Post-Tensioning

နည်းစနစ်အကြောင်း သိကောင်းစရာ

Aung Myo Min (YE-MES)

2016

Post-Tensioning နည်းစနစ်အကြောင်းသိကောင်းစရာ

မာတိကာ

၁။ အခြေခံသဘောတရား	၂
၂။ အားသာချက်များ	၃
၃။ အသုံးချခြင်းနှင့် အကျိုးကျေးဇူးများ	၄
၄။ အရေးကြီးတဲ့၊ သတိပြုရမယ့် အစိတ်အပိုင်းများ	၁၀
၅။ တပ်ဆင်၊ တည်ဆောက်ခြင်း	၁၁
၆။ ယနေ့ခေတ်အခြေအနေ	၁၅

Post-Tensioning နည်းစနစ်အကြောင်းသိကောင်းစရာ

Aung Myo Min (YE-MES)

2016, January

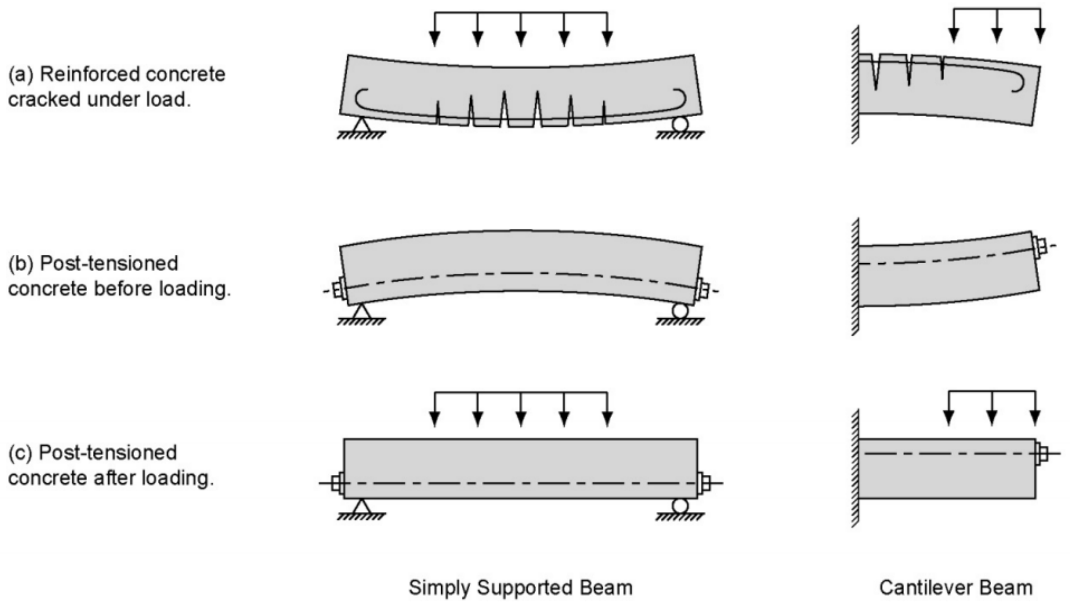
၁။ အခြေခံသဘောတရား

Post-tensioning ဆိုတာ 'Tendon' လို့ခေါ်တဲ့ ခံနိုင်အားမြင့် သံမဏိ post-tension ကြိုးလွန်းတွေသုံးပြီး ကွန်ကရစ်ကို အားကူဖြည့်ပေးတဲ့ နည်းပညာတစ်ခုပါပဲ။ ဒီ Post-tensioning နည်းပညာနဲ့ လူနေတိုက်ခန်းတွေ၊ ရုံးအဆောက်အဦးတွေ၊ အထပ်မြင့်ကားပါကင်တွေ၊ slab-on-ground တွေ၊ တံတားတွေ၊ အားကစားကွင်းကြီးတွေ၊ ကျောက်ဆောင်နံရံစွန်းတွေ၊ ဥမင်လိုဏ်တွေနဲ့ ရေလှောင်ကန်တွေ တည်ဆောက်တဲ့နေရာမှာ အသုံးပြုလို့ရပါတယ်။ ဗိသုကာပုံစံအရ လိုအပ်လို့ပဲဖြစ်ဖြစ်၊ လုပ်ငန်းခွင်အခြေအနေရဲ့ လုပ်လို့ရနိုင်တဲ့ အကန့်အသတ်တစ်ခုခုကြောင့်ဖြစ်ဖြစ် ပုံမှန်နည်းလမ်းနဲ့ တည်ဆောက်လို့ မရနိုင်တာတွေကိုလည်း Post-tensioning နည်းစနစ်နဲ့ ဆောက်လို့ရနိုင်ပါတယ်။

Post-tensioning နည်းစနစ်ကို အသုံးချဖို့အတွက် ပြည့်စုံလုံလောက်တဲ့ အသိပညာတွေနဲ့အတူ တပ်ဆင်နေရာချထားဖို့အတွက် ကျွမ်းကျင်မှု လိုအပ်လှပေမယ့် သူ့ရဲ့ အလုပ်လုပ်ပုံ စနစ်ကတော့ နားလည်ရန် လွယ်ကူပါတယ်။ သူရဲ့ စနစ်ကို မြင်သာအောင် ဥပမာပေးရရင် ထုတ်ခြင်းပေါက် ဖောက်ထားတဲ့ သစ်သားတုံးလေးတွေကို အတန်းလိုက်စီလိုက်၊ ပြီးရင် အပေါက်တွေထဲကို ရာဘာကြိုး (သားရေပင်) တစ်ချောင်း ထည့်ထားပြီး ကြိုးရဲ့ အစွန်းနှစ်ဘက်ကို ကိုင်ထားလိုက်မယ်ဆိုရင် သစ်သားတုံးလေးတွေက အောက်ဘက်ကို အိကျနေတာတွေ့ရမှာပါ။ Post-tensioning လုပ်တယ်ဆိုတဲ့ သဘောတရားကို သရုပ်ပြတော့မယ်ဆိုရင် စောစောက အပေါက်လေးတွေထဲက ထည့်ထားတဲ့ ရာဘာကြိုးတစ်ဖက်မှာ တစ်ခုခုချည်ပြီး ကြိုးပြန်ထွက်မလာအောင် ကလန့်ထားလိုက်မယ်၊ ပြီးရင် ကျန်တဲ့ တစ်ဘက်ကနေ ရာဘာကြိုးကို ဆွဲဆန့်လိုက်မယ်ဆိုရင် သစ်သားတုံးလေး တွေဟာ တစ်ခုနဲ့တစ်ခု တင်းတင်းကြပ်ကြပ်နဲ့ ပူးကပ်သွားတာတွေ့ရမှာပါ။ ပြီးရင် ဆွဲဆန့်ထားတဲ့ အစွန်းဘက် ကနေလည်း တစ်ခုခုနဲ့ ပြန်ကလန့်ထားလိုက်၊ ဒါဆိုရင် သစ်သားတုံးလေးတွေဟာ အတန်းလိုက်လေးဖြစ်ပြီး မြဲမြဲနေမှာပါ။ Post-tension tendon ကြိုးတွေဆိုတာလည်း ဒီသဘောပါပဲ။ Post-tension ကြိုးတွေကိုတော့ Hydraulics Jack နဲ့ ဆွဲရပါတယ်။ သူ့မှာလည်း ဆွဲပြီးသွားရင် ပြန်မရုန်းနိုင်အောင် ချုပ်ထားတဲ့ ခေါင်းလေးတွေ ကြိုးအဆုံးမှာ တပ်ထားရပါတယ်။

