိုင်စေရန် vibrator အနည်းဆုံး တစ်ခု အပိုဆောင်ထား ရမည်။ Vibrator များ၏ စံသတ်မှတ်ထားသည့် စွမ်းဆောင်နိုင်ရည်များကို အောက်ပါဇယားတွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

Table 9.2-1 Standard Capability of Vibrators

Diameter of Internal Vibrator	Consolidation Range Diameter	Consolidation Capability
30 Ø	350 mm	12 m^3/h
40 Ø	450 mm	18 m^3/h
50 Ø	600 mm	24 m^3/h
60 Ø	700 mm	30 m^3/h

သံချောင်းများနှင့် Formwork များ တစ်ဝိုက် ကွန်ကရစ်ကို vibration လုပ်သည့်အခါ နှံ့စပ်မှု ရှိစေရန် vibrator ကို ကျွမ်းကျင်စွာ ကိုင်တွယ်လုပ်ဆောင်ရမည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းချလိုက်သည့်နေရာနှင့် စတင်ပုံလာသည့်နေရာ တို့တွင် vibrator ထိုးရမည်။ Vibrator ကို ကွန်ကရစ်အတွင်းသို့ ဖြည်းညင်းစွာ အသွင်းအထုတ် ပြုလုပ်ရမည်။ Vibration လုပ်ရာတွင်၊ ကွန်ကရစ် compaction ကောင်းကောင်း ရရန်အတွက် လုံလောက်သော ကြာချိန်နှင့် လုံလောက်သော intensity ရှိရမည် ဖြစ်သော်လည်း၊ segregation ဖြစ်သည်အထိ ကြာမြင့်စွာ မလုပ်ရပါ။ ထို့ပြင် နေရာအလိုက်ကွက်ပြီး နှာကြောင်းများ ပေါ်လာသည် အထိလည်း တစ်နေရာတည်းကို vibrator ကြာမြင့်စွာ မထိုးရပါ။။ တူညီသော အကွာအဝေး အပိုင်းအခြားဖြင့် vibration လုပ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ၎င်းအကွာအဝေးသည် ထိရောက်သော၊ မြင်သာသော Vibration အဝန်းအဝိုင်း အချင်းဝက်၏ ၁.၅ ဆ ထက် မပိုရပါ။

Vibration လုပ်သော်လည်း ပြန်မပျော့နိုင်တော့သည့်အဆင့်အထိ ခဲနေပြီဖြစ်သည့် ကွန်ကရစ် sections များ၊ အလွှာများအား တိုက်ရိုက်ဖြစ်စေ၊ အားဖြည့်သံချောင်းများကို ဖြတ်၍ ဖြစ်စေ၊ Vibration လုပ်ခြင်းမျိုး ရှောင်ရမည်။ ထိရောက်သည့် အကွာအဝေး အပိုင်းအခြား တစ်ခုစီအတွင်း vibrator ကို ထည့်ရမည်။ ကွန်ကရစ်၏ ထုထည်လျော့ကျမှု ဖြစ်စဉ် ရပ်တန့်သည်အထိ၊ ဘိလပ်မြေအနှစ်များ မျက်နှာပြင်ပေါ်သို့ တညီတညာတည်း တက်လာသည်အထိ၊ consolidation ပြုလုပ်ရမည်။ Vibrator ကို ဆွဲထုတ်သည့်အခါ ကွန်ကရစ်တွင် အပေါက်များ မကျန်ရလေအောင် ဖြည်းညင်းစွာ ဆွဲထုတ်ရမည်။ အထက်ပါ အခြေခံနည်းလမ်းများအပြင် အောက်ပါအချက်များကိုလည်း သတိထားရမည်။ Slump တန်ဖိုး ၁၀ စင်တီမီတာနှင့်အောက် ကွန်ကရစ်များအတွက် vibration ကြာချိန် ၁၅ မှ ၃၀ စက္ကန့် နှင့်၊ slump တန်ဖိုး ၁၀ စင်တီမီတာအထက်များအတွက် ၇စက္ကန့်မှ ၁၀ စက္ကန့်ဖြစ်သည်။

၁) ကွန်ကရစ်လောင်းနေစဉ် segregation ဖြစ်ပေါ်ပါက ထိုကွဲသွားသော ရောစာများကို ဂေါ်ဖြင့် အလျင်အမြန်ယူပြီး၊ မဆလာ ပါဝင်မှု လုံလောက်သည့် ကွန်ကရစ်ထဲသို့ vibration အပြည့်အဝ လုပ်ပြီး မြုပ်အောင် ထည့်ရမည်။

၂) ကွန်ကရစ်အပေါ်လွှာလောင်းပြီး Consolidation ပြုလုပ်ချိန်တွင်၊ အောက်ဘက်ကွန်ကရစ်သည် မာခဲစ ပြုလာပါက၊ အောက်ဘက် ကွန်ကရစ်၏ ၁၀ စင်တီမီတာခန့် အထိvibrator ကို ထိုးသွင်းပြီး၊ ခပ်စိပ်စိပ် နေရာအပိုင်းအခြားဖြင့် vibration ပြန်လုပ်ရမည်။

၃) စောင်းနေသည့် မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ကွန်ကရစ်လောင်းရသည့်အခါ၊ အစောင်း၏ အောက်ဘက်မှ စ၍ ကွန်ကရစ်လောင်းရမည် ဖြစ်ပြီး၊ vibrator ကိုလည်း အောက်ပိုင်းမှစ၍ ထိုးရမည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ရှေ့ကွန်ကရစ်ကို နောက်မှ ထပ်လောင်းထည့်သည့် ကွန်ကရစ်၏ အလေးချိန် နှင့် vibration ကြောင့် သိပ်သည်းစေသည့် အတွက် ဖြစ်သည်။ ပြောင်းပြန်အားဖြင့် အစောင်းမျက်နှာပြင်၏ အပေါ်ဘက်မှ ကွန်ကရစ် စတင် လောင်းခဲ့ပါက အပေါ်ခြမ်းကွန်ကရစ်သည် လျှောကျသွားနိုင်သည်။ အထူးသဖြင့် vibration ကို အကျဘက်ထိုးလျှင် စီးဆင်းသွားမည် ဖြစ်သည်။

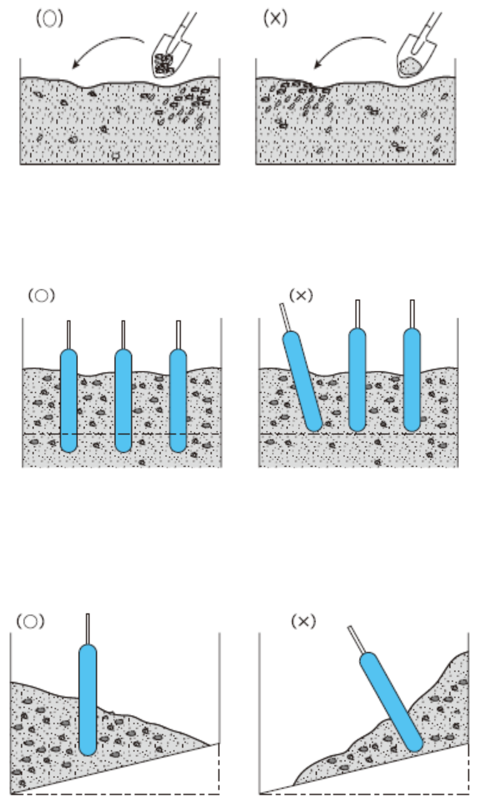


Figure 9.2-5 Vibration of Concrete

၉.၂.၈ ရေအောက်တွင်ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း

စာချုပ်တွင် သတ်မှတ်ထားခြင်း သို့မဟုတ် အင်ဂျင်နီယာများမှ အထူးတလည် ခွင့်ပြုထားခြင်းမှအပ Cofferdams များတွင်သုံးသည့် ကွန်ကရစ်အမျိုးအစား တစ်မျိုးတည်းကိုသာ ရေအောက် တွင် အသုံးပြုနိုင်သည်။ JIS စံသတ်မှတ်ချက်များအရ ရေနှင့်ထိတွေ့မှုကြောင့် ဆုံးရှုံးမှုကို ကာမိစေရန် အတွက် Bored Pile ကွန်ကရစ်များမှလွဲ၍ အခြားကွန်ကရစ်များအတွက် အနည်းဆုံး ပါဝင်ရမည့် ဘိလပ်မြေပမာဏမှာ 370kg/m^3 ဖြစ်ပြီး ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုးမှာမှု ၅၀ ရာခိုင်နှုန်း အောက် ဖြစ်ရမည်။

Segregation ကို ကာကွယ်ရန်အတွက် ရေအောက်၌ ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင် tremie၊ ကွန်ကရစ် pump သို့မဟုတ် တခြားခွင့်ပြုထားသော နည်းလမ်းများကိုအသုံးပြု၍၊ ပမာဏ ကျစ်ကျစ်လျစ်လျစ်ဖြင့်၊ နောက်ဆုံးလောင်းရမည့်နေရာသို့ တန်းလောင်းရမည်။ လောင်းချပြီးသည့်နောက် ကွန်ကရစ်အား ထိခိုက်နှောင့်ယှက်မှုများ မရှိစေရပါ။ ကွန်ကရစ်လောင်းထားသည့်နေရာတွင် ရေသေဖြစ်နေရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ရေအောက်ရှိ Formwork များသည် ရေလုံနေရမည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းနေစဉ်နှင့် curing လုပ်နေစဉ်တွင် Hydrostatic pressure များတူညီနေစေရန် cofferdam ပြုလုပ်ထားရမည်။ သို့မှသာ ကွန်ကရစ်ထဲသို့ ရေဖြတ်သန်းစီးမှုကို ကာကွယ်နိုင်မည်ဖြစ်သည်။

ရေအောက်တွင် ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်းကို လုပ်ငန်းအစမှအဆုံးထိ တစ်ဆက်တည်း ပြုလုပ်ရမည်။ ကွန်ကရစ်၏မျက်နှာပြင်သည် တတ်နိုင်သမျှ ရေပြင်ညီနီးပါး ဖြစ်နေစေရမည်။ Bonding သေချာ ရရန်အတွက် ပထမတစ်လွှာလောင်းပြီး၍ initial set မစမီ၊ နောက်တစ်လွှာကို လောင်းရမည်။ ကွန်ကရစ် ပမာဏ များများလောင်းသည့်အခါ ဤအချက်နှင့်ကိုက်ညီစေရန် tremie သို့မဟုတ် pump များကို တစ်ခုထက်ပို၍ သုံးပြီး လောင်းရမည်။

Underwater inseparable concrete သည် ရေအောက်တွင်လောင်းမည့် ကွန်ကရစ်များအတွက် သင့်လျော်သည်။

Underwater inseparable concrete နှင့် ပုံမှန်ကွန်ကရစ် သုံးသည့် အခြေအနေနှစ်ခုစလုံးအတွက် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့် နည်းလမ်းများကို အောက်ပါပုံတွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

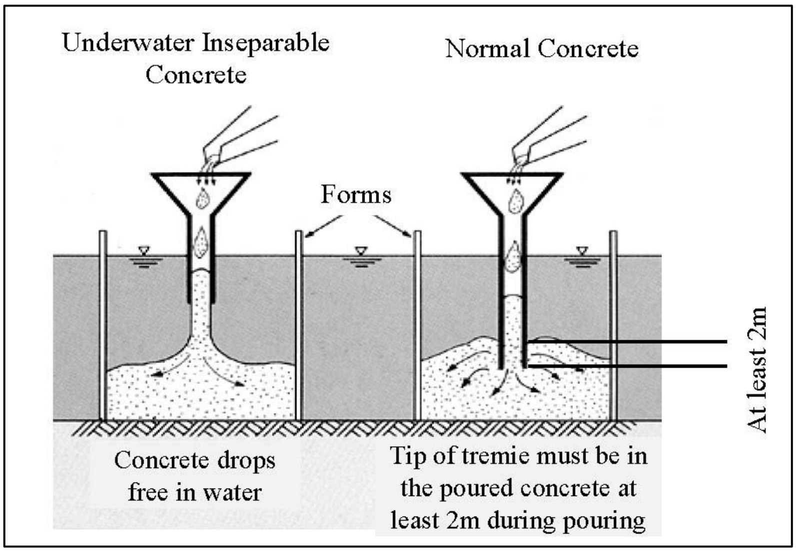


Figure 9.2-6 Pouring Method Underwater by Tremie

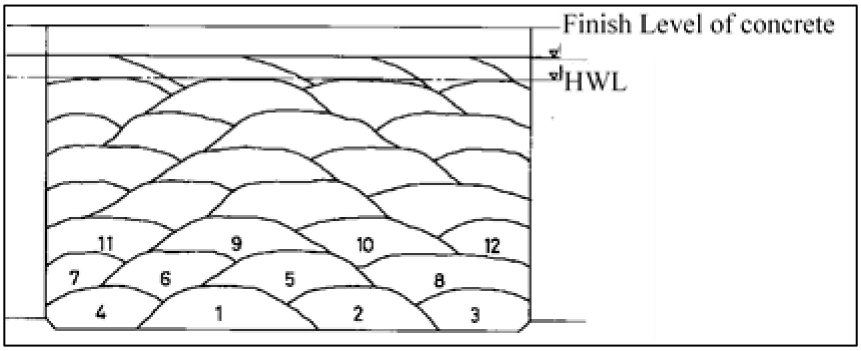


Figure 9.2-7 Example of the Sequence of Pouring

၁) ပစ္စည်းကိရိယာများ

Tremie ဆိုသည်မှာ အချင်း ၁၀ လက်မ (၂၅၀ မီလီမီတာခန့်) အနည်းဆုံးရှိသည့်၊ ရေလုံသည့် ပိုက်လုံးရှည်တစ်ခုဖြစ်ပြီး၊ ထိပ်ဘက်တွင် ကတော့ တပ်ဆင်ထားသည်။ Tremie ၏ ကွန်ကရစ်ထွက်မည့် အောက်ဘက်အဖျား (discharge end) သည် ကွန်ကရစ်လောင်းမည့်နေရာတစ်ခုလုံးပေါ်တွင် လွတ်လွတ်လပ်လပ် ရွေ့လျားနိုင်စေရန်အတွက် ပြုလုပ်ထားရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ကွန်ကရစ်စီးဆင်းမှုကို ဆိုင်းထားရန် သို့မဟုတ် ရပ်ထားရန်လိုအပ်ပါက Tremie ကို အလျင်အမြန် နိမ့်ချနိုင်ရန်လည်း လုပ်ထားရမည်။ လုပ်ငန်းစတင်တော့မည် ဆိုပါက ပိုက်တစ်လျှောက် ကွန်ကရစ် မပြည့်ခင်၊ ရေများမဝင်ရောက်နိုင်စေရန်အတွက် Tremie ၏ discharge end ကို ပိတ်ထားရမည် (အောက်ပါပုံတွင် ဖော်ပြထားသည်)။ ကွန်ကရစ်စလောင်းသည့်အခါ Tremie ပိုက်တစ်လျှောက် ကတော့၏ အောက်ခြေအထိ ကွန်ကရစ်များပြည့်နေစေရမည်။ ကွန်ကရစ် လောင်းနေစဉ် ပိုက်အတွင်း ရေဝင်လာပါက Tremie ပိုက်ကို ပြန်ဖြုတ်ကာ၊ discharge end ကို ပြန်ပိတ်ပြီး၊ ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း ပြန်လည်စတင်ရမည်။ ကတော့ထဲသို့ ကွန်ကရစ်တစ်သုတ် လောင်းချလိုက်ပြီး၊ discharge end ကို အနည်းငယ်မြှင့်တင်ပေးခြင်းဖြင့် ကွန်ကရစ်များ စီးဆင်းစေရမည်။ Discharge end သည် လောင်းချထားသည့် ကွန်ကရစ်အပုံထဲတွင် အမြဲမြုပ်နေရမည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းနေသည့် တစ်လျှောက်လုံး ကွန်ကရစ်စီးဆင်းမှု မပြတ်တောက်စေရ။ Cofferdam များကို လောင်းသည့်အခါ၊ Cofferdam ဒေါက်များကြောင့် Tremie ပိုက်ကို ဘေးတိုက် ရွှေ့ရခက်သည့်အတွက်၊ အကွက်တစ်ကွက်ချင်းစီတွင် Tremie တစ်ခုစီကို သုံးရမည်။

ရေအောက်တွင်ကွန်ကရစ်လောင်းရာ၌သုံးသည့် ကွန်ကရစ် Pump တွင်မူ tube တစ်လျှောက် ကွန်ကရစ် စတင်ဖြည့်နေစဉ် အတောအတွင်း၊ ရေဝင်မလာစေရန်အတွက် Discharge end တွင် ရေလုံကိရိယာ တစ်ခုကို တပ်ဆင်ထားရမည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးဆိုသည်နှင့် Discharge end အထိ ကွန်ကရစ် များဖြင့် ပြည့်နေရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ၎င်းသည် လောင်းချထားသည့် ကွန်ကရစ်ပုံထဲတွင် လောင်းနေစဉ် တစ်လျှောက်လုံး နစ်မြုပ်နေရမည်။

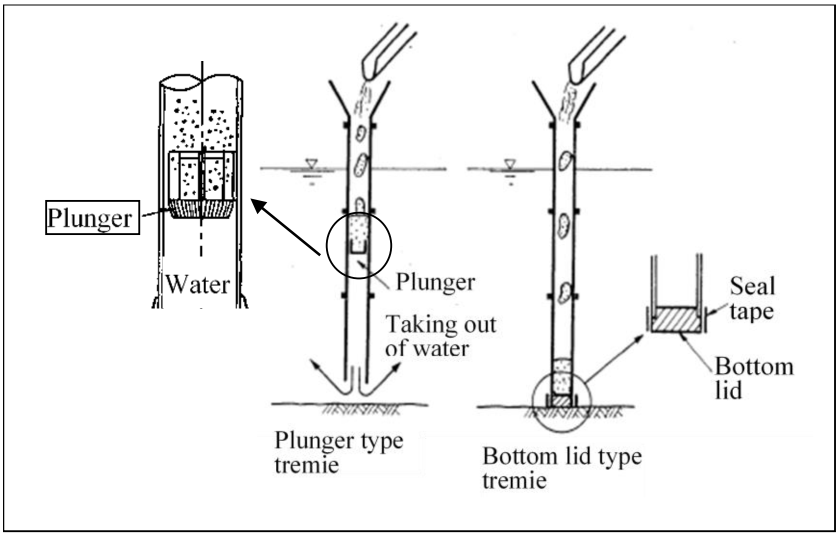


Figure 9.2-8 Method for Fill the Concrete in Tremie

၂) သန့်ရှင်းရေးလုပ်ခြင်း

လောင်းထားသည့် ကွန်ကရစ်နှင့် အလားတူအခြေအနေများဖြင့် curing လုပ်ထားသည့် Specimens များအား စမ်းသပ်မှုအရ၊ ကွန်ကရစ်သည် ခန့်မှန်းထားသည့် Load များကို ထမ်းရန်လုံလောက်သည့် Strength ရှိပြီဟု သိရှိရသည့်နောက် ရေဖယ်ရှားခြင်း (Dewatering) ကို ပြုလုပ်နိုင်သည်။ မြင်သာသည့် မျက်နှာပြင်ပေါ်မှ Laitance များနှင့် မလိုလားဖွယ်ရာ အရာများအားလုံးကို ပြောင်စင်အောင်ခြစ်ခြင်း၊ ဖွဲ့ထုတ်ခြင်း နှင့် ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင် ကို မထိခိုက်စေမည့် နည်းလမ်းများကို သုံး၍ Foundation Concrete မလောင်းခင်တွင် ဖယ်ရှားထားရမည်။

၉.၃ ပလတ်စတစ်အခြေအနေရှိကွန်ကရစ်ကို FINISHING လုပ်ခြင်း (FINISHING PLASTIC CONCRETE)

