TMMOB

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI ANKARA ŞUBESİ

SEMİNER

"ARD GERMELİ BETON"

Konuşmacı: Zafer KINACI

23.10.2008

-----&-----

ZAFER KINACI- Hepiniz hoş geldiniz.

Bugün sizlere ard germeli beton hakkında ön fikir ve ard germeyle neler yapılabildiği hususunda genel bir bilgi vermeye çalışacağım.

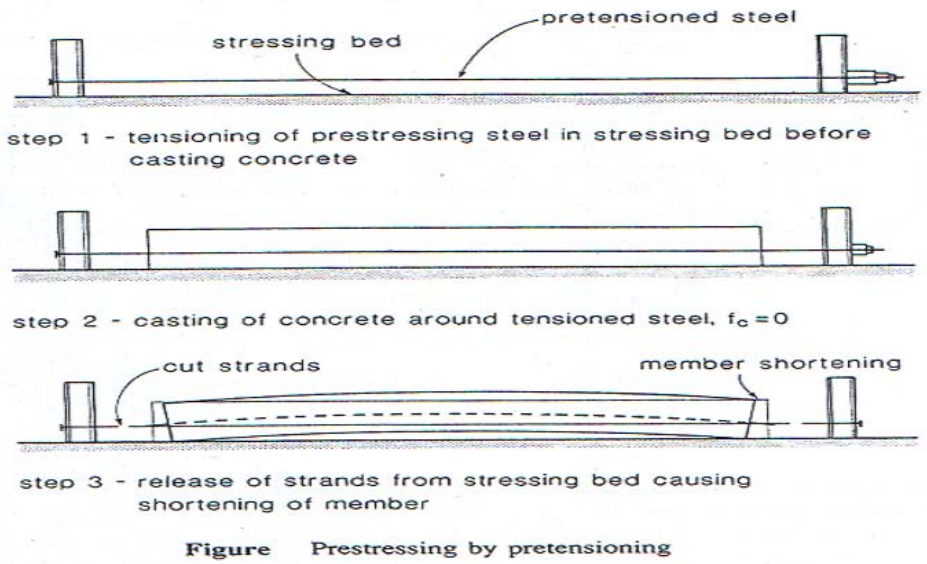
Ülkemizde ön gerilmeli beton olarak biliniyor, ama ön gerilmeli beton hem ard germe, hem ön germe için bir genel isimdir. Eğer uygulamada, beton daha dökülmeden germe işlemi yapılıyorsa, bu "ön çekme", yani "pre tensioning" diye adlandırılır, esasında ön çekme manasına gelmektedir. Eğer beton dökülüp, belli bir mukavemete eriştikten sonra, bu çekme işlemi yapılırsa buna da "ard çekme", yani "post –tensioning" denir, ancak bu uygulamalar ülkemizde ön germe ve ard germe olarak adlandırılmaktadır.

Bizim bununla, ard çekme ve ön çekme ile ilgili bir yönetmeliğimiz de bulunmaktadır. TS 3233, 1979 yılında yazılmıştır. Orada da ön çekme ve ard çekme olarak tarif edilir. Yani ön gerilmeli beton genel bir isimdir. Ön germeli elemanları hemen hemen hepimiz biliriz, döşeme elemanı olarak kullanılır; sanayide kiriş olarak, genelde büyük açıklıkları geçmek için ve köprülerde kullanılır. Bunlar, belli yerlerde ön germe halatları gerilir, beton dökülür, sonra bunlar yerine taşınır. Ard-germe'de ise, herhangi bir şekilde prefabrikasyon yapılmıyor. Onu yapan teknolojiler de var, ama şu anda konumuz dahilinde değil. Binanın normal mimarisine herhangi bir değişiklik yapmadan, beton dökülmeden önce birtakım tedbirler alınmaktadır, onları da birazdan izah etmeye çalışacağım. Genel olarak da öngermeden farklı olarak ard germede beton döküldükten sonra, germe işlemi yapılıyor, binanın monolotikliği bozulmuyor, prefabrikasyondan uzak bir teknik.