၂။ အားသာချက်များ

ကွန်ကရစ်အကြောင်းနည်းနည်းသိထားမယ်ဆိုရင် PT ရဲ့ ကောင်းကွက်၊ အားသာချက်တွေကို ပိုမို နားလည်နိုင်မှာပါ။ ကွန်ကရစ်ဆိုတာ ဖိအားခံနိုင်မှု (Compressive strength) ကို ကောင်းကောင်းခံနိုင်ပေမယ့်လို့ ဆွဲအားခံနိုင်မှု (Tension strength) မှာတော့ အတော်လေးကို အားနည်းပါတယ်။ ဒါကြောင့် ကွန်ကရစ်ကိုသာ အားတစ်ခုနဲ့ ဆွဲဆန့်ထုတ်မယ်ဆိုရင် အက်ကြောင်းတွေဖြစ်လာမှာပါ။ ကားပါကင်တွေလိုမျိုး ပုံမှန် အဆောက်အဦးမျိုးမှာဆို ကားရဲ့ ဝိတ်က အောက်က slab ပေါ်ကျမယ်၊ ပြီးရင် slab ကတစ်ဆင့် beam တွေပေါ်သက်ရောက်သွားမယ်။ သက်ရောက်အား ခံလိုက်ရတဲ့ beam ဟာ ကွေးကျ၊ ညွှတ်ကျ သွားဖို့ရှိတယ်။ အဲ့ဒီအခါမှာ beam ရဲ့အောက်ခြေက မသိမသာလေး ရှည်လာပြီး ဆန့်ထွက်သွားတယ်။ အနည်းငယ် မသိမသာလေးဖြစ်တဲ့ ရှည်ထွက်မှုလေးကတောင်မှ ကွန်ကရစ်အတွက်တော့ အက်ကြောင်းတွေ ဖြစ်သွားစေပါတယ်။ အဲ့ဒီအက်ကြောင်းတွေ မဖြစ်အောင်လို့ ကွန်ကရစ်ကို အားကူတဲ့အနေနဲ့ rebar လို့ခေါ်တဲ့ သံချောင်းတွေ ထည့်ရတာပါ။ Post-Tensioning က လည်း ဒီသဘောပါပဲ ကွန်ကရစ်အနေနဲ့ tension ကို မခံနိုင်တဲ့အတွက် PT နဲ့ အားကူထားတာပါ၊ PT ရဲ့ အားသာချက်ကတော့ full load အခြေအနေမှာတောင် crack နဲ့ deflection တို့ကို အနည်းဆုံးဖြစ်အောင် ဒီဇိုင်း လုပ်လို့ ရနိုင်တာပါ။



Advantage of Post-tensioned concrete

၃။ အသုံးချခြင်းနှင့် အကျိုးကျေးဇူးများ

PT ကို ဆောက်လုပ်ရေးလောကမှာ တံတား၊ အဆောက်အဦး၊ ဥမင်လိုဏ်တွေ၊ အထပ်မြင့် ကားပါတွေ စသဖြင့် နယ်ပယ်စုံ သုံးကြပါတယ်။

အဆောက်အဦးပိုင်းမှာဆိုရင် PT ကို သုံးရင် ခန်းဖွင့် အကျယ်ကြီး၊ အရှည်ကြီးလုပ်လို့ရတယ်၊ နောက်ပြီး ကြမ်းခင်း slab အထူကိုလည်း သာမန်ထက် ပိုပါးနိုင်တယ်၊ beam အရေအတွက်တွေ လျှော့ချနိုင်တယ်၊ beam ဆိုဒ်တွေ လျှော့ချနိုင်တယ် စတဲ့ အကျိုးကျေးဇူးတွေ ရှိပါတယ်။ ကြမ်းခင်း slab အထူ ပါးတော့၊ beam အရေအတွက်တွေ၊ ဆိုဒ်တွေ နည်းတော့ သာမန်ထက်စာရင် ကွန်ကရစ်သုံးရတာ ပိုနည်းသွားပါတယ်။ PT ကို သုံးပြီး flat slab ဒီဇိုင်းလည်း လုပ်လို့ရတော့ slab တွေမှာ beam လုံးဝ မပါတော့ပါဘူး၊ ဒီလို beam မပါတော့ဘူးဆိုတော့ အဆောက်အဦးရဲ့ floor to floor height လည်း ပိုများများ၊ ပိုမြင့်မြင့် ရပါတယ်။ နောက်ပြီး သုံးရတဲ့ rebar ဟာလည်း သာမန်ထက်စာရင် အဆပေါင်းများစွာ နည်းသွားပါတယ်။ အထပ်အရေအတွက်ချင်းတူရင် PT သုံးထားတဲ့ အဆောက်အဦးတစ်ခုဟာ သာမန်အဆောက်အဦးထက်စာရင် weight က သိသိသာသာ နည်းပါတယ်။ ဒီတော့ အဆောက်အဦးတစ်ခုလုံးရဲ့ load လည်း နည်းသွားပြီး foundation နဲ့ footing ဒီဇိုင်းလုပ်တဲ့နေရာမှာ load တွေ လျော့သွားစေပါတယ်။ foundation load လျှော့ချနိုင်ခြင်းက seismic area တွေမှာ အဓိက အားသာချက်တစ်ခု ဖြစ်စေပါတယ်။ တည်ဆောက်တဲ့ ကြာချိန်လည်း သာမန်ထက် ပိုမြန်ပါတယ်။