စာချုပ်တွင် သီးခြားသတ်မှတ်ထားခြင်း မရှိပါက Formework ဖြင့် မလောင်းသည့် ကွန်ကရစ် အားလုံးကို Consolidation လုပ်ပြီးသည့်နောက်၊ Curing မလုပ်ခင်တွင် မျက်နှာပြင်ချောခြင်း (Finishing) ချက်ချင်းလုပ်ရမည်။ ကွန်ကရစ်သည် လုပ်ရကိုင်ရကောင်းသည့် (Workable)

အခြေအနေတွင် ရှိနေသေးပါက Constrction Joints နှင့် Expansion Joints အားလုံးကို လွှဝိုင်း (Edger) ဖြင့် အနားသတ်ရမည်။ Joint Filler များကို မြင်သာစေရန် ထားရမည်။

၉.၃.၁ မျက်နှာပြင်ချောခြင်း (Finishing) လုပ်ခြင်း၏ ရည်ရွယ်ချက်

ကွန်ကရစ်၏ မျက်နှာပြင်သည် မိုးရေနှင့် လေထုတွင်းရှိ အောက်စီဂျင်စသည့် အရည်အသွေးကို ထိခိုက်နိုင်သောအရာများ စိမ့်ဝင်ရန်လွယ်ကူသည်။ Formwork မျက်နှာပြင် ကွန်ကရစ်သည် Formwork ရှိနေသည့်အတွက်၊ Finishing ပြုလုပ်၍ ရမည်မဟုတ်ပါ။ ထိုအတောအတွင်းတွင် ကွန်ကရစ် သွန်းလောင်းမည့် formwork မျက်နှာပြင်ကို သန်လျက်ဖြင့် Finishing ပြုလုပ်ပြီး ခိုင်ခံ့အောင် ပြုလုပ်ထားရမည်။ ကွန်ကရစ်ခဲမှုမှ ထွက်လာသည့် Bleeding water ကြောင့် မျက်နှာပြင်တွင် အက်ကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပြီး၊ ထိုအက်ကွဲကြောင်းများမှတစ်ဆင့် ကွန်ကရစ်အရည်အသွေး ကျဆင်းနိုင်သည့် အရာများ ဝင်ရောက်လာနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် သန်လျက်ဖြင့် Finishing ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။ အက်ကွဲ ကြောင်းဖြစ်စဉ်ကို အောက်ပါပုံတွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

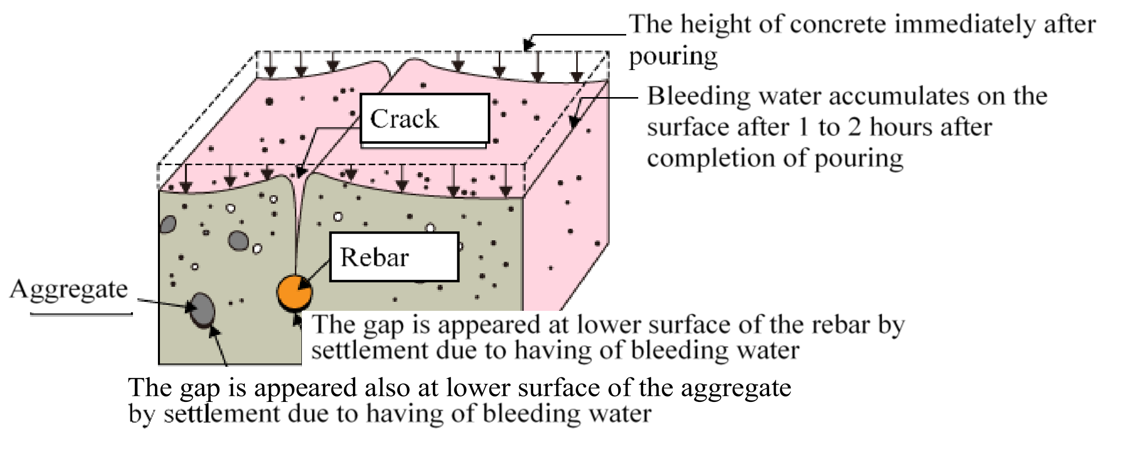


Figure 9.3-1 Phenomenon of Concerning Cracks

၉.၃.၂ Finishing လုပ်သည့်နည်းလမ်းများ

ကွန်ကရစ်ကို မျက်နှာပြင်ချောရာတွင်၊ သစ်သားသန်လျက်ဖြင့် ခပ်ကြမ်းကြမ်း ချောပြီးနောက်၊ သံသန်လျက်ဖြင့် အချောထပ်ကိုင်ရမည်။ အချောကိုင်နေစဉ် မျက်နှာပြင်ပေါ်၌ တွေ့ရသည့် ပိုလျှံနေသောရေများ၊ Laitance များ သို့မဟုတ် ပြင်ပအရာဝတ္ထုများ slab အတွင်းသို့ ပြန်မ ထည့်ရဘဲ၊ မြင်သည်နှင့် ချက်ချင်း ဖယ်ရှားပစ်ရမည်။ Finishing လုပ်ငန်းများကို အထောက်အကူ ဖြစ်စေရန် ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင်ပေါ်သို့ ရေထပ်လောင်းခြင်းများကို ခွင့်မပြုရပါ။

အခန်း ၁၀. ကွန်ကရစ်ကို CURING ပြုလုပ်ခြင်း

Figure 10-1 Water Curing

လောင်းပြီးခါစ ကွန်ကရစ်များကို ရေဆုံးရှုံးမှု မဖြစ်ပေါ်စေရန်အတွက် အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့် နည်းလမ်းများအား အသုံးပြုပြီး curing ပြုလုပ်ရမည်။ Structural ကွန်ကရစ်များကို အချောသတ်ခြင်း (Finishing) လုပ်ငန်းများ အားလုံးပြီးစီးပြီး၊ ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ရေ (free water) တင်ကျန်ပြီဆိုသည်နှင့် ချက်ချင်း curing ပြုလုပ် ရမည်။ Structural ကွန်ကရစ်များအား ရေဖြင့် curing လုပ်မည်ဆိုပါက finishing လုပ်ငန်းစဉ် များ အားလုံးပြီးဆုံးသွားသည်နှင့် ပြုလုပ်ရမည်ဖြစ်သည်။ ရွေးချယ်ထားသည့် နည်းလမ်းတစ်ခုခုဖြင့်၊ Curing မပြုလုပ် ရသေးခင်၊ ကွန်ကရစ်၏မျက်နှာပြင် စတင်ခြောက်သွေ့လာပါက Fog Spray ကိုသုံး၍ မျက်နှာ ပြင်ကို အစိုဓာတ်ပေးရမည်။

Portland Cement ကို ထည့်သွင်းအသုံးပြုထားသည့် Precast Concrete များကို water proof cover နည်း၊ ရေနွေးငွေ့ သို့မဟုတ် Radiant-heat နည်းလမ်းမဟုတ်သော အခြား Curing နည်းဖြင့် Curing ကို ၇ ရက်တိုင်တိုင် ဆက်တိုက် လုပ်ဆောင်ရမည်။ Pozzoland များကို အသုံးပြုခဲ့လျှင်မူ Curing ကို ၁၀ ရက် လုပ်ရမည်။ အချောသတ်ပြီးသား Pavement concrete အနေဖြင့် သုံးမည့် structure များ၏ အပေါ် ကြမ်းခင်းများ အတွက်မှအပ၊ အခြား structure များတွင် အထက်ဖော်ပြပါ curing ကာလကို လျှော့ချနိုင်သည်။ Structure နှင့် အလားတူအခြေအနေများဖြင့် curing လုပ်ထားသည့် specimen (ဆလင်ဒါ) များအား စမ်းသပ်ချက်အရ၊ သတ်မှတ်ခံနိုင်ရည်အား၏ အနည်းဆုံး ၇၅ ရာခိုင်နှုန်းကို ရောက်ပြီဟု သိရှိရပါက curing လုပ် ခြင်းကို ရပ်တန့်နိုင်သည်။

ရာသီဥတု ပူသော ကာလတွင် လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာက လိုအပ်သည်ဟု ယူဆပါက၊ Liquid membrane နည်းဖြင့် curing လုပ်ထားသည့် ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်အား၊ ရေဖျန်းရမည်။ လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာမှ အအေးခံရန် မလိုအပ်တော့ဟု မဆုံးဖြတ်မချင်း ဖြန်းပေးရမည်။

၁၀.၁ CURING ၏အခြေခံ

Curing ၏ အခြေခံသည် ကွန်ကရစ်၏ မျက်နှာပြင်ကို စိုစွတ်နေစေရန်၊ အပူချိန်ထိန်းညှိပေးရန် နှင့် အန္တရာယ်ရှိသော သက်ရောက်မှုများမှ ကာကွယ်ပေးရန်ဖြစ်သည်။ Construction အမျိုးအစား construction အခြေအနေ၊ တည်နေရာအနေအထားနှင့် ပတ်ဝန်းကျင် စသည့်တို့ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစား၍ curing လုပ်မည့်နည်းလမ်းနှင့် ကြာချိန်ကို ဆုံးဖြတ်ရန် လိုအပ်သည်။

၁) Wet Curing Method

Figure 10.1-1 Wet Curing Sheet

ကွန်ကရစ်သွန်းလောင်းပြီးချိန်တွင် ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်သည် ခြောက်သွေ့လာပြီး၊ အတွင်းရှိ အစိုဓာတ်သည် အစောဆုံးအဆင့်တွင်ပင် လျော့ကျသွားသည်။ ဘိလပ်မြေ၏ ရေဓာတ်ပြုမှု ဖြစ်စဉ် (Hydration Reaction) အပြည့်အဝ မဖြစ်ရခြင်းကြောင့် ကွန်ကရစ်ခံနိုင်ရည် ကျဆင်း သွားသည်။ ထို့ပြင် ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင်သည် နေရောင်ခြည် တိုက်ရိုက်ကျခြင်း နှင့် လေတိုက်ခြင်း စသည်တို့ကြောင့် လျင်မြန်စွာ ခြောက်သွေ့ပါကလည်း အက်ကွဲကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ်လာမည် ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် နေရောင်ခြည် တိုက်ရိုက်ကျခြင်း နှင့် လေတိုက်ခြင်း စသည်တို့ကြောင့် အစိုဓာတ် ဆုံးရှုံးမှု မဖြစ်ပေါ်စေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် wet Curing ကို ပြုလုပ်ကြသည်။

Curing လုပ်ခြင်းကြောင့် ကွန်ကရစ်၏မျက်နှာပြင် ကြမ်းတမ်းသွားခြင်းမျိုး မဖြစ်နိုင်တော့သည်အထိ ကွန်ကရစ်မာလာပြီဆိုလျှင်၊ curing ကို စတင်နိုင်ပြီ ဖြစ်သည်။ Wet Curing နည်းလမ်းဆိုသည်မှာ ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်အား တိုက်ရိုက်ရေဖျန်းခြင်းတို့ ပြုလုပ်ပြီး၊ ဖျာ၊ အဝတ်စ စသည်တို့ဖြင့် ဖုံးအုပ်ထား သည့် နည်းလမ်းဖြစ်သည်။ Formwork များခြောက်သွေ့နေပါကလည်း ရေဖြန်းပေးရန် လိုအပ်သည်။

Wet Curing ပြုလုပ်ရမည့်ကာလသည် နေ့စဉ်ပျမ်းမျှအပူချိန်နှင့် ဘိလပ်မြေအမျိုးအစားတို့ အပေါ်တွင် မူတည်၍ ပြောင်းလဲနိုင်သည်။ သို့ရာတွင် JIS မှ သတ်မှတ်ထားသည့် curing ပြုလုပ်ရမည့် စံကာလကို ဇယား ၁၀.၁-၁ တွင်ဖော်ပြထားသည်။

Table 10.1-1 Minimum Period of Curing

Daily Average Temperature	Standard Portland Cement	Early Strength Cement
More than 15℃	5 days	3 days
10℃ to 15℃	7 days	4 days
Less than 10℃	9 days	5 days

၂) Liquid Membrane Curing Method

Liquid Membrane Curing ကို ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးပြီးချင်းတွင် လုပ်ရမည့် ကနဦး curing နည်းလမ်းအဖြစ် ရည်ရွယ်သည်။ သို့သော် curing mats အသုံးပြုခြင်း၊ ရေဖြန်းခြင်းများ လုပ်ကိုင်ရန် ခက်ခဲသည့် အခါနှင့် ရေဆုံးရှုံးမှုကို ကာလရှည်ကြာစွာ ကာကွယ်လိုသည့် အခါများတွင်လည်း အသုံးပြုသည်။ ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်တွင် Agent တစ်မျိုးသုံးပြီး (ဖြန်းပြီး) မျက်နှာပြင်မှ ရေငွေ့ပြန်ခြင်းကို ကာကွယ်သည့် နည်းလမ်းဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်ပေါ်ရှိ Bleeding Water များ ပျောက်ကွယ်သွားပြီးမှသာ curing agent ကို မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ဖြန်းခြင်း၊ သုံးခြင်းကို စတင်လုပ်ဆောင်ရမည်။

ဤနည်းလမ်းကို wet curing နှင့်အတူတွဲ၍ သုံးနိုင်သမျှ သုံးကြသည်။ curing agent ၏ လိုအပ်သော စွမ်းဆောင်နိုင်ရည်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

Figure 10.1-2 Liquid Membrane Curing

- အစိုဓာတ်ထိန်းထားနိုင်သည့် စွမ်းဆောင်ရည် ရှိခြင်း
- လွယ်ကူစွာ ဖြန်းနိုင်၊ သုံးနိုင်ခြင်းနှင့် ကောင်းမွန်သည့် Workability ရှိခြင်း
- လူ့ခန္ဓာကိုယ်ကို အန္တရာယ်မဖြစ်စေခြင်း
- ကွန်ကရစ်တွင်ကောင်းစွာ စွဲကပ်နိုင်ခြင်း
- လေတိုက်ခြင်း၊ မိုးရွာခြင်းနှင့် နေပူခြင်း စသည့် ရာသီဥတုဒဏ်ကို လုံလောက်စွာ ခံနိုင်ခြင်း
- ကပ်ပြီးကျန်ရှိနေမည့် အလွှာပါး (Membrane) သည် ကွန်ကရစ်နှင့် တွယ်ကပ်မှုကို မထိခိုက်စေခြင်း။

၃) အပူချိန်ထိန်းညှိသည့်နည်းလမ်း

Curing လုပ်နေစဉ်အတွင်း ကွန်ကရစ်၏ အပူချိန်သည် ဘိလပ်မြေ၏ ဓာတ်ပြုမှုဖြစ်စဉ် (Hydration Reaction) အပေါ်တွင် သိသိသာသာ သက်ရောက်မှု ရှိသည်။ ထို့အပြင် ပြင်ပအပူချိန် နိမ့်လွန်းခြင်း၊ မြင့်လွန်းခြင်း သို့မဟုတ် ရုတ်တရက် ပြောင်းလဲသွားခြင်းတို့သည်လည်း hydration reaction အပေါ် ထိခိုက်နိုင်သည်။ ကွန်ကရစ်အား ထိုကဲ့သို့သော အခြေအနေမျိုးမှ ကာကွယ်သည့် Curing ကို Temperature Control Curing ဟုခေါ်သည်။

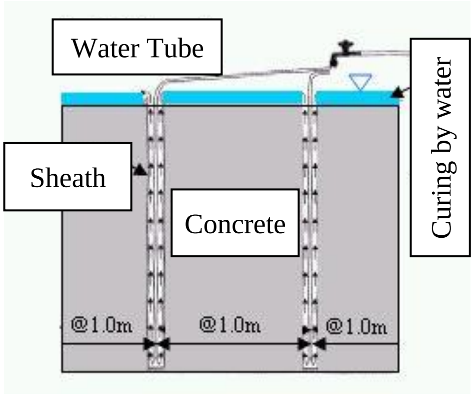


Figure 10.1-3 Temperature Control Curing

ပြင်ပအပူချိန်သည် နိမ့်နေပါက (နေ့စဉ်ပျမ်းမျှ အပူချိန်သည် ၄ ဒီဂရီဆဲစီးယပ်စ်နှင့်အောက် ဖြစ်နေပါက) ဘိလပ်မြေ၏ Hydration Reaction ကို အဟန့်အတားဖြစ်စေနိုင်ပြီး၊ strength ဖြစ်ပေါ်တိုးတက်မှုကို နှေးကွေးစေသည်။ ထို့ပြင်ကွန်ကရစ်ထဲ တွင် ကနဦးရေခဲခြင်း ဖြစ်မည်ကိုလည်း စိုးရိမ်ရသည်။ အခြားတစ်ဖက်တွင်မူ ပြင်ပလေအပူချိန်သည် မြင့်မားနေပါက (နေ့စဉ်ပျမ်းမျှလေအပူချိန်သည် ၂၅ ဒီဂရီဆဲစီးယပ်စ် နှင့် အထက် ဖြစ်နေပါက) initial strength မြင့်သော်လည်း၊ နောက်ပိုင်းကာလများတွင် strength တိုးတက်မှု နည်းပြီး၊ ကွန်ကရစ်၏ တာရှည်ခံမှုကို ထိခိုက်ခြင်းဖြစ်တတ်သည်။ ထို့အပြင် member အရွယ်အစားများ ကြီးမားပြီး၊ Hydration Reaction ကြောင့် အပူချိန်မြင့်တက်မှုများပြားလာခြင်း သို့မဟုတ် member အတွင်းတွင် အပူချိန်ကွာခြားမှုများလာခြင်းတို့ ဖြစ်သည့်အခါ အပူဒဏ် ကြောင့် အက်ကွဲကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ်လာ နိုင်သည်။ ထို့ကဲ့သို့သော အခြေအနေမျိုးတွင် Pre-cooling လုပ်ခြင်း၊ Pipe Cooling လုပ်ခြင်း၊ မျက်နှာပြင်ကို နွေးနေစေခြင်းစသည့် နည်းလမ်းများဖြင့် ကွန်ကရစ်၏ အပူချိန်နှင့် အပူချိန်ခြားနားမှု တို့ကို ထိန်းချုပ်ရန် လိုအပ်သည်။

၁၀.၂ MATERIALS

၁၀.၂.၁ ရေ

ကွန်ကရစ်ကို curing လုပ်ရာတွင် သုံးမည့်ရေသည် သန့်ရှင်းပြီး ဆီ၊ ဆားငန်ဓာတ်၊ အက်စစ်၊ အယ်လ်ကာလီ၊ သကြားဓာတ်၊ သစ်ရွက်သစ်ခက်နှင့် အခြားထိခိုက်စေတတ်သောပစ္စည်းများ ကင်းစင်ကြောင်း အတည်ပြုထားသည့် ရေဖြစ်ရမည်။ ရေကို AASHTO T26 ၏ သတ်မှတ်ချက်များ

နှင့် ကိုက်ညီမှုရှိမရှိ စမ်းသပ်စစ်ဆေးရမည်။ ရေရယူသည့် အရင်းအမြစ် နေရာသည် တိမ်ပါက ရေရယူသည့်နေရာ၊ ရေဝင်သည့်နေရာကို ရွံ့၊ နုန်း၊ မြက်နှင့် အခြား ပြင်ပပစ္စည်းများ မဝင်စေရန် ကာရံဖုံးအုပ်ထားရမည်။

၁၀.၂.၂ Liquid Membranes

Curing ပြုလုပ်သည့် Liquid Membranes တွင် ပါဝင်သော ဒြပ်ပေါင်းများသည် AASHTO M 148 (ASTM C309) ရှိ သတ်မှတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

၁၀.၂.၃ ရေစိုခံအခင်း၊ အချပ်များ (Waterpoof Sheet Materials)

ရေစိုခံအစများ၊ Polythylene Film နှင့် White burlap polyethylene အစများသည် AASHTO M 171 (ASTM C171) ၏ ကန့်သတ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။

၁၀.၃ ကွန်ကရစ် CURING ပြုလုပ်ရာတွင် စစ်ဆေးရမည့်အချက်များ

ကွန်ကရစ်အား Curing ပြုလုပ်ရာတွင် စစ်ဆေးရမည့်အချက်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။ လုပ်ငန်းခွင်အင်ဂျင်နီယာသည် အောက်ပါ စစ်ဆေးရမည့်အချက်များအတိုင်း Curing လုပ်ခြင်းကို စီမံခန့်ခွဲသင့်သည်။

