

လမ်းတံတားဆိုင်ရာ နည်းပညာစွမ်းဆောင်ရည် ဖွံ့ဖြိုးတိုးတက်ရေး စီမံကိန်း၊
ပြည်ထောင်စုသမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော်
(၂၀၁၆-၂၀၁၉)



တံတားအုတ်မြစ်လုပ်ငန်း
အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေး လက်စွဲ

(ပထမအကြိမ်ထုတ်ဝေမှု)



၂၀၁၉ ခုနှစ်၊ ဧပြီလ

ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန၊ ပြည်ထောင်စုသမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော်
ဂျပန်နိုင်ငံ အပြည်ပြည်ဆိုင်ရာ ပူးပေါင်းဆောင်ရွက်ရေး အဖွဲ့

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 အခြေခံအဆောက်အအုံ ဆိုသည်မှာ ကောင်းမွန်သော စီမံခန့်ခွဲမှု၊ စီမံကိန်း အကောင်အထည်ဖော်မှု များနှင့် တိုက်ရိုက် သက်ဆိုင်သော ရလဒ်ပင် ဖြစ်ပါသည်။

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

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

၂၀၁၉ခုနှစ်၊ ဧပြီလ



ဦးဟန်ဇော်

ပြည်ထောင်စုဝန်ကြီး၊ ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန

ပြည်ထောင်စု သမ္မတ မြန်မာနိုင်ငံတော်

နိဒါန်း

နောက်ခံအကြောင်းအရင်း

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

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

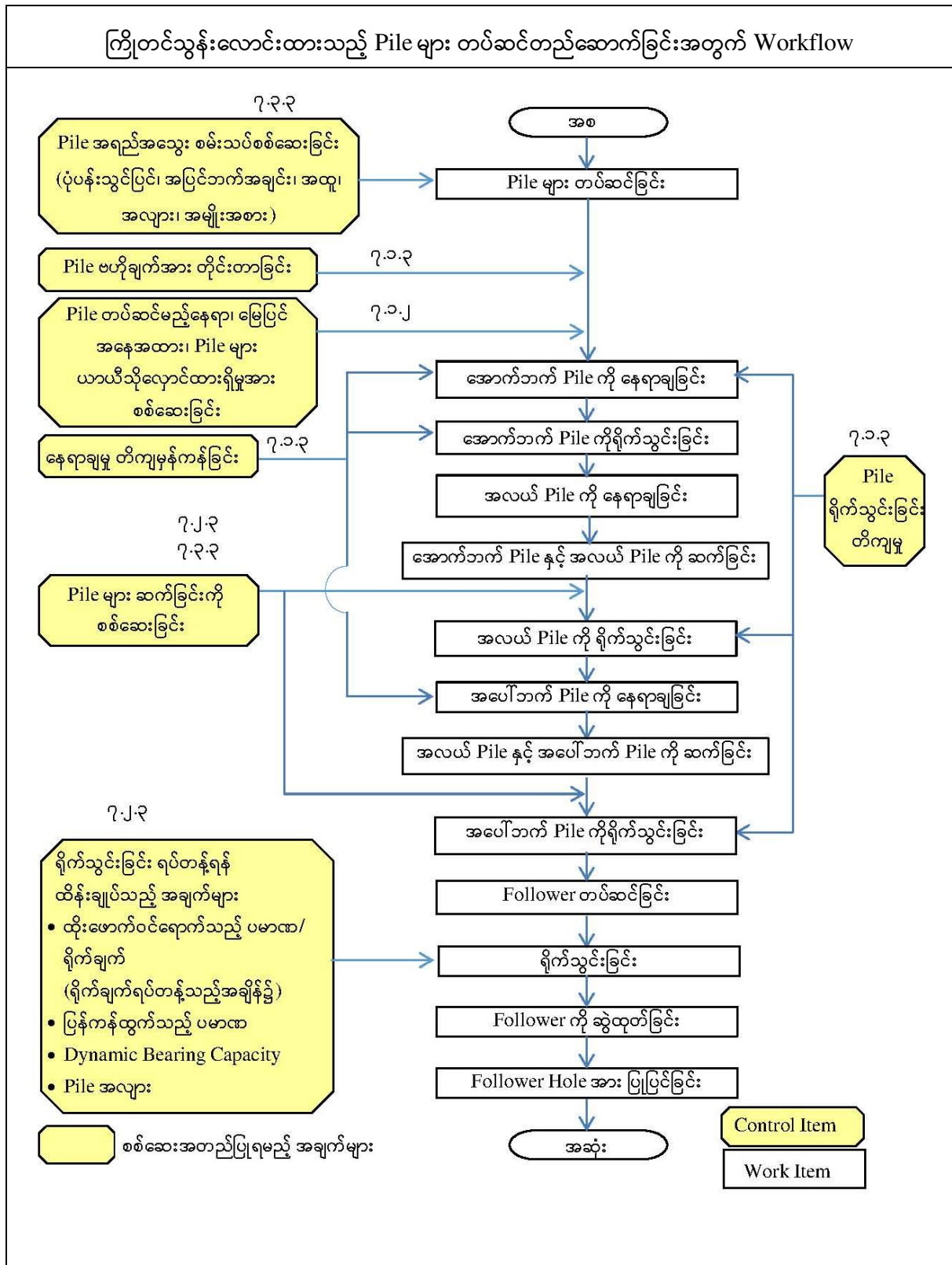
ကိုးကား

အောက်ပါနည်းပညာဆိုင်ရာ စာတမ်းများ၊ စာအုပ်များကို ကိုးကားထားပါသည်။

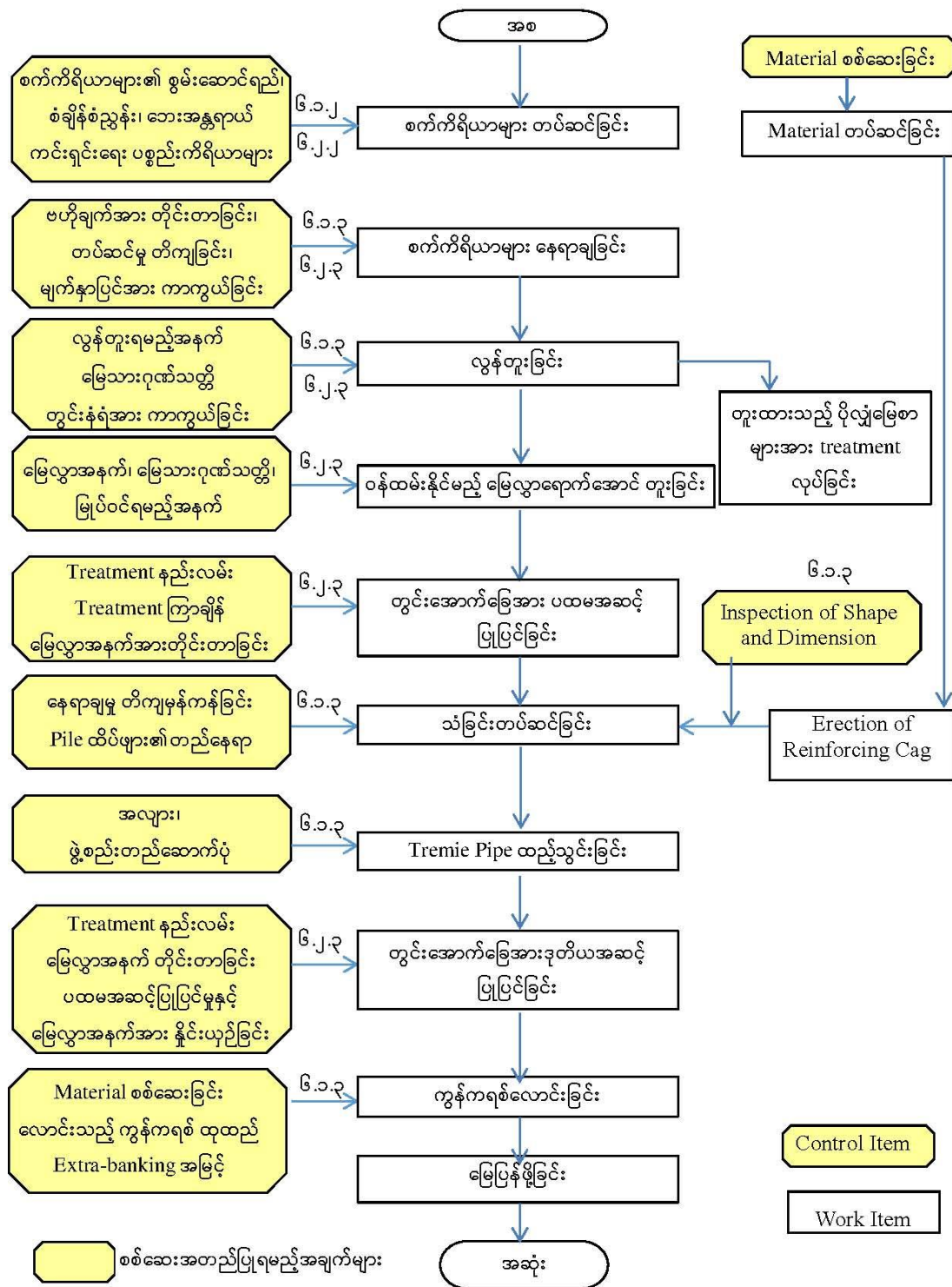
- 1) Specification for Highway Bridges (2012, Japan Road Association, Japan)
- 2) Standard Specifications for Concrete Structures (2012, Japan Society of Civil Engineering)
- 3) Manual for Construction of Bridge Foundation (2015, Japan Road Association)
- 4) AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications (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)

တံတားအုတ်မြစ်လုပ်ငန်း အရည်အသွေးထိန်းသိမ်းရေး FLOWCHART

ကြိုတင်သွန်းလောင်းထားသည့် Pile များ တပ်ဆင်တည်ဆောက်ခြင်းအတွက် Workflow



နေရာတွင်ပင် သွန်းလောင်းသည့် (Bored) Pile များ တပ်ဆင်တည်ဆောက်ခြင်းအတွက် Workflow



တံတားအုတ်မြစ်လုပ်ငန်း အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေး လက်စွဲ

မာတိကာ

အခန်း ၁. အထွေထွေ	1
အခန်း ၂. လေ့လာတိုင်းတာခြင်း (SURVEY)	10
အခန်း ၃. ဘူမိအနေအထား လေ့လာစစ်ဆေးခြင်း (GEOTECHNICAL INVESTIGATION)	16
အခန်း ၄. တည်ဆောက်ရေးအတွက် စဉ်းစားရမည့် အချက်များ (POINT OF CONSIDERATION FOR CONSTRUCTION)	30
အခန်း ၅. တည်ဆောက်ရေး အစီအစဉ်ရေးဆွဲခြင်း (CONSTRUCTION PLANNING)	34
အခန်း ၆. နေရာတွင် သွန်းလောင်းသည့် PILE (CAST-IN-PLACE PILE) များအတွက် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းခြင်း နည်းလမ်းများ	76
အခန်း ၇. ကြိုတင်သွန်းလောင်းသည့် PILE (PRE-CAST PILE) များအတွက် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းခြင်း နည်းလမ်းများ	106
အခန်း ၈. DESIGN နှင့် ပတ်သက်သည့် အခြေခံဗဟုသုတ (BASIC KNOWLEDGE FOR DESIGN).	171

Appendices

Appendix 1 - Specific Gravity Test	185
Appendix 2 - Viscosity Test	186
Appendix 3 - Filtering Water Test	187
Appendix 4 - Checking List for Cast-in-place Pile Method	188
Appendix 5 - Checking List for Pre-cast Pile	197
Appendix 6 - Checking List for Pre-boring Method	200
Appendix 7 - Checking List for Steel Pipe Sheet Pile	203

ABBREVIATIONS

AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM:	American Society for Testing and Materials
CPT:	Cone Penetration Test
JIS:	Japanese Industrial Standards Committee
PHC Pile:	Pre-stressed High-strength Concrete Pile
RC Pile:	Reinforced Concrete Pile
RQD	Rock Quality Designation
SC Pile:	Steel Composite Concrete Pile
SIT	Sonic Integrity Test
SPT	Standard Penetration Test

အခန်း ၁. အထွေထွေ

၁.၁ ဖော်ပြချက်

အုတ်မြစ် (Foundation) ဆိုသည်မှာ မြေပေါ်အဆောက်အအုံမှ ဝန် (load) ကို ဝန်ထမ်းနိုင်ရည်ရှိသော မြေလွှာထဲသို့ ကူးပြောင်းပေးသည့် အစိတ်အပိုင်းဖြစ်သည်။ ဝန်ထမ်းနိုင်ရည်ရှိသော မြေလွှာ၏ ဘူမိဂုဏ်သတ္တိအပေါ် အခြေခံပြီး Shallow Foundation သို့မဟုတ် Deep Foundation ဟူ၍ ရွေးချယ်ကြရသည်။ တံတား foundation များအတွက်မူ အများအားဖြင့် Pile Foundation သို့မဟုတ် Wall Foundation ကို ရွေးချယ်ကြသည်။

Foundation ၏ အခြေကို လုံလောက်သည့် မြေအောက်အနက် တစ်နေရာတွင် ချထားသော Foundation များကို Deep Foundation ဟု ခေါ်သည်။ ဥပမာ Pile များ၊ Wall များ ဖြစ်သည်။

Deep Foundation များသည် အဆောက်အအုံ၏ ဝန်ကို ပို၍ နက်သော မြေလွှာထဲသို့ ကူးပြောင်းပေးသည်။ ဝန်ကို ကူးပြောင်း သည့်ပုံစံမှာ အဆုံးမြေလွှာ၌ ထမ်းစေသောနည်း (end bearing) ၊ သို့မဟုတ် ပွတ်မှုအားဖြင့် ထမ်းစေသောနည်း (friction)၊ သို့မဟုတ်ပါက ထိုနည်းနှစ်မျိုးစလုံး ပေါင်းစပ်သည့် နည်းတို့ ဖြစ်ပါ သည်။

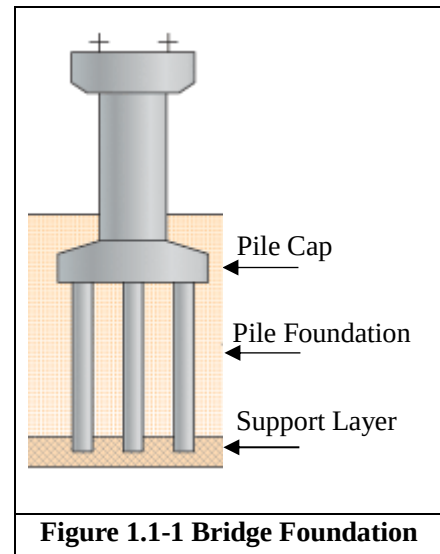


Figure 1.1-1 Bridge Foundation

၁.၂ Pile အုတ်မြစ် (Pile Foundation)

မြေပေါ်အဆောက်အအုံမှ ဝန်များကို လုံလောက်သော bearing capacity ရှိသည့် သင့်လျော်သည့် မြေအောက်အလွှာသို့ ကူးပြောင်းရန် Pile Foundation ကို အသုံးပြုသည်။

၁.၂.၁ Pile Foundation အသုံးပြုပုံ

Site investigation အစီရင်ခံစာကို အခြေခံပြီး Pile foundation အမျိုးအစားကို ရွေးချယ်ရသည်။ Pile Foundation လိုအပ်ချက်၊ အသုံးပြုရမည့် Pile အမျိုးအစား၊ Pile Foundation ၏အနက်တို့ကို Site Investigation အစီရင်ခံစာအရ သိနိုင်မည်။

အဆောက်အအုံအကြီးစားများနှင့် အထပ်မြင့် အဆောက်အအုံများအတွက်၊ အောက်ခံမြေလွှာသည် ကျောက် သား မဟုတ်ပါက တိမ်သောအနက်၌ရှိသည့် မြေလွှာ၏ bearing capacity သည် Foundation

အပေါ် တွင်ကျရောက်လာမည့် ဝန်များကို ထမ်းနိုင်မည်မဟုတ်ပေ။ ထိုကဲ့သို့သော အခြေအနေမျိုးတွင် Pile Foundationကို ရွေးချယ်ရမည်။ Pile အုပ်စုတစ်စုအတွက် လိုအပ်သော Pile အရေအတွက်ကို Pile တစ်ခုချင်းစီ၏ စွမ်းဆောင်နိုင်ရည်နှင့် Foundation အပေါ်တွင်ကျရောက်မည့်ဝန်တို့ကိုသုံး၍ တွက်ချက် ရမည်။ Pile Foundation သည် ရေပေါ်လုပ်ငန်းများ (ဥပမာ။ ဆိပ်ခံတံတားများ၊ တံတားတိုင်များ) အတွက် အဆင်ပြေသော Foundation တစ်ခု ဖြစ်ပါသည်။

တိမ်သောအနက်၌ရှိသည့် မြေလွှာသည် bearing capacity လုံလောက်စွာမရှိလျှင်သော်လည်းကောင်း၊ ခန့်မှန်းတွက်ချက်လိုက်သည့် ကျွံကျမှုတန်ဖိုးမှာ တရားဝင်လက်ခံနိုင်သော ကန့်သတ်ချက်ထက် များနေလျှင် သော်လည်းကောင်း၊ ယေဘုယျအားဖြင့် piles များကို အသုံးပြုကြသည်။ ပွသောမြေကြီး များနှင့် ပြိုပျက်နိုင်သောမြေကြီးများ (expansive and collapsible soil) တွေ့ရသည့် နေရာများတွင်လည်း Pile Foundation များကို အသုံးပြုကြသည်။

၁.၂.၂ Pile Foundation အမျိုးအစားများ

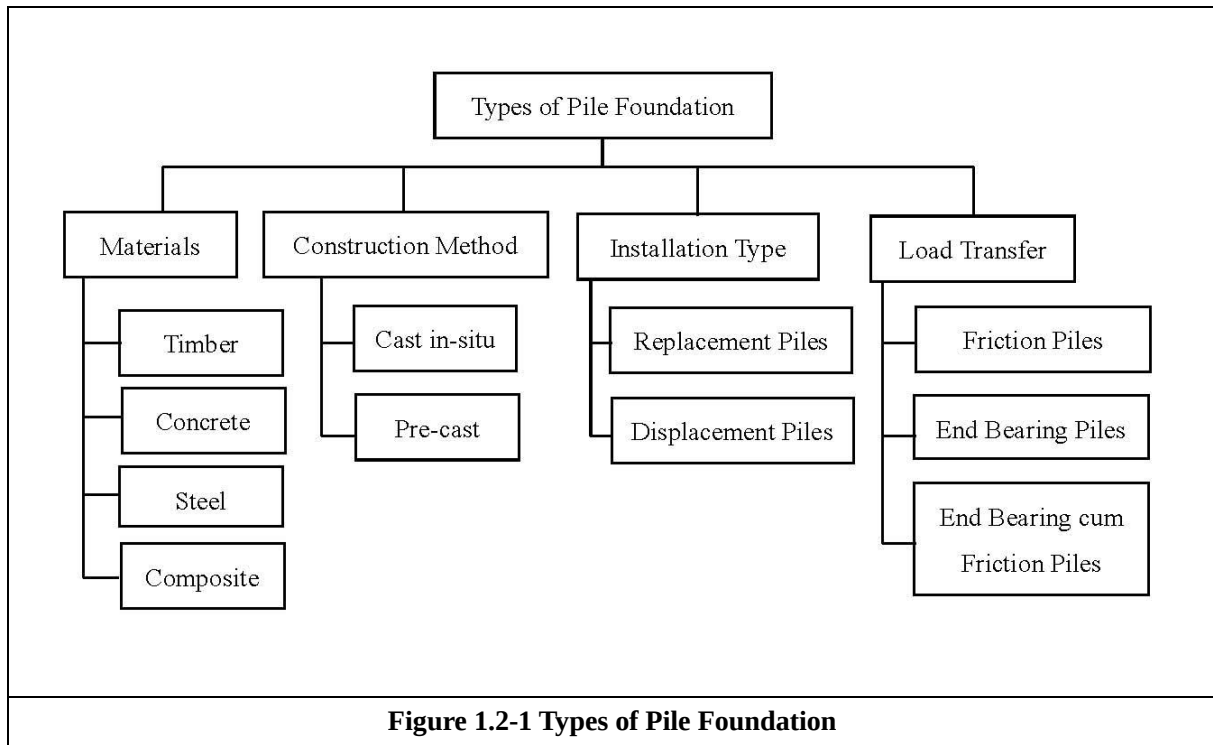
Pile Foundation များကို ခေါင်းစဉ်အမျိုးမျိုးဖြင့် အမျိုးအစား ခွဲခြားနိုင်သည်။ ဤအပိုင်းတွင်မူ အောက်ပါ ခေါင်းစဉ်များအလိုက် ဆွေးနွေးသွားမည်ဖြစ်သည်။

၁။ အသုံးပြုသောပစ္စည်းများ (Materials)

၂။ ဆောက်လုပ်သည့်နည်းလမ်း (Construction Method)

၃။ တပ်ဆင်သည့်ပုံစံ (Installation Type)

၄။ ဝန်ကူးပြောင်းပုံ နှင့် ဝန်ထမ်းသောပုံစံ (Load Transfer and Functional Behavior)



၁.၂.၃ အသုံးပြုသောပစ္စည်းအလိုက် Pile အမျိုးအစားများ

(၁) သစ်သား Piles များ

Timber piles များကို မြေကြီးကျစ်လစ်သိပ်သည်းမှုရစေရန်နှင့် ယာယီအဆောက်အဦများ ဆောက်လုပ်ရန် အတွက် ကျယ်ပြန့်စွာ အသုံးပြုကြသည်။ ရေနှင့်ထိတွေ့နေသည့် အဆောက်အဦများကို ကာကွယ်ရန် အတွက်လည်း အသုံးပြုသည်။ သစ်သား pile များ အသုံးပြုရခြင်း၏ အဓိကကောင်းကျိုးများမှာ သယ် ဆောင်ရလွယ်ကူခြင်း၊ ကနဦးကုန်ကျစရိတ်သက်သာခြင်း၊ အပြောင်းအလဲမမြန်သောရာသီဥတု အခြေအနေ များတွင် ကြာရှည်ခံခြင်း တို့ဖြစ်ကြသည်။ ဆိုးကျိုးများမှာ ခြေအန္တရာယ်နှင့် အပြောင်းအလဲ မြန်သော ရာသီဥတုအခြေအနေများတွင် piles များအတွက် သင့်လျော်သော အကာအကွယ်များ လုပ်ဆောင်ပေး ရခြင်း၊ ထပ်ခြင်း ဆက်ခြင်း (Splicing) ပြုလုပ်ရန် ခက်ခဲခြင်း၊ Pile ထိပ်ခေါင်း ပျက်စီးမှု မရှိစေရန် ရိုက်သွင်းရာတွင် သတိထားရခြင်းတို့ဖြစ်ပါသည်။



Figure 1.2-2 Timber Pile Foundation



Figure 1.2-3 Timber Pile Construction

(၂) ကွန်ကရစ် Pile များ

Concrete Piles များကို ဝန်များသော (Heavy loaded) အဆောက်အအုံများအတွက် ကျယ်ကျယ်ပြန့်ပြန့် အသုံးပြုကြသည်။ Concrete Piles တွင် ကြိုတင်သွန်းလောင်းထားသည့် Piles (Pre-cast Piles) နှင့် နေရာတွင်ပင်သွန်းလောင်းသည့် Piles (Cast-in-situ Piles) ဟူ၍ ရှိသည်။ ကြိုတင်သွန်းလောင်း Piles တွင် အသုံးပြုမည့်ပုံနှင့် loading အခြေအနေများအပေါ်မူတည်၍ ရိုးရိုးအားဖြည့်သံချောင်းများ သို့မဟုတ် ကြိုတင်အားဖြည့်သံချောင်းများ (Pre-stressed bars) ကို အသုံးပြုသည်။ Concrete Piles များ၏ အဓိက ကောင်းကျိုးများမှာ ဝန်ထမ်းနိုင်ရည် ပိုမိုမြင့်မားခြင်းနှင့် ဆောက်လုပ်ရာတွင် လွယ်ကူခြင်း တို့ဖြစ်သည်။ ဆိုးကျိုးများမှာ ကနဦးကုန်ကျစရိတ် မြင့်မားခြင်း၊ သံချေးတက်နိုင်သောနေရာများနှင့် ပင်လယ်နှင့်နီးသော ပတ်ဝန်းကျင် (Marine Environment) တို့တွင် သုံးပါက treatment လုပ်ရန် လိုအပ်ခြင်း၊ Pre-stressed piles ဖြစ်ပါက ဆက်ရန် ခက်ခဲခြင်း တို့ ဖြစ်သည်။



Figure 1.2-4 Pre-cast Pile



Figure 1.2-5 Cast-in-situ

(၃) Steel Piles

Steel Piles ကို Hollow steel tubes, Box sections, H-sections, built-up sections စသဖြင့် ဖြတ်ပိုင်းပုံစံ (cross sections) အမျိုးမျိုးဖြင့် ရနိုင်ပြီး၊ လုပ်ငန်းခွင် (site) အခြေအနေများအပေါ်မူတည်၍ ဂရုတစိုက် ရွေးချယ်ရမည်။ ခပ်နက်နက်တူးပြီး တပ်ဆင်ရမည့် နေရာများတွင် Steel piles များသည် ဆက်ရန်၊ ကိုင်တွယ်ရန်၊ တပ်ဆင်ရန် လွယ်ကူသည်။ Steel piles သည် ပြင်းထန်သော ရိုက်သွင်းအားကို ခံနိုင်ရည် ရှိသည်။ Pile ထိပ်ခေါင်း၏ မည်သည့်ပျက်စီးမှုကိုမဆို ထိုပျက်စီးသည့် နေရာကိုဖြတ်တောက်ပြီး ပြုပြင်နိုင်သကဲ့သို့၊ အပိုင်းအသစ်တစ်ခု ဆက်၍လည်း ပြင်ဆင်အသုံးပြုနိုင်သည်။ အောက်ခံမြေသား ကြွေတက်မှု (ground heave) နှင့် ဘေးတိုက်မြေသားရွေ့လျားမှု (lateral displacement) ကို ရှောင်ရှားရန် Steel piles များသည် အသင့်လျော်ဆုံးဖြစ်ပါသည်။ သံချေးတက်နိုင်သော ပတ်ဝန်းကျင်နှင့် ပင်လယ်နှင့် ဆိုင်သော အဆောက်အဦများ (marine structures) တွင် steel piles များကို treatment လုပ်ရန် လိုအပ်ပေလိမ့်မည်။



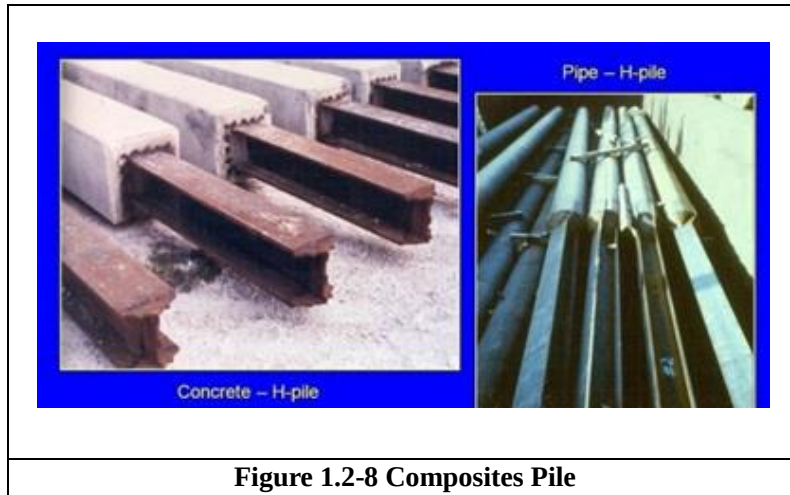
Figure 1.2-6 Steel Pile Construction



Figure 1.2-7 Steel Pile on River

(၄) ပေါင်းစပ် Pile များ (Composite Piles)

Composite piles ကို ယေဘုယျအားဖြင့် အထူးအခြေအနေများတွင် အသုံးပြုကြသည်။ Pile အမျိုးအစား (type) ကိုသော်လည်းကောင်း၊ material ကိုသော်လည်းကောင်း နှစ်မျိုးနှင့်အထက် ပေါင်းစပ်၍ ပြုလုပ် ထားသည့် Pile ကို Composite Pile ဟု ခေါ်သည်။ ဥပမာ တစ်ခုမှာ Concrete Pile ကို သစ်သား Pile သို့မဟုတ် Steel Pile ဖြင့်ဆက်၍ marine environment တွင် အသုံးပြုခြင်းမျိုး ဖြစ်သည်။ သစ်သား Pile သို့မဟုတ် Steel Pile များကို အပေါ်မှ concrete pile တစ်ခုနှင့်ဆက်သောအခါ သံချေးတက်နိုင်သော ပတ်ဝန်းကျင်ကြောင့် ပျက်စီးမှုမရှိစေရန် splash zone အောက်ပိုင်း နှင့် ခပ်ဝေးဝေးတွင် အသုံးပြုရမည်။



၁.၂.၄ Construction Method

(၁) Cast in-situ Piles

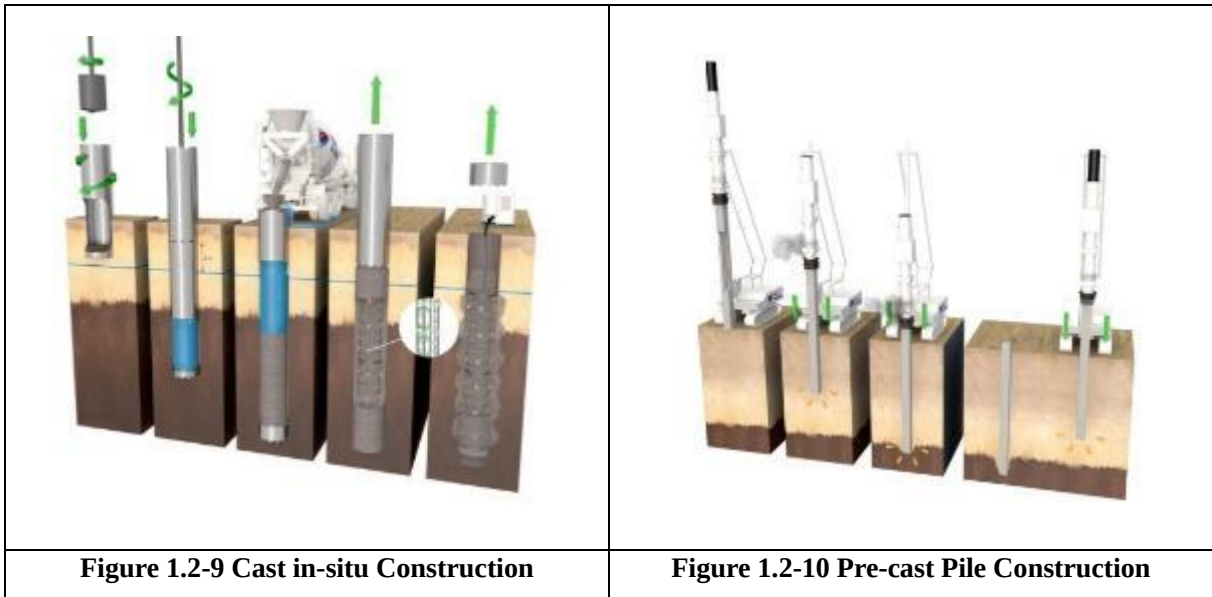
Cast in-situ piles တွင် ရိုက်သွင်းသည့် Driven Pile များနှင့် တွင်းတူး၍ လောင်းသည့် Bored Pile ဟူ၍ ရှိသည်။ ပေါ့ပါးသည့် loading အခြေအနေနှင့် အသင့်အတင့်ရှိသည့် loading အခြေအနေများတွင် Driven Cast in-situ piles များသည် ကုန်ကျစရိတ် သက်သာသည်။ နက်ရှိုင်းသည့် မြေလွှာသို့ ထိုးဖောက် ဝင်ရောက်ရန် လိုအပ်သည့် အခြေအနေများနှင့် ကျောက်သားများ၊ အခြားကြီးမားသည့် အတားအဆီးများ ရှိသည့် မြေသားများအတွက် Driven Cast in-situ piles များသည် သုံးစွဲရန် မလွယ်ကူပါ။

လွန်ဖြင့် တွင်းတူး၍ သံခွေများ (liners) များ ထည့်၍ဖြစ်စေ၊ မထည့်ဘဲဖြစ်စေ ပြုလုပ်သော Bored cast in-situ piles များမှာမူ ကုန်ကျစရိတ် အသက်သာဆုံး ဖြစ်သည်။ သံခွေကို အမြဲတမ်း ထည့်ထားသည့် Pile ကို cased pile ဟုခေါ်ပြီး၊ သံခွေများ ဖယ်ရှားလိုက်သည့် pile ကို uncased pile ဟု ခေါ်သည်။ Work load အလွန်မြင့်မားသော အခြေအနေများနှင့် မြေသားကြွေတက်မှုတို့ကို ရှောင်ရှားရမည့် နေရာများတွင် Bored Pile များသည် သင့်လျော်သည်။ Bored Pile များတွင် မြေသား ပြိုကျမှုကို ကာကွယ်ရန် Bentonite slurry ကို အသုံးပြုသည်။ ဤ pile များ၏ အဓိကပြဿနာမှာ တူးထုတ်လိုက်သည့် မြေစာများ (အထူးသဖြင့် အဆိပ်အတောက်ဖြစ်စေသော (သို့မဟုတ်) မသန့်ရှင်းသော မြေများဖြစ်ပါက) ကို စွန့်ပစ်ရန် ကိစ္စပင်ဖြစ် သည်။

(၂) Pre-cast Piles

Pre-cast Piles များသည် ကြိုတင်၍ သွန်းလောင်းသည့် piles များ ဖြစ်သောကြောင့်၊ လိုအပ်သည့် ကွန်ကရစ်အရည်အသွေးကို သေချာပေါက် ရရှိနိုင်ပြီး၊ နေရာတွင်ပင် သွန်းလောင်းသည့် piles (cast in-

situ piles) များနှင့် နှိုင်းယှဉ်ပါက ဝန်ကို ပို၍ထမ်းနိုင်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။ Pre-cast piles များကို ကြိုတင်အားဖြည့်ခြင်း (prestressing) ပြုလုပ်နိုင်သည့်အတွက် ဝန်ထမ်းနိုင်သော စွမ်းရည်သည် မြင့်မား သည်။ Pre-cast pile ၏ အဓိက အားသာချက်များမှာ ကြီးမားသော ဝန်များ ထမ်းရသည့် အခြေအနေ များတွင် သုံးနိုင်ခြင်း နှင့် လုပ်ငန်းခွင်၌ ဆောက်လုပ်ရမည့် အချိန်အနည်းဆုံးဖြစ်စေခြင်းတို့ ဖြစ်သည်။ Pre-cast piles များ၏ အားနည်းချက်မှာ သယ်ယူရွှေ့ပြောင်းခြင်းကြောင့်ဖြစ်သည့် handling stress အတွက်၊ အပို reinforcement လုပ်ရခြင်းနှင့် ရရှိနိုင်သော pre-cast pile များ၏ အလျားသည် လိုအပ်သည့်အလျား နှင့် ထပ်တူမဖြစ်နိုင်ခြင်းပင် ဖြစ်သည်။



၁.၂.၅ တပ်ဆင်သောပုံစံ

(၁) မြေသားကို ဖယ်ထုတ်၍ တပ်ဆင်သည့်၊ တည်ဆောက်သည့် Piles (Replacement Piles)

Replacement piles ဆိုသည်မှာ ကြိုတင်တူးထားသည့် တွင်းထဲတွင် သွန်းလောင်းသည့် pile (cast-in-situ pile) သို့မဟုတ် ကြိုတင်တူးထားသည့် တွင်းထဲသို့ ထည့်သွင်းတပ်ဆင်သည့် ပြုလုပ်ပြီးသား tubular piles တို့ဖြစ်သည်။ ထိုဖြစ်စဉ်နှစ်ရပ်လုံးတွင် pile ကို တပ်ဆင်မည့်နေရာ၌ မြေသားများကို ဖယ်ထုတ်ပြီး သံကူကွန်ကရစ်လောင်းခြင်းဖြင့်ဖြစ်စေ၊ ကြိုတင်သွန်းလောင်းထားသော ကွန်ကရစ် pile များ စိုက်ထူခြင်း ဖြစ်စေ ပြုလုပ်သည်။ လုပ်ငန်းခွင်၏ မြေသားအခြေအနေများအရ Steel liners (သံခွေများ)၊ bentonite မြေဖယောင်းရည် (bentonite slurry) တို့ကို အသုံးပြုရမည်။ Replacement piles များသည် ပတ်ဝန်းကျင်ရှိ မြေသားများကို ပိုမိုသိပ်သည်းသွားစေခြင်း၊ ရွှေ့လျားစေခြင်းတို့ မဖြစ်ပေါ်စေသည့်အတွက် မြေသားကြွတက်မှုဖြစ်စဉ် (ground heaving) ကို ရှောင်ရှားနိုင်သည်။

(၂) မြေသားများကိုတွန်းထိုးဖယ်ရှားစေသော Piles (Displacement Piles)

Displacement piles များသည် အဆုံးပိုင်းတွင် အပိတ်ပြုလုပ်ထားသည့်၊ အသားအပြည့် သို့မဟုတ် အခေါင်းပွ pile များ ဖြစ်သည်။ မြေကြီးထဲသို့ ရိုက်သွင်းသည့် pile အမျိုးအစားဖြစ်သည့်အလျောက် အနီးတစ်ဝိုက်ရှိ မြေသားများကို ဘေးသို့တွန်းထုတ်ရွှေ့လျားစေသည်။ Displacement Pile များကို မြေသားကြွတက်ခြင်း နှင့် မြေသားရွှေ့လျားမှုနှင့် ပတ်သက်၍ ကန့်သတ်ချက်များမရှိသော နေရာများတွင် အဓိကအသုံးပြုကြသည်။ Displacement piles ကို ပင်လယ်ပြင်နှင့် အနီးတစ်ဝိုက်ရှိ အဆောက်အဦများ တွင် အဓိကအားဖြင့် အသုံးပြုကြသည်။

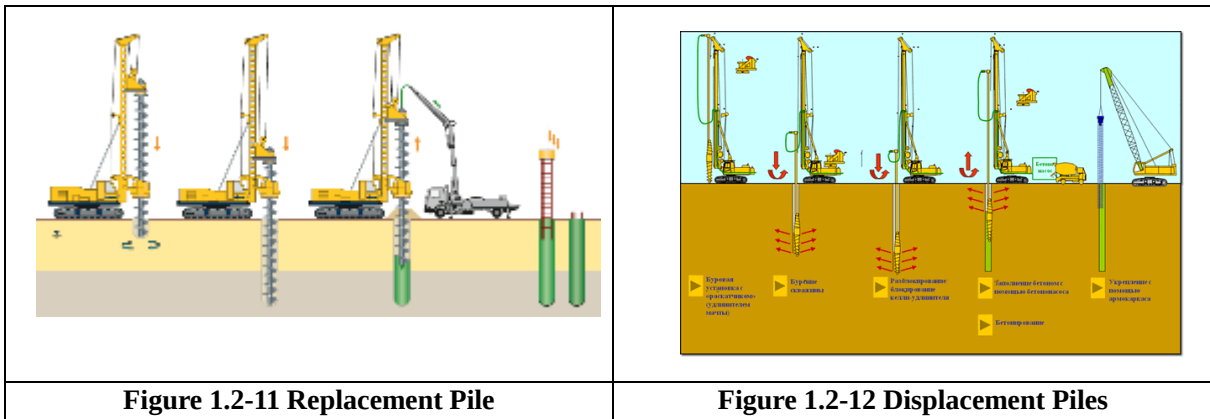


Figure 1.2-11 Replacement Pile

Figure 1.2-12 Displacement Piles

၁.၂.၆ ဝန်ကူးပြောင်းခြင်းနည်းလမ်း (Load Transfer Method)

(c) End Bearing Pile

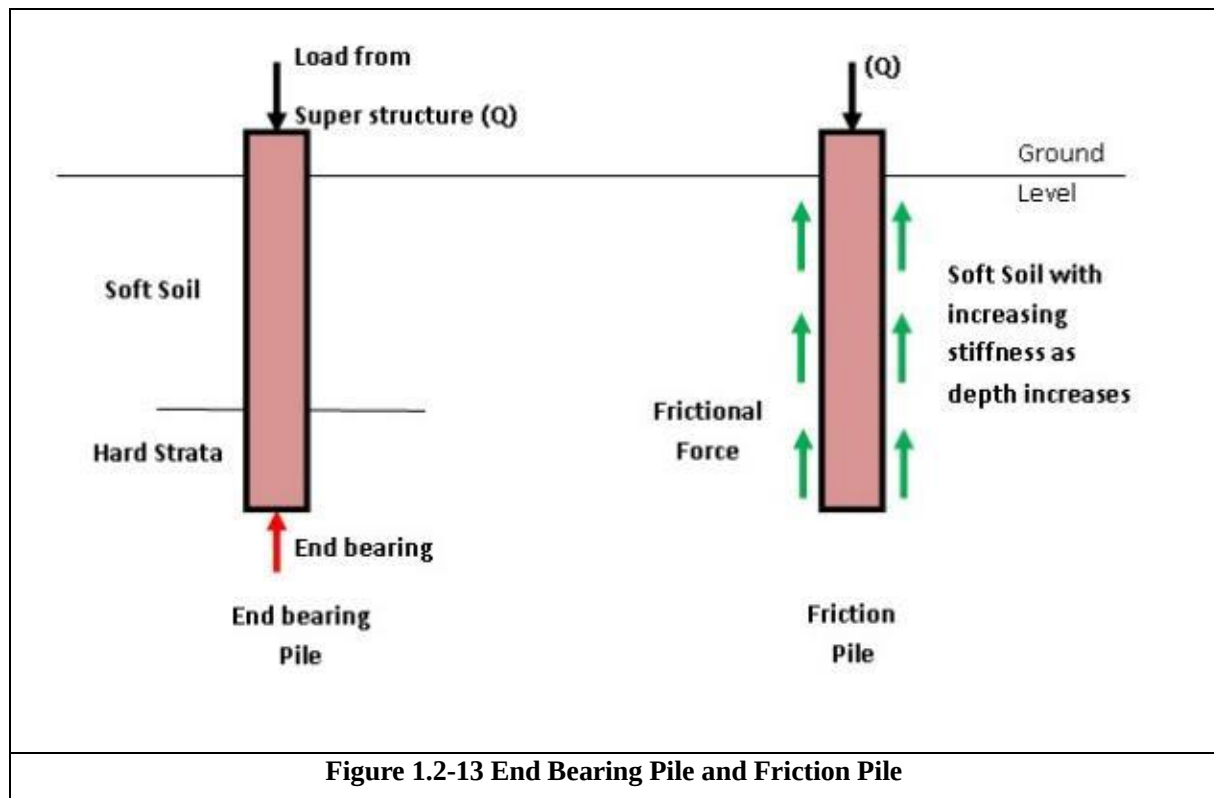
အဆောက်အဦမှ ဝန်ကို pile ၏ အောက်ခြေတွင် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် ခုခံအားဖြင့် ဝန်ထမ်းနိုင်သည့် မြေလွှာဆီ သို့ ကူးပြောင်းပေးသည့် pile ကို End Bearing Pile ဟုခေါ်သည်။

(j) Friction Piles

Pile ၏ မျက်နှာပြင်တစ်လျှောက် ပွတ်တိုက်အား (friction) ဖြင့် ဝန်ကို ကူးပြောင်းပေးသည့် pile အမျိုးအစားများကို friction pile ဟုခေါ်သည်။ Friction pile များကို နိမ့်သော သိပ်သည်းဆမှ သင့်တင့်သည့် သိပ်သည်းဆရှိသော သဲလွှာများ၊ သင့်တင့်သော အနက်တစ်နေရာ၌ မာကျောသော မြေလွှာ မရနိုင်သည့် နေရာများတွင် ယေဘုယျအားဖြင့် အသုံးပြုသည်။

(2) End Bearing cum Frictional Piles

အချို့သောအခြေအနေများတွင် End bearing နှင့် Friction နှစ်မျိုးစလုံးဖြင့် ဝန်ကို ကူးပြောင်းသည်။



အခန်း ၂. လေ့လာတိုင်းတာခြင်း (SURVEY)

၂.၁ လေ့လာတိုင်းတာခြင်းများ၏ ရည်ရွယ်ချက် (Purpose of Surveys)

ပုံစံထုတ်ရန်နှင့် အုတ်မြစ်များ တည်ဆောက်ရန်အတွက် လိုအပ်သော သတင်းအချက်အလက်များရရှိရန် လေ့လာတိုင်းတာခြင်း (Survey) ဆောင်ရွက်ရမည်။

၂.၂ လေ့လာတိုင်းတာမှု အမျိုးအစားများ (Types of Surveys)

၂.၂.၁ လေ့လာတိုင်းတာမှု အမျိုးအစားများ

တံတားအုတ်မြစ် တည်ဆောက်ရေး နှင့် ပုံစံထုတ်ခြင်းအတွက် အောက်ပါ survey များကို ဆောင်ရွက်ရမည်။

၁) ဘူမိအနေအထား လေ့လာစစ်ဆေးခြင်းများ (Geotechnical investigations)

၂) ဆောက်လုပ်ရေးအခြေအနေများကို လေ့လာတိုင်းတာခြင်းများ (Surveys of construction Conditions)

ဇယား ၂.၂-၁ တွင် Survey အမျိုးအစားများအကြောင်းကို ဖော်ပြထားသည်။

Design အဆင့်တွင် ဆောက်လုပ်ရေးအခြေအနေများကို လေ့လာသည့် Surveyများကို ဆောင်ရွက်ရန် လိုအပ်ပါသည်။ တည်ဆောက်ရေးအဆင့်တွင်မူ Design အဆင့် Survey ၏ ရလဒ်များကို အပြည့်အဝ နားလည်ပြီးမှသာ လိုအပ်သလို အကောင်အထည်ဖော်ရမည်။ လိုအပ်ပါက ဖြည့်စွက်တိုင်းတာခြင်းများကို ဆောင်ရွက်ရမည် ဖြစ်သည်။

Table 2.2-1 Survey Item

Survey	Principal	Survey Items
1) Geotechnical Investigations		
Survey of Ground	Overview of ground, structures and properties of soil layers and General study of design and construction	a) Survey of geography and geology b) Boring, c) Sampling, d) Sounding, e) Laboratory Testing, f) Rock Testing
Survey of Groundwater	Study of construction methods and working procedures etc.	a) Underground water level, b) Water quality test, c) Pore-water pressures
Survey of Toxic Gas and Oxygen-Short Air	Study of construction methods	a) Type of gas, and its emission, b) Emission of oxygen-short air
2) Survey of Construction Conditions		
Survey of Existing Information	General reference material for design and construction of substructures	a) Design documents and construction records from typical construction examples b) Records of experiences from persons concerned and opinions of experts
Survey of Surrounding Environment	Study of the effects of construction works on environment	a) Present buildings, noise levels, vibration levels, ground movement, water level and quality in wells, traffic conditions, etc. b) Existence of special environments including forests, riverheads and hot springs
Survey of Working Environments	Understanding various restrictions and conditions on construction works	a) Working area; working space; width, alignment, and traffic restrictions on access roads b) Locations, amounts, and procedures for disposal of excavated soil and stabilizers c) Location and availability of electricity, water supply, sewerage, etc. d) Location, type, and scale of adjacent structures, buried structures, cables, etc.

၂.၂.၂ သီးခြားအခြေအနေများအတွက် ပြုလုပ်ရမည့် လေ့လာတိုင်းတာမှုများ

(၁) ပျော့ပျောင်းသော မြေသားများအတွက် ပြုလုပ်ရမည့် လေ့လာတိုင်းတာမှုများ

ပျော့ပျောင်းသော မြေကြီးပေါ်တွင် တည်ဆောက်မည့် အဆောက်အအုံအစီအစဉ် ရေးဆွဲမည်ဆိုပါက မြေသား သိပ်သည်းလာမှုကြောင့်ဖြစ်သည့် မြေကျုံ့ဝင်မှု (Consolidation Settlement) အတွက် အသေးစိတ် လေ့ လာမှုများ၊ negative skin friction ၊ ဘေးတိုက်မြေသားရွေ့လျားမှု (lateral ground movement) ၊ မြေထိန်းနံရံနှင့် cofferdam နံရံတို့၏ တည်ငြိမ်မှုတို့ကို လေ့လာတိုင်းတာရမည်။ ထိုလေ့လာမှုများမှ သင့်တင့်လျောက်ပတ်သော Geotechnical parameter များကို ဆန်းစစ် အကဲဖြတ်ရန် အရေးကြီး သည်။

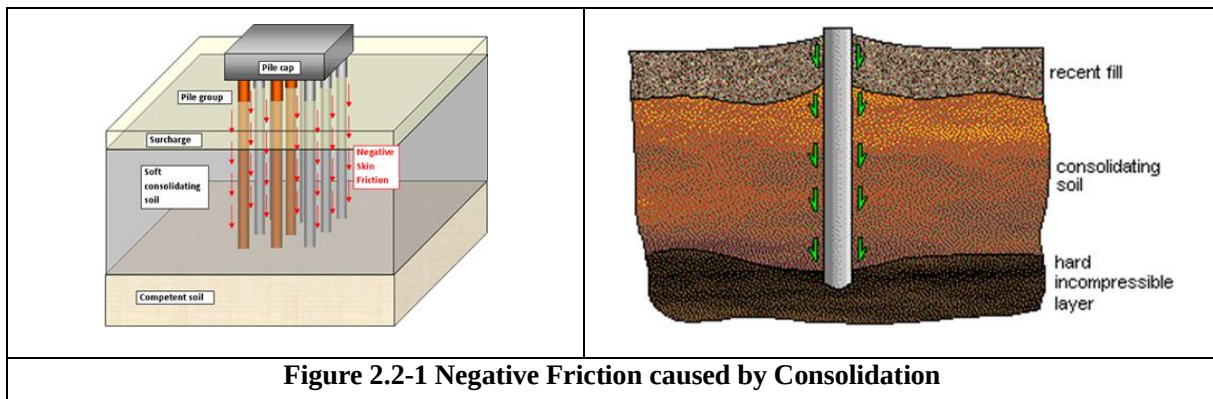


Figure 2.2-1 Negative Friction caused by Consolidation

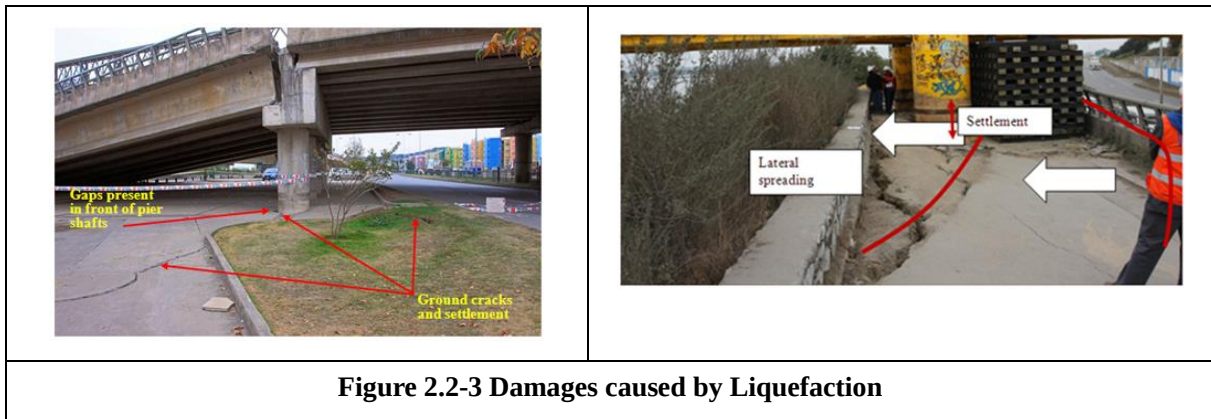
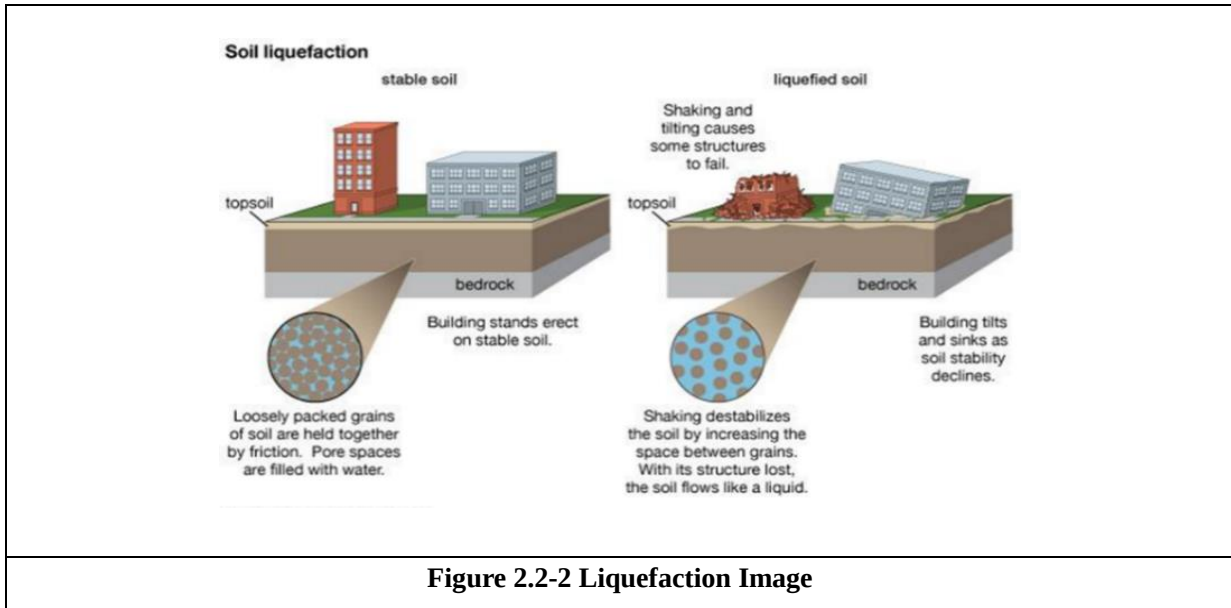
(၂) ငလျင်လှုပ်သည့်အခါ မတည်မငြိမ် ဖြစ်လာနိုင်ချေရှိသော မြေသားအတွက် Survey

၁) Liquefaction Assessment

ငလျင်လှုပ်နေစဉ် Soil liquefaction ဖြစ်နိုင်ခြေရှိသော ရေပြည့်နေသည့် သဲဆန်သောမြေ (Saturated sandy soil) များအတွက် Liquefaction Assessment လိုအပ်ပါသည်။ အကြမ်းဖျင်း ခန့်မှန်းချက် အ နေဖြင့် ဇယား ၂.၂-၂တွင် ပြသထားသော မြေကြီးအမျိုးအစား ခွဲခြားမှုများ သို့မဟုတ် soil liquefaction ဖြစ်ပွားမှု မှတ်တမ်းများကို မှီငြမ်းကိုးကားသင့်သည်။

Table 2.2-2 Geographical Ground Conditions in terms of Probability of Occurrence of Liquefaction

Probability	Geographical Ground Conditions
(A) High	Active riverbeds, Dry Riverbeds, Areas Filled or Reclaimed at Coastal Areas, Lakes, Marshes and Rice Paddies
(B) Moderate	Alluvial Lowlands and Tablelands with Shallow Ground Water Tables
(C) Low	Plateaus, Hills, and Mountainous Lands



(၃) အခြားသောသီးခြားအခြေအနေများ

၁) တောင်ပေါ်ဒေသများ (Mountain Areas)

မြေပြိုကျမှုများ၊ မြေသားပြတ်ရွှေ့မှုများ၊ အပျက်အစီးများ စီးများမှုများ ဖြစ်ပွားနိုင်ခြေရှိပါက ဘူမိဗေဒဆိုင်ရာ Survey များမှ ရလဒ်များကို အဓိကထားသည့် ရှိပြီးသား သတင်းအချက်အလက်များကို လိုအပ်သလို စုဆောင်းသင့်သည်။ ထို့ပြင် အနီးပတ်ဝန်းကျင်တွင် ဖြစ်ပွားခဲ့သော သဘာဝ ဘေးအန္တရာယ်အခြေအနေများကို မှီငြမ်းကိုးကားပြီး အုတ်မြစ်အမျိုးအစားများ၊ တည်ဆောက်ရေးနည်းလမ်းများနှင့် တည်ဆောက်ရေး အကူနည်းလမ်းများကို လေ့လာဆန်းစစ်ရမည်။



Figure 2.2-4 Rocky Ground



Figure 2.2-5 Landslide

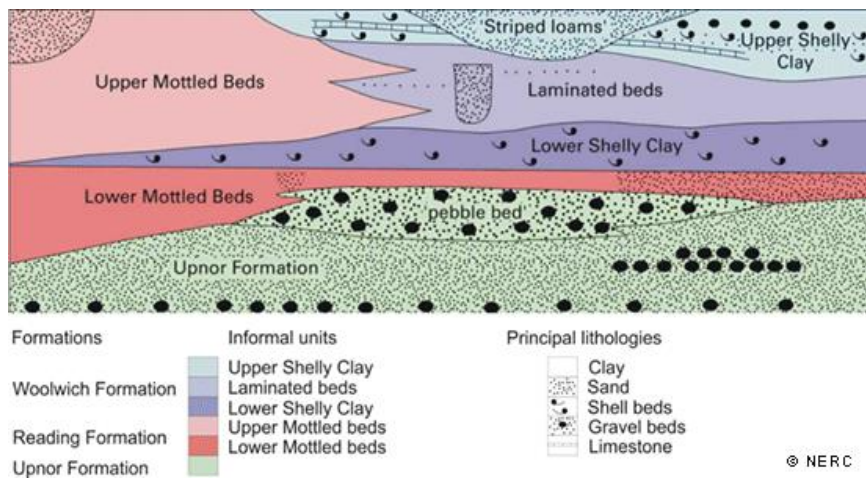


Figure 2.2-6 Geotechnical Fearsers on Mountain Areas

၂) မြေပြိုကျမှု ဖြစ်လေ့ရှိသော နေရာများအတွက် Survey များ (Survey of Areas Prone to Landslide)

တံတားဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းခွင်သည် မြေပြိုကျမှု ဖြစ်ပွားလေ့ရှိသောဒေသတွင် တည်ရှိလျှင်သော် လည်းကောင်း၊ လုပ်ငန်းခွင်တည်နေရာ၏ မြေပြိုကျမှုအန္တရာယ် ဖြစ်ပွားနိုင်ခြေကို လေ့လာစစ်ဆေးရန် လိုအပ်လျှင်သော်လည်းကောင်း၊ အောက်ပါ လေ့လာတိုင်းတာမှုများကို လုပ်ဆောင်ရမည်။



Figure 2.2-7 Landslide



Figure 2.2-8 Aerial Photographs

အခန်း ၃. ဘူမိအနေအထား လေ့လာစစ်ဆေးခြင်း (GEOTECHNICAL INVESTIGATION)

၃.၁ အထွေထွေ

ဘူမိနည်းပညာအနေအထား လေ့လာဆန်းစစ်မှုရလဒ်များသည် ယေဘုယျ တံတားအမျိုးအစားကို ဆုံးဖြတ်ရွေးချယ်ရာတွင် အဓိကကျသည်။

ဘူမိနည်းပညာအနေအထား စမ်းသပ်ခြင်း နှစ်မျိုးဖြစ်သည့် အကြိုလေ့လာတိုင်းတာခြင်း (Preliminary Survey) နှင့် အဓိကလေ့လာတိုင်းတာခြင်း (Principal Survey) တို့ကို Design process နှင့်အညီ လုပ်ဆောင်ရမည်။

၃.၂ ပဏာမ လေ့လာတိုင်းတာခြင်းများ (Preliminary Surveys)

တံတားတည်ဆောက်မည့်နေရာရှိ မြေလွှာများ၏ ခန့်မှန်းဂုဏ်သတ္တိများကို သိရှိရန် နှင့် foundation အမျိုးအစား ရွေးချယ်ရန်၊ ပဏာမ design ထုတ်ရန်နှင့် principal Survey အစီအစဉ်ချမှတ်ရန်တို့အတွက် လိုအပ်သော အချက်အလက်များရရှိရန် ပဏာမလေ့လာတိုင်းတာခြင်းများ (Preliminary Survey) ကို လုပ်ဆောင်ရမည်။

၃.၂.၁ လက်ရှိအသုံးပြုနေသော ဘူမိနည်းပညာဆိုင်ရာ မှတ်တမ်းများကို လေ့လာခြင်း (Survey of Existing Geotechnical Materials)

လုပ်ငန်းခွင်နေရာ၏ ပထဝီဝင်နှင့် ဘူမိနည်းပညာဆိုင်ရာ ယေဘုယျသွင်ပြင်လက္ခဏာများကို သိရှိနားလည်ရန်အတွက်၊ ရှိပြီးသား ဘူမိနည်းပညာအချက်အလက်များ၊ ပထဝီမြေပုံများနှင့် ကောင်းကင်ဓာတ်ပုံများဖြင့် ရှိပြီးသားအချက်အလက်များကို လေ့လာဆန်းစစ်ရမည်။

- လုပ်ငန်းခွင်နေရာ၌ ယခင်ရှိခဲ့ဖူးသော အဆောက်အဦတစ်ခုခု၏ design drawingများ
- လုပ်ငန်းခွင်နေရာကို ယခင်က လေ့လာထားသည့်အစီရင်ခံစာများ၊ borehole မှတ်တမ်းများ၊ penetrometer ရလဒ်များ နှင့် ဆောက်လုပ်ရေးအတွေ့အကြုံများ
- ဘူမိဗေဒမြေပုံများ၊ acid sulphate soil အန္တရာယ်ပြမြေပုံများ၊ survey အချက်အလက်များနှင့် မှတ်တမ်းများ
- ဇေယျဗေဒအချက်အလက်များ
- ကောင်းကင်ဓာတ်ပုံများ

- လက်ရှိ ယာဉ်အသွားအလာဆိုင်ရာ ဒေတာအချက်အလက်များ
- ဒေသန္တရဗဟုသုတ နှင့် အရင်းအမြစ်များ

၃.၂.၂ လုပ်ငန်းခွင် အနေအထားကို ကြိုတင်လေ့လာ ဆန်းစစ်ခြင်း (Site Reconnaissance)

Site Reconnaissance ဆိုသည်မှာ မြေမျက်နှာပြင်ပေါ်ရှိ မြေသား၊ ကျောက်သားများ၏ ဂုဏ်သတ္တိများ များကိုလေ့လာ၍၊ မြေအောက်လွှာ၏ ဘူမိအနေအထားကို ပုံဖော်အကဲဖြတ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့်ဆိုသော် လေ့လာသည့်နယ်မြေအတွင်းနှင့် အနီးဝန်းကျင်ရှိ ကမ်းပါးယံ ကျောက်ပေါ်ထွက်ပိုင်းများ၊ ဘူမိဖြတ်ပိုင်းမြေပုံများနှင့် အခြားဂုဏ်သတ္တိများကို ပေါင်းစပ်ခြင်းအားဖြင့်၊ ဘူမိတိုင်းတာရေးနှင့် စမ်းသပ်လေ့လာရေး လုပ်ငန်းစဉ်များအတွက် ပြင်ဆင်ခြင်း ဖြစ်သည်။

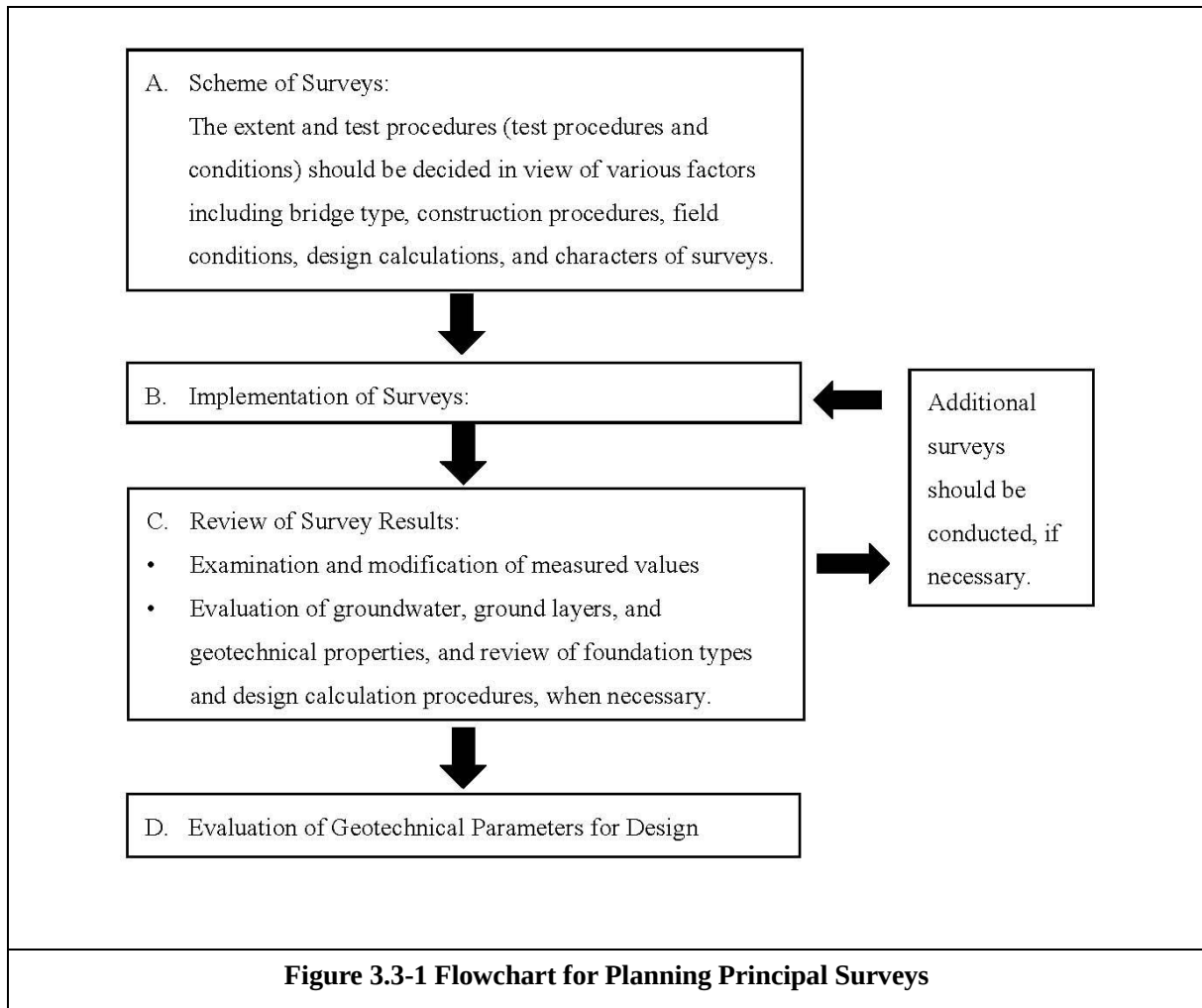
- လုပ်ငန်းခွင်သို့ ဆက်သွယ်ဖောက်လုပ်ထားသော ဝင်လမ်းထွက်လမ်းများအခြေအနေ၊ တိုးချဲ့ခွင့် ဖောက်လုပ်ခွင့်ဆိုင်ရာ တရားဝင်ခွင့်ပြုချက်အနေအထား (ဥပမာ။ စက်ယန္တရားကြီးများ ဝင်ထွက် သွားလာရန်)
- ရေ၊ လျှပ်စစ်မီး၊ မြေကြီးလုပ်ငန်းများအတွက် စက်ယန္တရားရရှိနိုင်မှုနှင့် အခြားလိုအပ်ချက် ဝန်ဆောင်မှုများ ရရှိနိုင်မှု အခြေအနေ
- မြေပေါ်မြေအောက် ဓာတ်ကြိုး၊ ရေ၊ မိလ္လာလိုင်းများ အခြေအနေ
- မြေမျက်နှာသွင်ပြင်အခြေအနေဓာတ်ပုံများ
- ယာဉ်လမ်းကြောင်းထိန်းချုပ်ရန်လိုအပ်ချက်များ
- လေ့လာတိုင်းတာရေး နည်းပညာများကြောင့် ပတ်ဝန်းကျင်အပေါ် ထိခိုက်နိုင်မှုများ (ဥပမာ။ မြေသားအပေါ် ထိခိုက်ခြင်း၊ ရေစီးအပေါ် ထိခိုက်ခြင်း၊ သစ်ပင်ရှင်းလင်းခုတ်ထွင်ခြင်း၊ ဆူညံသံများ၊ အစရှိသဖြင့်)
- မြေအနေအထား အသေးစိတ်တိုင်းတာလေ့လာခြင်း
- ဒီရေ၊ ချောင်းရေ၊ မြစ်ရေ အနေအထားများ၊ အခြားသဘာဝအတားအဆီးနှင့် ကန့်သတ်ချက်များ
- သစ်တော၊ သဘာဝပေါက်ပင် အမျိုးအစား မှတ်တမ်းများ (ဥပမာ။ အချို့အပင် အမျိုးအစားများသည် မြေအောက်ရေ မျက်နှာပြင် အတိမ်အနက်ကို ညွှန်ပြနိုင်သည်)
- အခြားတွေ့မြင်နေရသည့် ဘူမိအခြေအနေများကို မှတ်သားရန် (ဥပမာ။ ကျောက်တုံးကြီးများ ရှိနေခြင်း၊ ကျောက်သားများ ပေါ်ထွက်နေခြင်း၊ ရွှံ့ညွန်များရှိခြင်း အစရှိသဖြင့်)

၃.၃ အဓိက လေ့လာတိုင်းတာမှုများ (Principal Surveys)

Foundation အတွက် အသေးစိတ် ဒီဇိုင်းတွက်ချက်မှုတွင် လိုအပ်သော မြေပြင်အခြေအနေများ၊ တည်ဆောက်ရေးအခြေအနေများနှင့် ဘူမိနည်းပညာသတ်မှတ်ချက်များကို သိရှိနိုင်ရန်အတွက် ပြုလုပ်သော Principal Survey တွင် ယေဘုယျအားဖြင့် အောက်ပါတို့ ပါဝင်သည်။

- (၁) လွန်တွင်းတူးခြင်း (Boring)
- (၂) မြေသားကျောက်သား နမူနာကောက်ယူခြင်း (Sampling)
- (၃) ပဲ့တင်လှိုင်း အသုံးပြု၍ တိုင်းတာခြင်း (Sounding)
- (၄) ဓာတ်ခွဲစမ်းသပ်ခြင်းများ
- (၅) ကျောက်သားများအား စမ်းသပ်စစ်ဆေးခြင်း
- (၆) မြေအောက်ရေအခြေအနေ စမ်းသပ်တိုင်းတာခြင်း
- (၇) ဝန် ထမ်းနိုင်အားကို စမ်းသပ်ခြင်း (Loading test)
- (၈) ဘူမိရူပဆိုင်ရာ စမ်းသပ်ရှာဖွေ တိုင်းတာခြင်း
- (၉) အဆိပ်အတောက်ရှိသော ဓာတ်ငွေ့များနှင့် အောက်ဆီဂျင် ပြတ်တောက်နေသည့် လေထုကို လေ့လာတိုင်းတာခြင်းများ

Principal Survey လုပ်ပုံကိုပုံအဆင့်ဆင့် ဥပမာ ကို ပုံ ၃.၃-၁တွင်ပြသထားပါသည်။



၃.၃.၁ Boring and Sounding (Standard Penetration Tests)

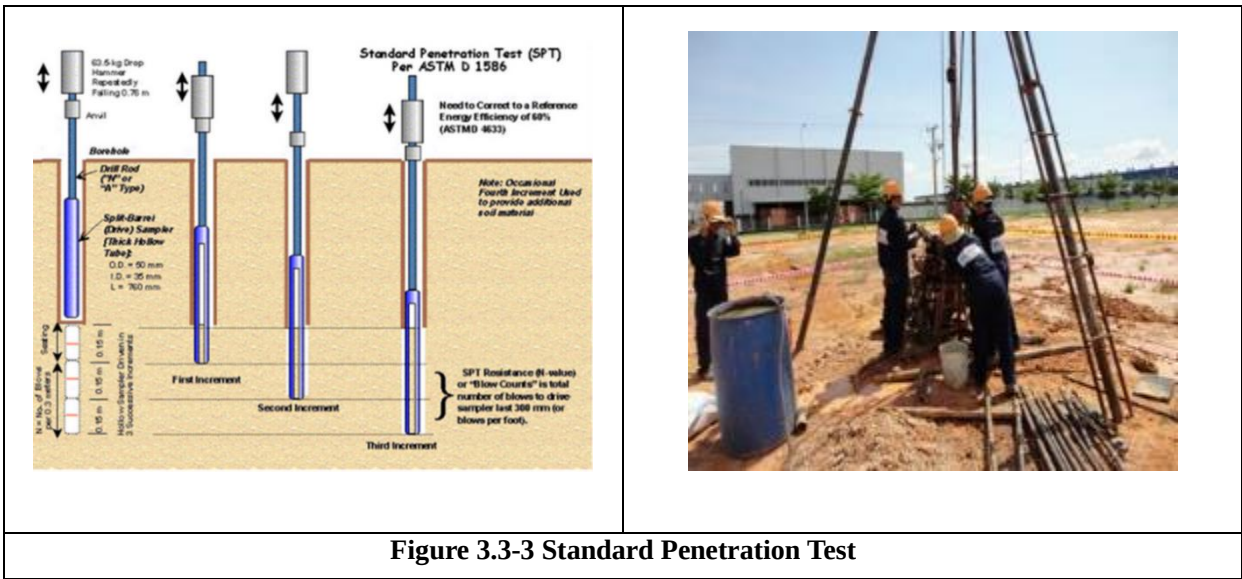
ဘူမိဗွေစည်းပုံများကို နားလည်ရန်နှင့် မြေအောက် ရေမျက်နှာပြင်များကို တိုင်းတာရန် လွန်တွင်းတူးခြင်း (Boring) ကို လုပ်ဆောင်ရသည်။ ထို့ကြောင့် သင့်လျော်သည့် မြေနမူနာ ကောက်ယူသည့် နည်းလမ်းများ (sampling methods) နှင့် နေရာတွင်ပင် စမ်းသပ်သည့် နည်းလမ်းများ (in-situ testing methods) အရ လွန်တူးမည့် နည်းလမ်းများ (boring method) နှင့် လွန်တွင်း ၏ အချင်းတို့ကို ရွေးချယ်ရမည်။ အထက်ဖော်ပြပါ Survey နည်းလမ်းများအရ လှည့်၍ လွန်တူးသည့် နည်း



Figure 3.3-2 Boring Survey

(Rotary Boring) ကို ပုံမှန်အားဖြင့် ရွေးချယ်ကြသည်။ မြေပြင်အခြေအနေလေ့လာတိုင်းတာခြင်း (Ground Survey) အတွက် လွန်တွင်းတူးရမည့် နေရာ၊ လွန်တွင်းအရေအတွက်နှင့် လွန်တွင်းအနက် တို့ကိုဂရုတစိုက် ရွေးချယ်ရန် လိုအပ်သည်။ Standard Penetration Test ကို လွန်တွင်းတူးခြင်း (Boring) နှင့် တစ်ဆက်တည်း မကြာခဏ ပြုလုပ်လေ့ရှိသည်။ SPT ပြုလုပ်ပုံ အဆင့်ဆင့်ကို အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည်။

- ၁) လွန်တွင်း (Bore hole) ထဲ၌ ထည့်ထားသော SPT Sampler ကို အောက်ဘက်မြေလွှာထဲသို့ ၆၃.၅ ကီလိုဂရမ် (၁၄၀ ပေါင်) အလေးချိန်ရှိသည့် slide hammer ဖြင့် ၇၆၀ မီလီမီတာ (၃၀ လက်မ) အကွာမှ ရိုက်သွင်း ရမည်။
- ၂) အောက်ဘက်မြေလွှာတွင်း ပထမ ၆ လက်မ နှစ်ဝင်မှုကို ထည့်မတွက်ဘဲ၊ ဒုတိယ ၆ လက်မ နှင့် တတိယ ၆လက်မ နှစ်ဝင်မှုအတွက် ရိုက်ချက် (blows) အရေအတွက်ပေါင်းကို Standard Penetration Resistance သို့မဟုတ် N-တန်ဖိုးဟု ခေါ်သည်။
- ၃) ရိုက်ချက် ၅၀ အထိ ရိုက်သော်လည်း၊ နှစ်ဝင်မှုအတိုင်းအတာ ၆ လက်မ မရှိသည့် အခါမျိုးတွင် ရိုက်ချက် ၅၀ နောက်ပိုင်းမှ နှစ်ဝင်မှု ပမာဏကို မှတ်သားရမည်။



ကျောက်စရစ်ဆန်သောအလွှာများတွင် ကျောက်တစ်လုံးချင်းစီ၏ အကျိုးသက်ရောက်မှုများကြောင့် SPT value မြင့်မားသည့် သဘောရှိသည်။ ထိုကဲ့သို့သော ဖြစ်ရပ်များတွင် Blow အရေအတွက်နှင့် နှစ်ဝင်မှု ပမာဏကြား ဆက်သွယ်ချက်ကို သေသေချာချာဆန်းစစ်ပြီး N-valueကို ပြင်ဆင်သင့်သည်။ In-situ vane shear test ဆိုသည်မှာ မြေကြီး၏ shear strength (အဓိကအားဖြင့် ပေါင်းစည်းမှု ဂုဏ်သတ္တိ) ကို နေရာတွင် တိုက်ရိုက်တိုင်းတာရရှိနိုင်သည့် နည်းလမ်းဖြစ်သည်။ Portable cone

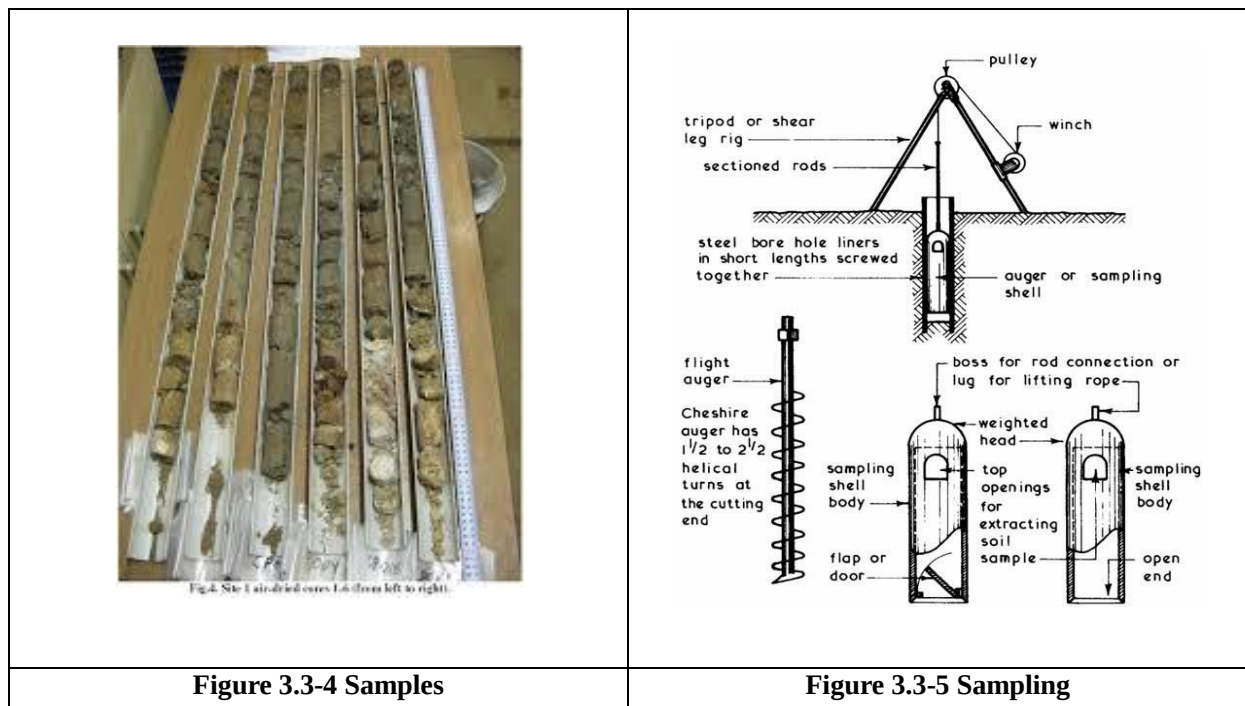
penetration test, double-tube electric cone penetration test နှင့် Swedish sounding နည်းများကိုမူ မြေကြီး၏ မာကျောမှုနှင့် သိပ်သည်းမှုကို စစ်ဆေးတိုင်းတာရန် အသုံးပြုသည်။ ဤနည်းလမ်းများကို အခြားနည်းများနှင့် ပေါင်းစပ်၍လည်း မကြာခဏအသုံးပြုသည်။ စမ်းသပ်မှု ရည်ရွယ်ချက်အလိုက် စမ်းသပ်မည့် နေရာ၊ အနက်များနှင့် စမ်းသပ်မည့် အကြိမ်အရေအတွက်တို့ကို သတ်မှတ် ဆုံးဖြတ်သင့်သည်။

၃.၃.၂ မြေသားနမူနာ ကောက်ယူခြင်း (Sampling)

Procedure of SPT

လေ့လာတိုင်းတာမှုများနှင့် ဓာတ်ခွဲစမ်းသပ်မှုအမျိုးမျိုးတို့အတွက် မြေနမူနာတုံး (Specimen) ရရှိရန် မြေသားနမူနာကောက်ခြင်း ပြုလုပ်ကြသည်။ မြေနမူနာတုံးများကို disturbed သို့မဟုတ် undisturbed ဟူ၍ အမျိုးအစားခွဲခြားနိုင်ပြီး၊ ပုံ ၃.၃-၄ နှင့် ပုံ ၃.၃-၅ တို့တွင် ပြသထားသည့် အတိုင်း ဓာတ်ခွဲခန်းစမ်းသပ်မှုများအတွက် အသုံးပြုနိုင်ပါသည်။

မြေနမူနာကောက်ယူမည့်နေရာများသည် အောက်ဖော်ပြပါအချက်များနှင့် ကိုက်ညီရမည်။



၃.၃.၃ ဓာတ်ခွဲစမ်းသပ်မှု (Laboratory Test)

မြေသားစမ်းသပ်မှုများတွင် မြေကြီး၏ ရုပ်ဂုဏ်သတ္တိများကို တိုင်းတာသောစမ်းသပ်မှုများနှင့် မြေကြီး၏ mechanical ဂုဏ်သတ္တိများကို တိုင်းတာသော စမ်းသပ်မှုများ ပါဝင်သည်။ မြေသား၏ ရုပ်ဂုဏ်သတ္တိ

များတွင် မြေကြီး၏သိပ်သည်းဆ၊ ရေပါဝင်မှု၊ မြေမှုန့်အရွယ်အစား (grain size) ၊ တစ်ယူနစ် အလေးချိန် (unit weight) ၊ လေခိုပေါက်အချိုး (void ratio) စသည်တို့ ပါဝင်ကြသည်။

(၁) Unconfined Compression Test

ရွှံ့စေးမြေ (clay soil) များကို စမ်းသပ်တိုင်းတာရန် undrained tri-axial compression test အစား လွယ်ကူရိုးရှင်းသော Unconfined compression test ကို သုံးနိုင်သည်။ မာသော ရွှံ့မြေများ သို့မဟုတ် သဲပါဝင်မှု များသော ရွှံ့မြေများတွင် တိုင်းတာရရှိသော strength တန်ဖိုးများမှာ sampling လုပ်စဉ်က အနှောင့်အယှက်တစ်ခုခုကြောင့် သို့မဟုတ် specimen ကြွပ်ဆတ်ပြတ်တောက်မှု (brittle failure) ကြောင့် အမှန်ရှိရမည့်တန်ဖိုးထက် နည်းကောင်းနည်းနေနိုင်သည်။ ထို့ပြင် သဲပါဝင်နှုန်းများသော ရွှံ့စေးမြေ၏ ခံနိုင်ရည်အားကို ခန့်မှန်းရာတွင် undrained conditions အတွက် မသင့်လျော်သော loading အခြေအနေများကြောင့် လျော့၍ ခန့်မှန်းမိသည်မျိုး ရှိနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ထိုကဲ့သို့သော အခြေအနေများတွင် စမ်းသပ်မှုရလဒ်များကို tri-axial compression tests စသည့် အခြားစမ်းသပ်ချက်ရလဒ်များ သို့မဟုတ် မြေကြီး၏ plastic index တို့ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး ပြုပြင်သင့်သည်။