Ön germeli beton deneylerine 19. Yüzyılın sonu ve 20. Yüzyılın başlarında başlanılmıştır. O tarihlerde yüksek kaliteli çelik olmadığı için, düşük mukavemetli çeliklerle yapılmıştır. Bununla birlikte ön germede oluşan bir takım kayıplardan dolayı bu denemeler başarısız olmuştur. İlk yüksek mukavemetli çeliklerle ön germe 1928 yılında başlamıştır. Fransız Eugen Freyssinet tarafından yapılıyor. 1939'da da Freyssinet, koniksel ankraj tekniğini bulup patentini almıştır. Bu şekilde ard germeye ilk adım atılmış olmaktadır. Şu anda görmekte olduğunuz da bir ard germe kafasıdır. (Şekil 1). Tabii bu şu anda kullanılanlardan biridir, daha ileri tekniktedir, yani Freyssinet'nin ilk bulduğu değildir. Gördüğünüz üzere germe yapıldıktan hemen sonra fazlalık uçları kesilip bırakıldığında, halatlar bu kafa yardımıyla kilitleniyor.

Şekil 1: Hareketli ard germe kafası

Burada da ön germe kitaptan alınmış bir figürle şematik olarak gösteriliyor. (Şekil 2). Burada ön germe için bir düzenek hazırlanmış. Önce ön germe çeliği gerdiriliyor, kalıbın içerisine geçiriliyor, kalıba beton dökülüyor ve yüzde 70-75'e kadar beton mukavemetini alınca halatlar kesiliyor, kesilince buna ters moment veriliyor. Hatta ters bir sehim oluşuyor.



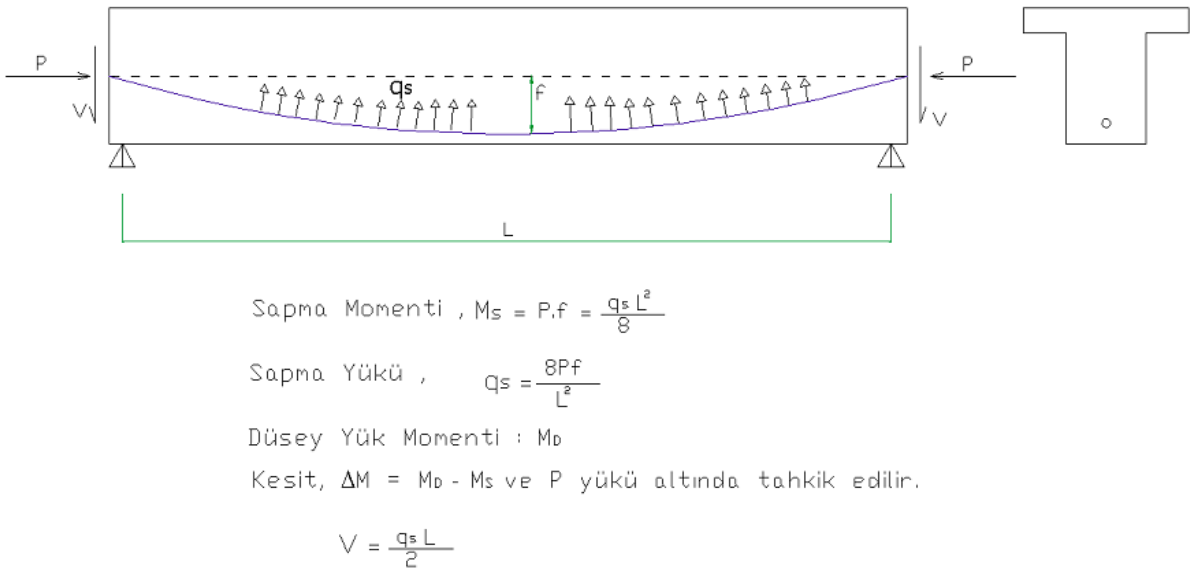
Şekil 2 : Ön gerilmeli Beton uygulaması

Bunlar fabrikadan uygulanacağı yere; şantiyede döşeme elemanı olarak ya da köprüde, nerede kullanılacaksa, taşınıp yerlerine konuluyor. Genelde bunlar, binadan kopuk basit mesnetli sistemler olur. Her zaman da kullanışlı olmamaktadır. Örneğin çok katlı binalarda yatay yük için çerçeve sistemi gereklidir. Yada bazen mimari açıdan düşünülürse, eğer çok büyük açıklıklar olursa, bu elemanlar gizlenememektedir.