Table 10.3-1 Check Points for Curing

Stage of Works	Check points	Management items	Check on site
1. Plan of curing	(1) Is curing method appropriate? (2) Is the outside temperature low or high? (3) Does not concrete surface dry? (4) Is there no sudden temperature change during curing? (5) Is there no vibration during curing? (6) Do not receive impact during curing?	• Curing method and period • Quantity of materials etc. • Outside temperature • Weather • Wet condition of the surface • Curing temperature • Having or not having of vibration • Having or not having of vibration	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
2. Wet curing	(1) Is not concrete surface dry? (2) Is the curing period appropriate? (3) Is it appropriate to keep concrete surface wet?	• Wet condition of the surface • Curing period • Method of water supply • Strength of initial age	☐ ☐ ☐ ☐

Stage of Works	Check points	Management items	Check on site
3. Curing for protection against harmful effects	(4) Is vibration, impact or excessive load acting on uncured concrete? (5) Whether an excessive load is applied to the initial material age	• Acting of external force • Acting of external forces at early age	☐ ☐
4. Curing method for formwork	(1) Is method appropriate? (2) Is the surface of formwork dry?	• Method of curing • Condition of formwork	☐ ☐
5. Liquid membrane curing	(1) Whether it is applied in combination with wet curing (2) Is material selection appropriate? (3) Is the time of spraying appropriate? (4) Is the spraying method appropriate?	• Combined use with wet curing • Material used • Timing of spraying • Method of spraying	☐ ☐ ☐ ☐

အခန်း ၁၁. အဆက်များ (JOINTS များ)

ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများကို အဆောက်အဦပိုင်းဆိုင်ရာ သို့မဟုတ် ဆောက်လုပ်ရေးပိုင်းဆိုင်ရာ အကြောင်းပြချက်များကြောင့် တချို့အပိုင်းများကိုခွဲ၍ ဆောက်လုပ်ရန် လိုအပ်သည်။ Construction Joints များ ပြီးပြည့်စုံစွာ တွဲစပ်သွားရန် ခက်ခဲသည့်အတွက် Joint များသည် structural ပိုင်းဆိုင်ရာ ခံနိုင်ရည်အား၊ သက်တမ်းနှင့် ရေလုံမှုတို့ဘက်မှ ကြည့်လျှင် အားနည်းသည့်သဘောရှိသည်။ ထို့ကြောင့် Joints များကို ပြုလုပ်ရာတွင် ထိုအချက်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရန်လိုသည်။

၁၁.၁ JOINTS အမျိုးအစားများ

Joints အမျိုးအစားများကို ပုံ ၁၁.၁-၁ တွင်ဖော်ပြထားသည်။

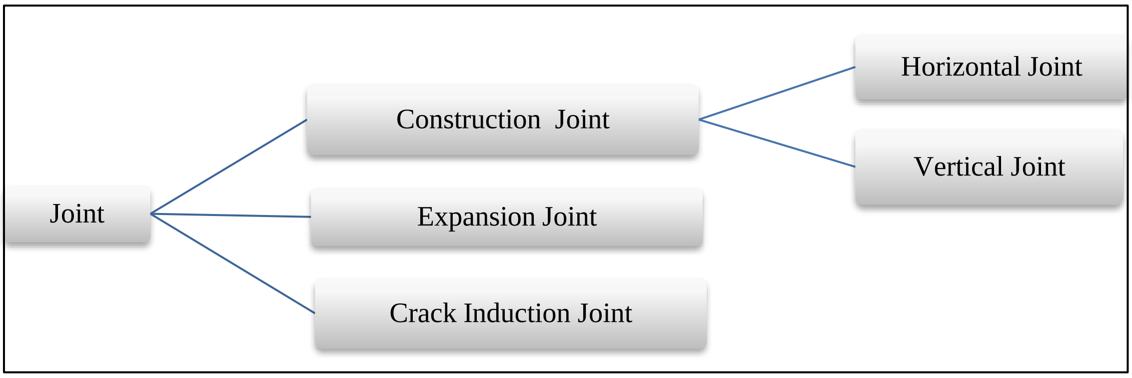


Figure 11.1-1 Types of Joints

၁၁.၂ CONSTRUCTION JOINT

၁၁.၂.၁ Construction Joints များထည့်မည့်နေရာ

Construction Joint များအတွက် အစီအစဉ်ရေးဆွဲရာတွင် အောက်ပါအချက်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရန် လိုအပ်သည်။

- Shear Force နည်းသည့်နေရာ
- Joint ဆက်ထားသည့် မျက်နှာပြင် အနေအထားသည် Compressive Force သက်ရောက်သည့် လားရာနှင့် ထောင့်မှန်ကျရမည်။

Construction Joint တည်နေရာနမူနာများကို ပုံ ၁၁.၂-၁ တွင်ဖော်ပြထားပါသည်။

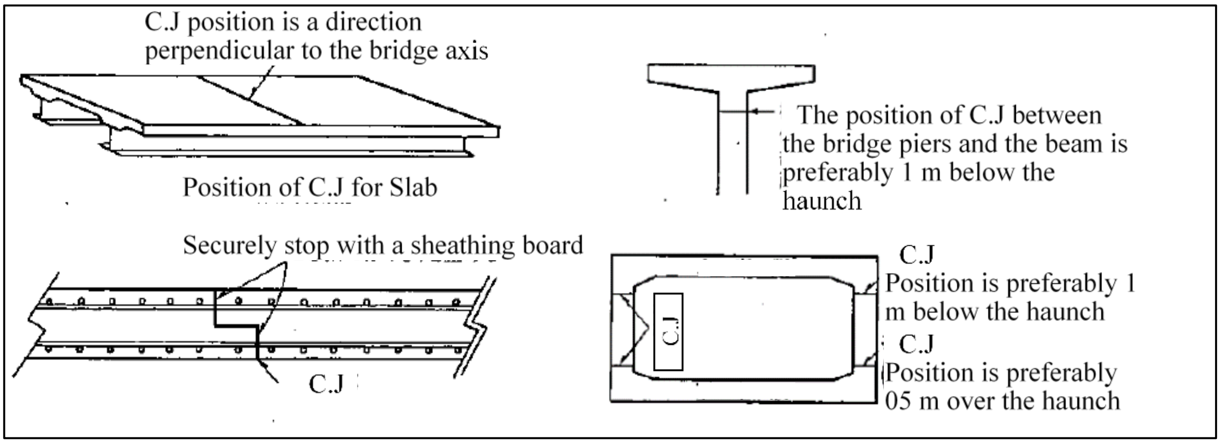


Figure 11.2-1 Example of Position for Construction Joints (C.J.)

၁၁.၂.၂ Shear Force များသည့် နေရာတွင် တပ်ဆင်ထားသည့် အခြေအနေ

Shear Force များသည့်နေရာတွင် Joints များကို မဖြစ်မနေ ထည့်ရမည့် အခြေအနေမျိုးဖြစ်ပါက အောက်ပါအချက်အလက်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။

၁) Joint ၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် စရွေးတံ (tenon) များ၊ မြောင်း (groove) များ ပြုလုပ်ရန်။

၂) သင့်လျော်သည့် steel material များ တပ်ဆင်ပြီး၊ အားဖြည့်ရန်။

၁၁.၂.၃ ဆားငန်ဓာတ်ဒဏ် ခံရနိုင်သည့် အဆောက်အဦများတွင် Joints များတပ်ဆင်သည့်အခြေအနေ

အခြေခံအားဖြင့် ဆားဓာတ်ကြောင့် ထိခိုက်ပျက်စီးမှုများရှိနိုင်သည့် အဆောက်အဦများတွင် Joints များကို မထည့်သင့်ပါ။ ထိုကဲ့သို့သော အဆောက်အဦများတွင် Joints များ မဖြစ်မနေ ထည့်ရမည်ဆိုပါက ဒီရေတက်ချိန်ရှိ ရေအမှတ်၏အထက် ၆၀ စင်တီမီတာ နှင့် ဒီရေကျချိန်ရှိ ရေအမှတ်အောက် ၆၀ စင်တီမီတာကြားတွင် Joints များ ထည့်ခြင်းကို ရှောင်ရှားရမည်။

၁၁.၂.၄ Horizontal Construction Joints

၁) Formwork များနှင့်ထိစပ်နေသည့် Horizontal Joints များအား treatment လုပ်ခြင်း

အမြင်လှပရေးရှုထောင့်မှ ကြည့်ရှုမည်ဆိုပါက ရေပြင်ညီမျဉ်းဖြောင့်အဖြစ် gap များ မရှိစေအောင် သတိထားရမည်။ နည်းလမ်းတစ်ခုအနေဖြင့် joint ထည့်ရမည့်နေရာထက် ကျော်လွန်၍ formwork ကို ဆင်ပြီး၊ formwork အတွင်း၌ ၎င်း joint ဖြတ်ရမည့် နေရာကို အမှတ်အသားပေးခဲ့ခြင်းမျိုး လုပ်နိုင်သည်။

၂) ကွန်ကရစ်အသစ်များမလောင်းခင် ကွန်ကရစ်အဟောင်းအား Treatment လုပ်ခြင်း

ကွန်ကရစ်အသစ်မလောင်းခင်တွင် အရင်လောင်းထားသော ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ရှိနေသည့် Laitance များ၊ အရည်အသွေးနိမ့်သည့် ကွန်ကရစ်များ၊ aggregate များ ပေါ်နေခြင်းများ စသည်တို့ကို အားလုံးဖယ်ရှားထားရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်သည် ရေကိုအပြည့်အဝ စုပ်ယူထားရမည် (ရေဝနေရမည်) ဖြစ်သည်။ Treatment နည်းလမ်းများတွင် ရှေ့ကွန်ကရစ် လောင်းပြီးသည့်နောက် ဆောလျင်စွာ treatment လုပ်ခြင်း၊ ရှေ့ကွန်ကရစ် လောင်းပြီးနောက် အချိန်အသင့်အတင့် ကြာပြီးသည့်အဆင့်တွင် treatment လုပ်ခြင်းနှင့် ထို နှစ်နည်းစလုံးကို ပေါင်း၍ treatment လုပ်ခြင်းတို့ ပါဝင်သည်။

Figure 11.2-2 Treatment of C.J by Wire Brush (Treating after passing a relatively long time)	**Figure 11.2-3 Completion of Treatment of C.J**

Clean Cut Method ဆိုသည်မှာ ပုံမှန်အားဖြင့် ရေကို high pressure ဖြင့် သုံး၍ လုပ်သည့်နည်းဖြစ်သည်။ ၎င်း curing ကို စတင်လုပ်ဆောင်နိုင်သည့် အချိန်မှာ ကွန်ကရစ်မာခဲခြင်း ဖြစ်စဉ်ကြောင့် Structural Layer များတွင် သက်ရောက်နိုင်မှု မရှိနိုင်တော့သည့် ကွန်ကရစ်လောင်းပြီး ၁ ရက်မှ ၃ ရက် ခန့် အတွင်း ဖြစ်သည်။

Brushing Method ကို ယေဘုယျအားဖြင့် Wire Brush ကို အသုံးပြု၍ လုပ်ဆောင်လေ့ရှိသည်။ Brushing လုပ်ခြင်းကို အသားသေခြင်း ဖြစ်လာသည့်အချိန်တွင် စတင်လုပ်ဆောင်သင့်သည်။ ခန့်မှန်းခြေအားဖြင့် ကွန်ကရစ်သွန်းလောင်းပြီး ၁၂ နာရီမှ ၂၄ နာရီအတွင်းဖြစ်သည်။ Aggregates ထိပ်ဖျားများ မပေါ်လာမချင်း Brush ဖြင့်တိုက်ရမည်ဖြစ်သည်။

Figure 11.2-4 Clean Cut of Concrete Surface

၃) ပြောင်းပြန်လောင်းသော ကွန်ကရစ်များ (Reverse Cast Concrete) ၏ Joints များကို Treatment လုပ်ခြင်း

အောက်ပါပုံတွင်ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း အောက်ဘက်ကွန်ကရစ် မလောင်းခင် အပေါ်ဘက် ကွန်ကရစ် (Reverse Cast Concrete) ကို အရင်လောင်းသည့်အခါ၊ Construction Joints နေရာသည် နောက်မှ လောင်းသည့် အောက်ဘက်ကွန်ကရစ်၏ Bleeding Water သို့မဟုတ် settlement ကြောင့် မတွဲဆက်တော့ပါ။ ထို့ကြောင့် ပုံ ၁၁.၂-၅ တွင်ဖော်ပြထားသည့် Direct Method, Filling Method နှင့် Injection Method များကို အသုံးပြု၍ Construction Joint ကို ဆက်သွားအောင် လုပ်ရမည်။

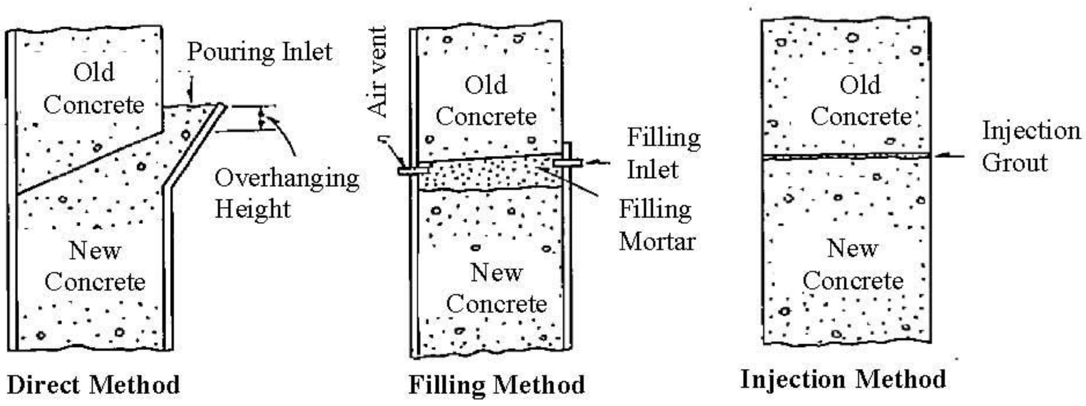


Figure 11.2-5 Treatment Method of Construction Joint for Reverse Cast Concrete

၄) ကွန်ကရစ်အဟောင်းနှင့် ထိစပ်နေခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် အက်ကွဲကြောင်းများ

အောက်ပါပုံတွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း ကွန်ကရစ်အသစ်နှင့် အဟောင်းကြား ကျုံ့ခြင်း (Shrinkage) ခြားနားခြင်းကြောင့် Constrcution Joints များ အနီးတစ်ဝိုက်တွင် အက်ကွဲကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ်လေ့ရှိသည်။ ထိုအက်ကွဲကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို ထိန်းချုပ်ရန်အတွက် Reinforcement bars များ ထည့်သွင်းသင့်သည်။

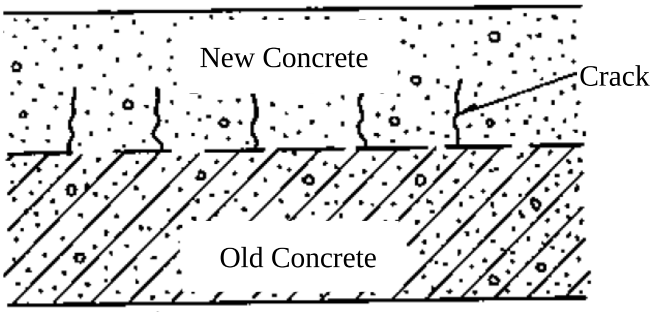


Figure 11.2-6 Example of Occurrence of Cracks due to Confining of Old Concrete

၁၁.၂.၅ Vertical Joints

Vertical Joints များ ဆောက်လုပ်ပုံသည် Horizontal Joints များဆောက်လုပ်ပုံနှင့် အခြေခံအားဖြင့် တူညီသော်လည်း၊ Joint သည် ဒေါင်လိုက်ဖြစ်နေသည့်အတွက် treatment လုပ်သည့်နည်းလမ်းမှာမူ ကွဲပြားခြားနားသည်။ Vertical Joints များကို treatment လုပ်ရာတွင် Vertical Joints ၏ မျက်နှာပြင်ကို Wire Brush ဖြင့် ကြမ်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း၊ ခြစ်ထုတ်ခြင်း၊ ရေအပြည့်အဝစုပ်ယူစေခြင်းနှင့် စိုစွတ်သောမျက်နှာပြင်ကို ဘိလပ်မြေအနှစ်၊ မဆလာ သို့မဟုတ် Epoxy Resin များ သုတ်ခြင်း၊ ကျုံခြင်းတို့ လုပ်ဆောင်ပြီးလျှင် ကွန်ကရစ်အသစ်သွန်းလောင်းရမည်။

၁၁.၂.၆ ရှိပြီးသားအဆောက်အဦများတွင် Doweling လုပ်ခြင်း

စာချုပ်တွင် ကွန်ကရစ်အသစ်သည် နဂိုရှိပြီးသား ကွန်ကရစ် အဆောက်အဦနှင့် တွဲစပ်ရန် သတ်မှတ်ပါရှိပါက၊ နဂိုရှိပြီးသား အဆောက်အဦကို သန့်ရှင်း၍ ရေဆေးထားရမည်။ ကွန်ကရစ် အဟောင်း၏ Constrcution Joints ရှိသည့်နေရာတွင် အပေါက်ဖောက်ပြီး Dowel များကို ထည့်သွင်းမည် ဆိုပါက၊ အပေါက်အနီးတစ်ဝိုက်တွင်ရှိသည့် ကွန်ကရစ်ကို ထိခိုက်မှုမရှိစေသည့် နည်းလမ်းများဖြင့် အပေါက်ဖောက်ရမည်။ ဖောက်ရမည့် အပေါက်များ၏ အချင်းသည် စာချုပ်ထဲတွင် အထူးတလည်သတ်မှတ်ထားခြင်းမရှိပါက Dowel များ၏ အချင်းထက် ၁ စင်တီမီတာခန့် ပိုကြီးရမည်။ သရွတ် (Grout) သည် Portland Cement နှင့်ရေသာ သီးသန့်ရောစပ်ထားသည့် အနှစ် ဖြစ်ရမည်။

ရေပါဝင်မှုမှာ ဘိလပ်မြေ ၁၀၀ ကီလိုဂရမ်တွင်၊ ၃၅ လီတာနှုန်းကို မကျော်ရပါ။ Dowels များ ထည့်ခါနီးတွင် အပေါက်များအတွင်း ဖုန်မှုန့်များ၊ မလိုလားအပ်သည့် အရာများရှိပါက ဖယ်ရှားထားရမည်။ အပေါက်များသည် ရေစုပ်ယူမှု ပြည့်ဝနေရမည်။ Free Water များ မရှိစေရ- ရေပြည့်ဝနေပြီး မျက်နှာပြင် ခြောက်သွေ့သည့် အခြေအနေမျိုး ဖြစ်နေရမည်။ Dowels များကို ထည့်သွင်းလိုက်ပြီး နောက်၊ လေခိုပေါက်များ မကျန်အောင် သရွတ်ကို လုံလုံလောက်လောက် ဖြည့်ရမည်။ ထိုသရွတ်များကို အနည်းဆုံး သုံးရက် သို့မဟုတ် Dowels များ ကွန်ကရစ်အတွင်း မြုပ်သွားသည့်အချိန်အထိ curing လုပ်ရမည်။

စာချုပ်တွင် သတ်မှတ်ထားပါက သို့မဟုတ် အင်ဂျင်နီယာမှ ခွင့်ပြုပါက နဂိုအဆောက်အဦနှင့် Dowels ကို တွဲစပ်ရာတွင် Portland cement သရွတ်အစား Epoxy ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