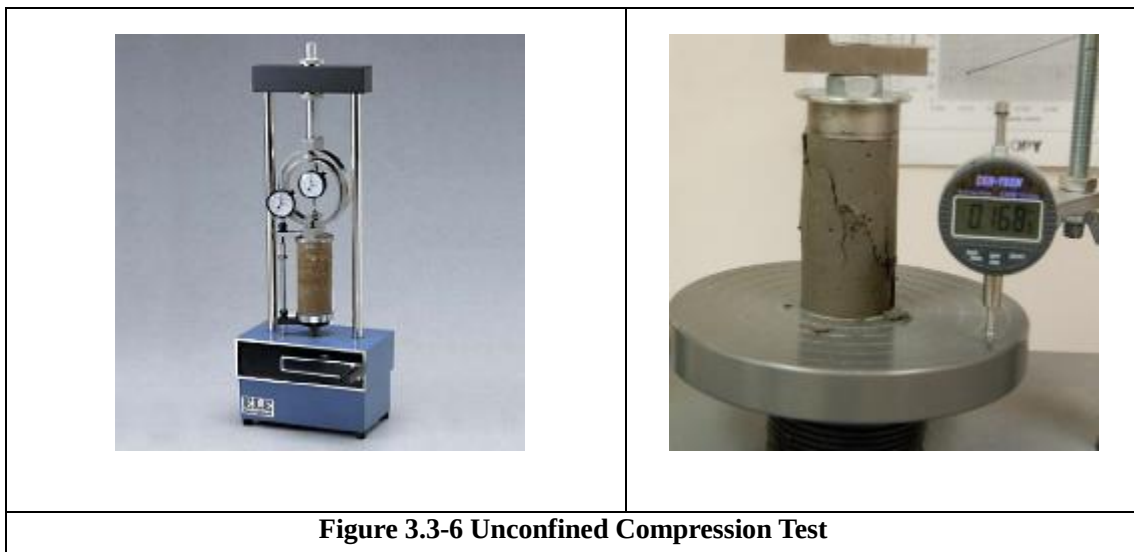
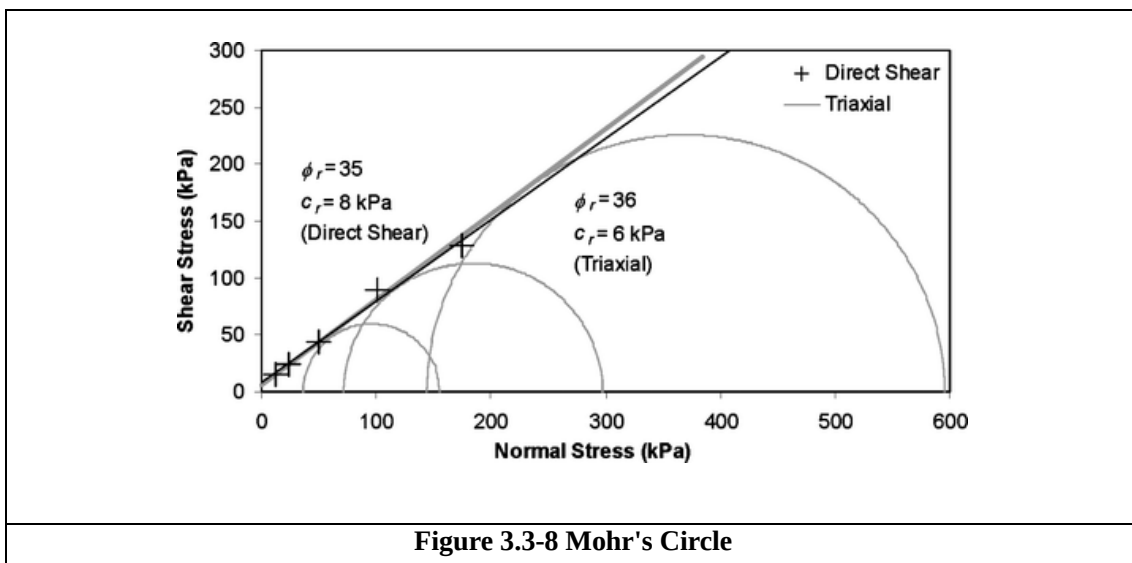
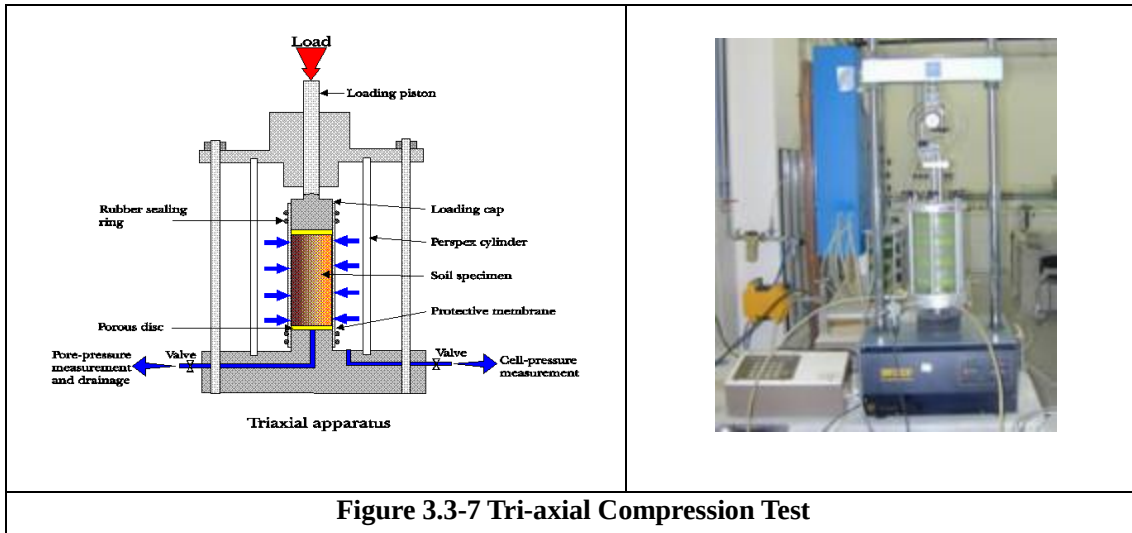


Figure 3.3-6 Unconfined Compression Test

(၂) Tri-axial Compression Test

Tri-axial Compression Test ကို ပြုလုပ်သည့်အခါ မြေကြီး၏ဂုဏ်သတ္တိများ နှင့် အချိန်ကိုလိုက်၍ ပြောင်းလဲမည့် loading ဂုဏ်သတ္တိများကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး ရေထွက်သည့် အခြေအနေများကို တိုင်းတာသင့်ပါသည်။ ထို့ပြင် စမ်းသပ်နေစဉ်အတောအတွင်း သိပ်သည်းလာခြင်း (consolidation) အခြေအနေများကို သေချာစွာ တိုင်းတာသင့်သည်။ တံတားတည်ဆောက်ပြီးနောက် foundation ၏ အောက်ခံမြေသားသိပ်သည်းလာသည့်အတွက် မြေသား strength တိုးသွားသည့် အခါမျိုးတွင်လည်း၊

မြေကြီး၏ မူလ strength တန်ဖိုးကိုသာ သုံးလေ့ရှိပါသည်။ စမ်းသပ်မှုများတွင် High confining pressures ကို ပေးပါက မြေကြီး၏ strength တန်ဖိုးကို ပိုမိုခန့်မှန်းမိနိုင်သည့်အတွက် သင့်လျော်သော confining pressures ကိုသာ ပေးရမည်။



၃.၃.၄ မြေအောက်ရေ လေ့လာတိုင်းတာခြင်း (Groundwater Survey)

မြေအောက်ရေလေ့လာခြင်းတွင် မြေအောက်ရေကို လေ့လာတိုင်းတာခြင်းနှင့် ရေအောင်းလွှာ (aquifers) ကို လေ့လာတိုင်းတာခြင်းဟူ၍ ခွဲခြားနိုင်ပါသည်။ ဇယား ၃.၃-၁ တွင် မြေအောက်ရေလေ့လာ တိုင်းတာ ရာတွင် ပါဝင်သည့် အဓိကအချက်များကို ဖော်ပြထားသည်။

Table 3.3-1 Groundwater Survey

	Survey items	Survey methods
Survey on groundwater	Measurement of groundwater table	Groundwater table measurement using wells and boring
	Measurement of pore-water pressure	Pore-water pressure measurement
	Measurement of flow direction and velocity	Water temperature, specific resistivity, tracer measurement and velocity measurement
	Water quality analysis	Hardness, specific resistivity, various chemical analyses, pH
Survey on aquifers	Distribution area and thickness	Boring, electric prospecting, electric logging, groundwater logging
	Permeability	Pump test, permeability test
	Physical properties	Grain-size test, measurement of void ratio, electric logging

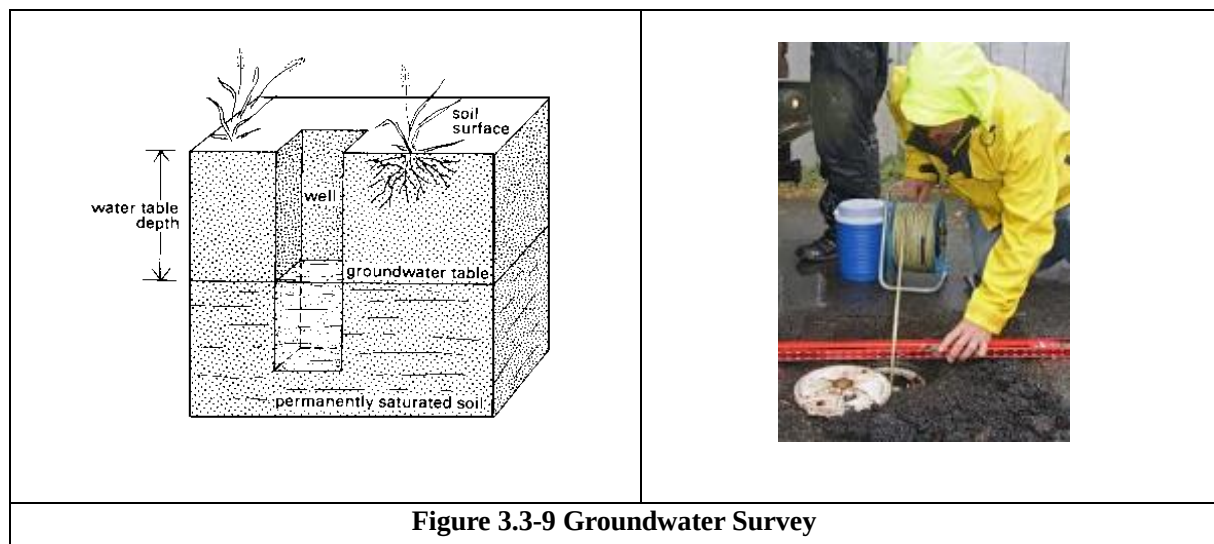
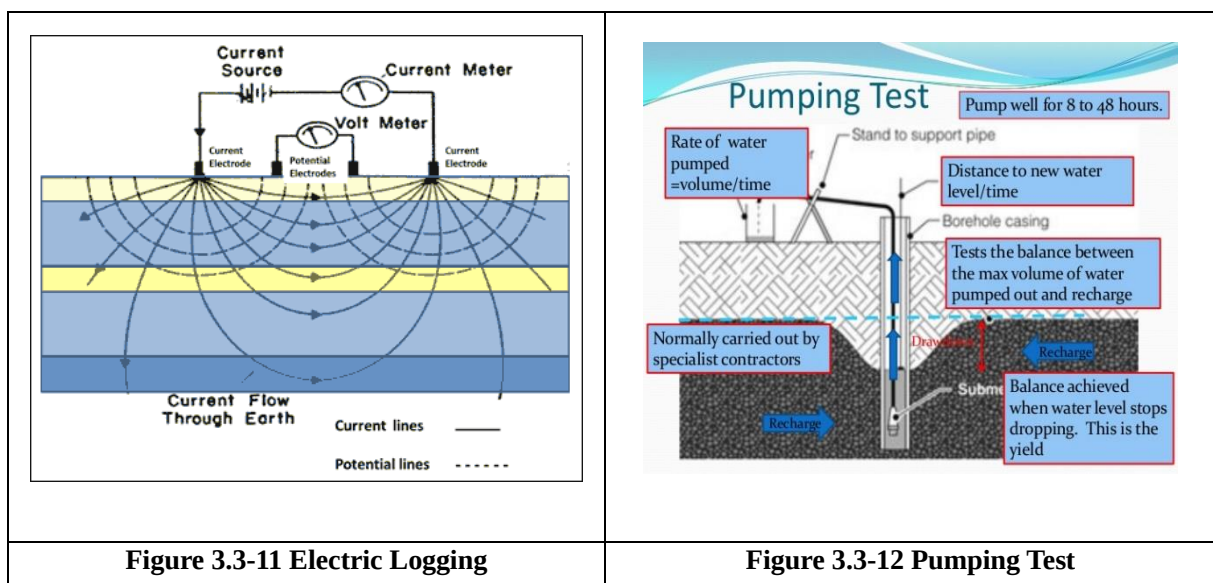
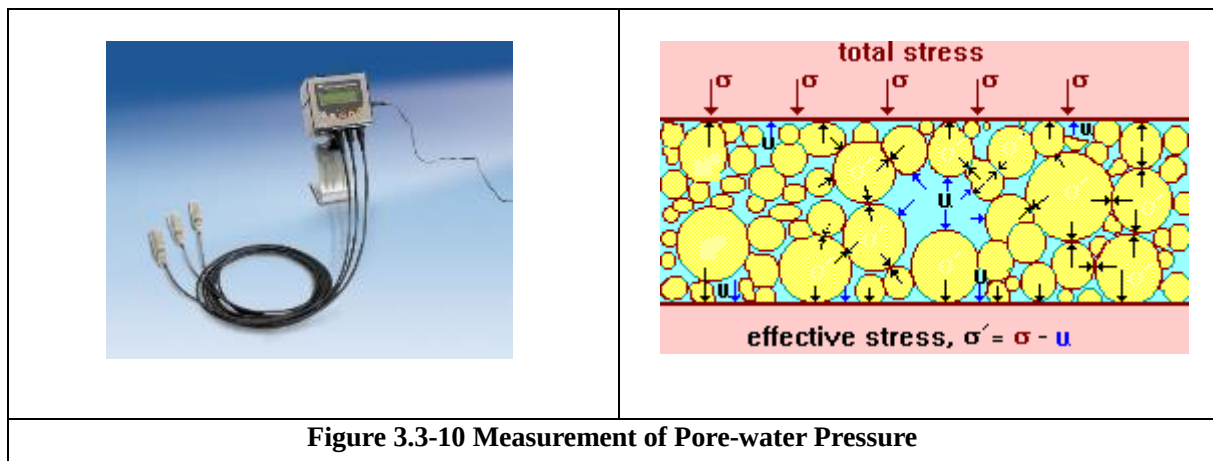


Figure 3.3-9 Groundwater Survey



၃.၃.၅ Loading Test

Direct load သက်ရောက်မှုကြောင့် မြေကြီးနှင့် pile များတွင်ဖြစ်သည့် ဝန် ထမ်းနိုင်ရည်များ၊ အောက်ခံမြေလွှာ၏ တန်ပြန်သက်ရောက်မှုများ နှင့် spring constants များကို သိရှိရန် ဝန်တင်စမ်းသပ်မှု (Load Test) ကို ပြုလုပ်ပါသည်။ Load test တွင် plate bearing tests, bore-hole loading tests နှင့် vertical or horizontal load tests များပါဝင်သည်။ ကျောက်တုံးများ ပါဝင်ဖွဲ့စည်းထားသော မြေသားအတွက် Block shear test ကို အသုံးပြုသည်။ Ground bearing capacities နှင့် အခြားတန်ဖိုးများကိုမူ loading tests သာမက soundings, soil tests များနှင့် ဘူမိတည်ဆောက်ပုံ ဆန်းစစ်ခြင်းများ၏ လေ့လာမှုရလဒ်များကိုပါ ကြည့်၍ ဆုံးဖြတ်သင့်သည်။ Load test များမှ ရလာသော subgrade reactions coefficient နှင့် spring constants တို့သည် မြေသားအမျိုးအစား၊ loadingအခြေအနေ၊ loading area ၏ အရွယ်အစားနှင့်ပုံစံ၊ pileအလျား၊ loading ပုံစံနှင့် တည်

ဆောက်သည့် နည်းလမ်းများကို လိုက်၍ ပြောင်းလဲနိုင်သည့်အတွက် စမ်းသပ်မှု လုပ်ဆောင်သည့် ရည်ရွယ်ချက်အပေါ် မူတည်ပြီး ဆုံးဖြတ်သင့်သည်။

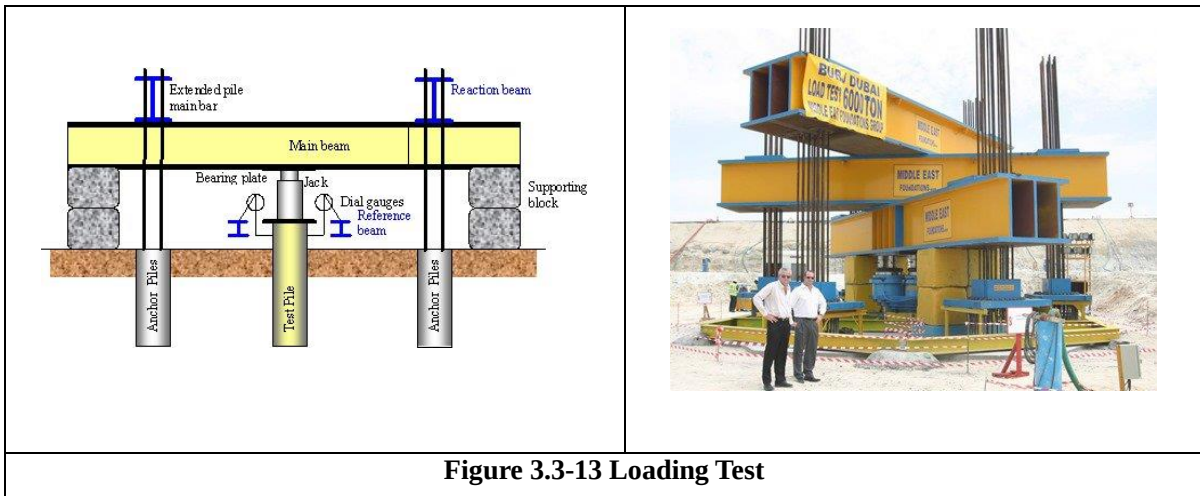


Figure 3.3-13 Loading Test

၃.၃.၆ Survey of Toxic Gas and Anoxia Air

မြေကြီးထဲတွင် အန္တရာယ်ရှိသော ပစ္စည်းအမျိုးမျိုး၊ အများအားဖြင့် ဓာတ်ငွေ့များသည် တစ်ခါတစ်ရံ များပြားနေတတ်သည်။ တံတား၏ sub structure များ တည်ဆောက်နေစဉ်အတွင်း ထိုအဆိပ် အတောက်ရှိသော ဓာတ်ငွေ့များ ထွက်ရှိလာတတ်သည်။ ထို့ပြင် ဓာတ်သတ္တု ပါဝင်မှု မြင့်မား သော မြေလွှာအချို့သည် ပတ်ဝန်းကျင်ရှိအရာများကို အောက်ဆီဂျင်လျော့နည်းစေသော (Deoxidizing) ဂုဏ်သတ္တိရှိသည့်အတွက် အောက်ဆီဂျင် ပြတ်တောက်မှုကို ဖြစ်စေတတ်သည်။ အဆိပ် အတောက်ရှိသောဓာတ်ငွေ့နှင့် အောက်ဆီဂျင်ပြတ်တောက်နေသောလေ ရှိနေခြင်းသည် substructure design နှင့် ဆောက်လုပ်ရေးနည်းလမ်းများ ရွေးချယ်မှုအတွက် အလွန်အရေးကြီးသော ပြဿနာ တစ်ရပ် ဖြစ်သည်။

ဆောက်လုပ်ရေးနည်းလမ်းရွေးချယ်မှု မမှန်ကန်ခြင်းသည် ဆောက်လုပ်ရေးကာလအတွင်း ဆိုးရွားသည့် မတော်တဆမှုများကို ဖြစ်ပွားစေနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် လွန်တွင်း (Boring) တူးစဉ်အတွင်း မြေလွှာ တစ်နေရာရာ၌ ထိုကဲ့သို့သော ဓာတ်ငွေ့များ ရှိနေသည်ဟု ခန့်မှန်းမိသောအခါ ထပ်တိုးမြေနှုနုနာတုံးများ ယူခြင်းဖြင့် ၎င်းမြေလွှာ၏ ဝိသေသလက္ခဏာများကို ပြည့်ပြည့်စုံစုံ စမ်းသပ်စစ်ဆေးရမည်။ အကယ်၍ အဆိုပါ တွေ့ရှိမှုများသည် substructure အမျိုးအစားနှင့် ဆောက်လုပ်သည့်နည်းလမ်းများ ရွေးချယ်မှု အပေါ် သက်ရောက်မှုရှိနိုင်ပါက ဓာတ်ငွေ့ရှိသည့်နေရာနှင့်အနက်၌ အသေးစိတ် တိုင်းတာမှုများ ပြု လုပ်သင့်သည်။

Table 3.3-2 Laboratory Tests

Survey Methods	Types of Survey Methods	Soil Types	Samples	Survey Locations	Survey Items
1. Boring	1. Rotary boring 2. Auger boring 3. Wash boring	All types Clayey soil, sandy soil Soft clayey soil, soft sandy soil		In situ	1. Soil properties, strata, thickness and depth, groundwater table
2. Sampling	1. Core tube sampling 2. Fixed piston types thin walled sampling 3. Denison sampling 4. Sand sampling 5. Foil sampling 6. Triple tube type sampling 7. Block sampling	All types Soft clay soil, sandy soil Hard clayey soil Sandy soil Clayey soil, rock	Disturbed(D) Undisturbed(U) U U U U U	In situ	1. Sampling, RQD (Rock quality Designation) (rock) 2. Sampling 3. Sampling 4. Sampling 5. Sampling 6. Sampling 7. Sampling
3. Sounding	1. Standard penetration test (SPT) 2. Vane shear test 3. Static cone penetration test (CPT) 4. Swedish sounding	Sandy soil, clayey soil, soft rock Soft clayey soil Sandy soil, clayey soil Sandy soil, clayey soil	D	In situ	1. N value, sampling 2. Shear strength 3. Cone bearing capacity 4. Penetration resistance

Survey Methods	Types of Survey Methods	Soil Types	Samples	Survey Locations	Survey Items
4. Soil and rock test	1. Geophysical property test 2. Unconfined compression test 3. Tri-axial compression test (including measurement of strains on specimen's side) 4. Direct shear test 5. Consolidation test 6. Supersonic propagation test 7. Creep test 8. Wetted decay test 9. Cycle tri-axial shear test	All types Clayey soil, rock All types Sandy soil, clayey soil Clayey soil Rock Rock Rock Rock	U, D U U U U U U U U	Laboratory	1. Grain-size, consistency, density, water content 2. Unconfined shear strength, modules of deformation 3. Cohesion, angle of shear resistance, modules of deformation (Capable of measuring small strain on specimen's side) 4. Angle of shear resistance, modules of deformation 5. Compression index, coefficient of consolidation, yield stress of consolidation 6. Supersonic propagation velocity 7. Creep coefficient 8. Degree of wetted decay 9. Shear modules, strain-dependent, damping ratio, dynamic Poisson's ratio, cyclic shear strength ratio
5. Groundwater survey	1. Measurement of ground water table 2. Measurement of pore-water pressure 3. Measurement of flow direction and velocity 4. Permeability test	All types		In situ	1. Ground water table 2. Pore-water pressure 3. Flow direction and velocity 4. Coefficient of permeability

Survey Methods	Types of Survey Methods	Soil Types	Samples	Survey Locations	Survey Items
6. Loading test	1. Plate bearing test 2. Horizontal loading test in bore 3. Shear friction test in bore 4. Vertical loading test of piles 5. Horizontal loading test of piles 6. Pile pull-out test 7. Block shear test 8. Quick loading test of piles	All types		In situ	1. Vertical bearing capacity, coefficient of subgrade reaction 2. Modules of deformation 3. Modules of deformation, cohesion, angle of shear resistance 4. Vertical bearing capacity, axial spring constant of piles 5. Coefficient of subgrade reaction 6. Pull-out resistance (or Tensile bearing capacity) 7. Cohesion, angle of shear resistance 8. Vertical bearing capacity, axial spring constant of piles

အခန်း ၄. တည်ဆောက်ရေးအတွက် စဉ်းစားရမည့် အချက်များ (POINT OF CONSIDERATION FOR CONSTRUCTION)

၄.၁ ဒီဇိုင်းတွက်ချက်ရန် စစ်ဆေးခြင်းနှင့် အတည်ပြုခြင်း (Checking and Confirmation for Design Calculation)

တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်း မစတင်ခင်တွင် ဒီဇိုင်းအယူအဆ (design concept) ကို ကောင်းစွာ သဘောပေါက်နားလည်ထားရန် အရေးကြီးပါသည်။ ထို့ပြင် ဒီဇိုင်းတွက်ချက်မှု၏ တိကျမှန်ကန်မှုနှင့် ဒီဇိုင်းတွင် သတ်မှတ်၊ ယူဆထားသော အခြေအနေများ (premises) ကို စစ်ဆေးခြင်းနှင့် အတည်ပြုခြင်းသည် လည်း မဖြစ်မနေ လိုအပ်ပါသည်။

တစ်ခါတစ်ရံ၌ ဒီဇိုင်းအဆင့်တွင် ယူဆထားသော အခြေအနေများနှင့် တည်ဆောက်ရေးအဆင့်တွင် ကြုံတွေ့ရသော အခြေအနေများသည် မတူညီကြပါ။ ထို့ကြောင့် လိုအပ်လျှင် ဒီဇိုင်းအယူအဆ (design concept) ကို တည်ဆောက်ရေးအခြေအနေနှင့် လိုက်လျောညီထွေဖြစ်အောင် ပြင်ဆင်ပြောင်းလဲရမည် ဖြစ်သည်။

ဥပမာအားဖြင့် design concept အရ pile ကို ထမ်းပိုးနိုင်မည့် မြေလွှာအနက်နှင့် test pile သို့မဟုတ် လုပ်ငန်းခွင်တွင် ထပ်တိုးတူးထားသော boring test ရလဒ်များအရ pile ကို ထမ်းပိုးမည့် မြေလွှာအနက် တို့အကြား ခြားနားမှုရှိလျှင် pile အုတ်မြစ်၏ ဒီဇိုင်းကို test pile နှင့် ထပ်တိုး တူးထားသော boring test ရလဒ်များကိုအခြေခံ၍ ပြင်ဆင်ပြောင်းလဲရမည်။ ထို့ကြောင့် လုပ်ငန်းခွင်အင်ဂျင်နီယာ (site engineer) သည် design concept ကို နားလည်ပြီး၊ ဒီဇိုင်းအင်ဂျင်နီယာနှင့် ညှိနှိုင်းဆွေးနွေးနိုင်ရမည် ဖြစ်သည်။

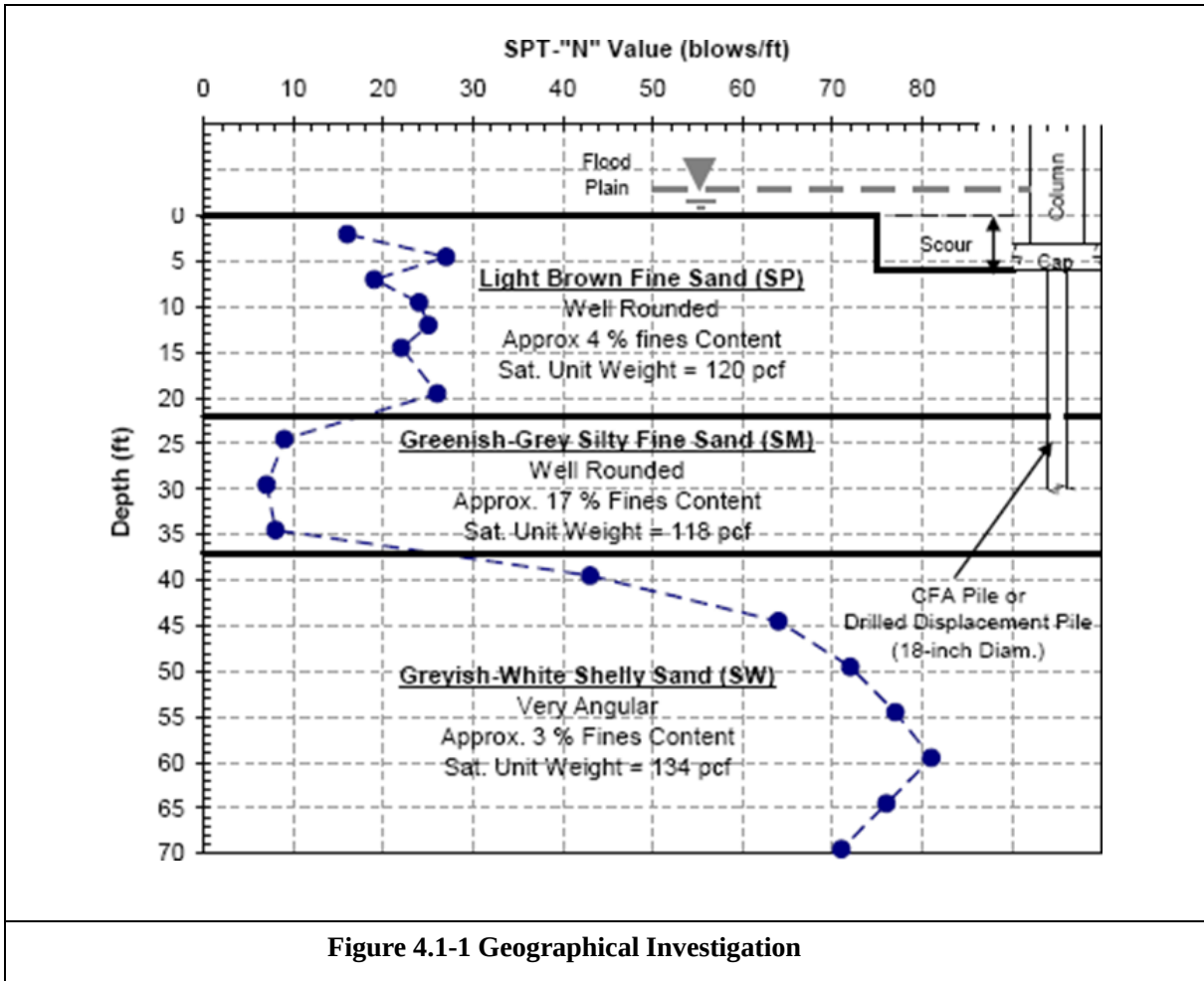


Figure 4.1-1 Geographical Investigation

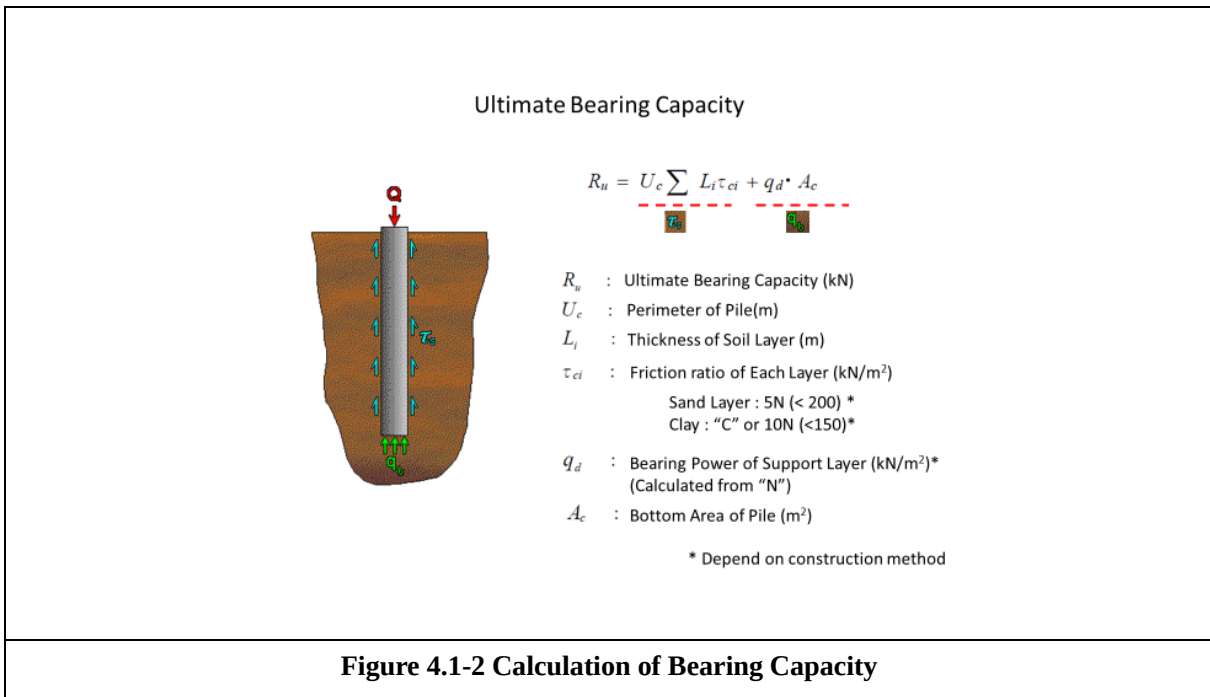
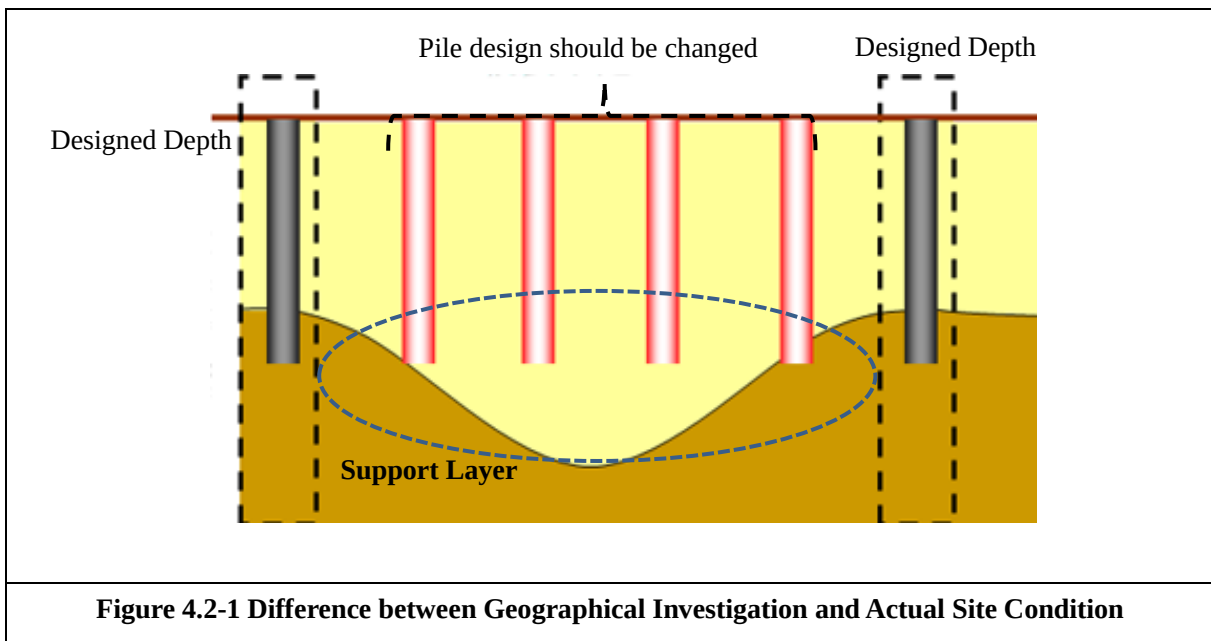


Figure 4.1-2 Calculation of Bearing Capacity

၄.၂ တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းအတွက် ဆောင်ရွက်ရမည့် Survey များ

၄.၂.၁ မြေကြီးနှင့် မြေအောက်ရေအခြေအနေများကို လေ့လာခြင်း

အခြေခံအားဖြင့် ဒီဇိုင်းအဆင့်မတိုင်ခင်၊ အသေးစိတ်တိုင်းတာရေးလုပ်ငန်းများ (detailed surveys) ကို ဆောင်ရွက်ရမည်။ သို့သော် တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းခွင်တွင် လက်တွေ့ကြုံတွေ့ရသည့် အခြေအနေများနှင့် ဒီဇိုင်းလုပ်စဉ်က ယူဆထားသည့်အခြေအနေများ ကွဲပြားခြားနားနေသည့်အခါ၊ လိုအပ်ပါက တည်ဆောက်ရေးကာလတွင် လွန်တွင်းတူးစမ်းသပ်မှုများ (boring test)၊ မြေအောက်ရေလေ့လာမှုများ ကဲ့သို့ ထပ်တိုးလေ့လာစစ်ဆေးမှုများ (additional surveys) များကို လုပ်ဆောင်သင့်သည်။



၄.၂.၂ တည်ဆောက်ရေးအခြေအနေနှင့် ပတ်ဝန်းကျင်အခြေအနေများအား စစ်ဆေးမှု

ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းခွင်မှ ထွက်ပေါ်လာနိုင်သည့် ဆူညံသံ (noise)၊ တုန်ခါမှု (vibration)၊ မြေလွှာ တိမ်းစောင်းနိမ့်ကျခြင်းများ (geotechnical movement) စသည်တို့ကြောင့် အနီးပတ်ဝန်းကျင်အပေါ် သက်ရောက်နိုင်မှုများကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရန် လိုအပ်သည်။

Substructure ကို စတင်မဆောက်လုပ်မီ၊ ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းစီမံချက်များ ရေးဆွဲရန်နှင့် ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းများကို ထိန်းချုပ်နိုင်ရန်အတွက် လိုအပ်သော လေ့လာတိုင်းတာမှုများ လုပ်ရမည်။

(၁) မြေသားဂုဏ်သတ္တိများနှင့် မြေအောက်ရေအခြေအနေအား တိုင်းတာစစ်ဆေးခြင်း

ဒီဇိုင်းကာလတွင် မြေသား၏ဂုဏ်သတ္တိများနှင့် မြေအောက်ရေအခြေအနေကို လေ့လာဆန်းစစ်ရန် အတွက် လွန်တွင်းတူးစမ်းသပ်ခြင်း (bore test) နှင့် အခြားစမ်းသပ်မှုများ ပြုလုပ်ခြင်းသည် လုပ်ရိုးလုပ်စဉ်သာဖြစ်သော်လည်း၊ တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းခွင်၏ ထိုမြေသားဂုဏ်သတ္တိနှင့် မြေအောက်ရေဂုဏ်သတ္တိများသည် အုတ်မြစ်တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်း ပြီးမြောက်အောင်မြင်မှု၊ လွယ်ကူမှုနှင့် ယုံကြည်စိတ်ချရမှုတို့အတွက် မရှိမဖြစ်လိုအပ်သော အချက်တစ်ချက်ပင်ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ဒီဇိုင်းအဆင့်တွင် ပြုလုပ်ခဲ့သည့် မြေသားစမ်းသပ်မှုရလဒ်များကို အပြည့်အဝ ဆန်းစစ်သုံးသပ်ရန် လိုအပ်သည်။ ထို့ပြင် substructure ၏ အုတ်မြစ်အမျိုးအစားကြောင့်ဖြစ်စေ၊ အောက်ခံမြေသားအခြေအနေကြောင့်ဖြစ်စေ လိုအပ်ပါက လွန်တွင်းများ ထပ်မံတူးဖော်၍ စမ်းသပ်စစ်ဆေးမှုများကို ဂရုတစိုက် လုပ်ဆောင်ရမည်။

(၂) တည်ဆောက်ရေးကာလအတွင်း လုပ်ဆောင်ရမည့် Surveys များ

ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းကြောင့် အနီးပတ်ဝန်းကျင်အပေါ် သက်ရောက်မှုရှိနိုင်သည့် သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်ဆိုင်ရာ ပြောင်းလဲမှုများကို စစ်ဆေးသင့်သည်။ လိုအပ်ပါက ဆူညံသံများ၊ တုန်ခါမှုများ၊ ရေ levels နှင့် ရေအရည်အသွေးတိုင်းတာခြင်းများ၊ မြေကျုံ့ကျခြင်းနှင့် အနီးပတ်ဝန်းကျင်တွင်ရှိသော အဆောက်အဦများ၏ ရွေ့လျားမှုနှင့် ထိခိုက်ပျက်စီးမှုများစသည့် အခြေအနေတို့ကို စောင့်ကြည့်တိုင်းတာခြင်းများ လုပ်ဆောင်သင့်သည်။ လုပ်ငန်းခွင်၌ အသက်အန္တရာယ်ဖြစ်စေနိုင်သည့် ဓာတ်ငွေ့များ ထွက်နေခြင်း ရှိ၊ မရှိ၊ အောက်ဆီဂျင် (oxygen level) လျော့နည်းနေသည့်အခြေအနေများ ဖြစ်ပေါ်နေခြင်း ရှိ၊ မရှိကို၊ လုပ်ငန်းများ မစတင်မီသာမက လုပ်ငန်းများ ဆောင်ရွက်နေစဉ်မှာပါ ပြည့်ပြည့်စုံစုံ စောင့်ကြည့်တိုင်းတာရမည်။ အထူးသဖြင့် pneumatic caisson သို့မဟုတ် cast-in-place pile များကို တပ်ဆင်နေသည့် လုပ်ငန်းခွင်အနီးတွင် ဖိသိပ်ထားသော လေ (compressed air) ကို သုံး၍ အခြားအုတ်မြစ်လုပ်ငန်းတစ်ခုကို ဆောင်ရွက်နေပါက၊ ကျောက်စရစ်မြေလွှာတစ်လျှောက် ဖြတ်သန်းစဉ် အောက်ဆီဂျင်ပမာဏ လျော့နည်းသွားနိုင်သည့် ဖိသိပ်ထားသော လေသည် pneumatic caisson သို့မဟုတ် cast-in-place pile များတပ်ဆင်ဆောင်ရွက်နေသည့် လုပ်ငန်းခွင်အတွင်း စီးဆင်းဝင်ရောက်လာလျှင် အန္တရာယ်ရှိသဖြင့်၊ လုပ်ငန်းတာဝန်ခံများနှင့် ပူးပေါင်း၍ လေထဲရှိ အောက်ဆီဂျင် ပါဝင်နှုန်းကို အမြဲ စမ်းသပ်စစ်ဆေးနေရမည်။

အခန်း ၅. တည်ဆောက်ရေး အစီအစဉ်ရေးဆွဲခြင်း (CONSTRUCTION PLANNING)

၅.၁ အကောင်အထည်ဖော်ရေး အစီအစဉ် (Execution Program)

တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းများ လုပ်ဆောင်ရန် လက်တွေ့အကောင်အထည်ဖော်ရေး အစီအစဉ် (Execution program) ကို ပြင်ဆင်ရမည်။ ထိုကဲ့သို့ ပြင်ဆင်ခြင်းအားဖြင့် ဒီဇိုင်းရေးဆွဲရာတွင် ထည့်သွင်းသတ်မှတ်ခဲ့သည့် အမျိုးမျိုးသောအခြေအနေများနှင့် ကိုက်ညီအောင် လက်တွေ့ တည်ဆောက် နိုင်ခြင်း ရှိ/ မရှိကို အတည်ပြုနိုင်မည် ဖြစ်သည်။

Substructure တည်ဆောက်မှုသည် တကယ့်လက်တွေ့လုပ်ငန်းခွင်၌ အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက် နိုင်မှုအပေါ်တွင် များစွာမှီခိုနေပြီး၊ ၎င်းတွင် သဘောသဘာဝ မတူညီသည့် အလုပ်မျိုးစုံကို တွဲဖက် ပေါင်းစပ်၍ လုပ်ဆောင်ကြရသည်။ ဆောက်လုပ်မည့်အခြေအနေနှင့် မြေသားအနေအထားများပေါ် တွင် မူတည်၍ ကိုင်တွယ်ဆောင်ရွက်ရမည့် ဆောက်လုပ်ရေးနည်းလမ်းများမှာလည်း ကွဲပြားခြားနားကြ လိမ့်မည်။ ဆောက်လုပ်ရေးနည်းလမ်းများ သင့်လျော်မှန်ကန်မှုရှိခြင်း၊ အသုံးပြုသည့် နည်းပညာများ သာလွန်ကောင်းမွန်မှုရှိခြင်း၊ အကောင်အထည်ဖော်ရေးအစီအစဉ်ကို ရေးဆွဲစဉ် စေ့စပ်သေချာစွာ ပြန်လည်ဆန်းစစ်မှုရှိခြင်းတို့သည် ဆောက်လုပ်ပြီးစီးသွားသော အုတ်မြစ်များ၏ လုပ်ဆောင်ချက် (function) အပေါ် များစွာသက်ရောက်မှုရှိသည်။ ထို့ကြောင့် ဒီဇိုင်းတွင် ယူဆသတ်မှတ်ထားသော အခြေအနေအမျိုးမျိုးကို ကြိုတင်၍ ကောင်းစွာနားလည်သဘောပေါက်ထားရန် အရေးကြီးသည်။ ထိုအခြေအနေများနှင့်ကိုက်ညီအောင် လက်တွေ့ဆောက်လုပ်နိုင်ခြင်း ရှိ/မရှိကို အတည်ပြုနိုင်ရန် အတွက်လည်း ပါဝင်ပတ်သက်နေသည့် အကြောင်းအရာမျိုးစုံကို အပြည့်အဝ လေ့လာစစ်ဆေးထားရန် အရေးကြီးသည်။ အုတ်မြစ်၏အရွယ်အစားနှင့် လိုအပ်သောလုပ်ဆောင်ချက်များ ပြေလည် ကိုက်ညီ ရမည့်အပြင်၊ ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းစွာ တည်ဆောက်နိုင်ရန် အစီအစဉ်ချမှတ်ရန်လည်း အရေးကြီး သည်။

Execution program တွင် အောက်တွင်ဖော်ပြထားသော အဓိကအချက်များ ပါဝင်သင့်သည်။

၅.၁.၁ လုပ်ငန်းစဉ်ဇယား (Process Chart)

လုပ်ငန်းစဉ်ဇယားတွင် Substructure တစ်ခုချင်းစီ၏ တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းစဉ်များ၊ ယာယီ အဆောက်အဦများအပါအဝင် လုပ်ငန်းစဉ်ကြီးတစ်ခုလုံး အကောင်အထည်ဖော်မည့် အစီအစဉ်နှင့်၊

အုတ်မြစ်တစ်ခုထက်ပို၍ တည်ဆောက်ပါက ဆောက်လုပ်မည့် ရှေ့နောက်အစီအစဉ်များကို ဖော်ပြထားသော plan view တို့ပါဝင်ရမည်။

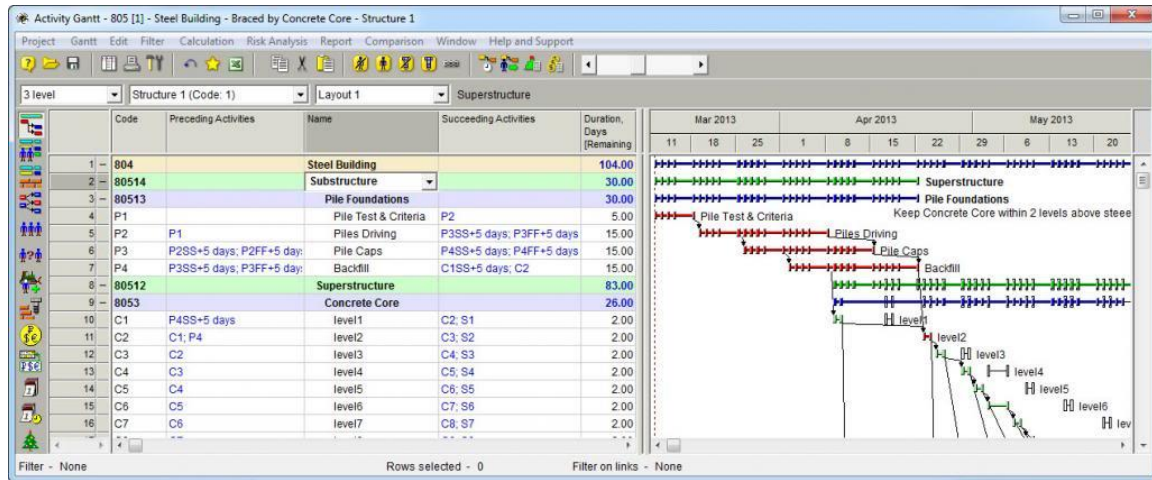


Figure 5.1-1 Process Chart Example (1)

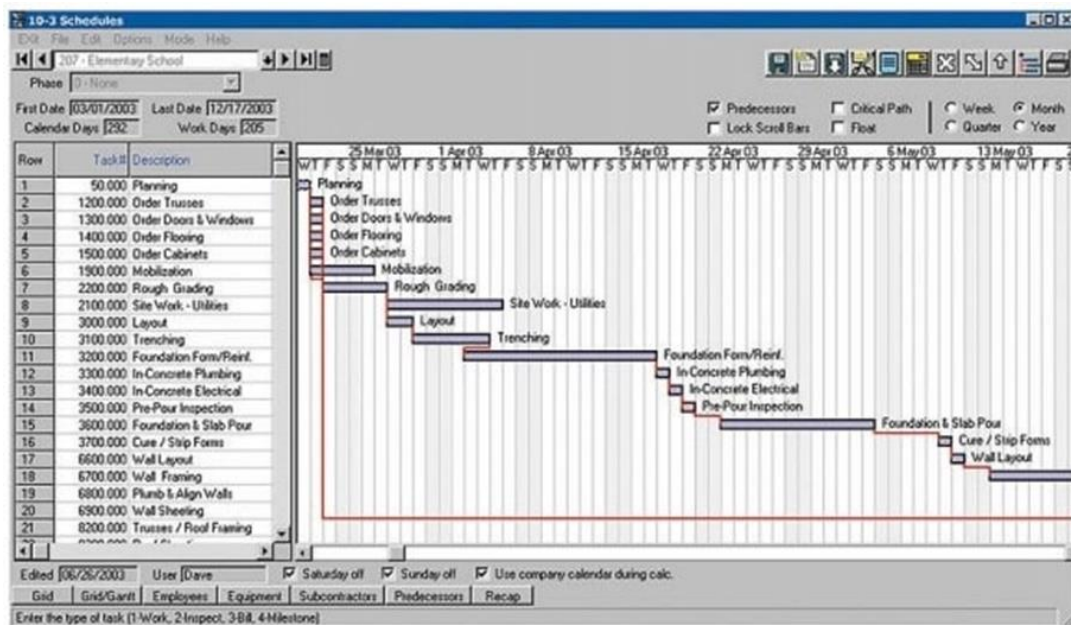


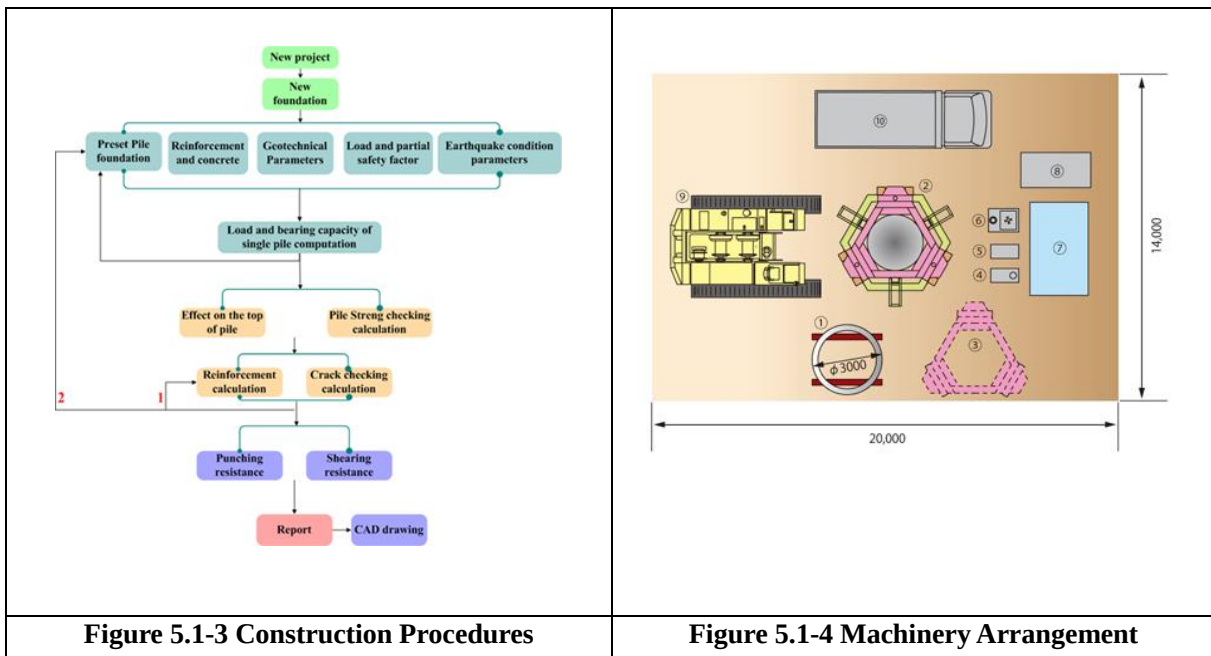
Figure 5.1-2 Process Chart Example (2)

၅.၁.၂ တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းစဉ် (Construction Procedures)

တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းစဉ်များတွင် ယာယီအဆောက်အဦများနှင့် အဓိကအဆောက်အဦများ တည်ဆောက်ရေး အစီအစဉ်မှ အခြေခံအကြောင်းအရာများကို ရှင်းလင်းဖော်ပြထားသင့်သည်။ ဒီဇိုင်းတွင် ယူဆ သတ်မှတ်ထားခဲ့သည့်အခြေအနေအမျိုးမျိုးကိုလည်း ရှင်းလင်းဖော်ပြထားသင့်သည်။

၅.၁.၃ တည်ဆောက်ရေး စက်ယန္တရား၊ ကိရိယာများ၊ ယာယီအဆောက်အဦများနှင့် ၎င်းတို့၏ ပြင်ဆင် နေရာချထားမှုများ

အသုံးပြုမည့် စက်ယန္တရားများ၊ ပစ္စည်းကိရိယာများ၊ ယာယီအဆောက်အဦများအတွက် ရည်ရွယ်ထားသည့် ဖွဲ့စည်းပုံနှင့် နေရာချထားမည့် အစီအစဉ်များကို ရှင်းလင်းစွာဖော်ပြထားရမည်။



၅.၁.၄ လုပ်ငန်းမှတ်တမ်းယူခြင်း နည်းလမ်းများ (Work-recording Methods)

လုပ်ငန်းမှတ်တမ်းများကို သက်ဆိုင်ရာ လုပ်ငန်းလုပ်ဆောင်သော ရက်များအလိုက် မှတ်တမ်းများ ရေးသွင်းနိုင်ပြီး သက်ဆိုင်ရာ foundation အလိုက် လုပ်ငန်းတစ်ခုချင်းစီ၏ အခြေအနေကို လွယ်ကူစွာ နားလည်သဘောပေါက်စေနိုင်မည့်ပုံစံမျိုး ပြင်ဆင်ထားရမည်။ မှတ်တမ်းမှတ်ရာများကို သိမ်းဆည်းရာ တွင်လည်း ယခုလက်ရှိလုပ်ငန်းတွင် ပါဝင်လုပ်ဆောင်နေသည့် အင်ဂျင်နီယာများ သာမက အနာဂတ် တွင် အလားတူလုပ်ငန်းများကို လုပ်ဆောင်မည့် အင်ဂျင်နီယာများပါ မှီငြမ်းကိုးကားနိုင်စေရန် ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။

Table 5.1-1 Items for Execution Program

Items	Contents
Survey for construction planning	- Confirmation of design books - Legislation - Geotechnical condition - Survey for situation of construction - Existing structures
Scheduling	Manpower allocation
	Temporary facilities
	Material supply plan
	Transportation plan
	Scheduling for details
Quality control plan	- Organization - Requirement for quality - Systems for confirmation for quality - Planning for test pile
Safety plan	- Safety control plan - Organization for Safety control
Environmental consideration	- Vibration, Noise, Waste - Groundwater pollution
Other	- Gas emission, etc.

၅.၂ လုပ်ငန်းမှတ်တမ်း (Work Record)

တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းတစ်ခုလုံးကို ခြုံငုံဖော်ပြထားသည့် လုပ်ငန်းမှတ်တမ်းသည် Superstructure တည်ဆောက်ရေးနှင့် foundation အား ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းရေးလုပ်ဆောင်ရန်အတွက် အရေးကြီးသော အချက်အလက်ဖြစ်သောကြောင့် အောက်ဖော်ပြပါအချက်များကို ရေးသွင်း၍ မှတ်တမ်းအဖြစ် သိမ်းဆည်းထားရမည်။

- (၁) လုပ်ငန်းများအမည်နှင့် တည်နေရာ၊ အကောင်အထည်ဖော်ဆောင်ရွက်သော အစုအဖွဲ့များ၏ အမည်များနှင့် တည်ဆောက်သူ၏အမည်များ၊ အကောင်အထည်ဖော် ဆောင်ရွက်ရမည့် လုပ်ငန်းစဉ်များ။

- (၂) စံသတ်မှတ်ချက်များ၊ layout diagrams များနှင့် substructure များ၏ structure drawings များနှင့် မြေလွှာများ၏ outlines များ။
- (၃) ယာယီအဆောက်အဦများနေရာချထားမှုနှင့် ၎င်းတို့၏ စွမ်းဆောင်နိုင်စွမ်းများ၊ ဆောက်လုပ်မည့် နည်းလမ်းများ၊ အသုံးပြုမည့် စက်ယန္တရားများနှင့် ကိရိယာများ။
- (၄) ဆောက်လုပ်ရေးလုပ်ငန်းများ ထိန်းချုပ်မှု။
- (၅) ပတ်ဝန်းကျင်ဆိုင်ရာ စီမံဆောင်ရွက်ချက်များနှင့် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေး စီမံဆောင်ရွက် ချက်များ။
- (၆) လုပ်ငန်းလုပ်ဆောင်နေစဉ်အတွင်း ပေါ်ပေါက်လာနိုင်သည့် ထူးခြားဖြစ်စဉ်များနှင့် တုန်ပြန် ဆောင်ရွက်ချက်များ။
- (၇) လုပ်ငန်းစဉ်အသီးသီး၏ လုပ်ငန်းမှတ်တမ်းများ။
- (၈) တိုင်းတာစစ်ဆေးချက် မှတ်တမ်းများနှင့် လုပ်ငန်းခွင်အတွင်း စမ်းသပ်ချက်များ။
- (၉) ဆက်လက်လုပ်ဆောင်မည့်လုပ်ငန်းများနှင့် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမည့် လုပ်ငန်းများအတွက် ယူ ဆောင်သွားရမည့် (carry over) ကိစ္စရပ်များ

လုပ်ငန်းအဆင့်တိုင်းတွင် ဖြစ်ပေါ်တိုးတက်နေသောအခြေအနေကို မှန်မှန်ကန်ကန် သိမြင်စေရန် ဆောက်လုပ်နေစဉ်နှင့် ဆောက်လုပ်ပြီးချိန်များတွင် မှတ်တမ်းများ ပြည့်ပြည့်စုံစုံ ပြုစုထားခြင်းသည် မှားယွင်းရေးသွင်းဖော်ပြမှုများကို ကာကွယ်နိုင်သည့်အပြင်၊ ၎င်းနေရာ၌ပင် ဆက်လက်လုပ်ဆောင်မည့် လုပ်ငန်းများအတွက် များစွာအကျိုးသက်ရောက်မှု ဖြစ်စေသည်။ အချက်အလက်မှတ်တမ်းများအား ထိုကဲ့သို့သိမ်းဆည်းစုဆောင်းထားခြင်းသည် အနာဂတ်ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းရေးလုပ်ငန်းများ အတွက် လည်း အရေးပါလှသည်။ ထို့ကြောင့် substructure တည်ဆောက်ရာတွင်၊ ဤအခန်းခွဲတွင် ဖော်ပြ ထားသကဲ့သို့ လုပ်ငန်းမှတ်တမ်းများကို ရေးသွင်းထားပြီး၊ လုပ်ငန်းပြီးဆုံးသွားသည့်နောက်တွင်လည်း မပျက်မကွက်ထိန်းသိမ်းထားရမည်။ ထို့အတူ test pile အသုံးပြု၍ စမ်းသပ်မှု လုပ်ပါက၊ နံပါတ် (၃) မှ (၈) အထိ အချက်များ သာမက ၎င်း၏စီမံဆောင်ရွက်ပုံများနှင့် အကဲဖြတ်ချက်ရလဒ်များကိုပါ မှတ်တမ်း တင်ထားရမည်။

Sheet 1 of 1

Pile Driving Record

Job No: 1995-03 Pile No: 1025
 Project: KINDA STREET CENTER Pile Location: S. Perimeter
 H-C Representative: 76 Date: 4/21/94

Pile Type: Octagonal Prestressed Concrete Tip Diam. (in.): 16 1/2 Butt Diam. (in.): 14 1/2
 Length (ft.): 44 Wall Thickness (in.): 5.0 Grade: 6000 psi Batter (H:V): —
 Hammer Make and Model: Delmag D46-23 Type: Open Ended Diesel
 Max. Rated Energy (ft.-lbs.): 107,180 Ram Wt. (lbs.): 10,140 Rated Stroke (ft.): 10.57
 Cushion Type: Plywood Thickness (in.): 9.0 Depth (ft.): 1 1 1
 Design Load: 135 T All. Calculated Capacity: 486 Factor of Safety: 2.6

Remarks: Hammer Stopped @ 32 ft - Restart
11 11 37 ft - "

Feet	*Energy	Blows	Feet	*Energy	Blows	Feet	*Energy	Blows	Feet	*Energy	Blows	Feet	*Energy	Blows	Feet	*Energy	Blows
		/Foot			/Foot			/Foot			/Foot			/Foot			/Foot
0-1	5-2	0	21		9	41	B-51	23	81			81			101		
2		0	22		6	42		30	62			82			102		
3		1	23		5	43	B-51	24	63			83			103		
4		1	24		14	44	B-51	60/10	64			84			104		
5		1	25		19	45			65			85			105		
6		0	26		15	46			66			86			106		
7		2	27	B-56	18	47			67			87			107		
8		1	28		15	48			68			88			108		
9		1	29		(22)	49			69			89			109		
10		1	30		13	50			70			90			110		
11		3	31		11	51			71			91			111		
12		8	32		(8)	52			72			92			112		
13		6	33		12	53			73			93			113		
14		5	34		10	54			74			94			114		
15		9	35		10	55			75			95			115		
16		7	36		10	56			76			96			116		
17		7	37		5	57			77			97			117		
18		7	38		8	58			78			98			118		
19	B-60	7	39		11	59			79			99			119		
20		9	40		13	60			80			100			120		

Redrive
 (Depth =) 0 1" 2" 3" 4" 5" 6" 7" 8" 9" 10" 11" 12"

*E = Energy (Kip-ft.), B = Blows/min., H = Stroke (ft.), () = Estimated, # = Setting

Figure 5.2-1 Pile Driving Record

၅.၃ အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေးအစီအစဉ် (Quality Control Plan)

၅.၃.၁ Static Load Test

Pile ပေါ်တွင် အလေးဝန် (load) ကို ထပ်ခါတလဲလဲတင်၍ စမ်းသပ်သည့် Static Load Test ကို ASTM ၏ စံလုပ်ထုံးလုပ်နည်းများကို ကိုးကား၍ ပြုလုပ်သည်။

- ၁) Test pile ပေါ်သို့ load jack နှင့် test beam ကို တင်သည်။
- ၂) Reaction anchor နှင့် test beam ကို ဆက်လိုက်ပြီး၊ hydraulic jack ဖြင့် ဝန် (Load) ကို တင်ရမည်။
- ၃) Load တင်လိုက်သောကြောင့်ဖြစ်သည့် pile ၏ နိမ့်ကျမှုကိုတိုင်းတာရန် strain gauge (two way) ကို တပ်ဆင်သည်။

၄) Load cell ကို အသုံးပြု၍၊ တင်ထားသည့် ဝန်ကို ပုံမှန်စောင့်ကြည့်တိုင်းတာနိုင်သည်။ ဤနည်းအားဖြင့် load test ကို လုပ်ဆောင်ကြသည်။



Figure 5.3-1 View of Static Loading Test



Figure 5.3-2 View of Static Loading Test

ယေဘုယျ Load test ပုံစံတစ်ခုကို ပုံ ၅-၃-၃ တွင် ဖော်ပြထားသည်။ တင်လိုက်သော ဝန် (jack load) အား တန်ပြန်သက်ရောက်ပေးမည့် Reaction frame ကို Test pile မှ အနည်းဆုံး ၃ မီတာအကွာတွင် ရှိသည့် H-piles အစုအဝေးဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားသည်။ Pile head ကွေးညွတ်မှုများကို reference beam ကို မူတည်ထားပြီး dial gauges များဖြင့် တိုင်းတာမည်။ Telltale တိုင်းတာမှုများကို pile head သို့မဟုတ် reference beam ကို မူတည်ထားပြီး dial gauges ဖြင့် တိုင်းတာမည်။ Load တိုးလိုက်တိုင်း ဖြစ်ပေါ်လာသော pile head နှင့် telltale တို့၏ ကွေးညွတ်မှုများကို မှတ်သား ထားမည်။

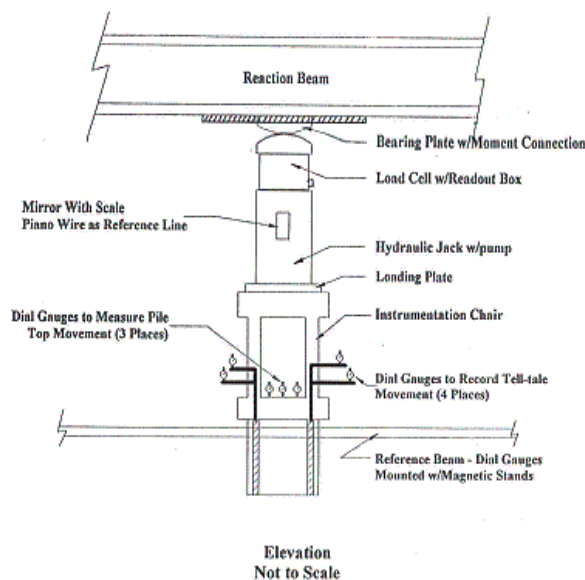


Figure 5.3-3 Static Load Test

(၁) Reaction Frame

Test pile တပ်ဆင်ပြီးနောက် Reaction frame အတွက်၊ Reaction piles ၂ လုံးနှင့်အထက် သော်လည်းကောင်း၊ Anchors များသော်လည်းကောင်း တပ်ဆင်ရမည် (ပုံ ၅.၃-၁)။ Driven piles များအတွက် စမ်းသပ်သော load test တွင်၊ Reaction pile များကို Test pile မှဖြစ်စေ၊ Reference beam ဒေါက်တိုင်များမှဖြစ်စေ၊ အနည်းဆုံး ၁၀ ပေ (၃ မီတာ) အကွာ သို့မဟုတ် Reaction pile ၅ လုံးနှင့် Test pile ၅ လုံး၊ ပေါင်း ၁၀ လုံးစာ (အချင်းများ ပေါင်းခြင်း) အကွာတွင် နေရာချရမည်။ နှစ်မျိုးအနက် ပို၍ကြီးသော အကွာအဝေးကို ယူရမည်။

Drilled shafts သို့မဟုတ် micro-piles များအတွက် load test တွင်မူ၊ Reaction pile များကို Test pile မှဖြစ်စေ၊ Reference beam ဒေါက်တိုင်များမှဖြစ်စေ၊ အနည်းဆုံး ၁၀ပေ (၃ မီတာ) အကွာ၊ သို့မဟုတ် Reaction pile ၅ လုံးစာ အကွာ (အချင်းများပေါင်းခြင်း) တွင် နေရာချရမည်။ နှစ်မျိုးအနက် ပို၍ကြီးသော အကွာအဝေးကို ယူရမည်။ ထိုအကွာအဝေးများကို Test pile နှင့် Reaction piles များ၏ မျက်နှာပြင်များအကြား တိုင်းတာရမည်။ Anchors များကို အသုံးပြုပါက၊ Anchors များသည် test pile သို့မဟုတ် reference system အား အနှောင့်အယှက် မဖြစ်စေရန်၊ လွတ်နေသည့် အလျားတစ်ခု (free length) ရှိနေရမည်။ ပိုရှည်နေရမည်။

Reaction frame နှင့် Reaction piles များသည် ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် ဖော်ပြထားသည့် design load ၏ ၄ ဆကို ခံနိုင်ရည်ရှိရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ဖြစ်ပေါ်လာမည့် deflection သည်လည်း jack ကို အဆုံးစွန် ထုတ်ထားသည့်အခါ၌ဖြစ်သည့် deflection ၏ ၇၅ ရာခိုင်နှုန်းကို မကျော်လွန်ရပါ။

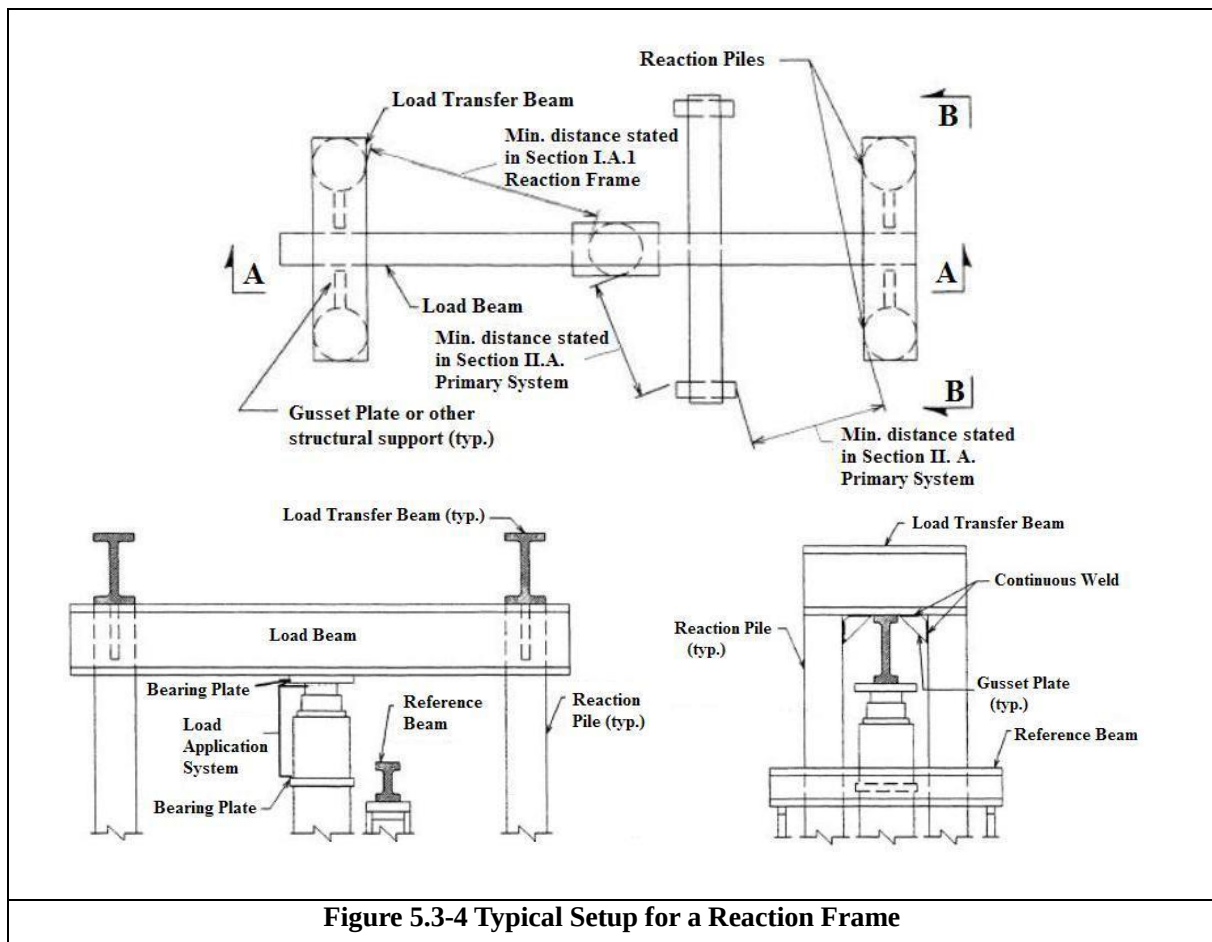


Figure 5.3-4 Typical Setup for a Reaction Frame

၂) ဝန်တင်ပလက်ဖောင်း (Weighted Box or Platform)

ဝန်တင်မည့် ပလက်ဖောင်း (ပုံ ၅.၃-၅) ကို test pile ပေါ်တွင် Cribbing သို့မဟုတ် အခြား piles များ (test pile တပ်ဆင်ပြီးသည့်နောက် တပ်ဆင်သည့်) ဘေးမှ ထောက်ကန်ထားလျက် တင်ရမည်။

၁) Cribbing Support

Driven piles, drilled shafts သို့မဟုတ် micro-piles များအတွက် စမ်းသပ်ရာတွင်၊ cribbing support ၏ အနီးဆုံး (အတွင်းဘက်ဆုံး) မျက်နှာပြင်သည် test pile မှဖြစ်စေ၊ reference beam ဒေါက်တိုင်မှ ဖြစ်စေ အနည်းဆုံး ၁၀ပေ(၃ မီတာ) အကွာ၊ သို့မဟုတ် reaction pile ၅ လုံးစာ (အချင်းများပေါင်းခြင်း) အကွာတွင် နေရာချရမည်။ အကွာအဝေး ၂ မျိုးအနက် ပို၍ကြီးသော အကွာအဝေးကို ယူရမည်။ တိုင်းတာရာတွင် Test pile မျက်နှာပြင်နှင့် cribbing supports ၏အနီးဆုံးမျက်နှာပြင်ကြား အကွာအဝေးကို တိုင်းတာရမည်။ စမ်းသပ်မှုလုပ်ရာတွင်၊ cribbing ကြောင့် ဖြစ်သော foundation stresses ကို ကာကွယ်ရန်အတွက်၊ cribbing support နှင့် test pile /reference beam system အကြား အကွာအဝေးကို များများထားရှိရန် လိုအပ်သည်။

၂) Pile Support

Driven piles များအတွက် support pile များကို Test pile မှဖြစ်စေ၊ Reference beam ဒေါက်တိုင်များမှ ဖြစ်စေ၊ အနည်းဆုံး ၁၀ ပေ (၃ မီတာ) အကွာ သို့မဟုတ် Support pile ၅ လုံးနှင့် Test pile ၅ လုံး၊ ပေါင်း ၁၀ လုံးစာ (အချင်းများ ပေါင်းခြင်း) အကွာတွင် နေရာချရမည်။ နှစ်မျိုးအနက် ပို၍ကြီးသော အကွာအဝေးကို ယူရမည်။ Drilled shafts သို့မဟုတ် micro-piles များအတွက်မူ၊ support pile များကို Test pile မှဖြစ်စေ၊ Reference beam ဒေါက်တိုင်များမှဖြစ်စေ၊ အနည်းဆုံး ၁၀ ပေ (၃ မီတာ) အကွာ၊ သို့မဟုတ် Reaction pile ၅ လုံးစာ အကွာ (အချင်းများပေါင်းခြင်း) တွင် နေရာချရမည်။ နှစ်မျိုးအနက် ပို၍ကြီးသော အကွာအဝေးကို ယူရမည်။ Test pile မျက်နှာပြင်နှင့် pile supports ၏ အနီးဆုံးမျက်နှာပြင်ကြား အကွာအဝေးကို တိုင်းတာရမည်။

Load beam နှင့် transfer beam များကို ကန်ထရိုက်စာချုပ်တွင် ဖော်ပြထားသည့် pile အတွက် design load ၏ ၄ ဆကို ခံနိုင်ရည်ရှိအောင် ပြုလုပ်ထားရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ဖြစ်ပေါ်လာမည့် deflection များသည်လည်း၊ jack ကို အဆုံးစွန် ထုတ်ထားသည့် အခါ၌ ဖြစ်သည့် deflection ၏ ၇၅ ရာခိုင်နှုန်းကို မကျော်လွန်ရပါ။ Weighted box သို့မဟုတ် platform ပေါ်သို့ Design load ၏ ၄ ဆ အနည်းဆုံးရှိသည့် load များအဖြစ် တင်ရန်၊ မြေကြီး၊ သဲ၊ ကွန်ကရစ်၊ ရေ၊ သံပြား (pig iron) စသည့် ပစ္စည်းများကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

Reaction frame ၌၊ load beam ပေါ်တွင် load transfer beam များကို တွဲဆက်ထားခြင်းမရှိဘဲ အလွတ်တင်ထားသည်။ Load beam ၏ bearing နေရာများတွင် ချုပ်တန်း (stiffeners) များ ထည့်ရန် လိုအပ်သည်။ လွန်ကဲသော ကွေးညွတ်မှု (excessive bending) နှင့် jack ကို အဆုံးစွန် ထုတ်သော အမြင့်၏ ၇၅ ရာခိုင်နှုန်းကျော်သည့်အခါ ram extension တို့ကို ကာကွယ်ရန်အတွက် ပုံတွင် ဖော်ပြထားသော်လည်း၊ beam တွင် truss ၏ လုပ်ဆောင်ချက်မျိုး ထည့်သွင်းပေးရန် လိုအပ်နိုင်သည်။ မည်သည့် cribbing မှမဆို မြေမျက်နှာပြင်ပေါ်သို့ သက်ရောက်သော ဖိအားသည် မြေကြီး၏ bearing capacity ထက် မကျော်လွန်ရပါ။ Test pile နှင့် တိုင်းတာမှုစနစ်များတွင် နိမ့်ဝင်ခြင်း၊ ကျွံကျခြင်း မဖြစ်ပေါ်စေရပါ။

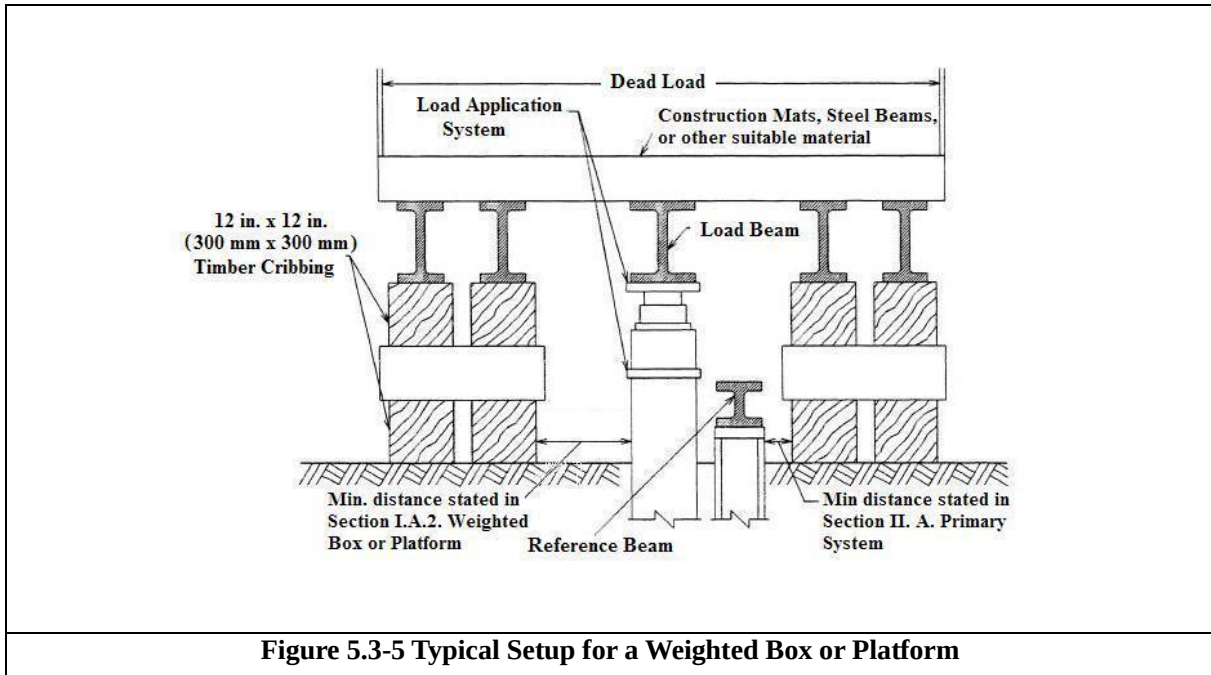


Figure 5.3-5 Typical Setup for a Weighted Box or Platform

အချိန်တိုအတွင်း လုပ်ဆောင်သော load test အတွက် ဝန်တင်သည့် လုပ်ငန်းစဉ် အနှစ်ချုပ်ကို အောက်တွင် ကောက်နုတ် ဖော်ပြထားသည်။

- ၁) ခွင့်ပြုထားသော Design load ၏ ၂၅ ရာခိုင်နှုန်းစီကို၊ တစ်နာရီခွဲကြာတစ်ခါ တိုး၍ တင်ရမည်။ (Loading cycle နှစ်ခုအတွက် အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့်အနက်မှ ပိုကြီးသော ဝန်အားကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ ၂၀၀ ရာခိုင်နှုန်းအထိ ဝန်တင်စမ်းသပ်မှုသည် ပိုမိုအသုံးများသည်။) အချိန် အပိုင်းအခြား သည် တစ်နာရီခွဲထက် အချိန်ပိုခြား၍ ရသည်။ သို့သော် အချိန်အပိုင်းအခြားချင်း တူရမည်။ Design load ၏ ၁၀၀ ရာခိုင်နှုန်းကို ရောက်အောင် တင်ပြီးသည့်အခါ၊ load ကို သုညအထိ ပြန်လျော့ချပြီး၊ ထိုအတိုင်း တစ်နာရီခွဲကြာ ထားရမည်။ ၎င်းနောက် load ၁၀၀ ရာခိုင်နှုန်းကို ပြန်တင်ပြီး၊ ဆက်လက်၍ ၂၅ ရာခိုင်နှုန်းစီ တိုး၍ တင်သွားမည်။ Design load ၏ ၁၅၀ ရာခိုင်နှုန်းကို ရောက်သည့်အခါ၊ သုညအထိ ရောက်အောင် ပြန်လျော့ချပြီး၊ ထိုအတိုင်း တစ်နာရီခွဲကြာ ထားရမည်။ ၎င်းနောက် load ၁၅၀ ရာခိုင်နှုန်း ကို ပြန်တင်ပြီး၊ ၂၅ ရာခိုင်နှုန်းစီ တိုး၍ တင်သွားမည်။ နိမ့်ဝင်မှု (settlement) နှုန်းသည် အချိန်နှင့်အမျှ လျော့ကျမသွားပါက၊ မည်သည့် case တွင်မျှ load ကို မပြောင်းလဲရပါ။
- ၂) အမြင့်ဆုံး Load ကို တင်သည့်အခါ၊ ထို load ကို အနည်းဆုံး တစ်နာရီကြာ၊ သို့မဟုတ် တစ်နာရီအတွင်း settlement သည် (pile ၏ အနိမ့်ဆုံးအမှတ်တွင် တိုင်းသည့်) ၀.၂၅ မီလီမီတာ (၀.၀၁ လက်မ) ကို မကျော်သရွေ့ တင်ထားရမည်။

- ၃) load လျှော့ချသည့်အခါ ၁၅ မိနစ်တစ်ခါ ၂၅ ရာခိုင်နှုန်းစီဖြင့် သုညအထိ ရောက်အောင် လျှော့မည်။
၁၅ မိနစ်ထက် ပိုခြား၍ ရသည်။ သို့သော် ခြားသည့် အချိန်အပိုင်းအခြားချင်း တူရမည်။
- ၄) Load သုည အခြေအနေတွင် အနည်းဆုံး တစ်နာရီစာ ပြန်လည်ကြွတက်လာမှု (rebound) ကို တိုင်းတာမည်။
- ၅) Load ၏ ၂၀၀ ရာခိုင်နှုန်း ကို တင်၍ ပြန်လည်ဖယ်ရှားပြီးသည့်နောက်၊ စမ်းသပ်မှုများအရ pile ၏ capacity ကျန်နေသေးပါက (တစ်နည်းအားဖြင့် ၎င်းသည် ultimate capacity ကို မရောက်ရှိသေးပါက) အောက်တွင်ဖော်ပြသည့်အတိုင်း စမ်းသပ်မှုကို ဆက်လုပ်ရမည်။ Test pile ကို မိနစ် ၂၀ ခြား တစ်ခါ၊ ခွင့်ပြုနိုင်သော design load ၏ ၅၀ ရာခိုင်နှုန်းစီတိုးပြီး၊ ၂၀၀ ရာခိုင်နှုန်း ရောက်အောင်ပြန်တင်သည်။ Load pile/frame ၏ ခွင့်ပြုနိုင်သော structural capacity သို့ ရောက်သည်အထိ သော်လည်းကောင်း၊ pile သည် ထပ်မံတိုးလာသော load ကို ထမ်းနိုင်ခြင်း မရှိတော့သည်အထိ သော်လည်းကောင်း၊ load ကို ၁၀ ရာခိုင်နှုန်းစီ တိုး၍ တင်သွားရမည်။ Load အများဆုံး အခြေအနေတွင် failure မဖြစ်ပေါ်ပါက load ကို တစ်နာရီကြာ ထားရမည်။ အများဆုံး ထမ်းနိုင်သော load ကို တင်ပြီးပါက၊ ထို load ၏ လေးပုံတစ်ပုံစီကို ၁၅ မိနစ်စီခြား၍ လျှော့ချသွားရမည်။

(၃) Load test နမူနာ

ယေဘုယျအားဖြင့် ဝန် တင် စမ်းသပ်မှုကို design load ၏ ၂၀၀ ရာခိုင်နှုန်းအပေါ်တွင် အခြေခံ၍ ဆောင်ရွက်ကြသည်။ သို့သော် ဤစမ်းသပ်မှုတွင် yied နှင့် ultimate load သက်ရောက်သည့်အခါ pile ၏ အမြင့်ဆုံး ထမ်းနိုင်ရည် (maximum bearing capacity) ကို ဆန်းစစ်နိုင်ရန်အတွက် 5,000 KN တင်၍ စမ်းသပ်ထားသည်။ စမ်းသပ်မှု ရလဒ်နမူနာများကို ဇယား ၅.၃-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

ယေဘုယျအားဖြင့် load deflection ပုံစံ ၂ မျိုးကို တွေ့ရပြီး၊ ၎င်းတို့ကို ပုံ ၅.၃-၆ မှ ပုံ ၅.၃-၁၁ တွင် ပြသထားသည်။

Table 5.3-1 Load Test Result

Test Pile No.	Time after Pile Installation (days)	Maximum Applied Load (KN)	Maximum Pile Head Displacement (cm)
1	13	3,122	1.7
2	20	3,558	2.4
3	15	3,447	1.6
4	33	3,447	2.4
5	23	3,781	1.6
6	6	3,105	2.2
7	30	1,512	1.4
8	24	1,014	0.5
9	17	3,612	2.6
10	6	3,558	1.7
11	9	3,959	2.4
12	10	3,167	2.0
13	84	2,384	1.3
14	10	2,891	4.1
15	30	2,535	1.3

Test pile နံပါတ် (၇) တွင် pile ၏ axial deflection သည် သီအိုရီအရ ခန့်မှန်း တွက်ချက်ထားသည့် elastic compression (shaft friction သည် ဟုယူဆသည့်) ထက် နည်းနေကြောင်း တွေ့ရသည်။ ထို pile ကို အဆင့် ၅ ဆင့်ဖြင့် 1,557 kN အလေးဝန်ကို တင်သည်။ Loading ပေးထားစဉ်တစ်လျှောက် pile တွင် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် deflection သည် ခန့်မှန်းထားသည့် elastic compression ကို ကျော်လွန်ခြင်းမရှိပါ။ ထိုကဲ့သို့ ဖြစ်ရခြင်းမှာ မြေကြီးနှင့် pile အကြား ပွတ်တိုက်အား (shaft friction) သည် pile တွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် compressive forces ကို လျော့ချ လိုက်ပြီး၊ နစ်ဝင်မှု (settlement) ကို ထိန်းထားနိုင်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ထို shaft friction ဖြင့် သိသာထင်ရှားသည့် ထမ်းပိုးမှုကို ပုံ ၅.၃-၇ မြေအောက် အနက်တစ်လျှောက် pile ၌ load ပျံ့နှံ့ပုံတွင် တွေ့မြင်နိုင်သည်။

ထိုပုံတွင် မြေအောက် အနက်များလာသည်နှင့်အမျှ pile တွင်ရှိသော load လျော့နည်းသွားသည်ကို တွေ့ရသည်။ Test piles နံပါတ် (၁)၊ (၂)၊ (၅)၊ (၇)၊ (၈)၊ (၁၀) နှင့် (၁၁) တို့သည် ဤပုံစံများဖြစ်သည်။

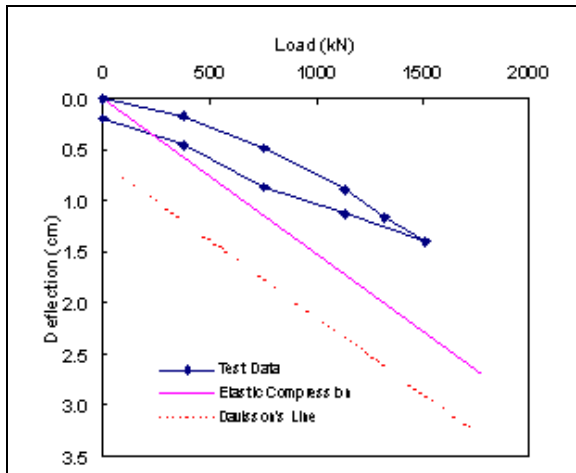


Figure 5.3-6 Deflection of Pile Head during Static Load Testing of Pile No.7.