Ard germeye geldiğimizde durum biraz daha farklı olmaktadır. Öngermeden farklı olarak ard germe halatı beton dökülmeden önce kalıbın içerisine istenilen formda konulabilir. Bu form, binanın açıklığı, ağırlık merkezinin yeri gibi birtakım faktörlere bağlı olarak ve gerekli hesaplamaların yapılmasının ardından en uygun form olacak şekilde bırakılır. Beton belli bir mukavemetini aldıktan sonra bu halatlar gerdiriliyor. Bu şekilde betona ters bir yük ve ters moment veriliyor. Zaten ön germenin gayesi, düşey yükler altında oluşan momentleri ve tesirleri azaltmaktır. Yani bu şekilde ön germe verilen bir eleman, ister ön germe, ister ard germe şeklinde olsun, bu elemanlarda momentler azalıyor. Kesit, basınç ve azaltılmış moment altında çalışan bir kesite indirgeniyor. Genelde de tam ön germe halinde, kesitte ya çok az çekme gerilmesi oluyor ya da hemen hemen hiç çekme gerilmesi olmuyor, bütün kesit basınca çalışıyor, çatlamamış bir kesit elde ediliyor. Sehimler azalıyor ve daha ufak boyutlarda büyük açıklıklar geçilebilmesi mümkün oluyor.

Parabolik bir germe halatı veya germe çeliğin konulmuş bir kirişin nasıl çalıştığını izah etmeye çalışacağım. Tabii bu basit mesnette bir sistem, bundan sonra da sürekli sistemler ya da çerçeve sistemler de nasıl olduğunu izah edeceğiz.

Burada görüldüğü üzere halat, belli bir geometriye bağlı olarak konuluyor.(Şekil 3).



Şekil 3: Tek Açıklıklı Basit Mesnette ard germe uygulaması.

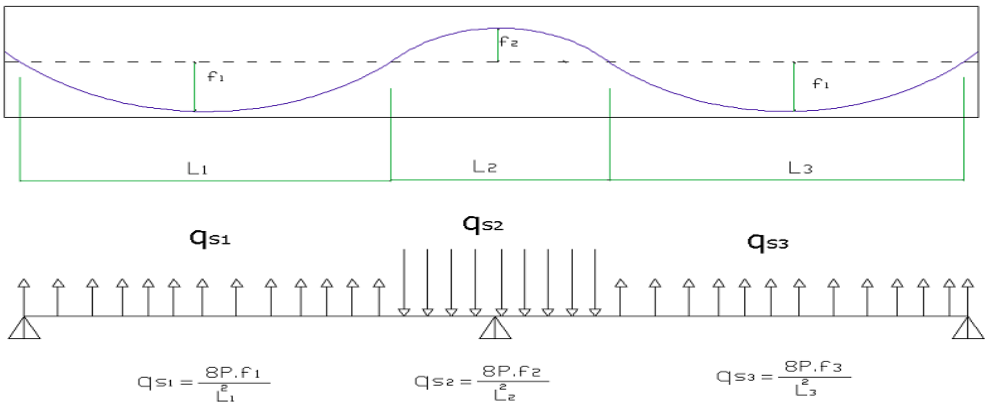
Bu genelde parabolik eğri oluyor. Bu halatın formu parabolik bir denklemle ifade edilebiliyor. Eğer basit mesnetli bir sistemse, tabii ki uçta, herhangi bir eksantrisite istenmediği için ağırlık merkezinden halat çıkarılıyor. Mümkün olduğu kadar aşağıdan geçirilip diğer taraftan çıkarılıyor. Bir tarafı belirli hesaplar yapılmasının ardından kör ankrajla kilitleniyor. Daha sonra yine ne kadar gerdirilmesi gerektiği hesaplanıp diğer taraftan gerdirme işlemi yapılıyor. Bu gerdirilen halat, düzelmek isterken, yani eğri bir şekildeki halat veya bir donatı gerdirdiğiniz zaman düzelmek isteyecektir. Kiriş de yukarı doğru bir kuvvet uyguluyor, buna da sapma kuvveti diyoruz.