Epoxy ထုတ်လုပ်သည့်ကုမ္ပဏီ၏ အကြံပြုချက်များအတိုင်း Epoxy ကို သုံးရမည်။

၁၁.၂.၇ ရေစိမ့်ဝင်မှုကို ကာကွယ်ခြင်း

ရေနှင့် ဆက်စပ်နေသော သို့မဟုတ် မြေအောက်တွင် တည်ဆောက်ထားသော အဆောက်အဦများ၏ Construction Joints များတွင် ရေစိမ့်ဝင်ခြင်းနှင့် ရေဝင်ရောက်ခြင်းတို့မှ ကာကွယ်ရန် ရေတားပစ္စည်းများ တပ်ဆင်ထားသင့်သည်။ ကွန်ကရစ်အဟောင်းလောင်းသည့်အခါ ယင်းကွန်ကရစ် အဟောင်းထဲသို့ ရေတားပစ္စည်းကို မြုပ်၍ထည့်သွင်းထားရမည်။ စာချုပ်တွင် သီးခြားဖော်ပြထားခြင်းများ မရှိပါက လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာက သင့်လျော်သည့် ပစ္စည်းအမျိုးအစားများကို သုံးရမည်။

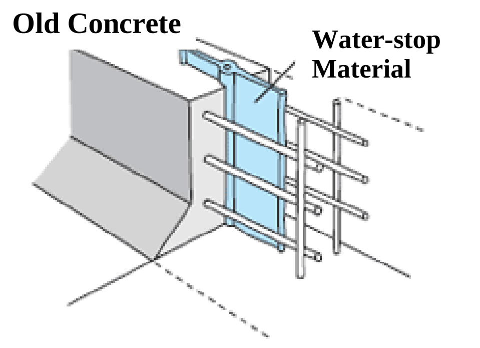


Figure 11.2-7 Example of Water Stop

၁၁.၃ EXPANSION JOINT (E.J.)

ခြောက်သွေ့မှုကြောင့် ကျုံ့ခြင်း (Drying shrinkage) သို့မဟုတ် အပူချိန်ပြောင်းလဲခြင်းကြောင့် ကျုံ့ခြင်း၊ ဆန့်ခြင်းများ ဖြစ်သည့်အခါ၊ ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ deformation ဖြစ်ပြီး၊ internal stress များ ဖြစ်ပေါ်လာကာ အက်ကွဲကြောင်းများ ပေါ်လာသည်။ ထို့ကြောင့် မြေထိန်းနံရံ၊ လမ်းမျက်နှာပြင်၊ စသည့် ရှည်လျားသည့် အဆောက်အဦများတွင် deformation မဖြစ်စေရန်အတွက်၊

သင့်လျော်သော အကွာအဝေး အပိုင်းအခြားအလိုက် Joints (Extensible Joints) များ ထည့်သွင်းရမည်။ Expansion Joints နမူနာပုံစံများကို အောက်ပါပုံတွင် ဖော်ပြထားသည်။

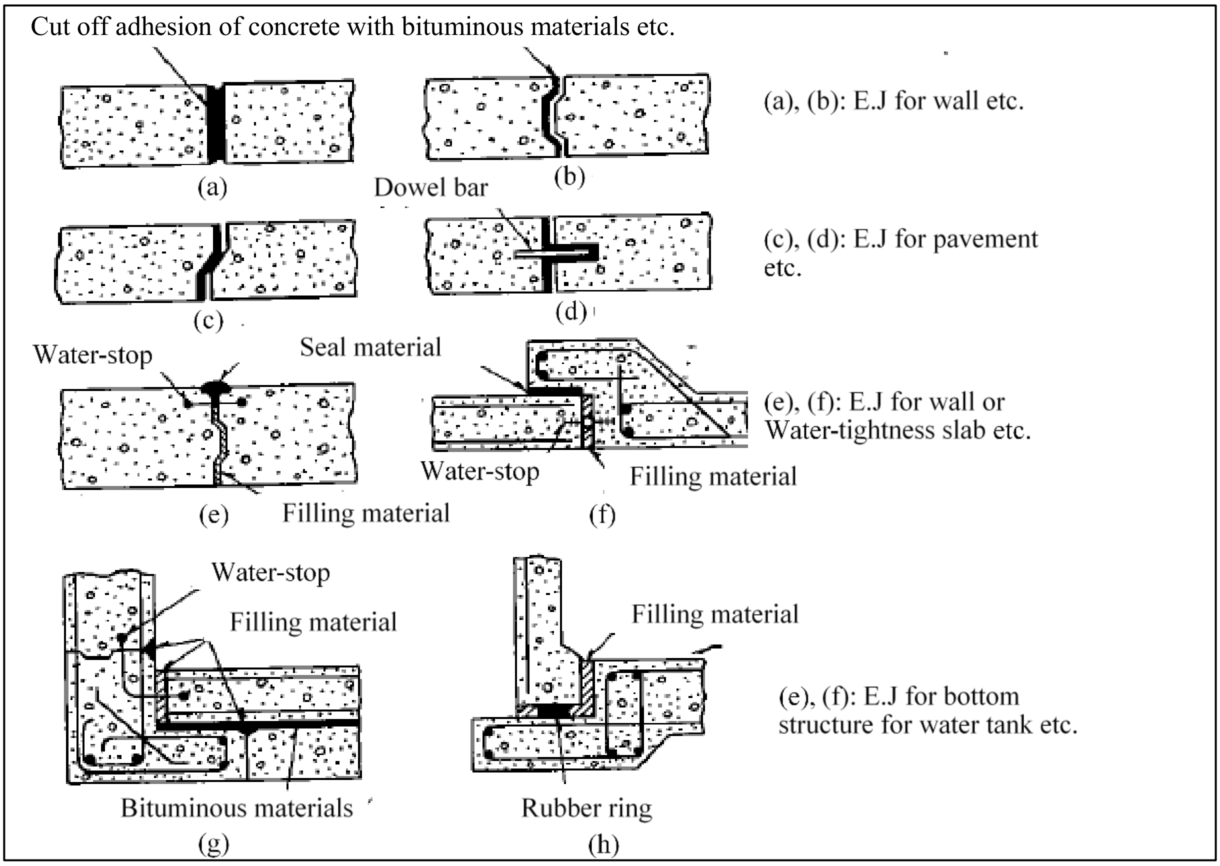


Figure 11.3-1 Types of Expansion Joint

၁၁.၄ အက်ကွဲကြောင်း ဖော်သည့် JOINT (CRACK INDUCTION JOINT)

Crack Induction Joint ဆိုသည်မှာ ကြိုတင်သတ်မှတ်ထားသော နေရာများတွင် အက်ကွဲကြောင်း များ ဖြစ်ပေါ်စေရန်အတွက် စီစဉ်ထည့်သွင်းထားသည့် Joint ဖြစ်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် Joint တစ်ခုနှင့်တစ်ခုကြား အကွာအဝေးသည် ကွန်ကရစ် member အမြင့်၏ ၁ ဆ မှ ၂ ဆ ခန့် နှင့် ဖြတ်ပိုင်း အလိုက် အက်ကွဲကြောင်းအနာအဆာနှုန်းသည် ၂၀ ရာခိုင်နှုန်းနှင့် အထက်ဖြစ်သည်။ Crack Induction Joint များ ၏ နမူနာများကို ပုံ ၁၁.၄–၁ တွင်ဖော်ပြထားသည်။

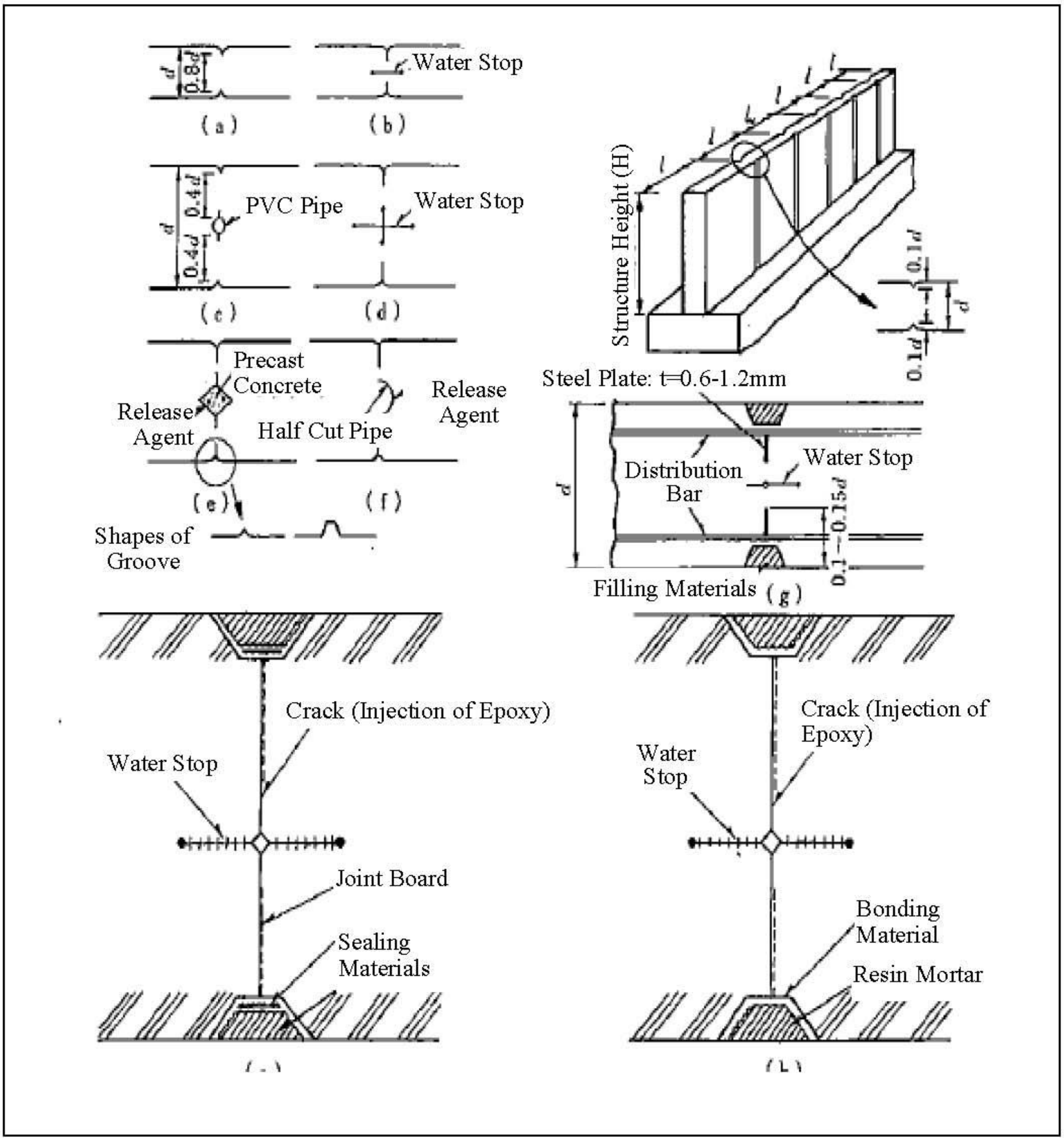


Figure 11.4-1 Examples of Crack Induction Joint

အခန်း ၁၂. ပြန်လည်ကုစားခြင်းလုပ်ငန်းများ

၁၂.၁ ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦတွင် ဖြစ်မည့် အပြစ်အနာအဆာများ (DEFECTS OF CONCRETE STRUCTURES)

ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦများ ဆောက်လုပ်ရာတွင် fresh ကွန်ကရစ်၏ Workability လျော့ကျခြင်း၊ ပစ္စည်းအရည်အသွေးညံ့ခြင်း၊ လုံလောက်သည့် သိပ်သည်းမှု မရခြင်း၊ ကွန်ကရစ် လောင်းနည်း မမှန်ခြင်း စသည်တို့ကြောင့် အချို့နေရာများတွင် ကွန်ကရစ်မပြည့်ခြင်း၊ Honeycomb များနှင့် Cold Joints များ ဖြစ်တတ်သည်။ ထိုကဲ့သို့သော အပြစ်အနာအဆာများသည် ကွန်ကရစ် အဆောက်အဦ၏ ခံနိုင်ရည်အားနှင့် သက်တမ်းအပေါ်တွင် များစွာသက်ရောက်မှုရှိသည်။

ကွန်ကရစ်သွန်းလောင်းထားပြီးသည့်အချိန်တွင် အထက်ပါ အပြစ်အနာအဆာများ တွေ့ရပါက၊ လုပ်ငန်းခွင် အင်ဂျင်နီယာသည် အပြစ်အနာအဆာ အခြေအနေ(အဆင့်) ပေါ်မူတည်၍၊ ပြန်လည် ကုစားသည့် လုပ်ငန်းကို အမြန်ဆုံး အစီအစဉ်ဆွဲကာ၊ လုပ်ဆောင်ရမည်။ အပြစ်အနာအဆာ နမူနာများကို အောက်တွင်ဖော်ပြထားပါသည်။

Figure 12.1-1 Insufficient Filling	**Figure 12.1-2 Honeycomb**	**Figure 2.12-3 Insufficient Filling**

၁၂.၁.၁ ကွန်ကရစ်သားမပြည့်ခြင်း (Insufficient Filling) Defect Level

Insufficient Filling အခြေအနေအများစုတွင် ဖြစ်သည့်နေရာ ကျယ်ပြန့်ပြီး နက်ရှိုင်းသဖြင့်၊ ပြုပြင်၍ မရသော အပြစ်အနာအဆာ (Fetal Defect) မျိုးဖြစ်တတ်သည်။ ထိုအဆင့်သည် အောက်တွင် ဖော်ပြ ထားသော Honeycomb ၏ အပြစ်အနာအဆာ အဆင့် D သို့မဟုတ် E နှင့် ညီသည်ဟု သတ်မှတ် ရမည်။

၁၂.၁.၂ Honeycomb ၏ Defect Level

အပြစ်အနာအဆာအဆင့် (defect level) များကို Japan Concrete Institue မှ အောက်ပါအတိုင်း သတ်မှတ်ထားသည်။

Table 12.1-1 Classification of Defect Levels

အပြစ်အနာအဆာ အဆင့် (Defect Level)		ပုံ
A	မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် aggregate များ မတွေ့ရခြင်း (ကောင်း)	None
B	ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် aggregate များ ပေါ်နေသော်လည်း၊ တူဖြင့်ထုလျှင်ပင် မပဲ့သည့်အခြေအနေ (အနက် ၁ စင်တီမီတာမှ ၃ စင်တီမီတာခန့်)	
C	ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် aggregate များ ပေါ်နေပြီး၊ တူဖြင့်ထုပါက ပဲ့သည့် အခြေအနေ (အနက် ၃ စင်တီမီတာမှ ၁၀ စင်တီမီတာခန့်)	
D	အားဖြည့်သံချောင်း (Rebar) ပေါ်နေပြီး၊ aggregate များ ပဲ့ထွက်သည့် အခြေအနေ (အနက် ၃ စင်တီမီတာမှ ၁၀ စင်တီမီတာခန့်)	
E	အခေါင်းပေါက်ဖြစ်ပေါ်နေပြီး၊ တူဖြင့်ထုပါက အပေါက် နက် ဝင်သွားသည့် အခြေအနေ ဤအဆင့်သည် ကွန်ကရစ်သွန်းလောင်းနည်း အမှားကြောင့် ဖြစ်သည့် ပြန်လည် ပြုပြင်၍မရသည့် အဆင့်ဖြစ်သည်။	 အနက်သည် အဆင့် D ထက် ပို၍နက်သည်။ (၁၀ စင်တီမီတာအထက်)

၁၂.၂ ပြန်လည်ကုစားခြင်းနည်းလမ်းများ

- Insufficient Fillings နှင့် Honeycomb

အထက်တွင်ဖော်ပြထားခဲ့သည့်အတိုင်း Insufficient Fillings ၏ defect level ကို Honeycomb အဆင့် D သို့မဟုတ် E နှင့် ညီသည်ဟု သတ်မှတ်ရမည်။ သင့်လျော်သည့် ပြန်လည်ကုစားရေး နည်းလမ်းများကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

အပြစ်အနာအဆာအဆင့်/ ပြန်လည်ကုစားသည့်နည်းလမ်း	
B	ကွန်ကရစ်မှ ထွက်နေသော aggregates များနှင့် မကောင်းသည့် ဘိလပ်မြေများ စသည့် ပျက်စီးနေသော အပိုင်းကို ဖယ်ထုတ်ပြီး၊ Polymer Cement အနှစ် သို့မဟုတ် Bonding Agent ထည့်ပြီးနောက်၊ Polymer Cement ဖြည့်ပါ။ မကောင်းသည့် အပိုင်းများ ဖယ်ထုတ်ရာတွင် တူနှင့် ဆောက် ကို အသုံးပြုသင့်သည်။ အကယ်၍ Polymer Concrete သုံးရန်ခက်ခဲပါက non- shrinkage မဆလာကို အသုံးပြုနိုင်သည်။
C	ကွန်ကရစ်မှ ထွက်နေသော aggregates များနှင့် မကောင်းသည့်ဘိလပ်မြေများ စသည့် ပျက်စီးနေသော အပိုင်းများကို ဖယ်ထုတ်ပြီး၊ Bonding Agent ထည့်ပြီးနောက်၊ non- shrinkage မဆလာ ဖြည့်ပါ။ မကောင်းသည့် အပိုင်းများ ဖယ်ထုတ်ရာတွင် တူနှင့် ဆောက်ကို အသုံးပြုသင့်သည်။
D	ကွန်ကရစ်မှ ထွက်နေသော aggregates များနှင့် မကောင်းသည့် ဘိလပ်မြေများ စသည့် ပျက်စီးနေသော အပိုင်းများကို ဖယ်ထုတ်ပြီး၊ ခံနိုင်ရည်အားတူသော သို့မဟုတ် ခံနိုင်ရည်အား ပိုမြင့်သော ကွန်ကရစ်ဖြင့်အစားထိုးပါ။ သံချောင်း (Rebar) သည် သံချေးတက်နေပါက သန့်ရှင်းရေးပြုလုပ်ရမည်။ မကောင်းသည့် အပိုင်းများကို ဖယ်ရှားရန် electric chisel ကိုအသုံးပြုသင့်သည်။
E	ကွန်ကရစ်မှ ထွက်နေသော aggregates များနှင့် မကောင်းသည့် ဘိလပ်မြေများ စသည့် ပျက်စီးနေသော အပိုင်းများကို ဖယ်ထုတ်ပြီး၊ ခံနိုင်ရည်အားတူသော သို့မဟုတ် ခံနိုင်ရည်အား ပိုမြင့်သော ကွန်ကရစ်ဖြင့်အစားထိုးပါ။ သံချောင်း (Rebar) သည် သံချေးတက်နေပါက သန့်ရှင်းရေးပြုလုပ်ရမည်။ မကောင်းသည့်အပိုင်းများကိုဖယ်ရှားရန် electric chisel ကိုအသုံးပြုသင့်သည်။ ပျက်စီးနေသော ဧရိယာသည် ကျယ်ပြန့်ပြီး နက်ရှိုင်းသည့်အတွက်၊ မကောင်းသည့်အပိုင်းများကို ကောင်းကောင်း မဖယ်ရှားနိုင်သည့် အခြေအနေမျိုးတွင်၊ အင်ဂျင်နီယာသည် ပျက်စီးနေသော structure တစ်ခုလုံးကို ဖယ်ရှားပြီး ပြန်လည်တည်ဆောက်ရန် စဉ်းစားသင့်သည်။

Appendices

Appendix 1 - American Concrete Institute Method of Mix Design (ACI–211.1)

This method of proportioning was first published in 1944 by ACI committee 613.

- In 1954 the method was revised to include, among other modifications, the use of entrained air.
- In 1970, the method of mix design became the responsibility of ACI committee 211.
- ACI committee 211 have further updated the method of 1991.
- Almost all of the major multipurpose concrete dams in India built during 1950 have been designed by using then prevalent ACI Committee method of mix design.

1) Step 01: Data to be collected

Fineness modulus of selected F.A.

- Unit weight of dry rodded coarse aggregate.
- Sp. gravity of coarse and fine aggregates in SSD condition
- Absorption characteristics of both coarse and fine aggregates.
- Specific gravity of cement.

Example:

- Design a concrete mix for construction of an elevated water tank.
- The specified design strength of concrete is 30 MPa at 28 days measured on standard cylinders.
- The specific gravity of FA and C.A. are 2.65 and 2.7 respectively.
- The dry rodded bulk density of C.A. is 1600 kg/m3, and fineness modulus of FA is 2.80.
- Ordinary Portland cement (Type I) will be used.
- C.A. is found to be absorptive to the extent of 1% and free surface moisture in sand is found to be 2 percent.