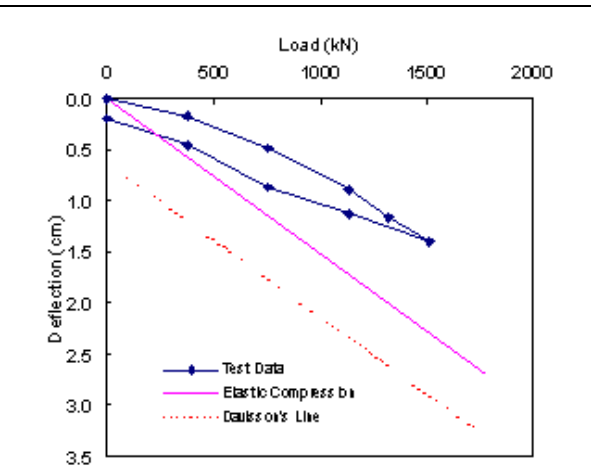


Figure 5.3-7 Distribution of Load in Pile No.7.

Test pile နံပါတ် (၆) (ပုံ ၅.၃-၈) တွင် pile ၏ axial deflection သည် သီအိုရီအရ ခန့်မှန်းတွက်ချက်ထားသည့် elastic compression နှင့် တူညီသလောက် နီးပါးဖြစ်နေသည်ကို တွေ့ရသည်။ ၎င်းမှာ shaft friction ဖြင့် ဝန်ထမ်းပိုးမှု သိပ်မရှိတော့ဘဲ load အများစုသည် pile ၏ အခြေသို့ ရောက်ရှိသွားသောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ပုံ ၅.၃-၉ တွင် ကြည့်ပါက pile ၏ အနက်တစ်လျှောက် load ပြောင်းလဲမှု သိသိသာသာ မရှိသည်ကို တွေ့ရမည်။ Test piles နံပါတ် (၃)၊ (၄)၊ (၆)၊ (၉)၊ (၁၂)၊ (၁၃) နှင့် (၁၄) တို့ သည် ဤပုံစံများ ဖြစ်သည်။

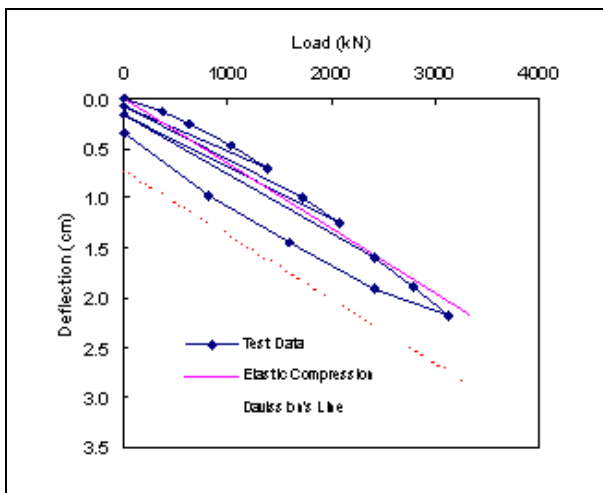


Figure 5.3-8 Deflection of Pile Head during Static Load Testing of Pile No.6.

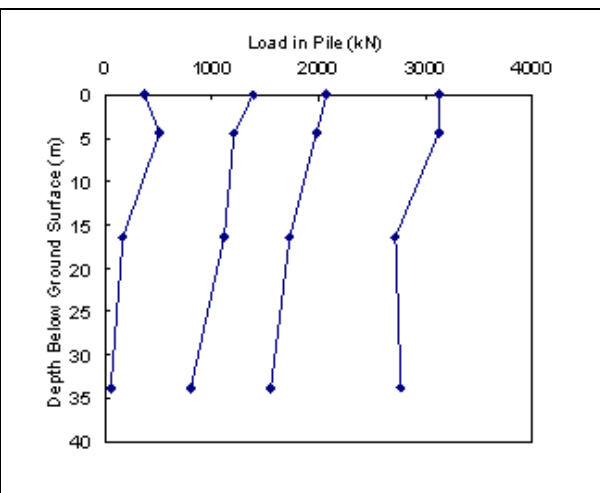
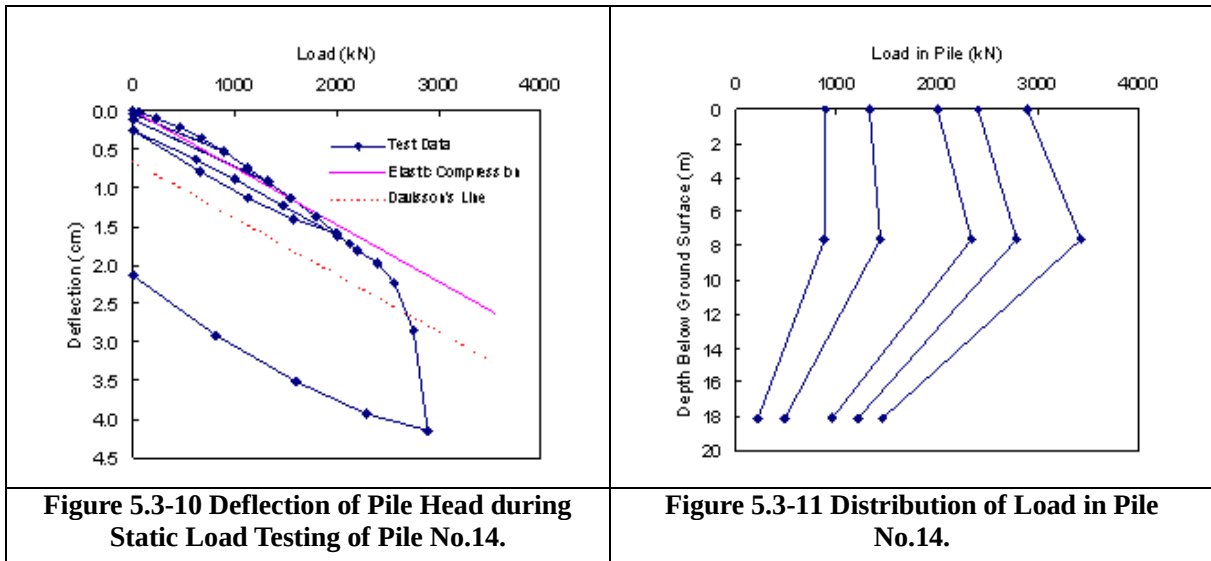


Figure 5.3-9 Distribution of Load in Pile No.6.

Static load tests ၁၅ ခုအနက်၊ test pile နံပါတ် (၁၄) သာလျှင် Davisson's criteria အရ failure ဖြစ်သည်ကို တွေ့ရသည်။ ၎င်းကို ပုံ ၅.၃-၁၀ နှင့် ၅.၃-၁၁ တွင် ပြသထားသည်။ ထို pile သည် load 2,580 kN ခန့် တင် ထားသည့်အခြေအနေတွင် deflection သိသိသာသာ တိုးလာပြီး၊ load တန်ဖိုး 2,670 kN ခန့် အရောက်တွင်၊ deflection ၂.၅ စင်တီမီတာ ဝန်းကျင် ဖြစ်လာပြီး၊ Davisson's line အား ဖြတ်ကျော်သွားသည်။ Pile ၏ အခြေအနီးမှ telltale ဒေတာများအရ ၎င်းသည် plunging failure ဟုသိရသည်။



Static load tests များတွင် test pile များအားလုံး လိုအပ်သော ultimate capacities များ ရရှိကြသည်။ လိုအပ်သော ultimate capacities များကို specifications တွင် ဖော်ပြထားသည့် အတိုင်း၊ ခွင့်ပြုနိုင်သော design capacity ကို အနည်းဆုံး safety factor ၂ ဖြင့် မြှောက်ပြီး သတ်မှတ်ရမည်။ အနည်းငယ်ပိုမြင့်သည့် Safety factor ၂.၂၅ ကိုလည်း အသုံးပြုနိုင်သည်။ ဖော်ပြထားသည့် Test pile ၁၅ လုံးအနက် ၃ လုံး သည် design load ၏ ၁၀၀ ရာခိုင်နှုန်းကို ဝန်ထမ်းမည့် မြေလွှာ သို့ ကူးပြောင်းခြင်း မရှိကြောင်း တွေ့ရသည်။ နံပါတ် (၇) နှင့် (၈) သည် မြေကြီးနှင့် pile အကြား မြင့်မားသော ပွတ်တိုက်အား (high skin friction) ဖြစ်ပေါ်သဖြင့် load ကို အောက်ခံ မြေလွှာဆီသို့ မကူးပြောင်းပါ။ နံပါတ် (၁၀) pile တွင်မူ အောက်ခြေ telltale ကောင်းစွာ အလုပ်မလုပ်သဖြင့်၊ load ကူးပြောင်းမှုပုံစံကို မသိရပါ။

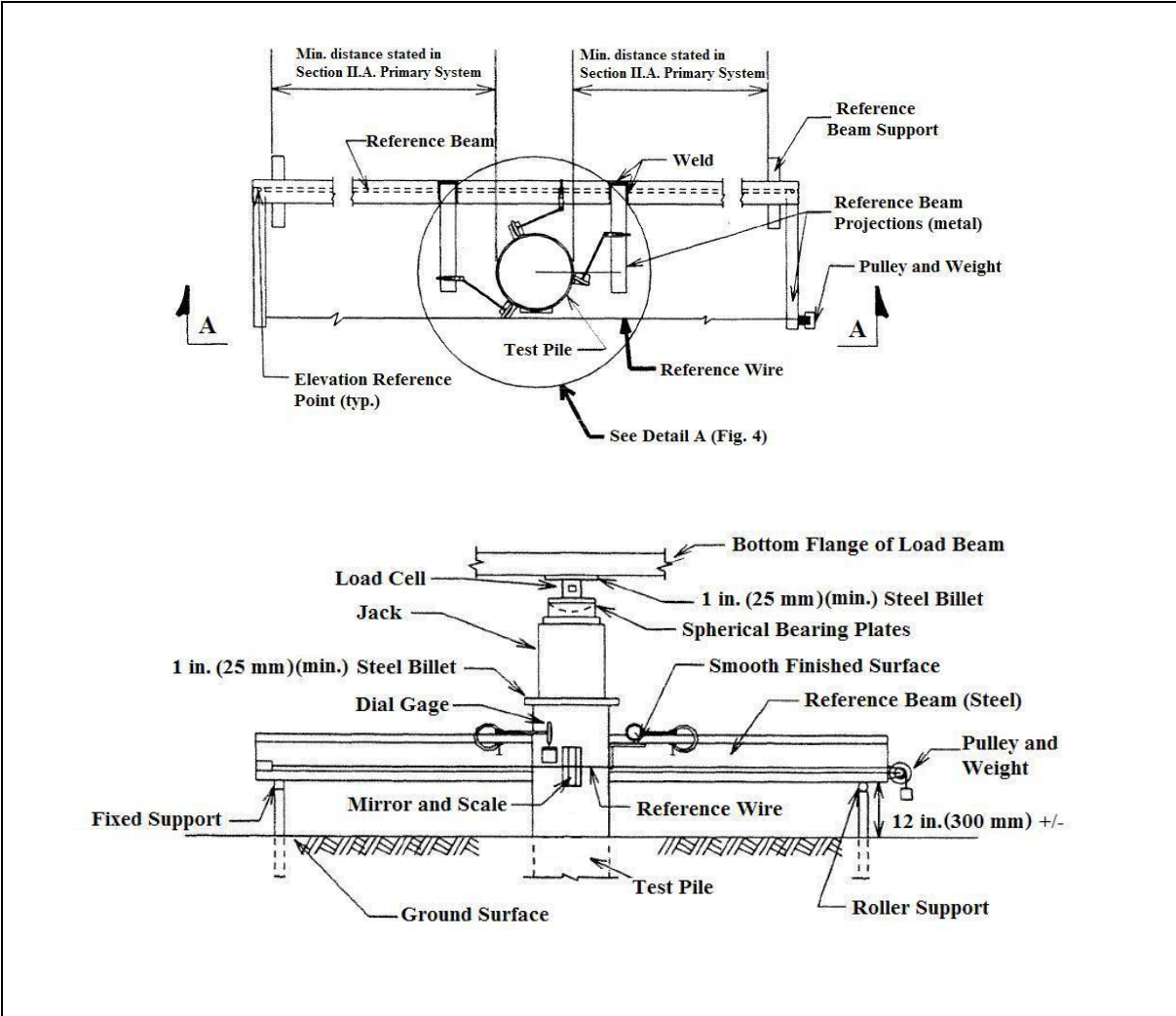


Figure 5.3-12 Distribution of Load in Pile No.14.

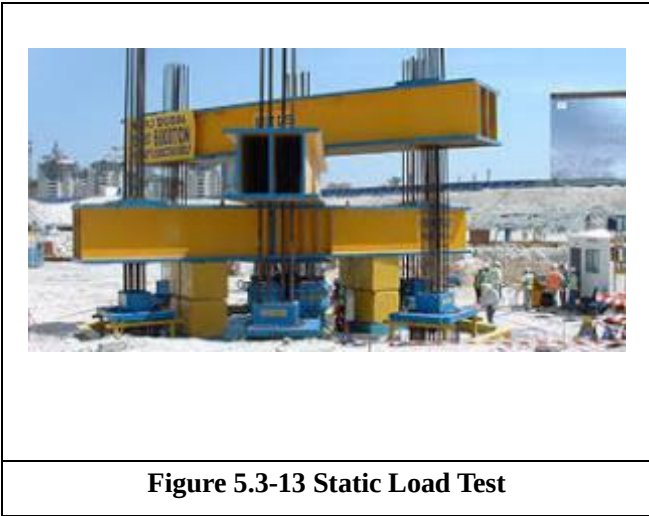


Figure 5.3-13 Static Load Test



Figure 5.3-14 Static Load Test

၅.၃.၂ Test Pile

(၁) ကြိုတင်သွန်းလောင်း Pile (Precast Pile)

ကြိုတင်သွန်းလောင်း pile များ မပြုလုပ်ခင်၊ ယေဘုယျအားဖြင့် စမ်းသပ် pile လုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်ရမည်။ သို့သော် တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းခွင်တွင် pile များ၏ workability အနေအထားကို ပြည့်ပြည့်ဝဝ သိရှိနားလည်ပြီးဖြစ်ပါက test pile လုပ်ဆောင်ခြင်းကို ချန်လှပ်ထားနိုင်ပါသည်။

၁) Abutment နှင့် pier foundations တစ်ခုချင်းစီအတွက် စမ်းသပ် pile များကို သင့်တော်သော နေရာများရွေးချယ်၍ ရိုက်သင့်ပြီး၊ တည်ဆောက်ရေးတွင် အမှန်တကယ်အသုံးပြုမည့် piles များထက် ၁မီတာမှ ၂မီတာအထိ ပိုရှည်သော piles များကို အသုံးပြုသင့်သည်။

၂) ရိုက်သွင်း piles များအတွက် အပြီးသတ်ထားသည့် အခြေအနေများအား Sec ကို မှီငြမ်းကိုးကား၍ ပြည့်ပြည့်စုံစုံ ဆန်းစစ်သုံးသပ်ရမည်။

၃) စမ်းသပ် pile ပြုလုပ်မှု ရလဒ်များအရ piles များ၏ အရှည်၊ အထူ (thickness)၊ pile အရေအတွက်နှင့် piles ရိုက်သွင်းမည့် နည်းလမ်းများ ပြင်ဆင်ပြောင်းလဲရန် လိုအပ်ပါက ဒီဇိုင်းတွက်ချက်စဉ်က ပါဝင်သော ဘူမိဗေဒအခြေအနေများ၊ မြေလွှာအခြေအနေများနှင့် superstructures များ၊ တည်ဆောက်ရေးကာလနှင့် သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်အပေါ် သက်ရောက်မှုတို့ကို စသည်တို့ကို အပြည့်အဝ ပြန်လည် သုံးသပ်ပြီးမှသာ ပြင်ဆင်ပြောင်းလဲသင့်သည်။ အစိတ်အပိုင်းများ၊ မြေလွှာအခြေအနေများ (soil layer conditions) ၊ superstructures များအပေါ် သက်ရောက်လွှမ်းမိုးမှု၊ သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်ဆိုင်ရာပြဿနာများ၊ တည်ဆောက်ရေးအချိန်ကာလ အစရှိသည်တို့ကို ပြည့်စုံစွာ ပြန်လည်ဆန်းစစ်ပြီးမှသာ ပြုပြင်မွမ်းမံမှုများကို ဆောင်ရွက်ရမည်။

Table 5.3-2 Reported Items for Test Pile

ခေါင်းစဉ်		ပါဝင်မည့်အကြောင်းအရာများ
ကြိုတင်ပြင်ဆင်ခြင်း (Preparation)	အထွေထွေ	ရက်စွဲ၊ ရာသီဥတု၊ မြေသားအခြေအနေ၊ Pile အတိုင်းအတာ (အမျိုးအစား၊ အရွယ်အစား၊ ပုံသဏ္ဌာန်)
	စက်ယန္တရား	Pile ရိုက်စက် အမျိုးအစား၊ Follower (အရွယ်အစား၊ ပုံသဏ္ဌာန်)၊ ကူရှင်း (Cushion)၊ တူ (အလေးချိန်)၊ ဂဟေ စက်
ရိုက်သွင်းခြင်း (Driving)	အထွေထွေ	- ဆောက်လုပ်ရေးနည်းလမ်းနှင့် လုပ်ငန်းစဉ် - တိကျမှန်ကန်မှု (တည်နေရာ၊ စောင်းခြင်း) - ဆောက်လုပ်နေစဉ်အတွင်း အခြားဖြစ်စဉ်များ - မြေပြင်အမြင့်
	တည်ဆောက်ရေးဆိုင်ရာ မှတ်တမ်း	- လုပ်ငန်း အဆင့်တစ်ခုချင်းစီအတွက် ကြာချိန် (ပြင်ဆင်ခြင်း၊ နေရာချထားခြင်း၊ ဂဟေဆော်ခြင်း၊ ရိုက်သွင်းခြင်း) - ထုရိုက်သည့် အကြိမ်အရေအတွက် - တူ လွှတ်ချသည့် အမြင့် (Drop height of hammer)
နေရာချခြင်း (Placement)	အထွေထွေ	- pile ထိပ် တည်နေရာအမြင့် - pile အောက်ခြေ တည်နေရာအမြင့် - နစ်မြုပ်သည့်အနက်
	တည်ဆောက်ရေးဆိုင်ရာ မှတ်တမ်း	- Operation လုပ်ဆောင်ရန်ကြာချိန် - တူ လွှတ်ချသည့် အမြင့် (Drop height of hammer) - Rebound quantity - Dynamic bearing capacity - ထုရိုက်သည့် အကြိမ်အရေအတွက်

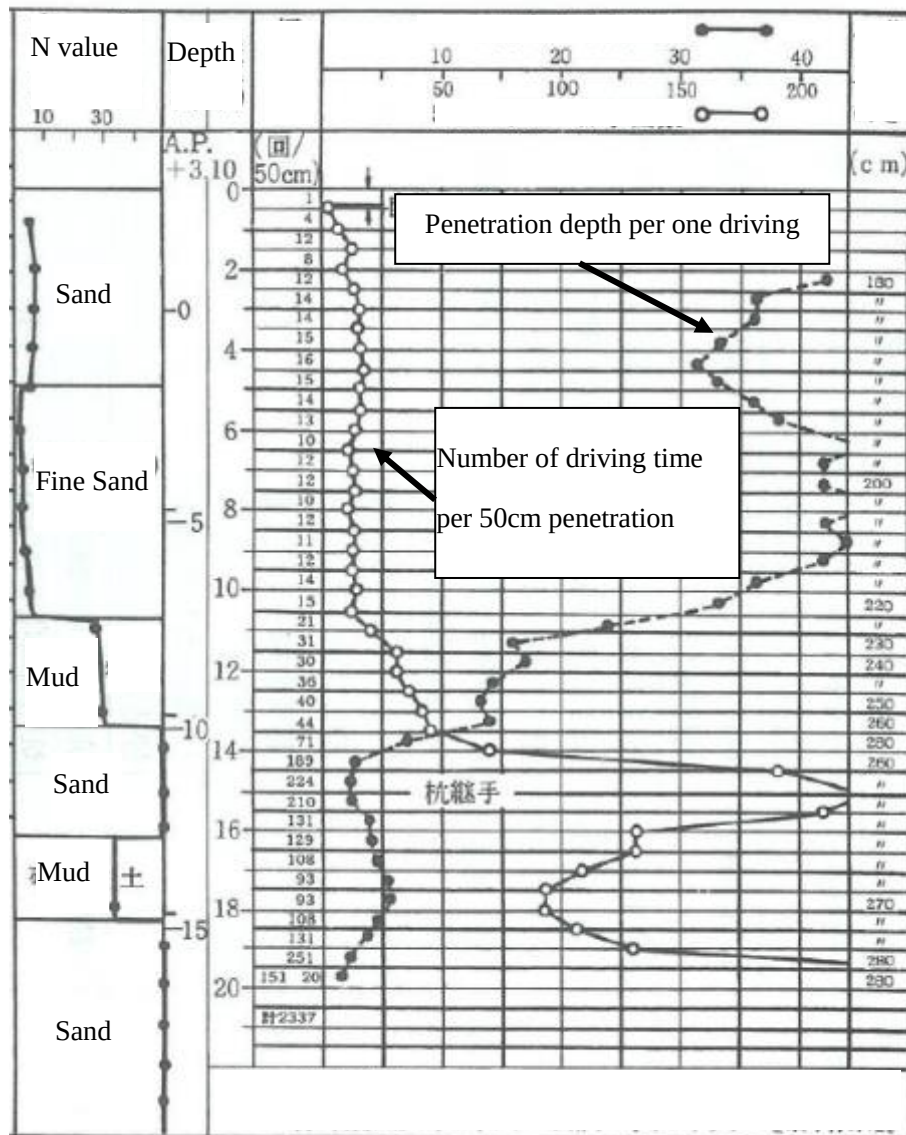
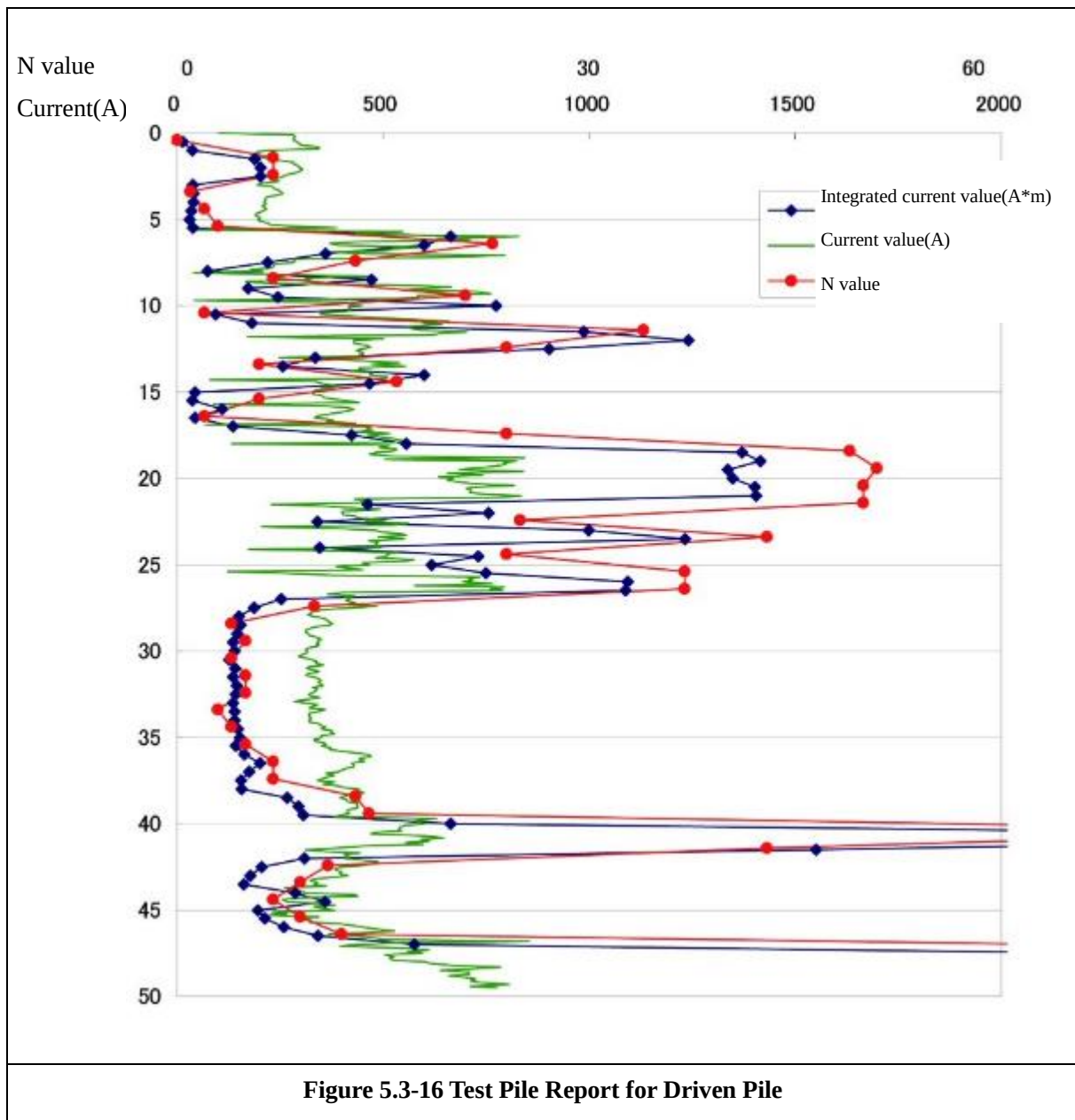


Figure 5.3-15 Test Pile Report for Driven Pile



(၂) လုပ်ငန်းခွင်တွင်သွန်းလောင်းသော Pile (Cast-in-situ Pile)

ယေဘုယျအားဖြင့် pile များ မပြုလုပ်ခင်၊ test pile လုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်ရမည်။ သို့သော် တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းခွင်၌ pile များ၏ workability အား ပြည့်ပြည့်စုံစုံ လေ့လာစိစစ်ပြီးပြီဟု test pile လုပ်ငန်းကို ချန်လှပ်ခဲ့နိုင်ပါသည်။

နေရာတွင်ပင် သွန်းလောင်းသည့် pile (cast-in-place) သည် အောက်ပါ သီးခြားလက္ခဏာရပ်များ ရှိသည့်အတွက် test pile ကို ကြိုတင်ပြုလုပ်ထားသင့်ပါသည်။

- ၁) Pile အုတ်မြစ်တစ်ခု၏ စိတ်ချရမှုသည် လက်တွေ့လုပ်ငန်းခွင်အခြေအနေအပေါ်တွင် များစွာ မူတည်နေသဖြင့်၊ ထိုအခြေအနေများနှင့်သင့်လျော်သော တည်ဆောက်ရေးနည်းလမ်းကို ရွေးချယ် ရန် မဖြစ်မနေလိုအပ်ပါသည်။
- ၂) Pile များ၏ design load ကြီးမားခြင်းနှင့် Pile များကို အစားထိုးတည်ဆောက်ရန် ခက်ခဲ ခြင်းတို့ကြောင့် Pile များ တည်ဆောက်ရာတွင် မှန်ကန်မှုရှိရန်၊ ယုံကြည်စိတ်ချရမှုရှိရန် လို အပ်သည်။

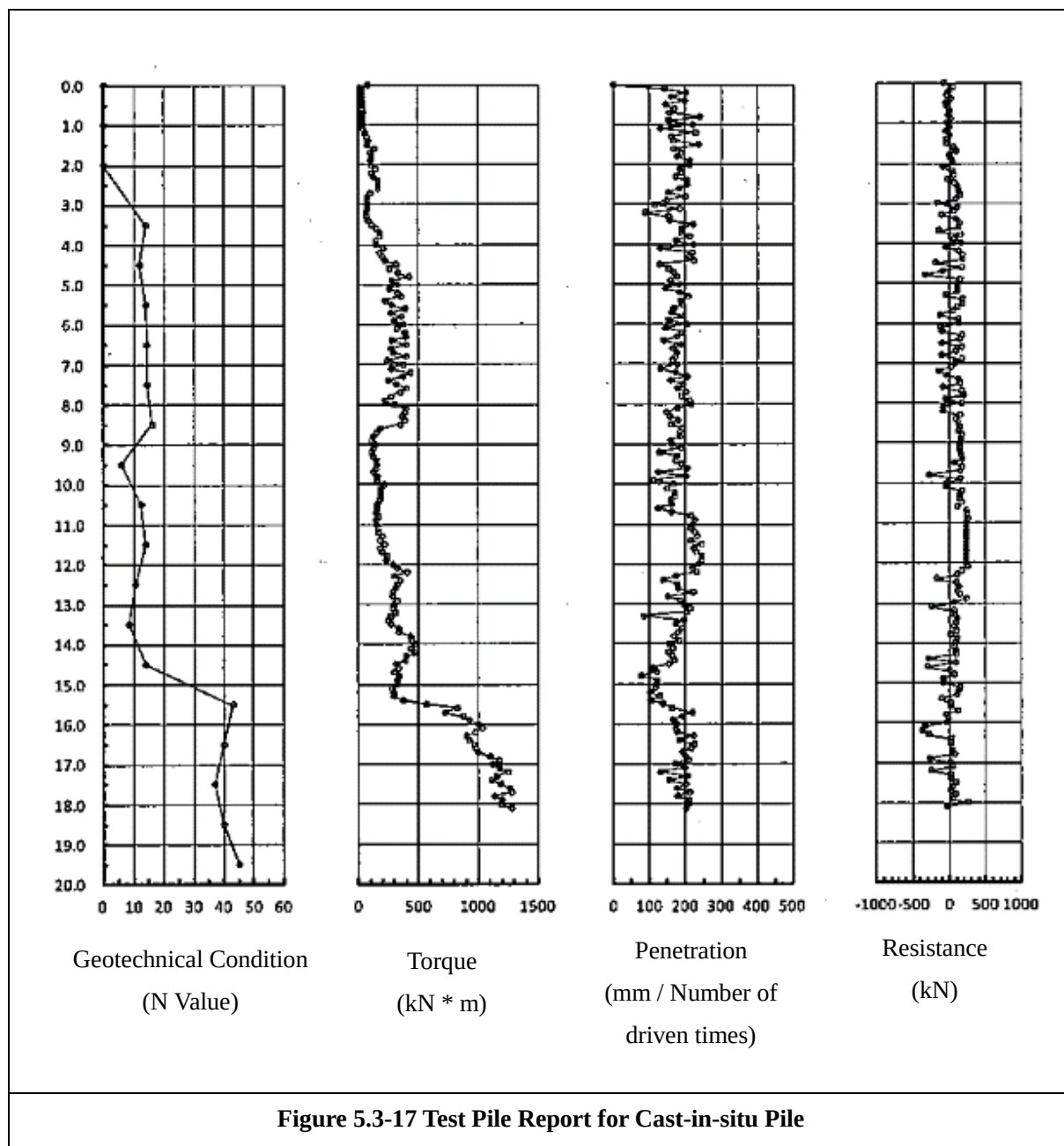
လေ့လာတိုင်းတာထားသည့်အချက်အလက်များနှင့် pile ရိုက်မည့်/ လောင်းမည့် အသေးစိတ် လုပ်ငန်း စဉ်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး pile များအား စတင်သွန်းလောင်းမည့်တည်နေရာများ သို့မဟုတ် အကူ သွန်းလောင်းမည့်တည်နေရာများတွင် test pile များကို ရိုက်ရမည်။

အကူသွန်းလောင်းမည့်နေရာများသည် test piling လုပ်ခြင်း၏ ရည်ရွယ်ချက်များနှင့် အပြည့်အဝ ကိုက် ညီမှုရှိသော မြေသားများဖြစ်ရမည်ဖြစ်ပြီး ပုံမှန် piles များ သွန်းလောင်းခြင်း နှင့် ဆောက်လုပ်ပြီးစီး သော structures များအပေါ် ဆိုးကျိုးသက်ရောက်မှု မဖြစ်စေသော တည်နေရာများ ဖြစ်ရပါမည်။ Test pile လုပ်ငန်း အသေးစိတ်ကို သုံးသပ်ထားသည့် ရလဒ်များအရ cast-in-place-piles များ ဆောက် လုပ်ရန်၊ အခြေအနေများမှာ များစွာပြောင်းလဲမှုများရှိနေပြီး ၎င်းတို့သည် piles များ၏ ဒီဇိုင်းနှင့် တည် ဆောက်မှုအပေါ်တွင် သက်ရောက်မှုများစွာရှိမည်ဟု ယူဆရလျှင် တည်ဆောက်ရေးနည်းလမ်းများ၊ နည်းလမ်းအသေးစိတ်များမှအစ ပြင်ဆင်ပြောင်းလဲခြင်းများ ပြုလုပ်ရမည်။

Table 5.3-3 Reported Items for Test Pile

ခေါင်းစဉ်များ		ပါဝင်မည့် အကြောင်းအရာများ ခေါင်းစဉ်များ
ကြိုတင်ပြင်ဆင်ခြင်း (Preparation)	အထွေထွေ	ရက်စွဲ၊ ရာသီဥတု၊ မြေသားအခြေအနေ၊ Pile အတိုင်းအတာ (အရွယ်အစား)
	စက်ယန္တရား	မြေတူးစက်၊ casing tube, slash tank

ခေါင်းစဉ်များ		ပါဝင်မည့် အကြောင်းအရာများ ခေါင်းစဉ်များ
မြေတူးဖော်ခြင်း (Excavation)	အထွေထွေ	လုပ်ငန်းစဉ်၊ တိကျမှန်ကန်မှု၊ ဘူမိနည်းပညာဆိုင်ရာ အခြေအနေများ၊ မြေအောက်ရေ၊ စီးဝင်သောရေ စသည်ဖြင့်
	တည်ဆောက်ရေး မှတ်တမ်း	Operation လုပ်ရန် ကြာချိန်၊ တူးဖော်ရမည့် မြေသားအခြေအနေ၊ ကျောက်လွှာ၊ pile ကို ထမ်းမည့် မြေလွှာ၏ အပေါ်က မြေသားအခြေအနေ၊ မြေသား၏ ခုခံနိုင်မှု၊ pile ကို ထမ်းမည့် မြေလွှာ၏ အနက်၊ မြေအောက်ရေ level, slurry settlement အတွက် ကြာမြင့်သောအချိန် စသည်ဖြင့်
သံခြင်း (Rebar Cage) နှင့် ကွန်ကရစ် လောင်းခြင်း	အထွေထွေ	Concrete mixture design, Tremie pipe တည်ဆောက်ပုံ ၊ casing pipe တည်ဆောက်ပုံ၊ ကွန်ကရစ်၏ ထိပ်ပိုင်းအမြင့်၊ သံခြင်း၏ တိမ်းစောင်းမှု၊ tremie နှင့် သံခြင်းအကြား interference
	တည်ဆောက်ရေး မှတ်တမ်း	လုပ်ငန်းလုပ်ရန်ကြာချိန်၊ ကွန်ကရစ်လောင်းမည့်ပမာဏ၊ ကွန်ကရစ်လောင်းရမည့်အမြင့်၊ အပိုတူးရမည့်အနက် စသည်ဖြင့်
အခြား		လုပ်ငန်းဆောင်ရွက်သည့် ဧရိယာ၊ တုန်ခါမှုအဆင့်၊ ဆူညံမှု စသည်ဖြင့်



၅.၃.၃ Pile အရည်အသွေး (Pile Quality)

Table 5.3-4 Inspection Items on Factory

	Steel Pile	Concrete Pile
Material	A Standard (Ex. JIS), Size Chemical Component etc.	A Standard (Ex. JIS), Size Performance Compressive Strength Tensile strength of PC cable Result of Bending test

	Steel Pile	Concrete Pile
Appearance	No defect	No defect
Shape	Diameter Length Thickness Curve Edge Etc.	Diameter Length Thickness etc.
Other	Nondestructive test on welded part (X ray 1 time/10 connections) Confirmation for mill sheet	Confirmation for mill sheet (cement, PC cable, etc.) Particle size distribution of aggregate

Table 5.3-5 Tolerance for Steel Pile (JIS A 5525)

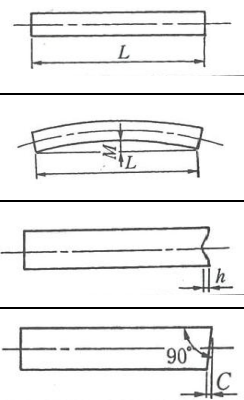
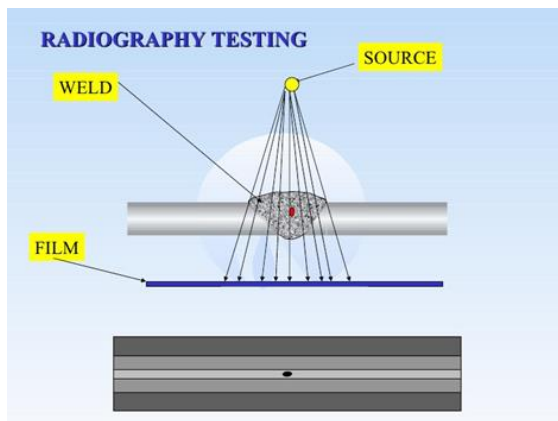
Items			Tolerance	Contents
Dimension (D)	Edge of Pile		± 0.5%	
Thickness (t)	Less than 16mm (Designed)	D < 500mm	(+) Not specified (-) 0.6mm	
		500mm ≤ D < 800mm	(+) Not specified (-) 0.7mm	
		800mm ≤ D < 2000mm	(+) Not specified (-) 0.8mm	
	More than 16mm (Designed)	D < 800mm	(+) Not specified (-) 0.8mm	
		800mm ≤ D < 2000mm	(+) Not specified (-) 1.0mm	
		Length (L)		
Lateral bend (M)		Less than 0.1% of Length (L)		
Flatness of edge (h)		Less than 2 mm		
Squareness (C)		Less than 0.5% of Dimension (D)		

Table 5.3-6 Tolerance for Concrete Pile (JIS A 5372, A 5373)

	Length (L)	Dimension(D)	Thickness (t)
$D \leq 600\text{mm}$	$\pm 0.3\%$ of Length (L)	(+) 5mm (-) 2mm	(+) Not specified (-) 0mm
$700\text{mm} \leq D < 1200\text{mm}$		(+) 7mm (-) 4mm	



**Figure 5.3-18 Nondestructive Test
(X-ray Test) Image**



**Figure 5.3-19 Nondestructive Test
(X-ray Test) on Welded Part**

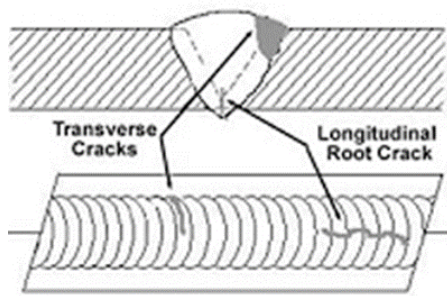
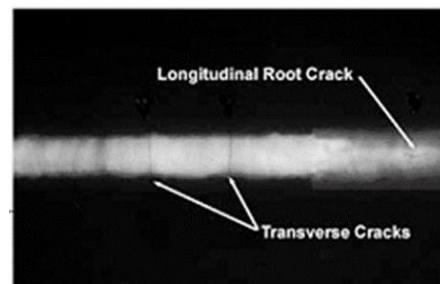


Figure 5.3-20 Defect on Welded Part



**Figure 5.3-21 Result of Nondestructive Test
(X-ray Test) on Welded Part**

(၁) ကွန်ကရစ် (Concrete)

AASHTO စံသတ်မှတ်ချက်မှ ကွန်ကရစ် slump များကို အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည်။

Dry placement နည်းလမ်းများတွင်	၆.၀ - ၈.၀ လက်မ
Casting removal နည်းလမ်းများတွင်	၈.၀ - ၁၀.၀ လက်မ
Tremie ဖြင့်လောင်းသည့် နည်းလမ်းများတွင်	၈.၀ - ၁၀.၀ လက်မ

ခန့်မှန်းထားသည့် သွန်းလောင်းချိန်တွင် ၂နာရီထပ်ပေါင်းသည့် အချိန်အပိုင်းအခြားအတွင်း ၄ လက်မ ထက်ပိုသည့် slump loss ကို ခွင့်မပြုပါ။ ထိုအချိန်အပိုင်းအခြားအတွက် Slump အနည်းဆုံး ၆ လက်မ လိုအပ်သည်။ အင်ဂျင်နီယာက ခွင့်ပြုပါက slump life ကို retarders နှင့် mid-range water reducers ကို အသုံးပြု၍ တိုးနိုင်သည်။

Table 5.3-7 Quality Criteria for Concrete

Item	Criteria	
Unit cement quantity	More than 350 kg/m ³	
W/C	Less than 55 %	
Slump	180 – 210 mm	JIS A 1101
Nominal strength of concrete	30 N / mm ²	JIS A 1132, JIS A 1108, JIS A 5308
Air content	4.5% ± 1.5%	JIS A 1116, JIS A 1118, JIS A 1128
Chloride content	0.30 kg/m ³	JIS A 1144



Figure 5.3-22 Testing Concrete on Site

၅.၃.၄ တည်ဆောက်မှု တိကျမှန်ကန်ခြင်း (Construction Accuracy)

Pile ဆောက်လုပ်တပ်ဆင်ရာတွင် တိကျမှန်ကန်မှုရှိစေရန်အတွက် စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည့် အချက်များမှာ pile များ၏ နေရာတိကျမှု၊ တိမ်းစောင်းမှု၊ အကျယ် (နေရာတွင်ပင်သွန်းလောင်းသော pile ဖြစ်ပါက) တို့ ဖြစ်ကြသည်။ ဇယား ၅.၃-၈ နှင့် ဇယား ၅.၃-၉ တွင် ကြိုတင်သွန်းလောင်း pile နှင့် နေရာတွင်ပင်သွန်းလောင်းမည့် pile များ တည်ဆောက်ရာတွင် လိုအပ်သည့် တိကျမှန်ကန်မှု (Accuracy) များကို ဖော်ပြထားသည်။

Pile ရိုက်စက်အတွက် အောက်ခံမြေကြီးအခြေအနေနှင့် pile ၏ တည်နေရာတို့သည်လည်း တိကျမှန်ကန်မှုအတွက် အရေးပါသည်။ မြေမျက်နှာပြင်၏ခံနိုင်ရည်အားကို ကိုက်ညီအောင် စစ်ဆေးရမည် ဖြစ်ပြီး လိုအပ်ပါက base plate ကို အသုံးပြုရမည်။ မြေကြီးပျော့သောအနေအထားမျိုးဖြစ်ခဲ့လျှင် စက်ယန္တရားကြောင့် မြေသားရွေ့လျားမှု မသက်ရောက်နိုင်သောနေရာတွင် survey အတွက် control point ထားရှိရမည်။

Table 5.3-8 Accuracy for Pre-cast Pile

Displacement from Designed Pile Center	D/4 and Less than 100 mm (Choose smaller)
Pile Inclination	Less than 1/100

Table 5.3-9 Accuracy for Cast-in-place Pile

Displacement from Designed Pile Center	Less than 100 mm
Pile Inclination	Less than 1/100
Excavation Diameter	More than the designed diameter



Figure 5.3-23 Measurement of Drill Core Position



Figure 5.3-24 Survey for Drill

၅.၃.၅ ဝန်ကို ထမ်းမည့်မြေလွှာအား စစ်ဆေးအတည်ပြုခြင်း

Pile တည်ဆောက်ရေးတွင်၊ pile သည် ဝန်ကိုထမ်းမည့်မြေလွှာသို့ ရောက်၊ မရောက် စစ်ဆေး အတည်ပြုရန် မဖြစ်မနေလိုအပ်ပါသည်။ Pile တည်ဆောက်မှုမပြုလုပ်ခင် test pile လုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်ထားသော်လည်း pile တစ်လုံးချင်းစီအတွက် ဝန် ထမ်းမည့် မြေလွှာကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။ အုတ်မြစ် (foundation) တူညီသော်ငြား pile တစ်လုံးချင်းစီအတွက်မူ ဘူမိနည်းပညာအခြေအနေများ ကွဲပြားနိုင်ပါသည်။

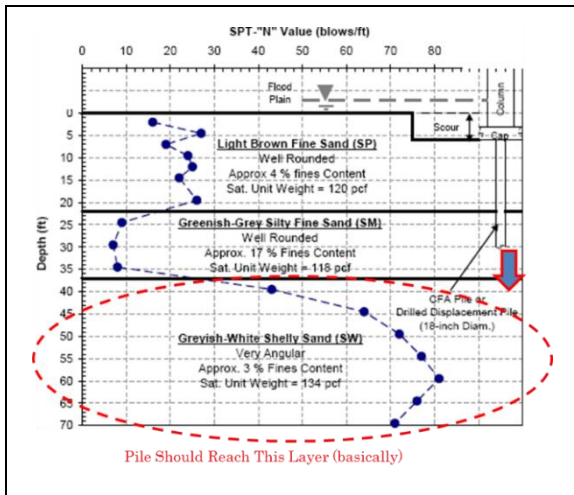


Figure 5.3-25 Support Layer depend on Geotechnical Survey



Figure 5.3-26 Excavated Soil Condition

၅.၃.၆ အသံလှိုင်းဖြင့် pile ၏ ခိုင်မြဲမှုအား စစ်ဆေးခြင်း (Sonic Integrity Testing (SIT))

(၁) Sonic Integrity Testing ၏ အခြေခံသဘောတရား

Pile head ပေါ်သို့ တူဖြင့်ထုရိုက်သောနည်းလမ်းဖြင့် stress wave (အသံလှိုင်း) တစ်ခုကို စတင်ဖြစ်ပေါ်စေသည် (ပုံ ၅.၃-၂၈)။ ထို stress wave သည် pile ၏ အောက်ခြေသို့ အသံ၏အမြန်နှုန်း (c) ဖြင့် စီးဆင်း ရောက်ရှိသွားပြီး pile head ဆီသို့ ပြန်လည်ရောက်ရှိလာသည် (ပုံ ၅.၃-၂၈)။ တူဖြင့်ထုရိုက်ပြီး ပြန်လည်ရိုက်ခတ် လာမှုများကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် Pile head ၏ တုံ့ပြန်မှုကို acceleration transducer ဖြင့် တိုင်းတာ ပါသည်။ ထို acceleration ကိုစုစည်းပြီး velocity သင်္ကေတ (v) ဖြင့် ဖော်ပြသည်။ Pile တစ်ခုချင်း စီ၏ pile head ကို တူဖြင့် အနည်းဆုံး ၃ ကြိမ် ထုရိုက်ပြီး ရလာသော တုန်ပြန်တုန်ခါမှုကို ကောက် ကြောင်း ၃ ခု ပုံဖြင့် ဖော်ပြထားသည်(ပုံ ၅.၃-၂၉)။ ကောက်ကြောင်း ၃ ခု အလားသဏ္ဌာန်တူပါက စမ်းသပ်မှုအရည်အသွေး ကောင်းမွန်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။

တူဖြင့်စရိုက်သောအချိန်နှင့် pile အောက်ခြေမှ တုံ့ပြန်မှု ရောက်ရှိလာသော အချိန်အပိုင်းအခြား (T) ကို တိုင်းတာရမည်။ Stress wave velocity (c) ကို သိသည့်အခါ ($L = c.T/2$) အရ pile ၏ အလျား (L) ကို တွက်ချက်နိုင်သည်။ အချိန် (t) အလိုက် ရောက်သည့်အနက်(l) ကို $L = c.t/2$ ဖြင့် ပြနိုင်သည်။ Pile နှင့် မြေကြီးကြား ပွတ်အားကြောင့် အောက်ခြေမှ ပြန်လည်တုံ့ပြန်မှု (toe reflection) သည် ပမာဏ သေးငယ်နိုင်သည်။ ထိုတုံ့ပြန်မှုကို သိသာထင်ရှားစေရန်အတွက် တိုင်းတာရရှိသည့် signal ကို အကျယ် ချဲ့ရမည်။ Signal အချက်ပြမှုများမှ အနှောင့်အယှက်များကို စစ်ထုတ်ဖယ်ရှားရန် filter အသုံးပြုရ မည်။



Figure 5.3-27 Sonic Integrity Test by MOC Engineers

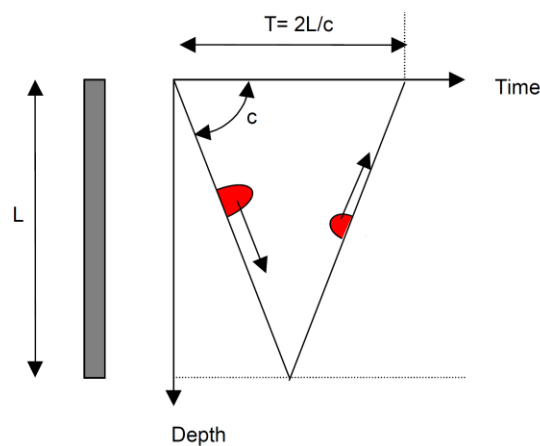


Figure 5.3-28 Stress Wave Travels

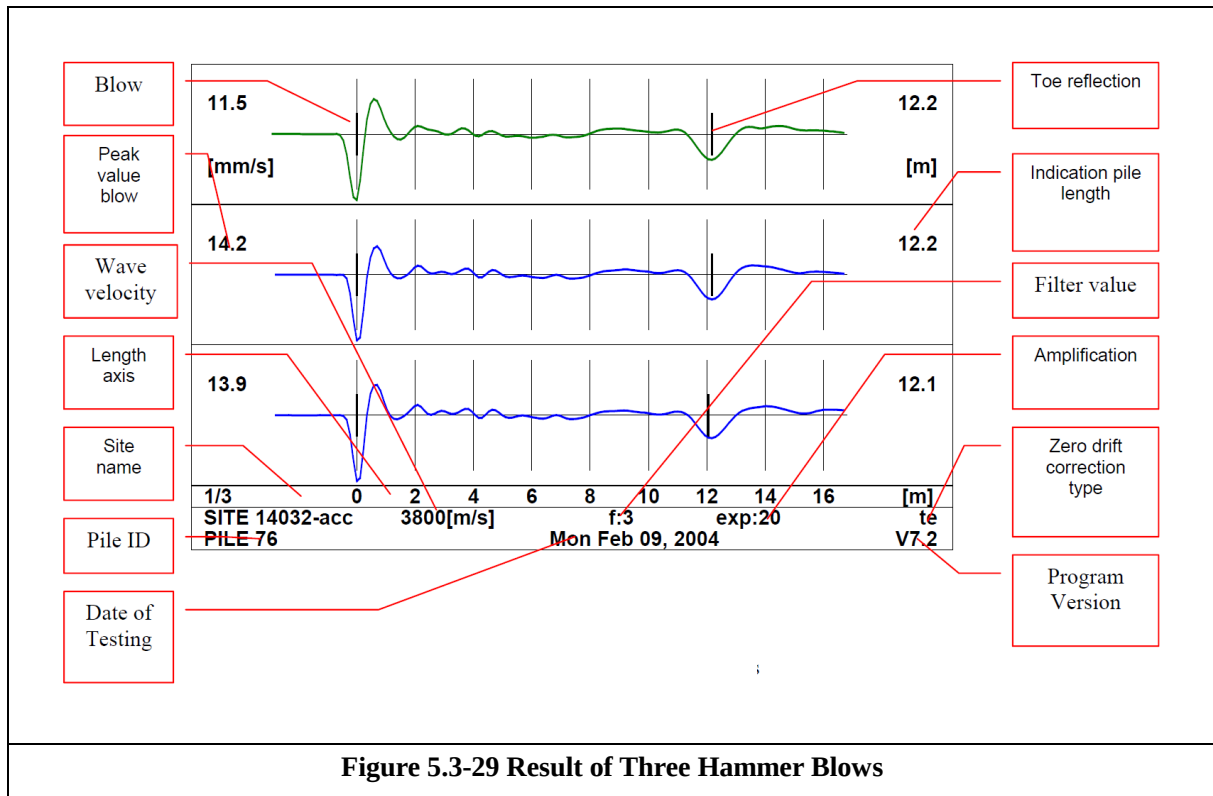


Figure 5.3-29 Result of Three Hammer Blows

Pile ၏ ခိုင်ခံ့မှု စမ်းသပ်ချက်ရလဒ်များကို ခွဲခြမ်းစိတ်ဖြာခြင်း (Pile integrity testing analysis) သည် one - dimensional stress wave theory ကို အခြေခံထားပါသည်။ Impedance အပြောင်းအလဲများကြောင့် တုန်ပြန်မှုများဖြစ်ပေါ်ပြီး pile ထိပ်သို့ ပြန်လည်ရိုက်ခတ်သွားသည်။ ၎င်းတို့ကို မှတ်သားပြီး ခွဲခြမ်းစိတ်ဖြာခြင်း လုပ်ရသည်။ ခုခံမှု (Z) ကို အောက်ပါအတိုင်း ဖော်ပြနိုင်သည်။

$$Z = A \sqrt{E \cdot \rho}$$

၎င်းတွင်

A = cross sectional area

E = modulus of elasticity

ρ = density

A, E သို့မဟုတ် ρ များ တစ်ခုချင်းဖြစ်စေ၊ တစ်ခုထက်ပို၍ ဖြစ်စေ ပြောင်းလဲခြင်းကြောင့် ခုခံမှုအပြောင်းအလဲများမှ တုန်ပြန်ရိုက်ခတ်မှုတစ်ခု ဖြစ်ပေါ်လာမည်။

တုန်ပြန်ရိုက်ခတ်မှု ဖြစ်စေနိုင်သော အကြောင်းရင်းများမှာ -

- Pile အောက်ခြေ (Pile toe)

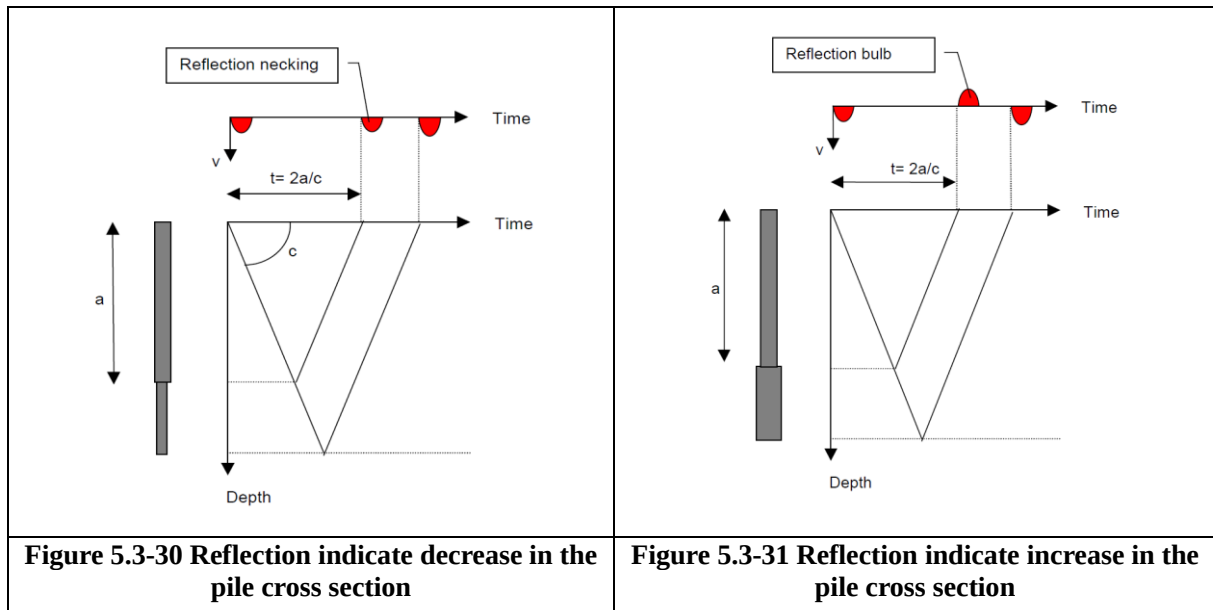
- အတိုင်းအတာဆိုင်ရာအပြောင်းအလဲ (Dimensional changes)
- မြေကြီးပါဝင်မှု (Soil inclusions)
- အက်ကွဲကြောင်း (Cracks)
- အဆက်များ (Joints)
- ကွန်ကရစ်အရည်အသွေး ပြောင်းလဲခြင်းများ (Variations in concrete quality)
- မြေလွှာအပြောင်းအလဲ (Variations in soil layers)
- Reinforcement အလွန်များသော piles များ (heavily reinforced piles)

Sonic Integrity စမ်းသပ်မှု၏ အကန့်အသတ်များမှာ

- Impedance ပြောင်းလဲမှု အသေးအမွှေးများကို မသိရှိနိုင်ခြင်း။
- Pile ၏ အချင်း (diameters) များ တဖြည်းဖြည်း တိုးသွားခြင်း၊ လျော့နည်းသွားခြင်းကို မသိရှိနိုင်ခြင်း။
- အကွေးအဝိုက် Pile ပုံသဏ္ဌာန်များကို မသိရှိနိုင်ခြင်း။
- မြေကြီးအနည်းငယ်ပါဝင်မှုကို မသိရှိနိုင်ခြင်း။
- Reinforcement cover နေရာအလိုက် ဆုံးရှုံးမှုကို မသိရှိနိုင်ခြင်း။
- Pile အောက်ခြေ အကျိုးအပဲ့အလွှာ၏ အထူကို မသိရှိနိုင်ခြင်း။

(၂) Pile Shaft များတွင် ပြတ်တောက်မှုရှိခြင်း (Discontinuities in the Pile Shaft)

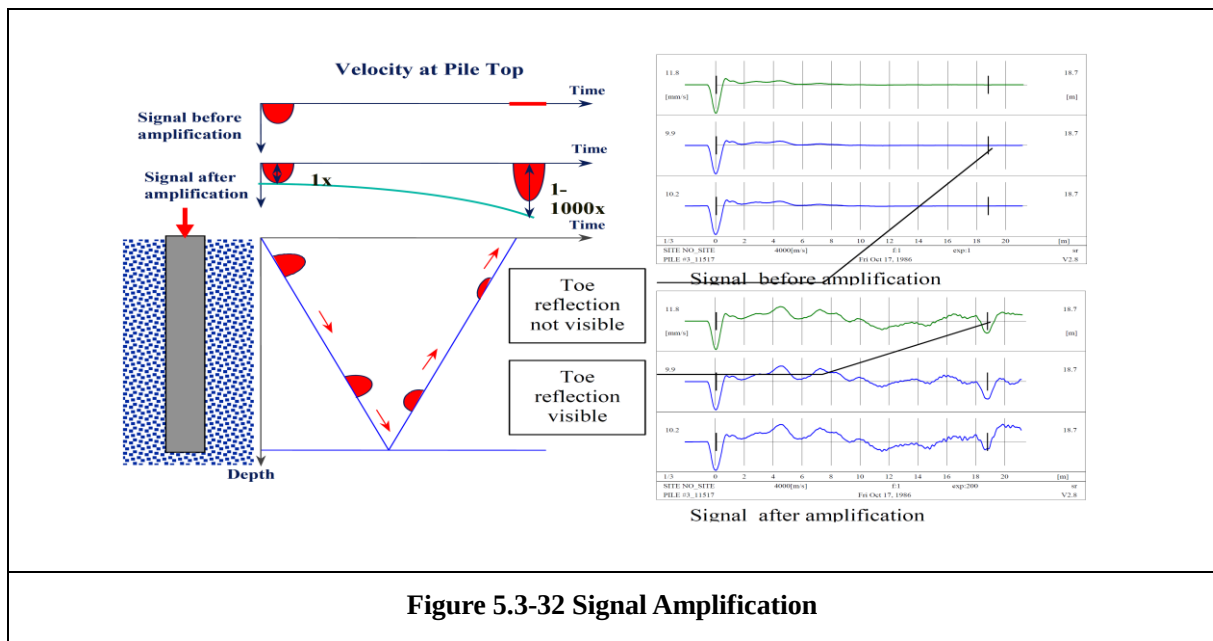
Pile cross section (သို့မဟုတ်) pile material ဂုဏ်သတ္တိများ ပြောင်းလဲခြင်း၊ ပြတ်တောက်ခြင်း ရှိသည့်အခါ တုန်ပြန်မှုများ (reflections) ဖြစ်ပေါ်သည် (ပုံ ၅.၃-၃၀ နှင့် ပုံ ၅.၃-၃၁) ။ ထိုတုန်ပြန်မှုများ ဖြစ်ပေါ်သည့်အချိန်ဖြင့် ပြတ်တောက်မှု ဖြစ်နေသည့် အနက်ကို စိစစ် တွက်ချက်နိုင်သည်။ ထိုတုန်ပြန် ရိုက်ခတ်မှုရှိနေခြင်းသည် pile cross section တိုးလာမှု သို့မဟုတ် pile material အရည်အသွေး တိုးလာမှု၊ လျော့လာမှုများကို ညွှန်ပြနေသည်။



(၃) အချက်ပြမှု လုပ်ငန်းစဉ် (Signal Processing)

၁) Signal Amplification

ပွတ်တိုက်အား (Appendix တွင်ကြည့်ပါ) သည် pile integrity testing ရလဒ်များအပေါ် အလွန် လွှမ်းမိုးမှုရှိသည့်အတွက် ၎င်းကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။ Stress wave များ Pile အောက်ခြေမှ အပေါ်သို့ ပြန်လည်ရိုက်ခတ်လာစဉ် amplitude လျော့ကျသွားခြင်းအား ဖြေရှင်းနိုင်ရန် Pile ထိပ်တွင် တိုင်းတာရရှိသည့် အချက်ပြမှု (signals) များအား linearly သို့မဟုတ် exponentially အကျယ်ချဲ့ရသည်။



၂) အချက်ပြမှုများကို ချောမွေ့အောင် လုပ်ဆောင်ခြင်း (Signal Smoothing)

Pile ထိပ်အနီးရှိ ပြတ်တောက်မှုများ သို့မဟုတ် pile အတွင်းမှ အားဖြည့်သံချောင်းများသည် တိုင်းတာထားသော အချက်ပြမှုများ၏ ယေဘုယျပုံသဏ္ဌာန် (global shape) အား ဖုံးအုပ်ပစ်နိုင်သည့် ကြိမ်နှုန်းမြင့် တုန်ပြန်ရိုက်ခတ်မှုများကို ထုတ်လွှတ်သည်။ ၎င်းအချက်ပြမှုများ၏ ပုံသဏ္ဌာန်ကို ကြည့်နိုင်ရန် ချောမွေ့အောင် (smoothing) ပြုလုပ်ရမည်။ Smoothing လုပ်ခြင်းကြောင့် ပြတ်တောက်မှုနှင့်ဆိုင်သည့် အချက်အလက်များ ပျောက်ဆုံးသွားနိုင်သည့် အချက်ကိုလည်း ထည့်တွက်စဉ်းစားရမည်။ အချက်ပြမှု (signals) များအား နောက်ဆုံးအဓိပ္ပာယ်ဖွင့်ဆိုခြင်းနှင့် တင်ပြခြင်း ပြုလုပ်သည့်အချိန်တွင် smoothing လုပ်ခြင်းကို အနိမ့်ဆုံးသို့ လျှော့ချရမည်။

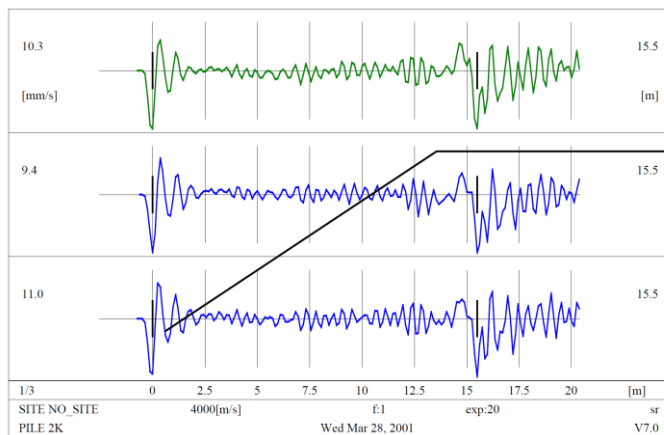


Figure 5.3-33 Unsmoothed Signal

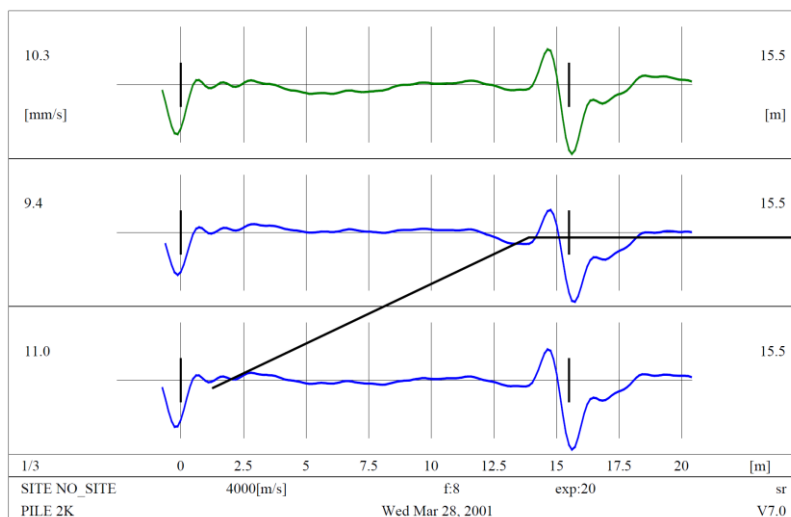


Figure 5.3-34 Smoothed Signal

(၄) ဝိသေသလက္ခဏာဆိုင်ရာ အချက်ပြမှုများ (The Characteristic Signal)

မြေကြီး၏ ခုခံအားပြောင်းလဲခြင်းနှင့် Pile ၏ ပြတ်တောက်မှုကို ခွဲခြားနိုင်ရန်အတွက် test pile မှ SIT အချက်ပြမှုကို လုပ်ငန်းခွင်အတွင်း တူညီသောမြေသားအခြေအနေမှ တူညီသော pile များကို ကိုယ်စားပြုသည်ဟု ယူဆထားသည့် characteristic signal နှင့် နှိုင်းယှဉ်စစ်ဆေးရမည်။ (ထို characteristic signal သည် site အတွင်းရှိ piles များ၏ ပျမ်းမျှ signal သော်လည်းကောင်း၊ စမ်းသပ်မှု မတိုင်ခင် ရွေးချယ်ထားသော reference pile ၏ SIT signal သော်လည်းကောင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ Test pile မှ signal သည် Characteristic signal နှင့် ခြားနားနေလျှင် ခုခံမှု (impedance) ပြောင်းလဲခြင်း မှန်သမျှသည် pile အတွင်း ခုခံမှု ပြောင်းလဲခြင်းကြောင့်သာဖြစ်ပြီး လုပ်ငန်းခွင် မြေကြီး၏ ဝိသေသလက္ခဏာပြောင်းလဲခြင်းမဟုတ်သည်ကို သိထားရမည်။ Characteristic signal တွင် ပြောင်းလဲမှုများ မတွေ့ရလျှင် အကြောင်းရင်းအားသိရှိနိုင်ရန် ထပ်မံခွဲခြမ်းစိတ်ဖြာဆန်းစစ်ရန် လိုအပ်သည်။

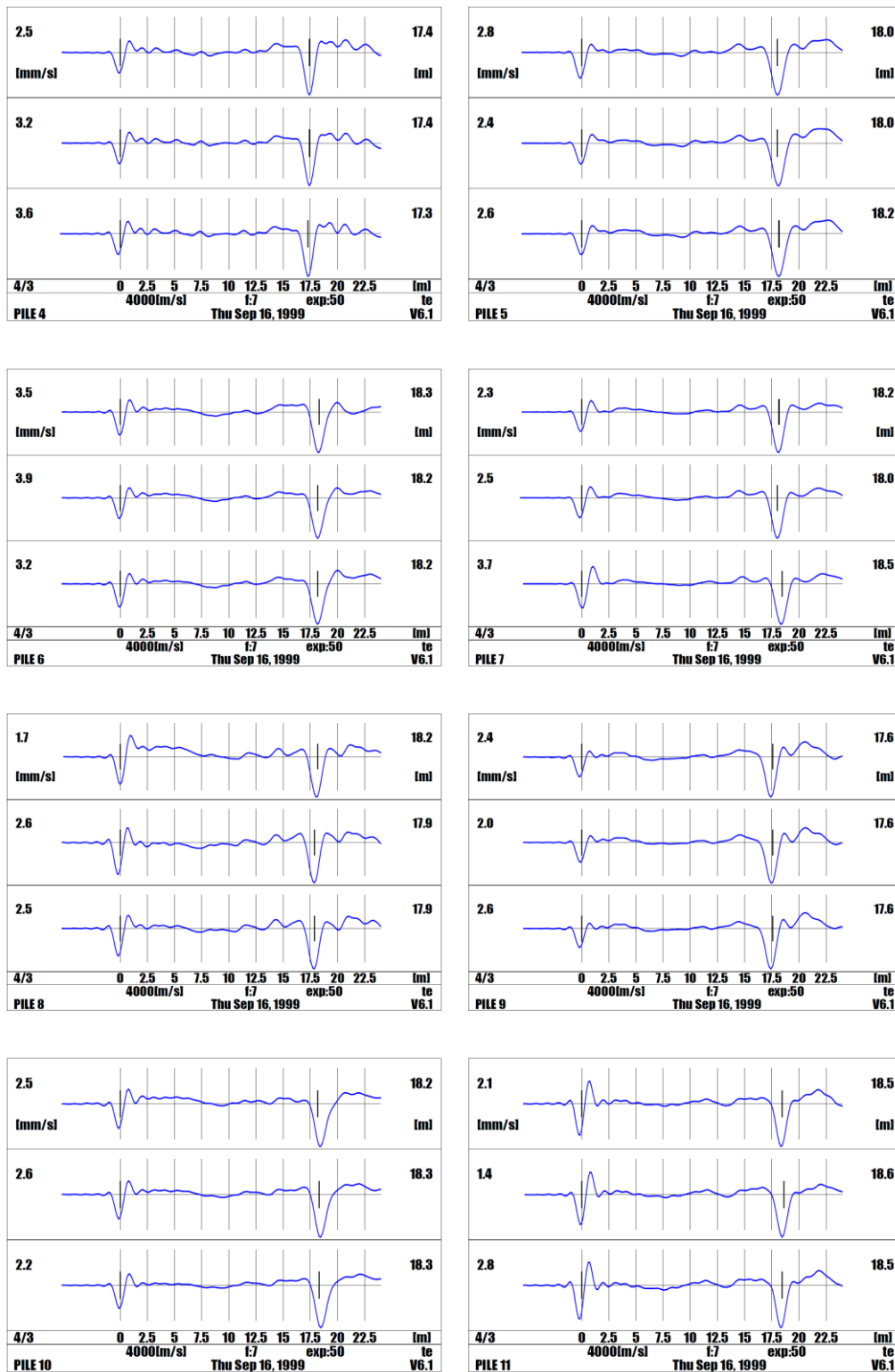


Figure 5.3-35 Example of piles constructed by a similar installation method, in the same ground conditions, of similar age and having the same length.

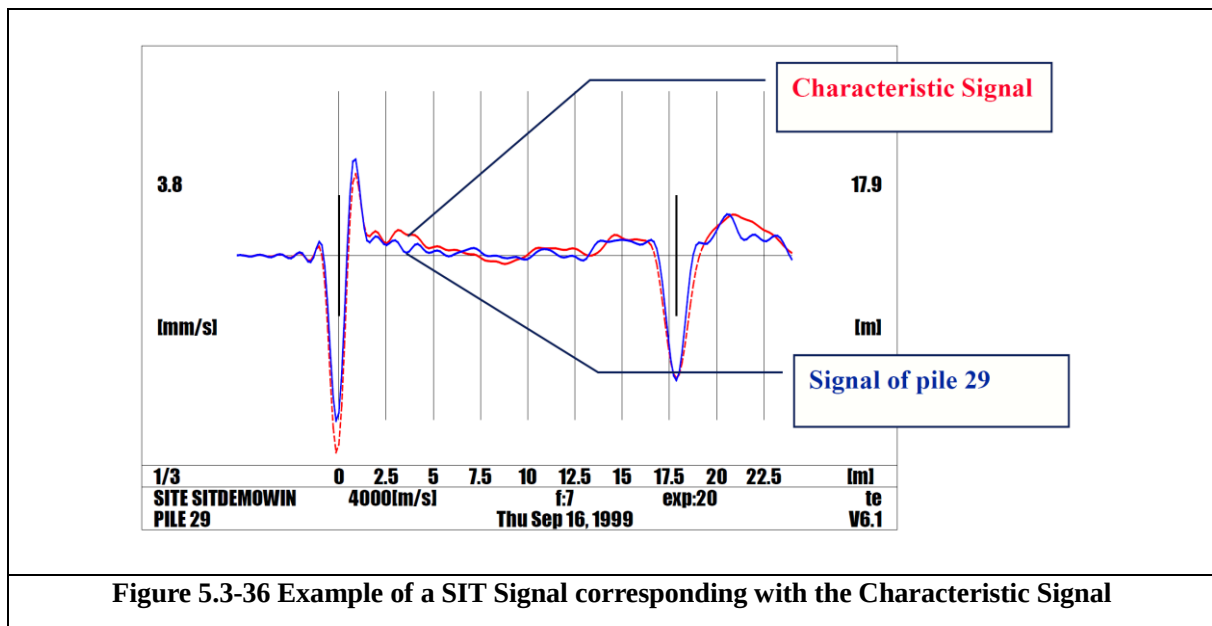


Figure 5.3-36 Example of a SIT Signal corresponding with the Characteristic Signal

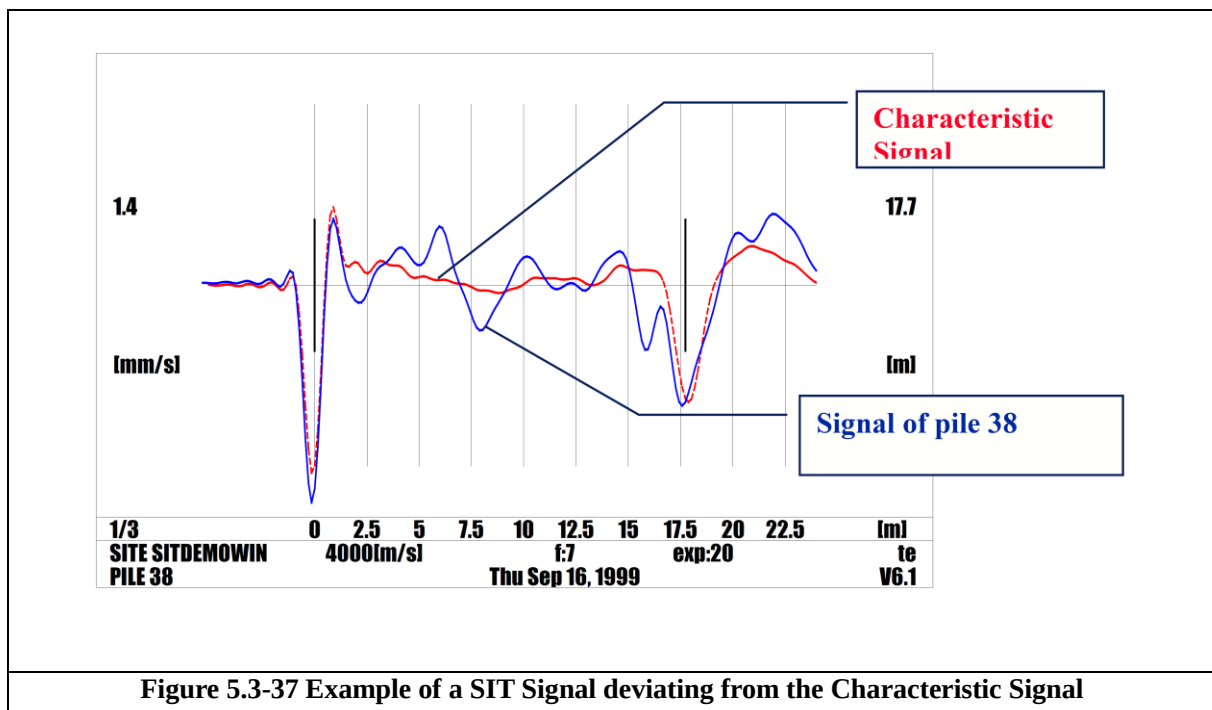


Figure 5.3-37 Example of a SIT Signal deviating from the Characteristic Signal

(၅) အဓိပ္ပာယ်ဖွင့်ဆိုရန် လမ်းညွှန်ချက်များ (Interpretation Guidelines)

- သံသယဖြစ်ဖွယ်ရှိသော piles များကိုသာလျှင် စမ်းသပ်ခြင်းသည် လုံလောက်မှုမရှိပါ။ စိတ်မချရပါ။
- လုပ်ငန်းခွင်တစ်ခုတွင် အမျိုးအစားတူညီသော piles များအတွက် Characteristic signal ကို သတ်မှတ်ပါ။ လုပ်ငန်းခွင်တစ်ခု သို့မဟုတ် pile အုပ်စုတစ်စုမှ ပျမ်းမျှ characteristic signal

သည် အမျိုးအစားတူ အခြား pile များ၏ characteristic signal နှင့် သဟဇာတဖြစ်ရမည်။ ထို့ပြင် သီးခြားလုပ်ငန်းခွင်တစ်ခုတွင် စမ်းသပ်ထားသော piles အများစုနှင့်လည်း ကိုက်ညီမှု ရှိရမည်။ Characteristic signal ကို သိရှိနားလည်ထားမှုများဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်သကဲ့သို့ piles များ၏ ရလဒ်များမှ ပျမ်းမျှ (သတ်မှတ်ချက်စံနှုန်းမှ သွေဖည်သွားသော pile များကိုဖယ်ရှား၍) ယူ၍လည်း ပြုလုပ်နိုင်သည်။

- Characteristic signal ကို ရရှိနိုင်သော မြေသားအချက်အလက်များနှင့် နှိုင်းယှဉ်စစ်ဆေးရမည်။
- သွေဖည်မှု (Deviations) ဖြစ်ပေါ်ရသည့် အကြောင်းအရင်းများကို သိနားလည်အောင် လုပ်ရမည်။ မြေလွှာပြောင်းလဲခြင်းကြောင့် pile cross-sections ပြောင်းလဲခြင်း၊ pile တွင် ဖြည့်သည့်ပစ္စည်း၊ မြေကြီး၏ voids များ၊ အုတ်မြစ်အဟောင်းများ၏ အောက်ခြေများ၊ မာကြောသည့် အလွှာတွင်းသို့ ဝင်နေခြင်း၊ casing အလျားများ၊ pile အောက်ခြေကို ကြီးအောင် ပြုလုပ်ထားခြင်းတို့သည် အများဆုံးတွေ့ရသည့် အကြောင်းအရင်းများ ဖြစ်သည်။

မှတ်စု။ Pile တစ်ခုသည် ကျောက်လွှာသို့ ဝင်ရောက်လျှင် ပွတ်တိုက်အား တိုးလာသောကြောင့် damping သည် အလွန်မြင့်မားလိမ့်မည်။ Cross section သိသိသာသော တိုးလိမ့်မည်။ Pile ၏ အောက်ခြေ မှ တုန်ပြန်ရိုက်ခတ်မှု ရှိတော့မည်မဟုတ်ပါ။

- ဖြစ်နိုင်လျှင် characteristic signal မှ pile length ကို သတ်မှတ်ရမည်။
- အချက်ပြမှုအားလုံးကို အသုံးပြုပြီး pile တစ်ခုချင်းစီအတွက် အဓိပ္ပာယ်ဖွင့်ဆိုရမည်။
- ပုံမှန်မှ အရေးကြီးသော သွေဖည်မှုများကို "သံသယဖြစ်ဖွယ်အချက်ပြမှု (suspect signals)" အဖြစ် ပြသရမည်။
- ပုံမှန်မှ သွေဖည်မှု အဆင့်နှင့်အမျိုးအစားကို သတ်မှတ်ပြီး pile ၏ ကိုယ်ထည်ကို စစ်ဆေးရမည်။

မှတ်စု။ အချင်း ၀.၄ မီတာထက် ကြီးသော pile များတွင် three dimensional effects သည် အချက်ပြမှုများအပေါ် သက်ရောက်လွှမ်းမိုးမှု ရှိနိုင်သည်ကို သတိပြုရမည်။

(၆) အဓိပ္ပာယ်ဖွင့်ဆိုခြင်း (Interpretation)

အဓိပ္ပာယ်ဖွင့်ဆိုရာတွင် အဆင့် ၆ ဆင့်ဖြင့် ဖော်ပြကြသည်။

Class 1, Pile OK

Class 2, Pile head problem

Class 3, Discontinuity သည် pile shaft ၏ nominal impedance ကို လျှော့ချနေသည်။

(The nominal impedance represents normally the impedance at the pile top)

Class 4, Pile များသည် တိုလွန်းသည်။

Class 5, Pile များသည် ရှည်လွန်းသည်။

Class 6, သွေဖည်မှု ဖြစ်နေသည်။ သို့မဟုတ် pile ၏ အောက်ခြေမှ reflection မရှိပါ။

Class တစ်ခုချင်းစီအတွက် ရလဒ်နမူနာများကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

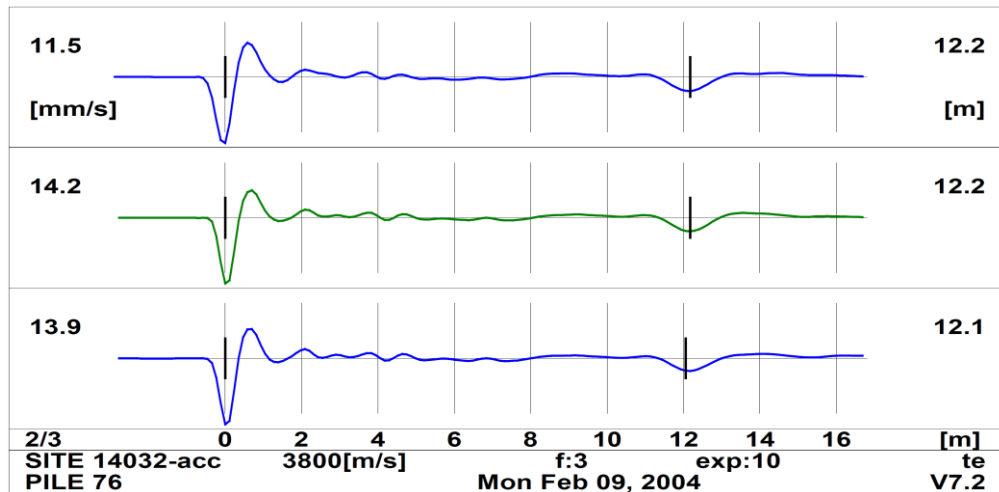


Figure 5.3-38 Class.1 Pile Good, Length OK,

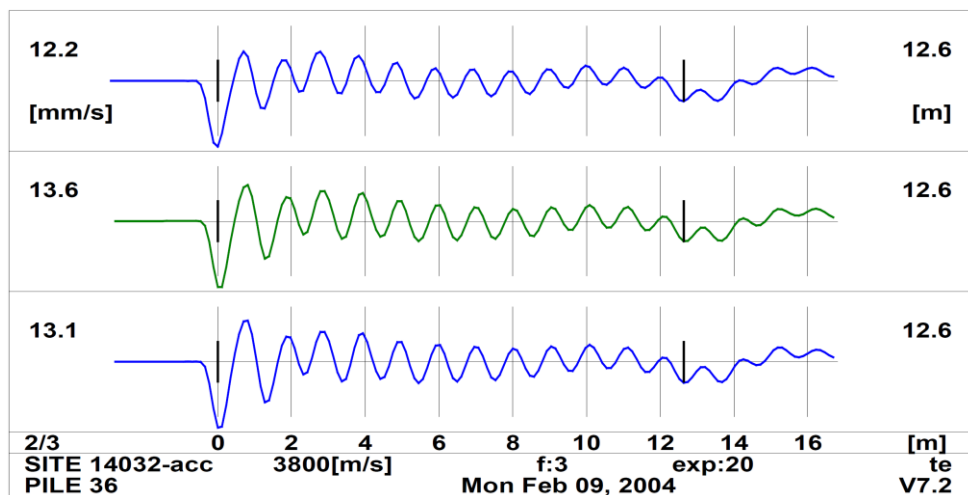


Figure 5.3-39 Class .2 Pile head problem,
Class 2 Possible reason, crack, necking, low material quality.