Bearing capacity နည်းတဲ့ expensive clay တွေ soil တွေ နေရာတွေမှာဆိုရင် PT slab -on-ground တွေနဲ့ mat foundation တွေကို အသုံးပြုခြင်းဟာ အက်ကြောင်းထခြင်း (cracking) နဲ့ အမျိုးမျိုးသော နိမ့်ကျခြင်း (differential settlement) စတဲ့ ပြဿနာတွေကို လျော့နည်းစေပါတယ်။

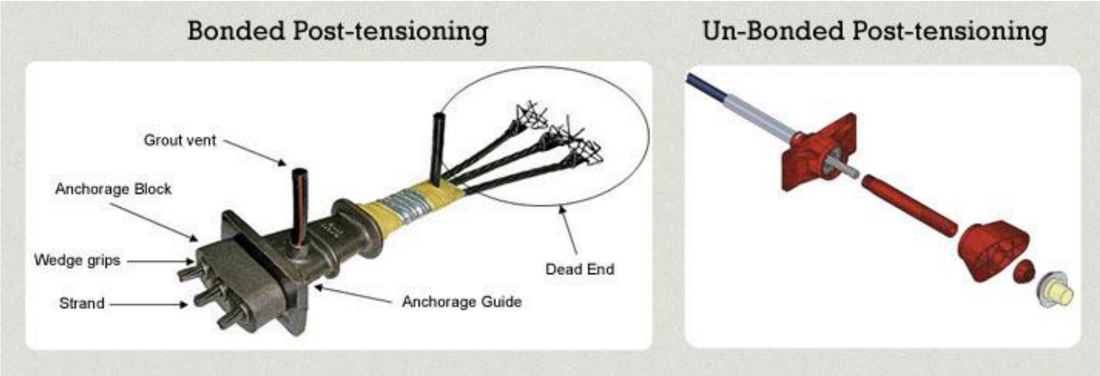
တံတားတည်ဆောက်ရေးတွေမှာဆိုရင်လည်း သာမန်အားဖြင့် တည်ဆောက်ဖို့ခက်တဲ့ အကွေ့အကောက်တွေ၊ အနိမ့်အမြင့်တွေပါလာတဲ့အခါ PT နည်းကို သုံးကြပါတယ်။ ဒါ့အပြင် တံတားတွေမှာ PT နည်းနဲ့ အလွန့်အလွန်ရှည်လားတဲ့ span တွေကိုတောင် ယာယီအောက်ခံဒေါက်တိုင် (temporary intermediate supports) တွေ မလိုဘဲနဲ့ တည်ဆောက်လို့ ရနိုင်ပါတယ်။ ဒီအချက်ကလည်း တံတားတည်ဆောက်ရေး လုပ်ငန်းခွင်ကြောင့် ရေလမ်းကြောင်းသွားလာမှုတွေ၊ ယာဉ်ကြော ပိတ်ဆို့မှုတွေ စတဲ့ ပတ်ဝန်းကျင်ကို အခက်အခဲဖြစ်စေမှုတွေကို လျော့ကျစေတဲ့ အဓိက အားသာချက်တစ်ခု ဖြစ်ပါတယ်။

အခြားနိုင်ငံတွေမှာ PT ကို ဆောက်လုပ်ရေး နယ်ပယ်စုံအသုံးချ၊ အသုံးများနေပေမယ့် မြန်မာနိုင်ငံ အနေနဲ့တော့ နည်းပါးသေးတယ် ပြောလို့ရပါတယ်။ PT ကိုအရင်ကဆို တံတားတည်ဆောက်ရေးတွေ လောက်သာ အသုံးပြုခဲ့ပါတယ်။ အခုတော့ မြန်မာနိုင်ငံမှာလည်း အဆောက်အဦးတချို့ကို PT သုံးပြီး တည်ဆောက်လာကြပါပြီ။

တံတားပိုင်းမှာ မသိရပေမယ့် အဆောက်အဦးပိုင်းမှာ အများစုကတော့ ထိုင်းနိုင်ငံက အင်ဂျင်နီယာတွေကြီးကြပ်ပြီး တာဝန်ယူ တည်ဆောက်ကြတာပါ။

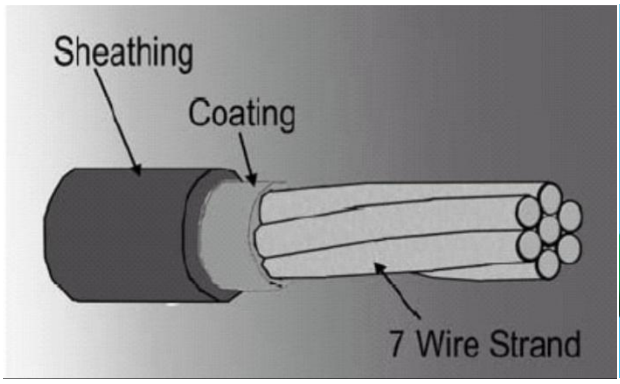
Box-Girder - Segmental Bridge (Post-Tensioning)

PT မှာ အဓိကအားဖြင့် PT ဆွဲပြီးရင် grouting ပြန်ထိုးတဲ့ Bonded နည်းနဲ့ Unbonded နည်းဆိုပြီး နှစ်မျိုးရှိပါတယ်။