2) Step 02: Target Mean Strength

Target Mean Strength $fm=fmin+ks$

$f_m = f_{min} + ks$

$f_m = 30 + 1.65 \, x \, 4.2$

$f_m = 36.93 \, MPa$

Placing and Mixing Condition	Degree of Control	Standard Deviation (MPa)
Dried aggregates, completely accurate grading, exact water/ cement ration, controlled temperature curing.	Laboratory Precision	1.3
Weigh-batching of all materials, control of aggregate grading, 3 sizes of aggregate plus sand, control of water added to allow for moisture content of aggregates, allowance for weight of aggregate and sand displaced by water, continual supervision.	Excellent	2.8
Weigh-batching of all materials, strict control of aggregate grading, control of water added to allow for moisture content of aggregates, continual supervision.	High	3.5
Weigh-batching of all materials, control of aggregate grading, control of water added, frequent supervision.	Very Good	4.2
Weighing of all materials, water content controlled by inspection of mix, periodic check of workability, use of two sizes of aggregate (fine & coarse) only, intermittent supervision.	Good	5.7
Volume batching of all aggregates allowing for bulking of sand, weigh batching of cement, water content controlled by inspection of mix, intermittent supervision.	Fair	6.5
Volume batching of all materials, use of all in aggregate, little or no supervision.	Poor Uncontrolled	7.0 8.5

3) Step 03: Water/cement ratio

- Find the water/cement ratio from the strength point of view from Table (1).
- Find also the water/ cement ratio from durability point of view from Table (2).
- Adopt lower value out of strength consideration and durability consideration.
- Since OPC is used, from table (1), the estimated w/c ratio is 0.47.
- From exposure condition Table (2), the maximum w/c ratio is 0.50
- Therefore, adopt w/c ratio of 0.47

Table (1) Relation between Water/ Cement Ratio and Average Compressive Strength of Concrete, according to ACI 211.1-91

Average Compressive Strength at (28) days (MPa)	Effective Water/ Cement Ratio (by mass)	
	Non-Air Entrained Concrete	Air-entrained Concrete
45	0.38	-
40	0.43	-
35	0.48	0.40
30	0.55	0.46
25	0.62	0.53
20	0.70	0.61
15	0.80	0.71

Table (2) Requirements of ACI 318-89 for W/C Ratio and Strength for Special Exposure Conditions

	Exposure Condition	Maximum W/C Ratio, Normal Density Aggregate Concrete	Minimum Design Strength, Low Density Aggregate Concrete (MPa)
I.	**Concrete intended to be watertight**	0.5	25
	a. Exposed to fresh water	0.45	30
	b. Exposed to brackish or sea water		
II.	**Concrete exposed to freezing and thawing in a moist condition:**	0.45	30
	a. Kerbs, gutters, guard rails or thin sections	0.50	25
	b. Other elements	0.45	30
	c. In presence of de-icing chemicals		
III.	**For corrosion protection of reinforced concrete exposed to de-icing salts, brackish water, sea water or spray from those sources**	0.4	33

4) Step 04: Maximum Size of Aggregate & Workability

- Decide maximum size of aggregate to be used. Generally, for RCC work 20 mm and prestressed concrete 10 mm size are used.
- Decide workability in terms of slump for the type of job in hand. General guidance can be taken from table (3).
- Maximum size of aggregate 20 mm.
- Slump of concrete 50 mm

Table (3) General Guidance

Type of Construction	Range of Slump (mm)
Reinforced foundation walls and footings	20-80
Plain footings, caissons and substructure walls	20-80
Beams and reinforced walls	20-100
Building Columns	20-100
Pavements and slabs	20-80
Mass Concrete	20-80

5) Step 05: Cement Content

From Table (4), for a slump of 50 mm, 20 mm maximum size of aggregate, for non-air- entrained concrete,

the mixing water content is 185 kg/m^3 of concrete. Also, the approximate entrapped air content is 2 per cent.

Cement Content =185/ 0.47

Cement Content =394.0 kg/m^3

Table (4) Approximate Requirements for Mixing Water and Air Content for Different Workabilities and Nominal Maximum Size of Aggregates according to ACI 211.1-91

Workability or Air Content	Water Content, Kg/ m^3 of Concrete for Indicated Maximum Aggregate Size							
	10 mm	**12.5 mm**	**20 mm**	**25 mm**	**40 mm**	**50 mm**	**70 mm**	**150 mm**
Non-air-entrained Concrete								
Slump								
30-50 mm	205	200	185	180	160	155	145	125
80-100 mm	225	215	200	195	175	170	160	140
150–180 mm	240	230	210	205	185	180	170	-
Approximate entrapped air content percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained Concrete								
Slump								
30-50 mm	180	175	165	160	145	140	135	120
80-100 mm	200	190	180	175	160	155	150	135
150–180 mm	215	205	190	185	170	165	160	-
Recommended average total air content percent								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Extreme exposure	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

6) Step 06: Weight of Coarse Aggregate

- From table (5), the bulk volume of dry rodded coarse aggregate per unit volume of concrete is selected, for the particular maximum size of coarse aggregate and fineness modulus of fine aggregate.
- The weight of C.A. per cubic meter of concrete is calculated by multiplying the bulk volume with bulk density.
- From Table (5), for 20 mm coarse aggregate, for fineness modulus of 2.80, the dry rodded bulk volume of C.A. is 0.62 per unit volume of concrete.
- The weight of C. A.=0.62 x 1600= 992.0 $kg/\,m^3$

Table (5) Dry Bulk Volume of Coarse Aggregate per Unit Volume of Concrete as given by ACI 211.1-91

Maximum Size of Aggregate	Bulk Volume of Dry Rodded Coarse Aggregate per Unit Volume of Concrete for Fineness Modulus of Sand of			
F.M.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

7) Step 07: Weight of Fine Aggregate

- From Table (6), the first estimate of density of fresh concrete for 20 mm maximum size of aggregate and for non-air-entrained concrete = 2355 kg/m^3
- The weight of all the known ingredient of concrete
- Weight of water = 185 kg/m^3
- Weight of cement = 394 kg.m^3
- Weight of C.A. = 992 kg/m^3
- Weight of F. A. = 2355 – (185 + 394 + 992) = $784.0 kg/m^3$

Table (6) First Estimate of Density (Unit Weight) of Fresh Concrete as given by ACI 211.1-91

Maximum Size of	**First Estimate of Density (Unit Weight) of Fresh Concrete**	
Aggregate (mm)	Non-air-entrained (kg/ m^3)	Air-entrained (kg/ m^3)
10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2375
70	2465	2400
150	2505	2435

- From Table (6), the first estimate of density of fresh concrete for 20 mm maximum size of
- aggregate and for non-air-entrained concrete = 2355 kg/m3
- Alternatively, the weight of F.A. can also be found out by absolute volume method which is more accurate, as follows.

Tabulate the Absolute Volume of All the known Ingredients

Item No.	Ingredients	Weight (kg/m^3)	Absolute Volume (cm^3)
1	Cement	394	$\frac{394}{3.15} \times 10^3 = 125 \times 10^3$
2	Water	185	$\frac{185}{1} \times 10^3 = 185 \times 10^3$
3	Coarse Aggregate	992	$\frac{992}{2.7} \times 10^3 = 367 \times 10^3$
4	Air		$\frac{2}{100} \times 10^6 = 20 \times 10^3$

Item No.	Ingredients	Weight	Absolute Volume
1	Cement	From Step 5	$\frac{Weight\ of\ Cement}{\text{Sp. gravity of Cement}} \times 10^3 = \quad \times 10^3$
2	Water	From Step 4	$\frac{Weight\ of\ Water}{Sp.gravity\ of\ Water} \times 10^3 = \quad \times 10^3$
3	Coarse Aggregate	From Step 6	$\frac{Weight\ of\ C.A.}{Sp.gravity\ of\ C.A.} \times 10^3 = \quad \times 10^3$
4	Air	---	$\frac{\%\ of\ Air\ Voids}{100} \times 10^6 = \quad \times 10^3$
	Total Absolute Volume		=

Total absolute volume = 697.0 x 10^3 cm^3

Therefore, absolute volume of F.A. = (1000 – 697) x 10^3

= 303.0 x 10^3

Weight of FA = 303 x 2.65

= 803.0kg/ m^3

8) Step 08: Proportions

Ingredients	**Cement**	**Fine Aggregate**	**Coarse Aggregate**	**Water**	**Chemical**
Quantity (kg/ m^3)	394.0	803.0	992.0	185.0	NM
Ratio	1.00	2.04	2.52	0.47	NM
1 Bag Cement	50.0	102.0	126.0	23.5	NM

9) Step 09: Adjustment for Field Condition

(1) The proportions are required to be adjusted for the field conditions. Fine Aggregate has surface moisture of 2 %

Weight of F. A. $= 803.0 + \frac{2}{100} \times 803.0$

= 819.06 kg/ m^3

(2) Course Aggregate absorbs 1% water

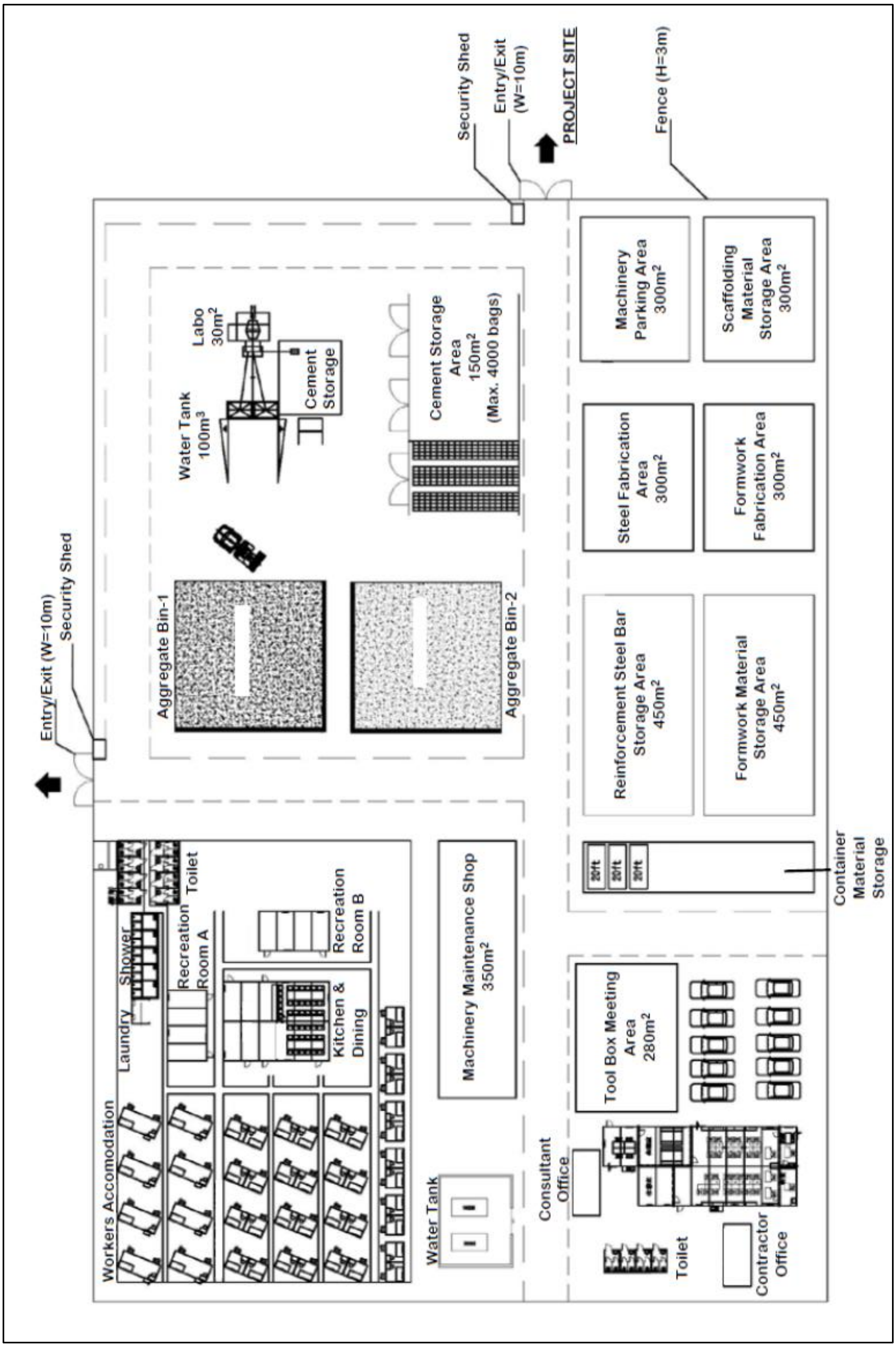
Weight of C. A $= 992.0 - \frac{1}{100} \times 992.0$

= 982.0 kg/ m^3

10) Step 10: Final Design Proportions

Ingredients	**Cement**	**Fine Aggregate**	**Coarse Aggregate**	**Water**	**Chemical**
Quantity (kg/ m^3)	394.0	819.0	982.0	185.0	NM
Ratio	1.00	2.08	2.49	0.47	NM
1 Bag Cement	50.0	104.0	124.5	23.5	NM

Appendix 2 - Sample of Fixing Layout of the Facilities and Machine & Equipment



Appendix 3 - Calculation Manual of Formwork and Falsework

Structural Calculation for Formwork and False work

Since Formwork is a temporary structure until concrete reach to the predetermined strength, not only safety but also economic efficiency and workability are required.

Basically, arrangement of Formwork and Falsework used to depend on experiences of engineers or carpenters, but that based on the structural calculations, the Formwork must be planned as to confirm the safety and to be in a balanced and rational arrangement.

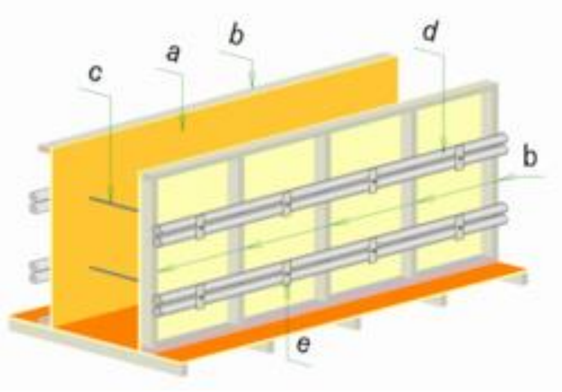
(1) Formwork for Wall

Point 1-1: Calculation of Formwork for wall proceeds in accordance with sequence bellow.

Load Calculation → Sheeting board (Plywood) (Spacing of longitudinal Stringer) → Stringer (Spacing of lateral Sleeper) → Sleeper (Spacing of form tie) → Form tie

Note:

- Load considers only for lateral pressure by pouring concrete shown in table 1-1.
- Allowable deflection of Formwork should be less than basically 0.3 cm **(Allowable deflection should be less than 0.1 cm if accurate finishing is required)**
- Plywood and Sleeper are calculated by simple span with uniformed load



(1) Members name of for Formwork

a: Sheeting board (Plywood)

b: Stringer

c: Separator

d: Sleeper or Lumber Stringer

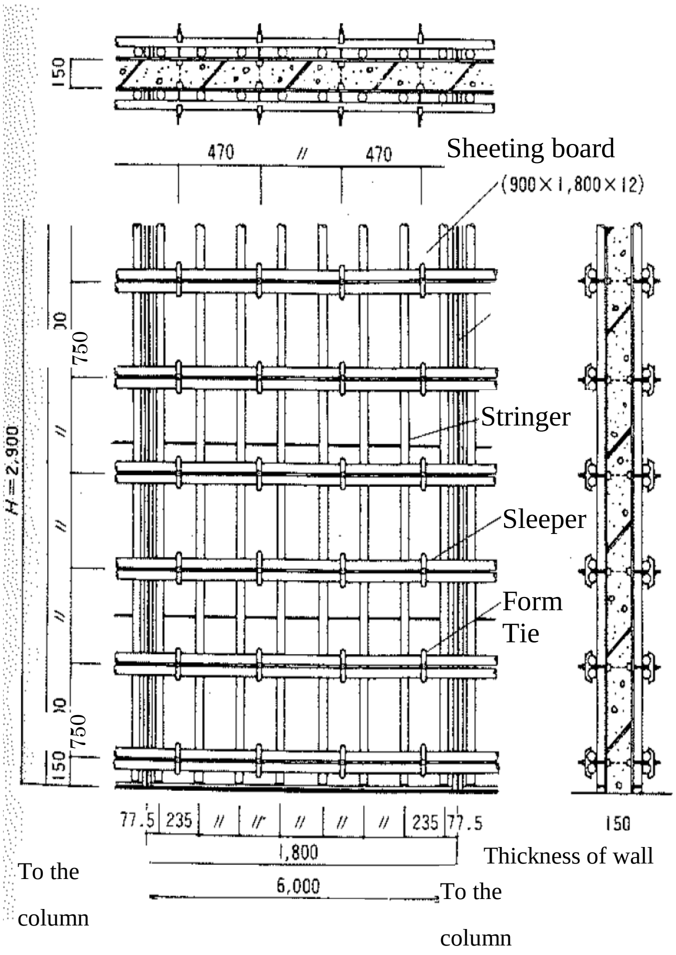
e: Form tie

Table (1) Calculation formula of load (Lateral load)

Slump	Slump ≦10 cm		Slump > 10 cm	
Wall	R< 2m/h	$\frac{Wo}{3}(1+\frac{100R}{T+20}) \leqq 100(\mathrm{kN/m^2})$ or W_oH	H≦1.5m	W_oH
	R≧2m/h	$\frac{Wo}{3}(1+\frac{150+30R}{T+20}) \leqq 100(\mathrm{kN/m^2})$ or W_oH	1.5<H ≦4.0m	Length ≦3.0 m
				$1.5W_o$ +0.2 W_o (H – 1.5)
				Length > 3.0 m
				1.5 W_o

W_o (kN/m^3)	:	Concrete unit weight (t/m^3)
R (m/h)	:	Speed of pouring
T (℃)	:	Temperature of concrete
H (m)	:	Finishing height of pouring

1-1 The exercises for the calculation of wall Formwork



<Design condition of sample model>

Spacing of the Stringer	: 23.5cm
Spacing of the Sleeper	: 50.0cm
Spacing of Form tie	: 47.0cm
Wall height	: 290 cm
Wall thickness	: 15.0cm
Wall length	: 600 cm

(2) Basic Load calculation

Lateral load is calculated in accordance with Table (1).

1) Pouring speed

The speed of pouring concrete is determined based on the concrete pouring plan and pouring method. Especially, it is necessary to pay attention that in case of poured by a concrete pump and puncture of the form frequently occurs when the pouring speed is about 10 m to 50 m/h.

As the condition of **concrete pouring speed is 10m/h** in this exercise.

Pouring volume of concrete is calculated to only $9m^3/h$ for the speed of 10m/ h pouring in this exercise, wall length is 6m, thickness is 0.15 m and height is 2.9 m.

2) Finishing height (Head of fresh concrete)

Finishing height (H) is 2.9m to calculate the maximum lateral load in the exercise.

3) Unit weight of fresh concrete

Since applicable concrete for standard civil structure is Portland Cement Concrete basically, **unit weight concrete is applied $24kN/m^3$**.

4) Length of the wall

Length of the wall is 6m in this exercise.

Since the force factors for determining the maximum lateral pressure P of the concrete operating on the Formwork has been determined, the maximum lateral pressure is obtained from Table (1).