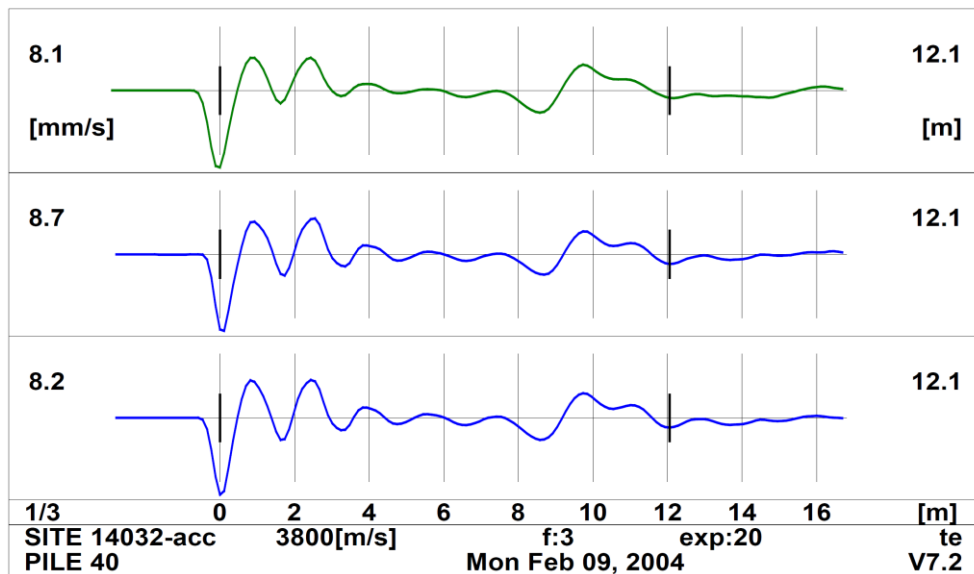


Figure 5.3-40 Class.3 Reflection from discontinuity at 1.5 m from the pile head. Possible cause, crack, necking, low material quality.

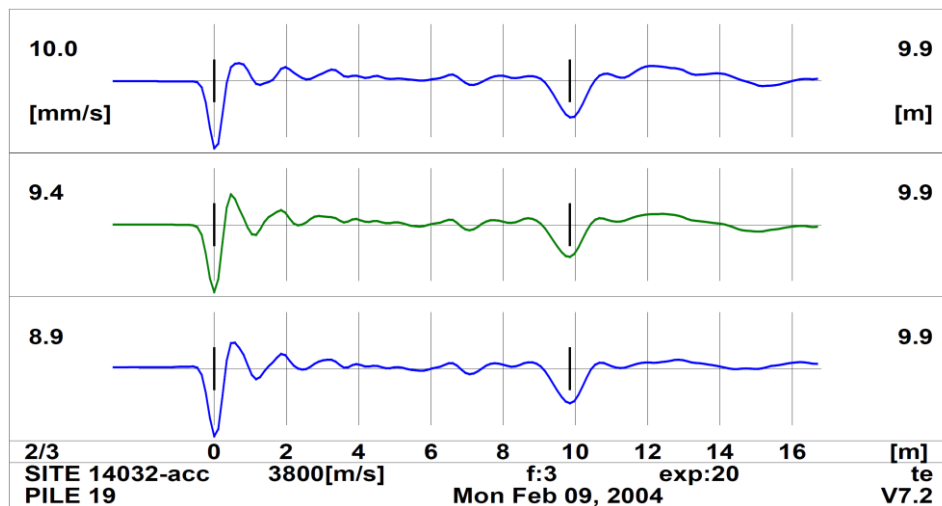


Figure 5.3-41 Class 4. Pile too short, reflection at 10m, should be 12m. Possible cause: made too short, broken, heavily cracked or serious necking at 10 from the top.

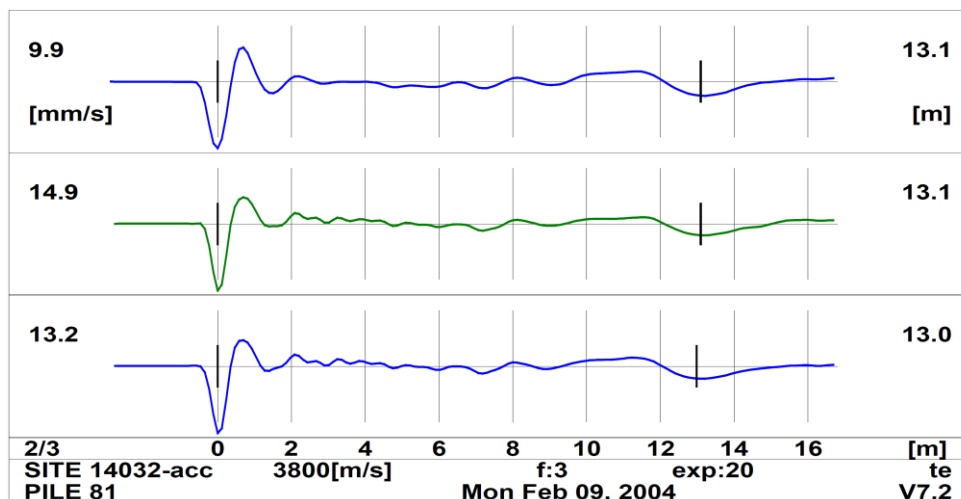


Figure 5.3-42 Class 5. Toe reflection too late.

Possible cause: Pile made too long, lower material quality, pile younger than other piles

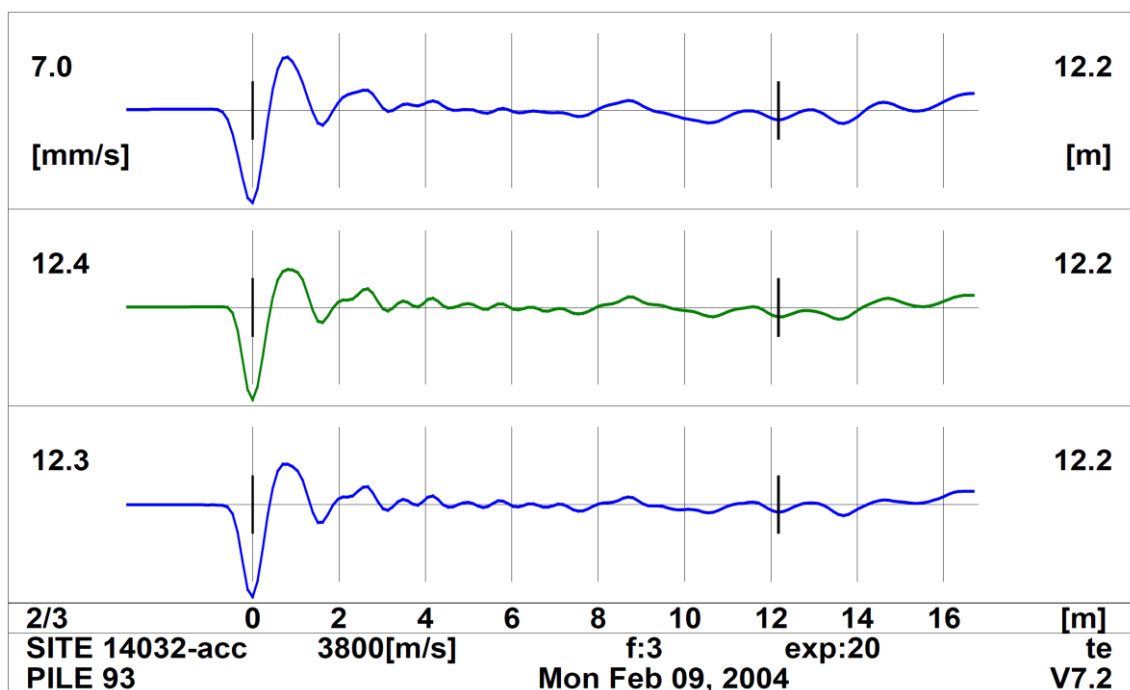


Figure 5.3-43 Class 6. No clear toe reflection

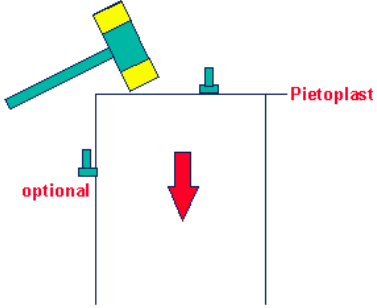
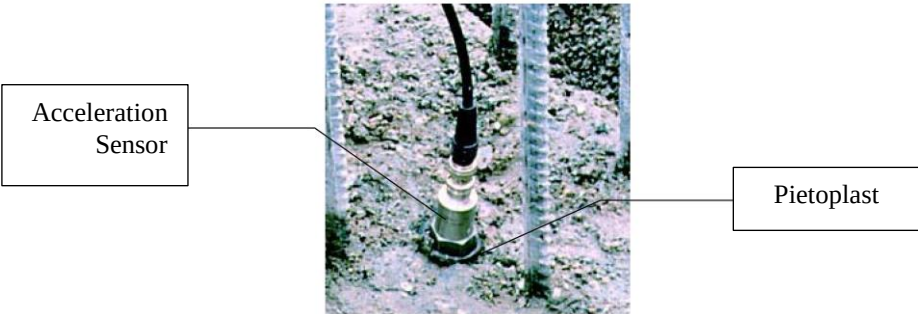
Possible cause, large friction, deviating material properties at pile toe

(၇) Pile ပြင်ဆင်ခြင်း (Pile Preparation)

- Driven piles : အက်ကွဲမှုဖြစ်ပေါ်လျှင် pile ထိပ်ဖျားကို ဖယ်ထုတ်ပါ။
- Cast-in-situ piles : ပျော့နေသည့် pile ထိပ်ဖျားကို ဖယ်ရှားရမည်။
- All piles : မြေမျက်နှာပြင်မှ ပိုနေသော အပိုင်းများကို ဖြတ်ထုတ်ပါ။
- (Pile ထိပ်ဖျားသည် ညီညာချောမွတ်နေရန် မလိုအပ်သော်လည်း သန့်ရှင်းနေရမည်။)

(၈) Sensor ကို နေရာချထားခြင်း (Placing the Sensor)

Sensor ကို ဒေါင်လိုက်ဖြစ်နေစေရန် pile ၏ ထိပ်တွင် pietoplast အနည်းငယ်ဖြင့် ကပ်၍ ထားရမည်။ Pile ၏ အလယ်ဗဟိုတွင်မဟုတ်ဘဲ မျက်နှာပြင်ညီညာသည့်နေရာတွင် လက်အားဖြင့် ဖိပြီး ထားရမည် ဖြစ်သည်။ (Pietoplast သည် pile မှ sensor ဆီသို့ အချက်ပြမှု ကူးပြောင်းမှုနှင့် အသံဟိန်းခြင်း လျော့ချရန် အထောက်အကူဖြစ်စေသည်။) ။ Impact ရှိနိုင်သည့် နေရာအနီးတွင် sensor ကို မထားရပါ။ မှတ်စု။ pile ထိပ်ဖျားသို့ အချက်ပြမှု အလွယ်တကူရောက်နိုင်ပါက accelerometer ကို pile shaft တွင် တပ်ဆင်နိုင်သည်။

	
Figure 5.3-44 Example of Pile Top with Sound Concrete	Figure 5.3-45 Example of Placement of Transducer
	
Figure 5.3-46 Example of Placement of Transducer	

(၉) ယုံကြည်စိတ်ချရသော စမ်းသပ်မှု (Reliable Testing)

ယုံကြည်စိတ်ချရသော စမ်းသပ်မှုအတွက် သတ်မှတ်ချက်များမှာ အောက်ပါတို့ ပါဝင်သည်။

- ယုံကြည်မှုစိတ်ချရမှု အမြင့်ဆုံးဖြစ်စေရန်အတွက် pile များအားလုံးကို စမ်းသပ်ရမည်။ ၎င်းသည် ဆောက်လုပ်ရေးဝန်ကြီးဌာန၏ လက်ရှိမူဝါဒပင်ဖြစ်သည်။
- သို့သော် ငွေကြေး၊ အချိန် စသည့် အချက်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပါက SIT အတွက် စမ်းသပ်မည့် pile အရေအတွက် ကို ဆုံးဖြတ်ရမည်။
- Blow length အရှည် ၁ မီတာ (သို့) ၁ မီတာ နှင့် အောက်ရှိသော တူကို အသုံးပြုရမည်။ (Appendix တွင် ကြည့်ပါ။)
- Pile တစ်လုံးစီအတွက် တူညီသော signals အနည်းဆုံး သုံးခုကို မှတ်တမ်းယူရမည်။
- signal များ အားလုံးကို စစ်ထုတ်ဖယ်ရှားမှုအနိမ့်ဆုံးနှင့် အသင့်လျော်ဆုံးသော ချဲ့ထွင်မှုတို့ဖြင့် တူညီသော နည်းလမ်းသုံး၍ ပြုပြင်ရမည်။
- Characteristic signal ကို သတ်မှတ်ရမည်။
- Characteristic signal ကို မြေသားစမ်းသပ်စစ်ဆေးမှု ဒေတာအချက်အလက်များနှင့် တိုက်ဆိုင် စစ်ဆေးရမည်။
- Characteristic signal မှ သွေဖည်သွားသော signal များကို စစ်ဆေးရမည်။
- အရည်အသွေးအားဖြင့် အဓိပ္ပာယ်ဖွင့်ဆိုခြင်း (Qualitative Interpretation) လုပ်ဆောင်ရမည်။
- ရရှိနိုင်သော သတင်းအချက်အလက်အားလုံးကို အသုံးပြုရမည်။
- လမ်းညွှန်ချက်များကို လိုက်နာရမည်။

လိုအပ်လျှင် TNOWAVE (SITWAVE) ကို အသုံးပြု၍ integrity test အချက်ပြမှုများ တွဲဖက် ခြင်းဖြင့် အရေအတွက်အားဖြင့် အဓိပ္ပာယ်ကောက်ခြင်း (Quantitative Interpretation) ကို လုပ်ဆောင် ရမည်။ သံသယရှိသေးပါက pile ကို တူးပြီး core sample ယူ၍ စမ်းသပ်ခြင်းဖြစ်စေ၊ load test (DLT, STN, SLT) ဖြစ်စေ လုပ်ဆောင်ရမည်။ သို့မဟုတ်ပါက pile ကို အသုံးမပြုဘဲ ပယ်ရမည်။

အခန်း ၆. နေရာတွင် သွန်းလောင်းသည့် PILE (CAST-IN-PLACE PILE) များအတွက် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းခြင်း နည်းလမ်းများ

ဤအခန်းကို စက်ယန္တရားဖြင့် မြေတူးခြင်းဖြင့်ဖြစ်စေ၊ deep foundation နည်းလမ်းကို သုံး၍ဖြစ်စေ၊ နေရာတွင်ပင်သွန်းလောင်းသည့် pile တည်ဆောက်မှုများ (All-Casing method ၊ Reverse circulation drilling method နှင့် Earth drilling method) အတွက် အသုံးပြုနိုင်သည်။ နေရာတွင်ပင် သွန်းလောင်းသည့် pile ၏ စိတ်ချရမှုမှာ ၎င်း၏တည်ဆောက်တပ်ဆင်မှုအပေါ်တွင် များစွာမူတည်နေသည်။ ဤအခန်းတွင် ယခုလက်ရှိအတွေ့အကြုံနှင့် အခြားအခြေအနေများကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး မြေတူးသည့် နည်းလမ်းများအရ ကွဲပြားခြားနားသည့် အောက်ပါနည်းလမ်း ၄ မျိုးအတွက် ဖော်ပြသွားမည်။

၆.၁ All-casing Method

၆.၁.၁ တည်ဆောက်မှု အနှစ်ချုပ် (Outline of Construction)

မြေကြီးကို သတ်မှတ်ထားသော အနက်တစ်ခုအထိရောက်အောင် ဤပေါင်းစပ်ထားသည့် လုပ်ငန်းစဉ် ၂ ခုဖြင့် ထပ်ခါတလဲလဲ တူးရသည်- ၁) casing tube ကို tubing device အသုံးပြု၍ တုန်ခါစေခြင်းအားဖြင့် ထည့်သွင်းခြင်းနှင့် ဖိအားဖြင့်သွင်းခြင်း၊ ၂) မြေတူးခြင်းနှင့် ဆွဲပုံ (Hammer grab) ကို အသုံးပြု၍ tube အတွင်းမှ မြေကြီးများကို ထုတ်ယူဖယ်ရှားခြင်းဖြစ်သည်။ တွင်းနံရံများနှင့် အောက်ခြေများ တွင်းတစ်တွင်းလုံးအပြည့်ကို casing tube ဖြင့် ရေမဝင်စေရန် ကာကွယ်ထားရမည်။ မြေသားအရည်အသွေးပေါ်တွင်မူတည်၍ အချို့နေရာများတွင် casing tube ကိုသာ အသုံးပြုရမည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အခါ casing tube များကို ဆွဲထုတ်ရမည်။

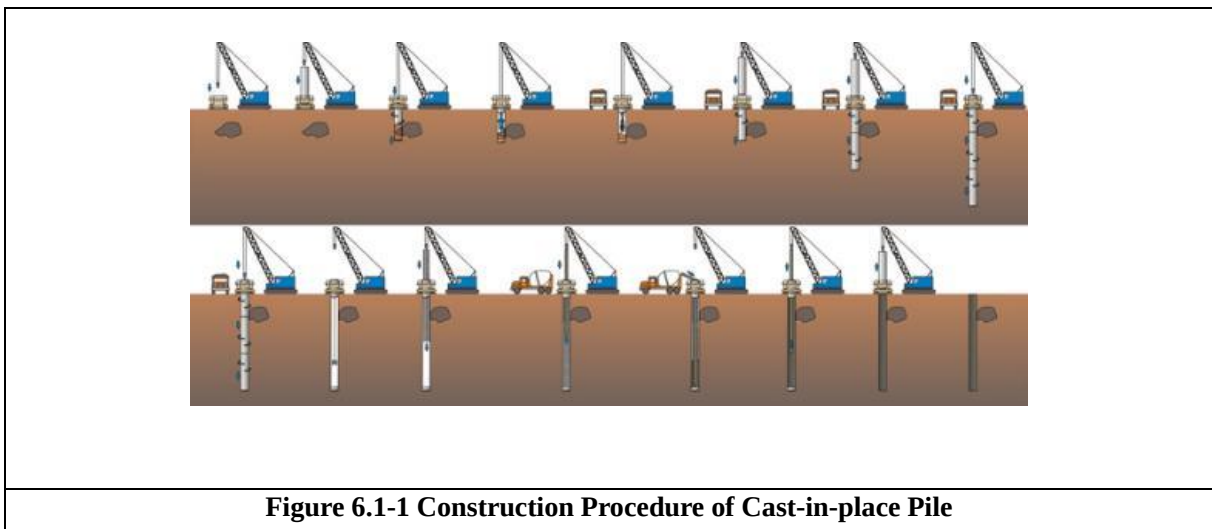


Figure 6.1-1 Construction Procedure of Cast-in-place Pile

၆.၁.၂ တည်ဆောက်ရေးစက်ယန္တရားများ (Construction Machineries)

တည်ဆောက်ရေးစက်ယန္တရားများနှင့် ကိရိယာများ ရွေးချယ်ရာတွင် pile ၏ အတိုင်းအတာများ ၊ လုပ်ငန်းခွင်ပတ်ဝန်းကျင်အခြေအနေ၊ မြေသားအခြေအနေ၊ လုပ်ငန်းခွင် ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းရေးနှင့် pile ၏ လိုအပ်သော အတိုင်းအတာများနှင့် လုပ်ဆောင်ချက်များ (functions) ကို ပြေလည်ကိုက်ညီစေမည့် အလားတူအချက်များကို ပြည့်ပြည့်စုံစုံ လေ့လာစစ်ဆေးပြီး ရွေးချယ်ရမည်။ Cast-in-place pile တည်ဆောက်ရေးနည်းလမ်းများသည် မြေတူးသည့်နည်းလမ်းများအရ မူလကပင် ခြားနားရုံသာမက တည်ဆောက်ရေးအခြေအနေအမျိုးမျိုးကိုလိုက်၍ အသေးစိတ်သော သီးခြားနည်းစနစ် အသုံး ချမှုများလည်း ပါဝင်နေသည်။ ထို့ကြောင့် အသုံးပြုသော စက်ယန္တရား၊ ကိရိယာများနှင့် ၎င်းတို့၏ သွင်ပြင်လက္ခဏာရပ်များနှင့်ပတ်သက်၍ ကျွမ်းကျင်မှုရှိရန် အရေးကြီးပါသည်။

(၁) Casing tube ချရန် မြေတူးစက် (Excavator for Placement of Casing Tube)

၁) Rotary Excavator

Rotary excavator သည် cutting edge မှ အသွားကို လှည့်၍ မြေကြီးကိုတူးပြီး casing tube ကို နေရာချသည်။ အသွား ၏ torque မြင့်မားမှုကြောင့် casing tube ကို မြေအောက်အတားအဆီးရှိသော နေရာများနှင့် မာကြောသောမြေလွှာများကိုပါ ဖြတ်သန်း၍ နေရာချနိုင်သည်။ Rotary excavator များသည် ပိုမိုနက်ရှိုင်းစွာ တူးရသော pile များအတွက် သင့်လျော်သည်။

၂) Shaking Excavator

တုန်ခါ၍တူးသည့်မြေတူးစက် (vibration excavator) သည် casing tube ကို ထပ်ခါတလဲလဲ တုန်ခါမှုပေးပြီး မြေလွှာထဲသို့ ချသည်။ Pile အချင်း၊ အနက် နှင့် မြေသားအခြေအနေများကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး မြေတူးစက်ကို ရွေးချယ်ရမည်။



Figure 6.1-2 Rotary Excavator



Figure 6.1-3 Shaking Excavator

Table 6.1-1 Standard of Rotary Excavator and Shaking Excavator

		Maximum Diameter (mm)	Machine Weight (t)	Rotary/ Vibration Torque (kN*m)
Rotary	Crawler Type	2,000	62 – 96	1,180-1,860
	Stationary Type	2,000	25- 87	1,060-4,400
Shaking	Crawler Type	2,000	24-54	620-15,70
	Stationary Type	3,000	14-15	1,110-1,390

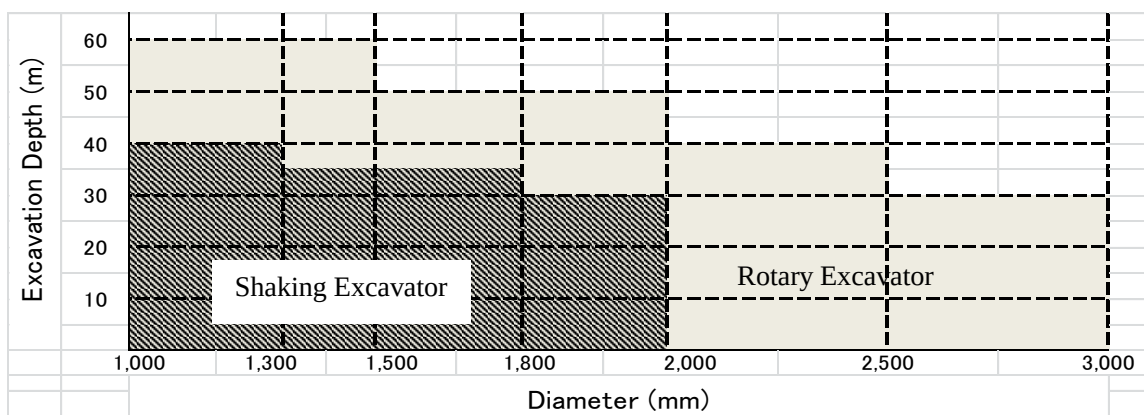


Figure 6.1-4 Standard of Rotary Excavator and Shaking Excavator

(၂) Casing Tube

တွင်းနံရံများ ပြိုကျခြင်းမဖြစ်စေရန်အတွက် casing tube ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ Casing tube တစ်ခု၏ ပုံမှန်အရှည်သည် ၆ မီတာ ဖြစ်ပြီး၊ ၄-၁ မီတာ အရှည် များကိုလည်း adjustment tube အဖြစ် အသုံးပြုသည်။ Casing tube သည် ဒီဇိုင်းတွင်ပါသော မြေတူးရမည့် အနက်ထက် ၃-၆ မီတာ ပို၍ ရှည်ရမည်။ ‘First Tube’ ဟုခေါ်သော casing tube ၏ အောက်ခြေတွင် အစွန်း (cutting edge) ရှိသည်။ ထို cutting edge ၏ အပြင်ဘက် အသွား (blade) သည် မြေတူးခြင်းကို လွယ်ကူစေပြီး casing tube နှင့် မြေကြီးကြား မျက်နှာပြင်ပွတ်တိုက်အား (surface friction) ကို လျော့ချပေးသည်။ အပြင်ဘက် အသွား အရွယ်ကြီးလွန်းပါက မြေကြီးကို လျော့တိလျော့ရဲ ဖြစ်စေနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် အပြင်ဘက်အသွားများအတွက် စံသတ်မှတ်ထားသည့် အရွယ်အစားမှာ ၁၀-၁၅ မီလီမီတာ ဖြစ်သင့်သည်။



Figure 6.1-5 Casing Tube.

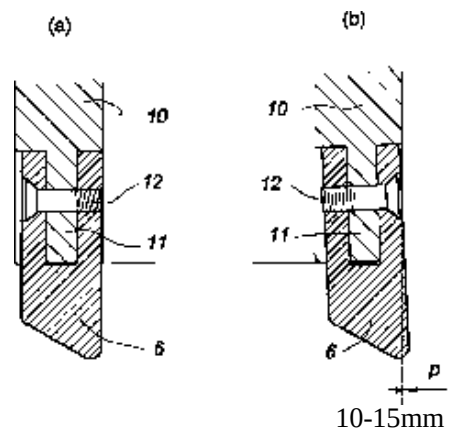
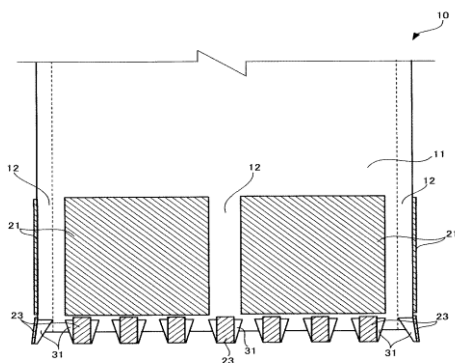


Figure 6.1-6 Edge of Casing Tube.

(၃) ဆွဲပုံ: (Hammer Grab)

Hammer grab shell ၏ အကျယ်သည် casing tube ကို အထိအခိုက်မရှိစေရန်အတွက် casing tube ၏ အကျယ် (diameter) အောက် ၄၀ မီလီမီတာမှ ၉၀ မီလီမီတာအထိ ပိုငယ်ရမည်။

သို့သော် hammer grab သည် ငယ်လွန်းနေလျှင်လည်း မြေတူးလုပ်ငန်း တိုးတက်မှုအား ထိခိုက်နိုင် သည်။



Figure 6.1-7 Hammer Grab

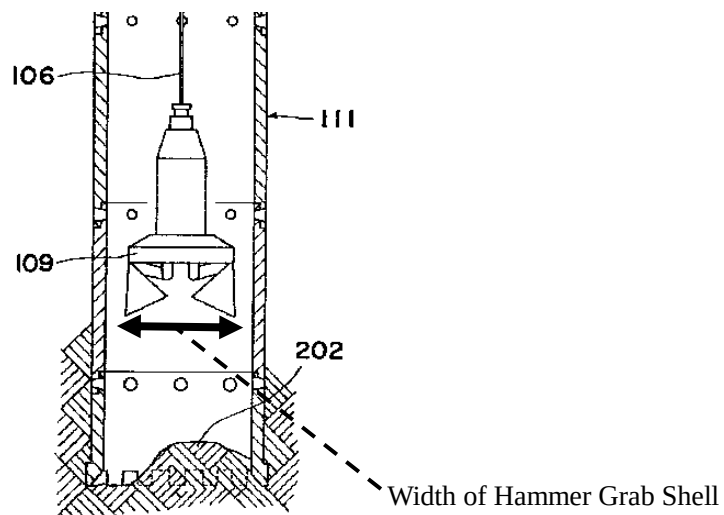


Figure 6.1-8 Size of Hammer Grab

(၄) Support Crane

ယေဘုယျအားဖြင့် crawler အမျိုးအစား crane သည် တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းများအတွက် အသုံးဝင်သည်။ Hammer grab ၊ casing tube ၊ အားဖြည့်သံချောင်းစသည်တို့၏ အလေးချိန်နှင့် crane လည်ပတ်လုပ်ကိုင်မည့် အဝန်းအဝိုင်းတို့ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး support crane ကို ရွေးချယ်ရမည်။

(၅) Slash Tank

တွင်းထဲသို့ ပေးပို့ရမည့်ရေကို သိုလှောင်ရန် slash tank ကို အသုံးပြုသည်။ တွင်းထဲ၌ လိုအပ်သော ရေပမာဏနှင့် tank တပ်ဆင်ခြင်းနှင့် ဖြုတ်သိမ်းခြင်းအတွက် စီမံကိုင်တွယ်မှုတို့ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး slash tank ၏အရွယ်အစားကို သတ်မှတ်ရမည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် ၁၀-၃၀ ကုဗမီတာ အရွယ်အစားကို အများဆုံးအသုံးပြုကြသည်။



Figure 6.1-9 Slash Tank

(၆) အခြား

Table 6.1-2 All Casing Method

Slurry ပုံ:	ရွှံရည် (Slurry) များ ဖယ်ထုတ်ရန် သုံးသည်။ အစွန်းတွင် အဖွင့်၊ အပိတ် ကိရိယာပါသည်။
Pump	တွင်းထဲတွင် ရေလည်ပတ်နေစေရန် အသုံးပြုသည်။
Tremie	အတွင်းဘက် အချင်း ၂၀၀-၃၀၀ မီလီမီတာ၊ အလျား ၆.၀ မီတာ (အခြေခံအားဖြင့်)

၆.၁.၃ တည်ဆောက်ရေး (Construction)

(၁) မြေတူးခြင်း (Excavation)

၁) Casing Tube နေရာချခြင်း (Settlement of Casing Tube)

Casing tube အား နေရာချမှုတိကျမှန်ကန်မှုရှိအောင် စီမံခန့်ခွဲခြင်းသည် pile တစ်ခုလုံး၏ တည်ဆောက်မှုတိကျမှန်ကန်မှုရှိစေရေးအတွက် မရှိမဖြစ်အရေးပါသည်။ Casing tube ၏ တည်နေရာ မှန်ကန်မှုနှင့် တိမ်းစောင်းမှု အနေအထားကို cross point များဖြင့် တိုင်းတာစစ်ဆေးရမည်။ Casing tube အား လှည့်ပတ်ခြင်းကို ရပ်လိုက်ပါက ၎င်းကို ပြန်လှည့်ရန်နှင့် ဆွဲထုတ်ရန် ခက်ခဲနိုင်သည့်အတွက် casing tube အား လှည့်ခြင်း (rotation) ကို မရပ်သင့်ပါ။

ဒီဇိုင်းတွင်ပါသည့်အတိုင်း pile ၏ အလယ်ဗဟိုကို ရှာဖွေတိုင်းတာပြီး ယာယီ pile ကို တပ်ဆင်ရမည်။ စက်ယန္တရားများ၏ သက်ရောက်မှုရှိသည့်အတွက် offset point ကို နေရာချရမည်။ စက်ယန္တရားများ နေရာချသည့်အချိန်တွင် survey လုပ်ထားသည့် အမှတ်ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။

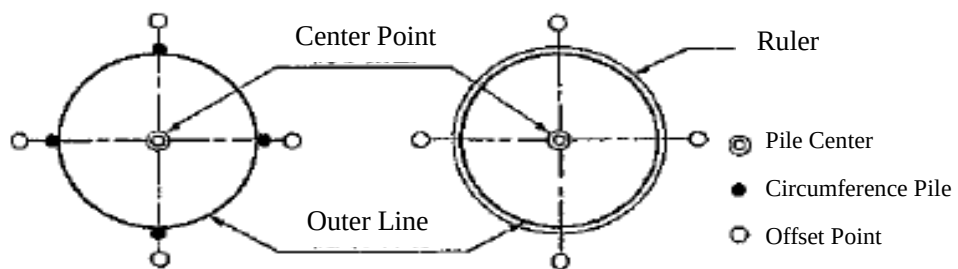


Figure 6.1-10 Survey



Figure 6.1-11 Excavation

၂) မြေတူးနေသည့်အနက်ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုခြင်း (Confirmation of Excavation Depth)

မြေတူးထားသည့်အနက်ကို အတည်ပြုရန်အတွက် တိုင်းတာစစ်ဆေးသည့်ကိရိယာများကို တပ်ဆင်ရမည်။ မြေတူးထားသည့် အပိုင်း one hall တွင် အနည်းဆုံး ၄ နေရာ တိုင်းတာစစ်ဆေးရမည်။



၃) ဝန်ကိုထမ်းမည့်အလွှာသို့ နစ်မြုပ်ဝင်မှု (Embedment to Support Layer)

Casing tube ကို ထည့်သွင်းနေစဉ်အတွင်း ဝန်ထမ်းမည့်အလွှာကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။

- တူးထားသည့်မြေသားကို ဒီဇိုင်းတွင်ပါသည့်အခြေအနေနှင့်ဖြစ်စေ၊ ဘူမိနည်းပညာဆိုင်ရာ လေ့လာတိုင်းတာမှုရလဒ်များနှင့်ဖြစ်စေ နှိုင်းယှဉ်ရမည်။
- မြေတူးမည့်အမြန်နှုန်း (speed) နှင့် torque ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။

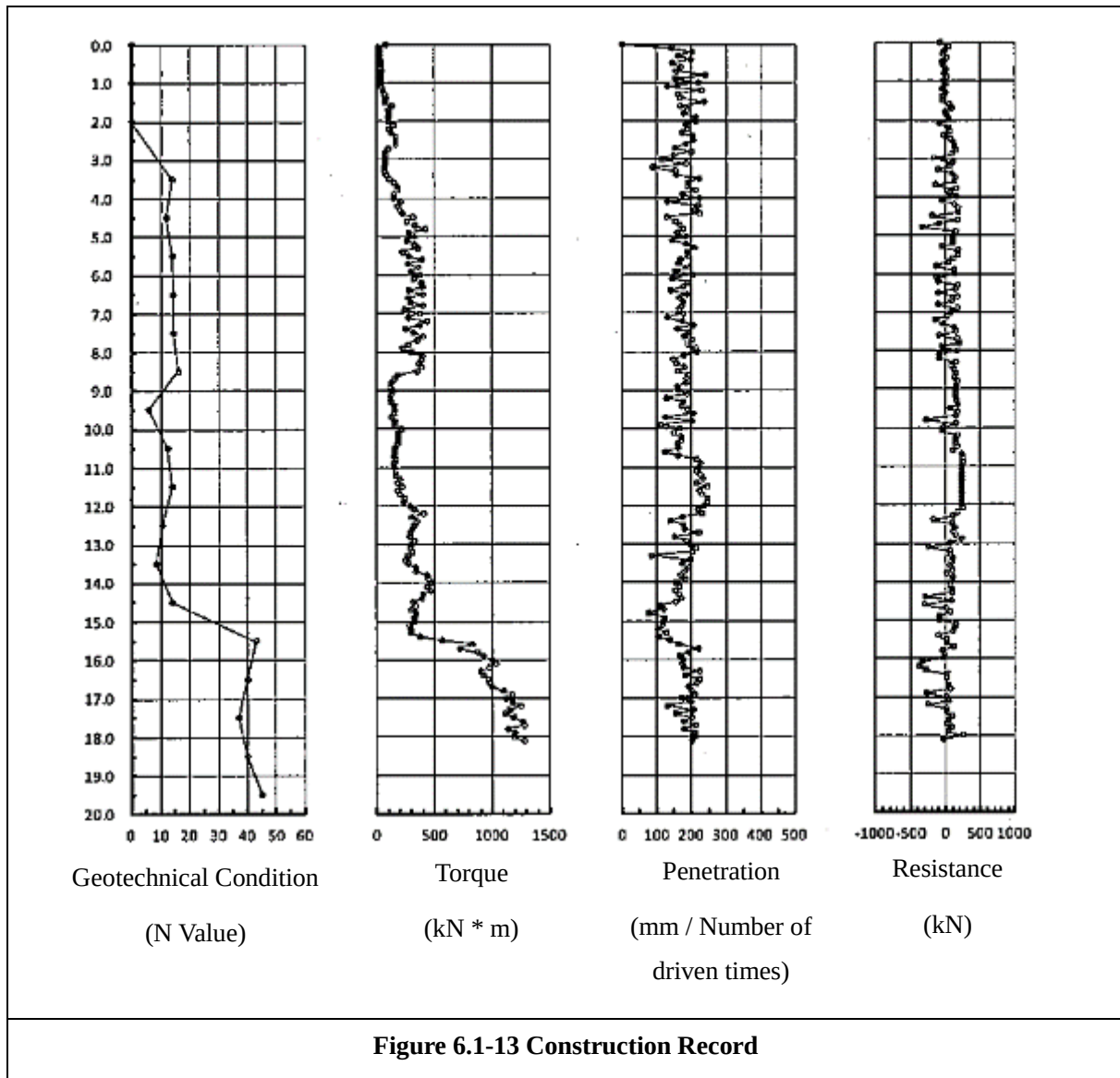
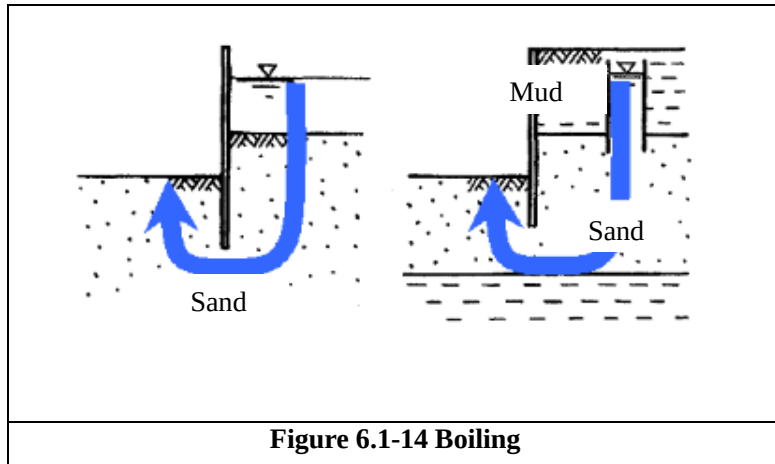


Figure 6.1-13 Construction Record

၄) တွင်းနံရံ တည်ငြိမ်မှုရှိအောင် ပြုလုပ်ခြင်း (Hole Wall Stabilization)

Casing tube များ အသုံးပြုခြင်းအားဖြင့် တွင်းနံရံများသည် အခြေခံအားဖြင့် တည်ငြိမ်မှုရှိကြသည်။ သို့သော်လည်း casing tube ၏ အောက်ခြေ boiling ဖြစ်ခြင်းနှင့် မြေတူးခြင်းကြောင့် မြေကြီးလျော့ရဲမှု ဖြစ်ခြင်းကိုမူ သတိထားသင့်သည်။ မြေ ပွက်ခြင်း (Boiling) ကို ကာကွယ်ရန်အတွက် နံရံမြှုပ်ဝင်ရမည့် အနက်ကို တိုးမြှင့်ရန်နှင့် တွင်းထဲရှိ ရေ၏အနက်ကို ထိန်းထားရန် စဉ်းစားသင့်သည်။



(၂) သံကူကွန်ကရစ်လုပ်ငန်း (Reinforcement Work)

၁) သံခြင်း (Rebar Cage)

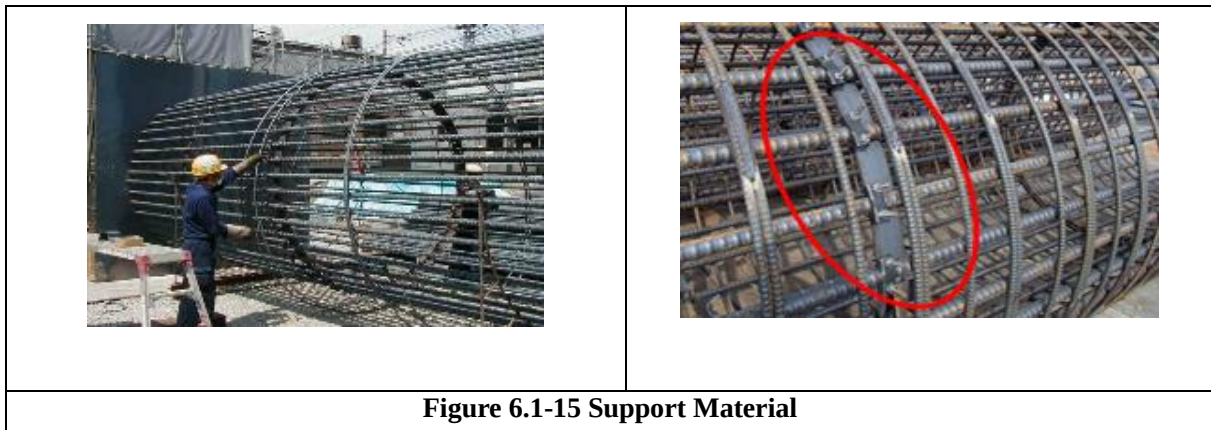
သံခြင်းကို နေရာမချခင် design နှင့် drawing ကို စစ်ဆေးရမည်။ ထို့နောက် သံခြင်းအား မှန်မှန် ကန်ကန် တပ်ဆင်ထားခြင်း ရှိ/မရှိ စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။

[Axial Reinforcement Bar]

မြေတူးသည့်အနက်တွင် အတိုးအလျော့ allowance ရှိသည့်အတွက် pile ဝင်ရိုးအတိုင်းရှိသော အားဖြည့်သံချောင်းများ (Axial reinforcement bar) ၏ အရှည်ကိုလည်း allowance တန်ဖိုးတစ်ခု ထားရှိသင့်ပါသည်။

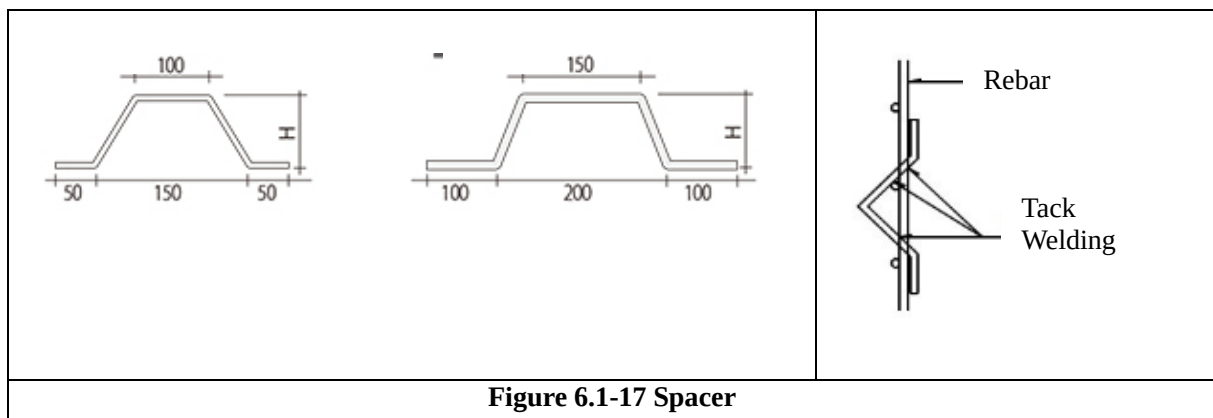
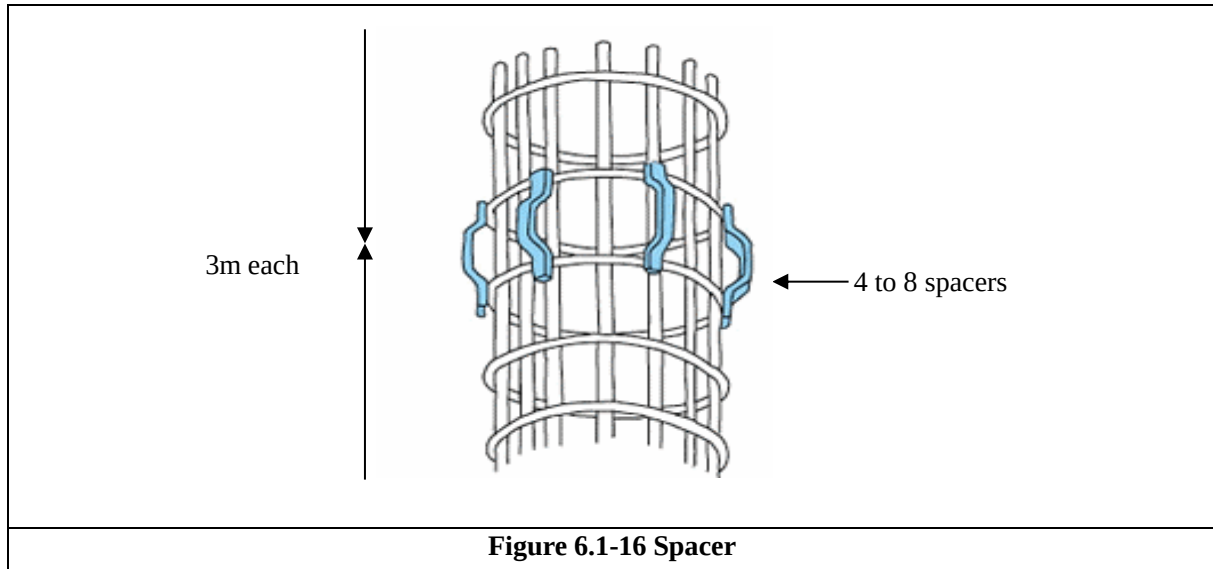
[Support Material]

သံခြင်းအား နေရာချထားစဉ် ပုံမပျက်ယွင်းစေရန်အတွက် အထိန်း (support material) များကို တပ်ဆင်ရမည်။ တည်ဆောက်ရေးလုပ်ဆောင်ချိန်တွင် ထို support material များ ပုံပျက်ခြင်း မဖြစ်စေရန် ၎င်းတို့၏ အရွယ်အစားနှင့် ခံနိုင်အားကိုလည်း စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။



[Spacer]

ကွန်ကရစ် cover အထူကို မှန်ကန်စွာထိန်းထားနိုင်ရန်အတွက် spacer များကို axial direction တွင် ၃ မီတာ စီခြား၍ ထည့်ရမည်။ ပတ်လည် direction တွင်မူ spacer ၄ ခု မှ ၈ ခု ထည့်ရမည်။



[Alignment Confirmation]

သံခြင်းကို နေရာမချခင် သံခြင်းတစ်ခုချင်းစီ၏ အချင်း (diameter) နှင့် ပြောင်းတန်းမှု (alignent) ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။



Figure 6.1-18 Diameter



Figure 6.1-19 Alignment

[Placement]

သံခြင်းကို အနည်းဆုံး နေရာ ၂ နေရာမှ ချိတ်ဆွဲ၍ သယ်ယူရမည်ဖြစ်ပြီး ချိတ်ဆွဲစရာပစ္စည်းများ (hanging tool) ကို တပ်ဆင်ထားရမည်။

သံခြင်းထည့်သွင်းစဉ်အတွင်း တွင်းနံရံများ မထိခိုက်စေရန်အတွက် သံခြင်းကို ထောင်မတ်နေအောင် ထားရမည်။

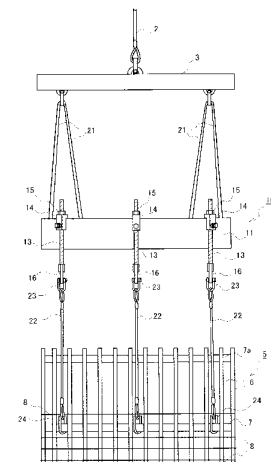
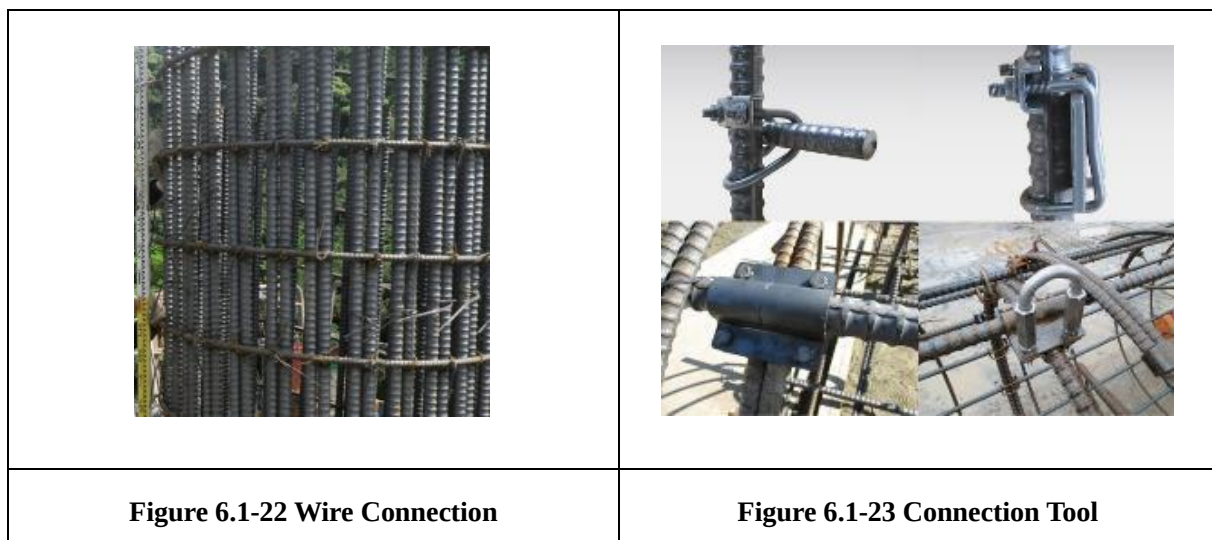
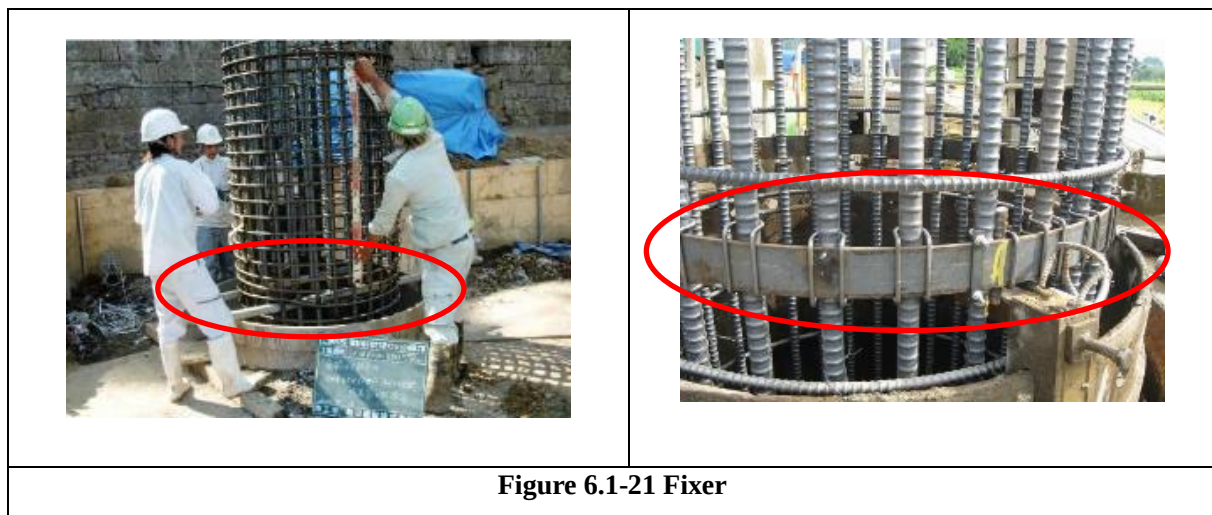


Figure 6.1-20 Hanging Tool

သံခြင်းများဆက်ခြင်းကို casing tube ၏ အပေါ်တွင်ဖြစ်စေ stand pipe ၏ အပေါ်တွင်ဖြစ်စေ တပ်ဆင် လုပ်ဆောင်ရမည်။ သံခြင်းပုံပျက်ခြင်းကို ကာကွယ်ရန်အတွက် ဆက်သည့်နေရာ၌ ဝိုင်ယာ သို့မဟုတ် binding equipment ကို တပ်ဆင်ရမည်။



၂) ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်း (Concrete Work)

Pile အတွက် ကွန်ကရစ်ကို ရေအောက်တွင်လောင်းသည့်ကွန်ကရစ်အတိုင်း ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရမည်။

Table 6.1-3 Concrete Quality

Item	Criteria	
Unit cement quantity	More than 350 kg/m ³	
W/C	Less than 55 %	
Slump	180 – 210 mm	JIS A 1101
Nominal strength of concrete	30 N / mm ²	JIS A 1132, JIS A 1108, JIS A 5308
Air content	4.5% ± 1.5%	JIS A 1116, JIS A 1118, JIS A 1128
Chloride content	0.30 kg/m ³	JIS A 1144

က) ကွန်ကရစ်သွန်းလောင်းမည့် လုပ်ငန်း အစီအစဉ်

ကွန်ကရစ်ကို စတင်ဖျော်စပ်ချိန်မှ ၁ နာရီခွဲအတွင်း လောင်းသင့်သည်။ တစ်ဆက်တည်း ပြီးအောင် လောင်းရမည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်းအတွက် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းရေး အစီအစဉ် မဖြစ်မနေ လိုအပ်သည်။

ခ) Tremie Pipe

Tremie pipe အတွက် စံသတ်မှတ်ထားသော အရှည်သည် ၆ မီတာ သို့မဟုတ် ၃ မီတာ ဖြစ်သည်။ သို့သော် လိုအပ်သည့်အလျားကို ညှိယူနိုင်ရန်အတွက် ၁မီတာ၊ ၂ မီတာအရှည် ရှိသည့် tremie များကိုလည်း အသုံးပြုသင့်သည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းသည့် ဖိအားကြောင့် သံခြင်း နေရာရွေ့ခြင်းကို ကာကွယ်ရန် Tremie ကို pile ၏ အလယ်ဗဟိုတွင် ထားရမည်။ ၎င်းကို အလယ်တွင် ထား၍မရပါက spacer ထည့်ရမည်။ သို့မဟုတ် ထောက်ကန်ထားရမည်။ ကွန်ကရစ်မှ ရေများ စိမ့်မထွက် စေရန် Tremie pipe ၏ အဆက်များသည် ရေလုံရမည်။ ဆက်သည့်ပုံစံများမှာ flange type ၊ screw type နှင့် socket type တို့ ဖြစ်သည်။

Tremie ကို သံခြင်းနှင့်မထိအောင် နေရာချရမည်။ ကွန်ကရစ်ထဲသို့ အနည်းဆုံး ၂မီတာ မြှုပ်ဝင် နေရမည်။

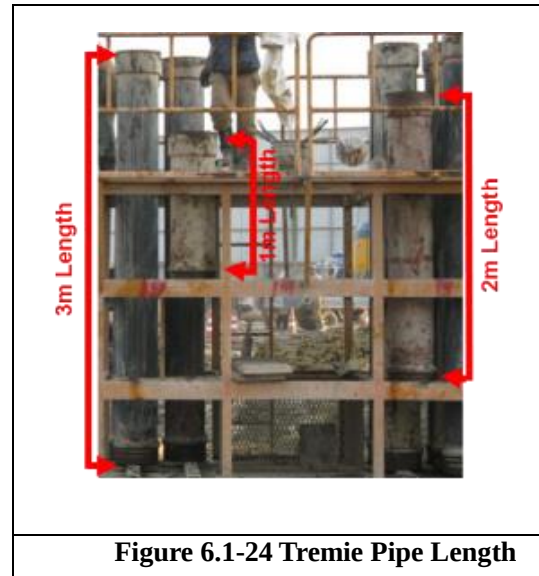


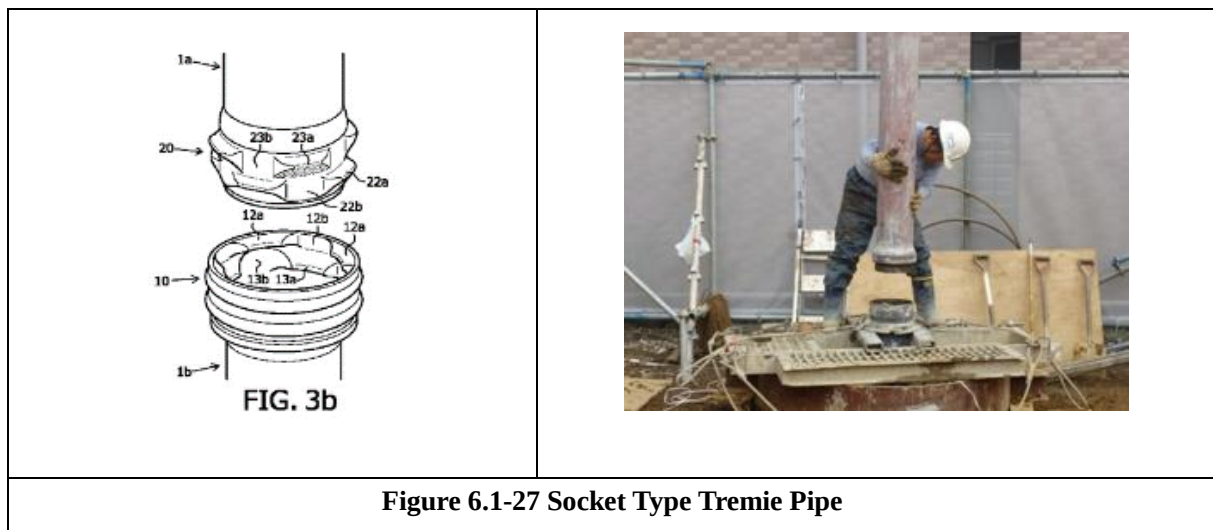
Figure 6.1-24 Tremie Pipe Length



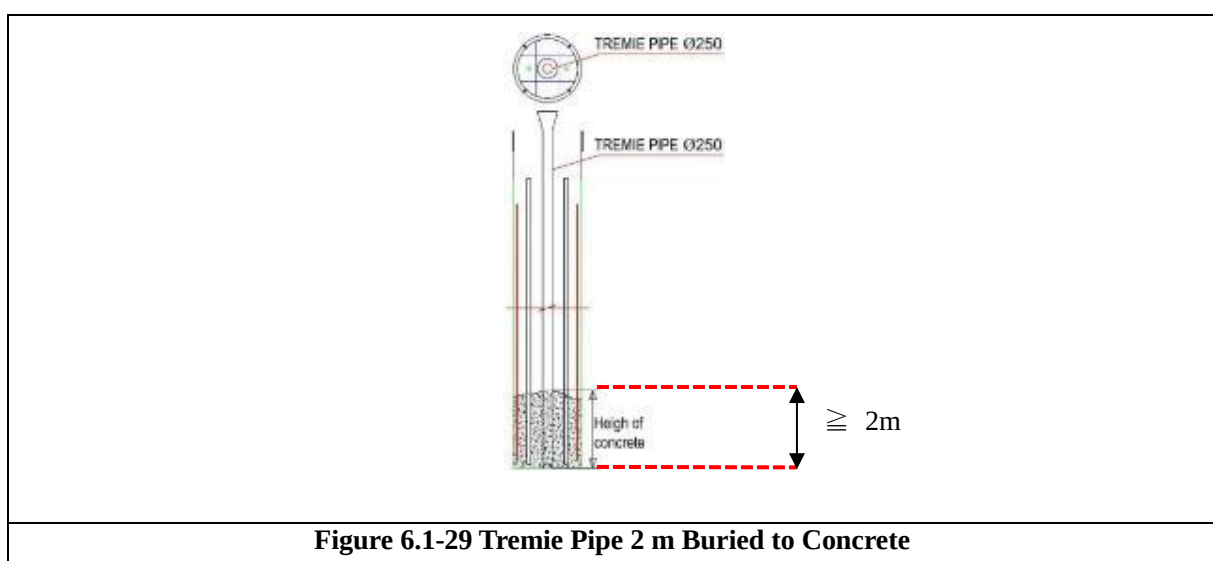
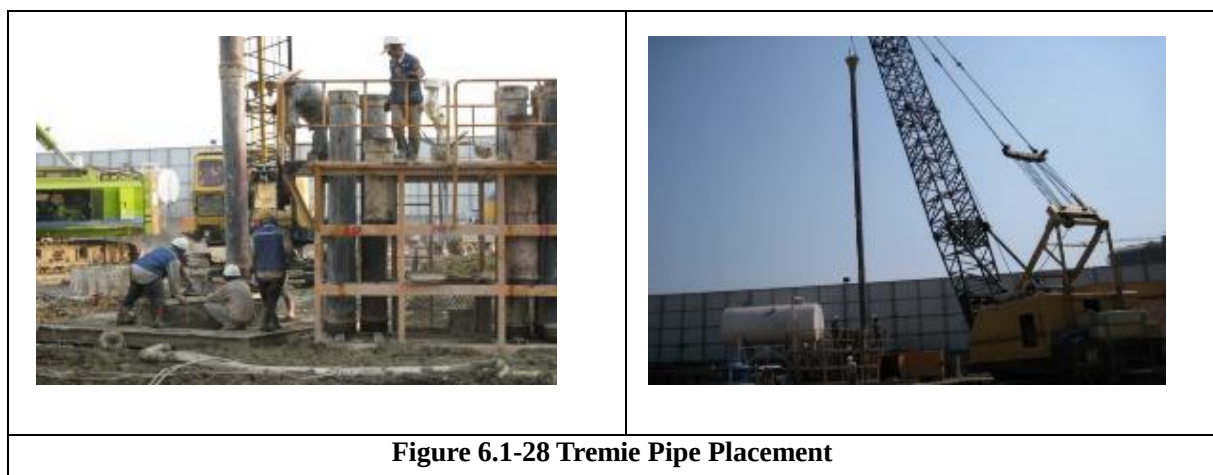
Figure 6.1-25 Flange Type Tremie Pipe



Figure 6.1-26 Screw Type Tremie Pipe



Tremie ကို casing tube သို့မဟုတ် stand pipe ၏ ထိပ်တွင် ထိန်းထားရမည်။



၃) Pile Head Treatment

မကောင်းသည့် ကွန်ကရစ်အစိတ်အပိုင်းကို ဖယ်ရှားနိုင်ရန် pile ၏ ထိပ်တွင် ကွန်ကရစ်ကို ပို၍လောင်းရမည်။ ပိုနေသော ကွန်ကရစ်ကို breaker သို့မဟုတ် pick ဖြင့် ဖယ်ရှားနိုင်သည်။ Pile head ကို ပြုပြင်မှု လုပ်ဆောင်စဉ် အားဖြည့်သံချောင်းများ ထိခိုက်မှုမရှိစေရန် လိုအပ်ပါက သံခြင်းမထည့်ခင် သံခြင်းထိပ်ကို ကာကွယ်ထားရန် လိုအပ်သည်။

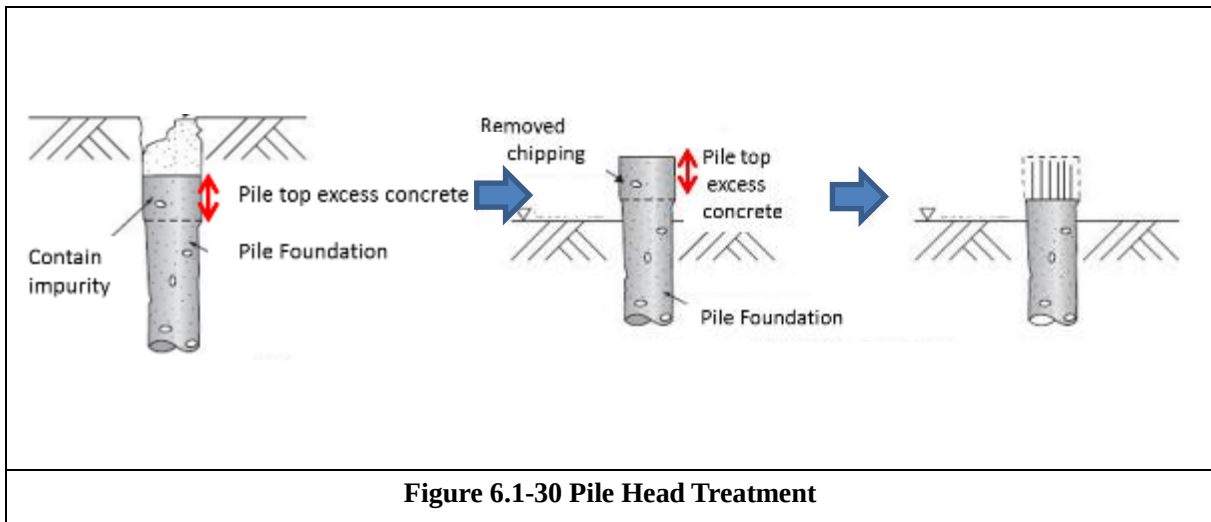


Figure 6.1-30 Pile Head Treatment



Figure 6.1-31 Pile Head Treatment

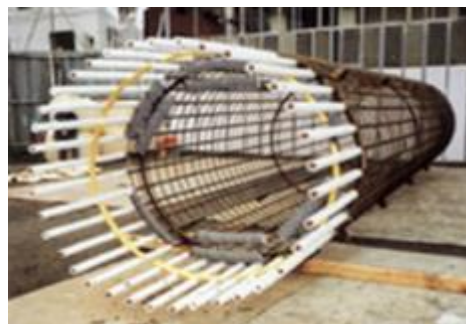


Figure 6.1-32 Cover on Top of Rebar

၆.၂ Earth Drilling Method and Reverse Circulation Drill Method

၆.၂.၁ တည်ဆောက်မှု အနှစ်ချုပ် (Outline of Construction)

(၁) Earth Drilling Method

ဤနည်းလမ်းတွင် မျက်နှာပြင်မြေလွှာ ပြိုကျမှုကို ကာကွယ်ရန် Stand pipe ကို အသုံးပြုသည်။ နက်ရှိုင်းသော မြေလွှာမှ မြေကြီးကို rotary bucket ကို လှည့်၍ တူးသည်။ တွင်းနံရံ ပြိုကျမှုကို ကာကွယ်ရန် stabilizing agent ကို အသုံးပြုသည်။ Bucket အတွင်းမှ တူးထားသော မြေကြီးများကို မြေမျက်နှာပြင်ပေါ်သို့ စွန့်ထုတ်သည်။

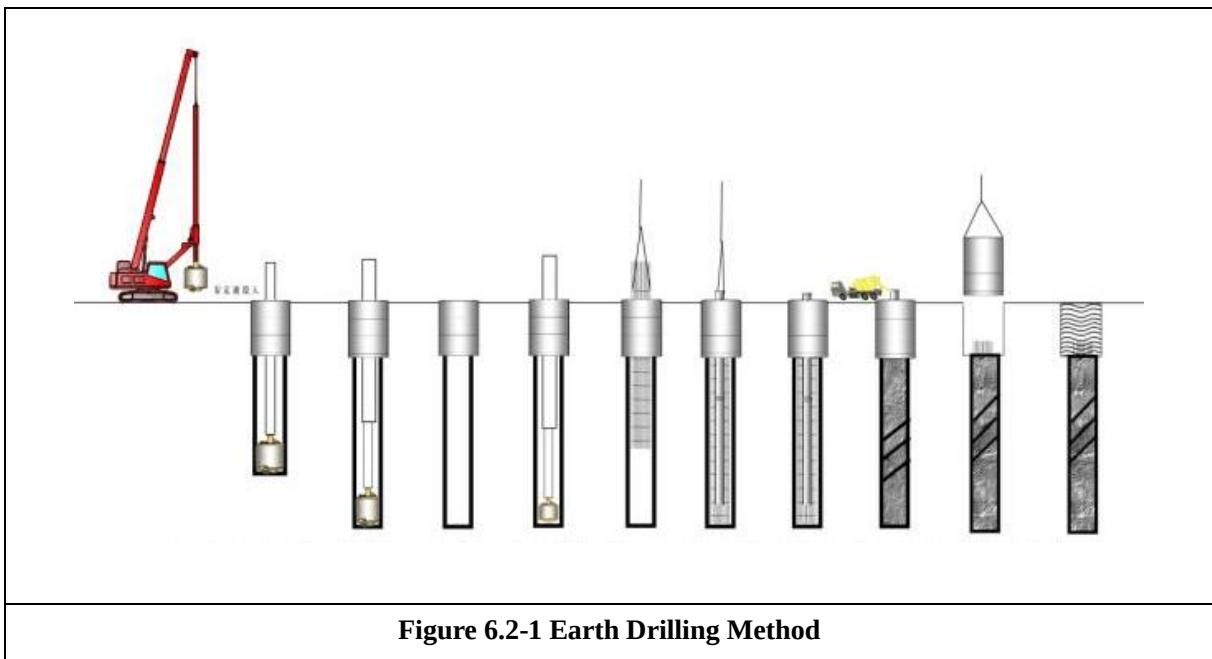


Figure 6.2-1 Earth Drilling Method

(၂) Reverse Circulation Drilling Method

ဤနည်းလမ်းတွင် Stand pipe ကို မြေပြင်ပေါ်တွင် တပ်ဆင်သည်။ မြေကြီးအား လည်နေသည့် အသွား (rotary bit) ဖြင့် တူးသည်။ တူးနေစဉ် တွင်းထဲရှိ ရေ၏ level (Bentonite level) ကို တွင်းအပြင် ဘက်ရှိ ရေ၏ level (မြေအောက်ရေ level) ထက် အနည်းဆုံး ၂ မီတာ ပိုမြင့်နေအောင် ထိန်းထားခြင်းဖြင့် တွင်းနံရံများပြိုမကျစေရန် ကာကွယ်ထားသည်။ သတ်မှတ်ထားသော အနက်တစ်ခုကို တူးပြီးသည်အထိ၊ တူးထားသော မြေကြီးများနှင့်အတူ တွင်းထဲမှ ရေများကို reverse circulation method ဖြင့် စွန့်ထုတ်နေရမည်။ အချို့သော အခြေအနေများတွင် တွင်းထဲ၌ရေအစား stabilizing agent တစ်ခုခု သုံးနိုင်သည်။

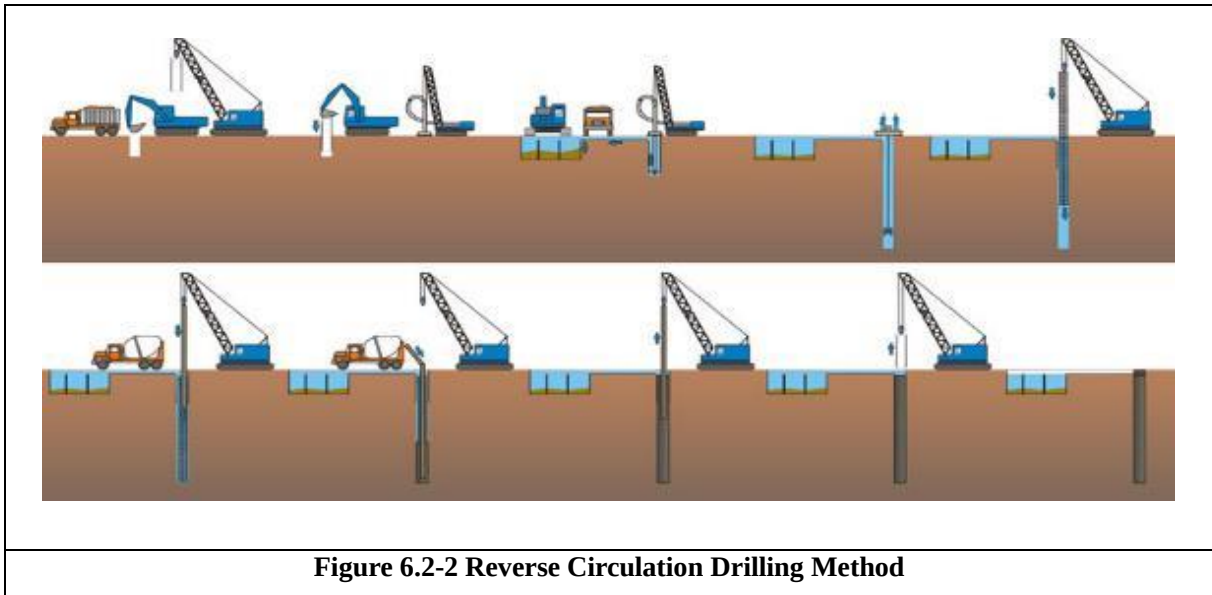


Figure 6.2-2 Reverse Circulation Drilling Method

၆.၂.၂ စက်ယန္တရားများ (Machineries)

တည်ဆောက်ရေးစက်ယန္တရားများနှင့် ကိရိယာများရွေးချယ်ရာတွင်၊ pile ၏ အတိုင်းအတာများ (dimensions)၊ လုပ်ငန်းခွင်ပတ်ဝန်းကျင်အခြေအနေ၊ မြေသားအခြေအနေ၊ လုပ်ငန်းခွင် ဘေးအန္တရာယ် ကင်းရှင်းရေးနှင့် pile ၏ လိုအပ်သော အတိုင်းအတာများနှင့် လုပ်ဆောင်ချက်များ (functions) ကို ပြေလည်ကိုက်ညီစေမည့် အလားတူအချက်များကို ပြည့်ပြည့်စုံစုံ လေ့လာစစ်ဆေးပြီး ရွေးချယ်ရမည်။ Cast-in-place pile တည်ဆောက်ရေးနည်းလမ်းတစ်ခုနှင့်တစ်ခုသည် မြေတူးသည့် နည်းလမ်းများ တွင် အခြေခံအားဖြင့် ကွဲပြားခြားနားကြသကဲ့သို့ တည်ဆောက်ရေး အခြေအနေ အမျိုးမျိုးကို လိုက်၍ ထူးခြားသော နည်းပညာအသုံးချမှု အများအပြားပါဝင်နေသည်။ ထို့ကြောင့် အသုံးပြုသော စက်ယန္တရား များ၊ စက်ကိရိယာများနှင့် ၎င်းတို့၏ သွင်ပြင်လက္ခဏာရပ် (features) များနှင့် ပတ်သက်၍ ကျွမ်းကျင်မှု ရှိရန် အရေးကြီးပါသည်။

(၁) မြေတူးစက် (Excavation Machine)

၁) Earth Drilling Method

Earth Drilling နည်းလမ်းအတွက် မြေတူးစက်တွင် Kelly-bar ကို ထိန်းချုပ်မောင်းနှင်သည့် လှည့်သည့်ကိရိယာ၊ ဖိသည့် ကိရိယာ (rotary drive and press) ပါဝင်သည်။ Kelly-bar ၏ အဆုံးတွင်ရှိသည့် bucket ကို rotary drive နှင့် press ကို သုံး၍ လှည့်ခြင်း၊ အထက်အောက် ရွေ့လျားစေခြင်းတို့ ပြုလုပ်သည်။



Figure 6.2-3 Excavation Machine for Earth Drilling Method

၂) Reverse Circulation Drilling Method

Reverse circulation drilling နည်းလမ်းတွင်သုံးသည့် မြေတူးစက်များတွင် power engine နှင့် pump တို့ပါဝင်သည်။ Power engine သည် မြေတူးမည့် drill bit ကို လည်ပတ်စေသည်။ Pump သည် ရွှံ့များ (slurry) နှင့် ရေကိုလည်ပတ်စီးဆင်းစေရန် လုပ်ဆောင်သည်။ Power engine နှင့် pump ကို မြေကြီး ပေါ်တွင် အထိုင်ချထားသောအမျိုးအစား (Suction type) နှင့် power engine, pump နှင့် မြေတူးသည့် drill တို့ကို ပေါင်းစည်းထားသော အမျိုးအစား (Uplift type) ဟူ၍ ရှိသည်။ Suction type သည် စီမံကိုင်တွယ်ရ ပိုမိုကောင်းမွန်သည့်အတွက် အသုံးများသည်။

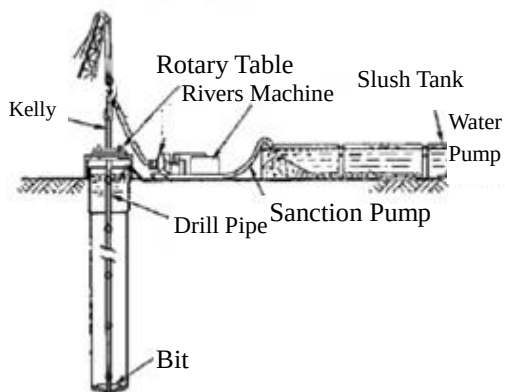


Figure 6.2-4 Suction Type

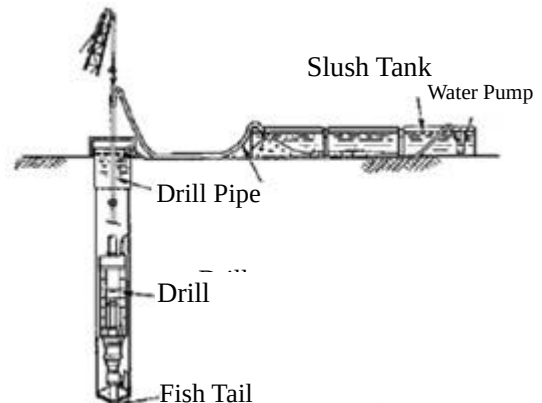


Figure 6.2-5 Uplift Type

Table 6.2-1 Standard for Suction Type and Uplift Type

	Suction Type	Uplift Type
Diameter (mm)	600 – 4,800	1,300 - 4,200
Pump Power (kw)	45 - 55	55
Maximum Torque(kN*m)	41.2 - 98	47 – 78.5
Slime Pipe Diameter (mm)	200 - 250	190 – 200
Size of Excavation Machine(t)	6.1 - 15	11 – 16.5

(j) Bucket and Bit

၁) Earth Drilling Method

အခြေခံအားဖြင့် လွန်တူးသည့် bucket နှင့် ရွှံ့ရည် ဖယ်ရှားသည့် bucket ကို အသုံးပြုပြီး၊ chopper bucket နှင့် rock bucket ကိုမူ မြေကြီးအခြေအနေကိုလိုက်၍ အသုံးပြုသည်။

Table 6.2-2 Standard for Bucket

Type	Soil Condition	Excavation Diameter (mm)
Drilling Bucket	Sand, Silt, Mud, Gravel	800 – 3,000
Slurry Removal Bucket	Sediment Slurry	700 – 2,900
Chopping Bucket	Rubble, Stone, Gravel	400 – 2,000
Rock Bucket	Rubble, Stone	500-2,000

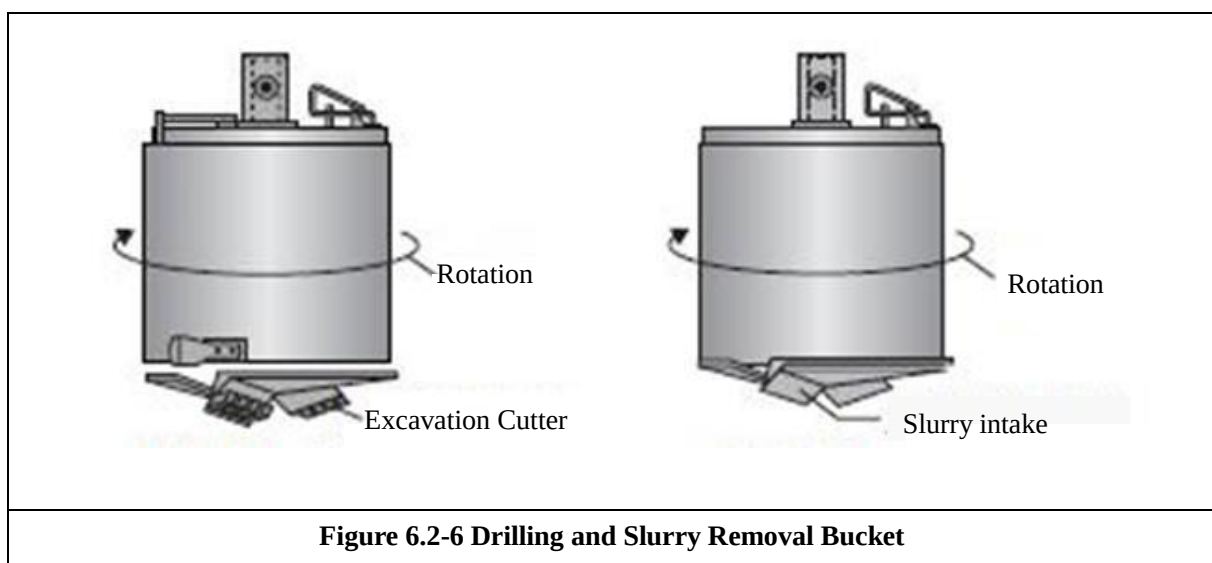
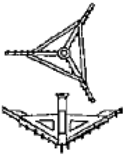
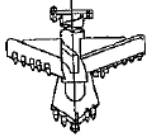


Figure 6.2-6 Drilling and Slurry Removal Bucket

၂) Reverse Circulation Drilling Method

မြေကြီးအခြေအနေပေါ်မူတည်၍ အသွား (bit) ကို ရွေးချယ်သင့်သည်။

Table 6.2-3 Bit Type

Bit Type		Soil Condition	Reference
General condition	Three wings	Mud, Silt, Sand, Gravel	
	Four wings		
Special condition	Conical	Soft rock	
	Roller	Soft rock, Hard rock	
	Three or Four axis	Mud, Silt, Sand, Gravel	

၃) Stand Pipe

တွင်းနံရံများ ပြိုကျခြင်းမှ ကာကွယ်ရန် stand pipe များ အသုံးပြုရန် လိုအပ်ပါသည်။

- Stand pipe ၏ အကျယ် (diameter) သည် မြေတူးရမည့်အကျယ်ထက် ၁၅၀-၂၀၀ မီလီမီတာ ပိုကြီး ရမည်။
- Stand pipe ၏ အောက်ခြေသည် တည်ငြိမ်မှုရှိသည့် ရွှံ့လွှာ (mud layer) ထဲတွင် ၀.၅ မီတာကျော် နစ်မြုပ်နေရမည်။