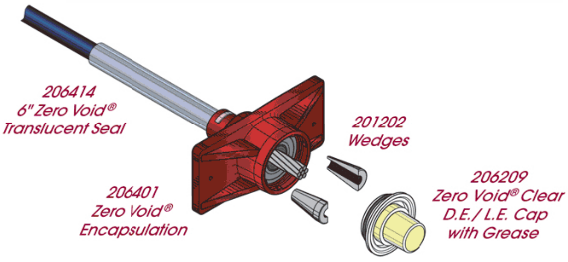


Bonded and Un-Bonded Post-tensioning system

Unbonded နည်းမှာတော့ PT ကြိုးတွေဟာ အစွန်းသတ်တွေကလွဲရင် ကွန်ကရစ်နဲ့ အမှန်တကယ် bonded ဖြစ်မသွားပါဘူး။ အသုံးအများဆုံး unbonded ပုံစံတွေကတော့ PT ကြိုးတွေကို တစ်ချောင်းချင်းစီထည့်တဲ့ ပုံစံ - monostrand (single strand) တွေပဲ ဖြစ်ပြီး အဆောက်အဦး၊ အထပ်မြင့်ကားပါကင်တွေနဲ့ slab-on-ground စတာတွေရဲ့ ကြမ်းခင်းတွေနဲ့ beam တွေမှာ သုံးကြပါတယ်။ PT ကြိုး monostrand tendon တစ်ချောင်းမှာ ကြိုးငယ် (၇) ချောင်းနဲ့ လွန်းကျစ်ထားပြီးတော့ သံချေးမတက်နိုင်အောင် coating လုပ်ထားပါတယ်။ အဲ့ဒီအပေါ်ကနေမှ အကာအကွယ်အနေနဲ့ plastic sheathing လုပ်ထားပါတယ်။ အဲ့ဒီ plastic sheathing ကြောင့်လည်း ကွန်ကရစ်နဲ့ အမှန်တကယ် bonding မဖြစ်သွားတာပါ။ PT ကြိုးရဲ့ ထိပ်စွန်း (anchorage) မှာတော့ သံထည်နဲ့လုပ်ထားတဲ့ PT ခေါင်း အိမ်လေး ရှိပါတယ်။ PT တစ်ကြိုးကို တစ်ခုပါ။ အဲ့ဒီအထဲမှာ PT ကြိုးတွေဆွဲတဲ့အခါ နောက်ပြန်မရုန်းနိုင်အောင် wedge လို့ ခေါ်တဲ့ ချုပ်ခေါင်းလေးတွေတပ်ထားရပါတယ်။ ချုပ်ခေါင်း (wedge) လေးတွေဟာ အခြမ်းလေးနှစ်ခြမ်းကို နှစ်ဖက်ကပ်လိုက်မှ ခေါင်းလေးဖြစ်သွားတဲ့ပုံစံပါ။ ဒါလေးတွေက PT ကြိုးတွေကို Hydraulic Jack နဲ့ ဆွဲဆန့်တဲ့အခါ Jack ဆွဲတဲ့ ဘက်ပဲ ပါလာပြီး ကြိုးကို နောက်ပြန်မရုန်းနိုင်အောင် ဆွဲထားခြင်းမျိုးပါ။