Force factors for obtaining the maximum lateral pressure P in this exercise;

Pouring speed (R)	: 10 m/h
Finishing height (H)	: 2.9 m
Wall length	: 6.0 m (Exceeding 3.0 m)

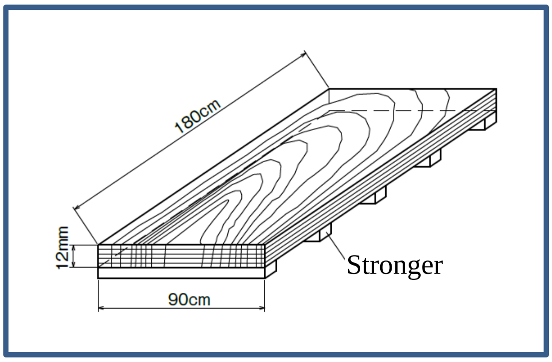
Thus, the formula of maximum lateral load is applied to **"1.5 Wo".**

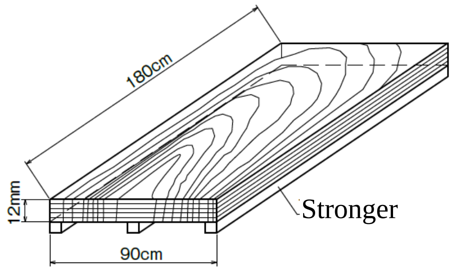
Maximum lateral load P = 1.5 x 24 kN/m^3 = **$36\ kN/m^2$**

(3) Consideration of each members

1) Consideration of Sheeting board (Plywood)

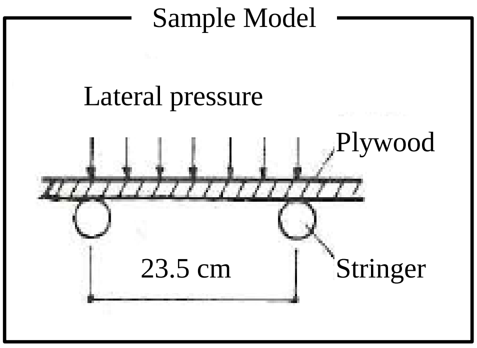
Use the Plywood (t=1.2 cm) for Formwork instead of sheathing board in this exercise, also Installation of Plywood should be set up fiber direction of wood.





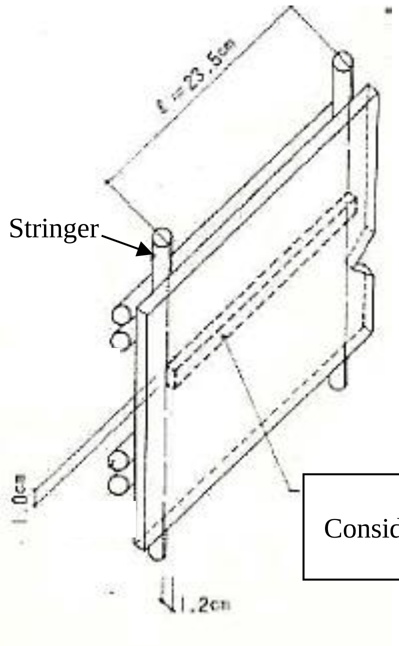
Allowable bending stress	: fb = $1.37kN/cm^2$
Elastic modulus	: $550kN/cm^2$

Note: If Plywood installs at right angle “B”, allowable bending stress decreases to about 60% and elastic modulus decreases to about 35%.

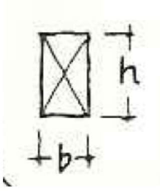


Since the Plywood is supported by the Stringer (longitudinal member), considering the Plywood means to consider whether the interval between the Stringer is appropriateness.

Consideration of operating force against to plywood carried out as a simple beam (width b = 1.0 cm, height h = 1. 2 cm beam) with uniformed load operates.



Consider as beam which dimensions are 1.0 cm x 1.2 cm



Moment of inertia of section: $I = \frac{bh^3}{12}$

Section modulus : $Z = \frac{bh^2}{6}$

From above mentioned formula,

the sectional performance when considering the Plywood as a beam is;

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.0\times(1.2)3}{12} = 0.144 \text{ cm}^4$$

$$Z = \frac{bh^2}{6} = \frac{1.0\times(1.2)2}{6} = 0.24 \text{ cm}^3$$

A) Calculation of the load

The maximum lateral load was calculated as 36 kN/m^2, thus the load (w) which operates to the unit width of Plywood is;

W = 36k N/m^2 (0.0036 kN/cm^2) x 1.0cm = 0.0036 kN/cm

B) Consideration on bending

The maximum bending moment (M max) is obtained from the following equation.

M max = $\frac{1}{8}wl^2$ = $\frac{1}{8}$ x 0.0036 kN/cm x (23.5 cm)^2

= **0.249kN · cm**

From this maximum bending moment, the stress intensity (σb) operates to the beam is calculated from the following equation.

$\sigma b = \frac{M\ max}{Z} = \frac{0{,}249 kN \cdot cm}{0.24\ cm^3}$ = 1.04 kN/cm^2

From this bending stress intensity, it is compared with the allowable bending stress intensity (fb) of the Plywood.

$\frac{\sigma b}{fb} = \frac{1.04 kN/cm^2}{1.37 kN/cm^2}$ = 0.76 ≦1.0 OK!

1) Consideration on deflection

Although the allowable deflection differs depending on the part of the structure and the type of finishing, since it is generally standardized about 0.3 cm, in this exercise it is calculated as 0.3 cm.

Deflection is calculated as a simple beam on which the uniformed load operates from the following equation.

δ max = $\frac{5wl^4}{384El}$ E: elastic modules

$= \frac{5 \times 0.0036 kN/cm \times (23.5cm)^4}{384 \times 550 kN/cm^2 \times 0.114 cm^4}$

= 0.23 cm ≦ 0.3 cm OK!

<u>Reference</u>

The reason for considering it as a simple beam rather than a continuous beam is to take into account the number of reuses of the Plywood.

- Comparison of maximum bending moment between simple beam and continuous beam
- Simple beam: *M max* = $\frac{1}{8}wl^2$
- Continuous beam: *M max* = $\frac{1}{10}wl^2$

*M*s/ *M*c = 1.25

- Comparison of maximum deflection between Simple beam and continuous beam

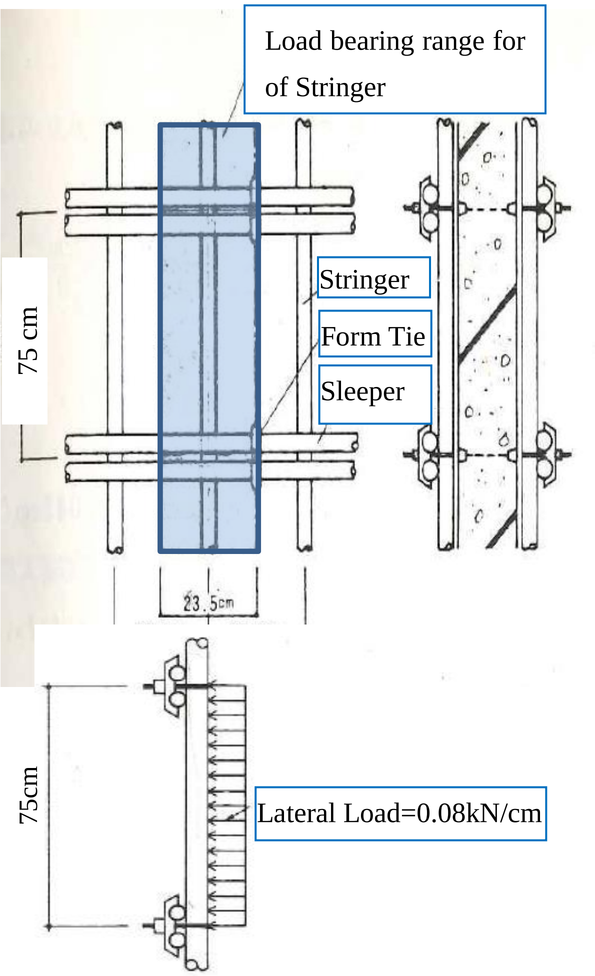
Simple beam: δ max $= \frac{5wl^4}{384EI}$

Continuous beam: δ max $= \frac{wl^4}{128EI}$

$\delta s/\delta c = 1.67$

Since the Formwork is reused several times, it is necessary to consider the damage. Therefore, it should be calculated as a simple beam even though the actual arrangement is a continuous beam for safe side.

(4) Consideration of Stringer



Steel pipe Ø48.6x2.4 (Standard pipe for temporary works) is used for Stringer in this exercise.

Moment of inertia of section:	$I=9.32\ cm^4$
Section Modulus:	$Z=3.83\ cm^3$
Allowable bending stress:	$fb=23.7\ kN/cm^2$

To confirm the strength of Stringers means to consider the spacing of Sleepers.
It is suggested that the consideration of spacing of Stringers applies to simple beam in the same as the calculation of the Plywood.
Spacing of Sleepers is 75cm in this exercise.

Working load (w) to Stringer is;
$w = 0.0036\ kN/cm^2 \times 23.5\ cm = 0.08\ kN/cm$

Lateral Load   Spacing

The maximum bending moment (M max) is obtained from the following equation.
Bending consideration is carried out by equation of the maximum bending moment as follows

$$M\ max = \frac{1}{8}wl^2$$

$$M\,max = \frac{1}{8} \times (0.08 kN/cm \times (75\ cm)^2)$$

$$= \boxed{\mathbf{56.25\ kN \cdot cm}}$$

From this maximum bending moment, the stress intensity (σb) operates to the Stringer is calculated from the following equation. $\sigma b = \frac{M\,max}{Z} = \frac{56.25\ kN \cdot cm}{3.83 cm^3} = \boxed{\mathbf{14.69\ kN/cm^2}}$

From this bending stress intensity, it is compared with the allowable bending stress intensity (fb) of the Steel pipe.

$$\frac{\sigma b}{fb} = \frac{14.69\ kN/cm^2}{23.70\ kN/cm^2} = \boxed{\mathbf{0.62 \leqq 1.0 \quad OK!}}$$

C) Consideration on deflection

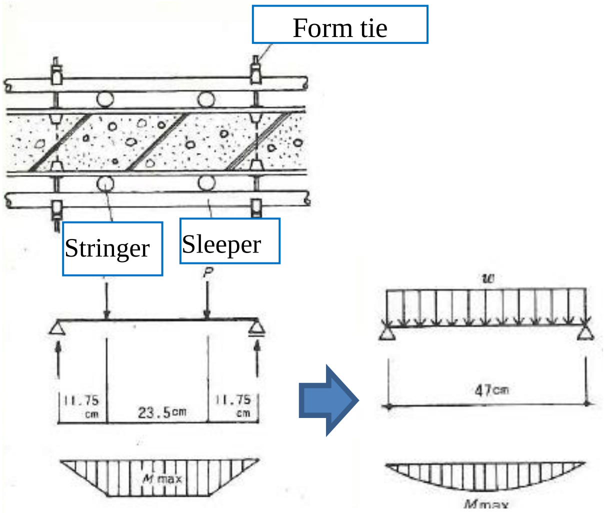
Allowable deflection differs should be within 0.3cm same as Plywood. Deflection is calculated as a simple beam on which uniformed load operates from the following equation.

$$\delta max = \frac{5wl^4}{384EI} \qquad \text{E: elastic modulus}$$

$$= \frac{5 \times 0.08 kN/cm \times (75.0 cm)4}{384 \times 2.1 \times (10)4 kN/cm^2 \times 9.32\ cm^4}$$

$$= \boxed{\mathbf{0.17cm \leqq 0.3cm \quad OK!}}$$

(5) Consideration of Sleeper



This case supposes as the simple beam operating the uniform load

Two numbers of Steel pipe Ø48.6x2.4 (Standard pipe for temporary works) are used for Sleeper in this exercise.

Moment of inertia of section:	$I=9.32\ cm^4$
Section Modulus:	$Z=3.83\ cm^3$
Allowable bending stress:	$fb=23.7\ kN/cm^2$
Elastic Modulus:	$E=2.1 \times 10^4\ kN/cm^2$

The load operates to the Sleeper which is transferred from Stringers. To confirm the strength of Stringers means to consider the spacing of Stringers.

It is suggested that the consideration of spacing of Sleepers applies to simple beam as well. The load which is shared by Sleepers considers the area defined from spacing of Stringer.

Span for Sleepers means the spacing of form tie, therefore this is 47 cm in this exercise.

The lateral load operates

Bending and deflection of Sleeper are considered in accordance with the given condition by the same method as consideration of Plywood and Stringer.

A) Calculation of Load

Working load (w) to Sleeper is;

w =0.0036 kN/cm^2 x75.0 cm = 0.27 kN/cm

Lateral Load   Spacing of Sleeper

B) Bending consideration

The maximum bending moment (M max) is obtained from the following equation.

Bending consideration is carried out by equation of the maximum bending moment as follows

$$M\ max = \frac{1}{8} wl^2$$

$$M\ max = \frac{1}{8} \text{ x } (0.27\ kN/cm\ X\ (47\ cm)^2)$$

$$= \mathbf{69.03\ kN \cdot cm}$$

$$\sigma b = \frac{M\ max}{Z} = \frac{69.03\ kNcm}{2 \text{ x } 3.83 cm^3} = \mathbf{9.01\ kN/cm^2}$$

Numbers of Steel pipe

$$\frac{\sigma b}{fb} = \frac{9.01\ kN/cm^2}{23.70\ kN/cm^2} = \mathbf{0.38 \leqq 1.0 \quad OK!}$$

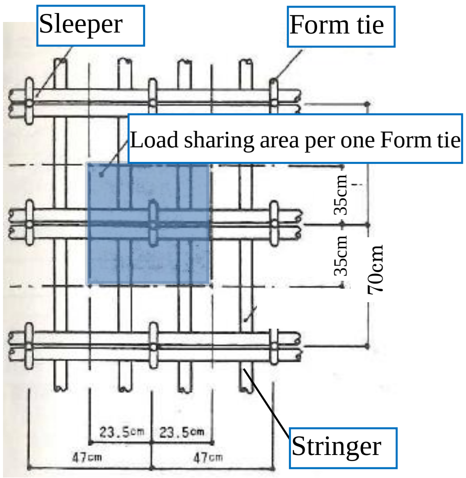
3) Consideration on deflection

$$\delta\ max = \frac{5wl^4}{384EI} = \frac{5 \text{ x } 0.27 \text{kN/cm x } (47.0\text{cm})4}{384 \text{ x } 2.1\text{x}(10)6\text{kN}/cm^2 \text{ x } 9.32\text{cm}^4 \text{ x } 2}$$

Numbers of Steel pipe

$$= \mathbf{0.002\ cm \quad \leqq 0.3\ cm \quad OK!}$$

(6) Consideration of Form tie



Form tie which size is w5/16 in. (7.8mm) plans to apply in this exercise.

Allowable tensile strength: Ft=13.7 kN/pic.

Tensile strength operates lateral load of concrete on which area is shown on left figures to a Form tie. Therefore, tensile strength operates (T) to a Form tie is,

A = (23.5 cm + 23.5 cm) x (35.0 cm + 35.0 cm) = 3,290cm^2

$$T = 0.0036\ kN/cm^2 \times 3{,}290\ cm^2 = 11.84\ kN$$

Lateral Load

$$\frac{T}{Ft} = \frac{11.84\ kN}{13.70\ kN} = \mathbf{0.86 \leqq 1.0\ OK!}$$

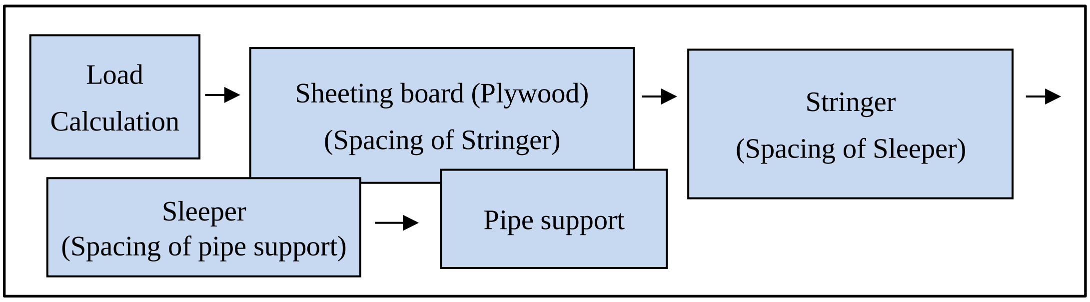
Mechanical performance of Form tie

Size or Kinds	Effective area	Tensile broken out strength	Allowable tensile strength
W 5/16	34.0 mm^2	19.6 kN/Nos.	13.7 kN/Nos.
W 3/8	50.3 mm^2	29.4 kN/Nos.	20.6 kN/Nos.
W 1/2	89.4 mm^2	39.2 kg/Nos.	34.3 kN/Nos.

Note: The method of Consideration of Formwork for Columns is carried out as the same sequence of Formworks of Wall.

(2) Formwork for Slab and Fales work

Point 2-1: Calculation of Formwork for slab and false work proceeds in accordance with bellow sequence.

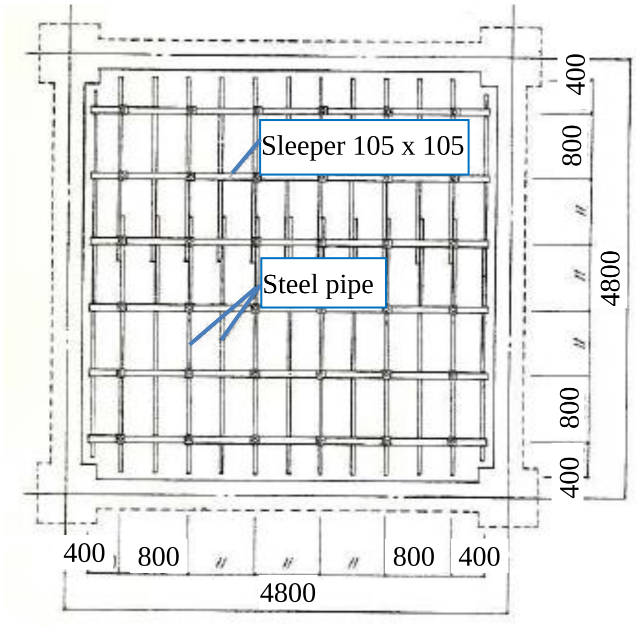


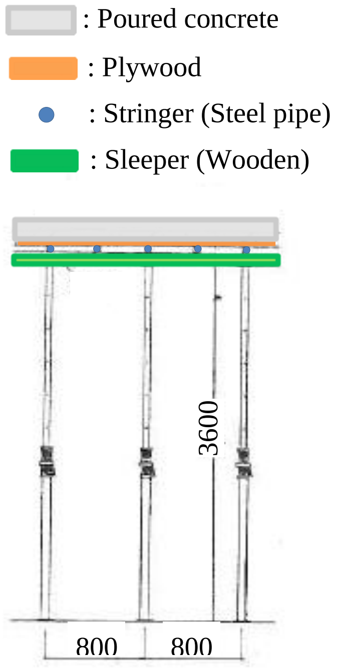
Note:

- Load considers main load (concrete and material of Formwork), impact load and vertical load of Working road (the weight of workers and necessary equipment on the Formwork). The lateral load operate to Falsework considers in the calculation of Falsework.
- Impact load is applied 50% of main load, working load is applied 1.5 kN/m^2.
- Allowable deflection of Formwork should be less than basically 0.3c m (Allowable deflection should be less than 0.1 cm if accurate finishing is required)
- Plywood and Sleeper are calculated by the simple span with uniformed load

2-1 The exercises for the consideration of Slab Formwork and Falsework

Slab Formwork and Falsework is considered by sample model mentioned in below in this exercise.





<Design condition of sample model>

Spacing of the Stringer	:	40.0 cm	Spacing of the Sleeper	:	80.0 cm
Spacing of Pipe support	:	80.0 cm	Spacing of Column	:	4,800 cm
Height	:	3,600 cm	Slab thickness	:	12.0 cm

(1) Calculation of design load operated to Formwork

The design load operated to Formwork should be calculated by below equation.