- ရေစိမ့်မဝင်နိုင်သောအလွှာသည် အရမ်းနက်ပါက (၁၀ မီတာကျော်ပါက) Stand pipe ကို ၁၀မီတာ အနက် ပတ်လည်တွင် ထားရမည်။ ဤအခြေအနေမျိုးတွင် မြေ ပွက်ခြင်း (boiling) မှ ကာကွယ်ရန် ဂရုတစိုက် လုပ်ကိုင်ရမည်။

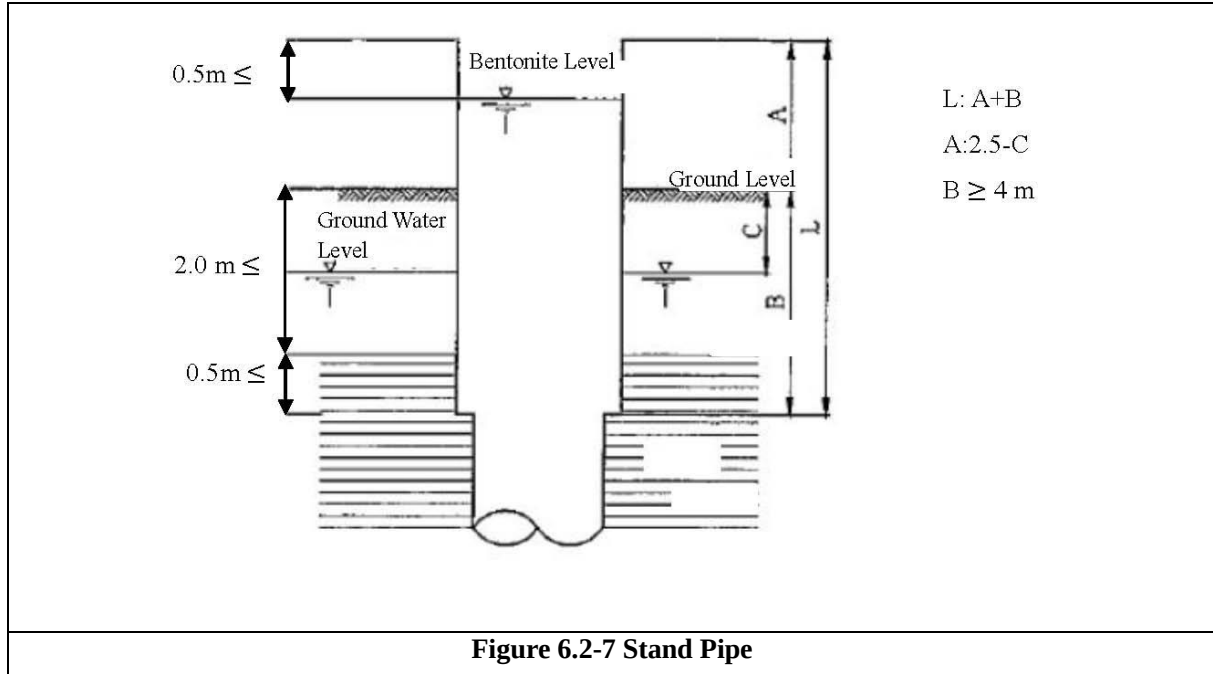


Figure 6.2-7 Stand Pipe

(၄) Hydraulic Jack

Hydraulic jack ကို stand pipe ထည့်သွင်းရန်နှင့် ဆွဲထုတ်ရန်အတွက် အသုံးပြုပါသည်။ Hydraulic jack ၏ စွမ်းဆောင်ရည် (capacity) သည် stand pipe မြှုပ်သည့်လုပ်ငန်း ထိရောက်မှုအပေါ်တွင် သက်ရောက်မှု ရှိပါသည်။ Jack ၏ capacity နည်းပါက ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးသည့်နောက်မှ stand pipe ကို ဆွဲထုတ်နိုင်မည်။

Table 6.2-4 Hydraulic Jack Type

Type		1200	1750	2250	2750	3250
D	mm	1,200	1,750	2,250	2,750	3,250
Weight	T	7.7	8.4	9.4	10.1	18.0
Press capacity	kN	1,000				1,000
Pulling out capacity	kN	3,600				4,800
Stand pipe size	Minimum	800	1,300	1,800	2,300	2,800
	Maximum	1,200	1,750	2,250	2,750	3,250

(၅) အခြားစက်ယန္တရားများ (Other Machinery)

Table 6.2-5 Other Machinery

Machinery	Point of Consideration
Slash tank	About 1.5 times as excavation hall About 1.2 times as slurry
Support crane	Used for machine settlement, stand pipe, Excavation etc.
Hammer grab	Used for stand pipe settlement
Driving pipe	Inner diameter 150-250 mm Length 3.0m
Water pump Sand pump	Used for slurry circulation
Tremie	Inner diameter 200-300 mm Length 6.0 m

၆.၂.၃ တည်ဆောက်ရေး (Construction)

(၁) စက်ယန္တရားတပ်ဆင်ခြင်း (Machinery Installation)

၁) မြေကြီး၏ bearing capacity ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုခြင်း

၂) Pile ၏ အလယ်ဗဟိုချက်ကို လေ့လာတိုင်းတာခြင်း၊ မှတ်သားခြင်း

ဒီဇိုင်းတွင်ပါသည့်အတိုင်း pile ၏ အလယ်ဗဟိုချက်ကို ရှာဖွေ တိုင်းတာပြီး ယာယီ pile ကို တပ်ဆင်ရမည်။ စက်ယန္တရား များ၏ သက်ရောက်မှုရှိသည့် အတွက် offset point ကို နေရာချရမည်။ စက်ယန္တရား များ နေရာချသည့် အချိန်တွင် ထိုအမှတ်ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။

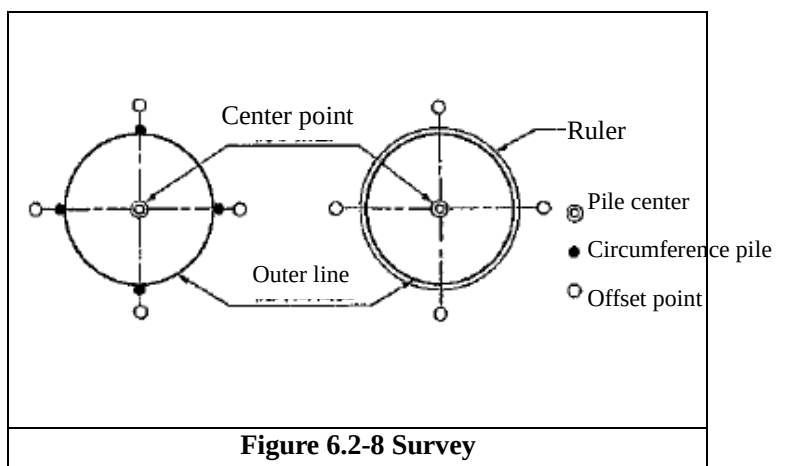


Figure 6.2-8 Survey

၃) မြေတူးထားသည့်အနက်ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုခြင်း (Confirmation of Excavation Depth)

တူးထားသည့်အနက်ကို အတည်ပြုရန်အတွက် တိုင်းတာစစ်ဆေးသည့် ကိရိယာများကို တပ်ဆင်ရမည်။
မြေတူးထားသည့် အပိုင်း one hall တွင် အနည်းဆုံး ၄ နေရာ တိုင်းတာစစ်ဆေးရမည်။



Figure 6.2-9 Confirmation of Excavation Depth

၄) Stand Pipe များ နေရာချခြင်း

Stand Pipe ၏ settlement တိကျမှန်ကန်မှုရှိအောင် စီမံခန့်ခွဲခြင်း သည် pile တစ်ခုလုံး၏ တည်ဆောက်မှု တိကျမှန်ကန်မှု ရှိစေရေး အတွက် မရှိမဖြစ် အရေးပါ ပါသည်။

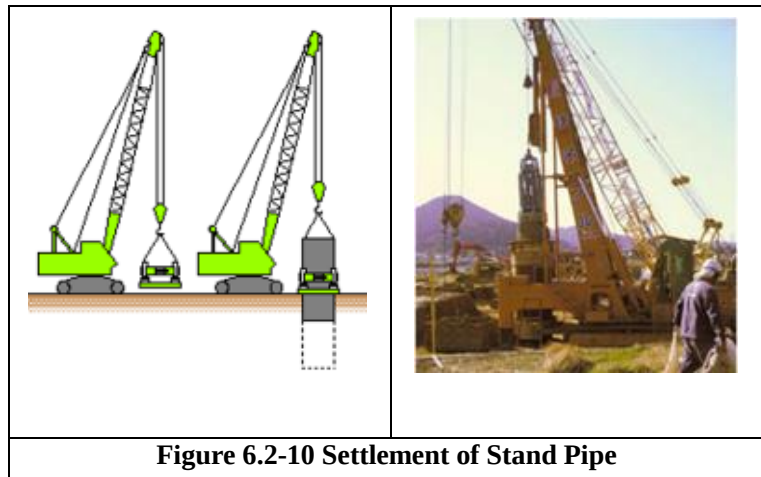


Figure 6.2-10 Settlement of Stand Pipe

Stand Pipe ၏ တည်နေရာ

မှန်ကန်မှုနှင့် တိမ်းစောင်းမှုအနေအထားကို cross point များဖြင့် လေ့လာတိုင်းတာ ရမည်။ Stand pipe အတွင်း၌ Hammer grab ဖြင့် မြေတူးရာတွင် အနက်သည် stand pipe အောက်ခြေ ကို မကျော်ရပါ။

၅) Rotary Machinery များ နေရာချခြင်း

လှည့်၍မြေတူးသည့် စက်များကို stand pipe နှင့် ထိကပ်ခြင်း မရှိစေရအောင် နေရာချရမည်။ ၎င်းကို အဆင့်၊ ခုံ (stage) ပေါ်တွင် ထားရမည် ဖြစ်ပြီး ညီညာပြန်ပြုသည့် အနေအထားဖြစ်အောင် လုပ်ပေးရမည်။



Figure 6.2-11 Settlement of Stand Pipe

(၂) မြေတူးခြင်း (Excavation)

၁) နံရံပြိုခြင်းအား ကာကွယ်ခြင်း

- လွန်တူးထားသော တွင်းထဲရှိရေ (Bentonite) ၏ အမြင့်သည် မြေအောက်ရေထက် ၂ မီတာ ပို၍မြင့် နေရမည်။
- ရေစိမ့်ဝင်နိုင်စေရန်အတွက် တွင်းထဲရှိရေ (Bentonite) ၏ Specific gravity ကို ၁.၀၂-၁.၀၈ တွင် ထိန်းထားရမည်။

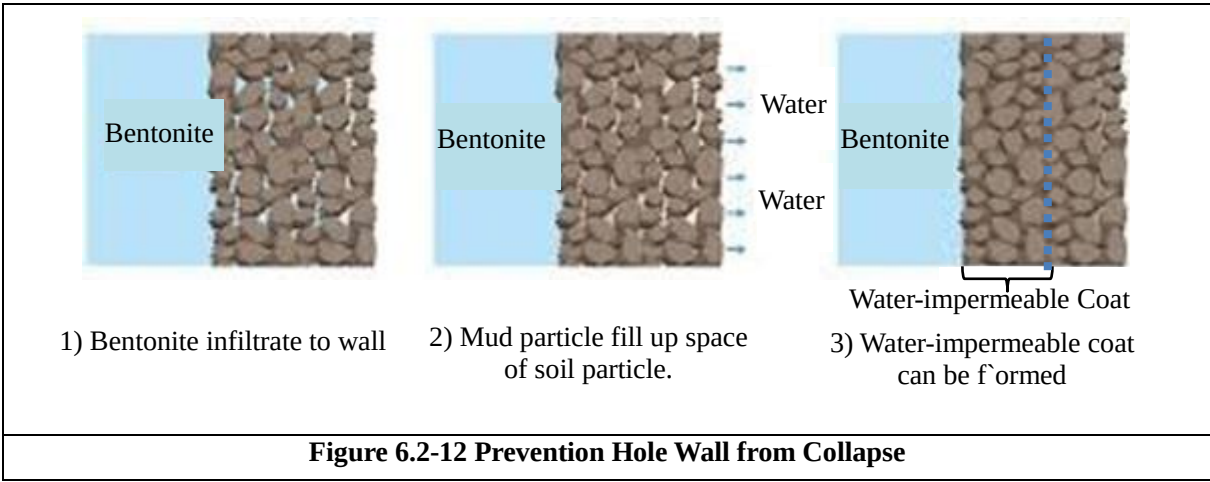


Figure 6.2-12 Prevention Hole Wall from Collapse

၂) တည်နေရာနှင့် တိမ်းစောင်းမှု (Position and Inclination)

- မြေမျက်နှာပြင်သည် စက်ယန္တရားများကို ထိန်းထားနိုင်အောင် မာကျောရမည်။
- Stand pipe ၏ တည်နေရာနှင့် တိမ်းစောင်းမှုတို့သည် တိကျမှန်ကန်မှု ရှိ/ မရှိ စစ်ဆေး အတည်ပြုရမည်။
- မြေတူးသည့် အမြန်နှုန်းကို စနစ်တကျ ထိန်းချုပ်စီမံရမည်။
- မြေတူးနေစဉ်အတွင်း မြေတူးစက်များကို လေ့လာစောင့်ကြည့် နေရမည်။

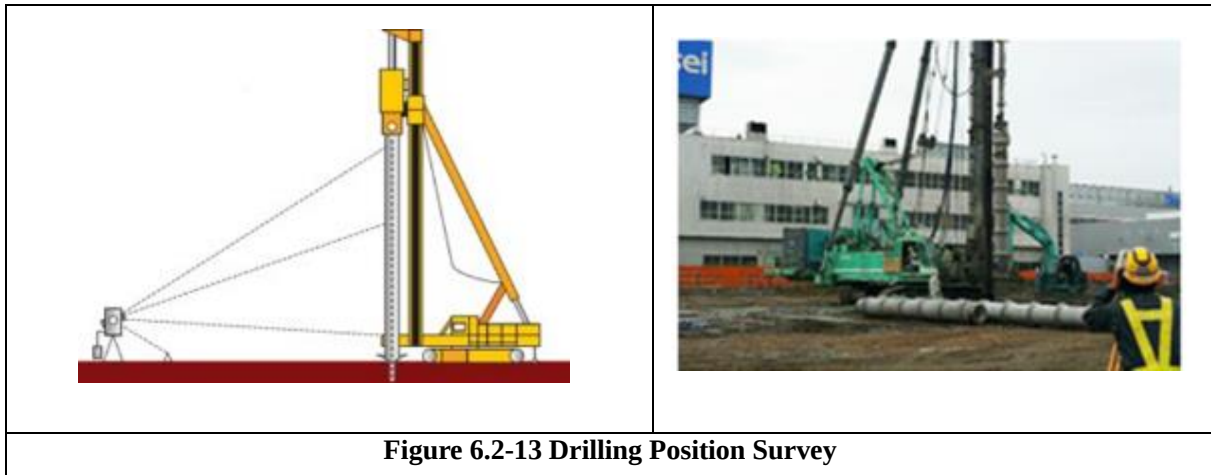


Figure 6.2-13 Drilling Position Survey

၃) ဝန်ကို ထမ်းမည့် မြေလွှာအား ဆန်းစစ်အတည်ပြုခြင်း

ဝန်ကိုထမ်းမည့်မြေလွှာအား အခြေခံအားဖြင့် တူးထုတ်ထားသည့် မြေသားများကို ဒီဇိုင်းတွင်ပါသည့် အခြေအနေများ၊ ဘူမိနည်းပညာဆိုင်ရာ လေ့လာဆန်းစစ်မှုရလဒ်များဖြင့် နှိုင်းယှဉ်စစ်ဆေးပြီး အတည်ပြုနိုင်သည်။ ထို့ပြင် မြေတူးသည့်အမြန်နှုန်းကိုလည်း မြေသားအခြေအနေကို မူတည်ပြီး ထိန်းညှိလုပ်ဆောင်ရမည်။

၄) ဝန်ကို ထမ်းမည့်မြေလွှာ၌ Pile အား နစ်မြုပ်ဝင်စေခြင်း (Embedment to Support Layer)

အတည်ပြုထားသော ဝန် ထမ်းနိုင်သည့် မြေလွှာအထိရောက်အောင် တူးရမည်။ တူးထားသည့်အနက်ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရန်အတွက် တိုင်းတာသည့်ကိရိယာများကို တပ်ဆင်ရမည်။ မြေတူးထားသည့်အပိုင်း one hall တွင် အနည်းဆုံး ၄ နေရာ တိုင်းတာစစ်ဆေးရမည်။

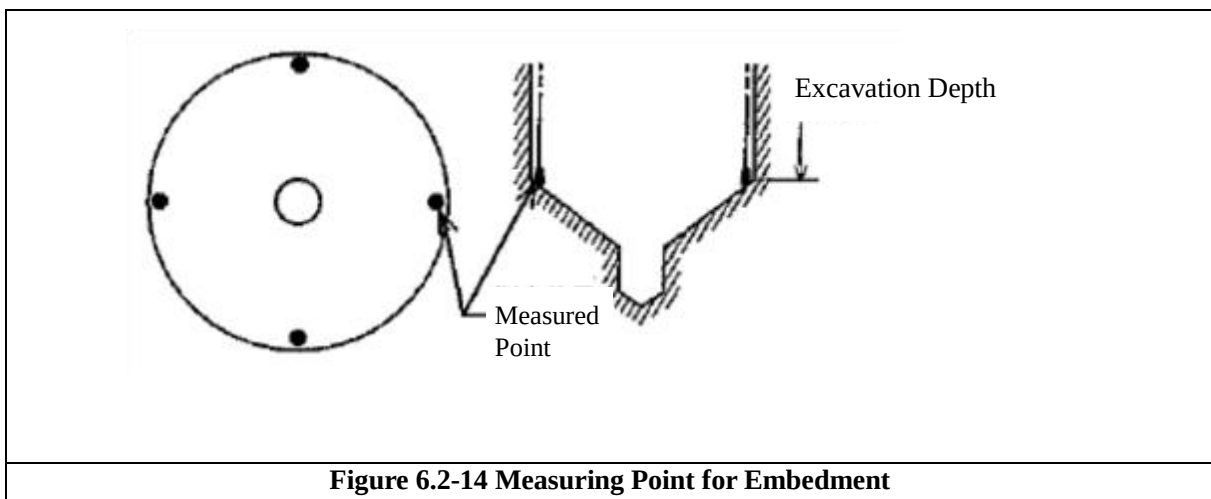


Figure 6.2-14 Measuring Point for Embedment



Figure 6.2-15 Measurement

၅) တွင်းနံရံတည်ငြိမ်အောင် လုပ်ဆောင်ခြင်း (Hole Wall Stabilization)

တွင်းထဲရှိ ရေ၏ level ကို မြေအောက်ရေထက် အနည်းဆုံး ၂ မီတာ ပို၍မြင့်နေအောင် ထိန်းထားရမည်။ မြေတူးနေစဉ်အတွင်း တွင်းထဲရှိရေအရည်အသွေးကို စစ်ဆေးရမည်။ Pile တစ်လုံးတွင် အနည်းဆုံး ၄ ကြိမ် စစ်ဆေးရမည်။

သဲမြေနှင့် ကျောက်မြေ (permeability coefficient larger than 10^{-2} cm/sec) တွင် ရေစိမ့်ထွက်နိုင်သည့်အတွက် တွင်းနံရံတည်ငြိမ်နေစေရန် ကာကွယ်ဆောင်ရွက်မှုများ လုပ်ထားရမည်။

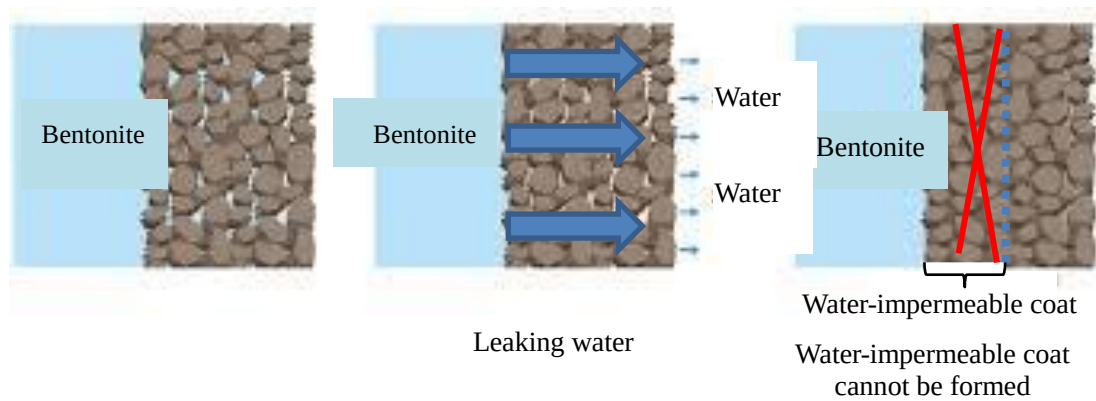


Figure 6.2-16 Hole Wall Stabilization

Table 6.2-6 Bentonite Quality

				Silt, Mud	Sand	Gravel
Mix design	Base material	Bentonite	%	2 -4	4 - 6	5 – 8
		CMC	%	0 – 0.1	0.05 – 0.1	0.05 – 0.2
	Support material	Leaking inhibitor	%	-	0 – 0.5	0 – 1
Properties	Viscosity		Sec	20 - 24	22 - 30	25 – 40
	Filtering water		ml	10 - 20	≤15	≤15
	Specific gravity*		-	1.01 –	1.02 -	1.03 –
	pH		-	9 – 10.5	9 – 10.5	9 – 10.5

*Attention for affection of Sedimental Velocity and Replacement are needed as below (Table 6.2-7) if more than 1.05

Table 6.2-7 Effecting of Bentonite Quality

	Water Height		Specific Gravity		Viscosity		Filtering Water		Sand Content	
	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
Wall Collapse Prevention	◎		◎		○			◎		
Sedimentation Velocity			*	◎		◎				
Replaceability			*	◎		○				◎

◎ : More Effective,

○ : Effective

Table 6.2-8 Comparison between Bentonite and CMC

	Bentonite	CMC
Viscosity, Specific gravity, Filtering water	Effectuated by situation	Stable
Sedimentation velocity	Slow	Fast
Deterioration factor	Lot	Few
Recycle	Not easy	Easy
Material	Lot, but low cost	Few, but high cost
Waste	Lot	Few
Cost	Low	High

CMC: Carboxymethyl Cellulose

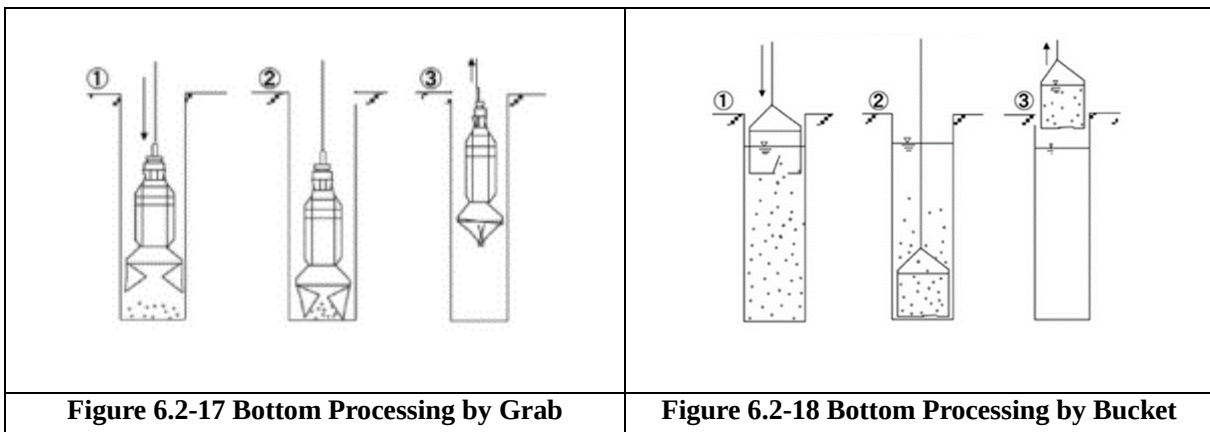
၆) တွင်းအောက်ခြေအား ပြုပြင်သည့် လုပ်ငန်းစဉ် (Bottom Processing)

မြေတူးခြင်းလုပ်ဆောင်ပြီးနောက် ကွန်ကရစ်အရည်အသွေးကို ထိခိုက်နိုင်သော သဲ၊ နုန်း (Slime, suspended sand) စသည့်အနည်များကို pile ၏ အောက်ခြေမှ ဖယ်ရှားသန့်စင်ရမည်။ Slime များ ရှိနေပါက၊ ကြားခံနေပါက၊ ကွန်ကရစ်သည် ဝန်ထမ်းသည့်အလွှာ (support layer) သို့ မှန်မှန်ကန်ကန် ရောက်ရှိနိုင်မည်မဟုတ်ပါ။

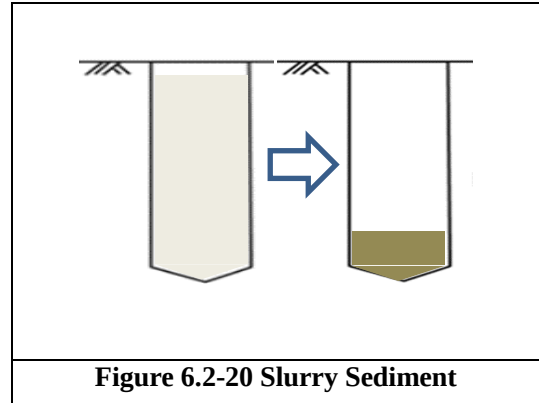
Pile တည်ဆောက်မှုအတွင်း တွင်းအောက်ခြေအား ပြုပြင်ခြင်းကို အခြေခံအားဖြင့် primary နှင့် secondary ဟူ၍ အဆင့် ၂ ဆင့်ဖြင့် လုပ်ဆောင်ရမည်။

၇) တွင်းအောက်ခြေ ပြုပြင်ခြင်း လုပ်ငန်း ပထမအဆင့် (Primary Bottom Processing)

မြေတူးခြင်း လုပ်ငန်းပြီးစီးပြီးနောက် သံခြင်းများ မချမီ သဲများ၊ နုန်းများကို ဖယ်ရှား၍ တွင်းအောက်ခြေကို ပထမအဆင့် သန့်ရှင်းရေးလုပ်ရမည်။ ဤလုပ်ငန်းစဉ်အတွက် hammer grab သို့မဟုတ် ပုံး (bucket) ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။



တွင်းအောက်ခြေပြုပြင်သည့်လုပ်ငန်း မစတင်ခင်
slime များကို အနည်ထိုင်ရန် အချိန်အနည်းဆုံး မိနစ်
၂၀ မှ ၃၀ ခန့် လိုအပ်သည်။ Slime အနည်ထိုင်ရန်
ကြာချိန်ကို test pile ပြုလုပ် စမ်းသပ်စဉ်က တိုင်းတာ
ထားရမည်။



**၈) တွင်းအောက်ခြေ ပြုပြင်ခြင်း လုပ်ငန်း ဒုတိယအဆင့်
(Secondary Bottom Processing)**

သံခြင်းချပြီးနောက် ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း မပြုလုပ် မီ slime အနည်ထိုင်ခြင်း အခြေအနေကို တိုင်းတာ
ရမည်။ လိုအပ်လျှင် တွင်းအောက်ခြေပြုပြင်သည့်လုပ်ငန်း ဒုတိယအဆင့်ကို လုပ်ဆောင်ရ မည်။



Figure 6.2-21 Measurement of Slurry Sediment

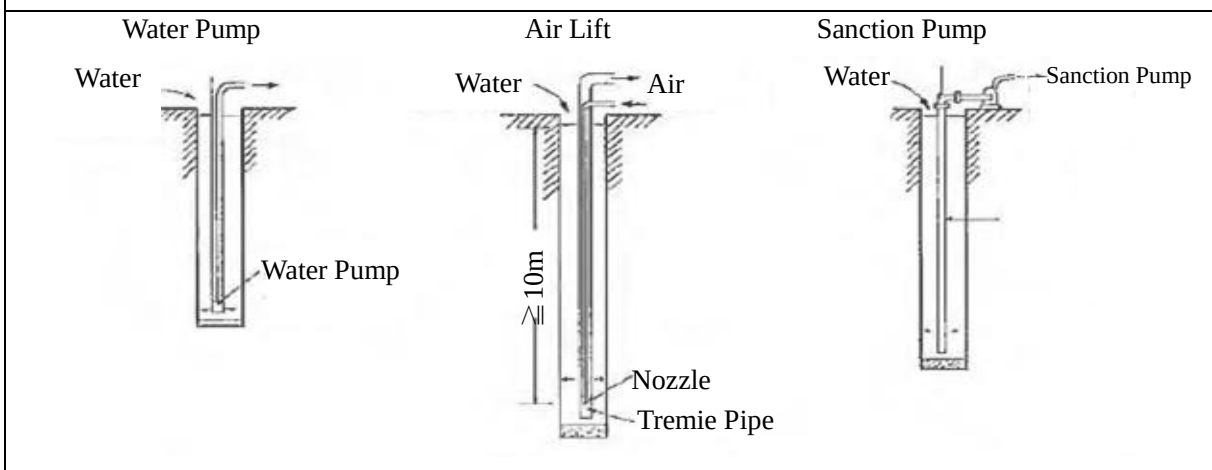


Figure 6.2-22 Secondary Bottom Processing (Slurry Removal)

(၃) သံကူကွန်ကရစ်လုပ်ငန်း (Reinforcement Work)

သံကူကွန်ကရစ်လုပ်ငန်း အသေးစိတ်အတွက် အခန်းခွဲ ၆.၁ All-casing method ကို မှီငြမ်းကိုး
ကားရမည်။

အခန်း ၇. ကြိုတင်သွန်းလောင်းသည့် PILE (PRE-CAST PILE) များအတွက် အရည်အသွေး ထိန်းသိမ်းခြင်း နည်းလမ်းများ

ဤအခန်းတွင် ကြိုတင်သွန်းလောင်းသည့် pile (Pre-Cast Piles) များကို တိုက်ရိုက်ရိုက်သွင်းသည့် နည်းနှင့် တွင်းတူး၍ တွင်းထဲသို့ရိုက်သွင်းသည့်နည်းလမ်းများဖြင့် pile အုတ်မြစ်ချသည့်အကြောင်းကို ရှင်းလင်းဖော်ပြထားသည်။ Precast pile များတွင် စက်ရုံ၌ ထုတ်လုပ်သည့် သံကူကွန်ကရစ် piles, PHC piles, steel piles နှင့် steel concrete piles များ ပါဝင်သည်။

၇.၁ Pile ကို ရိုက်သွင်းသည့် နည်း (Pile Driving Method)

၇.၁.၁ တည်ဆောက်ရေးလျာထားချက် (Outline of Construction)

ရိုက်သွင်းသည့်နည်း (Driving Method) ဟူသည် ကြိုတင်သွန်းလောင်းထားသည့် piles များကို ဒီဇိုင်း တွင်သတ်မှတ်ထားသည့် အနက်တစ်ခုသို့ Diesel hammer, drop hammer, hydraulic hammer တစ်ခုခုဖြင့် ရိုက်သွင်းသည့် နည်းလမ်းဖြစ်သည်။ Steel pipe piles များကို သတ်မှတ် ထားသော အနက်သို့ vibratory hammer နှင့် ရိုက်သွင်းသည့်နည်းလမ်းလည်း ရှိသည်။ ဤအခန်းတွင် water jet ကို တစ်ပြိုင်တည်း အသုံးမပြုသော နည်းလမ်းများကို ရည်ရွယ် ဖော်ပြထားခြင်းဖြစ်သည်။

သက်ဆိုင်ရာဥပဒေများ သတ်မှတ်ပြဋ္ဌာန်းထားသောဒေသများတွင် ဤနည်းလမ်းကို အသုံးပြုပါက ဆောက်လုပ်ရေးသမားများအနေဖြင့် ဆူညံသံများ၊ တုန်ခါမှုများလျော့ချရေး စီမံဆောင်ရွက်ချက်များ အပါအဝင် ဆောင်ရွက်မည့်လုပ်ငန်းကိစ္စများကို သက်ဆိုင်ရာ မြို့တော်ဝန် သို့မဟုတ် မြို့နယ်စည်ပင် သာယာရေးကော်မတီဥက္ကဋ္ဌ၊ မြို့နယ်အုပ်ချုပ်ရေးမှူး၊ ကျေးရွာအုပ်ချုပ်ရေးမှူးတို့အား အသိပေး အကြောင်းကြားရမည်။

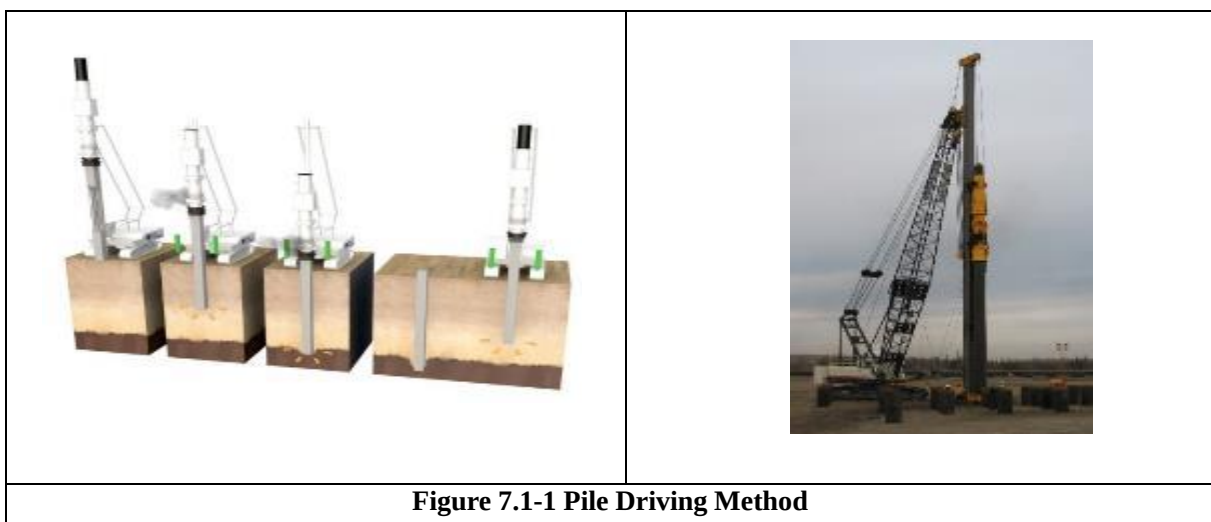


Figure 7.1-1 Pile Driving Method

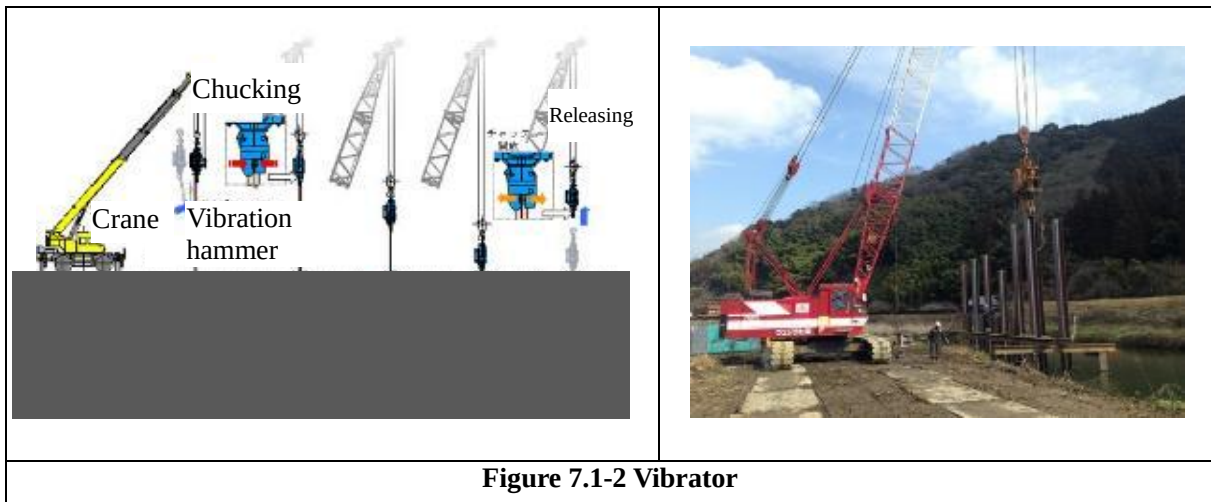


Figure 7.1-2 Vibrator

၇.၁.၂ တည်ဆောက်ရေး စက်ယန္တရားများ (Construction Machineries)

(၁) Pile ရိုက်သွင်းစက် (Pile Driver)

Pile ရိုက်စက် (pile driver) ကို hoisting device၊ base machine နှင့် leader တို့ဖြင့် ဖွဲ့စည်းထားသည်။ Hoisting device ကို pile များ ဆွဲယူရန်နှင့် နေရာချရန် အသုံးပြုသည်။ Base machine သည် စက်များ ရွေ့လျားသွားလာနိုင်ရန်အတွက် ဖြစ်သည်။ Pile ရိုက်သွင်းရာတွင် တိကျမှန်ကန်မှုရှိစေရန် guide ပါသော leader ကို အသုံးပြုသည်။

သမားရိုးကျ pile ရိုက်စက်တစ်ခုတွင် guide တိုင်များအကြား လေးလံသည့် weight တုံး ပါဝင်ပြီး ၎င်းသည် line တစ်ခုတည်းပေါ်တွင် လျှောတက်၊ လျှောဆင်း လွတ်လွတ်လပ်လပ် ပြုလုပ်နိုင်သည်။ ၎င်းကို pile အပေါ်တွင် တင်မည်။ Hydraulics, steam, diesel အား သို့မဟုတ် လူအားဖြင့် weight တုံး ကို အမြင့်ဆုံးအမှတ်သို့ ရောက်သည်အထိ မြှင့်တင်လိုက်မည်။ အမြင့်ဆုံးနေရာမှနေ pile ဆီသို့ weight တုံးကို လွှတ်ချလိုက်ပြီး pile အား မြေကြီးထဲသို့ ရိုက်သွင်းမည် ဖြစ်သည်။

အရွယ်အစားသေးငယ်သော pile များ တည်ဆောက်ခြင်းအတွက် suspended pile driver ကို အသုံးပြုသည်။

အလယ်အလတ်မှ အရွယ်ကြီးမားသော pile များအတွက် three point supporting pile driver ကို အသုံးပြုသည်။

	
Figure 7.1-3 Suspended Pile Driver	Figure 7.1-4 Three Point Supporting Pile Driver

(၂) တူ (Hammer)

Pile အတွက် ဘေးကင်းစိတ်ချရမှု ရှိစေရန်အပြင် မြေလွှာအခြေအနေများနှင့် pile များ၏ စံသတ်မှတ်ချက်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး တူအရွယ်အစားကို ရွေးချယ်ရမည်။ တုန်ခါမှုပေးရန် Vibratory hammer ကို အချိန်ကြာကြာ အသုံးပြုပါက မော်တာ လောင်နိုင်ခြင်း၊ pile မျက်နှာပြင် တစ်လျှောက် မြေသားများတွင် အနှောင့်အယှက်ဖြစ်စေခြင်းတို့ ရှိနိုင်သည့်အတွက် တူအမျိုးအစား ရွေးချယ်ရာတွင် အထူးသတိထားရန် လိုအပ်သည်။

၁) Drop Hammer

Drop hammer တွင် အထိန်းတိုင်များ (leads) အကြား လေးလံသော weight တုံး တစ်ခု ပါဝင်သည်။ Weight တုံးကို အမြင့်တစ်ခုသို့ရောက်အောင် မတင်ပြီး pile ပေါ်သို့ လွှတ်ချသည်။ ဤအမျိုးအစားသည် နှေးကွေးသဖြင့် pile အရေအတွက် အနည်းငယ်သာ ရိုက်သွင်းရသည့် နေရာများမှအပ သိပ်အသုံးမပြုကြပါ။

Hammer ၏ အလေးချိန်သည် pile ၏ တစ်မီတာ အလျားတွင်ရှိသော အလေးချိန်ထက် ၁၀ ဆ များရမည်။

၂) Hydraulic Hammer

Hydraulic hammer သည် steel pipe pile ၊ ကြိုတင်အားဖြည့် ကွန်ကရစ် pile နှင့် သစ်သား pile များကို ရိုက်သွင်းရာတွင် diesel hammer နှင့် air hammers တို့အစား အသုံးပြုသည့် ခေတ်မီသော တူအမျိုးအစား ဖြစ်ပါသည်။ ရှေးကျပြီး စွမ်းဆောင်နိုင်မှုနည်းသော တူများထက် hydraulic hammer များသည် သဘာဝပတ်ဝန်းကျင်ဆိုင်ရာ ရှုထောင့်မှကြည့်လျှင် ဆူညံမှုနှင့် ညစ်ညမ်းသည့်ပစ္စည်းများ ဖြစ်ပေါ်စေမှု နည်းပါးသဖြင့် ပို၍လက်ခံနိုင်ဖွယ်ရှိသည်။ သို့သော် အများအားဖြင့် Hydraulic hammer များမှ အဓိကထွက်သည့် ဆူညံသံဆိုသည်မှာ pile ပေါ်သို့ တူ၏ ရိုက်ဆောင့်မှု သို့မဟုတ် တူအစိတ်အပိုင်းများကြား ထိရိုက်မှုများကြောင့် ထွက်ပေါ်ခြင်း ဖြစ်သည့်အတွက် ၎င်း၏ ဆူညံသံ အဆင့်မှာ diesel hammers များနှင့် အတူတူလောက်ပင် ဖြစ်သည်။

၃) Vibratory Hammer

Vibratory hammer ၏ အခြေခံသဘောတရားသည် ဆန့်ကျင်ဘက်လားရာဖြင့် လည်ပတ်နေကြသည့် ဗဟိုချက်မတူသော weight တုံး နှစ်တုံးပင် ဖြစ်သည်။ ထုရိုက်မည့်အပိုင်း (Driving unit) သည် မြင့်မားသော ကြိမ်နှုန်းဖြင့် တုန်ခါပြီး အတက်နှင့် အဆင်း ဒေါင်လိုက် လှုံ့ဆော်မှု (impulse) နှစ်ခု ကို ထုတ်လွှတ်ပေးသည်။ အဆင်းဘက် impulse သည် pile အပေါ် ဆွဲအား (gravity force) တိုးလာစေရန် လုပ်ဆောင်သည်။ ထိုတူများသည် ရိုက်သွင်းနေစဉ် တုန်ခါမှုကို လျော့ချသည်။ ဆူညံမှုကို လျော့ချသည်။ ထို့ပြင် ထိုးဖောက်ဝင်ရောက်မှုနှုန်း (penetration speed) ကောင်းမွန်စေသည်။

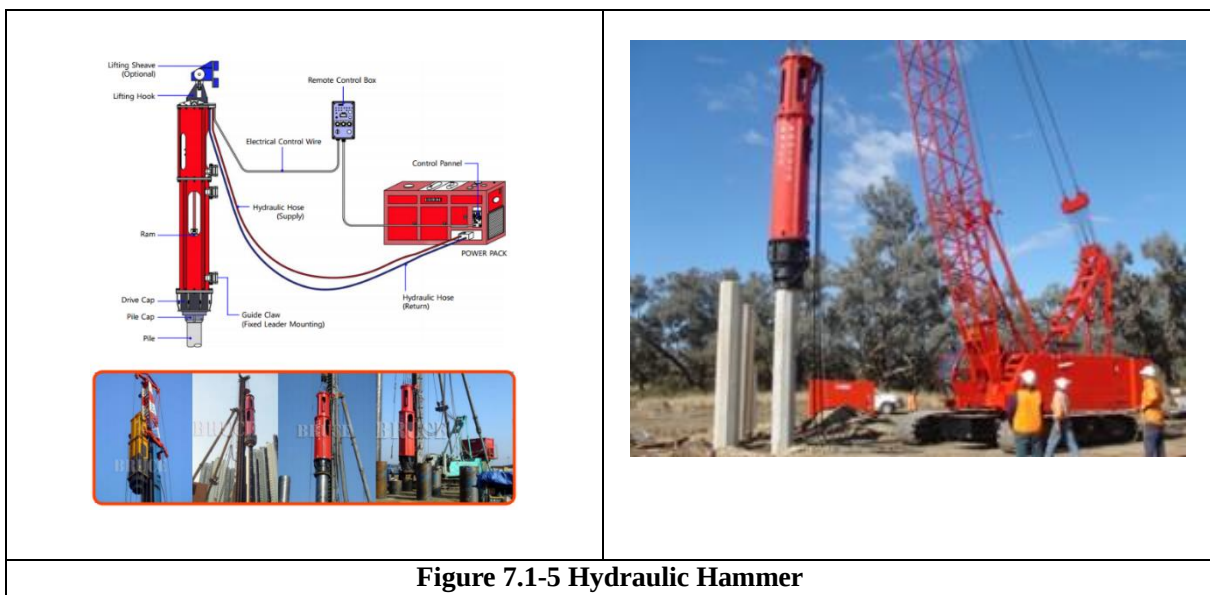


Figure 7.1-5 Hydraulic Hammer



Figure 7.1-6 Vibratory Hammer:

(၃) Cap and Cushion

Cap နှင့် cushion ကို ရွေးချယ်ရာတွင် ဗဟိုချက်လွှဲသော ပြင်းထန်သောရိုက်ချက်များကို ကာကွယ်ရန် ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။ Pile ၏ အချင်းအတွက် သင့်လျော်သော cap နှင့် ပုံပျက်ခြင်း မရှိသည့် cushion တို့ကို အသုံးပြုရမည်။

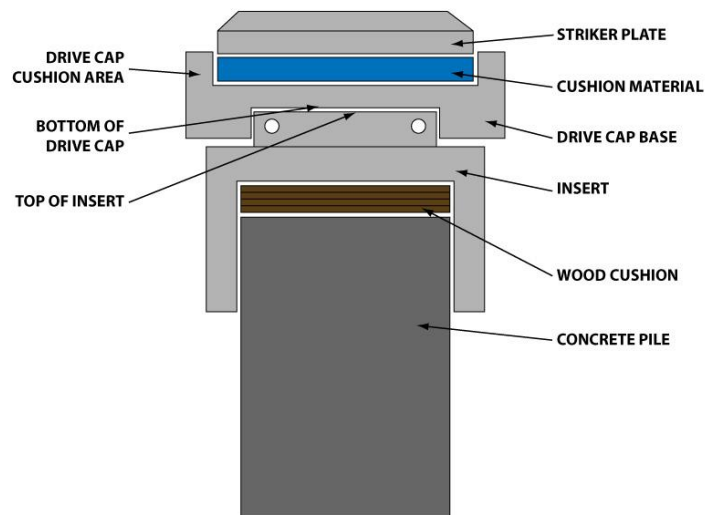


Figure 7.1-7 Cap and Cushion

(၄) Follower

Follower သည် pile cap တစ်ခုကဲ့သို့ pile ကို မြဲမြံစွာ ထိန်းထားနိုင်ရန်နှင့် တူ၏ ရိုက်သွင်းသည့်အားကို pile ဆီသို့ ကူးပြောင်းပေးနိုင်ရန် တည်ဆောက်ပုံ ရှိရမည်။ ထို့ကြောင့် follower ကို pile နှင့် တူညီသော material ၊ တူညီသော cross section များ အသုံးပြုသင့်သည်။ မလွဲမရှောင်သာသော အခြေအနေကြောင့် အရည်အသွေးချင်း မတူညီသော follower ကို သုံးရသည့်အခါ cross section ချင်း တူညီစေရန် ရွေးချယ်သုံးစွဲရမည်။ Inner Excavation Method သည် သတ်မှတ်ထားသောအနက်တွင် တပ်ဆင်ထားသည့် Hollow Pile ၏ အပေါက်တွင် လွန်ပူထည့်၍ pile ထိပ်ဖျားအထိ တူးသည့် နည်းလမ်းဖြစ်ပြီး ၎င်းတွင်အသုံးပြုသော follower သည် အဆုံးပိုင်းတွင် ပွင့်နေသော အခေါင်းပွ (hollow) ပုံစံဖြစ်သင့်သည်။ သို့မှသာ ၎င်းကို ဖြတ်သန်း၍ မြေကြီးများကို စုပ်ယူစွန့်ထုတ်နိုင်မည် ဖြစ်သည်။ Follower တွင် အောက်ပါအချက်များကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။

- ၁) အချင်းသည် pile ၏ အချင်းနှင့် တူညီသင့်သည်။
- ၂) တောင့်တင်းမှု (stiffness) သည် pile structure တောင့်တင်းမှုနှင့် တူညီသင့်သည်။
- ၃) အလျားသည် အရမ်းမရှည်လျားသင့်ပါ။
- ၄) တောက်လျှောက် တစ်ဆက်တည်း အသုံးပြုနိုင်ရန် ခိုင်မာတောင့်တင်းမှု ရှိသင့်သည်။
- ၅) Pile နှင့် ထိနေသော မျက်နှာပြင်သည် ချောမွေ့နေရမည်။
- ၆) Pile ရိုက်နေစဉ်အတွင်း pile မှ လွတ်သွားခြင်း မရှိစေရန် guide သည် သင့်တင့်သည့် အရှည်ရှိရမည်။

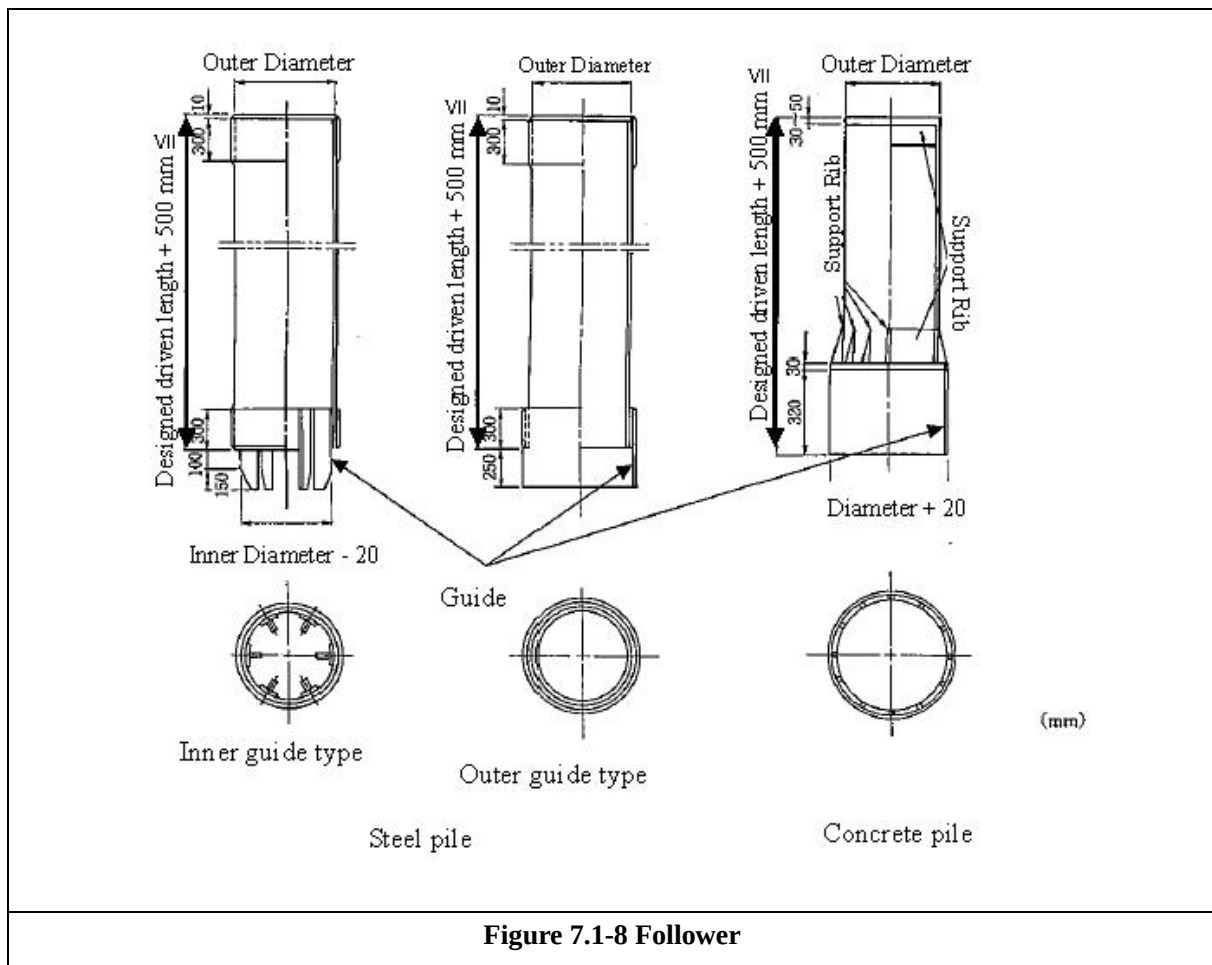


Figure 7.1-8 Follower

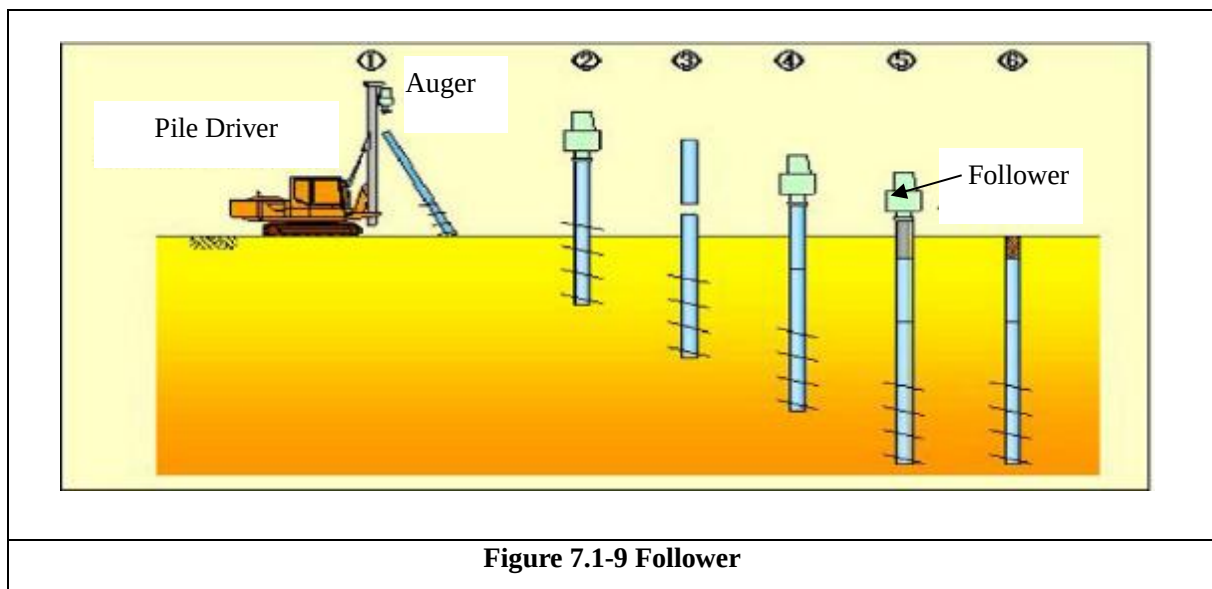


Figure 7.1-9 Follower

၇.၁.၃ တည်ဆောက်ရေး (Construction)

(၁) ကြိုတင်ပြင်ဆင်ခြင်း (Preparation)

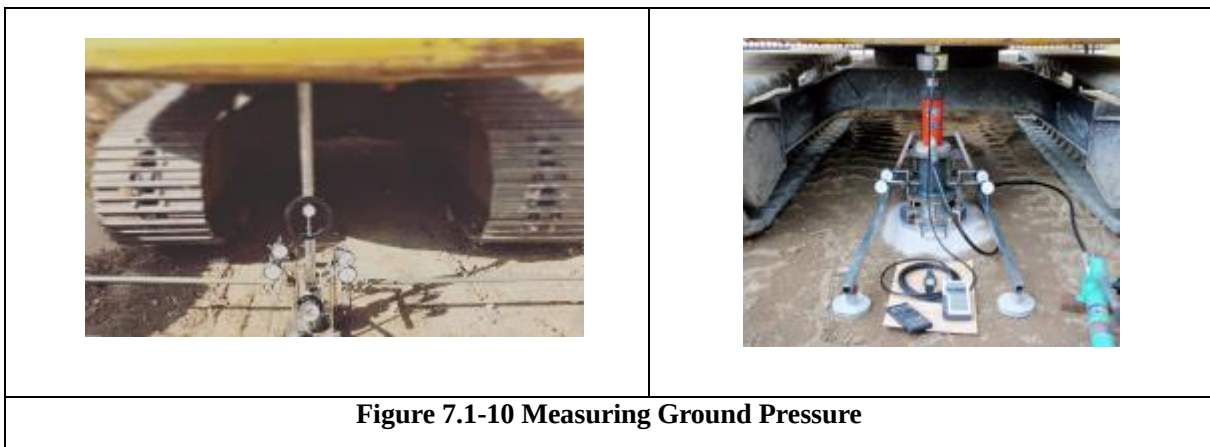
Pile တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းများကို ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းစွာနှင့် သေချာစွာ ဆောင်ရွက်နိုင်ရန် တည်ဆောက်ရေးမစတင်ခင် ကြိုတင်ပြင်ဆင်သည့်လုပ်ငန်းများ လုပ်ဆောင်ရမည်။

၁) မြေပြင်လုပ်ငန်းများအတွက် အစီအစဉ်ဆွဲခြင်း (Arrangement of Working Ground)

Pile ရိုက်သွင်းမည့်စက်များမှ မြေပြင်ပေါ်သို့ကျရောက်သည့်ဖိအား (grounding pressure) သည် ဤလုပ်ငန်းများတွင် 0.1 မှ 0.2 N/mm² အတွင်းရှိသည်။ ထို့ကြောင့် လုပ်ငန်းခွင်မြေပြင်ကို ထိုဖိအားများကို ခံနိုင်ရည်ရှိရန် ပြင်ဆင်မှုလုပ်ရမည်။

၂) Piles များအား ယာယီသိုလှောင်ခြင်း (Temporary Storage of Piles)

တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းခွင်တွင် Piles များကို ယာယီသိုလှောင်သည့်အခါ အန္တရာယ်ရှိသော ပုံပျက်ခြင်းမှကာကွယ်ရန် Piles များအောက်တွင် ဇလီဖားတုံး (sleeper) များကို သင့်လျော်သော အကွာအဝေးဖြင့် နေသားတကျ ထားရှိရမည်။ Piles များ စုပုံနိုင်မည့် အမြင့်ကို မြေကြီး၏ bearing capacity နှင့် ပတ်ဝန်းကျင်ဧရိယာ၏ အခြေအနေများအပေါ်တွင်မူတည်၍ သတ်မှတ်ရမည်။



(၂) တပ်ဆင်ခြင်း (Installation)

Pile ကို သတ်မှတ်ထားသော အမှတ်/ နေရာ၌ တိတိကျကျ နေရာချနိုင်ရန်အတွက် Pile ရိုက်သည့် စက်နှင့် ဆက်စပ်ပစ္စည်းကိရိယာများကို ခိုင်ခံ့သောမြေပြင်ပေါ် သင့်လျော်သည့် နေရာတွင် တပ်ဆင်နေရာချထားရမည်။

Pile များ မတပ်ဆင်ခင်တွင် survey ပြုလုပ်၍ မြေပြင်ပေါ်၌ pile ၏ ဗဟိုချက်ကို အတိအကျ သတ်မှတ်ပြီး ထိုအမှတ်၌ ယာယီသစ်သားတိုင်ထောင်ခြင်း၊ ဆေးခြယ်ခြင်းစသည့် အမှတ်အသားများ ပြုလုပ်ထားရန် လိုအပ်ပါသည်။ Pile ကို နေရာတိကျစွာ ရိုက်သွင်းနိုင်ရန်အတွက် pile ဝင်ရိုးကို ဒီဇိုင်းတွင် သတ်မှတ်ထားသော ထောင့်အတိုင်း ဦးတည်စေပြီး တပ်ဆင်ရမည်။ တပ်ဆင်ပြီးသည့် နောက် pile ကို ထောင့်မှန်ကျသော လားရာနှစ်ခုမှနေ တိကျမှုကို တိုင်းတာစစ်ဆေးသင့်သည်။

Pile ကို ချိတ်ဆွဲကိုင်တွယ်ရမည့်အမှတ် (hanging point) ကို pile ထိပ်မှ ၂ မီတာ ဝန်းကျင်အကွာတွင် ထားနိုင်သည်။ Pile ကို ချိတ်ဆွဲသည့် သံကြိုးဖြင့် မြေမြေစွာ ထိန်းချုပ်ပြီး ကြိုတင်တိုင်းတာထားသည့် အမှတ်ဆီသို့ သယ်ဆောင်သွားရမည်။



Figure 7.1-11 Pile Center Position

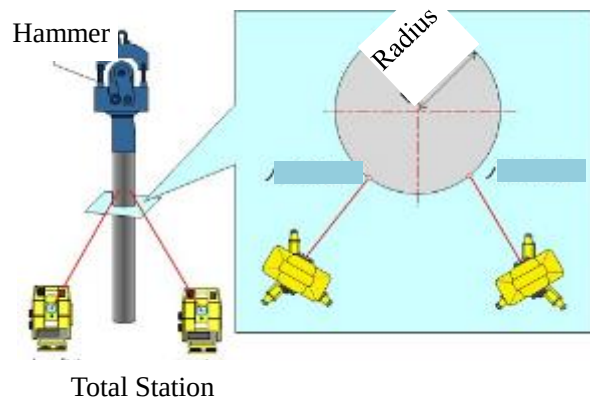
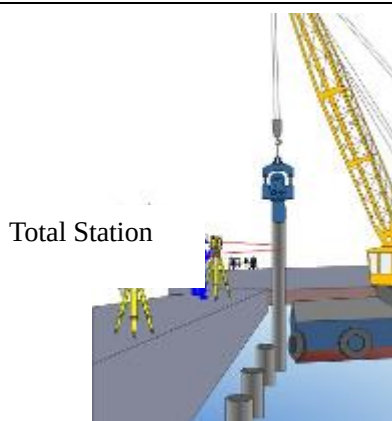
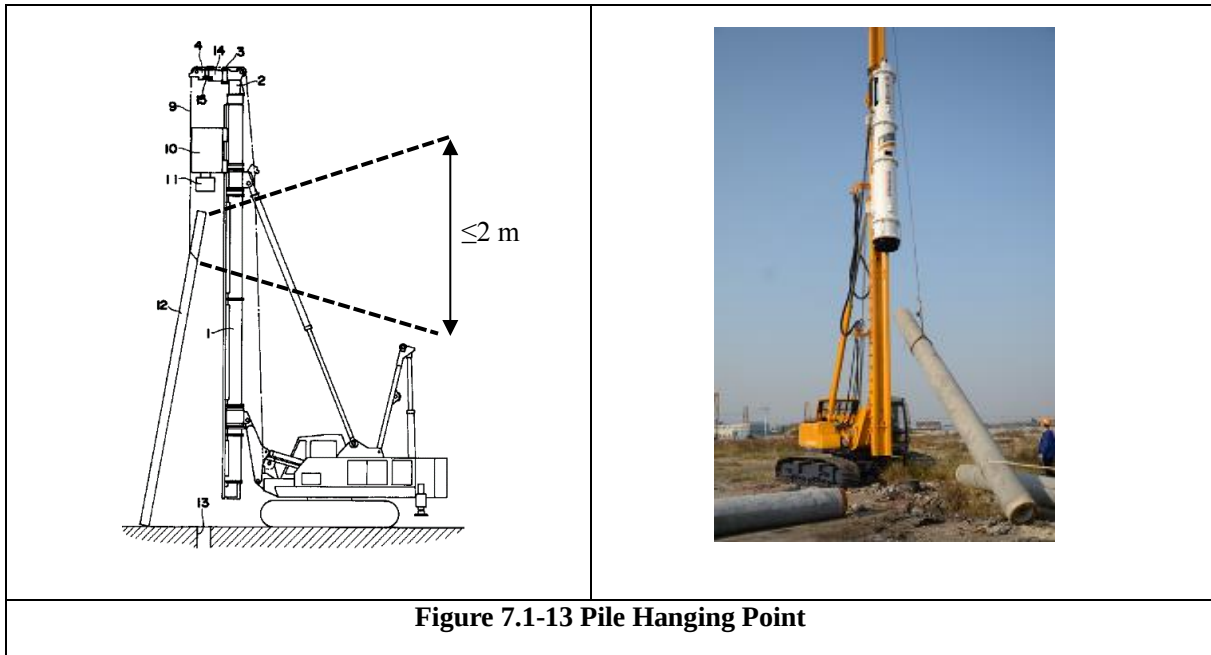


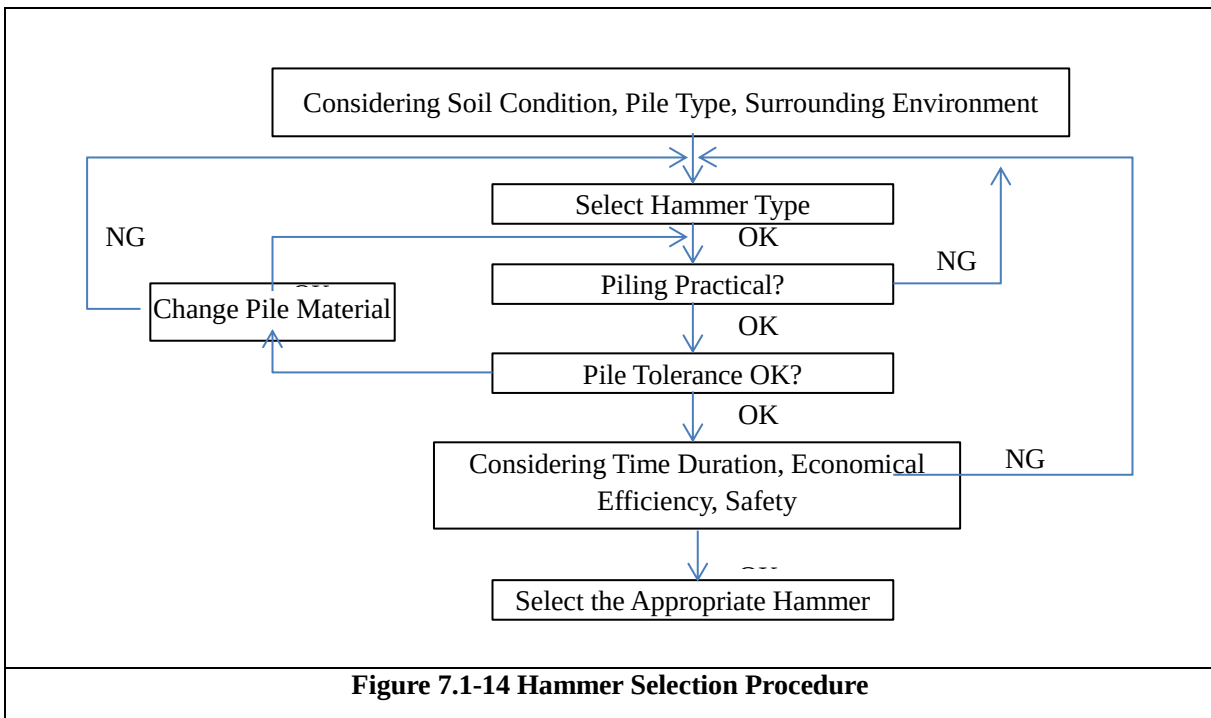
Figure 7.1-12 Survey for Pile Position

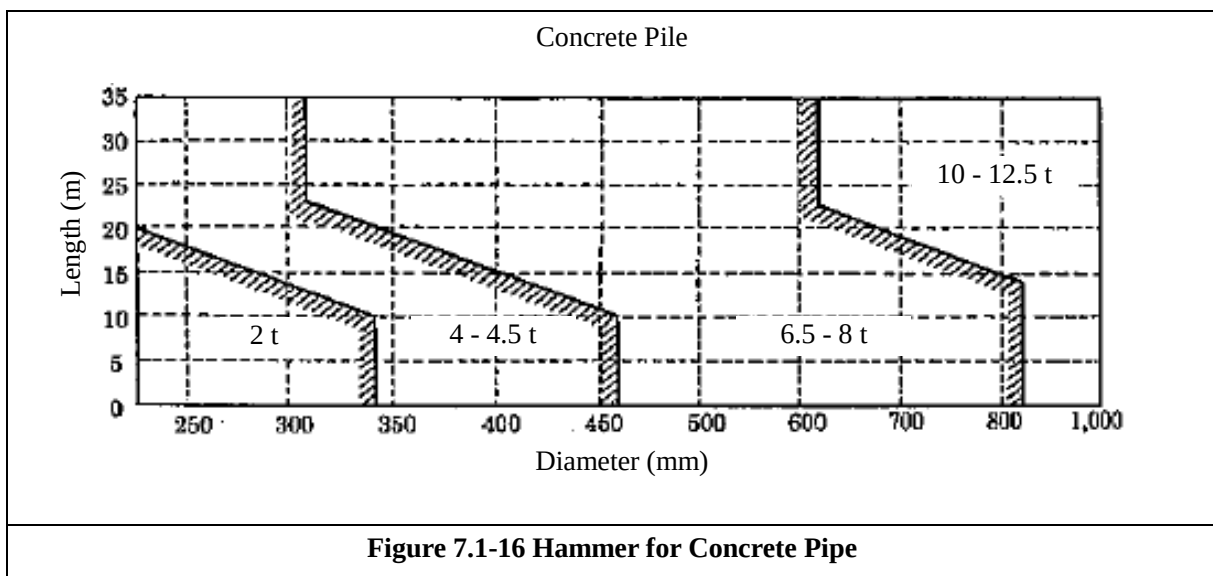
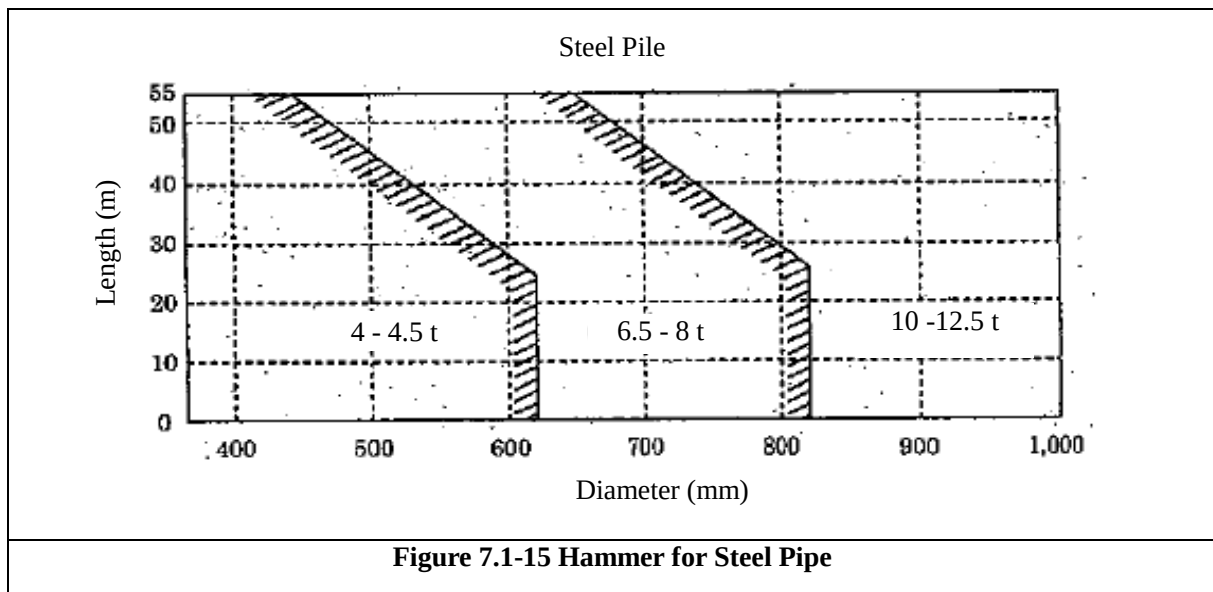


(၃) ရိုက်သွင်းခြင်း (Driving)

၁) တူအမျိုးအစားရွေးချယ်ခြင်း (Selection of Hammer)

Pile ကို တိကျမှန်ကန်စွာ ထိရောက်စွာ ရိုက်သွင်းနိုင်ရန်အတွက် တူအမျိုးအစားရွေးချယ်မှုလည်း မှန်ကန်ရမည်။ တူအမျိုးအစားရွေးချယ်ရာတွင် မြေသားအခြေအနေ၊ pile အမျိုးအစား၊ ပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေတို့ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။





(၄) ရိုက်သွင်းခြင်း (Driving)

Pile ၏ ဗဟိုချက်နှင့်လွဲသည့်ရိုက်ချက်များ (Eccentric driving) ကြောင့် တစ်ခါတစ်ရံ pile ကွေးခြင်း၊ pile ခေါင်း ပျက်စီးခြင်း၊ pile ဝင်ရိုးတိမ်းစောင်းခြင်း၊ pile ထိပ်အုပ် (caps) နှင့် cushion ပျက်စီးခြင်းတို့ ဖြစ်စေနိုင်သည့်အတွက် တူ၏ရိုက်ချက်လားရာသည် တူ၊ ပိုင်ထိပ်အုပ်၊ pile တို့၏ ဝင်ရိုးများနှင့် တစ်ထပ်တည်းကျနေရမည်။ Pile ကို နေရာချချိန်၌ လွဲမှားသည့် ဆောင်ရွက်ချက်ကြောင့် ဖြစ်စေ ရိုက်သွင်းနေစဉ် အောက်ခံကျောက်သားများကြောင့်ဖြစ်စေ pile ထိပ်ဖျား ပျက်စီးပါက ဆောက်လုပ်သူ

များသည် pile အသစ်တစ်လုံး အစားထိုးရန် သို့မဟုတ် pile ၏ အရှည်ကို တိုးမြှင့်ရန် စဉ်းစားသုံးသပ် ရမည်။

Pile ရိုက်သည့်လုပ်ငန်း မပြီးဆုံးသေးဘဲ ရပ်ဆိုင်းလိုက်ပါက အချိန်ကြာညောင်းလာသည်နှင့်အမျှ pile ပြန်ရိုက်ရန် ပိုမိုခက်ခဲခြင်းနှင့် ပို၍ကြီးမားသည့် စက်ကိရိယာများ လိုအပ်လာခြင်း ဖြစ်တတ်သည်။ ထို့ကြောင့် pile ရိုက်သွင်းခြင်းကို ယေဘုယျအားဖြင့် တစ်ဆက်တည်းပြီးအောင် လုပ်ဆောင်ရမည်။ ထို့ပြင် လုပ်ငန်းအစကတည်းက capacity ပိုလျှံလုံလောက်သော စက်ကိရိယာကို ရွေးချယ်အသုံးပြုရမည်။

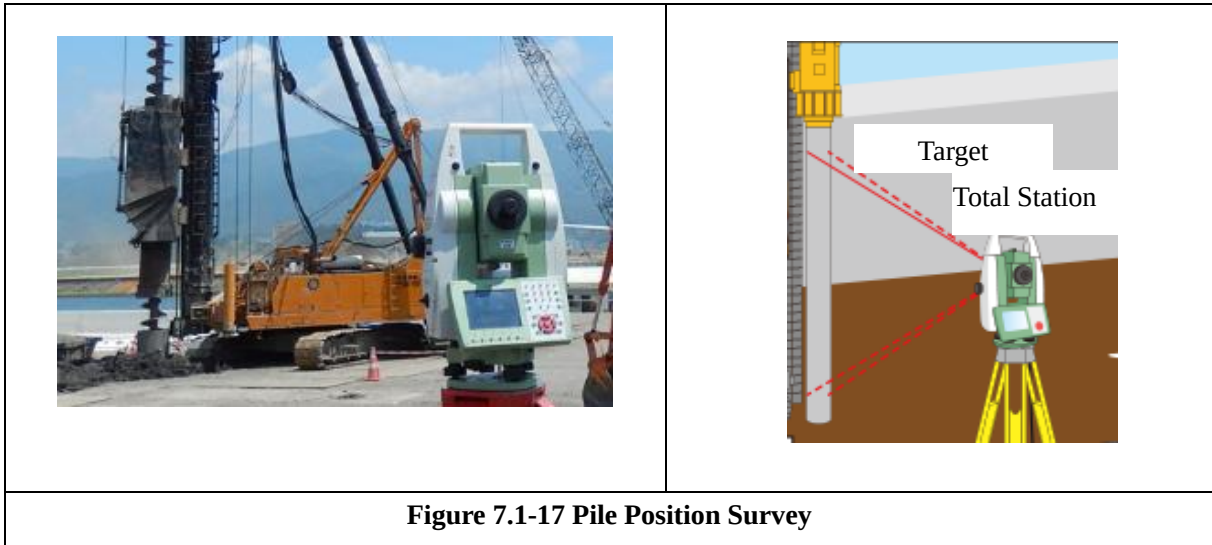


Figure 7.1-17 Pile Position Survey

(၅) တိကျမှန်ကန်မှု (Accuracy)

Pile များ တပ်ဆင်ရာတွင် တိကျမှန်ကန်မှုရှိစေရန်အတွက် စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည့်အချက်များမှာ cast-in-place pile များ နေရာချခြင်း၊ pile တိမ်းစောင်းမှု နှင့် pile ၏ အချင်းတို့ ဖြစ်သည်။ Precast pile များအတွက် လိုအပ်သည့် တိကျမှန်ကန်မှုကို ဇယား ၇.၁- ၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။ Pile ရိုက်သွင်း သည့်စက်အတွက် မြေကြီးအနေအထားနှင့် pile ၏ တည်နေရာမှန်ကန်မှုသည်လည်း pile တည်ဆောက် ရေး တိကျမှန်ကန်မှုအတွက် အရေးကြီးပါသည်။

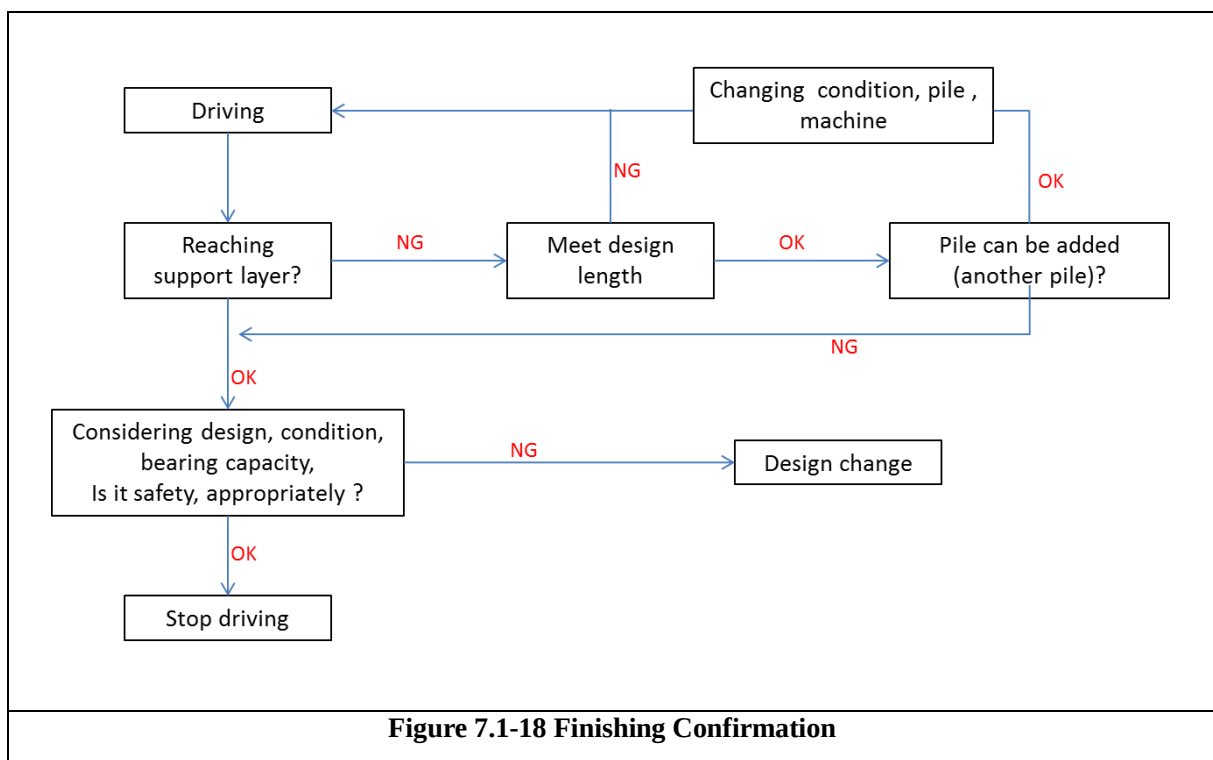
မြေမျက်နှာပြင်၏ ဝန် ထမ်းနိုင်အား (bearing strength) ကို စစ်ဆေး အတည်ပြုရမည်ဖြစ်ပြီး လိုအပ် လျှင် baseplate ကို အသုံးပြုရမည်။ ပျော့သည့် မြေအမျိုးအစားဖြစ်ပါက Survey အတွက် control point များကို စက်ယန္တရားများကြောင့် မြေသားလှုပ်ရှားခြင်း၏ သက်ရောက်မှုမရှိသောနေရာများတွင် သတ်မှတ်ရမည်။

Table 7.1-1 Accuracy

Displacement from Designed Pile Center	D/4 and Less than 100 mm (Choose smaller)
Pile Inclination	Less than 1/100

(၆) အပြီးသတ်ခြင်း (Finishing)

Test pile ရလဒ်များကိုအခြေခံ၍ pile အနက် (pile depth), dynamic bearing capacity (rebound ပမာဏ) ၊ နှစ်ဝင်ရမည့်အနက်၊ ဝန်ကိုထမ်းမည့် မြေလွှာ၏အခြေအနေစသည့် အချက်များပေါ်မူတည်ပြီး ရိုက်သွင်းမှု ရပ်တန့်ရမည့်အချိန်ကို သတ်မှတ်ဆုံးဖြတ်ရမည်။



၁) နှစ်မြှုပ်ရမည့်အနက် (Embedded Depth)

ဒီဇိုင်းစာရွက်စာတမ်းများတွင် သတ်မှတ်ဖော်ပြထားသည့် pile ၏နှစ်မြှုပ်ရမည့်အနက် သို့မဟုတ် test piling ရလဒ်များအရ စစ်ဆေးအတည်ပြုထားသည့် နှစ်မြှုပ်ရမည့်အနက် ဖြစ်သည်။

၂) Dynamic Bearing Capacity

Pile တပ်ဆင်သည့်လုပ်ငန်း အပြီးသတ်ခြင်းကို ထိန်းချုပ်လုပ်ဆောင်ရန်အတွက် Dynamic bearing capacity (Pile ရိုက်သွင်းသည့် နည်းလမ်းမှ) ကို အောက်ပါပုံသေနည်းဖြင့် တွက်ချက်နိုင်သည်။

$$R_a = \frac{1}{3} \left(\frac{AEK}{e_0 l_1} + \frac{\bar{N} U l_2}{e_f} \right)$$

where

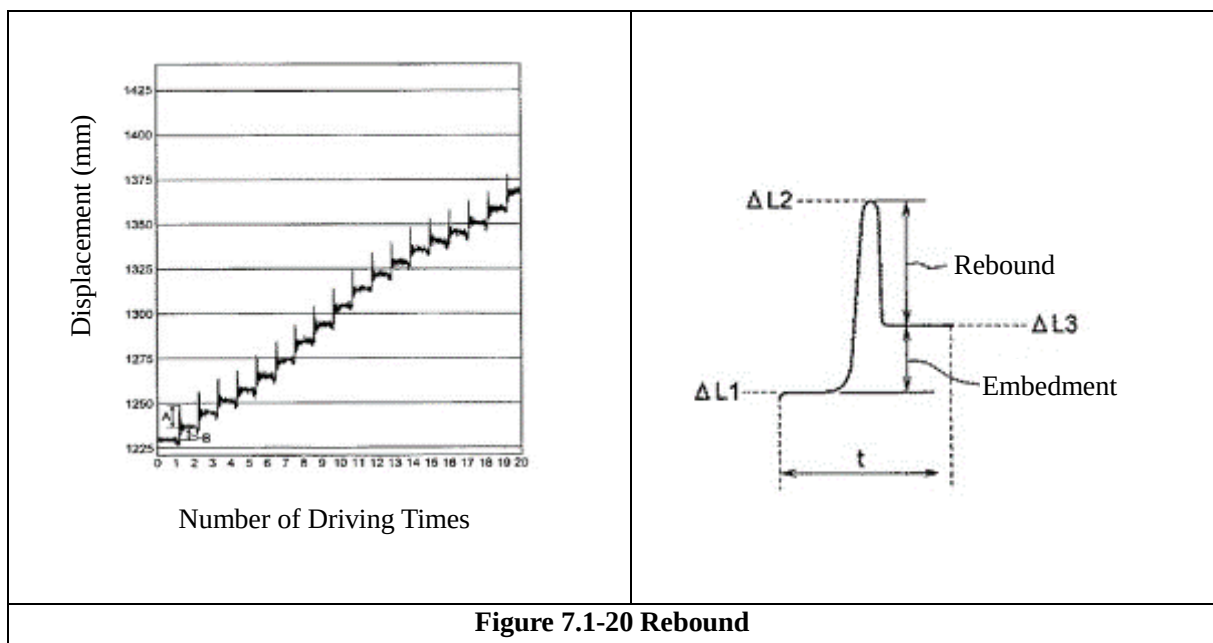
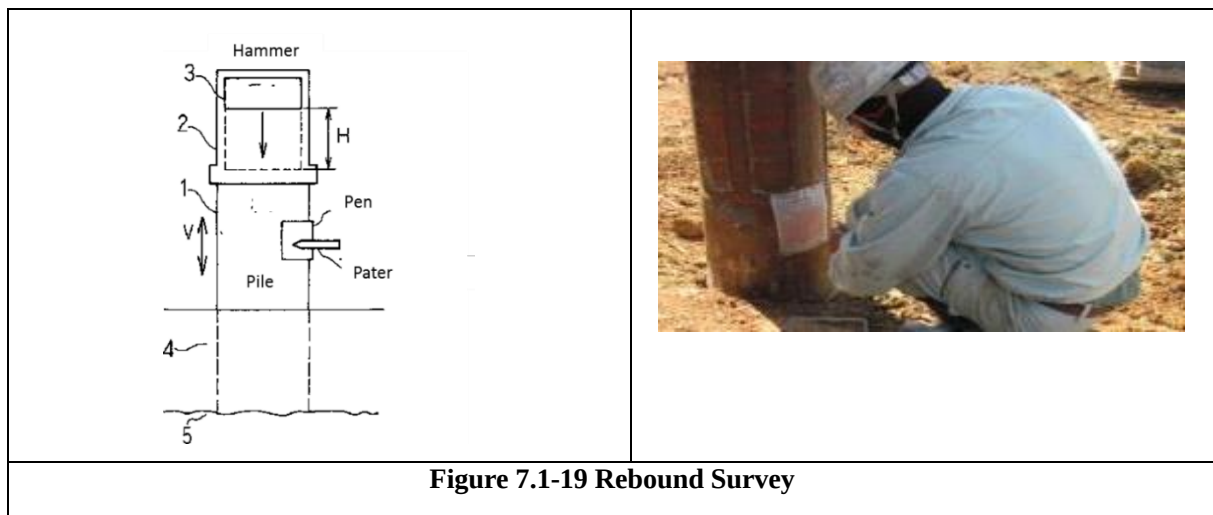
- R_a : Allowable bearing capacity (kN) of the pile
 A : Net sectional area (m²) of the pile
 E : Young's modulus (kN/m²) of the pie
 l_1 : Pile length (m) used for calculation of dynamic end bearing capacity as shown as Table-C. 17.10.1
 l_2 : Length (m) of the pile driven in the ground
 l : Length (m) from the pile top end to a hammering point
 l_m : Length (m) from the pile top end to a point where rebounding is measured
 U : Circumferential length (m) of the pile
 $\bar{N}$: Average N -value of the pile periphery
 K : Degree (m) of rebound
 e_0, e_f : Correction factors of values in Table-C. 17.10.2. However, W_H/W_P is the weight ratio of the hammer to the pile, and if a follower is used, W_P is the sum of the weight of the pile and follower.