Basit mesnetli bir sistemde sapma momenti nedir? Kuvvet ile eksantrisite çarpımı, yani sapma momenti P x F. O da bizim bildiğimiz basit $QL^2/8$, sapma kuvveti x $L^2/ 8$, bu buna eşit olması gerekir. Bundan sapma yükünü bulabiliyoruz. Sapma yükü eşittir 8 P_f/L^2 .

Bunu nerede kullanacağımıza gelecek olursak; Aslında bizim işimize yarayan nihai bu momenttir, ancak buradaki kuvvet de ileri aşamalarda çerçeve çözümlerinde

ve hiperstatik sistemlerde kullanılacaktır. Elde edilen bu düşey yük momentinden de buradaki sapma kuvvetini çıkartılıyor. Kesit, azaltılmış moment ve bu germe kuvveti eksenel yükü altında tahkik ediliyor. Genelde kesitte, eğer tam ön germe veya ard germe yapılırsa, kesitte çatlama olmuyor ve çok az ya da yönetmeliğin müsaade ettiği az bir çekme kuvveti oluşuyor. Kesit çatlamıyor, sehimler azalıyor. Çatlamamış kesit altında sehim de azalıyor, yani biz sehim hesaplarken atalet momentinin neredeyse yarısını alıyoruz. Çünkü kesit çatlayınca atalet momenti yarı yarıya açılıyor. Burada ise atalet momenti azalmıyor, yani kesit bütün ömrü boyunca çatlamadan çalışıyor. Zaten çatlarsa eğer, o zaman tam art germe ya da tam ön germe olmamış oluyor. Bu şekilde kullanan elemanlar da vardır, farklı hesaplama yöntemleri kullanılarak oluşturulan sistemlerdir. Ama bu daha farklı bir konu artık burada konumuz dışına çıkmış oluruz.

Bu gördüğünüz şekilde sürekli bir kirişe ard germe uygulamasını göstermektedir. (Şekil 4).



Şekil 4: Sürekli Bir Kirişte Ard germe uygulaması

Sürekli sistemlerde halatı istediğiniz gereklilikleri sağlayacak şekilde istediğiniz formda yerleştirebiliyorsunuz. Meselâ baştaki bu mesnetten getirdiniz halatı, bu orta mesnette tekrar üstten geçiriyorsunuz, tekrar buradan, sondan en alta indirip bir çıkarıyorsunuz. Yani bu 3 açıklıklı, 5 açıklıklı da olabilir. Burada yine birtakım sapma kuvvetleri oluşuyor. Meselâ burada mesnet aralarında ki açıklıklarda halat, kirişi yukarı doğru kaldırıyor, burada da, mesnet üzerlerinde aşağı doğru bir kuvvet oluşuyor, fakat aşağı doğru oluşan kuvvet, bu yüklerin kolona transferini sağlıyor.

Pek moment azaltmadığı için, bu yükler altında burayı çözülüyor, yine terse doğru kirişin düşey yük momentini azaltan bir ön germe momenti bulunuyor.

Ön germeli beton ile bizim de bir standardımız var, TSE 3233 ve Şubat 1979'da ilk yayınlanması yapılmıştır. O zamandan beri de pek değiştirilmemiştir. , ama onun da sebebini Hoca olarak sorduğumuzda, "ileride Eurocode kullanılacak, o yüzden buna biz dokunmadık" dediler. Yine de ön germe işlemlerinde işimizi görecek bir detayı da var.