$W = \gamma t + 0.5\gamma t + 1.5\ kN/cm^2$

Main load Impact load Working load

$= 1.5\gamma t + 1.5 kN/cm^2$

- γ : Unit weight of reinforcement concrete (24 kN/m^3)
- t : Thickness of slab (m)

Unit weight of reinforcement concrete is 24 kN/m^3, thickness of slab is 12 cm in this exercise, so design load is,

$W = 1.5 \times 24\ kN/m^3 \times 0.12\ m + 1.5\ kN/m^2$

$= 5.8\ kN/m^2$

(2) Consideration of each members

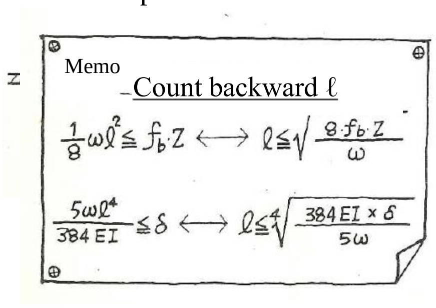
1) Consideration of Plywood

Plywood (t=1.2 cm) is used for Formwork in this exercise.

Section performance of Plywood

Moment of inertia of section:	I = 0.144 cm^4	Value is per unit width (1 cm)
Section Modulus:	Z = 0.24 cm^3	
Allowable bending stress:	fb = 1.37 kN/cm^2	
Elastic Modulus:	E=550 kN/cm^2	

Sample model



Next step proceeds to consider of bending and deflection for plywood. In case of consideration those in wall Formwork, the spacing of stringer has assumed and considered whether this assumed spacing is appropriateness. However, in this case (slab Formwork), firstly maximum stringer spacing calculates from allowable value, and compares the stringer spacing of sample model.

The load (w) is 5.8 kN/m^2 so as calculated in above. On the other hand, the consideration width of plywood is 1cm, therefore adapted load (w) is **0.00058 kN/cm^2**.

A) Consideration of bending

The equation of maximum Bending moment of simple beam which operates uniform load is M max. = 1/8wl2, so the formula of maximum spacing is,

$$M\ max = \frac{1}{8}wl^2 \leqq fb \cdot Z$$

Thus,

$$l = \sqrt{\frac{8\ x\ fb \cdot Z}{w}} = l = \sqrt{\frac{8\ x\ 1.37kN/cm^2 x0.24cm^3}{0.00058kN/cm^2}} = 67.3\ cm \quad \geqq \ 40.0\ cm \quad OK!$$

Assumed stringer spacing (40.0 cm)

B) Consideration of Deflection

Deflection should be within 0.3 cm the same as wall structure.

Stringer spacing with maximum deflection within 0.3m is considered by below formula.

$$\delta \text{ max} = \frac{5wl^{4}}{384EI} \leqq 0.3$$

$$l = \sqrt[4]{\frac{384EI \text{ x } 0.3cm}{5w}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{384 \text{ x } 550kN/cm^2 \text{ x } 0.144cm^4 \text{ x } 0.3cm}{5 \text{ x } 0.00058kN/cm^2}} = \boxed{42.1cm \geqq 40.0cm \text{ OK!}}$$

Point 2-2

As slab is required accurate finishing, deflection should be within 0.1 mm mentioned in “Note” Chapter 2 first paragraph.

If accuracy is required, the maximum spacing of Stringer is calculated as follows;

$$l = \sqrt[4]{\frac{384EI \text{ x } \mathbf{0.1cm}}{5w}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{384 \text{ x } 550kN/cm^2 \text{ x } 0.144cm^4 \text{ x } \mathbf{0.1cm}}{5 \text{ x } 0.00058kN/cm^2}} = \boxed{\mathbf{32cm}}$$

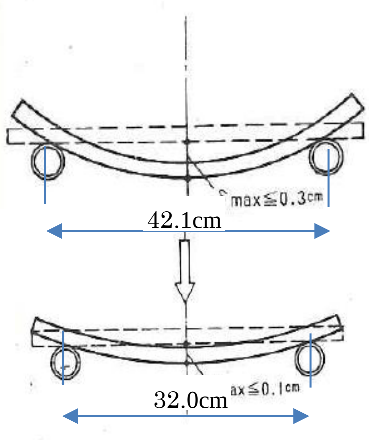
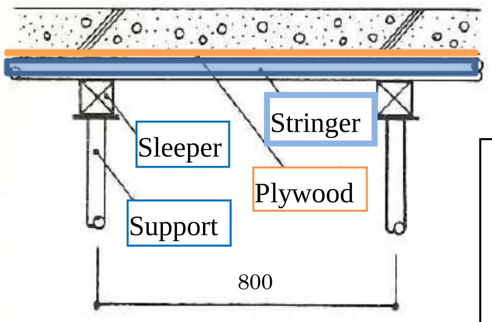
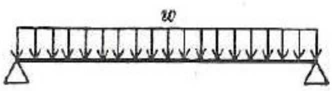


Image of Stringer spacing
Considering deflection value

2) Consideration of Stringer





Steel pipe Ø48.6x2.4 (Standard pipe for temporary works) is used for Stringer in this exercise.

Moment of inertia of section:	*I=9.32 cm^4*
Section Modulus:	*Z=3.83 cm^3*
Allowable bending stress:	*fb=23.7 kN/cm^2*
Elastic Modulus:	*E=2.1x10^4 kN/cm^2*

Spacing of Stringer is 40 cm in this exercise, operating load (w) to Stringer is,

$0.00058\ kN/cm^2 \times 40\ cm =$ **0.023 kN/cm**

Stringer

A) Consideration of bending

The maximum bending moment (M max) is obtained from the following equation.

Bending consideration is carried out by equation of the maximum bending moment as follows

$$M\ max = \frac{1}{8} wl^2$$

$$M\ max = \frac{1}{8} \times (0.023 kN/cm \times (80cm)^2)$$

$$= \boxed{18.56\ kN\cdot cm}$$

From this maximum bending moment, the stress intensity (σb) operates to the Stringer is calculated from the following equation.

$$\sigma b = \frac{M\ max}{Z} = \frac{18.56\ kN\cdot cm}{3.83 cm^3} = \boxed{4.85\ kN/cm^2}$$

From this bending stress intensity, it is compared with the allowable bending stress intensity (fb) of the Steel pipe.

$$\frac{\sigma b}{fb} = \frac{4.85\ kN/cm^2}{23.70\ kN/cm^2} = \boxed{0.20 \leqq 1.0 \quad OK!}$$

B) Consideration on deflection

Allowable deflection differs should be within 0.3 cm same as Plywood.

Deflection is calculated as a simple beam on which uniformed load operates from the following equation.

$$\delta\ max = \frac{5wl^4}{384EI}$$

$$= \frac{5 \times 0.023 kN/cm \times (80.0cm)4}{384 \times 2.1 \times (10)4 kN/cm^2 \times 9.32 cm^4}$$

$$= \boxed{0.06\ cm \leqq 0.3\ cm \quad OK!}$$

3) Consideration of Sleeper

Sectional Area:	A	=	110.3 cm^2
Moment of inertia of section:	I	=	1,012.9 cm^4
Section Modulus:	Z	=	192.9 cm^3
Allowable bending stress:	fb	=	1.03 kN/cm^2
Allowable shearing stress:	fs	=	0.074 kN/cm^2
Elastic Modulus:	E	=	700 kN/cm^2

Wooden batten 10.5 cm x 10.5 cm is used for Sleeper in this exercise.

Consideration of Sleeper is carried out adapting the simple beam same as previous consideration method.

In the consideration, spans except both edges are simple beam operating uniformed load and both edges are cantilever operating concentrated load.

A) Consideration of simple beam spans operating uniformed load

➢ **Calculation of load**

Load (w) operates to Sleeper is,

w = 0.00058 kN/cm^2 x 80 cm = 0.045 kN/cm

(80 cm: Sleeper spacing)

➢ **Consideration of bending**

$$M\ max = \frac{1}{8}wl^2 = \frac{1}{8} \times (0.045\ kN/cm \times (80\ cm)^2)$$

$$= 36.0\ kN \cdot cm$$

$$\sigma b = \frac{M\ max}{Z} = \frac{36.0\ kN \cdot cm}{192.9 cm^3} = 0.187\ kN/cm^2$$

$$\frac{\sigma b}{fb} = \frac{0.187\ kN/cm^2}{1.03\ kN/cm^2} = 0.18 \leqq 1.0 \quad \text{OK!}$$

➢ **Consideration of shearing**

$$Q\ max = \frac{1}{2}wl$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.045\ kN/cm \times 80\ cm = 1.80\ kN$$

$$\tau = \frac{\mathcal{K}\ Q\ max}{A} = \frac{1.5 \times 1.8 kN}{110.3 cm^2} = \mathbf{0.024\ kN/cm^2}$$

Note: 1.5 is applied for $\mathcal{K}$, if the shape is rectangular.

$$\frac{\tau}{fs} = \frac{0.024 kN/cm^2}{0.074 kNcm^2} = \mathbf{0.33 < 1.0\ OK!}$$

➢ **Consideration of deflection**

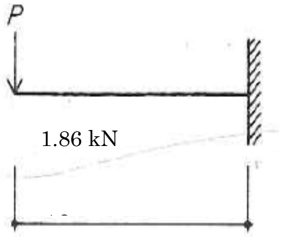
$$\delta\ max = \frac{5wl^4}{384EI} = \frac{5 \text{ x } 0.045\text{kN/cm x } (80.0\text{cm})4}{384 \text{ x}700\text{kN/cm}^2 \text{ x } 1{,}012.9cm^4}$$

$= $ **0.033cm ≦ 0.3cm OK!**

B) Consideration of cantilever spans operating concentrated load

Edge of Sleeper should be considered as cantilever with operating concentrated load.

Spacing of Sleepers are 40cm in this exercise.

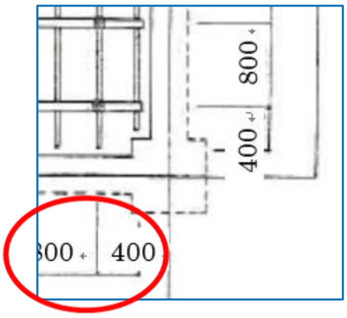


➢ **Calculation of load**

Concentrated load (P) operates to one Sleeper.

Thus, P =0.00058 kN/cm^2 x 40 cm x 80 cm = 1.86 kN

Span of Stringer | Sleeper spacing



➢ **Consideration of bending**

M max = Pl = 1.86kN x 40cm = 74.4kN· cm

Span of Stringer

$$\boldsymbol{\sigma b} = \frac{M\ max}{Z} = \frac{74.4\ kN{\cdot}cm}{192.9cm^3} = \textbf{0.386 kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma b}{fb} = \frac{0.386\ kN/cm^2}{1.03\ kN/cm^2} = \textbf{0.37} \leqq \textbf{1.0 OK!}$$

➢ **Consideration of shearing**

$Q\ max = P =$ *1.86 kN*

$$\tau = \frac{\mathcal{K}\ Q\ max}{A} = \frac{1.5 \text{ x } 1.86kN}{110.3cm^2} = 0.025\ kN/cm^2$$

Note: 1.5 is applied for 𝒦, if the shape is rectangular.

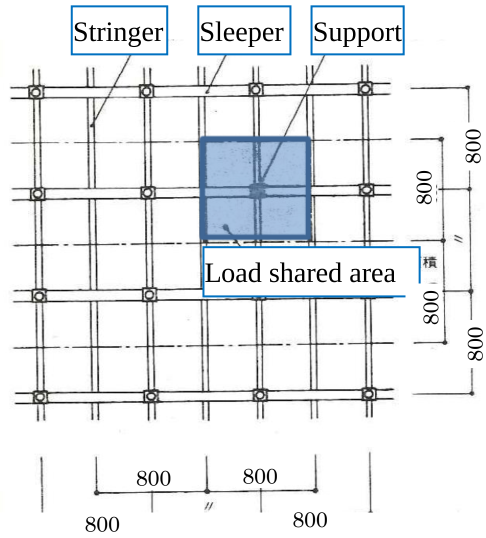
$$\frac{\tau}{fs} = \frac{0.025kN/cm^2}{0.074kNcm^2} = 0.34 < 1.0 \text{ OK!}$$

➢ **Consideration of deflection**

$$\delta \text{ max} = \frac{Pl^3}{3EI} = \frac{1.86\text{kN x } (40.0\text{cm})3}{3 \text{ x}700\text{kN/cm}^2 \text{ x } 1{,}012.9cm^4}$$

= 0.056 cm ≦ 0.3 cm OK!

4) Consideration of Support



Pipe support is adapted for support in this exercise.

Allowable compressive stress: *Fc=19.6 kN/pic.*

Compressive strength operates to Pipe support by vertical load. Consideration is carried out whether this compressive strength is within allowable compressible stress.

The compressive strength operating on one pipe support is calculated by multiplying the area (A) shared of the vertical load by one pipe.

$A = 80cm \times 80cm = 6{,}400\ cm^2$

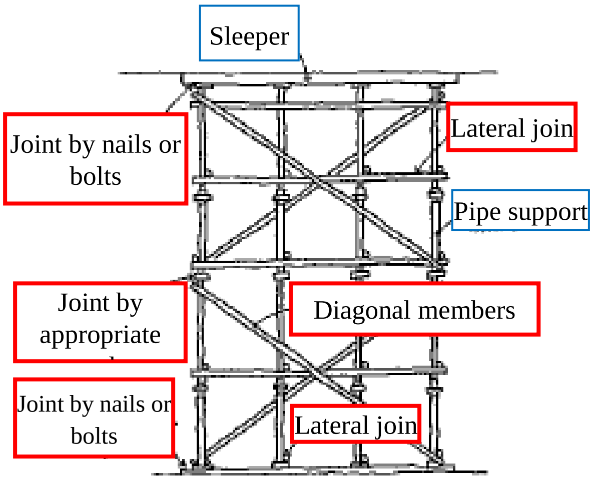
$N = 0.00058kN/cm^2 \times 6{,}400\ cm^2$

$= \boxed{\mathbf{3.71\ kN/pic.}}$

Allowable compressive stress *(Fc)* of Pipe support is 19.6kN/pic,

Thus,

$$\frac{N}{Fc} = \frac{3.71kN/pic.}{19.6kN/pic.} = \boxed{\mathbf{0.19 \leqq 1.0\ OK!}}$$

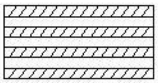
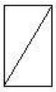
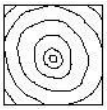
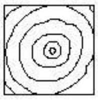


Note:

In case of height of Falsework is exceeded to 2 m, all pipe supports should be joint by steel pipes etc. to avoid buckling and deviation. At the same time, it is more effective to connect pipe support with diagonal members.

Performance of members for Falsework is shown in the table below as a reference.

Performance of Falsework

Type				Elastic Modulus *E* (kN/cm^2)	Allowable Bending Stress Intensity *fx* (kN/cm^2)	Moment of Inertia Area *I* (cm^4)	Section Modulus *Z* (cm^3)
Plywood	12mm (5) (Number of layers) 		//	550	1.37	0.144	0.24
			⊥	200	0.78		
	15 mm (5 or more) 		//	510	1.37	0.281	0.375
			⊥	200	0.78		
	18 mm (7 or more) 		//	470	1.37	0.486	0.54
			⊥	200	0.78		
Stringer		48 x 24	//	900	1.32	22.12	9.22
			⊥	250			
		60 x 27	//	900	1.32	48.6	16.2
			⊥	250			
Sleeper		100 x 100	//	700	1.03	833.3	166.7
			⊥	250			
		90 x 90	//	700	1.03	546.8	121.5
			⊥	250			
Steel pipe	○ φ48.6 ㋐2.3		STK400	2.05×10^4	15.7	8.99	3.70
	○ φ48.6 ㋐2.5		STK500	2.05×10^4	23.7	9.65	3.97
Angular pipe	□－ 50 x 50 x 2.3		STKR400	2.05×10^4	16.3	15.9	6.34
	□－ 60 x 60 x 2.3					28.3	9.44

Note: // : the same direction of the fiber ⊥ : Perpendicular to the fiber direction

(3) Removal and dismantle of Formwork and Falsework

The Formwork and Falsework must not be removed and dismantled until the concrete reaches the necessary strength to keep its own weight and the load applied (working load during construction) in the construction period.

Timing and sequence of removal of Formwork and dismantlement of Falsework as well as reusing these material and facilities are planned by considering the required compressive strength of the concrete, the kind and importance of the structure, size of the structure, the operated load by the members, the temperature, weather, etc.

The recommendable applicable concrete compressive strength when Formwork and Falsework of reinforced concrete structure can be removed and dismantle refer to the below table.

To confirm the compressive strength, it is recommended to take additional specimens.

Recommendable compressive strength for removal of Formwork and dismantlement of Falsework

Classification of side of members	Example	Compressive strength (N/mm^2)
Side of vertical and top side of leaning for the thick member, and outer side of small arch shape	Side of pile cap	3.5
Side of vertical and soffit of leaning structure that angle is steeper than 45 degrees for the thin member, and inner side of small arch shape	Side of column, wall, beam	5.0
Soffit of Slab, beam and leaning structure that angle is less than 45 degrees	Soffit of slab and beam, and inner side of arch structure	14.0

Appendix 4 - Management Format of Concrete Pouring

Management Format for Concrete Placement in Bridge Construction

CS 01

Name of Project：	Structure No. / Portion / layers:	Date	Weather	Outdoor Temperature	Name of PD	Name of QC Eng.	Name of Eng. In charge
Status：		Date of Placement					

Plan of concrete placement (Drawing)

Plan of Placement and management

Quantities (Plan)	m³	Quantities (Actual)	m³
Numbers of Concrete Agitating Truck		Management of Placement Quantities	m³/h
Concreting Plan	Horizontal Length m Vertical Length m	Interruption time	

Number of workers（Upper row ：Plan, Lower row：Actual）（Upper row ：Plan, Lower row：Actual）

Operator				Pouring, compaction, finishing and observation etc.						
					vibrator					
Crane	AG	Plant	Foreman	Preparation	Type	Size	Number	Carpenters	Rebar Workers	Finishing
Helper -										

Curing	Method
☐Necessary ☐Not Necessary	Water Spray Curin☐ Apply curing compou☐ (Brand name and material spec.:) Others☐

Design Spec.						
Design Compressive Strength	N/mm2					
Classification of Concrete	Design		Actual		Slump	cm
Types of Cement					Air Contents	%
Size of Coarse Aggregate	Design		Actual		Chloride Contents	kg/m³

Concerning point・comment etc.

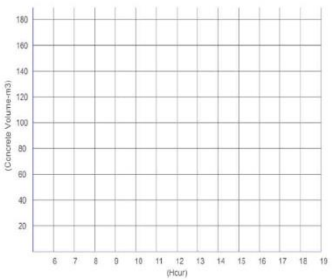
(Example)
1. Countermeasure for rain
Confirm countermeasures against rain such as preparation of waterproof sheet before starting concrete casting

2.Countermeasures against suspension
・The maximum disruption time is 30 minutes.

3 Time to compact with a vibrator per one time
・Standard time is 10-20 second

4. Apply method of vibrator
・Use at intervals of 30 – 50cm

Time Schedule for Concrete Placement



Inspection Plan

Number of Lots (Plan)	
Manufacture of concrete (Procurement method)	
Period of Testing	

Production of Specimens

For Compressive Strength

For 3days (Standard Curing) Nos
For 7days (Standard Curing) Nos
For 28 days (Standard Curing) Nos

Lot	Compressive Strength (N/mm²)	Average of Strength (N/mm²)	Slump (cm)	Air Contents (%)	Chloride Contents (Kg/m³)	Temperature of concrete (℃)	Outdoor Temperature (℃)

Management Format for Concrete Placement in Pavement Construction

CS 02

Name of Project：	Pavement Layer:	Date of Placement	Weather	Project Engineer		QC Engineer		Construction Engineer	
Organization or Company:				Sign -	Name-	Sign -	Name -	Sign -	Name -

Plan of concrete placement (Drawing)

Plan of Placement and management

Estimated Concrete Quantity	m³	Production Operator		Joint Span (per Design)	m
Actual Concrete Quantity	m³	Foreman		Joint Cutting Time (Actual)	hr.