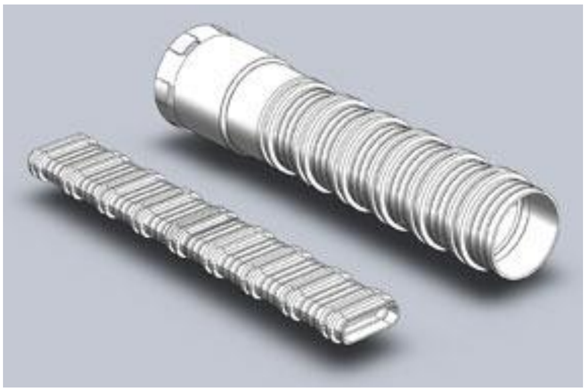
Unbonded Tendons



Unbonded Post-Tensioning

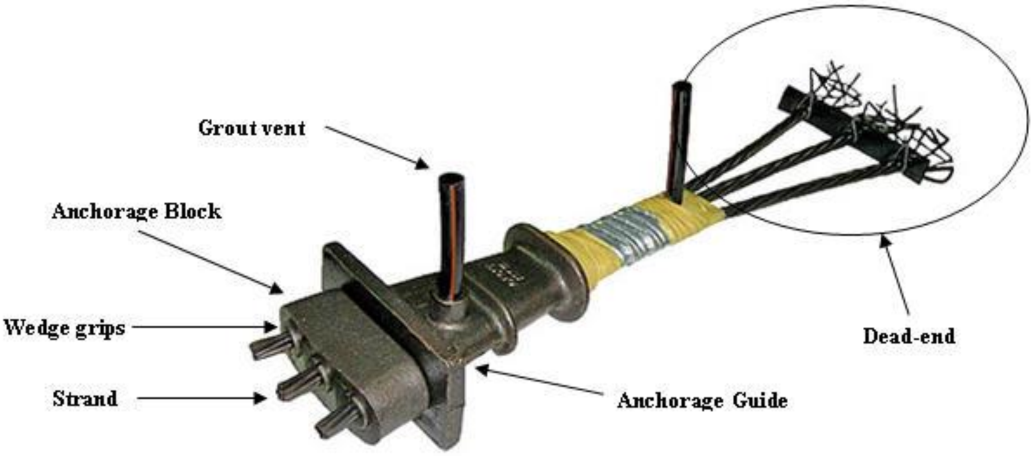
Iron Cast **Hydraulic Jack**

Bonded နည်းမှာတော့ duct လို့ခေါ်တဲ့ သတ္တု ဒါမှမဟုတ် ပလတ်စတစ် ပိုက်တွေထဲကို PT ကြိုး (၂) ချောင်းသို့မဟုတ် (၂) ချောင်းအထက် (design လိုအပ်ချက်အရ) ထည့်ပြီး ကွန်ကရစ်ထဲ မြှုပ်လောင်းလိုက်တဲ့ ပုံစံပါ။ သူ့ကိုလည်း Hydraulic Jack နဲ့ပဲ ဆွဲရတာပါ။ တခါတရံ လိုအပ်ချက်အရ ကြိုးအချောင်းတွေ အများကြီးတပြိုက်နက်တည်း ဆွဲလို့ရတဲ့ Multi-stand Jack တွေနဲ့လည်း ဆွဲပါတယ်။ သူ့မှာလည်း PT ကြိုးတွေရဲ့ထိပ်မှာ anchorage လို့ခေါ်တဲ့ ခေါင်းအိမ်လေးရှိပါတယ်။ ဒီအိမ်လေးမှာတော့ PT ကြိုး နှစ်ချောင်း၊ သုံးချောင်း စသည်ဖြင့် ပေါင်းထည့်ထားပါတယ်။ Unbonded နည်းနဲ့ မတူတာက bonded မှာ ကွန်ကရစ်လောင်းပြီး၊ PT ကြိုးတွေကို ဆွဲဆန့်အပြီးမှာ duct ပိုက်တွေထဲကို grouting ပြန်ထိုးဖို့လိုတာပါပဲ။ Bonded နည်းရဲ့ PT ကြိုးတွေမှာ plastic sheathing မပါတဲ့အတွက် PT ကြိုးတွေကို သံချေးမတက်နိုင်အောင်ရယ် အပြင်က ကွန်ကရစ်နဲ့ bonding ဖြစ်ဖို့ရယ်အတွက် grouting လုပ်ရခြင်းဖြစ်ပါတယ်။ Grouting ကိုတော့ ဘိလပ်မြေနဲ့ admixture ကိုရေနဲ့ရော အရည်ဖျော်ပြီး grouting ထိုးတဲ့ စက်နဲ့ ပိုက်တလျှောက်ထိုးထည့်ခြင်းဖြစ်ပါတယ်။ ဒီ bonded နည်းကိုတော့ တံတားတွေမှာ အသုံးများပါတယ်။ အဆောက်အဦးပိုင်းမှာလည်း သုံးပါတယ်။ အဆောက်အဦးတွေမှာဆိုရင် transfer girder တွေလိုမျိုး heavy load တွေ ထမ်းရတဲ့ beam တွေမှာ သုံးပါတယ်။ ကြမ်းခင်းတွေမှာလည်း ထည့်သုံးပါတယ်။ PT ကြိုးတွေကို အဓိကအားပြုပြီး ထမ်းတော့ rebar ထည့်ရတာ အတော်သက်သာသွားတော့ rebar ဖိုး ကုန်ကျစရိတ် အတော်နည်းသွားပါတယ်။ တဖက်ကတော့ PT ကြိုးဖိုးတွေ၊ တပ်ဆင်ခတွေ တက်လာတာပေါ့။ Overall cost အနေနဲ့ ပြန်တွက်ကြည့်ရင်တော့ သာမန်နဲ့ အရမ်းကြီး ဟာဟမှ မရှိပါဘူး၊ ဒါပေမယ့် ပိုကောင်းသွားပြီး တည်ဆောက်ချိန် ပိုမြန်သွားပါတယ်။



Bonded Tendons

Ducts



Bonded PT System

Tendons

Ducts

ကျောက်ဆောင်နံ့ရံတွေမှာလည်း ဒီလို bonded နည်းကို အသုံးပြုကြပါတယ်။ ဒါပေမယ့် ဆောက်လုပ်တဲ့ အစီအစဉ်တော့ အဆောက်အဦးတွေနဲ့ အနည်းငယ်ကွာခြားပါတယ်။ ပုံမှန်အားဖြင့် ကျောက်ဆောင်နံ့ရံစွန်းတွေမှာ ဒါမှမဟုတ် ဥမင်လှိုဏ်နံ့ရံတွေမှာ တဖက်ကနေ အပေါက်ဖောက် ပြီးတော့ အပေါက်ထဲကို PT ကြိုးထည့်၊ ထည့်ပြီးရင် grouting အရင်လုပ်လိုက်ပါတယ်။ အဲ့ဒီ grouting မှာ လိုအပ်တဲ့ strength ပမာဏရတဲ့အခါမှာ ကြိုးတွေကို ဆွဲဆန့် လိုက်တာပါ။

Hydraulic Jacks

Multi-Strand Jack

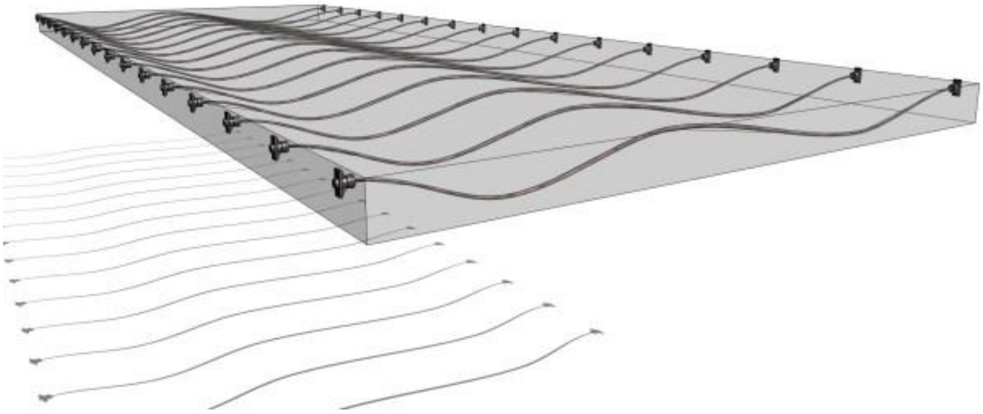
၄။ အရေးကြီးတဲ့၊ သတိပြုရမယ့် အစိတ်အပိုင်းများ

Post-tensioning system မှာ အရေးပါတဲ့၊ သတိပြုရမယ့် အစိတ်အပိုင်းတွေများစွာရှိပါတယ်။ Unbonded နည်းမှာဆိုရင် plastic sheathing က ကွန်ကရစ်နဲ့ ကြိုးတွေကြားမှာ bond breaker သဘောမျိုး ဖြစ်နေပါတယ်။ ဒါပေမယ့် သူက ကြိုးတွေကို သယ်ယူတဲ့အခါမှာ၊ တပ်ဆင်တဲ့အခါမှာတော့ အလွယ်တကူမပျက်စီးနိုင်အောင် အကာအကွယ်ပေးပါတယ်။ နောက်ပြီး ကြိုးတွေကို ရေငွေ့နဲ့ အခြားသော chemical တွေ တိုက်ရိုက်ထိတွေ့ခြင်း၊ သံချေးတက်ခြင်း စတာတွေကနေ အကာအကွယ်ပေးပါတယ်။