Bu Standart 'da meselâ; köprülerde, betonun mukavemetinin, f_{ck}, yüzde 40'ı, diğer yapılarda yüzde 45'i alınıyor. Çekme için ise $1.6 * (f_{ck})^{1/2}$ bir çekmeye müsaade ediyor, yani "bu çekmeyi beton alır" diyor. Bazen yaptığımız projelerde bu kadar bir çekmeye müsaade ediyoruz. Çünkü, meselâ iki demet, üç demet halat kullanıyorsunuz, tam üç demetin sonunda bir miktar çekme çıkıyor, dördüncü bir demedi harcamak istemiyorsunuz. O zaman yönetmeliğin müsaade ettiği bu çekme kuvveti bazen bizim işimize yarıyor.

Ard germe ne ile yapılır? Ard germede genellikle kullanılan iki tür çelik vardır. Birincisi çelik çubuklar. Bunlar bizim bildiğimiz nervürlü çubuklar, genelde büyük çaplarda, meselâ 32'lik, 36'lık çaplarda, ama kopma gerilmesi normal bizim kullandığımız St3'ün hemen hemen 2 katı, hatta daha fazla. 12300 kg/cm^2 kopma mukavemeti var. Bu çok fazla kullanılmıyor. Aslında ilk ön germe denemeleri çubuklarla başlamıştır, halatlar daha sonradan kullanılmaya başlanılmıştır. Ancak şu anda biz çoğunlukla halat kullanıyoruz; daha pratik ve istenilen forma getirilebilinmesi dolayısıyla. Çubuklara istediğimiz formu veremiyoruz. Daha önce gösterdiğim, parabolik bir form vereceğiz diyelim, her mesnette ve açıklıkta parabolik şekilde atlatacağız, tam büküm noktasında bu parabolün eğimi, mesnete orta açıklıktan sağdan gelen, ile bu parabolün eğimi, mesnetin üzerine çıkan, eşit olacak ki buradan, büküm noktalarından, halatlar rahatça geçebilsin. Bu formları veriyorsunuz, projede tarif ediyorsunuz ve yerinde bu şekil veriliyor. Çubuklara bu şekilde formlar veremiyorsunuz, çubuklar genelde düz olarak kullanılıyor. Ama tabi ki çubukların da kullanım alanları mevcuttur. Halatlar mukavemet olarak da daha fazla, 18600 kg/cm^2 mukavemete sahip. Bunun daha düşük mukavemette olanları var, ancak genelde bu düşük mukavemettekileri tercih edilmiyor. Şu anda piyasada en çok bulunan ve

kullanılan bu. Zaten ard germenin ya da ön germenin esas özelliği, yüksek mukavemetli çelikle bu işin yapılması.

Bu ardgerme ve ön germe çeliklerini gerdirdikten sonra kilitlemek için özel aparatlar gerekiyor. Daha önce de bir fotoğrafını göstermiştik (Şekil 1), bu şematik bir çizim. Halatlar kopma mukavemetinin yüzde 75'ine kadar gerdiriliyor. Firmalar çekme/kopma mukavemeti neyse, bu değerin %75' ine kadar gerdiriyorlar. Yüzde 25 emniyet payı bırakılıyor. Germe sırasında ve sonrasında çelikteki germe kuvvetinin bir kısmı kayboluyor. Meselâ 18 600 x 0.75, 14 000 kilogramla gerdiriyorsunuz, ama o germe kuvveti hem gererken, hem gerdikten sonra bir miktar kayba uğruyor. Sistem ve kesitler bu kayıplardan sonra arta kalan kuvvetler arasında hesaplanıyor. Yine de epey bir kuvvet kalıyor, yani bütün kayıplardan sonra yine halatta 10 000 kg/cm^2 üzerinde bir mukavemet kalıyor.