Concrete Production Method	☐ Plant	☐ Mobile Mixer	☐ In-situ Mixing	Mixing Design (Kg/m3)	Admixture
	Rate…………m³/hr Mixing Time……minute Hauling Time…...minute Slump…………...mm Batch Number…………	Rate…………m³/hr Mixing Time……minute Slump……… mm Batch Number……	Rate…………m³/hr Mixing Time……minute Slump………..mm Batch Number………	W/C …………………… Cement …………………… Water ………………….. Coarse Aggregate …………………….. Fine Aggregate ……………..	%…………… Type……… Name……..
Interruption Time	minute	minute	minute	Mixing Method	☐ BS ☐ ACI

Number of workers（Upper row ：Plan, Lower row：Actual）（Upper row ：Plan, Lower row：Actual）

Compaction, Finishing and Observation etc.

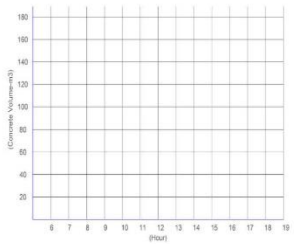
Particular	Foreman	Preparation	Vibrator Type	Vibrator Size	Vibrator Number	Carpenters Number	Rebar Workers Number	Number
According to Planning			Internal ☐					
Actual Condition			External ☐					

Curing	Method
	Water Spray Curing ☐
☐Necessary☐Not Necessary	Apply curing compound ☐ (Brand name and material spec.:)
	Others☐

Design Spec.							
Design Compressive Strength				N/mm²			
Classification of Concrete	Design		Actual		Slump		cm
Types of Cement					Air Contents		%
Size of Coarse Aggregate	Design		Actual		Chloride Contents		kg/m³

Concerning point・comment etc.

Time Schedule for Concrete Placement



Inspection Plan

Time Record:

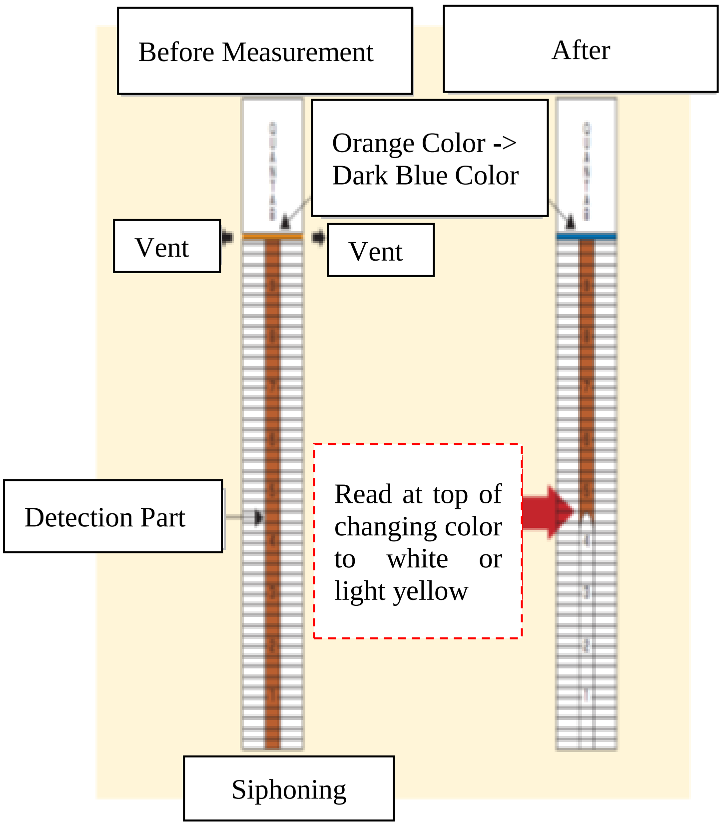
Production of Specimens
For Compressive Strength

For 7days (Standard Curing)	Nos
For 28days (Standard Curing)	Nos
For 91days (Standard Curing)	Nos
(For 14days (standard Curing))	Nos

Lot	Compressive Strength N/mm²	Average of Strength N/mm²	Slump cm	Air Contents %	Chloride Contents Kg/m³	Temperature of concrete °C	Outdoor Temperature °C

Appendix 5 - Quantab

- **Details of Quantab**



- **Method of Measurement**

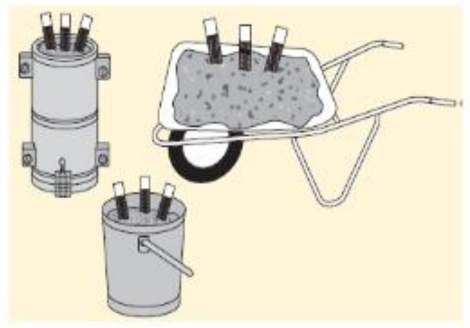
1) Open the package and taking out three Quantabs.

(Package must be opened just before measurement)

2) Insert them separately into the ready mixed concrete up to approx. one third of specimens.

(Measurement should be carried out at the sun shade location)

(Vent portion must be dried up all the time)



3) Keeping it approx. 10 to 15 minutes
4) After confirming that the moisture part has changed from orange to dark blue color, take out the specimens and read the top of the changing to about 0.1 digit.
5) Chloride contents is calculated by average of measurement of tree specimens in accordance with the values of the convert table. Formula is mentioned bellow.

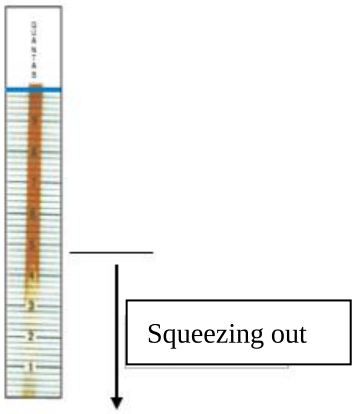
$$C.C. = \frac{A.S. \times W.C.}{100}$$

C.C. : Chloride contents in the ready mixed concrete (kg/m^3)

A.S. : Average of measurement of tree specimens in accordance with the values of the convert table

W.C. : Unit weight of water of concrete

6) Before put them to the recoding sheet, water which was siphoned by measurement must be squeezed out adequately.
   Water should be squeezed out toward to siphoning portion from top of the changing portion of the color.



・ **Example for calculation (In case of unit weight of water of concrete is 175kg/ m^3)**

1) Reading value of Quantabs

No.1: 3.9

No.2: 4.1

No.3: 4.1

2) Confirm the value from the convert table

No.1: 3.9 → 0.105

No.2: 4.1 → 0.115

No.3: 4.1 → 0.115

3) Calculate the average of the converted value rounded to 2 digits below the decimal point

(0.100+0.115+0.115) / 3 = 0.112 -> 0.11

4) Chloride contents in the ready mixed concrete (kg/m3) will be calculated by above mentioned formula.

$$C.C. = \frac{0.11 \times 175}{100}$$

$$= 0.193 \leqq 0.30 \text{ kg/ m}^3$$ (Allowable value)

C.C : Chloride contents in the ready mixed concrete (kg/ m^3)

* Source: Taiheiyo Material Co., Ltd.

Recording sheet of Chloride Contents CS 03

Project Name : ____________________

Date and Time of Measurment : ____________________

Weather and Temperature: ____________________

Name of Measurment : ____________________

Location and Layers of Structures : ____________________

Unit Weight of Water : ____________________

No.1	No.2	No.3
Reading Value :	Reading Value :	Reading Value :
Converted Value :	Converted Value :	Converted Value :
Specimen	Specimen	Specimen
Average :		

$\frac{\qquad}{100}$ X $\qquad$ kg/m^3 = $\qquad$ kg/m^3

Evaluation Allowance Value: Equal or less than 0.30Kg/m^3	Pass	Fail

Confirmed by : ____________________

Appendix 6 - Checklists

Check Points for Classes of Concrete CS 04-1

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	**Check Point**	**Management Items**	**Check on Site**
1. Class of Concrete	(1) Which class of concrete is used on site?		☐

CS 04-1 _ Check Points for Classes of Concrete

Check Points for Materials

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Cement	(1) What kind of cement and strength does it use on site?	• Portland Cement • Early Strength Cement	☐ ☐
	(2) Is manufacturing date on cement bag checked?		☐
	(3) Does supplier submit quality certificate of cement?		☐
	(4) Is quality of cement tested on site?	• Frequency:	☐

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
2. Water	(1) Is water quality tested before construction?	Frequency:	
	(2) Where does site take the water from?	• River • Tube Well	☐ ☐
3. Coarse Aggregate (CA)	(1) Is its quality tested in laboratory?	• Frequency:	☐
4. Fine Aggregate (FA)	(1) Has its quality been tested in laboratory?	• Frequency:	☐

CS 04-2 _ Check Points for Materials

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
5. Admixture	(1) Which admixture is used in concrete?	• Water Reducing • Retarding • Water Reducing and Retarding • Water Reducing and High Range • Water Reducing, High Range and Retarding	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	(2) Does supplier submit quality certificate?		☐
	(3) Is expired date suitable or not?		☐
6. Temperature of Materials	(1) Does QC Engineer measure temperature of cement, CA, FA and water before mixing and keep the records?		☐
7. Rebar	(1) Which country produces rebars that are used on site?		☐
	(2) Has its quality been tested and have the records of quality test been kept?		☐

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
8. Formwork and Falsework	(1) Which type of form is used for formwork and what kind of member is used for falsework?	• Plywood • Wooden • Metal • Pipe Support • Frame	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	(2) How often is the form reused on site?		☐
9. Spacer	(1) What kind of spacer is used on site?	• Mortar • Concrete • Plastic	☐ ☐ ☐
	(2) How many pieces of spacer are installed per 1 m^2 (3.28 ft^2)?		☐

CS 04-2 _ Check Points for Materials

Check Points for Mix Design CS 04-3

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Mix Design	(1) Who approves all mix design (trial mix) before construction?		☐
	(2) Does site keep record and report?		☐
	(3) Does site QC engineer adjust water and cement content to achieve adequate workability?		☐

CS 04-3 _ Check Points for Mix Design

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
	(4) What is design strength of concrete?	• Bored pile • Footing • Pier • Cross Beam • Girder • Slab	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	(5) Does the site consider the slump for each structure?		☐
	(6) Is re-trial mix considered, if construction material, weather condition and type of cement are changed?		☐
	(7) If re- trial mix was conducted, was record of re-trial mix reported to Lab?		☐

CS 04-3 _ Check Points for Mix Design

Check Points for Construction Plan CS 04-4

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Construction Plan	(1) Has construction plan made out?		☐
	(2) Do the contents of construction plan follow the manual?		☐
	(3) Does construction plan include construction method in rainy season?		☐
	(4) Is preliminary survey conducted before construction and its record kept?		☐
	(5) What kind of detail plan and procedures does project manager prepare before construction?		☐

CS 04-4 _ Check Points for Construction Plan

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
2. Preparation Works	(1) Does site engineer prepare bar bending schedules?		☐
	(2) Which items does steel fixer manage for rebar fabrication and installation?		☐
	(3) Does site engineer check the spacing, covering, lap length and fixing condition?		☐
	(4) Does site engineer make structural calculation for formwork and falsework?		☐
3. Assembling and Checking	(1) How often does site engineer check assembling of rebars, formwork and falsework?		☐
4. Others	(1) Has site engineer considered to manage negative impact on social and environment condition?	• Social Condition	☐
		• Environmental Condition	☐

CS 04-4 _ Check Points for Construction Plan

Check Points for Storage of Materials

CS 04-5

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Storage of Cement	(1) Is the storage method appropriate?	· Facilities · Method of piling · Moisture prevention · Ventilation	☐ ☐ ☐ ☐
	(2) Is storage quantity adequate? Is the balance with the consumed amount considered?		☐
	(3) Does store manager manage storage period of cement bags?		☐
	(4) Does the store manager understand and manage storage location for each delivery date? (To follow "First In, First Out" system)		☐

CS 04-5 _ Check Points for Storage of Materials

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
2. Storage of Coarse Aggregate (CA) and Fine Aggregate (FA)	(1) Does the store manager arrange proper storage methods? (2) Is storage quantity adequate? Is the balance with the consumed amount considered?	• Cover by water proof sheet • Separation of aggregate • Drainage • Moisture contents	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
3. Storage of Water	(1) Does site engineer manage suitable storage method, volume and countermeasures for emergency case?		☐
4. Storage of Admixture	(1) Is storage method appropriate?		☐

CS 04-5 _ Check Points for Storage of Materials

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
5. Reinforcement Bar (Rebar) and Formwork materials	(1) Does the store manager manage appropriate storage method on site?		☐
	(2) Does site engineer manage removal of formwork materials?		☐
	(3) If construction site is in coastal area, does it make protection from salty wind (moisture)?		☐
6. Records	(1) Does store manager have store record of cement, CA, FA, admixtures, rebars and formwork materials and inform it to site engineer?		☐
	(2) Does store manager keep the quality control certificate submitted by suppliers?		☐

CS 04-5 _ Check Points for Storage of Materials

Check Points for Production and Procurement of Concrete CS 04-6

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Production Facilities	(1) Which method is used for weighing?		☐
	(2) Is calibration for scales carried out and recorded?	● Frequency:	☐
	(3) Which mixer with capacity is used on site?	● Batching plant: m^3 ● Gravity mixer m^3 ● Others m^3	☐ ☐ ☐
	(4) What kind of management does site engineer make for mixing?	● Mixing time ● Charging sequence of material ● Tolerance of each material ● Others	☐ ☐ ☐ ☐
	(5) What kind of concrete is rejected and modified?		☐

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
	(6) Does site engineer consider mixing under hot weather?		☐
2. Procurement from Private Supplier	(1) Does site engineer manage proper plan to control the quality?		☐
3. Sampling and Testing	(1) What kind of tests are carried out on site and who approves it?	• Slump test • Chloride contents • Air contents • Temperature of concrete	☐ ☐ ☐ ☐

CS 04-6 _ Check Points for Production and Procurement of Concrete

Check Points for Transportation and Handling

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Transportation & Handling	(1) Which transportation and handling methods are used on site?	Transportation	
		• Agitator Truck	☐
		• Dump Truck	☐
		• Manpower	☐
		Handling	
		• Concrete bucket	☐
		• Concrete pump	☐
		• Shoot (chute)	☐
		• Wheel barrow	☐
	(2) Does site engineer prepare sufficient equipment and consider countermeasure plan in advance?		☐
	(3) Does site engineer manage delivery time?		☐

Check Points Before Pouring and Methodology of Pouring CS 04-8

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Preparation before pouring	(1) Does site engineer make necessary arrangement for rainy and hot weather concreting?		☐
	(2) Which points does site engineer check before pouring?	• Equipment • Arrangement of sufficient workers • Cleaning condition	☐ ☐ ☐
	(3) Does site engineer check equipment condition before pouring and consider countermeasure plan?		☐

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
2. Methodology of Pouring	(1) Does site engineer manage proper pouring sequence for construction?		☐
	(2) What kind of vibrator is used on site and its quantity enough?		☐
	(3) What kind of management does site engineer make for consolidation (compaction) and finishing?		☐

CS 04-8 _ Check Points Before Pouring and Methodology of Pouring

Check Points for Curing

CS 04-9

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Plan of curing	(1) Is curing method appropriate?	• Curing method and period	☐
		• Quantity of materials etc.	☐
	(2) Is the outside temperature low or high?	• Outside temperature	☐
		• Weather	☐
	(3) Does not concrete surface dry?	• Wet condition of the surface	☐
	(4) Is there no sudden temperature change during curing?	• Curing temperature	☐

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Plan of Curing	(5) Is there no vibration during curing?	• Having or not having of vibration	☐
	(6) Do not receive impact during curing?	• Having or not having of vibration	☐
	(7) For water curing, Is the quantity of storage water is adequate or not?		☐
2. Wet curing	(1) Is not concrete surface dry?	• Wet condition of the surface	☐
	(2) Is the curing period appropriate?	• Curing period	☐
	(3) Is it appropriate to keep concrete surface wet?	• Method of water supply	☐
		• Strength of initial age	☐
3. Curing for protection against harmful effects	(1) Is vibration, impact or excessive load acting on uncured concrete?	• Acting of external force	☐

CS 04-9 _ Check Points for Curing

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
3. Curing for protection against harmful effects	(2) Whether an excessive load is applied to the initial material age	• Acting of external forces at early age	☐
4. Curing method for formwork	(1) Is method appropriate?	• Method of curing	☐
	(2) Is the surface of formwork dry?	• Condition of formwork	☐
5. Liquid membrane curing	(1) Whether it is applied in combination with wet curing	• Combined use with wet curing	☐
	(2) Is material selection appropriate?	• Material used	☐
	(3) Is the time of spraying appropriate?	• Timing of spraying	☐
	(4) Is the spraying method appropriate?	• Method of spraying	☐

CS 04-9 _ Check Points for Curing

Check Points for Joints CS 04-10

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Joint	(1) Does the site plan the construction joints?		☐
	(2) What kinds of treatment are used for construction joint?	● Clean cut method ● Brushing method ● Others	☐ ☐ ☐
	(3) Which treatment is used to prevent water leakage?		☐

Check Points for Remedial Work CS 04-11

Project Name -

Location -

Project Manager -

Date & Time -

Checked by -

Stage of Work	Check Point	Management Items	Check on Site
1. Remedial Work	(1) Aer there some defects of concrete structure?		☐
	(2) Does site engineer check and manage defects of concrete structure?		☐
	(3) Did site engineer find out the cause of defect and consider the countermeasures?		☐
	(4) Does site engineer keep record of defect and report to QC Head office?		☐

CS 04-11 _ Check Points for Remedial Work

Table-② 【Check Sheet for During Each Activity (Concrete Pouring Activity)】 CS 04-12

	Site Office		Project	
	Structure		Structure Parts	
	Design Mix		Checked by:	
	Pour Lift		Time Check	

Item No.		Activity	Check Items	Describe	Check
Preparation	1	Preparation	Are all equipment clean/ no dirt?		
	2		Is the surface of formwork wet?		
	3		Inside formwork, make sure no foreign items such as wood chips and tight wires, etc.		
	4		Make sure no tight wires at rebar's coverage area.		
	5		Take out all laitance on surface of hardened concrete and let it wet.		
	6		Do you have extra pouring men*1 as for stand-by?		
	7		Do you prepare the extra vibrator as a back-up?		
	8		Did you check the generator condition before start of pour?		
	9		Did you explain enough the pour plan to all workers?		
Transpor	1	Transport	Is the time, from mixing to finish pouring, appropriate?		
Concrete Pour	1	Concrete Pour	Send mortar through concrete pipes as lubricant before sending fresh concrete.		
	2		Is all formwork and rebars tight and straight?		
	3		Are you pouring fresh concrete straight down/ vertical so that no follow horizontally?		
	4		Are pouring fresh concrete continuously until all concrete poured?		
	5		Are you pouring fresh concrete so that its surface is flat/ horizontal?		
	6		Make sure each layer of fresh concrete pour is less than 50cm.		
	7		When pour in more than 2 layers, keep proper time between layers not to let lower layer start hardening.		
	8		Keep height between outlet of fresh concrete and surface of poured concrete within 1.5m.		
	9		Pour fresh concrete after taking out bleeding water of poured concrete. Do you have a plan of who takes, where to take from and how to take?		

CS 04-12 _ Check Sheet for During Each Activity (Concrete Pouring Activity)

Item No.		Activity	Check Items	Describe	Check
Concrete Compaction	1	Concrete Compaction	Make sure insert vibrator into poured concrete for about 10 cm.		
	2		Make sure insert vibrator vertically and keep distance less than 50cm between inserting points.		
	3		Keep vibrating period between 5 to 15 seconds.		
	4		During concrete compaction, make sure vibrator does not touch rebars.		
	5		As close to the final surface, re-compaction near surface shall be carefully/ thoroughly vibrated.		
	6		Do not flow horizontally by vibrator.		
	7		Take out vibrator gradually so that does not create holes in fresh concrete.		
Curing	1	Curing	When fresh concrete surface may dry prior to the hardening, provide sheet over the surface to protect surface from sun shine and wind browning.		
	2		Keep fresh concrete wet.		
	3		Keep fresh concrete wet for appropriate period.		
	4		Take out formwork and scaffolding after the concrete earns appropriate strength.		
		Required Items, etc.			

*1: pouring men means workers that excluding not directly working staff such as supervisor, engineers, pump operators, etc. from all staff and worker related for concrete pouring and compaction.

CS 04-12 _ Check Sheet for During Each Activity (Concrete Pouring Activity)