နောက်တစ်ခုကတော့ အရေးကြီးတာက ကြိုးထိပ်တွေမှာ တပ်ရတဲ့ anchorage ခေါင်းအိမ်လေးတွေပါပဲ။ အထူးသဖြင့် unbounded နည်းမှာ ဂရုစိုက်ရပါတယ်။ PT ကြိုးတွေ တပ်ဆင်မယ် ကွန်ကရစ်လောင်းမယ်၊ ပြီးရင် လိုအပ်တဲ့ ကွန်ကရစ်ခံနိုင်အားရတဲ့အခါမှာ wedge လို့ခေါ်တဲ့ နှစ်ဖက်ညှပ်ချုပ်ခေါင်းလေးတွေတပ်မယ် ပြီးရင် ကြိုးတွေကို Hydraulic Jack နဲ့ ဆွဲဆန့်လိုက်မယ်။ အဲ့ဒီအခါမှာ Jack ကနေ ကြိုးကို လွှတ်လိုက်တဲ့အခါ ကြိုးကနောက်ကို အနည်းငယ်ပြန်ရုန်းတော့ ချုပ်ခေါင်းလေးကိုပါ ဆွဲရုန်းပါတယ်။ ချုပ်ခေါင်းကလည်း ကြိုးကို နောက်ပြန်မရုန်းအောင် ချုပ်ထားပါတယ်။ အဲ့ဒီအခါ ချုပ်ခေါင်းကဆင့် anchorage၊ အဲ့ဒီကနေ ကွန်ကရစ်ပေါ်ကို အားသက်ရောက်စေပါတယ်။ မြင်သာအောင် ဥပမာပေးရရင် မြေကြီးထဲမှာ မြုပ်နေတဲ့ ကြိုးတစ်စကို လက်နဲ့ဆွဲထုတ်တဲ့ ပုံစံကို မြင်ကြည့်ပါ။ ကြိုးကို လက်နဲ့ မြဲအောင် ကိုင်ထားပြီး ဆွဲထုတ်တဲ့အခါ မြေကြီးခြေကန်ဆွဲတော့ မြေကြီးကို ခြေထောက်ကနေ ဖိအားသက်ရောက်စေပါတယ်။ ဒီပုံစံပါပဲ PT ကြိုးတွေကို Jack နဲ့ ဆွဲတဲ့အခါ ကြိုးထိပ်မှာ တပ်ထားတဲ့ ချုပ်ခေါင်းတွေနဲ့ အိမ်လေးဟာလည်း ကွန်ကရစ်ပေါ်ကို ဖိအားတွေ သက်ရောက်စေတာပါ။ အဲ့ဒီအားတွေကပဲ ကွန်ကရစ်ကို အရမ်း strong ဖြစ်သွားစေပြီးတော့ အက်ကြောင်းဖြစ်နိုင်မှု အနည်းဆုံးဖြစ်စေတာပါ။

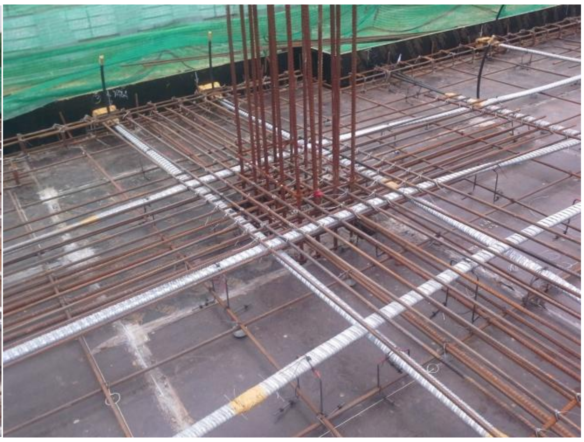
၅။ တပ်ဆင်၊ တည်ဆောက်ခြင်း

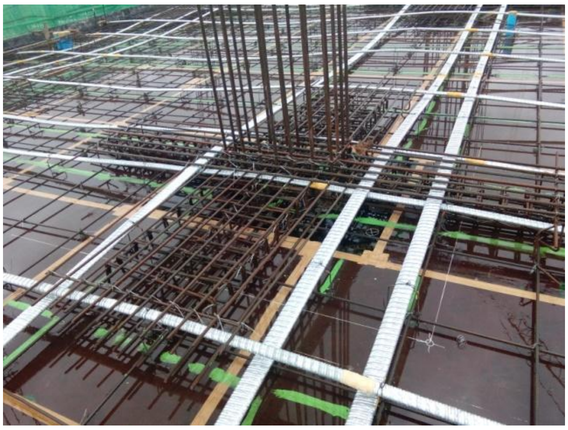
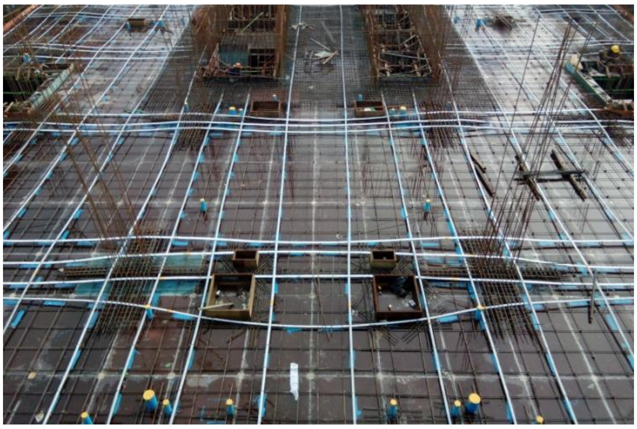
အဆောက်အဦးနဲ့ slab-on-ground တည်ဆောက်ရေးတွေမှာ PT ကြိုး တွေကို အများအားဖြင့် လိုအပ်တဲ့ပုံစံ၊ အရှည်တွေကို စက်ရုံကနေ တစ်ခါတည်း ဖြတ်တောက်ပေးလိုက်ပါတယ်၊ ဆိုဒ်ထဲရောက်ရင် သူ့နေရာနဲ့သူ အဆင်သင့် တပ်ဆင်လိုက်ရုံပါပဲ။ တပ်ဆင်တဲ့နေရာမှာတော့ PT ဒီဇိုင်းအရ ဘယ်နေရာထားရမယ်၊ ဘယ်နှချောင်းထည့်ရမယ်၊ တစ်ခုနဲ့တစ်ခု ဘယ်လောက်ခြားရမယ်၊ နောက်ပြီး formwork ကနေ ဘယ်နေရာမှာ အနိမ့်ဖြစ်ပြီး ဘယ်နေရာမှာ အမြင့် ဖြစ်ရမယ်၊ ဘယ်နေရာမှာ ကွေ့မယ်၊ ဝိုက်မယ် စတာတွေကိုတော့ installation drawing ကြည့်ပြီး သတ်မှတ်တဲ့အတိုင်း ထည့်ထား၊ တပ်ဆင်ရပါတယ်။ လိုအပ်တဲ့ rebar တွေလည်း ထည့်ပြီးရင်၊ PT ကြိုးတွေလည်း ထည့်ပြီးပြီဆိုရင် အားလုံးကို နေရာချထားမှု မှန်မမှန် စစ်ဆေးပြီး ကွန်ကရစ်လောင်းလိုက်ပါတယ်။ လောင်းပြီးရင် ပုံမှန်အတိုင်းပဲ အသားသေအောင် curing ပေးပါမယ်။ ကွန်ကရစ်ရဲ့ လိုအပ်တဲ့ ခံနိုင်အား (minimum compressive strength 3000-3500 psi) *(မှတ်ချက်။ ။ PT သတ်မှတ်ချက်အရ minimum 3000-3500 psi ဆိုသော်လည်း လက်တွေ့တွင် အနည်းဆုံး 4500-5000 psi ခန့်ရမှဆွဲကြပါသည်)* ရတဲ့အခါ PT ကြိုးတွေမှာ ချုပ်ခေါင်းလေးတွေတပ်ပြီး Jack နဲ့ ဆွဲဆန့်ပါတယ်။ ဆွဲဆန့်တဲ့အခါမှာလည်း အထက်က ပြောခဲ့သလို ကြိုးတွေက အနည်းငယ်ပြန်ရှုန်းတော့ ချုပ်ခေါင်းကချုပ်ပါတယ်၊ ဒါပေမယ့် ကြိုးဟာ permanently stressed (elongated) ဖြစ်သွားတဲ့အခါ ကွန်ကရစ်ပေါ်မှာ ဖိအားသက်ရောက်စေပါတယ်။ အဲ့ဒီဖြစ်လာတဲ့ သက်ရောက်အားကပဲ ကွန်ကရစ်ပေါ်မှာ ကျမယ့် ကားတွေ၊ လူတွေ စတဲ့ load တွေကို ပြန်ထမ်းတာပါ။ ဒီလို ဆွဲဆန့်ထားခြင်းဟာ ကွန်ကရစ်ရဲ့ load ထမ်းနိုင်မှုကို သိသိသာသာ တိုးသွားစေပါတယ်။