Table-C. 17.10.1 Correction of Pile Length

Value of e_0	Value of l_1
$e_0 \geq 1$	l_m
$1 > e_0 \geq l_m / l$	l_m / e_0
$e_0 \leq l_m / l$	l

Table-C. 17.10.2 Connection Factor

Pile type	Installation method	e_0	e_f	Remarks
Steel pipe pile	Pile-driving method	$1.5 W_H / W_P$	0.25	
	Boring and final driving			
PHC, RC and SC piles	Pile-driving method	$2.0 W_H / W_P$	0.25	
	Boring and final driving	$4.0 W_H / W_P$	1.00	
Steel pipe, PHC, RC and SC piles	Pile-driving method	$(1.5 W_H / W_P)^{1/3}$	0.25	Applied to hydraulic hammer



၇.၂ Pre-boring Pile Method

၇.၂.၁ တည်ဆောက်မှု အနှစ်ချုပ် (Outline of Construction)

ကြိုတင်တွင်းတူးပြီးနောက် Pile ရိုက်သွင်းသည့် နည်းလမ်းတွင် နည်းပညာများနှင့် ဆက်စပ်နေသည့် လုပ်ငန်းစဉ်များစွာ ပါဝင်သည်။ သို့သော် ဤအခန်း၌ ရည်ညွှန်းသည့်လုပ်ငန်းစဉ်မှာ မြေကြီးကို boring bit သို့မဟုတ် rod ဖြင့် ဖောက်ပြီး တွင်းအောက်ခြေကို ပြုပြင်ရန်သုံးသည့်အရည်တစ်မျိုး (foot protection fluid) နှင့် pile မျက်နှာပြင်အားထိန်းချုပ်သည့်အရည်တစ်မျိုး (pile periphery fixing fluid) တို့ကို ထည့်သွင်းသည်။ ထို့နောက်မှ စက်ရုံ၌ ထုတ်လုပ်ထားသော သံကူကွန်ကရစ် pile ၊ PHC

pile နှင့် steel concrete pile တစ်မျိုးမျိုးကို တပ်ဆင်ပါသည်။ ဤနည်းလမ်း၏ ကန့်သတ်ချက်မှာ တွင်းနံရံ (borehole wall) နှင့် pile မျက်နှာပြင်ကြား နေရာလွတ်များကို ဖြည့်ရမည့်နည်းများပင် ဖြစ်သည်။

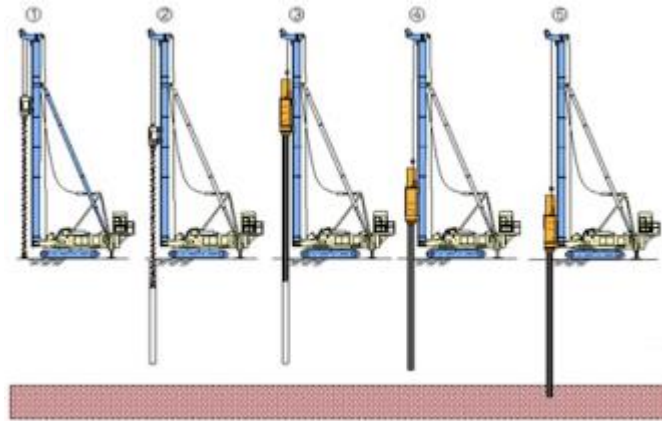


Figure 7.2-1 Pre-boring Method

၇.၂.၂ တည်ဆောက်ရေးစက်ယန္တရားများ (Construction Machineries)

၁) Pile Driver

ယေဘုယျအားဖြင့် three-point supporting pile driver ကို တပ်ဆင်ရမည်။ ကျဉ်းမြောင်းသော နေရာများတွင် Boom suspension type ကို အသုံးပြုပါသည်။



Figure 7.2-2 Three-Point Supporting Pile Driver



Figure 7.2-3 Boom Suspension Type

၂) Auger Driving Motor

လွန်ပူ (Auger) ကို မြေသားအခြေအနေကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပြီး ရွေးချယ်ရမည်။ အခြေခံအားဖြင့် လွန်ပူ (auger) ကို လည်ပတ်စေမည့် မော်တာ၏ capacity ကို pile ၏ အလျားနှင့် ဝန် ထမ်းနိုင်ရည် အပေါ်မူတည်၍ ရွေးချယ်ရမည်။

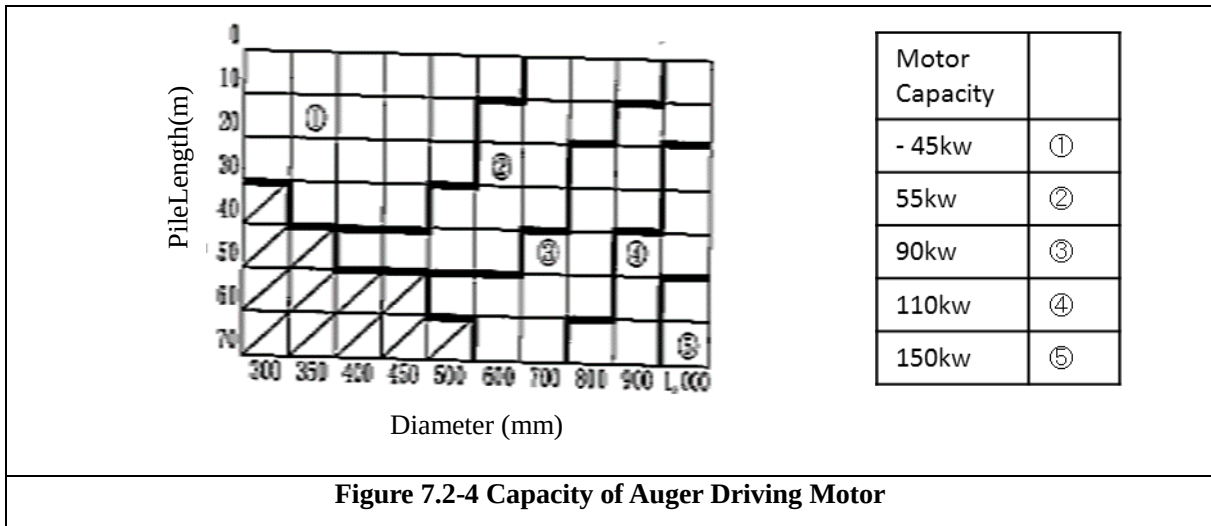
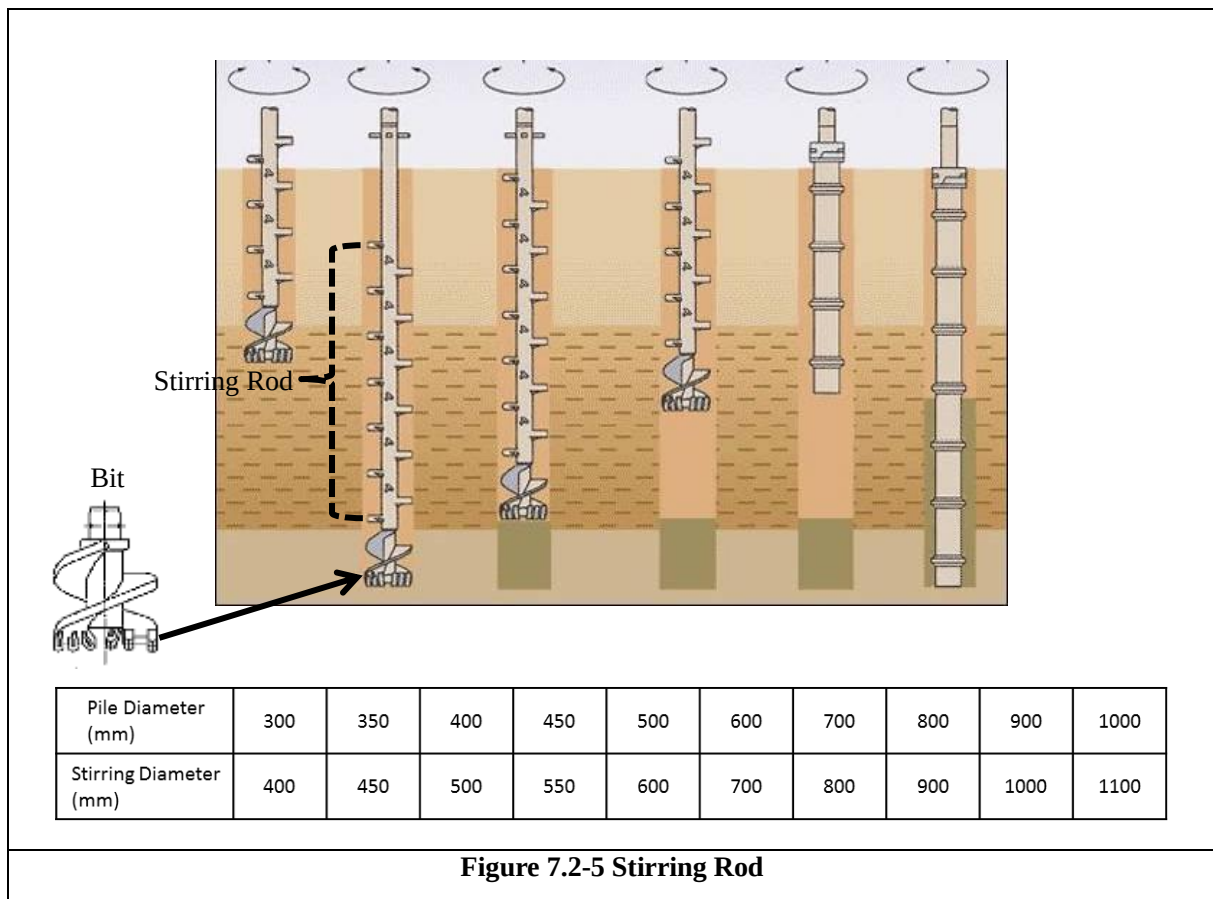


Figure 7.2-4 Capacity of Auger Driving Motor

၃) Drilling and Stirring Machine

လွန်တူးသည့်စက် (Drilling machine) နှင့် မွှေသည့်စက် (stirring machine) ဟူ၍ စက် ၂ မျိုး ကို အသုံးပြုသည်။ လွန်သွားနှင့် မွှေသည့်စက်သည် သီးခြားစီဖြစ်စေ ပေါင်းစပ်၍ဖြစ်စေ ရှိပါသည်။ ပေါင်းစပ်ထားသည့်အမျိုးအစားသည် တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းတွင် ပို၍တိကျမှန်ကန်မှုရှိသည်။ ၎င်း၏အရှည်သည် ဒီဇိုင်းအရ လွန်တူးရန် လိုအပ်သော အနက်ထက် ပို၍ရှည်ရမည်။

Pile ၏ အချင်းပေါ်မူတည်ပြီး လွန်သွားနှင့် မွှေစက် ဒလက်တို့၏ အချင်းကို ရွေးချယ်သင့်သည်။



၇.၂.၃ တည်ဆောက်ရေး (Construction)

(၁) လွန်ဖြင့်ဖောက်ခြင်း (Drilling)

တွင်းတူးနေစဉ်အတွင်း လွန်တူးခြင်းကို ခုခံသည့်အား (drilling resistance) ကို လျော့ချရန်နှင့် တွင်းနံရံပြိုကျခြင်းမှ ကာကွယ်ရန် အရည်တစ်မျိုး (drilling fluid) ကို လွန်သွားမှနေ ထုတ်လွှတ်ပေးရမည်။ လွန်တူးသည့် အရှိန်ပေါ်တွင် မူတည်ပြီး drilling fluid ထုတ်လွှတ်သည့်နှုန်းကို ထိန်းညှိပေးရန် လိုအပ်ပါသည်။

မြေသားအခြေအနေနှင့်ကိုက်ညီသော လွန်တူးသည့် အရှိန် (speed) ကို အသုံးပြုရန် အရေးကြီးပါသည်။ ကျစ်လျစ်မာကျောသော (cohesive or hard) မြေသားကို လွန်တူးသည့်အခါ အားများသွားပါက လွန်သွားကွေးခြင်း ထိခိုက်ပျက်စီးခြင်းတို့ ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါသည်။

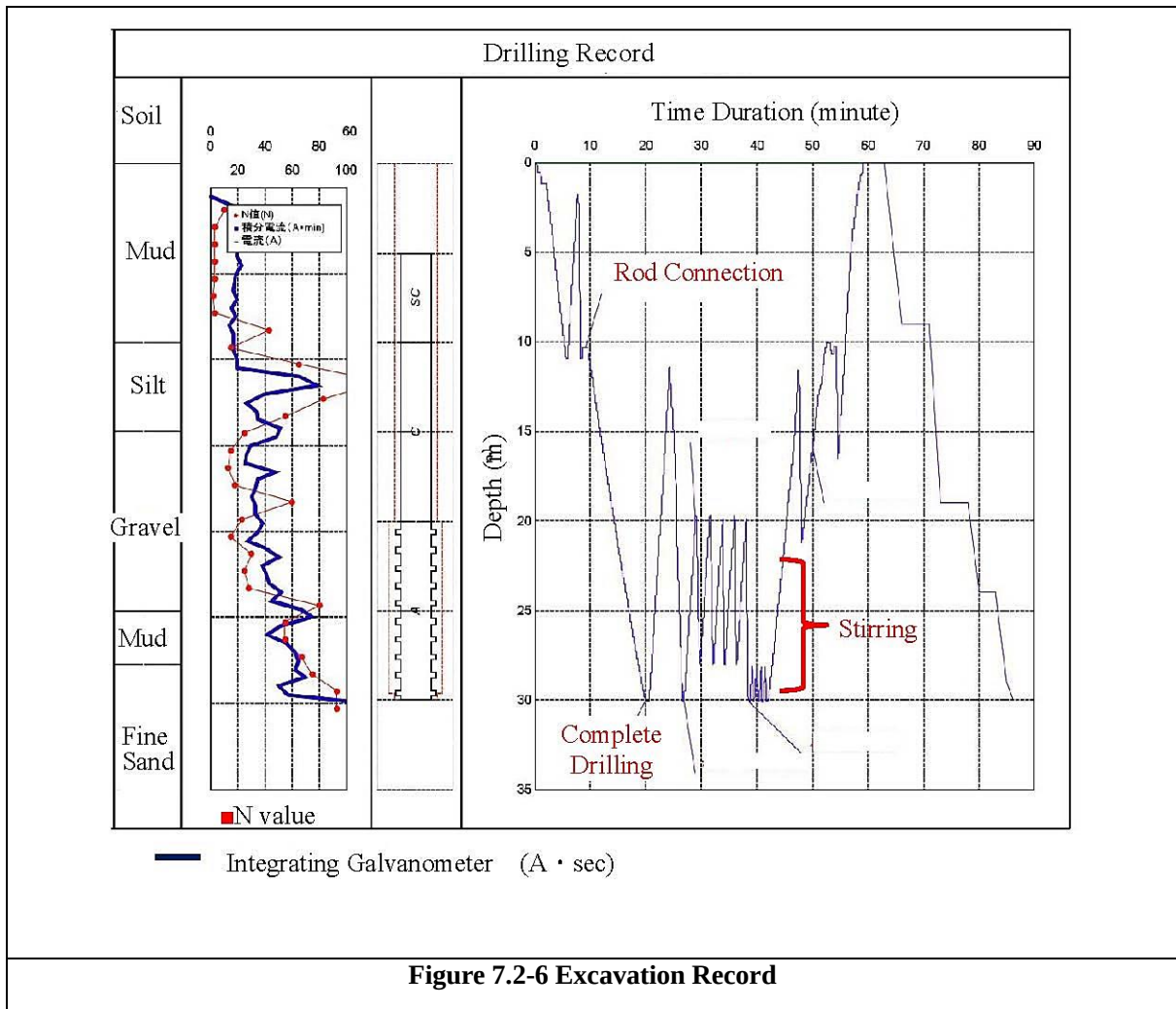
မြေသားအနေအထားကြောင့် တွင်း ပြိုကျခဲ့လျှင် bentonite မြေဖယောင်းရည် (lost circulation material ပါသော) စသည့် drilling fluid ကို အသုံးပြုသင့်ပါသည်။

လွန်ပူ၏ထိပ်ဖျားသည် သတ်မှတ်ထားသည့် အနက်တစ်ခုသို့ရောက်ရှိပြီးနောက် လွန် ပိုမို၍ တူးနေခြင်း အချိန်အတော်ကြာအောင် မွေ့နေခြင်းရှိပါက အနီးဝန်းကျင်ရှိ မြေသားအား ထိခိုက်နိုင်သည့်အတွက် ဂရု ပြုရမည်။ ထို့ကြောင့် ပဏာမ မြေပြင်တိုင်းတာလေ့လာမှု (preliminary survey) ရလဒ်များနှင့် လွန်တူးနေသည့်အနက်၏ ဆက်သွယ်ချက်ကို ဆက်စပ်ချိန်ဆခြင်း၊ Ammeter တွင် လျှပ်စစ်စီးဆင်းမှု (current) ပမာဏ အပြောင်းအလဲကို ဖတ်ရှုနေခြင်း၊ လွန်တူးနေသည့် အရှိန်ကို တစ်သမတ်တည်း ထိန်း ထားခြင်းတို့ဖြင့် ဝန် ထမ်းမည့် မြေလွှာသို့ လွန်သွားရောက်/ မရောက်ကို သေသေချာချာ လေ့လာ စိစစ်ရမည်။ လွန်ပူ (Auger) ကို ဆွဲထုတ်ချိန်တွင်၊ လွန်အဖျားတွင် ကပ်နေသည့် မြေသားကိုလည်း မျက်စိဖြင့် တိုက်ရိုက်ကြည့်ရှုစစ်ဆေးရမည်။

Test pile စမ်းသပ်မှုရလဒ်များကို အခြေခံ၍ လွန်တူးသည့်အရှိန် (speed) ကို သတ်မှတ်ရမည်။ မာကျော သောမြေသားတွင် လွန်တူးရသည့်အခါ လိမ်အား (torque) တိုးလာပြီး လွန်တံ (drilling rod) ကို ထိခိုက်စေနိုင်သည့်အတွက် လွန်တူးသည့်အရှိန်ကို ထိန်းညှိရမည်။ လွန်တူးနေသည့်အရှိန်ကို drilling rod ပေါ်တွင်ရှိသော အမှတ်တစ်နေရာရာ၏ speed အား တိုင်းတာခြင်းဖြင့် ရယူနိုင်သည်။

Table 7.2-1 Excavation Speed

Soil	Excavation Speed (m/min)
Silt, Soft mud, Soft sand	0.5 – 4
Hard mud, sand	0.5 – 3
Hard sand, Gravel	0.5 - 1



(၂) တိကျမှန်ကန်မှု (Accuracy)

Pile များ တည်ဆောက်ရာတွင် တိကျမှန်ကန်မှုရှိစေရန် စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည့်အချက်များမှာ cast-in-place pile များ နေရာချခြင်း၊ pile တိမ်းစောင်းမှု နှင့် pile ၏ အချင်းတို့ ဖြစ်သည်။ Precast pile များအတွက် လိုအပ်သည့် တိကျမှန်ကန်မှုကို ဇယား ၇.၂-၂ တွင် ဖော်ပြထားသည်။ Pile ရိုက်သွင်းသည့် စက်အတွက် မြေသားအခြေအနေနှင့် pile ၏ တည်နေရာမှန်ကန်မှုသည်လည်း Pile တည်ဆောက်မှု တိကျမှန်ကန်မှုရှိစေရေးတွင် ပဓာနကျသည်။

မြေမျက်နှာပြင်၏ ဝန် ထမ်းနိုင်ရည် (bearing strength) ကို စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်ဖြစ်ပြီး လိုအပ်လျှင် baseplate ကို အသုံးပြုရမည်။ ပျော့သည့်မြေအမျိုးအစားဖြစ်ပါက Survey အတွက် control point များကို စက်ယန္တရားများကြောင့် မြေသားလှုပ်ရှားမှု၏ သက်ရောက်မှု မရှိသောနေရာများတွင် သတ်မှတ်ရမည်။ လွန်တူးရမည့်အနက်ကို လမ်းပေါ်ရှိအမှတ်အသားများကို survey လုပ်၍ တိုင်းတာမှု

လုပ်နိုင်သည်။ လွန်တူးမည့် အမြန်နှုန်းကို test pile တည်ဆောက်မှုရလဒ်များကို အခြေခံပြီး ထိန်းညှိရမည်။

Table 7.2-2 Accuracy

Displacement from Designed Pile Center	D/4 and Less than 100 mm (Choose smaller)
Pile Inclination	Less than 1/100



Figure 7.2-7 Measurement of Drill Core Position

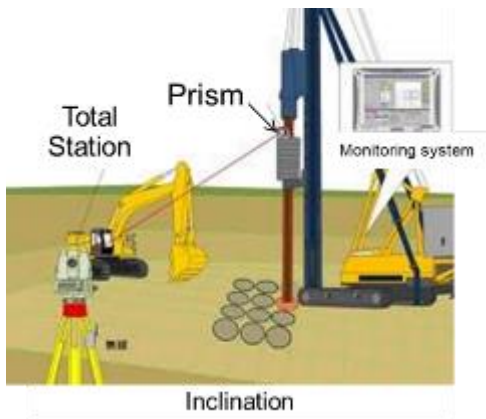


Figure 7.2-8 Survey of Drill Core Position

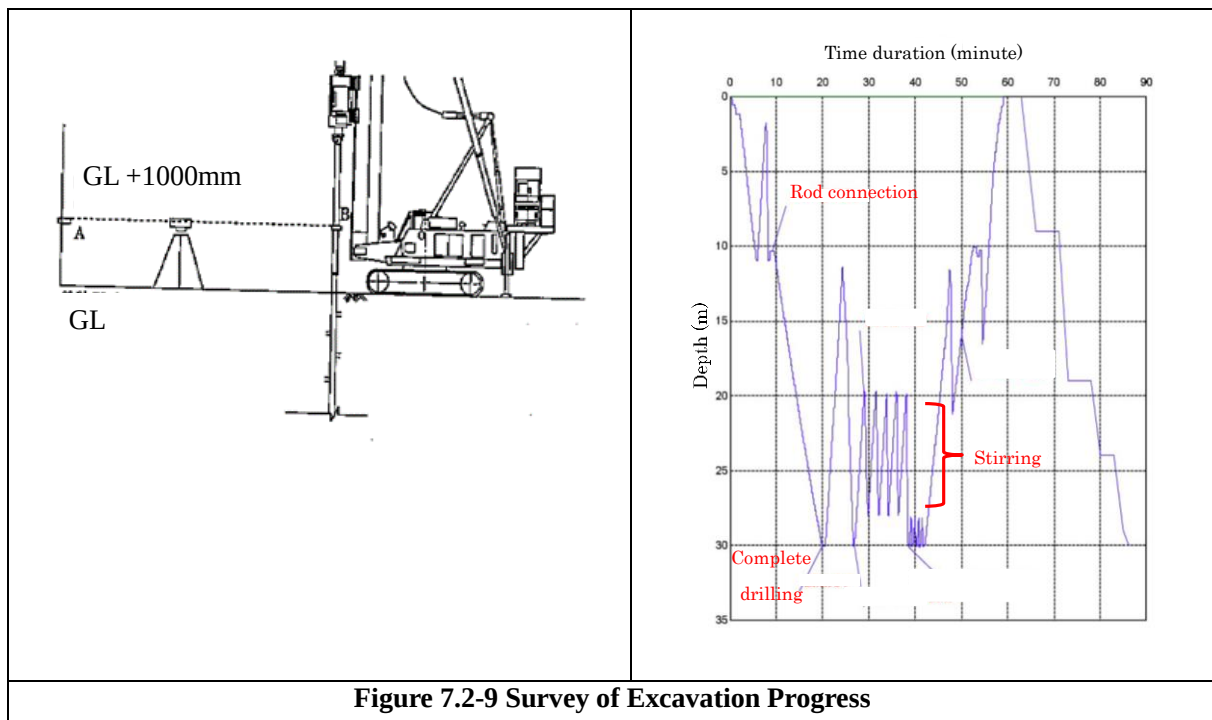


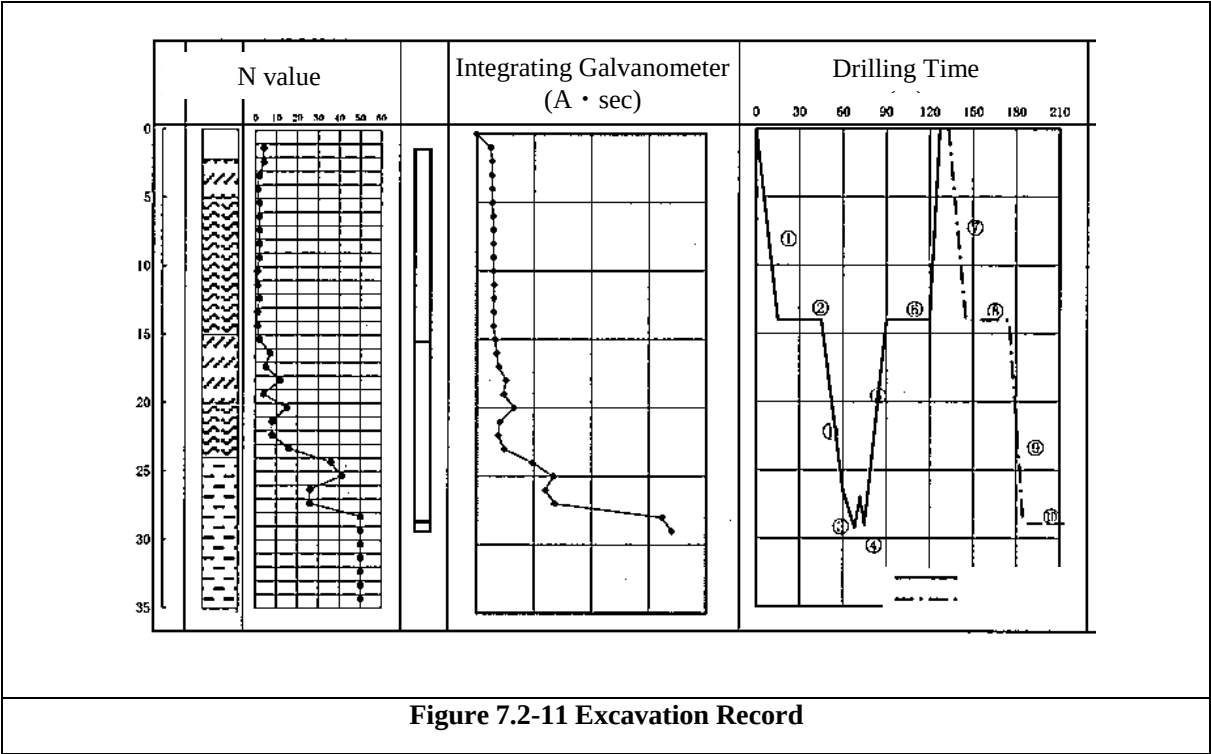
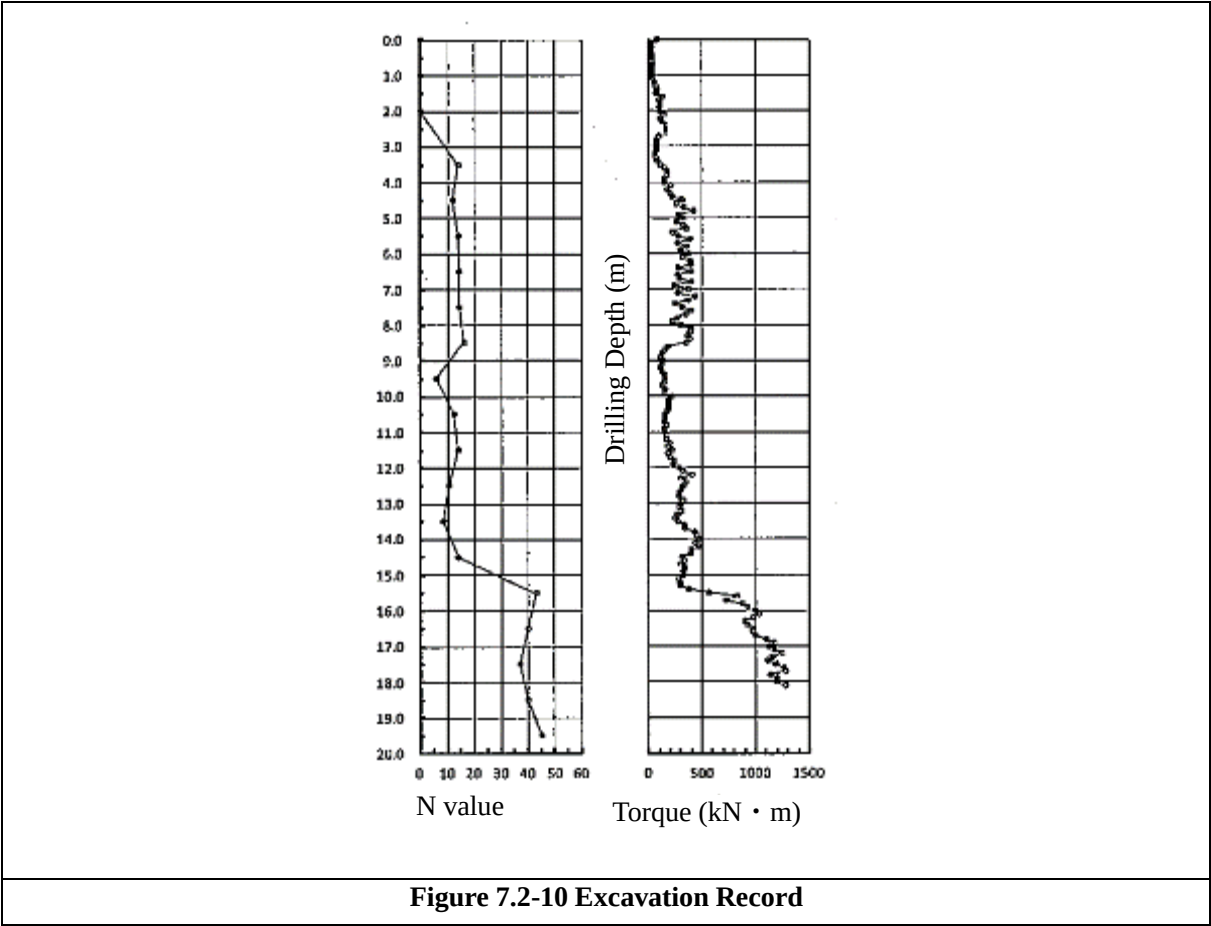
Figure 7.2-9 Survey of Excavation Progress

(၃) ဝန်ထမ်းနိုင်သည့်အလွှာကို အတည်ပြုခြင်း (Support layer Confirmation)

ကြိုတင်သွန်းလောင်း pile များ ဝန် ထမ်းနိုင်စွမ်း (bearing capacity) ရှိစေရန်အတွက် pile များသည် ဝန်ထမ်းနိုင်သည့် မြေလွှာထဲသို့ မြုပ်ဝင်နေရန် အရေးကြီးပါသည်။

လွန်သည် ဝန် ထမ်းမည့် မြေလွှာသို့ ရောက်/ မရောက်ကို drilling torque မှတ်တမ်း သို့မဟုတ် လျှပ်စီးအားကို စမ်းသပ်တိုင်းတာသည့်ကိရိယာ (integrating galvanometer) တို့ကို ကြည့်၍ စစ်ဆေးအတည်ပြုနိုင်သည်။

အကယ်၍ Test pile ရလဒ်များနှင့် သိသာထင်ရှားစွာ ခြားနားနေပါက ဒေတာတစ်ခုချင်းစီကို အသေအချာပြန်လည် သုံးသပ်ပြီး လိုအပ်လျှင် နောက်ဆက်တွဲ လွန်တွင်းများတူး၍ စမ်းသပ် တိုင်းတာခြင်း (boring survey) ကို လုပ်ဆောင်ရမည်။



(၄) အောက်ခြေကို ကာကွယ်ပေးသည့် အရည်နှင့် Pile မျက်နှာပြင်ကို ထိန်းချုပ်သည့် အရည် ထည့်သွင်းခြင်း
(Injection of Foot Protection Fluid and Pile Periphery Fixing Fluid)

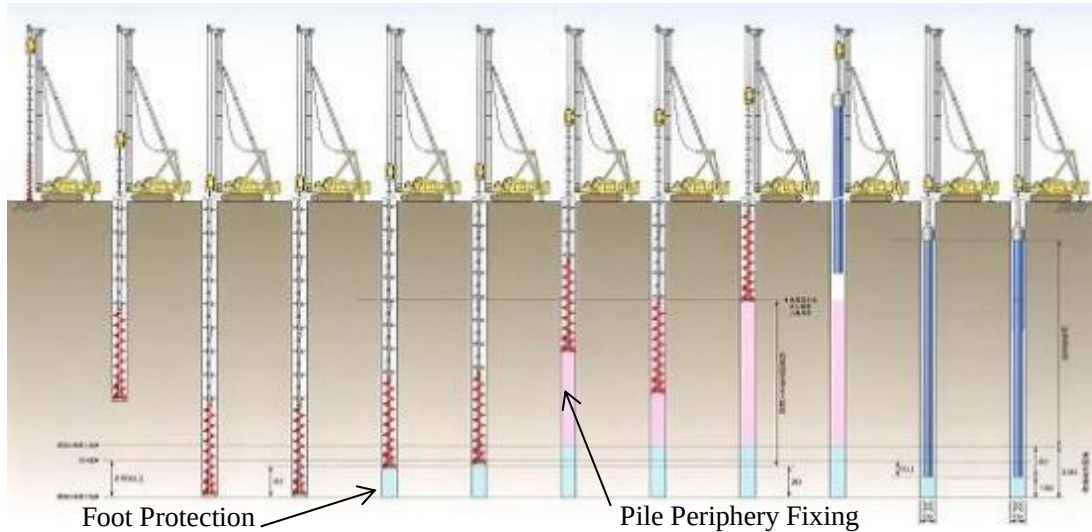
၁) Foot Protection

သတ်မှတ်ထားသည့် bearing capacity ကို ရရှိစေရန်အတွက် တွင်းအောက်ခြေကို အကာအကွယ် ပေးသည့် အရည် (Foot Protection Fluid) တစ်မျိုးကို မပျက်မကွက် ထည့်သွင်းရမည်။ Foot protection fluid အဖြစ် အသုံးပြုမည့် ဘီလပ်မြေအရည်၏ ရေ-ဘီလပ်မြေ အချိုး W/C သည် ၆၀ မှ ၇၀ ရာခိုင်နှုန်း ခန့်ရှိရမည်။ ထိုဘီလပ်မြေ အရည်ကို pile ထိပ်ဖျား၏ ပတ်ပတ်လည်တွင်ရှိသော သဲဆန်သော မြေကြီးနှင့် အပြည့်အဝ ရောနှောစေပြီး သတ်မှတ်ထားသည့် နေရာကို မပျက်မကွက် ထည့် သွင်းရမည်။ စက်ရုံမှ နမူနာယူထားသည့် foot protection fluid ၏ ဖိအားခံနိုင်ရည်ကို $\sigma_{28} = 20 \text{ N/mm}^2$ ဟုယူနိုင်ပါသည်။

၂) Pile မျက်နှာပြင် (Pile Periphery)

Borehole တွင်းနံရံနှင့် pile ကိုယ်ထည်ကြား နေရာလွတ်များထဲသို့ pile မျက်နှာပြင်ကို ထိန်းချုပ်သည့် ဆေးရည် (Pile Periphery Fixing Fluid) ကို မပျက်မကွက် ထိုးသွင်းရမည်။ ဘီလပ်မြေအရည်ကို ထို မျက်နှာပြင်ကို ထိန်းချုပ်သည့် ဆေးရည်အဖြစ် သုံးနိုင်သည်။ ထိုးသွင်းရမည့် ပမာဏ၊ ထိုးသွင်းရမည့် နှုန်း စသည်တို့ကို သတိထားရမည်။

ဘီလပ်မြေအရည် curing လုပ်ခြင်းနှင့်အတူ ဖြစ်ပေါ်လာသော ရေရရှိမှု သို့မဟုတ် ရေဆုံးရှုံးမှုကြောင့် အရည် level (fluid level) နိမ့်ကျခြင်း ဖြစ်ပြီး တွင်းနံရံ နှင့် pile ကိုယ်ထည်အကြား နေရာလွတ်များ ဖြစ်ပေါ်ပါက pile မျက်နှာပြင် ထိန်းချုပ်ဆေးကို ထပ်မံဖြည့်သွင်းရမည်။ တွင်းထိပ်မှ လျှံထွက်လာသော ဘီလပ်မြေအရည်ကို နမူနာယူ၍ စစ်ဆေးထားသည့် ဖိအားခံနိုင်ရည် (compressive strength) သည် $\sigma_{28} = 0.5 \text{ N/mm}^2$ ဟု ယူနိုင်သည်။



The water-cement ratio, W/C, should be about 60 to 70.

Compressive strength: Foot protection	$\sigma_{28} > 20 \text{ N/mm}^2$
Pile Periphery Fixing	$\sigma_{28} > 0.5 \text{ N/mm}^2$

Figure 7.2-12 Injection of Foot Protection Fluid and Pile Periphery Fixing Fluid

(၅) Pile နေရာချထားမှု (Pile Placement)

Pile ကို ဒီဇိုင်းတွင် ယူဆထားသည့် ဝန် ထမ်းသည့် အလွှာ၏ အနက်တစ်ခုအထိ ရောက်အောင် မြှုပ်နှံထားရမည်။ တိမ်းစောင်းမှု (inclination) အား အထူးသတိထားပြီး တွင်းထဲသို့ တိကျစွာ တပ်ဆင်နေရာချရမည်။ Pile ကို ထည့်သွင်းရာတွင် တွင်းနံရံများ ပွန်းပဲ့ခြင်း မဖြစ်စေရန်နှင့် pile ကိုယ်ထည်ကို ထိခိုက်ခြင်းမရှိစေရန် ဂရုပြုလုပ်ဆောင်ရွက်ရမည်ဖြစ်ပြီး ထိုးသွင်းထားသည့် pile မျက်နှာပြင်ချုပ်ဆေးများ pile ခေါင်းမှနေ လျှံထွက်လာခြင်း ရှိ/ မရှိကိုလည်း စစ်ဆေးရမည်။ Pile ထည့်သွင်းခြင်းကို ၎င်း၏ ကိုယ်ပိုင်အလေးချိန်ဖြင့် ဖြစ်စေ၊ pile အား လှည့်လှည့်ပြီး သွင်းခြင်းဖြင့်ဖြစ်စေ ပြုလုပ်သင့်သည်။ Pile ကို သတ်မှတ်ထားသော အနက်တွင် သေသေချာချာ နစ်မြုပ်စေရမည်။

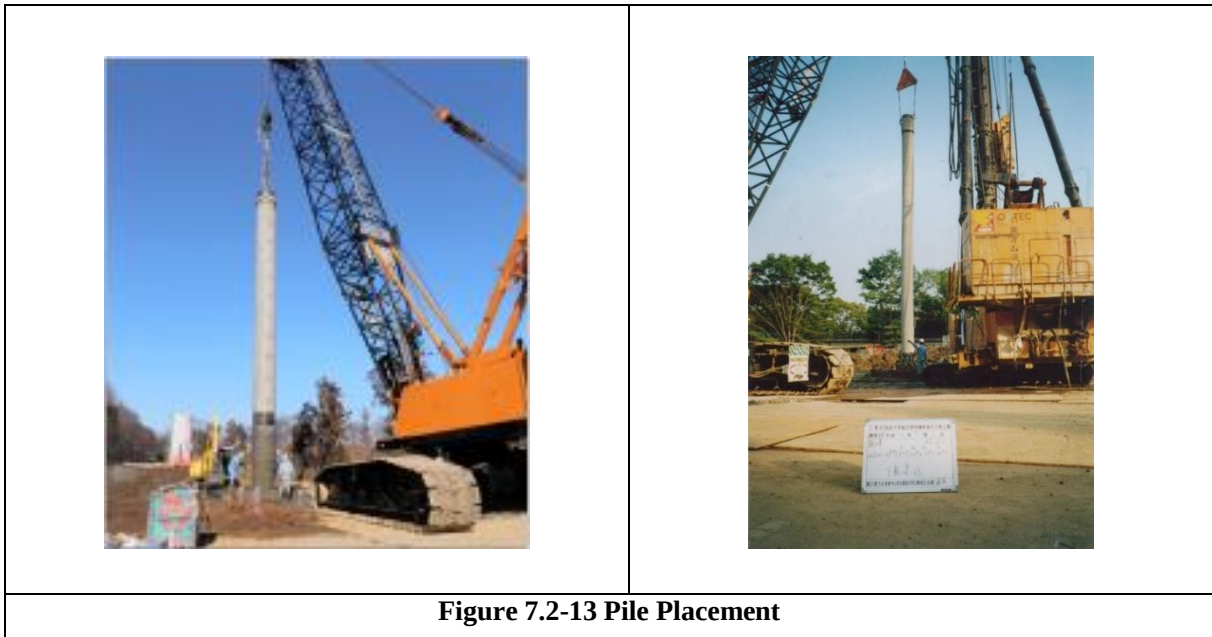


Figure 7.2-13 Pile Placement

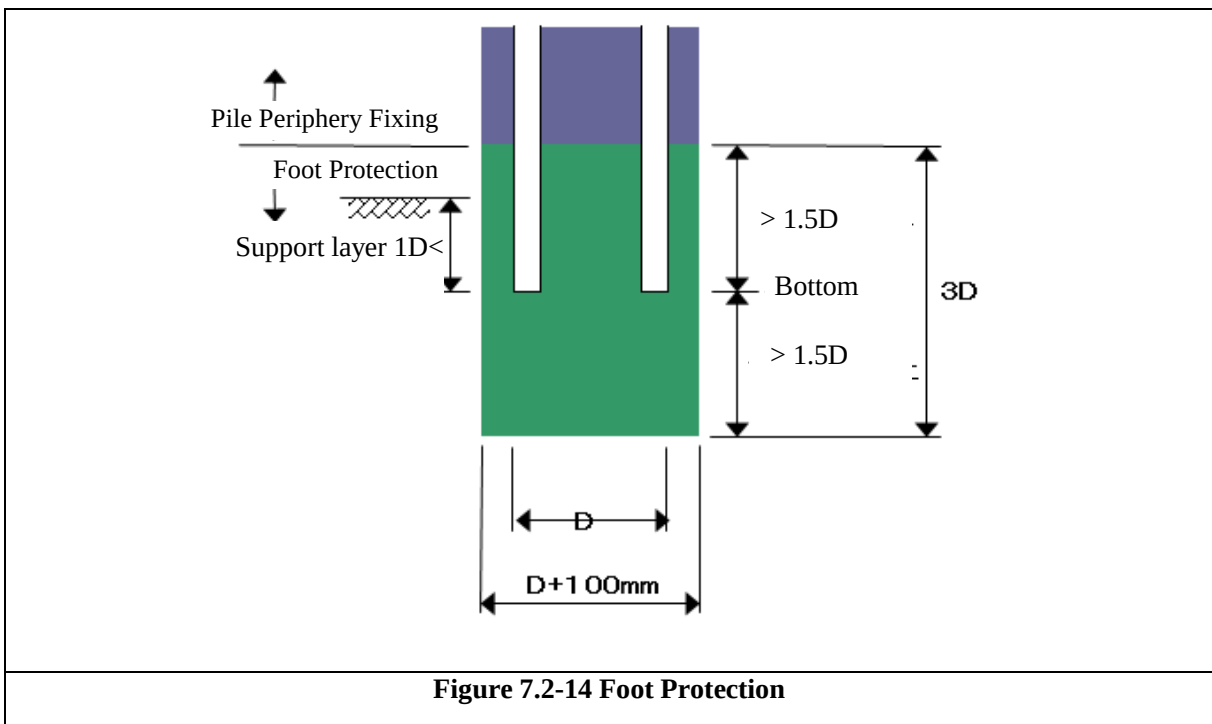


Figure 7.2-14 Foot Protection

(၆) ဆက်ခြင်း (Connection)

Pile များကို ဆက်ရာတွင် အခြေခံအားဖြင့် ဂဟေဖြင့်ဆက်ခြင်းသည် pile structure အတွက် အဓိက ကျသောအပိုင်းပင်ဖြစ်သည်။ Pile များကို ဆက်ပြီးသည့်နောက် သေချာစွာ စမ်းသပ်စစ်ဆေး၍ စီမံခန့်ခွဲ ရမည် (အခန်း ၅) ။ ကြိုတင်သွန်းလောင်းသည့် pile များအတွက် ယေဘုယျဆက်သည့်ပုံစံများကို

အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည်။ ဂဟေဆက်ခြင်းလုပ်ငန်း ဆောင်ရွက်နေစဉ် အောက်ဘက်ရှိ pile ကို stand frame ဖြင့် ထိန်းထားရမည်။

Table 7.2-3 Welding Size

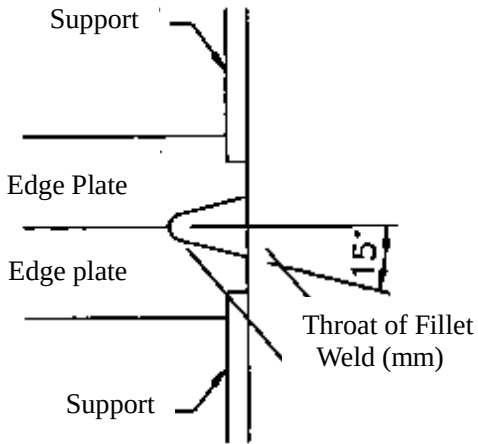
Pile Diameter (m)	Throat of fillet weld (mm)	
300	8.0	
350	8.5	
400	9.5	
450	10.0	
500	11.0	
600	12.0	
700	13.0	
800	14.0	
900	10	
1000	16.0	



Figure 7.2-15 Welding

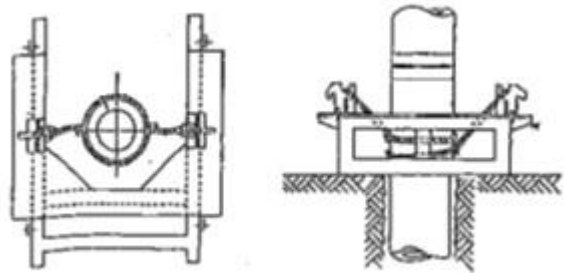


Figure 7.2-16 Holding Flame

၇.၃ Jack in Piling Method

၇.၃.၁ တည်ဆောက်မှု အနှစ်ချုပ် (Outline of Construction)

Pile ကို Jack အားဖြင့် ထည့်သွင်းသည့် နည်းလမ်းသည် မြေသားကို ဘေးသို့ တွန်းထိုး ရွေ့လျားစေသည့် pile စိုက်သည့် (displacement piling) နည်းလမ်းဖြစ်သည်။ စတုရန်းပုံ သို့မဟုတ် စက်ဝိုင်းပုံ သံကူ ကွန်ကရစ် pile ကို hydraulic pressure ကို သုံး၍ မြေကြီးထဲသို့ ဖိသွင်းပါသည်။

Pile တပ်ဆင်ချိန်တွင် အသံဆူညံမှုမရှိခြင်း၊ ညစ်ညမ်းစေမှုမရှိခြင်းနှင့် တုန်ခါမှုမရှိခြင်းစသော အကျိုးကျေးဇူး သုံးမျိုး ရှိသဖြင့် အဆိုပါ pile တပ်ဆင်ရေးနည်းလမ်းသည် ပတ်ဝန်းကျင်နှင့် သဟဇာတ ဖြစ်သောနည်းလမ်း ဖြစ်သည်။ သို့သော် Pile ကို မည်သည့် treatment မှ မလုပ်ဆောင်ဘဲ ရိုးရိုး တပ်ဆင်လိုက်ပါက Pile ၏ အနီးတစ်ဝိုက်မှ မြေသားများကို ဘေးဘက်သို့ ရွေ့လျားစေသောကြောင့် အရင်ရှိနှင့်ပြီးသော Structure များပေါ်တွင် သက်ရောက်မှု တစ်စုံတစ်ရာ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။ ဤနည်းလမ်းဖြင့် Pile စိုက်ရာတွင် အရင်ဆုံး မြေတူးသည့်စက်ဖြင့် (pre-boring machine) ဖြင့် မြေကြီးများကို ဖယ်ထုတ်ပြီး ကြိုတင်အားဖြည့်ထားသည့် အဝိုင်းပုံသဏ္ဌာန်အလယ်တွင် အပေါက်ပါသည့် pile (pre-stressed spun pile) ကို hydrostatic machine ဖြင့် တပ်ဆင်သည်။ Pile စိုက်ရန်အတွက် force သက်ရောက်ရာတွင် လွန်ကဲမသွားစေရန်နှင့် အရည်အသွေး အာမခံချက်ရှိစေရန်အတွက် pile ရိုက်သည့် စက်/စနစ် တွင် တပ်ဆင်ထားသည့် ဖိအားဂီတ်ဖြင့် (hydraulic pressure gauge) စောင့်ကြည့်တိုင်းတာရမည်။



Figure 7.3-1 Basic Procedure of Jack in Piling Method

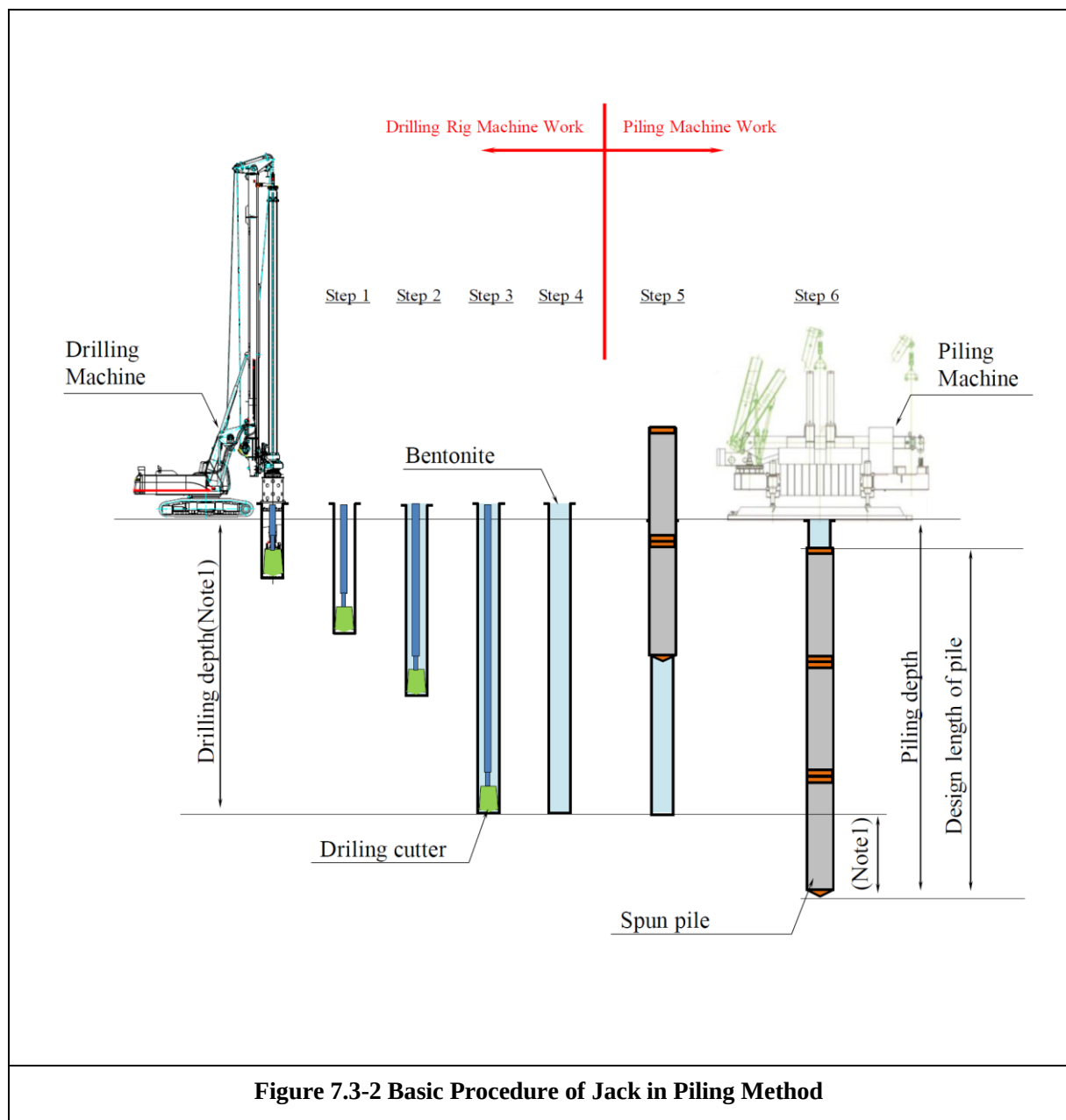
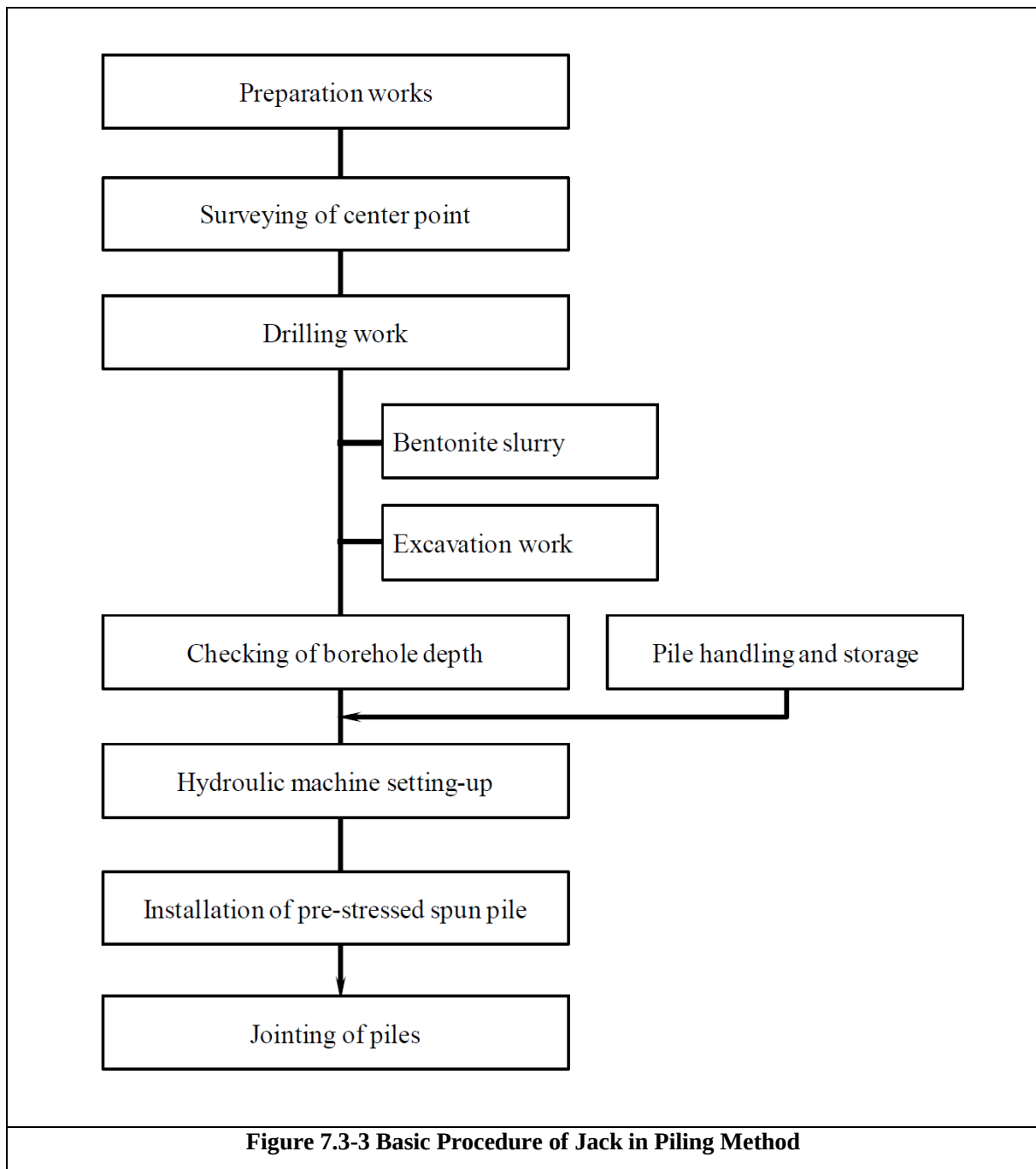


Figure 7.3-2 Basic Procedure of Jack in Piling Method

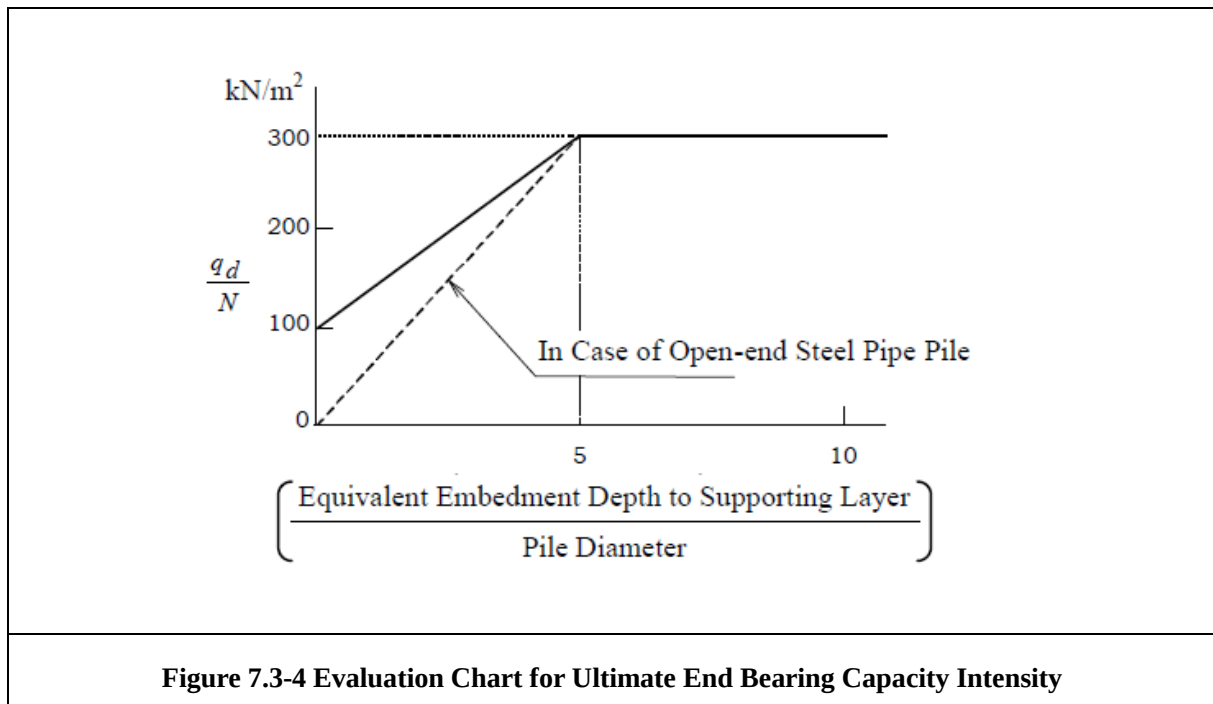


၇.၃.၂ Ultimate Bearing Capacity and Friction

(၁) Ultimate End Bearing Capacity Intensity

အမြင့်ဆုံး ဝန် ထမ်းနိုင်စွမ်း (Ultimate end bearing capacity) ကို တွက်ချက်ရာတွင် ရိုက်သွင်းသည့် pile ကဲ့သို့ပင် ပုံ ၇.၃-၄ တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း တွက်ချက်နိုင်သည်။ ပုံတွင် q_d နှင့် pile ထိပ်ဖျား ရောက်နေသည့် မြေကြီး၏ N တန်ဖိုးတို့၏အချိုးကို ဖော်ပြသည်။ ထိုအချိုးကို ဝန် ထမ်းသည့်

မြေလွှာထဲသို့ pile နှစ်မြှုပ်ဝင်နေသည့် အလျားနှင့် pile ၏ အချင်းတို့၏ function ဖြင့် ဖော်ပြထားခြင်း ဖြစ်သည်။



(၂) Friction Capacity

Pile တပ်ဆင်ခြင်း နည်းလမ်းနှင့် မြေသားအမျိုးအစားပေါ်တွင် မူတည်၍ pile မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် သက်ရောက်လျက်ရှိသော အများဆုံး ခုခံအား (maximum shaft resistance intensity) ကို ဇယား ၇.၃-၁ တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Table 7.3-1 Maximum Shaft Resistance Intensity (kN/m²)

	Sandy Soil	Cohesive Soil
Driven Pile Method Jack in Piling Method	2N (<100)	c or 10N (<150)
Bored Pile Method	2N (<100)	0.8c or 8N (<100)
Pre-boring Method	5N (<150)	c or 10N (<100)

C: cohesion of ground (kN/m²), N: N value from SPT

၇.၃.၃ တည်ဆောက်ရေး (Construction)

(၁) ကြိုတင်ပြင်ဆင်ရေးလုပ်ငန်းများ (Preparation Works)

တိုင်စိုက်သည့်စက်၏ ကိုယ်ပိုင်အလေးချိန်သည် တန် ၅၀ ကျော်သဖြင့် ၎င်းကို barge ဖြင့် သယ်ယူပို့ဆောင်ရမည်။

Spun pile တပ်ဆင်ခြင်းလုပ်ငန်းများမစတင်မီ ထိုလုပ်ငန်းခွင်နေရာကို သန့်ရှင်းပြီး ညီညာပြန်ပြုအောင် လုပ်ဆောင်ထားရမည်။ လေးလံသောစက်ယန္တရားများထားရှိရန်နှင့် အန္တရာယ်ကင်းစွာ ရွေ့လျားစေနိုင်ရန်အတွက် လိုအပ်လျှင် ထိုဧရိယာကို vibratory roller ဖြင့် သိပ်သည်းအောင် ကြိတ်ရမည်။

လုပ်ငန်းခွင်အတွင်း ရွေ့လျားသွားလာခြင်းအပါအဝင် pile တပ်ဆင်သည့်လုပ်ငန်းများလုပ်ကိုင်မည့် နေရာတွင် လုံလောက်သည့် မြေသားကျစ်လျစ်သိပ်သည်းမှု မရှိပါက သံပြားများ ခင်းပြီး working platform ပြုလုပ်ထားရမည်။

တွင်းတူးနေစဉ် သို့မဟုတ် တွင်းတူးပြီးနောက် အသုံးပြုမည့် bentonite များ ဖျော်စပ်ရန်နှင့် ပြုပြင်မှုများလုပ်ရန်အတွက် လိုအပ်သည့်ပစ္စည်းပစ္စယများအား pile လုပ်ငန်းလုပ်နေသည့်နေရာတွင် စီစဉ်ထားရှိရမည်။ ပတ်ဝန်းကျင်ထိန်းသိမ်းရေးဆိုင်ရာသတ်မှတ်ချက်အရ bentonite အရည်များ ဖိတ်စင်ခြင်းနှင့် ဆုံးရှုံးမှုကို တည်ဆောက်ရေးလုပ်ဆောင်နေစဉ်အတွင်း ပုံမှန် စောင့်ကြည့် စစ်ဆေး ရမည်။

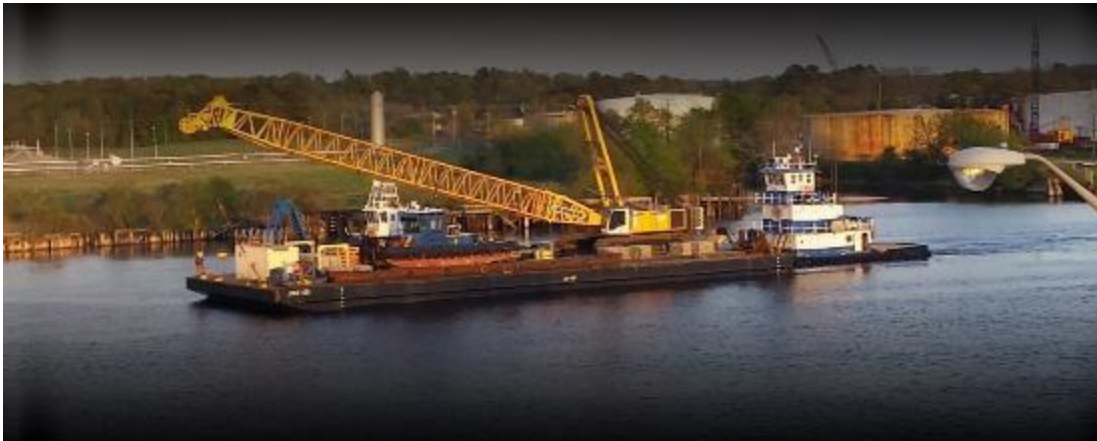
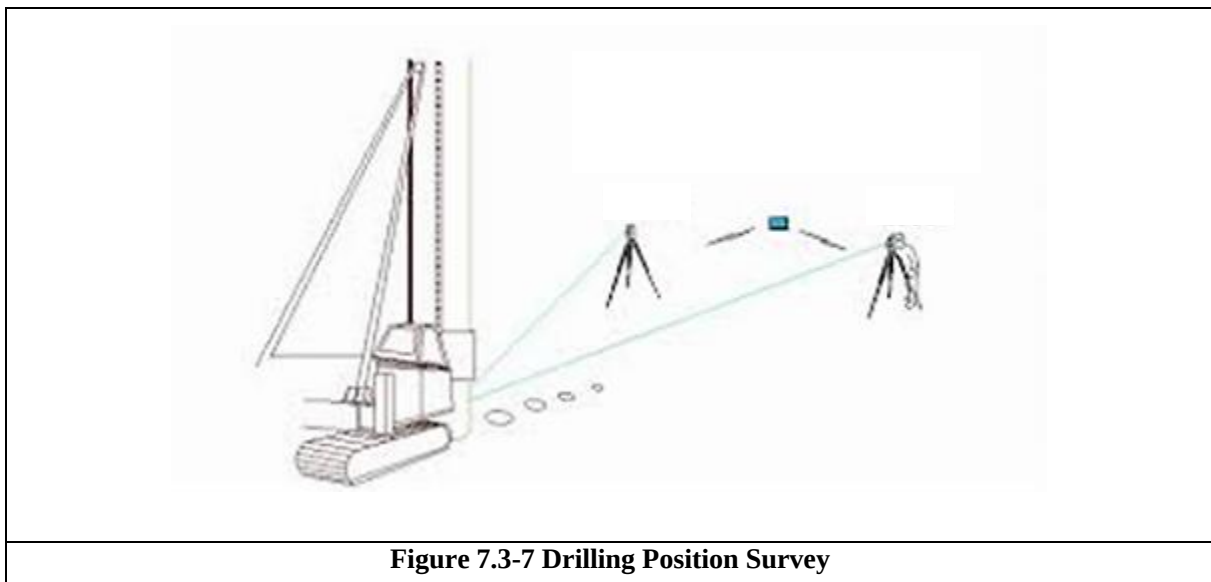
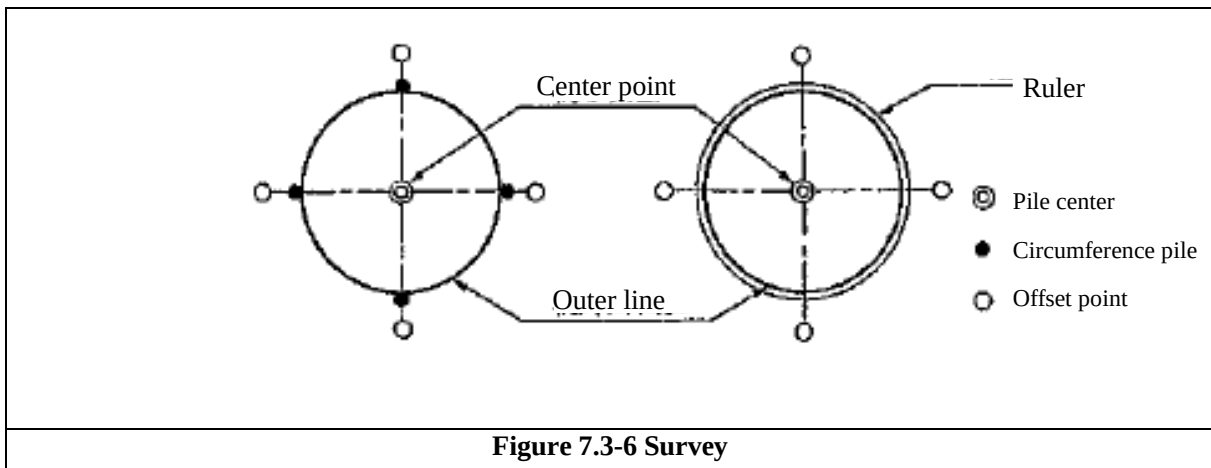


Figure 7.3-5 Piling Machine transported by Barge

(၂) Pile ၏ အလယ်မှတ်ကို Survey ပြုလုပ်ခြင်း (Survey the Center Point of Pile)

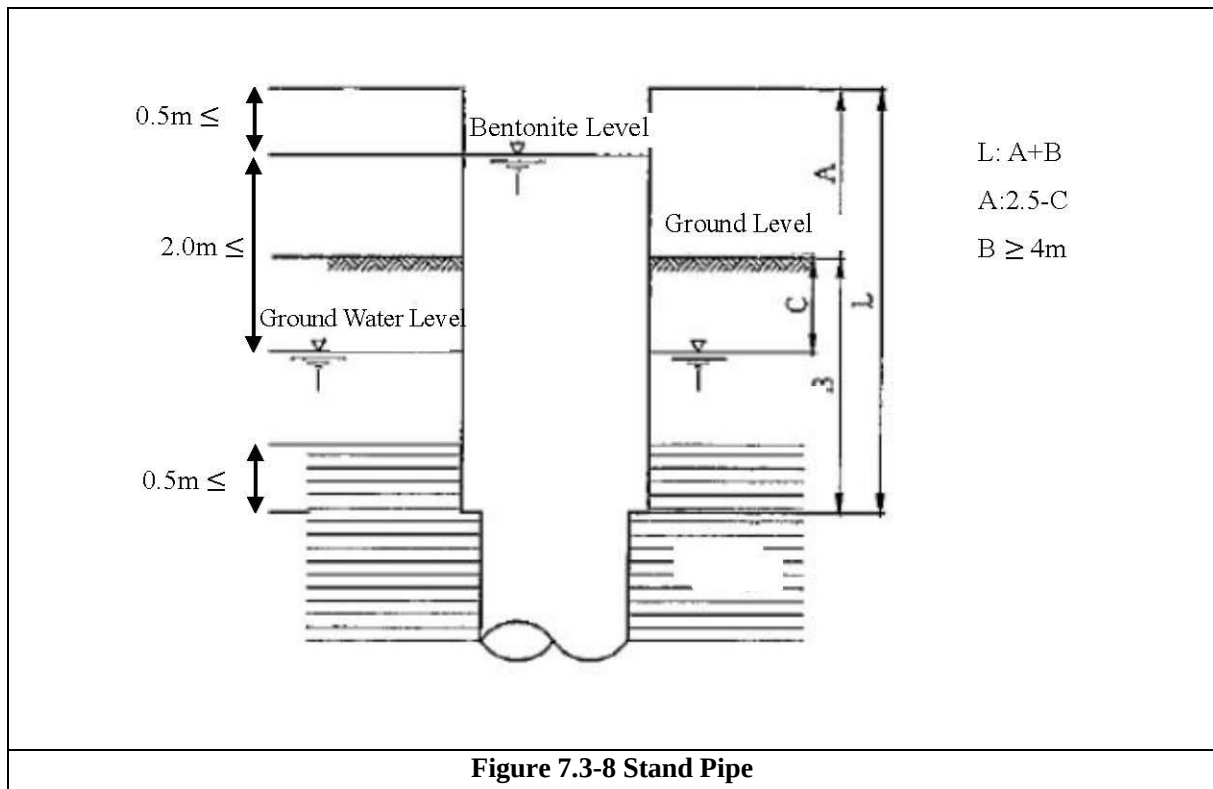
Spun pile တစ်ခုချင်းစီ၏ coordinate ကို Total Station ဖြင့် မြေပြင်တိုင်းတာမှုများပြုလုပ်ပြီး ရှာဖွေရမည်။ ဒီဇိုင်းတွင်သတ်မှတ်ထားသည့် နေရာ၏ အလယ်ဗဟိုမှ ၂ မီတာ အကွာအဝေးရှိ ကိုဩဒိနိတ် (coordinate) အတွင်း အနည်းဆုံး လားရာနှစ်ခုတွင် offset point များကို အမှတ်အသားပြုလုပ်ထားရမည်။



(၃) ယာယီ Casing တပ်ဆင်ခြင်း (Setting of the Temporary Casing)

လိုအပ်ပါက Pile တပ်ဆင်မှု မစတင်ခင် တူးနေသည့်တွင်းထဲသို့ အခြားပစ္စည်းများ မဝင်ရောက်စေရန် ကာကွယ်သည့်အနေဖြင့် stand pipe အား စက်ယန္တရားများ အသုံးပြု၍ ယာယီတပ်ဆင်ရမည်။

Pile တွင်း တည်ငြိမ်စေရန်နှင့် တွင်းကို ကာကွယ်ရန် ထည့်သွင်းမည့် Stand pipe ၏ အရှည်ကို မြေသားအခြေအနေနှင့် မြေအောက်ရေ level အပေါ်တွင် အခြေခံပြီး စဉ်းစားဆုံးဖြတ်ရမည်။



(၄) လွန်တူးခြင်းလုပ်ငန်း (Drilling Work)

လွန်တူးသည့်အနက်သည် သတ်မှတ်ထားသောအနက် (Tolerance တန်ဖိုးအပါ) သို့ ရောက်ရမည်။ တူးထားသည့် တွင်းများ ပြိုမကျစေရန် bentonite မြေဖယောင်းရည်ဖြင့် ကာကွယ်ထားရမည်။

၁) Bentonite Slurry

Pile တွင်းတူးနေစဉ်အတွင်း သုံးပြီးသား Bentonite မြေဖယောင်းရည်များကို စုဆောင်း၍ စစ်ထုတ် သန့်စင်ပြီးနောက် တွင်းထဲသို့ ပြန်လည်ထည့်သွင်းအသုံးပြုရန် Bentonite မြေဖယောင်းရည် သန့်စင် လည်ပတ်သည့် (circulating function) စနစ်အတွက် လိုအပ်သည့်ပစ္စည်းပစ္စယများကို လုပ်ငန်းခွင် တွင် တပ်ဆင်ထားရှိရမည်။

တွင်းတည်ငြိမ်စေရန် အသုံးပြုသည့် အရည် (Bentonite အရည်) များကို လွန်တွင်းတူးခြင်း လုပ်ငန်းများမစတင်မီ ပြင်ဆင်ဖျော်စပ်ပြီး အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့် စံအချက်အလက်များနှင့် ကိုက်ညီမှုရှိ/မရှိ စမ်းသပ်ရမည်။

Table 7.3-2 Standard Criteria of Bentonite Slurry

				Silt, Mud	Sand	Gravel
Mix design	Base material	Bentonite	%	2 -4	4 - 6	5 – 8
		CMC	%	0 – 0.1	0.05 – 0.1	0.05 – 0.2
	Support material	Leaking inhibitor	%	-	0 – 0.5	0 – 1
Properties	Viscosity		Sec	20 - 24	22 - 30	25 – 40
	Filtering water		ml	10 - 20	≤15	≤15
	Specific Gravity*		-	1.01 –	1.02 -	1.03 –
	pH		-	9 – 10.5	9 – 10.5	9 – 10.5

*Attention for affection of Sedimental Velocity and Replacement are needed as below (Table 7.3-3) if more than 1.05

Table 7.3-3 Effecting of Bentonite Quality

	Water Height		Specific Gravity		Viscosity		Filtering Water		Sand Content	
	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
Wall Collapse Prevention	◎		◎		○			◎		
Sedimentation Velocity			*	◎		◎				
Replaceability			*	◎		○				◎

◎ : More Effective,

○ : Effective

ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အချိန်တွင် တွင်းနံရံများ တည်ငြိမ်မှုရှိစေရန်အတွက် ခြောက်သွေ့သော Bentonite အမှုန့်ကို သန့်ရှင်းသောရေဖြင့် လိုအပ်သောအချိုးအစားအတိုင်း သမနေအောင် စက်ဖြင့် ဖျော်စပ်ပြီး ကန်ထဲတွင် ထည့်ထား၍ အသုံးပြုမည်။ ကွန်ကရစ်မလောင်းခင် ထို Bentonite အရည်မှ နမူနာများယူပြီး ဂုဏ်သတ္တိများကို တိုင်းတာစစ်ဆေးရမည်။

Bentonite အရည်၏ အရည်အသွေး စစ်ဆေးသည့်အနေဖြင့် ဖျော်စပ်ပြီးခါစ Bentonite အရည်၏ သိပ်သည်းဆကို နေ့စဉ်တိုင်းတာရမည်။ သရွတ် (mortar) ပါသည့် bentonite များသည် Additive ထည့်ပြီး ပြုပြင်ချိန်ညှိ၍မရတော့သည့်အခါ ၎င်းကိုအသုံးမပြုဘဲ ပယ်ရမည်။

၂) မြေတူးခြင်းလုပ်ငန်း (Excavation Work)

ကြိုတင်တူးရမည့် တွင်း၏အကျယ်မှာ ၅၀၀ မီလီမီတာ (pile ၏အချင်းမှ ၁၀၀ မီလီမီတာ နုတ်ရမည်) ဖြစ်သည်။ လွန်တူးစက် (Drilling machine) ဖြင့် တွင်းကို တစ်ဆက်တည်းတူးရမည်။ တွင်းပြိုကျခြင်းအား ကာကွယ်ရန် တွင်းထဲရှိ bentonite အရည်၏ မျက်နှာပြင် level ကို တွင်းအပြင်ရှိ မြေအောက်ရေ level ထက် အနည်းဆုံး ၂မီတာ ပိုမြင့်နေစေရန် ထိန်းထားရမည်။ လွန်တူးနေစဉ် ဒေါင်လိုက်တည့်မတ်မှုအား ချိန်သီးကို ကြိုးဖြင့်ချ၍ဖြစ်စေ၊ ၉၀ ဒီဂရီ ထောင့် ချိုးထားသော လားရာ နှစ်ခုမှ theodolites များဖြင့်ဖြစ်စေ တိုင်းတာစစ်ဆေးရမည်။ ပုံး (Bucket) ကို တွင်းအောက်ခြေမှ မတင်ချိန်တွင် တွင်းပြိုကျခြင်းအား ကာကွယ်ရန်အတွက် ပုံး (Bucket) ကို ပြောင်းပြန် လည်ပတ်စေပြီး ဖြည်းညင်းစွာ မတင်ရမည်။

မြေလွှာအား သေသေချာချာ စောင့်ကြည့်တိုင်းတာပြီး (monitoring) ၊ မှတ်တမ်းယူ၍ မြေသား၏ အခြေအနေမှန်ကို စစ်ဆေးရမည်။ မြေသားအလွှာတိုင်းမှ မြေနမူနာကို ရယူရမည်။ လွန်တူးခြင်းသည် စီစဉ်ထားသော အနက်သို့ ရောက်ရှိလျှင် pile ထည့်သွင်းရန်အတွက် drilling machine အစား jack-in-machine ကို ပြောင်းလဲအသုံးပြုမည်။

Step1: လွန်တူးစက်တွင် တပ်ဆင်ထားသည့် လွန်သွား (drilling cutter) ဖြင့် မြေကြီးကို တူးမည်။

Step2: Bentonite treatment ပြုလုပ်၍ လွန်တူးရမည့် ဒီဇိုင်း အနက် (designd drilling depth) အထိ ရောက်အောင် cutter ဖြင့်တူးရမည်။

Step3: လွန်တူးခြင်းသည် ဒီဇိုင်းအနက်သို့ ရောက်ရှိနေပြီ ဖြစ်သည်။

Step4: လွန်တူးပြီးနောက် bentonite အရည် ဖြည့်သွင်းရမည်။

Step5: လွန်တွင်း၏ အကျယ်ထက် ပို၍ကြီးသော spun pile ကို စက်ဖြင့် တပ်ဆင်ရမည်။

Step6: ဒီဇိုင်းတွင် သတ်မှတ်ထားသည့် pile ၏ အရှည်အောင် pile များကို တပ်ဆင်ရမည်။

မှတ်စု။ လွန်တွင်း အနက်နှင့် ထိုတွင်းအောက် လွန်တူးမထားသည့် အနက် မည်မျှအထိ spun pile ကို မြုပ်ဝင်စေမည်ကို ဆုံးဖြတ်သတ်မှတ်ရမည်။