Post-tensioning tendon installation

အဆောက်အဦးမှာ PT နဲ့ flat slab တည်ဆောက်ပုံကို အကြမ်းဖျင်း ပြန်ချုံပြောရင် အရင်ဆုံး formwork ဆင်မယ်၊ ပြီးရင် လိုအပ်တဲ့ rebar တွေကို bottom layer အနေနဲ့ အရင်ခင်းမယ်။ bottom layer ဆိုတာ တိုင်နေရာတွေမှာ punching ခံနိုင်အောင်ထည့်တဲ့ bottom bar တွေပါမယ်။ Shear wall ပတ်ပတ်လည်တွေမှာ ခပ်စိပ်စိပ် ဇကာပါမယ်။ အခြား Slab တစ်ပြင်လုံးမှာတော့ အောက်ခံ ဇကာတွေထည့်ပါတယ်။ အောက်ခံဇကာဆိုတာကလည်း သာမန်အဆောက်အဦးတွေလို 100-150 mm spacing ဇကာလောက်မဟုတ်ဘူး၊ 400-450 mm (အတိအကျမဟုတ်) လောက်ကို ခြားပြီး ထည့်ပါတယ်။ Bottom အလွှာ ပြီးပြီဆို PT ကြိုးတွေနေရာချ၊ တပ်ဆင်ပါတယ်။ ပြီးရင် Top layer ပြန်ခင်းပါတယ်။ Top layer မှာ လည်း bottom လိုပဲ တိုင်နေရာမှာ punching ခံနိုင်အောင် top bar တွေ ထည့်မယ်၊ shear wall ပတ်လည်တွေမှာ ခပ်စိပ်စိပ် ဇကာ အပေါ်လွှာထည့်မယ်။ slab တစ်ပြင်လုံးမှာတော့ beam လည်း မပါတဲ့အတွက် negative bar – layer လို့ ခေါ်တဲ့ အပေါ်လွှာ ထည့်စရာမလိုပါဘူး အချို့ ဒီဇိုင်းတွေမှာတော့ ထည့်ရပါတယ်။ PT ကြိုး အဆုံးတွေမှာ ရှိတဲ့ anchorage ခေါင်းလေးတွေကို ချုပ်ထိန်းတဲ့သဘောနဲ့ ထည့်တဲ့ beam လေးတွေ လိုက်ထည့်ပါတယ်။ အချို့အဆောက်အဦးတွေဆို floor-to-floor height မြင့်လို့ပဲ ဖြစ်ဖြစ်၊ design လိုအပ်ချက်အရပဲဖြစ်ဖြစ် slab အောက်ခြေ၊ တိုင်ပတ်လည်တွေမှာ drop panel လေးတွေထည့်ရပါတယ်။ နောက်ပြီး slab တစ်ပြင်လုံးကိုလည်း ပတ်လည် beam (perimeter beam) နဲ့ ပတ်ရပါတယ်။ ဒီဇိုင်း တစ်ခုခုနဲ့ တစ်ခုတော့ ပုံသေမဟုတ်ဘဲ အပြောင်းအလဲ ရှိနိုင်ပါတယ်။ အားလုံးပြီးရင် ကွန်ကရစ်လောင်း၊ လိုအပ်တဲ့ ကွန်ကရစ် ခံနိုင်အားရရင် (သာမန်အားဖြင့် လေးရက်ခန့်အကြာ - chemical ထည့်လျှင် ပိုမြန်နိုင်ပါသည်) ကြိုးတွေကို Hydraulic Jack နဲ့ဆွဲတင်းမယ်။ ပြီးရင် အပြင်က ကြိုးအစွန်းထွက်တွေကို ဖြတ်ပစ်မယ်၊ anchorage ခေါင်း အပေါက်ထဲကို cement mortar မဆလာ သိပ်လိုက်မယ်။ ပြီးရင် grouting ပိုက်လေးတွေကနေတဆင့် cementitious grouting မှုတ်လိုက်မယ်။ ဒါဆို PT လုပ်ငန်းစဉ် ပြီးပါပြီ။ အောက်ခံ formwork တွေကို သာမန်အဆောက်အဦးတွေမှာ အနည်းဆုံး နှစ်ပတ်လောက် ထားတတ်ပေမယ့် PT နည်းသုံးရင် လေးရက်လောက်အကြာ၊ ကြိုးတွေ ဆွဲဆန့်ပြီးရင် formwork ပြားတွေ၊ အထပ်သားတွေ ဖြုတ်လို့ရနိုင်ပါတယ်။ safety ဖြစ်အောင်လို့တော့ အောက်ခံထောက်တွေတော့ နောက်တစ်ထပ် လောင်းမပြီးမချင်း ထောက်ထားရပါတယ်။



Bonded Post-tensioning system (Flat Slab Design)

Tendon Line Markings

PT ကြိုးများ တပ်ဆင်ပြီးသွားရင် ကွန်ကရစ်မလောင်းခင် formwork ပေါ်မှာ Tendon line များ တည်ရှိရာ နေရာပြဖို့ ကြိုးတွေအောက်ကနေ ဆေးများ သုတ်ရပါတယ်။ ဒီဆေးတွေက ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးလို့ formwork ခွာတဲ့အခါ ကွန်ကရစ်မှာ ကပ်ကျန်ခဲ့ပြီး နောက်ပိုင်း M&E work တွေ၊ အုတ်စီတာတွေလုပ်ဖို့ slab ကို အပေါက်ဖောက်တဲ့အခါ PT ကြိုးတွေကို မထိအောင် ရှောင်ပြီး ဆောင်ရွက်နိုင်ရန် ဖြစ်ပါတယ်။

Tensioning လုပ်အပြီး Cementitious Grouting လုပ်ပုံ

Post-Tensioning နည်းစနစ်က ဆိုဒ်ထဲမှာပဲ စိတ်ကြိုက်ပုံစံ formwork ဆင်ပြီး ကွန်ကရစ်လောင်းတော့ လိုချင်တဲ့ အကွေ့အဝိုက်တွေကို လိုသလို ပုံဖော်နိုင်တဲ့ အားသာချက် ရှိပါတယ်။ လက်ရာမြောက်လှတဲ့ တံတားပုံစံတွေ၊ အကွေ့အဝိုက်တွေနဲ့ ရှုပ်ထွေးလှတဲ့ ပုံပန်းသဏ္ဍာန်တွေဟာ Post-tensioning ရဲ့ သင်္ကေတတွေလို့ပဲ သတ်မှတ်နိုင်ပါတယ်။

၆။ ယနေ့ခေတ်အခြေအနေ

Post-tensioning ရဲ့ အားသာချက်တွေ၊ ကောင်းကျိုးတွေကြောင့် နိုင်ငံတကာမှာ သူ့ကို အသုံးချလာတာ တစ်နေ့ထက်တစ်နေ့ ပိုမို များပြား၊ ကျယ်ပြန့်လာပါတယ်။ သိရသလောက်ဆို မြန်မာနိုင်ငံနဲ့ အနီးစပ်ဆုံး ဖြစ်တဲ့ ထိုင်းနိုင်ငံမှာတောင် ဒီနည်းကို သုံးလာတာ ဆယ်စုနှစ်ကျော် ရှိနေပြီလို့ ဆိုပါတယ်။ ဒီထက်လည်း ပိုနိုင်ပါတယ်။ အခြား စင်္ကာပူလို နိုင်ငံတွေ၊ အနောက်နိုင်ငံတွေမှာတော့ တော်တော် ကြာလို့ တော်တော်လည်း အသုံးများနေပါပြီ။ ကျွန်တော်တို့ မြန်မာမှာတော့ အရင် တံတားတွေလောက်ပဲ အသုံးများခဲ့ရာကနေ လက်ရှိတော့ အဆောက်အဦးအချို့မှာ အသုံးပြုလာကြပါပြီ။ သူ့နည်းပညာက သာမန်ထက်စာရင် ပိုပိုမြန်ဆန်၊ လွယ်ကူပြီး အကျိုးကျေးဇူးများတာကြောင့် ဒီထက်ဒီထက် ပိုမို ကျယ်ပြန့်လာပါပြီ။

ပြည်ပရောက်အင်ဂျင်နီယာများနဲ့ ဝါရင့်အင်ဂျင်နီယာများအနေနဲ့တော့ PT နဲ့ မစိမ်းကြပေမယ့် ကျွန်တော်တို့လို လူငယ်ပိုင်းတွေနဲ့ ကျောင်းဆင်းစ မျိုးဆက်သစ်အင်ဂျင်နီယာတွေ၊ လုပ်ငန်းခွင်ဝင် လူငယ်၊ လူလတ်ပိုင်းတွေအတွက် အနည်းငယ် စိမ်းနေကြသေးလို့ PT နဲ့ ပတ်သက်ပြီး ကျွန်တော့် အတွေ့အကြုံ ရှိသလောက်၊ သိထားသလောက် ဗဟုသုတအလို့ငှာ ပြန်လည် မျှဝေရခြင်းသာ ဖြစ်ပါတယ်။ အသေးစိတ် တပ်ဆင်၊ ဆောက်လုပ်ခြင်းနဲ့ ဒီဇိုင်းတွက်ချက်ခြင်းများကိုတော့ အင်တာနက်မှ ရှာဖွေလေ့လာကြဖို့နဲ့ လုပ်ငန်းခွင် အတွေ့အကြုံများထဲမှ ရှာဖွေသင်ယူနိုင်ကြဖို့ တိုက်တွန်းအပ်ပါတယ်။

မြန်မာ့အင်ဂျင်နီယာများ အများတကာနဲ့၊ နိုင်ငံတကာနဲ့ ရင်ဘောင်တန်း၍ ဆောင်ရွက်၊ လုပ်ကိုင် နိုင်ကြစေ . . . . .

အောင်မျိုးမင်း

မျိုးဆက်သစ်အင်ဂျင်နီယာ (YE-MES)

မှတ်ချက်။ *။ အထက်ပါ အကြောင်းအရာများမှာ POST-TENSIONING INSTITUTE (PTI) မှ ရေးသားသော "What is Post-Tensioning" ဆိုသော စာစုကို ကိုးကား၍ အတွေ့အကြုံနှင့်ပေါင်းစပ် ရေးသားဖော်ပြထားခြင်းသာ ဖြစ်ပါသည်။ နားလည် သဘောပေါက်လွယ်စေရန် အသုံးပြုထားသော ဓာတ်ပုံများမှာလည်း အင်တာနက်မှ ရှာဖွေ အသုံးပြုထားသော ပုံများဖြစ်သောကြောင့် သက်ဆိုင်ရာ ပုံများအတွက် credit ပေးပါသည်။*

Photo are copied from www.images.google.com