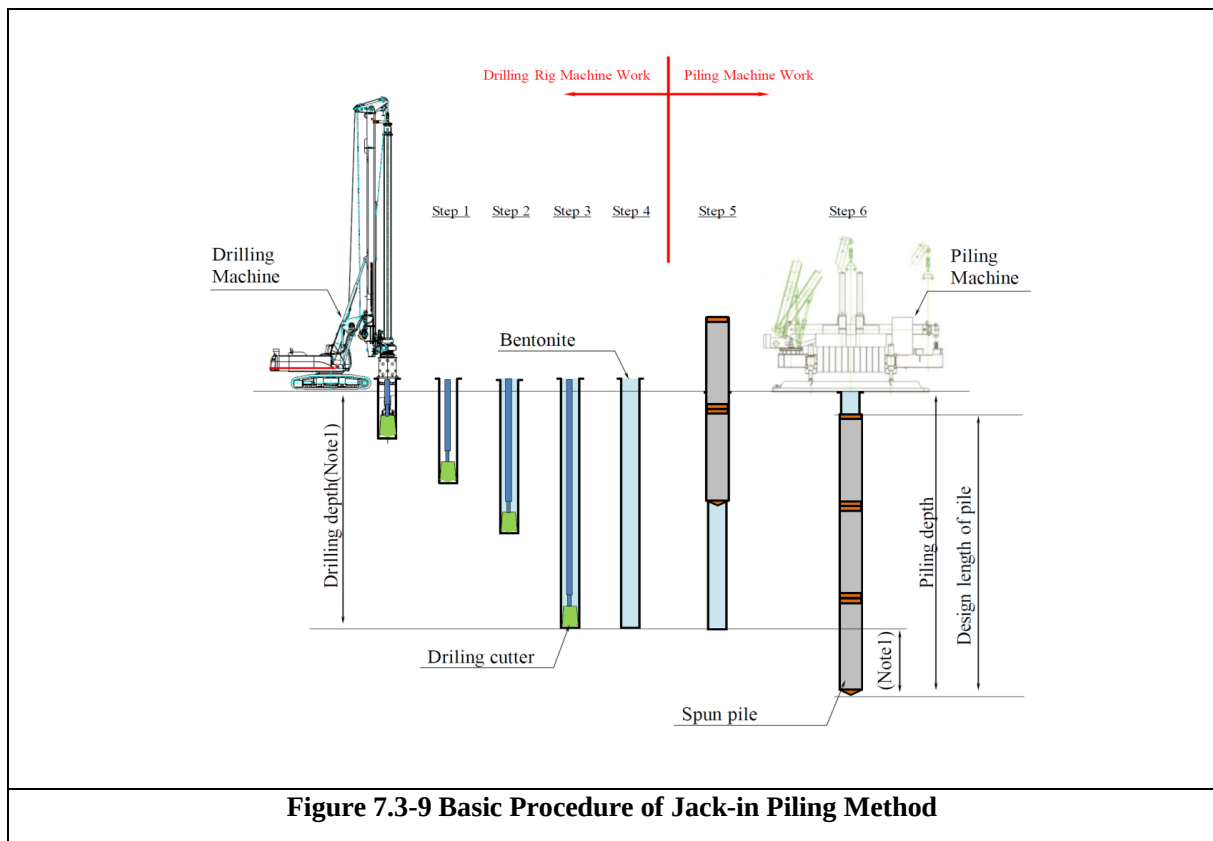


Figure 7.3-9 Basic Procedure of Jack-in Piling Method

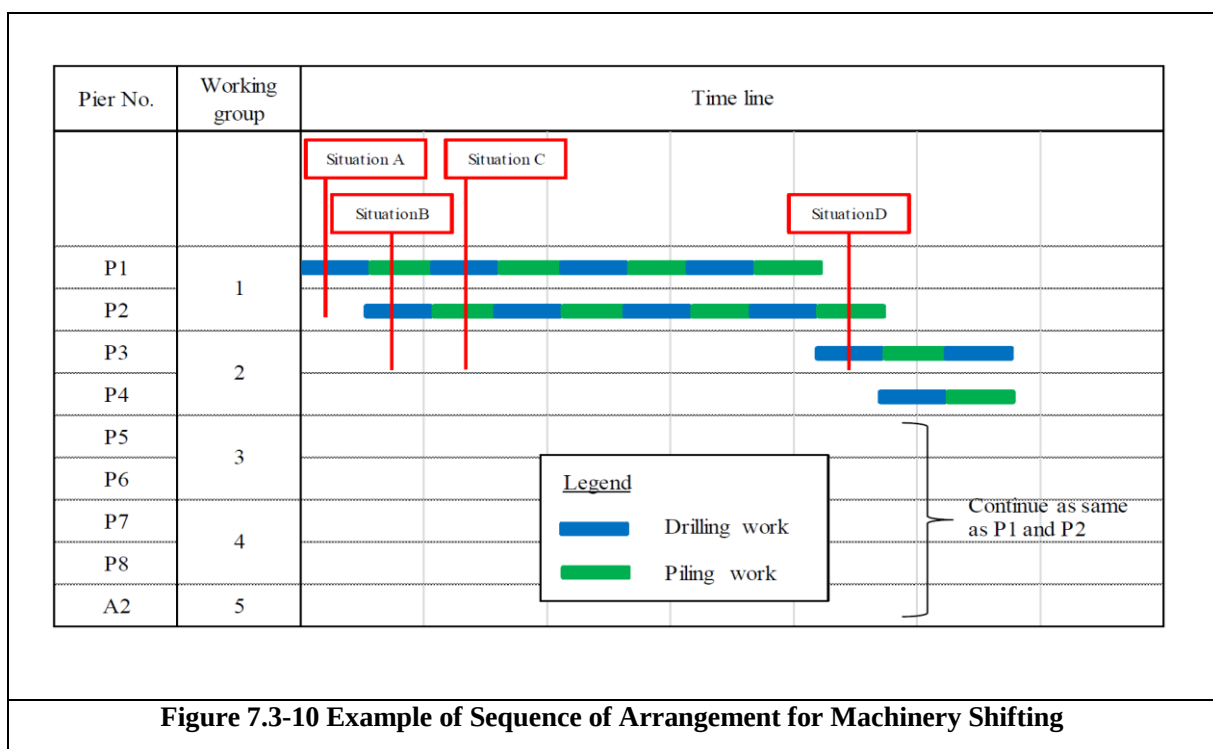
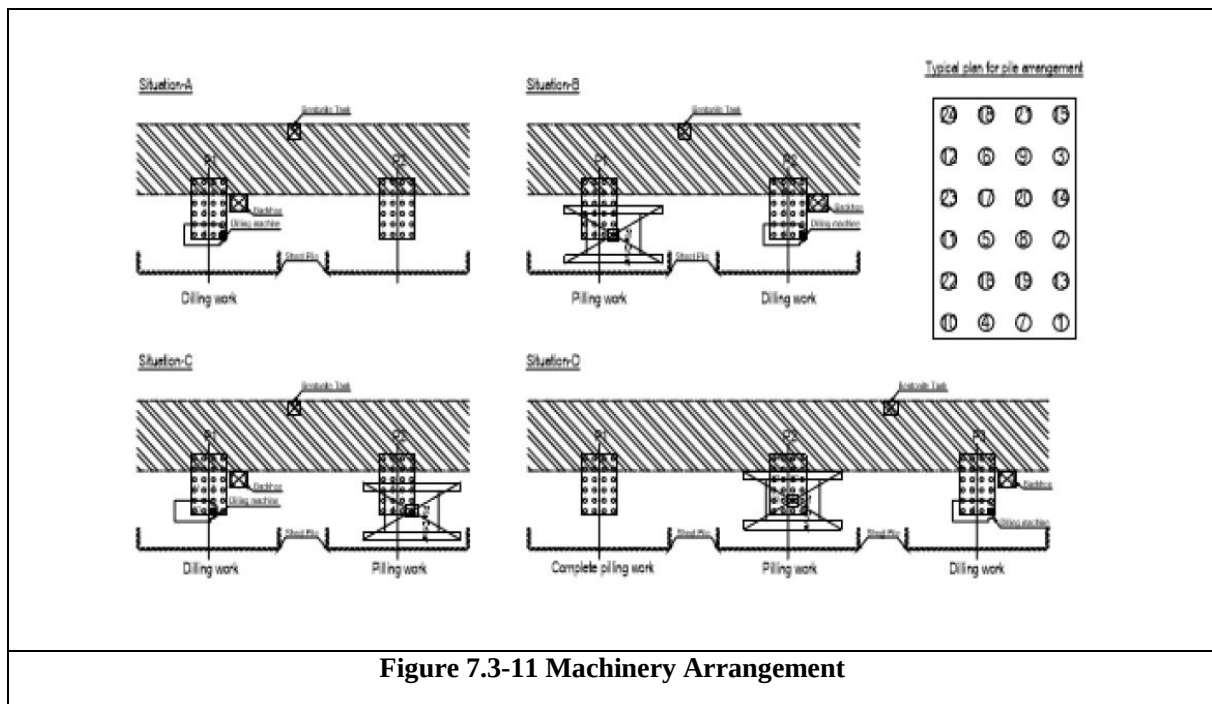
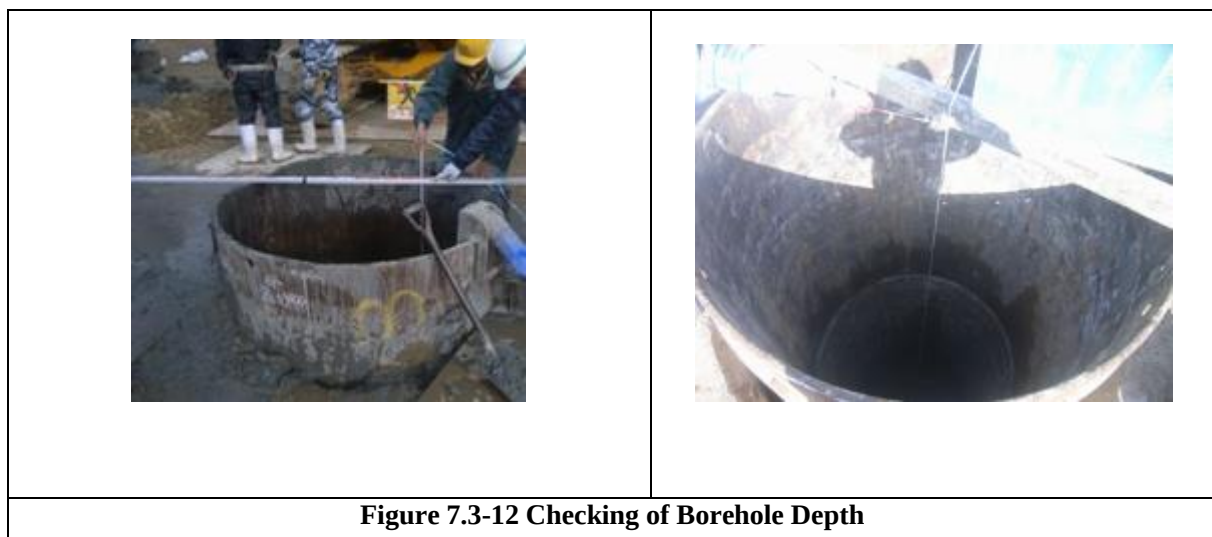


Figure 7.3-10 Example of Sequence of Arrangement for Machinery Shifting



(၅) Borehole အနက်ကို စစ်ဆေးခြင်း (Checking of Borehole Depth)



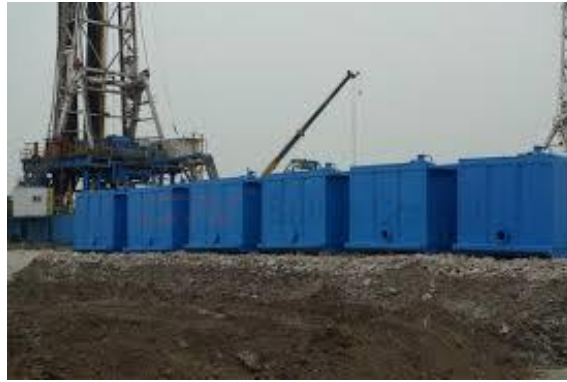


Figure 7.3-13 Tank for Storing Fresh Bentonite Slurry

(၆) Pile အရည်အသွေးသတ်မှတ်ချက် (Requirement of Pile Quality)

ကြိုတင်အားဖြည့်ထားသည့် spun piles များကို အသုံးပြုထားသည်။ စက်ရုံထုတ် pile ၏ အရှည်မှာ ၇ မှ ၁၃ မီတာအထိ အမျိုးမျိုးရှိသည်။ Spun pile များအတွက် လက်ခံနိုင်သောကွာဟချက်မှာ အောက်ပါ အတိုင်း ဖြစ်သည်။

Table 7.3-4 Tolerance for Concrete Pile (JIS A 5372, A 5373)

	Length (L)	Dimension (D)	Thickness (t)
$D \leq 600\text{mm}$	$\pm 0.3\%$ of Length (L)	(+) 5mm (-) 2mm	(+) Not specified (-) 0 mm
$700\text{mm} \leq D < 1200\text{mm}$		(+) 7mm (-) 4mm	

(၇) Pile များ စီမံကိုင်တွယ်ခြင်းနှင့် သိုလှောင်ခြင်း

Pile လုပ်ငန်း အင်ဂျင်နီယာနှင့် ကြီးကြပ်သူတို့သည် Pile များကို လုပ်ငန်းခွင်သို့ သယ်ဆောင်လာစဉ် ထိခိုက်မှုရှိ/ မရှိ စစ်ဆေးရမည်။ Pile များ အတင်အချလုပ်ခြင်း၊ ကိုင်တွယ်ခြင်း နှင့် စိုက်ထူခြင်းတို့ကို ကြီးကြပ်ရမည်။ Pile များ မ တင်သည့်အခါတွင်လည်း သတ်မှတ်ထားသည့် မ ရမည့် နေရာများတွင် သိုင်းကြိုးများ (slinging) ဖြင့် ချည်နှောင်ရမည်။ သို့မဟုတ် အဆုံးပိုင်းများတွင် ညှပ်များ (clamps) တပ်ထားရမည်။

Piles များကို မ တင်ရန် အစွန်းနှစ်ဖက်တွင် ညှပ်များ (clamps) တပ်ဆင်၍ နှစ်နေရာ (two-point) မှ မတင်နိုင်သည်။ တစ်နေရာတည်း (one-point) မှ မ တင်သည့်အခါ မ တင်မှုကြောင့် ဖြစ်သည့် stress

(lifting stress) ကို အနည်းဆုံးသာ ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သော pile ၏ အစွန်းတစ်ဖက်စီမှ pile အရှည်၏ ၀.၂ အဆရှိသော နေရာမှနေ မ တင်ရမည်။ လုပ်ငန်းစဉ်မလုပ်ဆောင်ခင် အကြိမ်တိုင်း crane operator က စစ်ဆေးရမည်။ Outriggers အားလုံးကို အပြည့်အဝ ဆန့်ထုတ်ပြီး သံပြားပေါ် သို့မဟုတ် မြေ အမာပေါ်တွင် မြဲမြံစွာ ခြေကုပ်ယူထားရမည်။ Valve များ၊ alarm များနှင့် စက်ပစ္စည်းများ မှန်ကန်စွာ အလုပ်လုပ်ဆောင်ခြင်း ရှိ/ မရှိနှင့် သံကြိုးစသည့် မ တင်ရာတွင် သုံးသည့်ပစ္စည်းများ၏ အခြေအနေ ကောင်းမွန်မှု ရှိ/ မရှိတို့ကို အသုံးပြုခင် စစ်ဆေးထားရမည်။ ကြီးကြပ်သူသည် ကြိုးသိုင်းခြင်း မှန်ကန်မှု ရှိ/ မရှိ လုပ်ငန်းမစခင် စစ်ဆေးအတည်ပြုရမည်။ မ တင်သည့် စက်ကိရိယာများကိုလည်း စစ်ဆေး ရမည်။



Figure 7.3-14 Storage Condition of Pre-stressed Spun Pile Product

(၈) Hydrostatic pile driver ရွေ့လျားခြင်း၊ pile စိုက်ထူခြင်းနှင့် တပ်ဆင်ခြင်း

Pile ရိုက်စက်၏ အဓိကအစိတ်အပိုင်းကို hydraulic ကိရိယာစနစ်ဖြင့် (hydraulic device system) ဖွဲ့စည်းထားသည်။ Hydraulic system ကို သေးငယ်သော ဂျင်နရေတာ၏ လျှပ်စစ်စွမ်းအားဖြင့် စတင် လည်ပတ်စေလိုက်ပြီး ၎င်းသည် pile ကို မြဲမြံစွာ ချုပ်ကိုင်ပြီး မြေကြီးထဲသို့ စိုက်သွင်းခြင်း စက်ကို ရွေ့လျားစေခြင်း၊ winch ကို ပြေးလွှားလှုပ်ရှားစေခြင်းတို့ လုပ်ဆောင်ပေးသည်။

စက်သည် X နှင့် Y လားရာ နှစ်ဘက်သို့ ရွေ့လျားနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် pile စိုက်ရန်အတွက် နေရာကို ချိန်ညှိရန် လွယ်ကူပါသည်။

Hydrostatic pile driver တွင် အောက်ဖော်ပြပါ အစိတ်အပိုင်းများ ပါဝင်သည်။

- က) long boat နှင့် short boat ပါဝင်သော ပင်မကိုယ်ထည်
- ခ) ထိန်းချုပ်သည့် ကိရိယာများပါသော Hydraulic system
- ဂ) တွဲဖက်ကရိန်း (Accessory Crane) နှင့် မ သည့် ပစ္စည်းများ
- ဃ) တန်ပြန် ဝန်အား (Counter weight)
- င) Piles များ ဆက်ရန်အတွက် ဂဟေ စက်ပစ္စည်းများ



Figure 7.3-15 Pressing Driver

Pile အား clamping box ထဲသို့ ထည့်သွင်းရန် တွဲဖက်ကရိန်းကို အသုံးပြုသည်။ Mechanical hydraulic system သည် pile ကို ခိုင်မြဲစွာ ချုပ်ကိုင်ပြီး pile ရိုက်မည့်နေရာသို့ လားရာနှစ်ဘက်ကို ချိန်ညှိ၍ ရွေ့လျားသည်။ Main cylinder ၏ hydraulic pressure ဖြင့် pile ကို မြေကြီးထဲသို့ ဖိသွင်းသည်။

Main cylinder ၏ hydraulic system တွင် တပ်ထားသော ဖိအားပြကိရိယာသည် ဖိအားကို MPa ဖြင့် ပြသည်။ ထို ဖိအားတန်ဖိုးကို main cylinder ၏ အချင်းကိုအခြေခံ၍ load value (ton) သို့ ပြောင်းလဲနိုင်သည်။

Pile ကို hydraulic pressure ဖြင့် မြေကြီးထဲသို့ဖိသွင်းရာတွင် pile ဖိသွင်းရန် လိုအပ်သော အလေး ဝန်ထက် ပို၍ ကြီးသည့် တန်ပြန်ဝန်အား (Kantledge weight) ကို piling frame တွင် တပ်ဆင်ရမည်။ Pile ဖိသွင်းရန် ဒီဇိုင်းသတ်မှတ်ထားသည့် အလေးဝန်ကို ရောက်ရှိပြီးနောက် ထို design ဝန်ကို ဆက်၍ ရရှိနေရန် ဖိအား ကို ၃၀ စက္ကန့်ကြာ ထိန်းထားရမည်။

Operator သည် စက်ကို နောက်တစ်နေရာသို့ ရွှေ့ရာတွင် ထိုနေရာသည် slope အလွန် မတ်စောက် နေခြင်း ရှိ/မရှိ၊ အတားအဆီးများရှိ/မရှိ လမ်းကြောင်းကို သေချာစစ်ဆေးရမည်။ Pile စိုက်သည့်စက် နှင့် counter weight များ ရွှေ့ပြောင်းမှုအတွင်းတွင် လူအားလုံး ဘေးအန္တရာယ်ကင်းရှင်းမှုရှိ/မရှိ သေချာစစ်ရမည်။ Pile စိုက်သည့်စက် ကို ရွှေ့လျားမှု ပြုလုပ်မည့်အခါတိုင်း အချက်ပြသူ (signal man) နှင့် ကြိုးချည်သည့်သူ (rigger man) အနည်းဆုံး တစ်ယောက်စီသည် စက်ကို မလွတ်တမ်း ကြည့်နေရမည်။ စက်ဝင်မည့်လမ်းသည် မြေသားခိုင်မာမှုမရှိခြင်း၊ level မညီခြင်းတို့ ဖြစ်နေလျှင် ကြီးကြပ်သူအား ပြုပြင်ပေးရန် တောင်းဆိုရမည်။

Pile စိုက်သည့်လုပ်ငန်းလုပ်ဆောင်ရန်အတွက် အလုပ်သမားအားလုံးသည် လိုအပ်သော တစ်ကိုယ်ရည် အကာအကွယ်ပစ္စည်းများ (PPE) ကို ဝတ်ဆင်ထားရမည်။ Pile စိုက်သည့် စက် ရှေ့တွင်ရှိသော မလို အပ်သော အတားအဆီး အနှောင့်အယှက်များကို ရှင်းလင်းထားရမည်။ Pile စိုက်သည့် လုပ်ငန်း မစ တင်ခင် စက်ကိုယ်ထည် (machine frame) ၏ ရေပြင်ညီ level နှင့် ဒေါင်လိုက် level ကို ချိန်ညှိရမည်။ ညှပ်သည့်ကိရိယာ (clamp device) တပ်ဆင်ထားမှုသည် အံဝင်ခွင်ကျ ဖြစ်နေစေရမည်။ စက်၏ အမြင့်ပိုင်းသို့ တက်သောသူသည် safety belt ကို ဝတ်ဆင်ထားရမည်။

Operator သည် အချက်ပြမှု မရဘဲ မည်သည့်အခါတွင်မျှ စက်ကို မောင်နှင်ခြင်း မပြုလုပ်ရပါ။

(၉) Piles များကို ဆက်ခြင်း (Jointing of Piles)

Pile တစ်လုံး တပ်ဆင်ပြီးသည့်နောက်၊ နောက် pile တစ်လုံးနှင့် ဆက်ရာတွင် ဂဟေဆော်၍ ဆက်ရ မည်။

ဂဟေဆက်သည့်ပုံစံမှာ ပုံ ၇.၃-၁၆ တွင် ဖော်ပြထားသည့် fillet weld အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။ ထို့ပြင် ဂဟေသား၏ အထူသည် end plate ၏အထူပေါ်တွင်မူတည်ပြီး joint ပတ်ပတ်လည်တွင် အနည်းဆုံး ၃ မီလီမီတာ ရှိရမည်။ ဂဟေချောင်း (electrode) ကို ပင်မသံပြား၏ ဂုဏ်သတ္တိနှင့် ကိုက်ညီအောင် ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ရမည်။ လေ့ကျင့်သင်ယူမှု လုံလုံလောက်လောက် ရှိထားသည့် welder များကို အသုံးပြု၍ ဂဟေဆက်ခြင်းကို ဆောင်ရွက်ရမည်။ ဂဟေဆက်ခြင်း လုပ်ငန်းအတွက် ဇယား ၇.၃-၅ တွင် ဖော်ပြ ထားသော electrical setting များကို မှီငြမ်းကိုးကားရမည်။

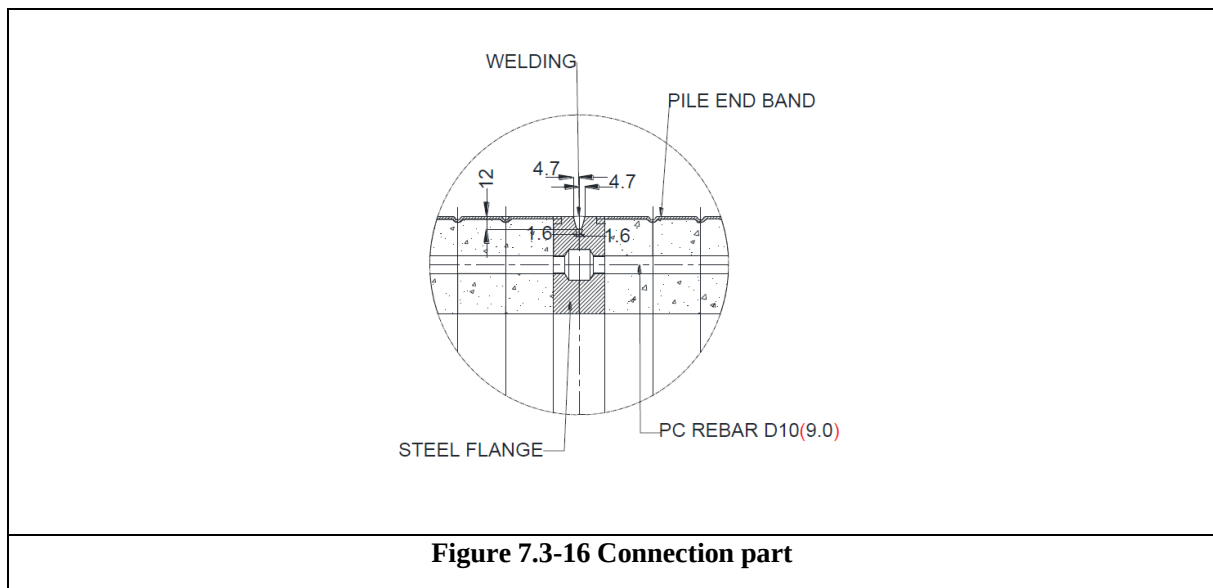
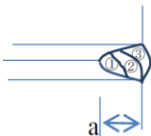
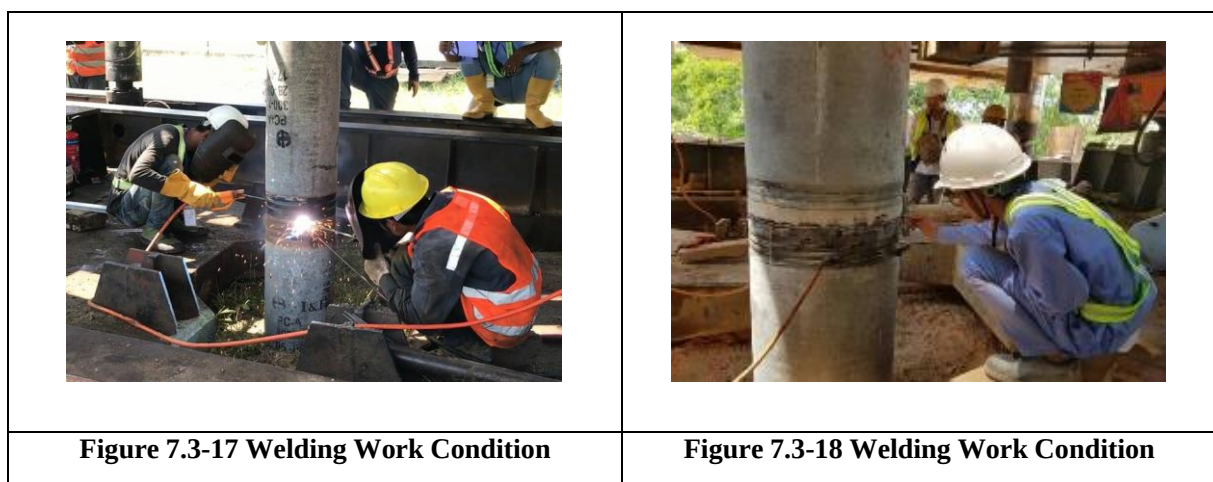


Table 7.3-5 Sample for Electrical Combination at Welding Work

Groove Depth	Joint Shape	Numbers of Passes	Current (A)	Voltage (V)	Welding Speed
Dia. – 600 a = 12 mm		1	350 ~ 420	26 ~ 30	25 ~ 35
		2			
		3			



(၁၀) Termination Criteria

Pile တပ်ဆင်သည့်လုပ်ငန်း အဆုံးသတ်ရန်အတွက် သတ်မှတ်ချက်မှာ pile ကို design load ၏ ၂ဆ အထိ သက်ရောက်ပြီး ဆုံးဖြတ်ရန် ဖြစ်ပါသည်။ Pile အား ထို load တန်ဖိုးနှင့် ကိုက်ညီသည့် ဖိအား (pressure) ဖြင့် ၃၀ စက္ကန့် သက်ရောက်ထားပြီး pile တွင် ဖြစ်သည့် နိမ့်ဝင်မှုများကို ပြသည့်ပုံ

(settlement graph) ကို ရယူရမည်။ ဖိအားမပေးခင်ရှိသည့် နိမ့်ဝင်မှု နှင့် ဖိအားပေးပြီးနောက် ဖိအား သုညသို့ ပြန်လွှတ်လိုက်သည့် အခြေအနေတွင်ရှိသည့် နိမ့်ဝင်မှုတို့သည် ၅ မီလီမီတာကို မကျော်လွန်ရပါ။

(၁၁) စမ်းသပ်အလေးဝန်တင်ခြင်း နှင့် Design Load ကို သတ်မှတ်ခြင်း

လိုအပ်သော Design load သည် working loads ၏ ၂ ဆ ဖြစ်သည်။ လိုအပ်သော design load တွင် ရှိသည့်ဖိအား (pressure) ကို pile အပေါ်တွင် သက်ရောက်စေပြီး ၃၀ စက္ကန့်ကြာ ထိန်းထားရမည်။ လိုအပ်သော design load ကို static load test များမှ ကြိုတင်ရရှိထားသော ရလဒ်များဖြင့် အတည် ပြုရမည်။



Figure 7.3-19 Loading Test

(၁၂) လက်ခံနိုင်သောကွာဟချက် (Tolerance)

၁) ဖြောင့်တန်းမှု (Alignment)

ဒီဇိုင်းတွင် သတ်မှတ်ထားသည့် pile ၏ အလယ်ဗဟိုချက်မှ သွေဖည်မှု (deviation) လက်ခံ နိုင်သော အတိုင်းအတာမှာ အင်ဂျင်နီယာထံမှ သီးခြားညွှန်ကြားချက်မရှိလျှင် မည်သည့် ဦးတည်ရာ တွင်မဆို ၁၀၀ မီလီမီတာ ထက် မကျော်လွန်ရပါ။



Figure 7.3-20 Measuring for Alignment



Figure 7.3-21 Centering of the Pile to Designed Point



Figure 7.3-22 Measuring for Alignment

၂) အမြင့် (Elevation)

Elevation သည် Pile ၏ အနက်၏ ± ၅၀ မီလီမီတာထက်ကျော်လွန်ပြီး ပြောင်းလဲ၍မရပါ။

၃) တည့်မတ်မှု (Verticalness)

Pile တပ်ဆင်နေစဉ်အတွင်း pile တစ်ခုချင်းစီ၏ တည့်မတ်မှုမှ သွေဖည်ခြင်းအတွက် လက်ခံနိုင်သည့် အတိုင်းအတာ (acceptable deviation) မှာ ၁: ၁၀၀ ဖြစ်သည်။



Figure 7.3-23 Measuring for Elevation



Figure 7.3-24 Measuring for Inclination

၄) အဆက်ပြုလုပ်ခြင်း (Jointing)

Pile နှစ်ခုကိုဆက်သည့် (Joint) အတွက် စံသတ်မှတ်ချက်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

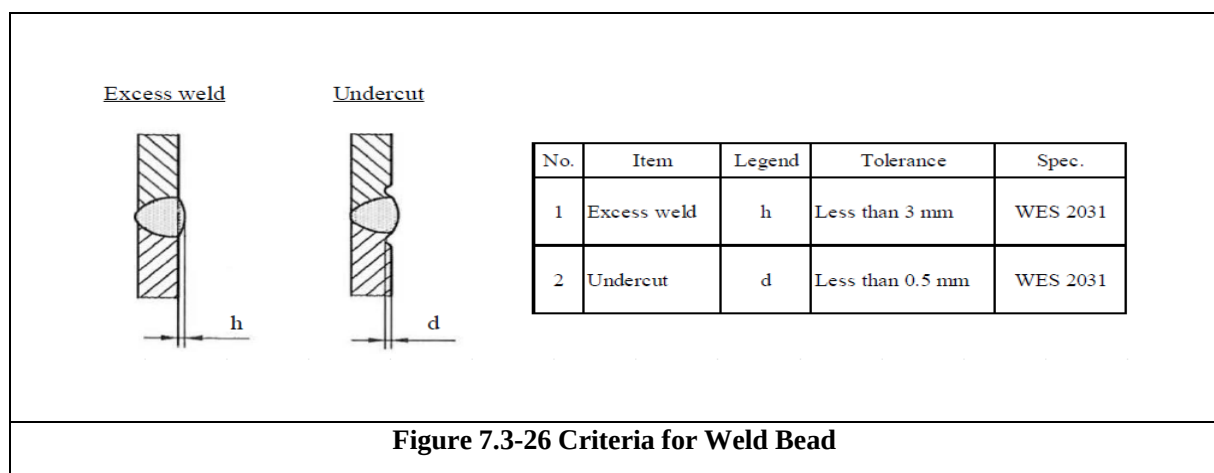
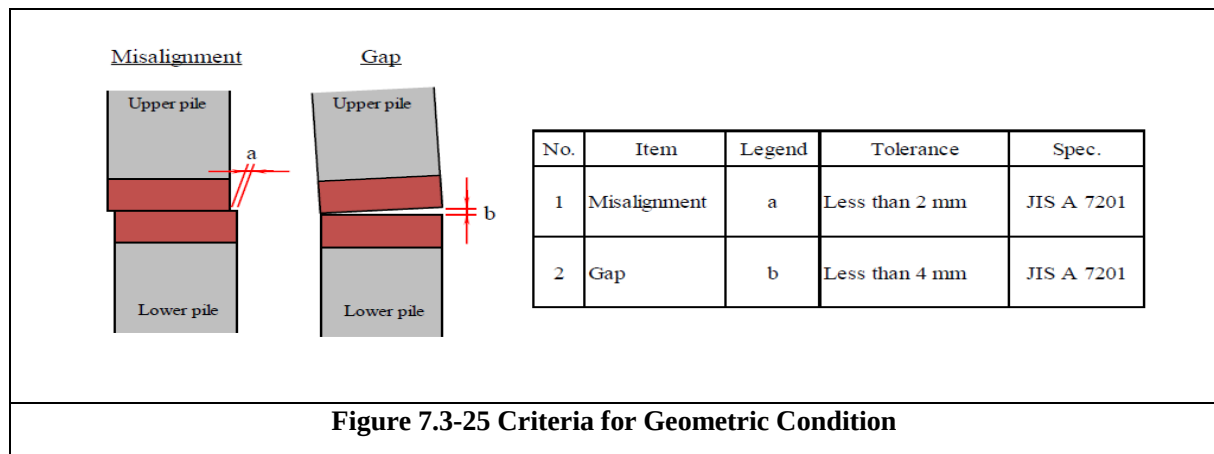


Table 7.3-6 Throat of Fillet Weld

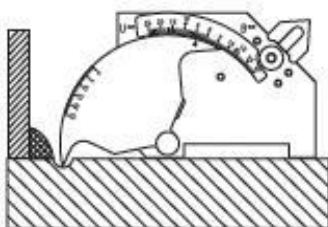
Pile Diameter (mm)	Throat of fillet Weld (mm)	Figure
300	8.0	
350	8.5	
400	9.5	
450	10.0	
500	11.0	
600	12.0	
700	13.0	
800	14.0	
900	10	
1000	16.0	



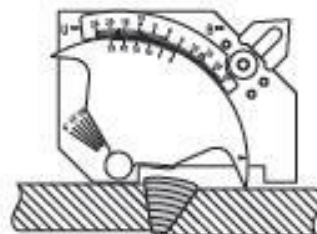
Figure 7.3-27 Welding Work Condition



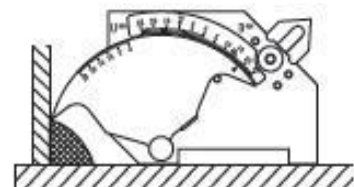
Figure 7.3-28 Welding Inspection Gauge



Undercut



Misalignment



Excess Weld

Figure 7.3-29 Welding Work Measurement

၇.၃.၄ Test Pile

(၁) ကြိုတင်ပြင်ဆင်ခြင်းလုပ်ငန်း (Preparation Work)

ဤစမ်းသပ်မှုတွင် ဝန်တင်မည့်စနစ် (loading system) အဖြစ် ‘Kentledge’ system ကိုသုံးရန် ရွေးချယ်သည်။ ၎င်းမှာ ပုံ ၇.၃-၃၀ တွင် ဖော်ပြထားသကဲ့သို့ တန်ပြန်ဝန်အား (counter weight) ၊ supporting beam နှင့် pile စိုက်သည့် စက်တို့ ပါဝင်သည်။ စက်ယန္တရားအစိတ်အပိုင်းများနှင့် လိုအပ်သော counter weight တို့ကို သင့်လျော်သော သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးနည်းလမ်းဖြင့် (ဥပမာ၊ ပုံမှန် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး သတ်မှတ်ချက်ထက် ၎င်း၏အလေးချိန်သည် ပိုနေလျှင် Trailer၊ truck နှင့် sea barge ဖြင့်) စမ်းသပ်မည့် လုပ်ငန်းခွင်သို့ ပို့ဆောင်ရမည်။ ထို့နောက် စမ်းသပ်မှု လုပ်ဆောင်ရန်အတွက် စက်ယန္တရားများ၊ counter weight, supporting beam၊ jacking device နှင့် တိုင်းတာရေး ကိရိယာများ တပ်ဆင်သည့်လုပ်ငန်းကို ဆောင်ရွက်ရမည်။

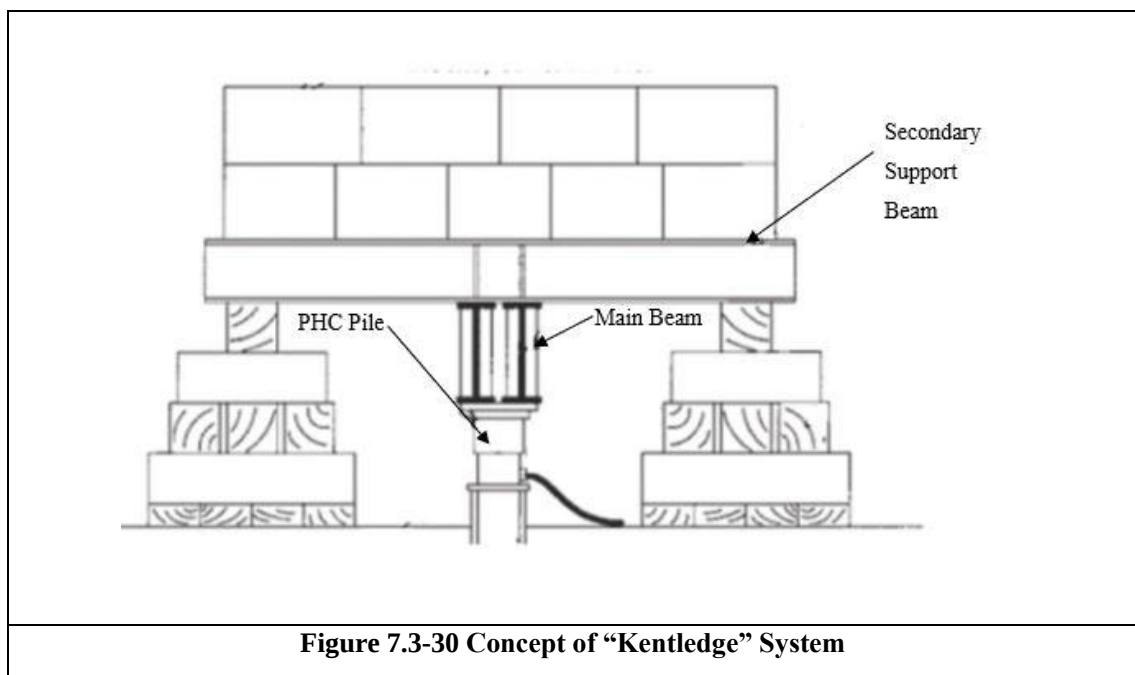


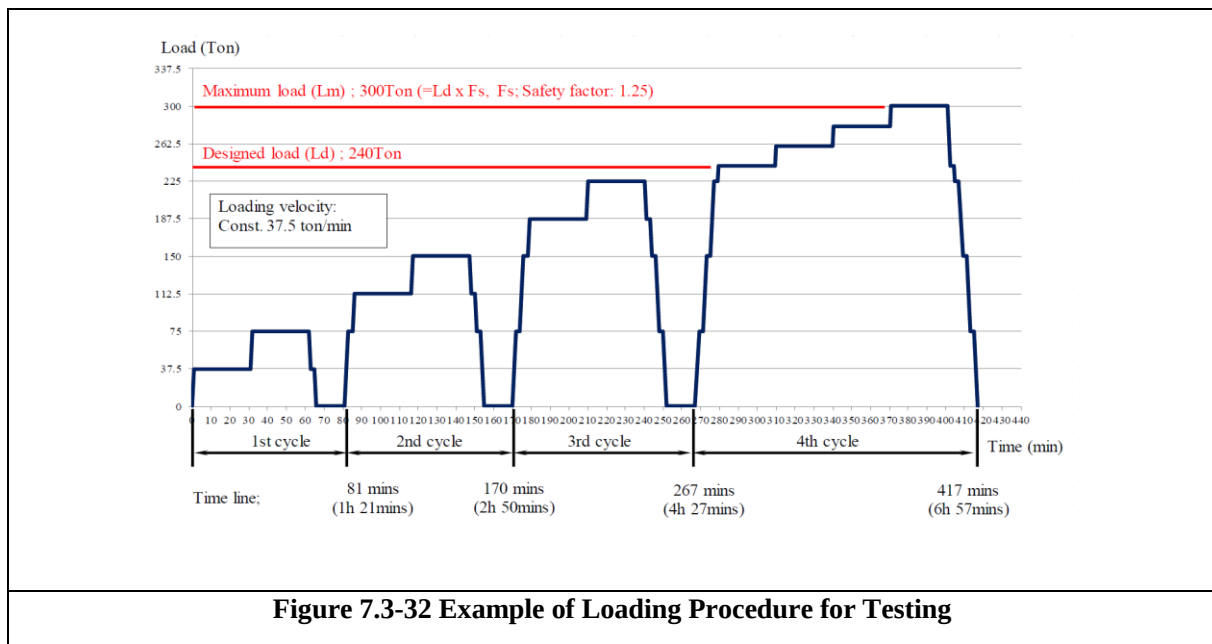


Figure 7.3-31 Preparation of Main Beam onto Machine Body

Counter weight ရှိသော secondary beam member က ထောက်ကန်ပေးထားသော main beam မှ တန်ပြန် သက်ရောက်သည့်အား (reaction force) နှင့်အညီ ကြိုတင်အားဖြည့် spun pile ကို ဖိအားပေးရမည်။ ဖိအားပေးနေစဉ်အတွင်း pile ထိပ်ဖျား ၏ ရွေ့လျားမှု အဆင့်ဆင့်ကို မှတ်တမ်း (record) ရယူပြီး ထိုဒေတာများအား ခွဲခြား စိတ်ဖြာ (analyze) ရမည်။ လက်တွေ့ တည်ဆောက်မှုတွင် တပ်ဆင်မည့် ပုံစံအတိုင်း test pile ကို တပ်ဆင်ရမည်။

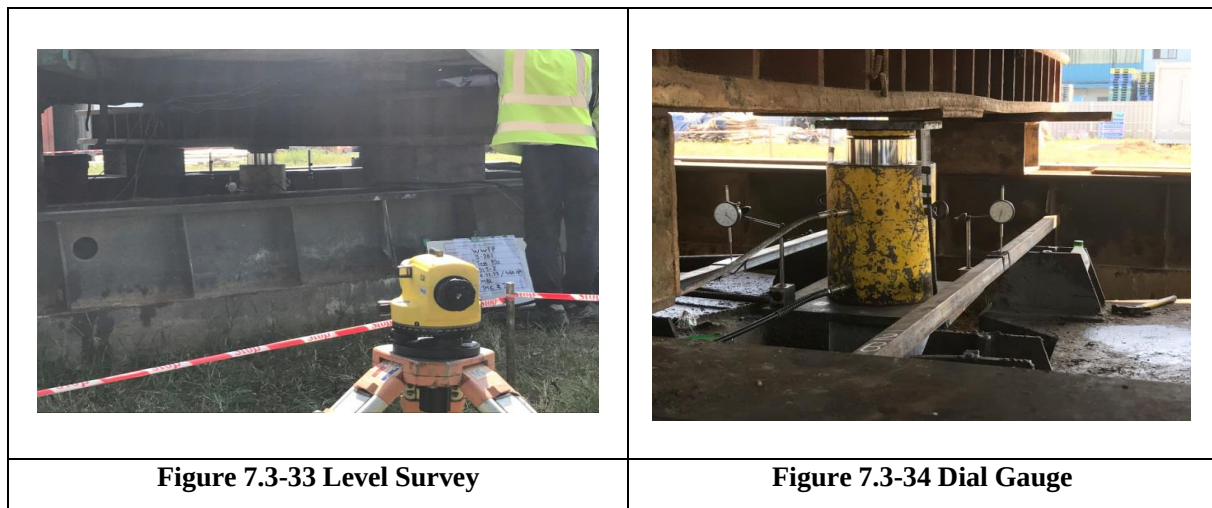
(၂) Loading Work

အလေးဝန် (loading) ကိုတင်၍ စမ်းသပ်မှုလုပ်ရာတွင် အလေးဝန် အလိုက်ဖြစ်ပေါ်သည့် အရွေ့ကို တိုင်းတာမှတ်တမ်းယူရန်နှင့် design loading နှင့် loading capacity သက်ရောက်ထားမှုကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် အခြေအနေများကို သိရှိနိုင်ရန်အတွက် loading cycle (၄) ဆင့်ဖြင့် ပြုလုပ်ရမည်။ ၎င်းကို ပြင်ပမှ ဒေါင်လိုက်အားသက်ရောက်မှု (vertical external force) အပေါ် ကြာရှည်ခံနိုင်ရည်ရှိမှု (durability) အကန့်အသတ်အဖြစ် ယူဆနိုင်သည်။ ဝန်တင်ခြင်း စမ်းသပ်မှုတွင် အမြင့်ဆုံး သက်ရောက် စေမည့် အားအဖြစ် ပုံ ၇.၃-၃၂ တွင် design load ၏ ၁.၂၅ ဆ ဖြစ်သည့် တန် ၃၀၀ တန် တင်ရန် စီစဉ်လုပ်ဆောင်ရမည်။



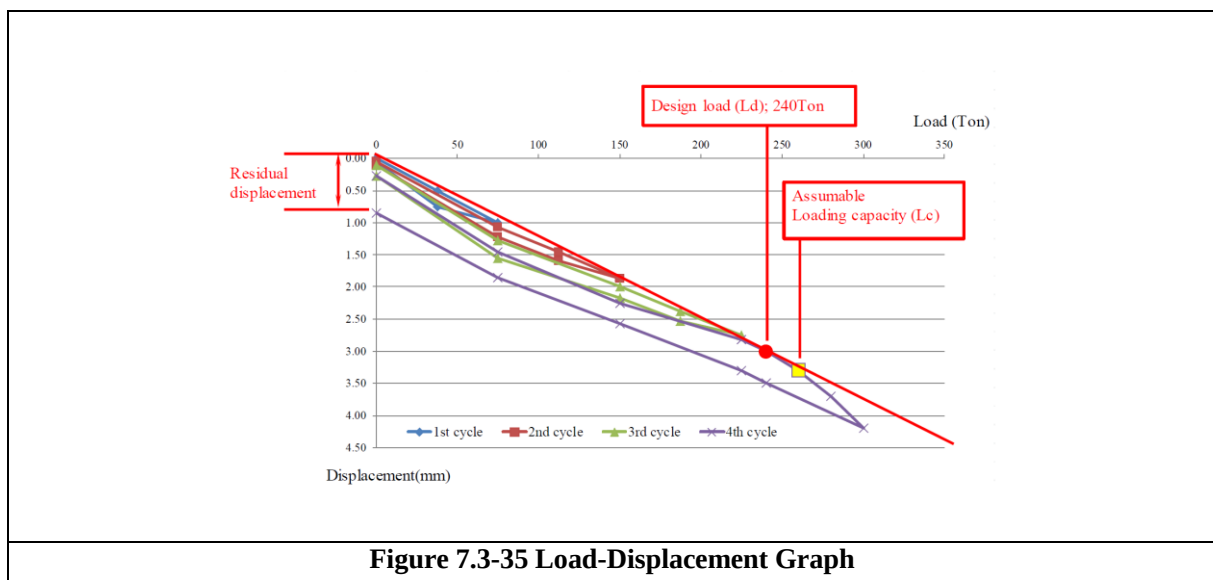
(၃) မှတ်တမ်းယူခြင်း (Recording)

ဝန်တင်၍ စမ်းသပ်မှု ဆောင်ရွက်နေစဉ်အတွင်း pile ၏ အရွေ့ကို တိုင်းတာရာတွင် ပုံ ၇.၃-၃၃ နှင့် ၇.၃-၃၄ တွင် ဖော်ပြထားသကဲ့သို့ pile ထိပ်ဖျား၏ တည်နေရာ (elevation) ကို သိရှိနိုင်ရန် ရေချိန်တိုင်းသည့် ကိရိယာ (optical level instrument) နှင့် dial gauge တို့ဖြင့် တိုင်းတာရမည်။



Pile head ၏ အရွေ့ကိုတိုင်းတာမည့် dial gauges နှစ်ခုကို သီးခြား အမှီအခိုကင်းသည့် frame တစ်ခုပေါ်တွင် တပ်ဆင်ရမည်။ Frame ကို pile နှင့် reaction system တို့နှင့် ဝေးသောနေရာ စမ်းသပ်မှုကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် မြေကြီးရွေ့လျားမှု၏ သက်ရောက်မှုမရှိသည့်နေရာ၌ အုတ်မြစ်နှစ်ခုပေါ်တွင် ထားရမည်။ Frame နှင့် pile/ reaction system တို့အကြား အနည်းဆုံးအကွာအဝေးမှာ test pile အချင်း၏ သုံးဆ (၂ မီတာ ထက် မနည်းရ) ရှိရမည်။ Pile head အရွေ့ကို dial gauges နှစ်ခုဖြင့်

တိုင်းတာပြီး ရေချိန်တိုင်းသည့်ကိရိယာဖြင့် စစ်ဆေးရမည်။ Dial gauge ၏ တိကျမှုမှာ ၁ မီလီမီတာ ဖြစ်ပြီး ၀.၀၁ မီလီမီတာထိ ဖတ်နိုင်ရမည်။ Pile head အပေါ်တွင် dial gauge နှစ်ခုနှင့် ပေတံနှစ်ခုကို ထောင့်ဖြတ် ဆန့်ကျင်ဘက်အခြမ်းများမှ တပ်ဆင်ရမည်။ Pile ၏ နစ်ဝင်မှု (settlement) ကို တိုင်းတာ ရန် ပေတံနှစ်ခုကို တပ်ဆင်ရမည်။ အတည်တကျဖြစ်သည့် နေရာတစ်ခုတွင် ရည်ညွှန်းကိုးကားရန် ပေတံ (reference rule) တစ်ခု အနည်းဆုံး တပ်ဆင်ရမည်။ ရေချိန်တိုင်းသည့် ကိရိယာဖြင့် စစ်ဆေးသည့် ပေတံများ၏ တိကျမှုမှာ ၀.၅ မီလီမီတာ ဖြစ်သည်။ စမ်းသပ်မှု မလုပ်ခင်နှင့် လုပ်နေစဉ်အတွင်း စက်ပစ္စည်းအားလုံးကို မလိုလားအပ်သော အနှောင့်အယှက်များမှ ကာကွယ်ပေးရမည်။ စမ်းသပ်မှု လုပ် ဆောင်နေစဉ်အတွင်း ရရှိထားသော အရွေ့ မှတ်တမ်းကို ပုံ ၇.၃-၃၅ တွင် ဖော်ပြထားသကဲ့သို့ ‘Load- Displacement’ curve ဖြင့် အနှစ်ချုပ် ဖော်ပြရမည်။ Data များပေါ်တွင် ဆွဲထားသည့် မျဉ်းဖြောင့်အရ စမ်းသပ်သည့် pile ၏ ဝန် ထမ်းနိုင်ရည် (loading capacity) မှာ design load ကို ကျော်လွန်သည်ဟု မှတ်ယူနိုင်သည်။



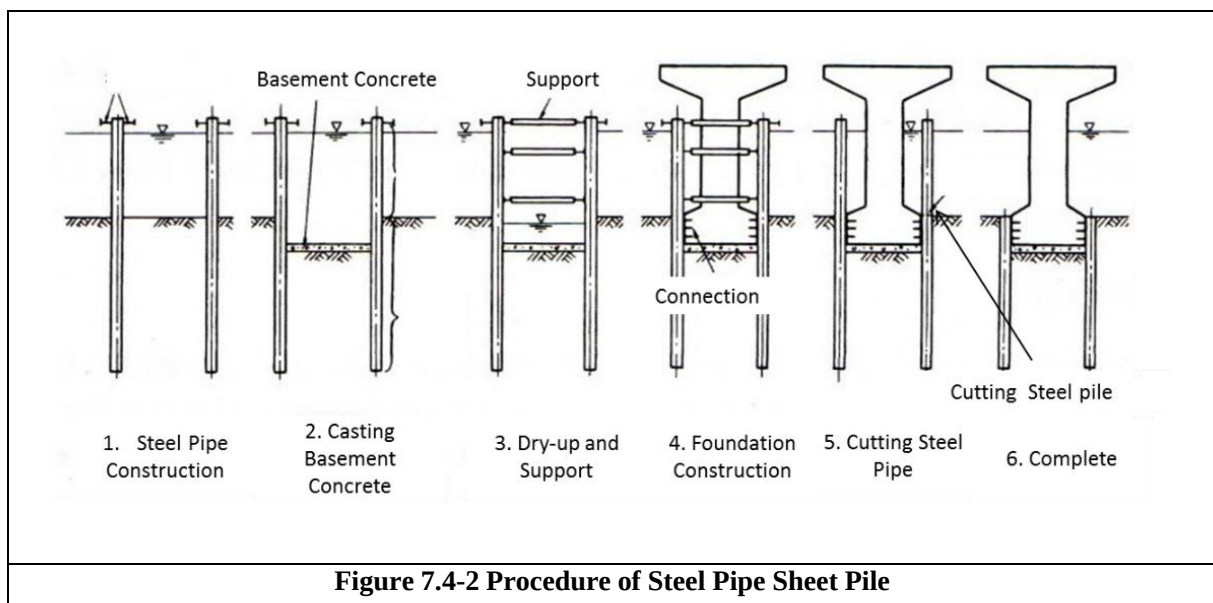
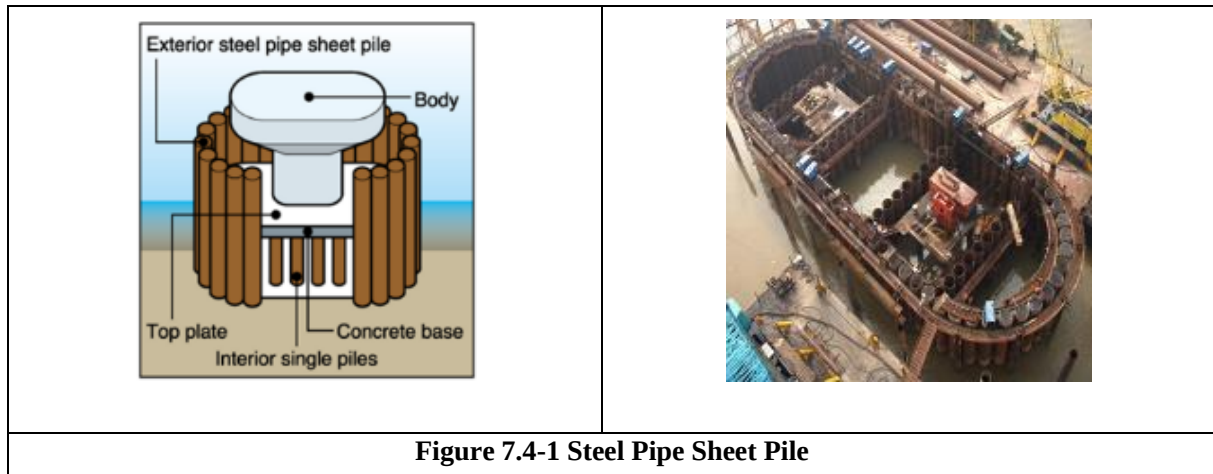
(၄) Termination Criteria

Spun pile ၏ အရွေ့သည် ၎င်းအချင်း ၏ ၁၀ ရာခိုင်နှုန်း (၆၀ မီလီမီတာ) သို့ ရောက်သည့်အချိန်တွင် စမ်းသပ်မှုကို ရပ်တန့်ရမည်။

၇.၄ Steel Pipe Sheet Pile Foundation

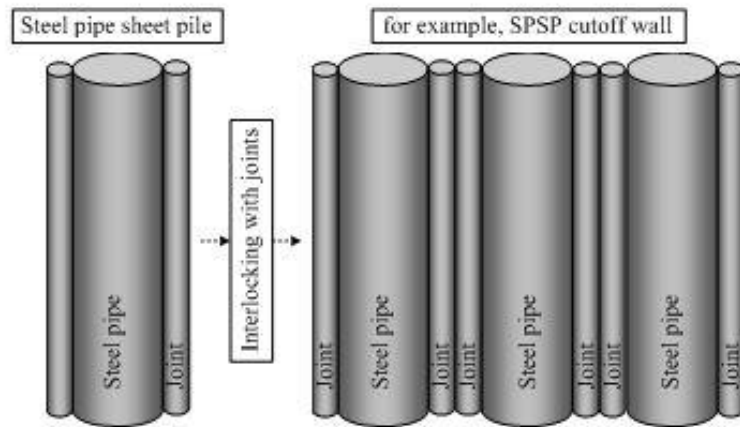
၇.၄.၁ တည်ဆောက်မှု အနှစ်ချုပ် (Outline of Construction)

သံမဏိ piles (Steel pipe piles) များ ဆက်ထားသည့် steel pipe sheet piles များကို high-rigidity walls များ တည်ဆောက်ရန် အသုံးပြုသည်။ ဆိပ်ကမ်း အဆောက်အဦများ၊ မြေထိန်းနံရံများ၊ coffer dams များ၊ တံတားအုတ်မြစ်များတွင် ကျယ်ပြန့်စွာ အသုံးပြုကြသည်။

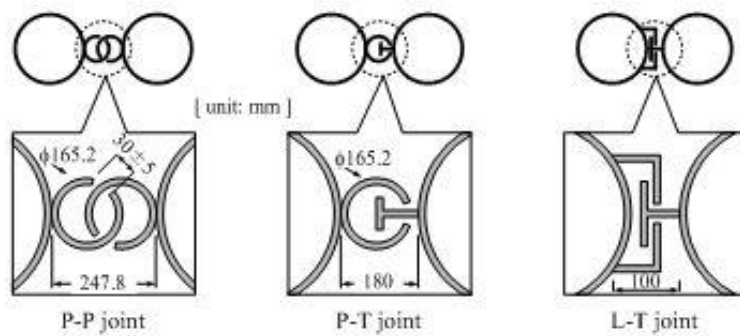


Steel pipe sheet piles အုတ်မြစ်ချရာတွင် P-P joint များရှိသော steel pipe sheet piles များကို ဝန်ထမ်းမည့်မြေလွှာအထိ ရိုက်သွင်းရမည်။ ထို့နောက် ၎င်းတို့ကို စက်ဝိုင်းပုံစံ၊ ထောင့်မှတ်စတုရံ သို့မဟုတ် ဘဲဥပုံ စသည့် အပိတ်ပုံစံ (enclosed form) ဖြင့် ပြင်ညီတစ်ခု ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ရသည်။ Steel pipe sheet piles ၏ joint pipes များကို သရွတ် (mortar) များဖြင့် ဖြည့်ခြင်းနှင့် Steel pipe

sheet piles များအား အတွဲလိုက် footing ပုံစံဖြစ်စေရန် ၎င်းတို့၏ ခေါင်းပိုင်းများကို rigid connection ဖြင့် ဆက်ထားမည်။ ဤအမျိုးအစား အုတ်မြစ် ကို ခန်းဖွင့်ရှည်လျားသော တံတားများနှင့် ကြီးမားသော structures များတွင် အသုံးပြုကြသည်။



(a) Full view of steel pipe sheet piles (SPSPs)



(b) Geometries of P-P, P-T and L-T joint sections



Figure 7.4-3 Joint of Steel Pipe Sheet Pile

၇.၄.၂ တည်ဆောက်ရေး (Construction)

(ခ) တိကျမှု (Accuracy)

Steel pipe sheet piles အုတ်မြစ်ကို Steel pipe sheet piles များ၏ joint pipes များကို တစ်ခုနှင့်တစ်ခု ချိတ်ဆက်ပြီး ရေတွင်း (well) ပုံသဏ္ဌာန် ဖွဲ့စည်းထားသဖြင့် ၎င်းသည် steel pipe piles များ ရိုက်သွင်းခြင်းထက် တည်ဆောက်တပ်ဆင်မှုတွင် တိကျမှု ပို၍လိုအပ်ပါသည်။ ဂရုတစိုက် တည်ဆောက်ရမည်ဖြစ်သည်။ Steel pipe sheet piles များ တပ်ဆင်ရမည့် နည်းလမ်း များကို precast pile အုတ်မြစ်ချခြင်းကဲ့သို့ ရှင်းပြထားသည်။

Table 7.4-1 Accuracy

Inclination	1/500
Well diameter	± 100 mm

(၂) စက်ယန္တရား (Machinery)

တည်ဆောက်ရေး စက်ယန္တရားများနှင့် ကိရိယာများကို အခန်း ၇ ပါ သတ်မှတ်ချက်များအရ ရွေးချယ်ရမည်။ သို့သော်လည်း ရိုက်သွင်းသည့်တူ (hammer) ကို ရွေးချယ်ရာတွင် piles များသည် တူဖြင့် ရိုက်သွင်းချိန်တွင် ရွှေ့သွားခြင်း၊ လည်သွားခြင်း ရှိတတ်ပြီး ကပ်လျက်ရှိသည့် joint pipes များ တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အပြန်အလှန် တုံ့ပြန်မှုကြောင့် penetration resistance တိုးလာနိုင်သည်ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရန်လိုအပ်သည်။ ထို့ကြောင့် အများအားဖြင့် အရွယ်အစားတူ steel pipe များထက်၊ စွမ်းဆောင်ရည် ပိုမြင့်သော တူ (hammer) ကို အသုံးပြုကြသည်။

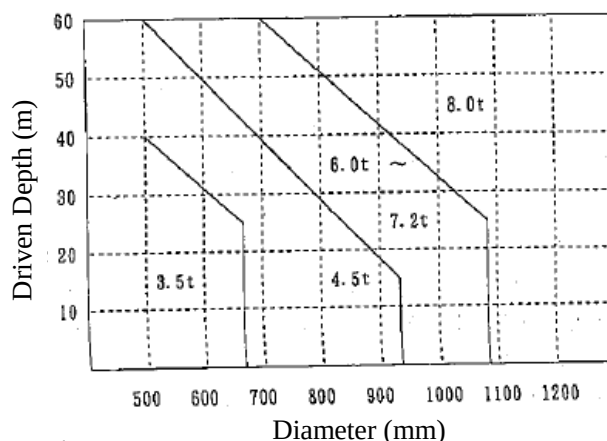


Figure 7.4-4 Diesel Hammer Size

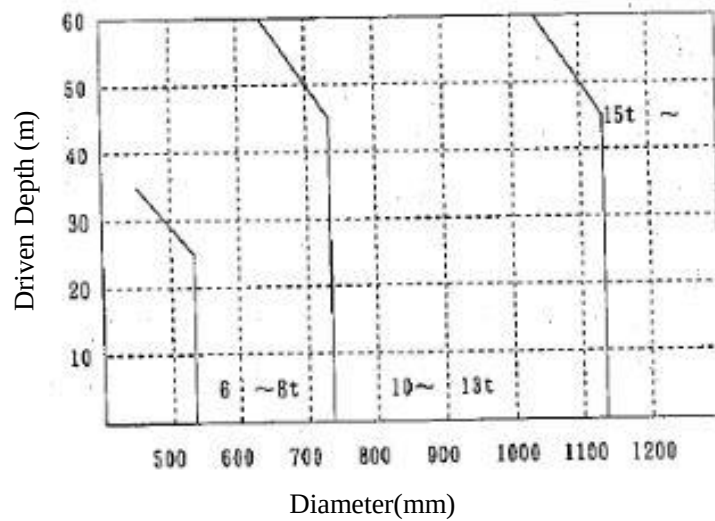
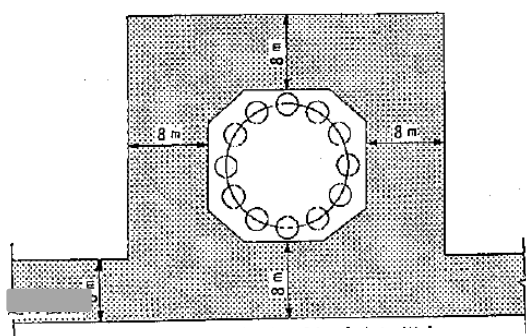


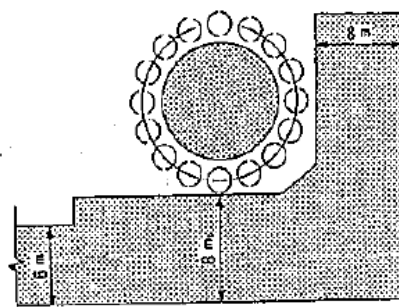
Figure 7.4-5 Hydraulic Hammer Size

(၃) Staging

ပုံမှန် pile ရိုက်သွင်းသော နည်းလမ်းများထက် ပိုမို တိကျမှန်ကန်မှုရှိရန် လိုအပ်ခြင်းကြောင့် steel pipe sheet pile အုတ်မြစ်ချခြင်း နည်းလမ်းသည် ကြံ့ခိုင်သည့် ငြမ်းများနှင့် တိကျသော လေ့လာတိုင်းတာမှုများ လိုအပ်သည်။ ဤ pile အုတ်မြစ်အမျိုးအစား၏ သဘောသဘာဝအရ ရေထဲ၌ တည်ဆောက်သည့် လုပ်ငန်းများတွင် အသုံးပြုမှုများသည့်အတွက် ငြမ်းစင်များအဖြစ် အသုံးပြုမည့် ဆိပ်ခံတံတား (landing piers) အား တောင့်တင်းခိုင်မာမှု အပြည့်အဝ ရှိ၊ မရှိ လေ့လာဆန်းစစ်ရန် လိုအပ်ပါသည်။



Pile driver placed out of well



Pile driver can be placed inside of well

Figure 7.4-6 Staging

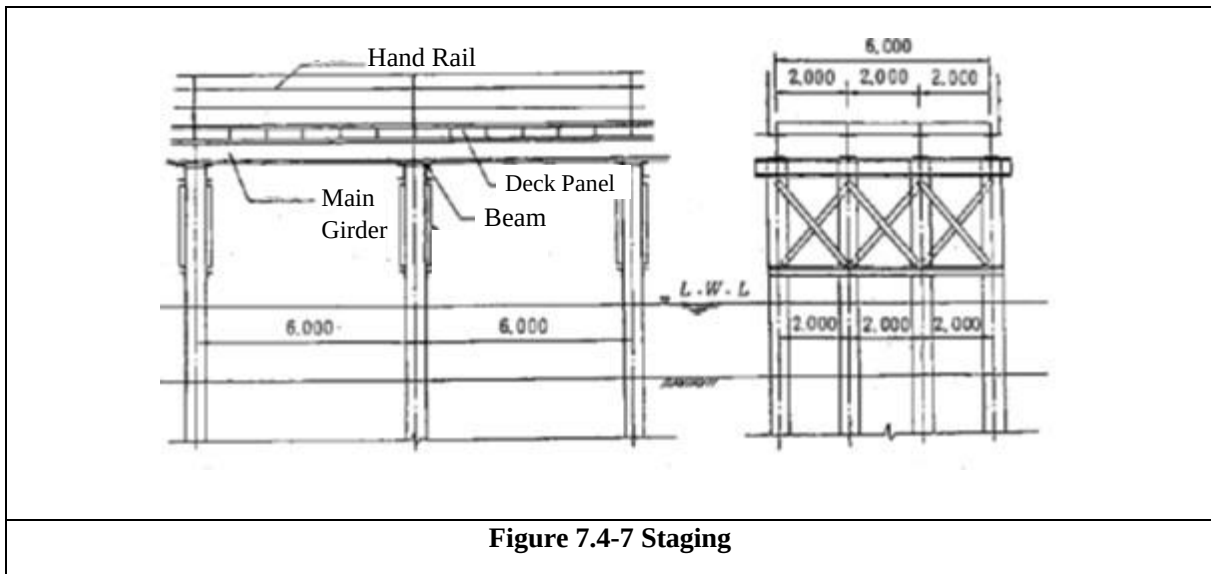


Figure 7.4-7 Staging

(၄) သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း၊ သိုလှောင်ခြင်းနှင့် စစ်ဆေးခြင်း

‘သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း၊ သိုလှောင်ခြင်းနှင့် စစ်ဆေးခြင်း’ အတွက် အခန်း ၇ ပါ ပြဋ္ဌာန်းချက်များကို သုံးရမည်။

(၅) အထိန်းများ တပ်ဆင်ခြင်း (Installation of Guide Materials)

Steel pipe sheet piles foundation လုပ်ငန်းလုပ်ရကိုင်ရာတွင် လွယ်ကူမှု (workability) သည် ၎င်း piles များကို ရိုက်သွင်းတပ်ဆင်ရာတွင် တိကျမှန်ကန်မှုအဆင့် မည်မျှရှိရမည်ဆိုသည့်အပေါ်တွင် အဓိက မူတည်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် ဤအပိုင်းတွင် ရိုက်သွင်းခြင်း လုပ်ငန်းစဉ်များအတွက် သင့်လျော်သော ပုံသဏ္ဌာန်နှင့် လိုအပ်သော ခံနိုင်အား (strength) ရှိသည့် အထိန်း ပစ္စည်းများ (guide materials) ကို ရိုက်သွင်းမှု တိကျမှန်ကန်မှုရှိစေရန်နှင့် workability ပိုမိုကောင်းမွန်စေရန် အတွက် ထည့်သွင်းသင့်ကြောင်း ရှင်းလင်းဖော်ပြထားသည်။ ပုံ ၇.၄-၈ တွင် ပြထားသည့်အတိုင်း ပေတံအဖြစ် သုံးမည့် တည်မတ်စေမည့် အထိန်း (guide frames) နှင့် ၎င်း guide frames ကို ထောက်ကန်ပေးမည့် guide piles တို့ကို တွဲစပ်၍ guide materials အဖြစ် အများအားဖြင့် အသုံးပြုကြသည်။

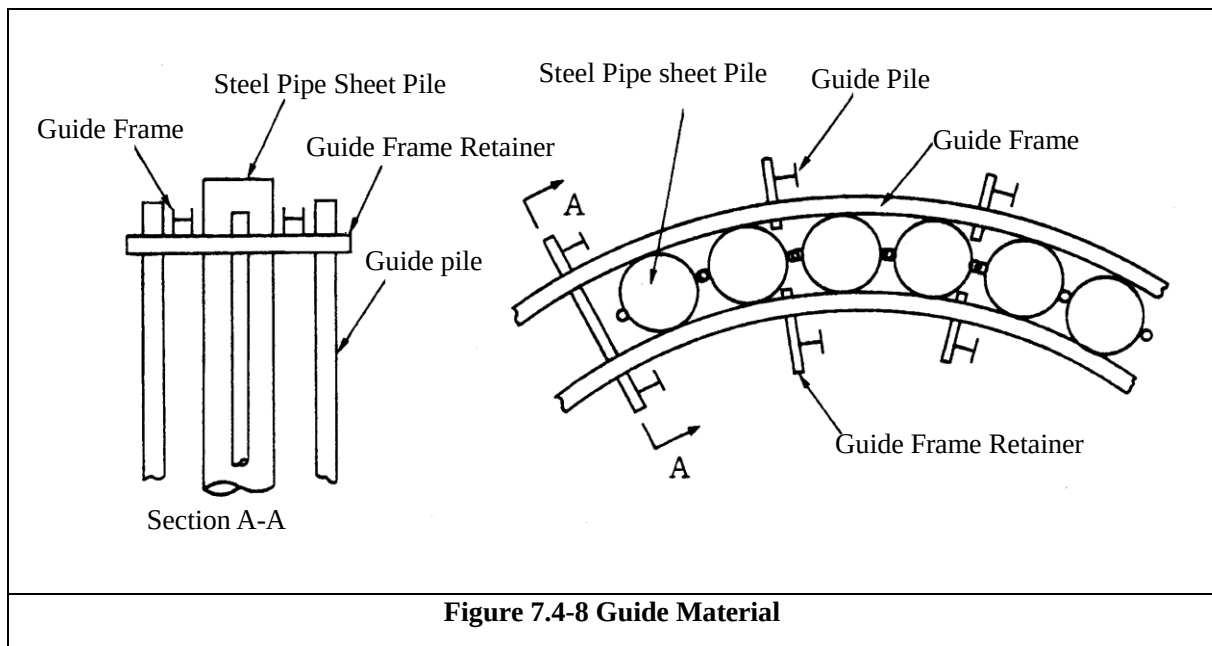
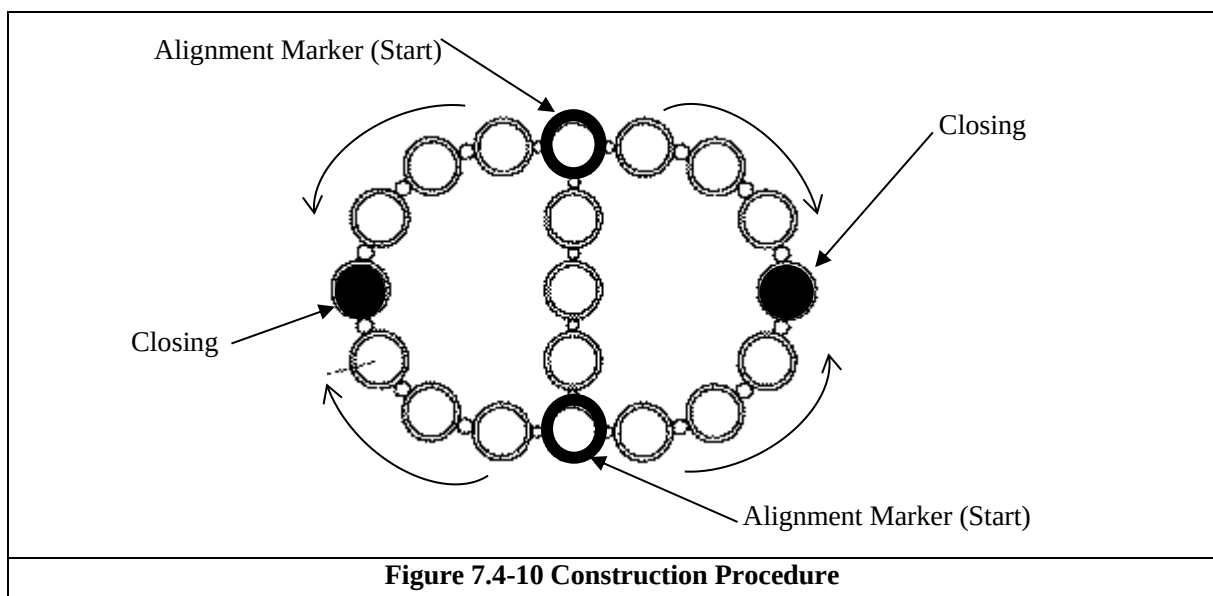
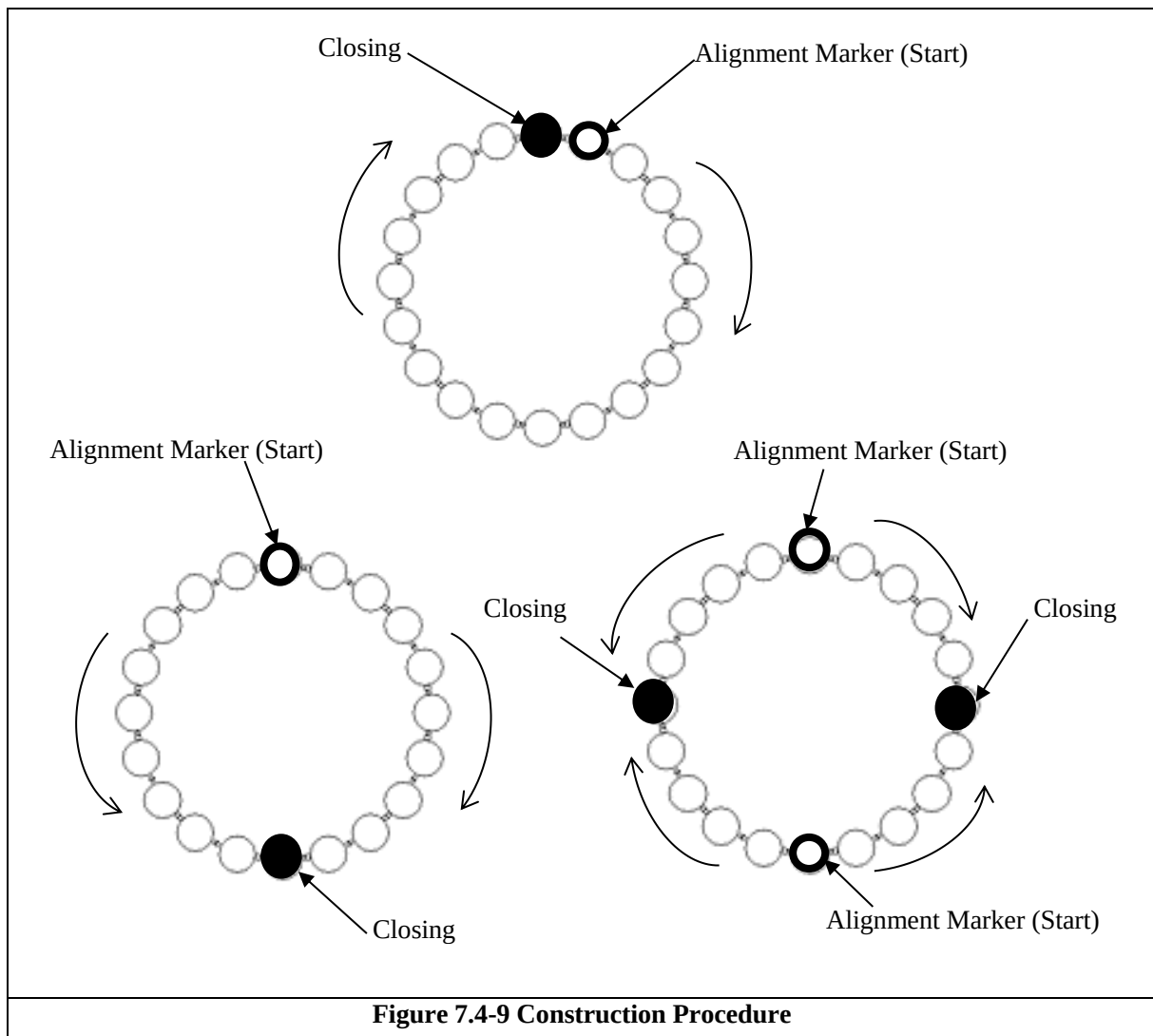


Figure 7.4-8 Guide Material

(၆) ရိုက်သွင်းခြင်း (Driving)

Steel pipe sheet piles တပ်ဆင်ရာတွင် လားရာနှစ်ဘက်မှနေ ထောင်မတ်နေမှုအား transit ကို အသုံးပြု၍ သေချာအောင် စိစစ်ပြီး guide frame ပေါ်တွင်ရှိသော အမှတ်အသားနေရာမှ တပ်ဆင်ခြင်း လုပ်ဆောင်ရမည်။ Steel pipe sheet piles ကို ရိုက်သွင်းချိန်တွင် အောက်ဆုံးတွင်ရှိသော Steel pipe sheet piles ကို ပထမဆုံး ရိုက်သွင်းသည်။ ထို့နောက်မှ အလယ်နှင့် အပေါ်ဆုံး Steel pipe sheet piles များကို အစဉ်လိုက် ရိုက်သွင်းသည်။

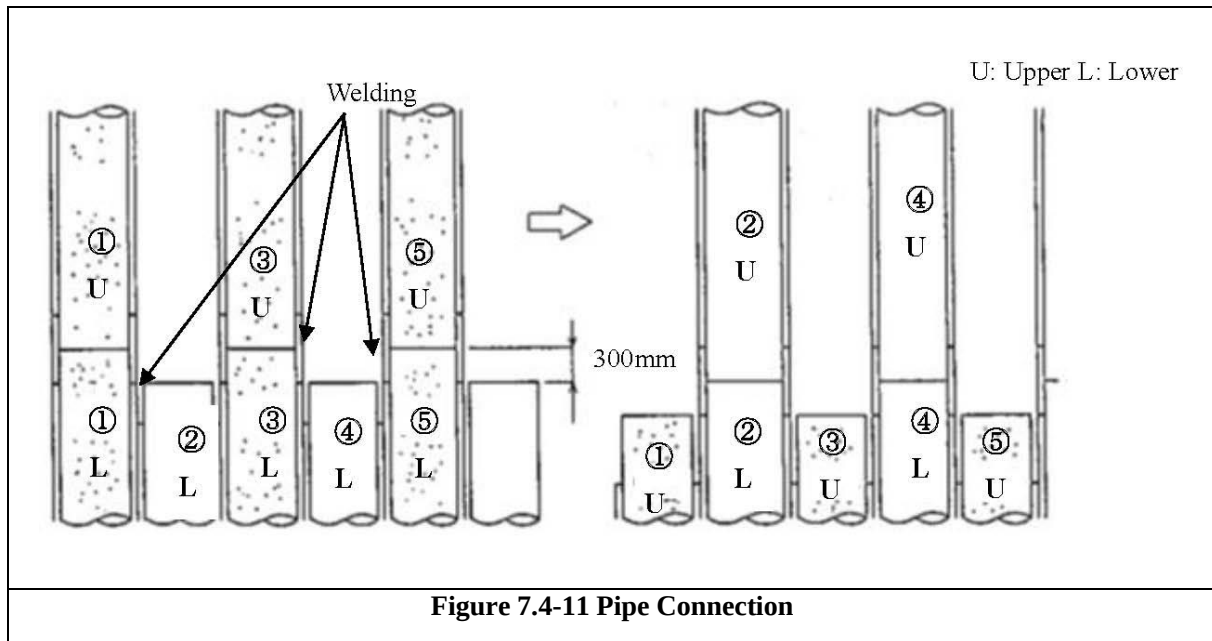
Bored pile နည်းလမ်းကို အသုံးပြုပြီး သင်္ဘောပေါ်မှနေ၍ pile ရိုက်သည့်အခါ အရင်ဆုံး အောက်ဘက်မှ Steel pipe sheet piles များကို တစ်ခုနှင့်တစ်ခု တွဲဆက်၍ မရခြင်း ရှိတတ်သည်။ ထိုအခါ Steel pipe sheet piles များ နေရာချထားမှုကို တစ်လုံးချင်း လုပ်ဆောင်ပြီးနောက် အောက်ဆုံး၊ အလယ်၊ အပေါ် ဟူ၍ Steel pipe sheet piles များကို တစ်ဆက်တည်း ရိုက်သွင်းရမည်။ ဤသို့သော အခြေအနေမျိုး တွင် Steel pipe sheet piles များအား ဆက်ခြင်းသည် ပို၍ခက်ခဲလာသဖြင့် တပ်ဆင်ရာတွင် တိကျမှန်ကန်မှု ရှိစေရန်အတွက် တပ်ဆင်ခြင်းနည်းလမ်း နှင့် တပ်ဆင်မည့် ရှေ့နောက် အစီအစဉ် (sequence) များကို ကြိုတင်လေ့လာ စစ်ဆေးရမည်။



(၇) Pile များကို ဆက်ခြင်း (Pile Connection)

Steel pipe sheet piles များ၏ လုပ်ငန်းခွင်၌ ပြုလုပ်မည့် ဂဟေဆက်ခြင်းနှင့်ပတ်သက်၍ အခန်း ၇.၄ ပါ ကန့်သတ်ချက်များကို အသေးစိတ် လိုက်နာရမည်။

Piles များ၏ အပြင်ဘက်ပိုင်း ဂဟေဆက်ခြင်းလုပ်ငန်းကို စနစ်တကျ ဆောင်ရွက်နိုင်ရန်အတွက် ဂဟေဆက်ရမည့်နေရာများ အားလုံးတစ်တန်းတည်း ဖြစ်မနေစေရန် အောက်ဘက်တွင်ရှိသော pile head ၏အမြင့်သည် ကပ်လျက် ရှိသော pile head ၏အမြင့် နှင့် ကွာခြားမှု ရှိနေရမည်။



(၈) Joint Filling

ဖယ်ရှားလိုက်သော ရေထိန်းနံရံ အစိတ်အပိုင်း နေရာအတွက်နှင့် အဓိက structure ၏ ခံနိုင်ရည်ရှိမှုတို့အတွက် Steel pipe ၏ joints နေရာများကို သရွတ်များဖြင့် ဖြည့်ရမည်။ ဖယ်ထုတ်လိုက်သည့် အစိတ်အပိုင်းတွင် joints ကို သရွတ် (lean အဆင့်) ဖြင့် ဖြည့်ရမည်။ Joint အား သရွတ်မလောင်းခင် joint ၏ အတွင်းဘက်ကို သန့်ရှင်းရန် လိုအပ်သည်။ Joint သန့်ရှင်းရေး အတွက် ဖိအားမြင့် ရေအား သို့မဟုတ် လေအားကို အသုံးပြုရမည်။

Table 7.4-2 Mortal Strength

Mortal for Main Structure	Lean-mixing Mortar
20 – 24 N/mm ²	0.1 – 0.25 N/mm ²

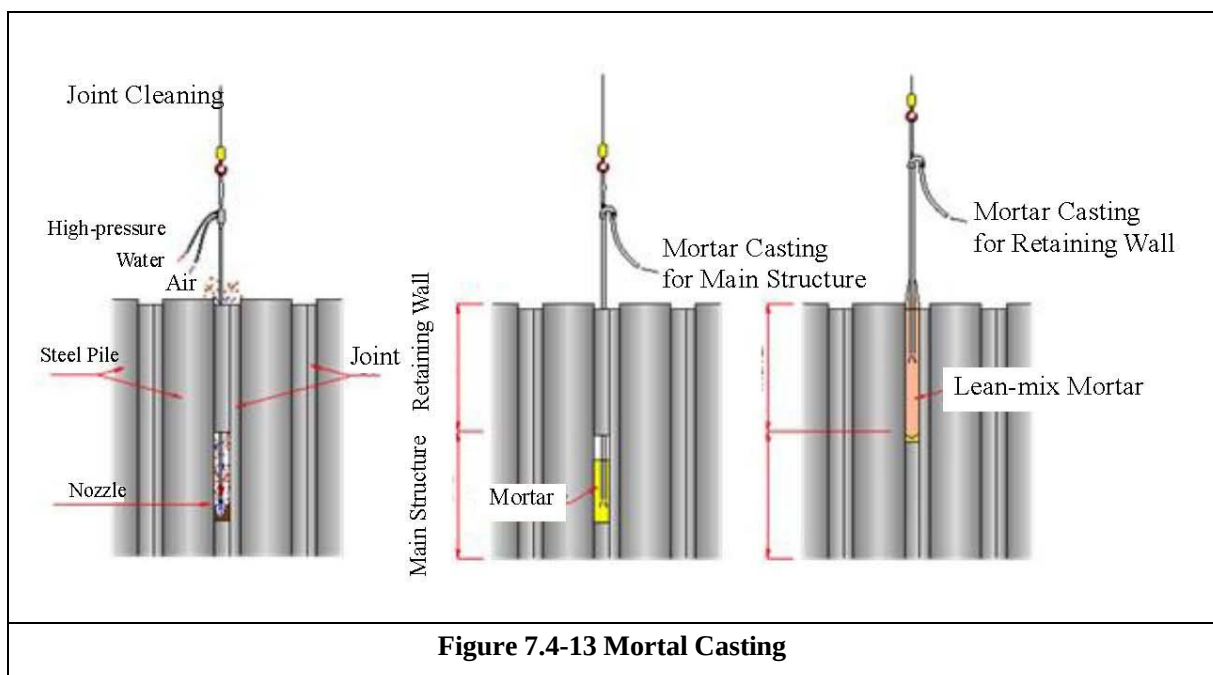
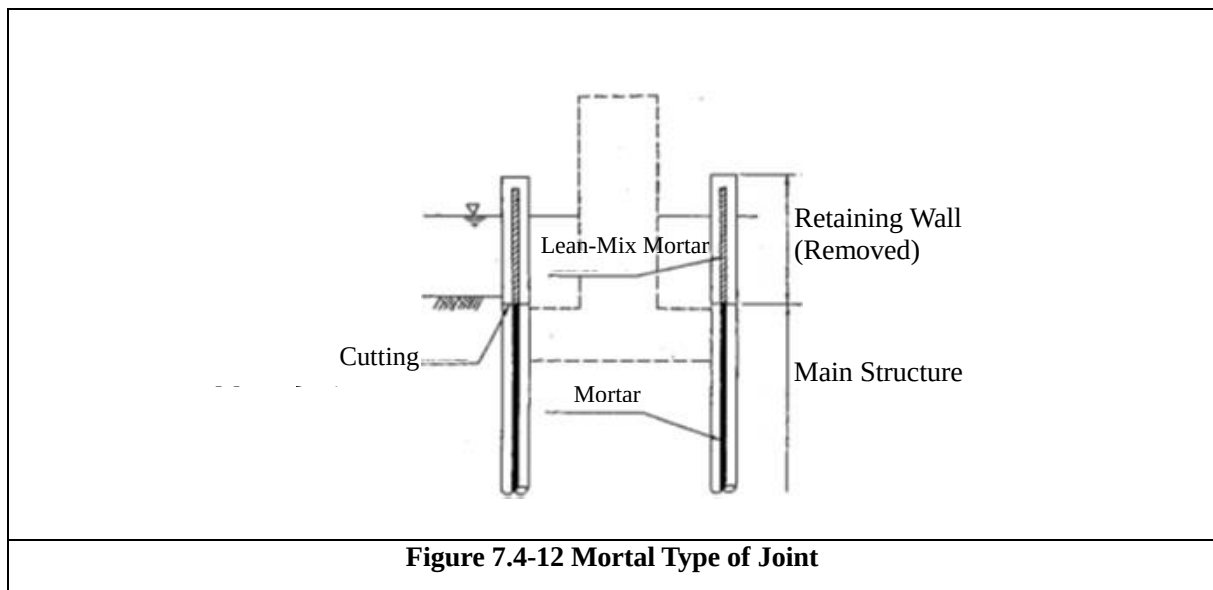




Figure 7.4-14 Joint Filled by Mortal

(၉) ကွန်ကရစ်ဖြည့်ခြင်း (Concrete Filling)

Pile cap နှင့် ဆက်သည့် နေရာအနီးတွင် steel pipe sheet pile များကို အတွင်းတွင် ကွန်ကရစ်ဖြင့် ဖြည့်ရမည်။

Pile နှင့် ကွန်ကရစ်ကြား တွဲစပ်မှု (adhesion) ကို တိုးမြှင့်ရန်နှင့် တစ်သားတည်း ဖြစ်စေရန်အတွက် steel pipe sheet pile အတွင်းတွင် ကပ်ညီနေသည့် မြေသားများနှင့် အညစ်အကြေးများကို ကွန်ကရစ် မဖြည့်ခင် ဖယ်ရှားရမည်။

ဖြည့်ရမည့် ကွန်ကရစ်၏ အထူမှာ pile cap အထူ၏ နှစ်ဆ ရှိသင့်သည်။

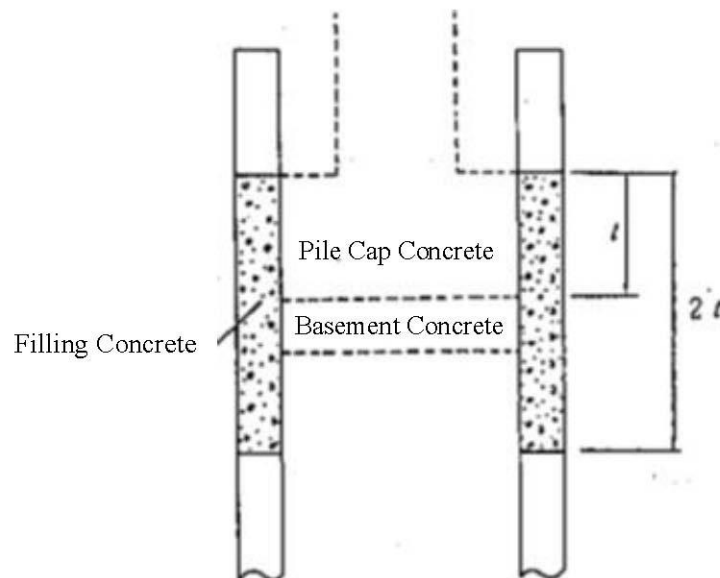


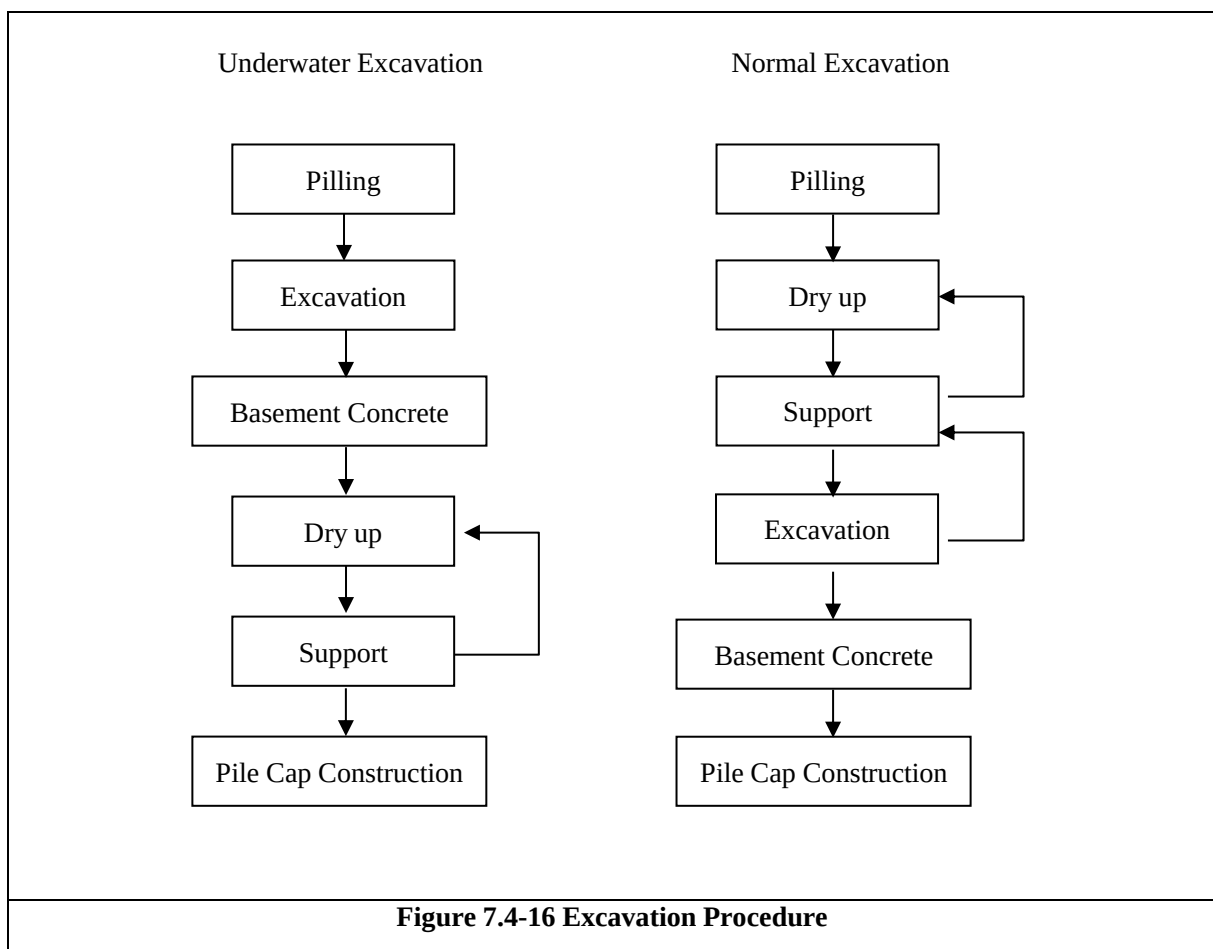
Figure 7.4-15 Filling Concrete Area

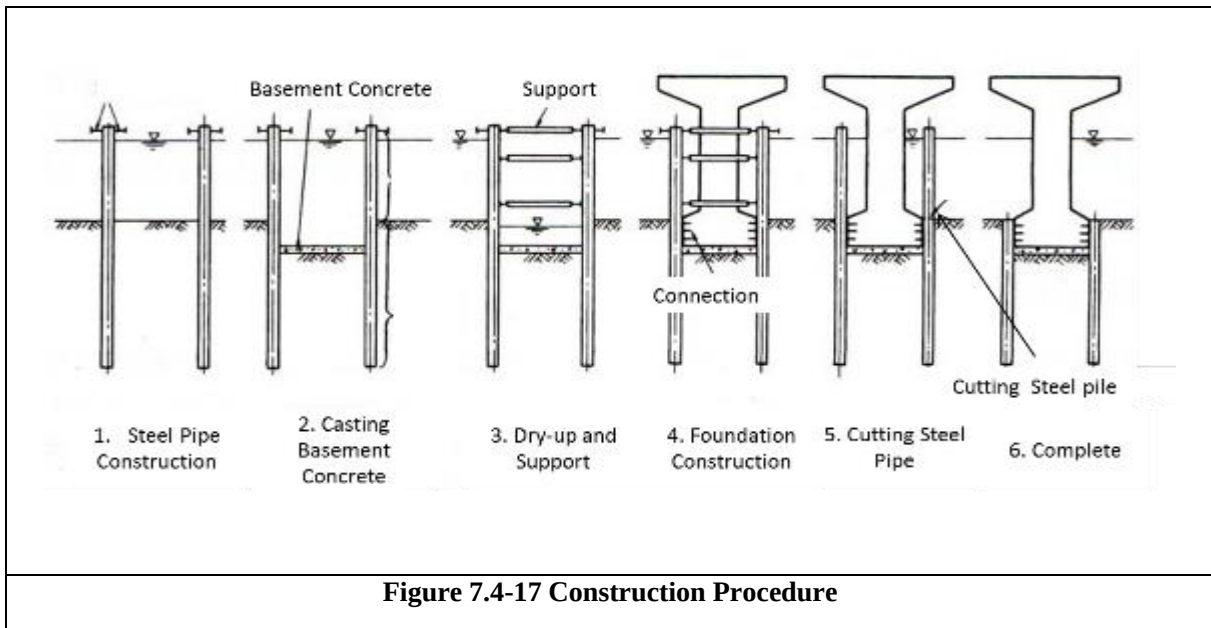
(၁၀) မြေတူးခြင်း (Excavation)

Well excavation ကို ပုံမှန်မြေတူးခြင်းနှင့် ရေအောက်မြေတူးခြင်း နည်းလမ်းများဖြင့် လုပ်ဆောင်နိုင်သည်။ တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းအခြေအနေများအရ မြေတူးခြင်းနည်းလမ်းများကို စဉ်းစားရမည်။

Table 7.4-3 Excavation Type

	Underwater Excavation	Normal Excavation
Soil condition	Soft (mud, sand etc.)	Good
Excavation depth	Large	Small
Efficiency	No effected	Effected
Soil and water discharge	Large amount	Small amount
Steel pile deformation and stress	Small	Effected



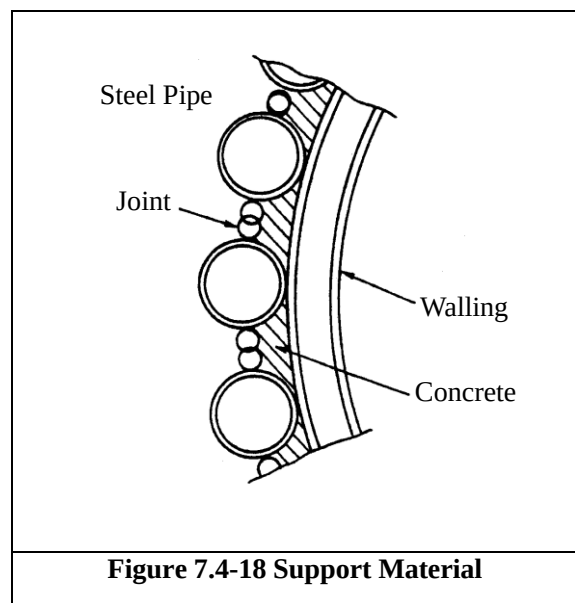


(၁၁) Support

ရေအောက်၌ မြေတူးခြင်း လုပ်ဆောင်စဉ် cofferdam အတွင်းရှိ ရေ level ကို ဒီဇိုင်းတွင် သတ်မှတ်ထားသည့် level အတိုင်း ထိန်းထားရမည်။ အောက်ခြေကွန်ကရစ် လောင်းပြီးနောက် ခြောက်သွေ့လာစဉ် supports များကို တပ်ဆင်ရမည်။ Supports များ တပ်ဆင်သည့်အခါ နံရံပေါ်တွင် အကွာအဝေးအပိုင်းအခြားကို ထိန်းသိမ်းရန်နှင့် ၎င်းတို့၏ ဒေါင်လိုက် ရွေ့လျားမှုကို ကာကွယ်ရန်အတွက် spacer သို့မဟုတ် အလားတူ ပစ္စည်းများ အသုံးပြုရမည်။ နံရံနှင့် steel pipe sheet piles များကြား လွတ်နေသည့် နေရာများကို ကွန်ကရစ် သို့မဟုတ် သရွတ်ဖြင့် ဖြည့်ရမည်။

Supports များ တပ်ဆင်ချိန်တွင် Cofferdam ထဲရှိ ရေ level သည် supports များ၏ အောက် ၁ မီတာ နိမ့်ရမည်။ ရေထုတ်နေစဉ်တွင် joints နေရာများ၌ ရေစိမ့် ထွက်ခြင်းကို ကာကွယ်သည့် ဆောင်ရွက်ချက်များကဲ့သို့ လိုအပ်သည့် ထိန်းချုပ်မှုများ အားလုံးကို လုပ်ဆောင်ရမည်။

ပုံမှန် မြေတူးခြင်းတွင် supports များ၏ အောက်ဘက် ၁ မီတာအတွင်းကိုသာ တူးရမည်။



(၁၂) Pile cap တည်ဆောက်ရေး (Pile Cap Construction)

Steel pipe sheet pile နှင့် Pile cap အကြား ၊ top slab နှင့်အကြား ဆက်သည့်အခါ top slab မှ steel pipe sheet pile ဆီသို့ loads များ ကူးပြောင်းမှု သေချာစေရန် ပြုလုပ်ရမည်။ ဒီဇိုင်းသတ်မှတ်ချက်၊ အကောင်အထည်ဖော်ခြင်းအစီအစဉ်တို့နှင့်အညီ အဆက် (Connection) ကို သေချာစွာ ပြုလုပ်ရမည်။ အောက်ဖော်ပြပါ Connection Structure အမျိုးအစားများကို တပ်ဆင်နိုင်သည်။

၁) Plate Bracket Type

Plate bracket ကို steel pile ၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ဂဟေဆော်ရမည်။ ၎င်းသည် shear connector အဖြစ် လုပ်ဆောင်မည်။ သတိထားရမည့်အချက်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

(က) သန့်ရှင်းရေးလုပ်ရမည်။ လိုအပ်လျှင် pile မျက်နှာပြင်ကို ပွတ်တိုက် သန့်ရှင်းရမည်။

(ခ) pile မျက်နှာပြင်ကို ခြောက်သွေ့အောင် လုပ်ရမည်။

၂) Joint Bar Type

Steel pile ၏ မျက်နှာပြင်ကို လွန်ဖြင့် အပေါက်ဖောက်ရမည်။ ထို့နောက် အပေါက်ပေါ်တွင် အားဖြည့် သံချောင်း တပ်ဆင်ပြီး ဂဟေဆော်ရမည်။

(က) သန့်ရှင်းရေး ပြုလုပ်ရမည်။ လိုအပ်လျှင် pile မျက်နှာပြင်ကို ပွတ်တိုက် သန့်ရှင်းရမည်။

(ခ) Steel pile ကို လွန်ဖြင့် ဖောက်နေစဉ် support များကို ထိခိုက်စေခြင်း မရှိရပါ။

(ဂ) အားဖြည့်သံချောင်းများ တပ်ဆင်နေရာချထားပြီးနောက် formwork လုပ်ငန်းလုပ်ဆောင် ရမည်။

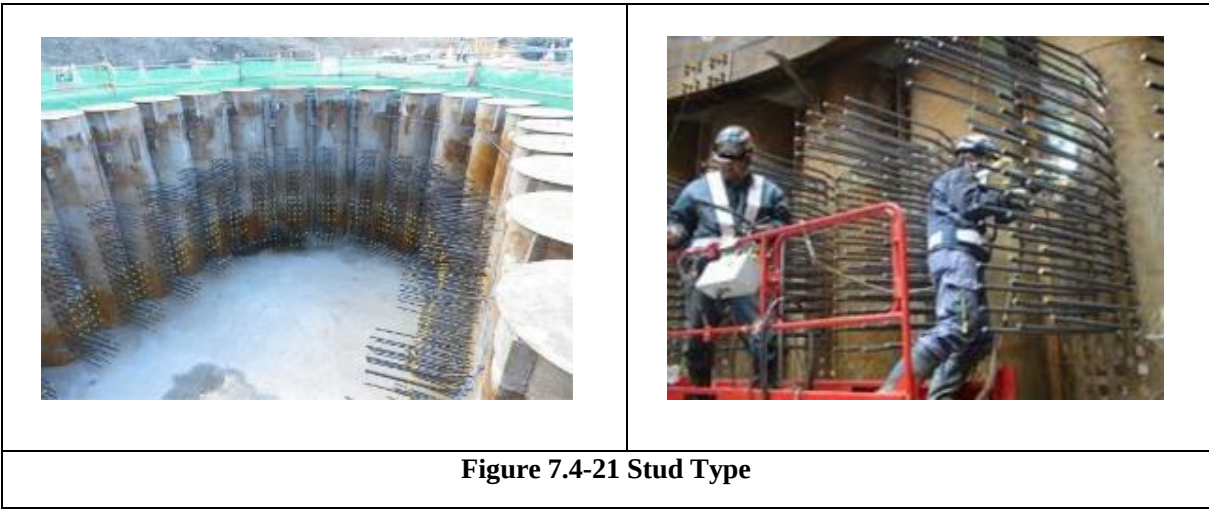
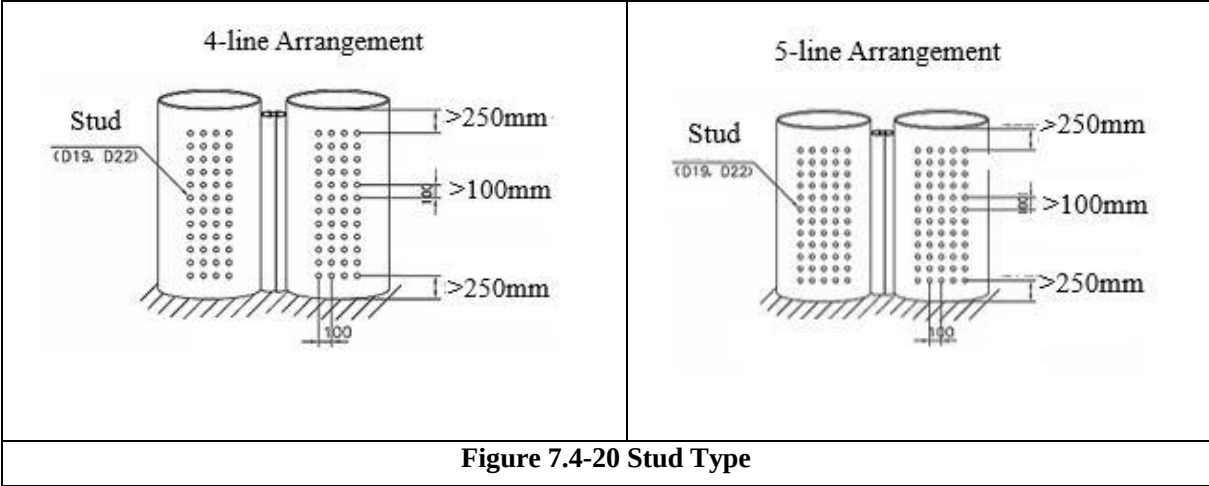
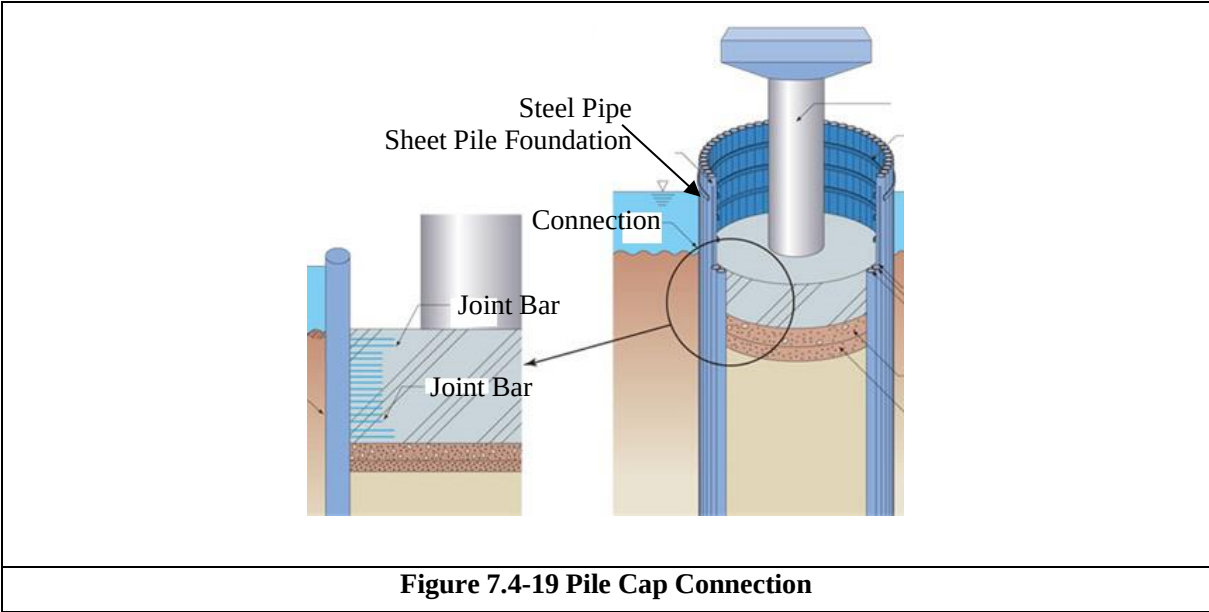
(ဃ) Pile များ အတွင်း ကွန်ကရစ် ဖြည့်ခြင်းကို လုပ်ရမည်။

၃) Stud Type

Steel pile မျက်နှာပြင်တွင် ဂဟေဆော်ထားသော အားဖြည့်သံချောင်းများသည် stud အဖြစ် လုပ်ဆောင် သည်။

(က) သန့်ရှင်းရေး ပြုလုပ်ရမည်။ Pile ၏ မျက်နှာပြင်ကို ပွတ်တိုက် သန့်ရှင်းရမည်။

(ခ) Steel pile ကို လွန်ဖြင့် ဖောက်နေစဉ် support များကို မထိခိုက်စေရပါ။



အခန်း ၈. DESIGN နှင့် ပတ်သက်သည့် အခြေခံဗဟုသုတ (BASIC KNOWLEDGE FOR DESIGN)

၈.၁ Bearing Capacity

၈.၁.၁ ခွင့်ပြုနိုင်သော bearing capacity (Allowable Bearing Capacity)

Single pile တစ်လုံး၏ axial allowable bearing capacity ကို အောက်ဖော်ပြပါ ပုံသေနည်းဖြင့် တွက်ယူရရှိနိုင်သည်။

$$R_a = \frac{\gamma}{n}(R_u - W_s) + W_s - W$$

R_a : Axial allowable bearing capacity of pile (kN)

n : Factor of safety (Table-8.1-1)

γ : Modification coefficient for factor of safety depending on ultimate bearing capacity estimation method (Table-8.1-2)

R_u : Ultimate bearing capacity of pile (kN)

W_s : Effective weight of soil replaced by pile (kN)

W : Effective weight of pile and soil inside pile (kN)

Pile ၏ အလေးချိန် နည်းသည့် ဖြစ်ရပ်များတွင် အောက်ဖော်ပြပါ formula ကို အသုံးပြုရမည်။

$$R_a = \frac{\gamma}{n} R_u$$

Table 8.1-1 Factor of Safety

Design Case	End Bearing Pile	Friction Pile
Normal	3	4
Earthquake	2	3

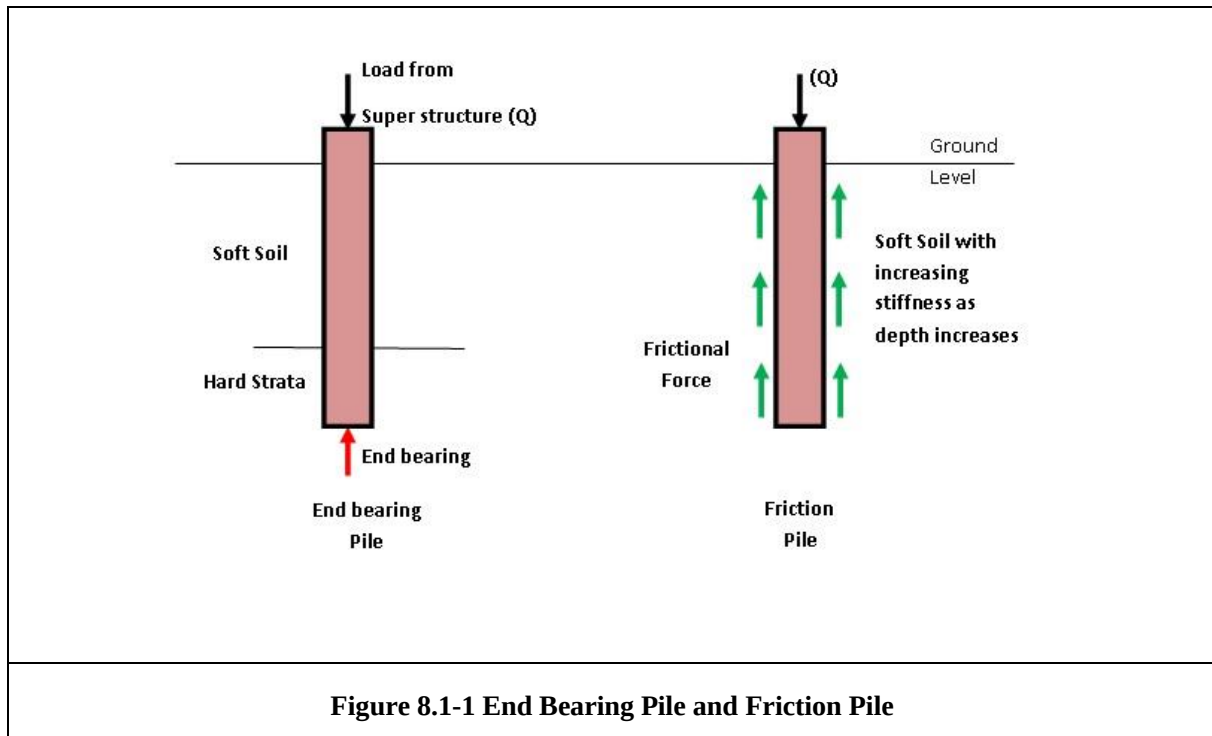


Table 8.1-2 Modification Coefficient for Factor of Safety depending on Ultimate Bearing Capacity Estimation Method

	Modification Coefficient for Factor of Safety
calculation of bearing capacity estimation formula	1.0
results of loading tests	1.2

၈.၁.၂ Ultimate Bearing Capacity

Ultimate bearing capacity ကို bearing capacity ခန့်မှန်းတွက်ချက်သည့် ပုံသေနည်းမှဖြစ်စေ၊ ဝန်တင်စမ်းသပ်ထားသည့် ရလဒ်များ (loading tests) မှဖြစ်စေ ရရှိနိုင်သည်။

(၁) Bearing Capacity တွက်ချက်သည့် ပုံသေနည်း

ဘူမိနည်းပညာလေ့လာတိုင်းတာမှု (geotechnical survey) ရလဒ်များကို အခြေခံထားသည့် bearing capacity ခန့်မှန်းတွက်ချက်သည့် ပုံသေနည်းဖြင့် Ultimate bearing capacity ကို တွက်ယူရရှိနိုင်သည်။

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i$$

R_u : Ultimate bearing capacity of pile (kN)

A : Area of pile tip (m^2)

q_d : Ultimate end bearing capacity intensity per unit area (kN/m^2) (Table 8.1-1)

U : Diameter of pile (m)

L_i : Thickness of soil layer considering shaft resistance (m)

f_i : Maximum shaft resistance of soil layer considering pile shaft resistance (kN/m^2) Table 8.1-2

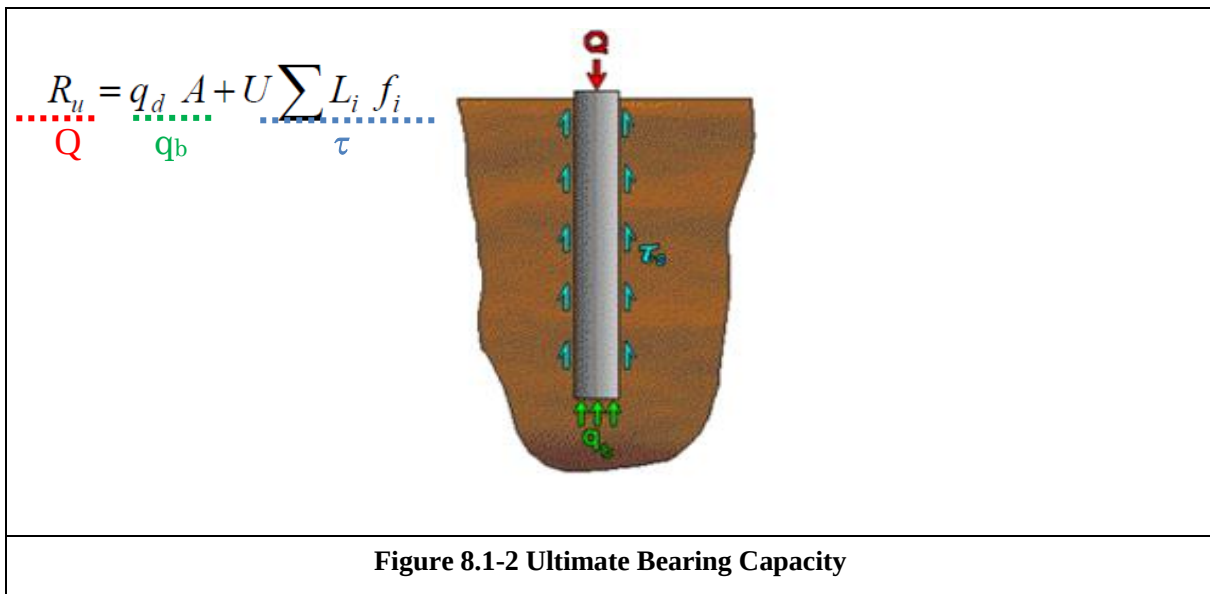


Table 8.1-3 Ultimate End Bearing Capacity Intensity per Unit Area

Construction method	Soil	q_d : Ultimate end bearing capacity intensity per unit area (kN/m^2)
Driven	Sand, Gravel, Mud	$q_d = 300N \quad (L/D \geq 5)$ $q_d = 60 \cdot (L/D) \cdot N \quad (L/D < 5)$ L: Embedment Depth to Supporting Layer (Figure 8.1, Figure 8.2) D: Pile diameter N: N value for design
Pre-boring, Inner excavation	Sand	$150N (\leq 7,500)$
	Gravel	$200N (\leq 10,000)$
Cast-in-Situ	Gravel, sand ($N \geq 30$)	3,000
	Gravel, sand ($N \geq 50$)	5,000
	Mud ($N \geq 20$, $q_u \geq 0.4N/mm^2$)	$3 q_u$ q_u : Unconfined compressive strength

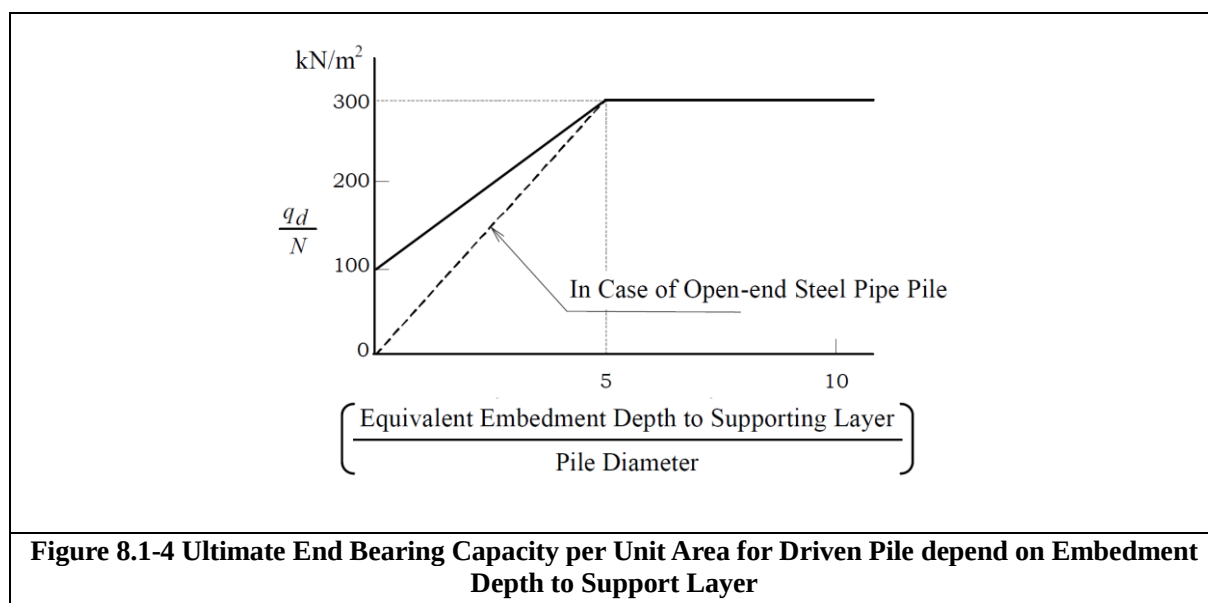
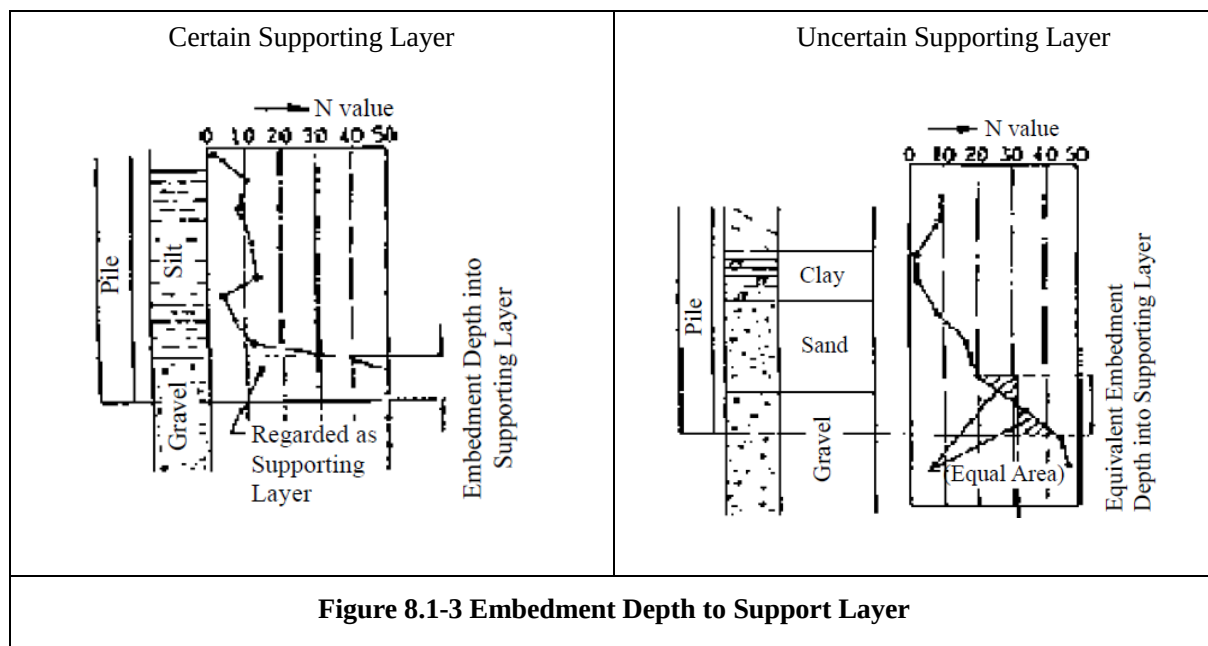


Table 8.1-4 Maximum Shaft Resistance of Soil Layer Considering Pile Shaft Resistance (kN/m²)

Construction Method	Soil Condition	
	Gravel, Sand	Mud
Driven	2N (≦100)	C or 10N (≦150)
Inner excavation	2N (≦100)	0.8C or 8N (≦100)
Pre-boring	5N (≦150)	C or 10N (≦150)
Cast-in-situ	5N (≦200)	C or 10N (≦150)

The axial allowable bearing capacity of a single pile shall be obtained from following formula.

၈.၂ Concrete Pile နှင့် ကြိုတင်အားဖြည့် ခံနိုင်ရည်အားဖြင့် Concrete Pile (PHC pile) များ၏ Bearing Capacity

၈.၂.၁ Allowable Bearing Capacity အားတွက်ချက်ခြင်း

Pile structure အတွက် Allowable bearing capacity ကို အောက်ပါပုံသေနည်းဖြင့် တွက်ချက်သည်။

$$P_a = f_c \times A \times (1 - \kappa - \lambda)$$

P_a : Pile Bearing Capacity (N/mm²)

f_c : Allowable Compressive Strength (Pre-stress Force should be subtracted) Table 8.2-1

A : Cross Section (mm²)

κ : Reduction Coefficient for Pile Connection (0.05 for each)

λ : Reduction Coefficient for Slenderness Ratio

$$\lambda = (L/d - n)/100 (\geq 0)$$

L : Pile length

D : Pile Diameter

n : Cast in Site 60, RC 70, PC 80, Steel 100

Table 8.2-1 Allowable Compressive Strength (f_c)

		Cast in Situ			Pre-Cast	
					RC	PHC
Designed Strength		24	27	30	40	80
Compressive Strength	Bearing	8.0	9.0	10.0	13.5	27.0
	Axial	6.5	7.5	8.5	11.5	23.0
Shear Stress		0.23	0.24	0.24	0.36	0.86

၈.၂.၂ Cast-in-situ နှင့် PHC pile ၏ နှိုင်းယှဉ်ချက် (Comparison of Cast-in-situ and PHC Pile)

(၁) Bearing Capacity

တူညီသော အချင်း (၆၀၀ မီလီမီတာ) ၊ တူညီသော (အရှည် ၂၈ မီတာ) ရှိသည့် cast-in-situ pile နှင့် PHC pile တို့၏ allowable bearing capacity တွက်ချက်ခြင်း

၁) **Cast-in-situ Concrete Pile အတွက် Bearing Capacity တွက်ချက်ခြင်း**

Diameter: 600mm, Length: 28 m, Design Strength 24 N/mm²

$$P_a = f_c \times A \times (1 - \kappa - \lambda)$$

$$f_c = 6.5 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \pi (600^2 / 4) = 282,600 \text{ mm}^2$$

$$\lambda = (28000/600 - 60) / 100 = -0.13 \Rightarrow \lambda = 0$$

$$P_a = 6.5 \times 282,600 \times (1 - 0 - 0) = 1,836,900 \text{ N}$$

၂) **PHC pile အတွက် Bearing Capacity တွက်ချက်ခြင်း**

Pre-stress 4N /mm², Diameter: 600mm, Concrete Thickness: 90mm, Length: 28 m

$$P_a = f_c \times A \times (1 - \kappa - \lambda)$$

$$f_c = 23 - 4 = 19 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \pi (600^2 - 420^2) / 4 = 144,126 \text{ mm}^2$$

$$K = 0.05 \times 2 = 0.1$$

$$\lambda = (28000/450 - 80) / 100 = -0.18 \Rightarrow \lambda = 0$$

$$P_a = 19 \times 144,126 \times (1 - 0.1 - 0) = 2,462,555 \text{ N}$$

Diameter တူသော အခြေအနေတွင် PHC pile ၏ bearing capacity သည် cast-in-situ pile ၏ bearing capacity ထက် ပို၍ ကြီးကြောင်းတွေ့ရသည်။

(၂) **Bending Capacity**

Cast-in-situ pile နှင့် PHC pile တို့တွင် bending moment ကြောင့်ဖြစ်သော stress ကို အောက်ပါ အတိုင်း တွက်ချက်ရမည်။ PHC pile တွင် concrete ၏ tension stress ကို ကြိုတင်အားဖြည့်ထားခြင်း (prestress လုပ်ထားခြင်း) ကြောင့် လျော့ချထားသည်။

Cast in Situ (Concrete)	PHC pile
$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$	Compressive Side $\sigma_c = \sigma_{ce} + \frac{M}{Z_e} + \frac{N}{A_e} \leq \sigma_{ca1}$
	Tension Side $\sigma_c' = \sigma_{ce} - \frac{M}{Z_e} + \frac{N}{A_e} \geq \sigma_{ta}$
	σ_{ce} = Prestress (N/mm ²), Z_e = Module of Section
Figure 8.2-1 Comparison of Cast-in-situ and PHC	

၈.၃ Pile နှင့် Footing တွဲဆက်ခြင်း (Pile and Footing Connection)

၈.၃.၁ Structural Details of Cast-in-place Piles

မြှုပ်ဝင်နေရမည့် (Anchor) အရှည်သည် Footing ၏ အောက်ဘက် ပင်မအားဖြည့်သံချောင်း၏ အလယ်ဗဟိုမှနေ $L_0 + 10 d$ (d = အားဖြည့်သံချောင်းအချင်း) ဖြစ်ရမည်။ Footing ထဲသို့ pile

$$L_0 = \frac{\sigma_{sa} A_{st}}{\tau_{oa} U}$$

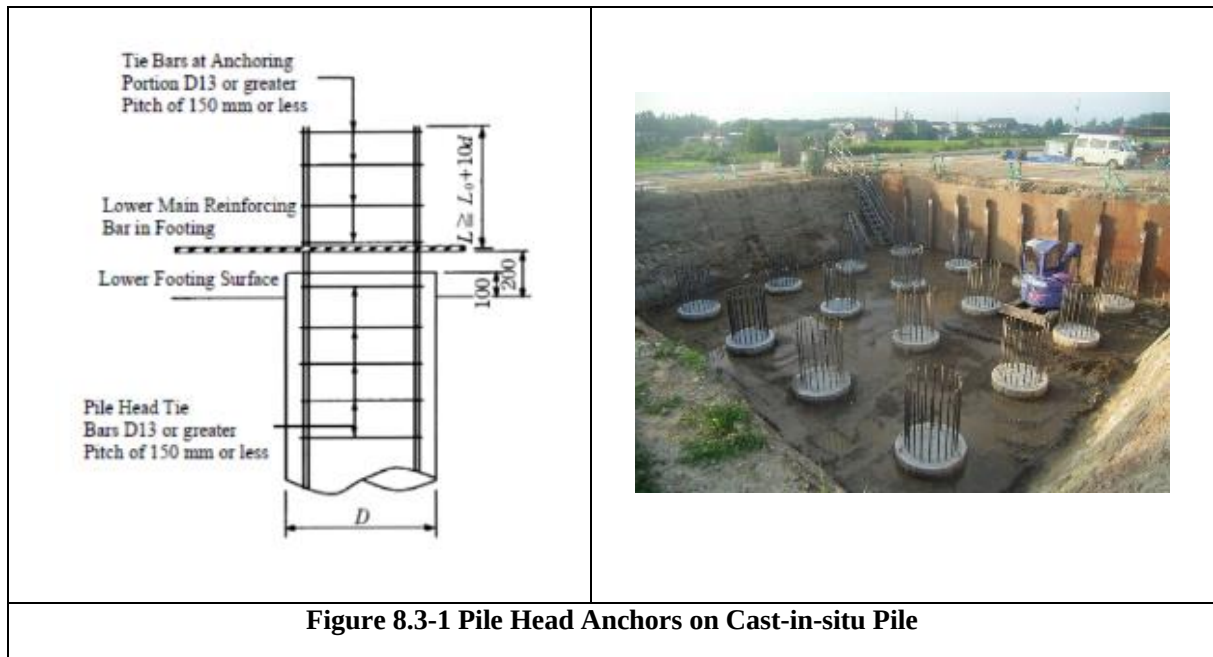
နစ်မြှုပ်နေရမည့် အရှည်သည် ၁၀၀ မီလီမီတာနှင့် အထက်ဖြစ်ရမည်။

အားဖြည့်သံချောင်းများနှင့် ကွန်ကရစ်ကြား တွဲဆက်မှုသည် seismic cyclic loads ၏ သက်ရောက်မှုကြောင့် လျော့ကျလာပြီး မြှုပ်ရမည့် အားဖြည့်သံချောင်းများ၏ အချို့အစိတ်အပိုင်းများသည် ထိရောက်မှုမရှိ ဖြစ်လာနိုင်သည်။ မြှုပ်ရထိုင်ရမည့်အရှည် (anchor length) $10d$ ကို ခွင့်ပြုသည့် ပမာဏတစ်ခု ထပ်ပေါင်း၍ ဒီဇိုင်းလုပ်ကြသည်။

Workability ရှုထောင့်မှ ကြည့်ပါက ကွန်ကရစ် cover ၂၀၀ မီလီမီတာ ထားရှိရန် လိုအပ်သည်။ သံချောင်း၏ မြှုပ်ရမည့် အရှည်ကို အောက်ပါအတိုင်း တွက်ချက်နိုင်သည်။

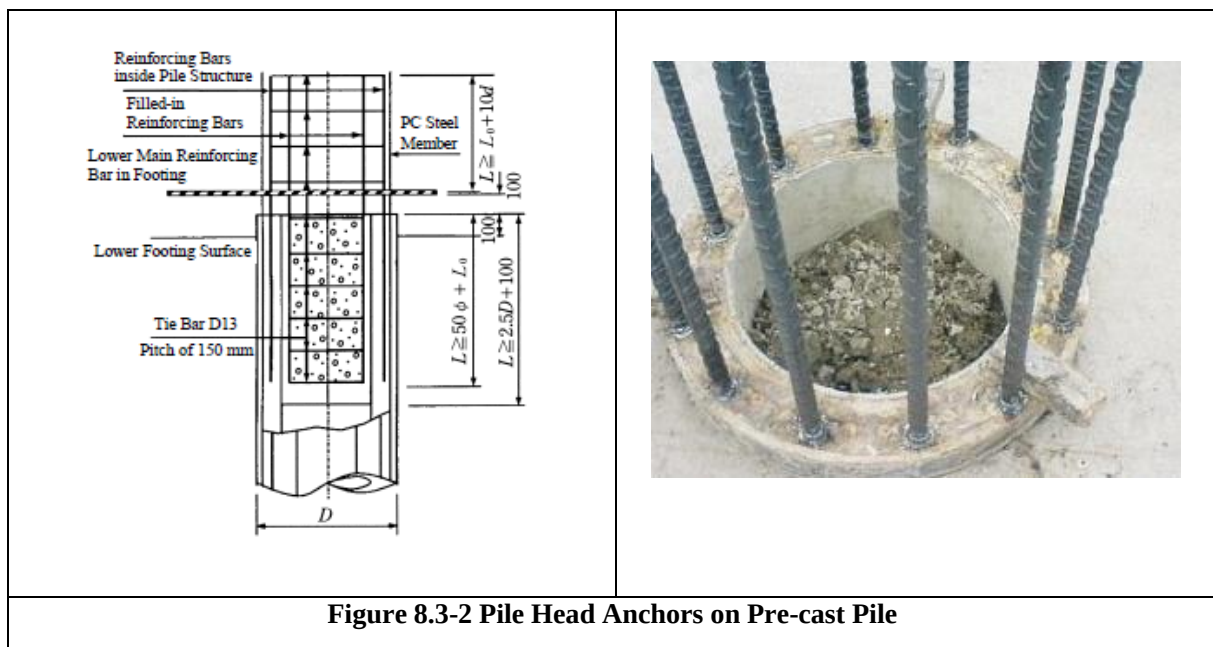
- L_0 : necessary anchoring length of bars (mm)
- A_{st} : cross-sectional area of bars (mm²)
- τ_{oa} : allowable bond stress of concrete (N/mm²)
- U : perimeter of bars (mm)
- σ_{sa} : allowable tensile stress of bars (N/mm²)
- d : Bar diameter (mm)

In general, $L_0 \geq 35 d$ may be taken.



၈.၃.၂ ကြိုတင်သွန်းလောင်းသည့် Piles များ၏ Structural Details

Pile head ကို ဖြတ်လိုက်သည့်အခါ anchoring length ၏ အရှည်သည် $50 f$ (f သည် PC steel member ၏ အချင်းဖြစ်သည်) ဖြင့် တိုးလာသည်။ Pile ကို သံကူကွန်ကရစ် အစိတ်အပိုင်းအဖြစ် လေ့လာသုံးသပ်ရမည်။



၈.၄ Liquefaction Analysis

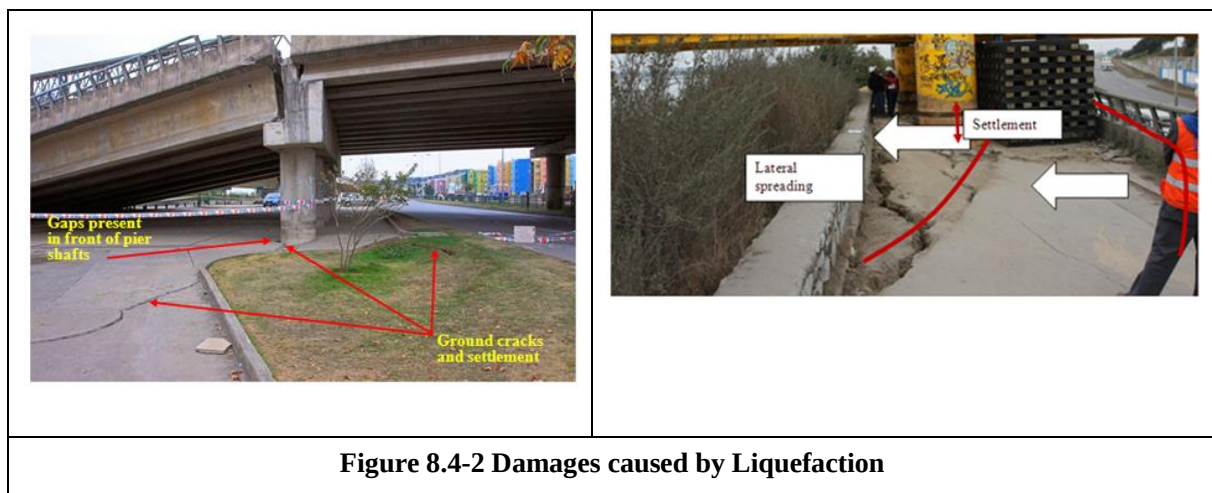
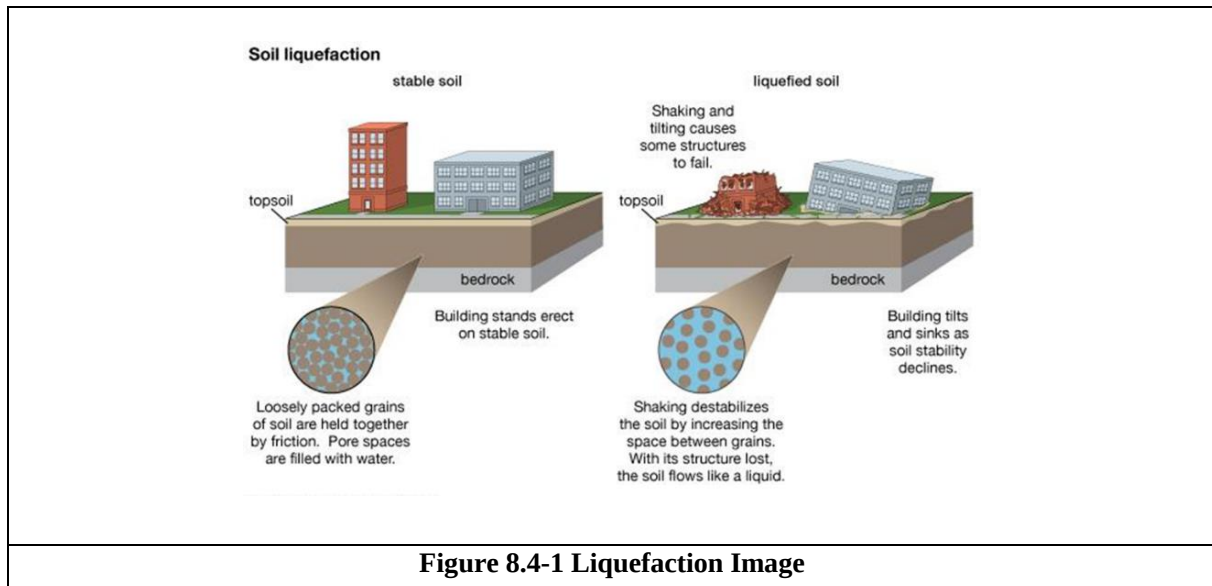
- ၁) ဖြစ်နိုင်ချေရှိသော Liquefaction အလွှာကို ခွဲခြားသတ်မှတ်ရမည်။
- ၂) Liquefaction (ခုခံသည့် အားများ) ဖြစ်စေသည့် shear stress ကို တွက်ချက်ရမည်။
Liquefaction ဖြစ်နိုင်ချေရှိသော အလွှာ (ဥပမာ-သေးငယ်သည့် အမှုန်များပါဝင်မှု၊ normalized standardized blow count) ၏ လက္ခဏာရပ်များအပေါ်အခြေခံပြီး အထက်တွင် ကိုးကားထားသည့် U.S. EPA လမ်းညွှန် ချက်များတွင် ပါဝင်သော graphical နည်းလမ်းများကို အသုံးပြုပြီး critical(cyclic) stress ratio (CSRL) ကို သတ်မှတ်နိုင်သည်။
- ၃) ငလျင် (ဒီဇိုင်းတွင်ထည့်သွင်းစဉ်းစားထားသည့်) ကြောင့် Critical zone အား သက်ရောက်မှု (ဖြစ်စေသည့် အား) ကို တွက်ချက်ရမည်။
- ၄) Liquefaction အတွက် factor of safety ကို တွက်ချက်ရမည်။

$$FSL = \frac{CSR_{L(M-M)}}{CSREQ}$$

- FSL : Factor of safety against liquefaction,
- $CSR_{L(M-M)}$: Shear stress ratio required to cause liquefaction
- CSREQ : Equivalent uniform cyclic stress ratio.

Table 8.4-1 Geographical Ground Conditions in Terms of Probability of Occurrence of Liquefaction

Probability	Geographical Ground Conditions
(A) High	Active riverbeds, Dry Riverbeds, Areas Filled or Reclaimed at Coastal Areas, Lakes, Marshes and Rice Paddies
(B) Moderate	Alluvial Lowlands and Tablelands with Shallow Ground Water Tables
(C) Low	Plateaus, Hills, and Mountainous Lands



၈.၅ မြေသားသိပ်သည်းလာခြင်းကြောင့် ဖြစ်သည့် နစ်ဝင်မှု (Consolidation Settlement)

မြေသား၏ ထုထည်ပြောင်းလဲမှုကြောင့်ဖြစ်သည့် နစ်ဝင်မှု၊ ကျုံ့ဝင်မှုကို အောက်ပါပုံသေနည်းဖြင့် တွက်ချက်နိုင်သည်။

$$S = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left(\frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$$

S: Ultimate primary consolidation settlement

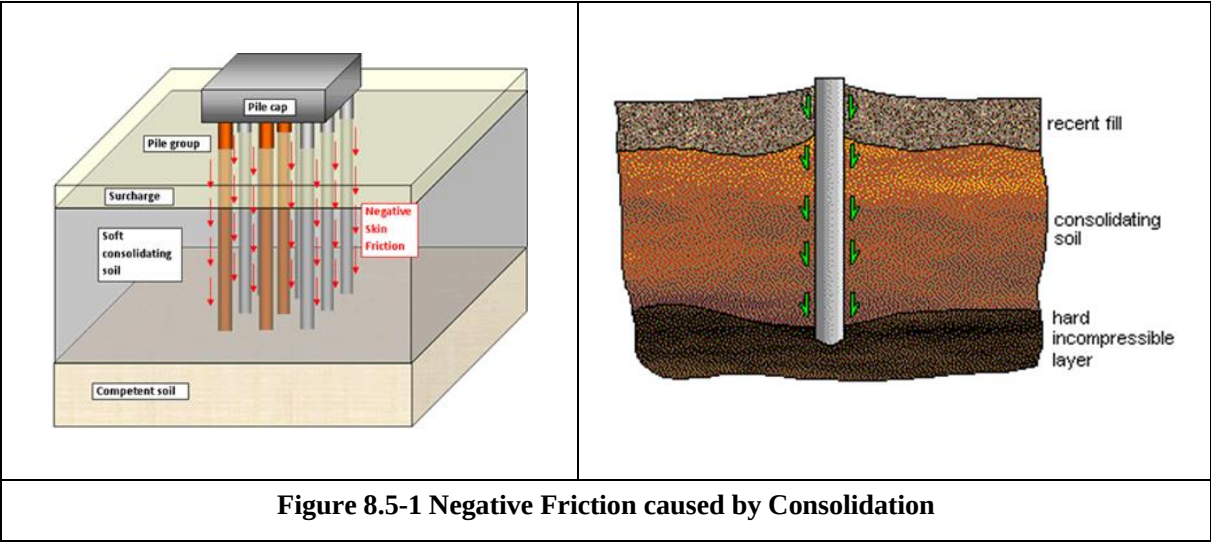
C_c: Consolidation index

H: Saturated clay soil layer of thickness

P_o: Existing overburden pressure

P: Increase in pressure

e_o: Initial void ratio

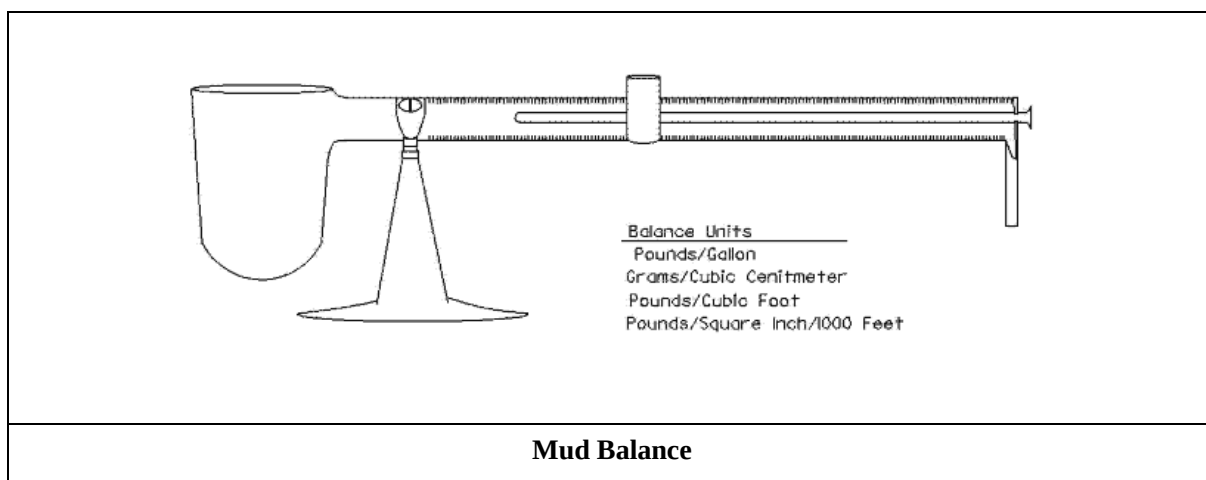


Appendices

Appendix 1 - Specific Gravity Test

(i) APPARATUS

1. Mud Balance, or any instrument of sufficient accuracy to permit measurement within ± 0.01 g/cc; however, the mud balance is the instrument generally used.
2. The mud balance consists of a mud cup attached to one end of a beam, which is balanced on the other end by a fixed counterweight and a rider free to move along a graduated scale.
3. A level bubble is mounted on the beam.
4. Attachments for extending the range of the balance may be used.



(ii) PROCEDURE

Set up the instrument base approximately level.

1. Fill the clean, dry cup with slurry to be tested. Place the cap on the cup and rotate until firmly seated. Make sure some of the slurry is expelled through the hole in the cap to free trapped air or gas.
2. Wash or wipe the excess slurry from the outside of the cup.
3. Place the beam on the support and balance it by moving the rider along the graduated scale. The beam is horizontal when the leveling bubble is on the center line.
4. Read the density at the side of the rider toward the knife-edge. Make appropriate corrections when a range extender is used.
5. Clean and dry the instrument thoroughly after each use.

(iii) CALCULATIONS

Convert the density to other units using the following relationships:

Specific gravity = read directly off balance.

Specific gravity (p) in lb./ft.³ (kg/m³) = (specific gravity (p) in g/cc) (1000) (62.4).

Specific gravity (p) in lb./gal. (kg/L) = (specific gravity (p) in g/cc) (70.0) (8.35).

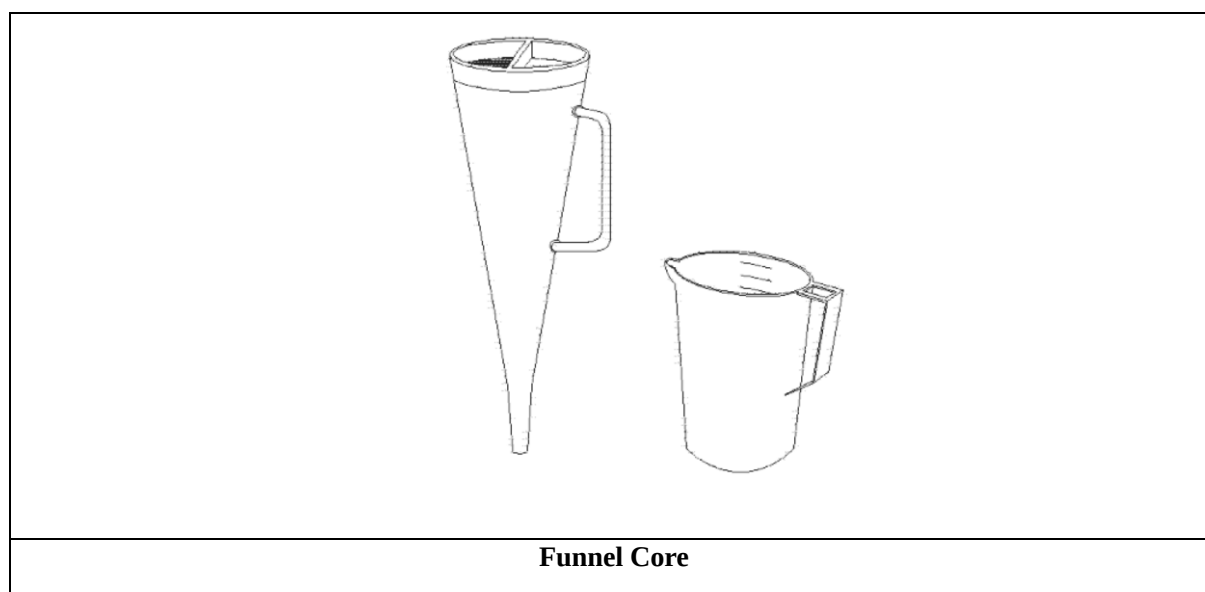
Appendix 2 - Viscosity Test

(i) APPARATUS

1. Graduated cup, 1 L (1 qt.)
2. Stopwatch.
3. Marsh Funnel, calibrated to outflow 1 qt. of fresh water at a temperature of $70 \pm 5^\circ\text{F}$ ($21 \pm 3^\circ\text{C}$) in 26 ± 0.5 seconds.

Item	Measurement	Requirement
Funnel Core	Length	12.0 in (305 mm)
	Diameter	6.0 in (152 mm)
	Capacity to Bottom of Screen	1500 cc
Orifice ¹	Length	2.0 in (50.8 mm)
	Inside Diameter	3/16 in (4.7 mm)
	Screen	No. 12 (1.70 mm)

1. Orifice fixed at a level $\frac{3}{4}$ in (19.0 mm) below top of funnel.



(ii) PROCEDURE

1. Cover the funnel orifice with a finger and pour freshly sampled drilling fluid through the screen into the clean, upright funnel. Fill until fluid reaches the bottom of the screen.
2. Remove finger and start stopwatch. Measure the time for the mud to fill to the 1 qt. (946 cm³) mark on the cup.
3. Report the time to nearest second as Marsh funnel viscosity.

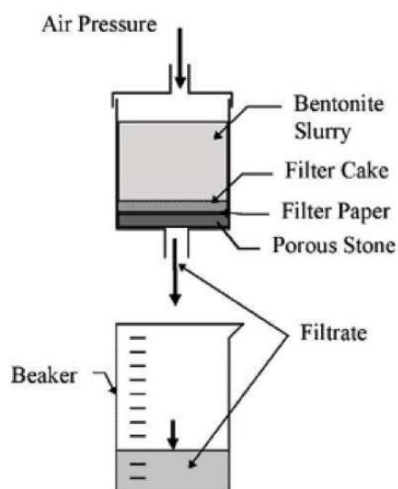
Appendix 3 - Filtering Water Test

(i) APPARATUS

1. 75mm cylinder
2. Filter cake, Filter paper
3. Porous stone
4. Beaker

(ii) PROCEDURE

1. The test is performed in a 75 mm cylinder, approximately 60 mm in height.
2. A porous stone is placed at the base of the cylinder, with a thin filter paper placed over it, and together they represent the porous formation.
3. A predetermined ratio of bentonite and water is mixed into slurry (typically 6 % slurry) and poured into the cylinder. The cylinder is then pressurized approximately 700 Pa. As water (filtrate) drains from the bottom of the cylinder, a filter cake forms on the filter paper, retarding the flow of filtrate.
4. Filtrate is allowed to flow for the first 7.5 minutes of the test, at which time the flow is collected for the next 30 minutes.
5. The volume collected or total fluid loss in 30 minutes is measured and reported in milliliters (ml).
6. A lower amount of filtrate collected indicates the bentonite is more effective at sealing and therefore less permeable.



APPARATUS

Appendix 4 - Checking List for Cast-in-place Pile Method

(1) All Casing Method

BF 01

Procedure	Point to be checked	Comment
Preparation for excavation	Casing tube length Casing tube shape Cutting edge diameter Hammer grab size Hammer grab	
Machinery placement	Placement of pile center Placement condition Placement plan	
Excavation	Place and inclination of casing tube Connection of casing tube Depth and embedment of casing tube Height of hole inner water	
Support layer	Conformation of support layer Excavation depth	
Reinforcement work	Conformation of rebar quality Rebar cage deterioration Conformation of designed rebar cage Support material and fixing material Rebar cage shape Pile head cover Inclination during placement Connection strength	
Bottom processing	Processed appropriately Conformed by measurement	
Concrete work	Tremie length Tremie connection Preparation of concrete canting Concrete quality Casting continuously Top of tremie Depth of tremie into concrete Quantity of concrete Height of completion	

(2) Reverse Circulation Method

BF 02

Procedure	Point to be checked	Comment
Preparation for excavation	Size and place of tank Stand pile diameter and length Machinery and bit	
Machinery placement	Placement of pile center Inclination of stand pipe	
Excavation	Prevention of hole wall collapse Stabilization of Kelly-bar Inclination	
Support layer	Conformation of support layer Excavation depth	
Reinforcement work	Conformation of rebar quality Rebar cage deterioration Conformation of designed rebar cage Support material and fixing material Rebar cage shape Pile head cover Inclination during placement Connection strength	
Bottom processing	Processed appropriately Conformed by measurement	
Concrete work	Tremie length Tremie connection Preparation of concrete canting Concrete quality Casting continuously Top of tremie Depth of tremie into concrete Quantity of concrete Height of completion	

(3) Earth Drilling Method

BF 03

Procedure	Point to be checked	Comment
Preparation for excavation	Slurry preparation (Bentonite) Casing length Machinery, bucket size	
Machinery placement	Placement of pile center Placement condition Casing inclination	
Excavation	Prevention of hole wall collapse Stabilization of Kelly-bar Inclination	
Support layer	Conformation of support layer Excavation depth	
Reinforcement work	Conformation of rebar quality Rebar cage deterioration Conformation of designed rebar cage Support material and fixing material Rebar cage shape Pile head cover Inclination during placement Connection strength	
Bottom processing	Processed appropriately Conformed by measurement	
Concrete work	Tremie length Tremie connection Preparation of concrete canting Concrete quality Casting continuously Top of tremie Depth of tremie into concrete Quantity of concrete Height of completion	

Site manager	
--------------	--

All Casing Method Check Sheet

Project name	
--------------	--

Pier No	Pile No	Method	Diameter(m)	Date	Inspector Name

	Design	Construction	Difference
Excavation Depth(m)	m	m	m
Pile length(m)	m	m	m
Top of Rebar	TP- m	TP- m	m
Top of concrete	TP- m	TP- m	m
Quantity of concrete	m ³	m ³	m ³

Check Item		Result	
		Result	Criteria
Pile Position	1.Pile center position		< 100 mm
	2.Inclination		<1/100
	3.Offset point		>4
Machinery	4.Earth strength		>0.1-0.2 N/mm ²
	5.Position		Planning
	6.Hammer grab		< Casing diameter-40-90 mm
Casing	7.Casing size (diameter, length)		Meet diameter
	8.Casing outer blame		< 10 – 15 mm
	9.Casing position		< 100 mm (Center) <1/100(Inclination)
Excavation	10.Time		
	11. Support layer depth		Compare with design
	12.Excavation depth		Compare with design Measure at least 4 points
	13.Embedment to support layer		>1.5 D
Primary bottom processing	14. Measuring deposition	Before	
		After	
Reinforcement work	15. Rebar cage length		>Design length
	16.Rebar cage	Size	Compare Design
		Number	

		Alignment		
		Spacer		
		Support		
	17.Inclination during placement			< 1/100
	18.Preparation for pile head treatment			Design
Secondary bottom processing	19.Measuring deposition		Before	
			After	
Concrete quality	20.W/C			<55%
	21.Slump			180-210mm
	22.Strength			30N/mm ²
	23.Air content			4,5%±1.5%
	24.Chloride content			0.3kg/m ³
Concrete work	25.Tremie length			Buried to concrete more than 2m
	26.Time duration			
	27.Quantity of concrete			
	28.Excess concrete			About 0.8 – 1.0 m

Site manager	
--------------	--

BF 05

Reverse Circulation Drill Method Check Sheet

Project name	
--------------	--

Pier No	Pile No	Method	Diameter(m)	Date	Inspector Name

	Design	Construction	Difference
Excavation Depth(m)	m	m	m
Pile length(m)	m	m	m
Top of Rebar	TP- m	TP- m	m
Top of concrete	TP- m	TP- m	m
Quantity of concrete	m ³	m ³	m ³

Check Item		Result	
		Result	Criteria
Pile Position	1.Pile center position		< 100 mm
	2.Inclination		<1/100
	3.Offset point		>4
Machinery	4.Earth strength		>0.1-0.2 N/mm ²
	5.Position		Planning
	6.Bit		Adequate for diameter, Soil condition
Stand pipe	7.Diameter		>larger than designed diameter by 150-200mm
	8.Length		< Buried to mad by 0.5m
	9. Position		< 100 mm (Center) <1/100(Inclination)
Excavation	10.Time		Compare with test pile
	11.Drilling torque		Compare with test pile
	12.Drilling Integrating galvanometer		Compare with test pile
	13. Support layer depth		Compare with design
	14.Excavation depth		Compare with design Measure at least 4point
	15.Embedment to support layer		>1.5 D
Bentonite quality	16. Viscosity		Adequate to soil condition 4 times by one pile construction
	17.Specific gravity		Adequate to soil condition 4 times by one pile construction
Primary bottom processing	18. Measuring deposition	Before	
		After	

Reinforcement work	19. Rebar cage length			>Design length
	20.Rebar cage	Size		Compare Design
		Number		
		Alignment		
		Spacer		
		Support		
	21.Inclination during placement			< 1/100
	22.Preparation for pile head treatment			Design
Secondary bottom processing	23.Measuring deposition		Before	
			After	
Concrete quality	24.W/C			<55%
	25.Slump			180-210mm
	26.Strength			30N/mm ²
	27.Air content			4,5%±1.5%
	28.Chloride content			0.3kg/m ³
Concrete work	29.Tremie length			Buried to concrete more than 2m
	30.Time duration			
	31.Quantity of concrete			
	32.Excess concrete			About 0.8 – 1.0 m

Site manager	
--------------	--

BF 06

Earth Drilling Method Check Sheet

Project name	
--------------	--

Pier No	Pile No	Method	Diameter(m)	Date	Inspector Name

	Design	Construction	Difference
Excavation Depth(m)	m	m	m
Pile length(m)	m	m	m
Top of Rebar	TP- m	TP- m	m
Top of concrete	TP- m	TP- m	m
Quantity of concrete	m ³	m ³	m ³

Check Item		Result	
		Result	Criteria
Pile Position	1.Pile center position		< 100 mm
	2.Inclination		<1/100
	3.Offset point		>4
Machinery	4.Earth strength		>0.1-0.2 N/mm ²
	5.Position		Planning
	6.Bit		Adequate for diameter, Soil condition
Stand pipe	7.Diameter		>larger than designed diameter by 150-200mm
	8.Length		< Buried to mad by 0.5m
	9. Position		< 100 mm (Center) <1/100(Inclination)
Excavation	10.Time		Compare with test pile
	11.Drilling torque		Compare with test pile
	12.Drilling Integrating galvanometer		Compare with test pile
	13. Support layer depth		Compare with design
	14.Excavation depth		Compare with design Measure at least 4point
	15.Embedment to support layer		>1.5 D
Bentonite quality	16. Viscosity		Adequate to soil condition 4 times by one pile construction
	17.Specific gravity		Adequate to soil condition 4 times by one pile construction
Primary bottom processing	18. Measuring deposition	Before	
		After	
	19.Waiting time after excavation		20-30 minutes

Reinforcement work	20. Rebar cage length			>Design length
	21.Rebar cage	Size		Compare Design
		Number		
		Alignment		
		Spacer		
		Support		
	22.Inclination during placement			< 1/100
	23.Preparation for pile head treatment			Design
Secondary bottom processing	24.Measuring deposition		Before	
			After	
Concrete quality	25.W/C			<55%
	26.Slump			180-210mm
	27.Strength			30N/mm ²
	28.Air content			4,5%±1.5%
	29.Chloride content			0.3kg/m ³
Concrete work	30.Tremie length			Buried to concrete more than 2m
	31.Time duration			
	32.Quantity of concrete			
	33.Excess concrete			About 0.8 – 1.0 m

Appendix 5 - Checking List for Pre-cast Pile

(1) Checking List for Pile Driving Method

BF 07

Procedure	Point to be checked	Comment
General	Confirmation of check point for construction at the meeting Design drawing Survey for construction Construction plan Negotiation with related organization Understanding the point for construction report License Safety manual Specification of machinery Position of machinery and material Organization emergency	
Preparation	Access road to the site Access road on the site Geotechnical condition for each machinery position Examination machinery Land Survey Capacity if electrical facilities Schedule of order for material	
Obstacle	Position of obstacles	
Transportation Storage	Management of transportation and handling Storage condition Storage place	
Pile quality	Shape, Size Quality, Quantity Appearance	
Pile Placement	Position of pile center Capacity of machine for positioning pile Method of positioning Length of leader Verticality	

Procedure	Point to be checked	Comment
Driving	Procedure Hammer size Inclination Driving stop position Deformation of placed pile Deformation of driving pile Accuracy Reporting construction record	
Welding	Connection of each pile Technical level of welding operator (License) Cleaning and drying before welding Dislocation between each connected pile Welding machine Management of welding condition Tackling Time duration Appearance	
Pile head treatment	Pile head elevation Holder size, position Reinforcement size, shape, specification Concrete specification Concrete compaction	
Safety, Surrounding Environment	Isolation of construction area Stability of crane and pile driving machine Safety procedure for electrical facilities Fall prevention Prevention of vibration and noise Safety procedure for neighbors	
Other		

Site manager	
--------------	--

BF 08

Pile driving Method Check Sheet

Project name	
--------------	--

Pier No	Pile No	Method	Diameter(m)	Date	Inspector Name

	Design	Construction	Difference
Driven Depth(m)	m	m	m
Pile length(m)	m	m	m
Top of pile	TP- m	TP- m	m

Check Item		Result	
		Result	Criteria
Pile Position	1.Pile center position		< 100 mm
	2.Inclination		<1/100
	3.Offset point		>4
Machinery	4.Earth strength		>0.1-0.2 N/mm ²
	5.Position		Planning
	6.Pie driver, Hammer		Adequate for diameter, Soil condition, Surrounding environment
	7.Follower		Item: Diameter, Stiffness, Length, Strength, Surface
	8.Cap and cushion		Strong enough for pile top protection
Driving	8.Holding position		Around 2m from top
	9.Time		Compare with test pile
	10.Driven depth by one driving		Compare with test pile
Finishing Support layer conformation	11. Rebound measurement		Each pile
	12.Dynamic bearing capacity		Compare with design

Appendix 6 - Checking List for Pre-boring Method

BF 09

(1) Checking list for Pre-Boring Method

Procedure	Point to be checked	Comment
General	Confirmation of check point for construction at the meeting Design drawing Survey for construction Construction plan Negotiation with related organization Understanding the point for construction report License Safety manual Specification of machinery Position of machinery and material Organization emergency	
Preparation	Access road to the site Access road on the site Geotechnical condition for each machinery position Examination machinery Land Survey Capacity if electrical facilities Schedule of order for material	
Obstacle	Position of obstacles	
Transportation Storage	Management of transportation and handling Storage condition Storage place	
Pile quality	Shape, Size Quality, Quantity Appearance	
Excavation	Position of pile center Position of bit Inclination of excavation rod Discharge slurry from top point of bit Excavation speed Excavation depth Reaching support layer	

Procedure	Point to be checked	Comment
Foot protection	Depth Quantity of injection	
Pulling up rod	Changing chemical liquid from foot protection to Pile Periphery Fixing Pulling up speed Quantity of chemical Mixing design	
Welding	Connection of each pile Technical level of welding operator (License) Cleaning and drying before welding Dislocation between each connected pile Welding machine Management of welding condition Tackling Time duration Appearance	
Pile head treatment	Pile head elevation Holder size, position Reinforcement size, shape, specification Concrete specification Concrete compaction	
Safety, Surrounding Environment	Isolation of construction area Stability of crane and pile driving machine Safety procedure for electrical facilities Fall prevention Prevention of vibration and noise Safety procedure for neighbors	
Other		

Site manager	
--------------	--

BF 10

Pre-boring Method Check Sheet

Project name	
--------------	--

Pier No	Pile No	Method	Diameter(m)	Date	Inspector Name

	Design	Construction	Difference
Pre-boring Depth(m)	m	m	m
Pile length(m)	m	m	m
Top of pile	TP- m	TP- m	m

Check Item		Result	
		Result	Criteria
Pile Position	1.Pile center position		< 100 mm
	2.Inclination		<1/100
	3.Offset point		>4
Machinery	4.Earth strength		>0.1-0.2 N/mm ²
	5.Position		Planning
	6.Pie driver, Auger, Stirring rod		Adequate for diameter, Soil condition, Surrounding environment
	7.Stirring diameter		Around 100 mm larger than pile diameter
Drilling	8.Speed		Soft soil 0.5-4m/min Hard mad, sand 0.5-3m/min Hard sand, Gravel 0.5-1m/min
	8.Holding position		Around 2m from top
	9.Accuracy		< D/4 or 100mm <1/100
	10.Drilling depth by one driving		Compare with test pile
	11. Support layer depth		Compare with design
	12. Drilling torque		Compare with test pile
	13. Drilling Integrating galvanometer		Compare with test pile
Foot protection and Pile periphery fixing	14.Quality		W/C 60-70 Foot protection $\delta 28 > 20\text{N/mm}^2$ Pile periphery fixing $\delta 28 > 0.5\text{N/mm}^2$
	15.Foot protection thickness		>3D
	16.Foot protection depth		Deeper than 1.5D from bottom of pile

Appendix 7 - Checking List for Steel Pipe Sheet Pile

Procedure	Point to be checked	Comment
General	① Confirmation of check point for construction at the meeting ② design drawing ③ Survey for construction ④ Construction plan ⑤ Negotiation with related organization ⑥ Understanding the point for construction report ⑦ License ⑧ Safety manual ⑨ Specification of machinery ⑩ Position of machinery and material ⑪ Organization emergency	
Preparation	① Access road to the site ② Access road on the site ③ Geotechnical condition for each machinery position ④ Examination machinery ⑤ Land Survey ⑥ Capacity if electrical facilities ⑦ Schedule of order for material	
Obstacle	Position of obstacles	
Transportation Storage	① Management of transportation and handling ② Storage condition ③ Storage place	
Pile quality	① Shape, Size ② Quality, Quantity ③ Appearance	
Guide Materials	① Position ② Size and shape ③ Stability	

Procedure	Point to be checked	Comment
Driving	① Procedure ② Hammer size ③ Inclination ④ Driving stop position ⑤ Deformation of placed pile ⑥ Deformation of driving pile ⑦ Accuracy ⑧ Reporting construction record	
Welding	① Connection of each pile ② Technical level of welding operator (License) ③ Cleaning and drying before welding ④ Dislocation between each connected pile ⑤ Welding machine ⑥ Management of welding condition ⑦ Tackling ⑧ Time duration ⑨ Appearance	
Inner concrete	① Excavation depth ② Cleaning inner pile ③ Mix design ④ Quantity ⑤ Top height of casting	
Joint	① Cleaning ② Mix design of mortar ③ Quantity ④ Casting depth and height ⑤ Quality of package	

Procedure	Point to be checked	Comment
Excavation and support	① Planning ② Excavation depth and water height ③ Support position ④ Inner concrete ⑤ Filling concrete ⑥ Pile Deformation ⑦ Leaking water from retaining pile wall ⑧ Surface of pile	
Basement concrete	① Mix design, strength, quantity ② Setting time ③ Crush stone cover ④ Casting depth ⑤ Floor heave	
Connection	① Planning ② Water leaking ③ Cleaning pile face ④ Ventilation	
Pile cap concrete	① Mix design, strength, quantity ② Casting ③ Reinforcement ④ Curing period	
Safety, Surrounding Environment	① Isolation of construction area ② Stability of crane and pile driving machine ③ Safety procedure for electrical facilities ④ Fall prevention ⑤ Prevention of vibration and noise ⑥ Safety procedure for neighbors	
Other		