Şunu söyleyeyim: Genelde tecrübeyle, herhangi bir kitapta kaide olarak yazmıyor da, bizim tecrübemize dayanarak söylüyorum. Mesela normal bir çelikte eğilme altında bulacağınız donatının 1/4 ü kadar donatı ile, ard germe donatısı ile, o kirişi, açıklığı geçebiliyorsunuz. Tabii bu, şöyle bir rahatlık da sağlıyor: Bazı çok büyük açıklıklı kirişlerde en büyük sorun, bazen kesite donatı sığmaması oluyor. Yani donatıların mesela 25-30 metre civarında bir açıklığı, betonarme ile geçmek istediğiniz zaman, birkaç yerde bindirme yapıyorsunuz. Kesite normal donatı sığmıyor zaten, bir de bindirmelerde bunlar artıyor. Her ne kadar şaşırtmalı bindirseniz de, bezen kesite donatı sığdırmak mümkün olmuyor. Büyük sehimler çıkıyor, o sehimlerle başa çıkamıyorsunuz. Burada ise, tersine bir yük verildiği için sehim azalıyor, donatı sığması gayet rahat oluyor, herhangi bindirme diye bir şey yok. Bu ard germe kabloları şantiyeye makaralara sarılı olarak geliyor, çok büyük makaralara. Birkaç yüz metre uzunluğunda, bunlar istenilen boyda kesiliyor, kullanılıyor, herhangi bir şekilde donatı sığmama sorunu yok.

Ancak uygulamada daha başka sorunlarla karşılaşılabiliniyor. Mesela her uçta ardgerme kablolarını kilitlemek için kafalar var. Bazen bu kafaları yanyana sığdırmak problem olabiliyor. O zaman onu da iyi düşünmek ve çözmek gereklidir. Meselâ bizim bu işe ilk adım attığımızda, başımıza bu şekilde bir olay gelmişti. Ard germe kablolarının kafaları yanyana koyduğumuzda sığmadı ve sonuç olarak tadilatlar yaptığımız oldu.

Ardgerme uygulamasında da bir takım kayıplardan söz edebiliriz. Bunlardan kısaca bahsedecek olursak; sürtünme kayıpları. Bu halatları betonun içerisine sürmek için metal kılıflar bırakılıyor. Metal kılıfların içerisine halatlar geçiriliyor. Bir uçta kör ankraj, diğer uçta hareketli ankraj bulunuyor. Hareketli ankraj tarafından halatlar gerdiriliyor. Gerdirilirken bu çelikler, içlerinden geçtikleri kılıfların yüzeyine sürtünüyor, işte bu esnada da sürtünmeden doğan kayıplar ortaya çıkıyor. Bir diğer kayıba gelecek olursak; Gerdirdikten sonra halatlar bırakılıyor. Halatlar, yüksüklerin içerisinden geçiyor. Bu yüksükler içerisinde konik dişler yer almaktadır. Bu dişler, gerdirilip bıraktıktan sonra konik boşluğa oturan yüksüğün içerisinde halatı sıkıştırıyor ve halatın geri kaçmasını önlüyor. Ancak işte bu oturma sırasında tam olarak oturmadığı kabul edilerek bir halatın 6 mm civarında kaçtığını düşünerek oturma hesapları yapılıyor. Kirişin boyuna bağlı olarak 100 milimetre 200 milimetre halat uzuyor. Onu bıraktığınızda, yerine otururken o uzama bir miktarı kayboluyor ve bu kayıp 6 mm civarında oluyor. Başka bir kayıba gelecek olursak; betona muazzam bir kuvvet veriliyor, betonun bir sıkışması oluyor. Zamana bağlı olarak da, betonun tekrar bir sünme ve büzülmeden dolayı kısalması oluyor. Yine zamana bağlı olarak çelik % 8 civarında mukavemetini kaybediyor, % 8 civarında bir gevşeme oluyor. Buna relaksasyon da deniliyor. Bütün bu kayıplar toplanıyor, yaklaşık % 20-25 civarında bir kayıp oluyor.

<u>Ön germe ve ard germe halatları:</u> Halatlar genelde, 1/2 inç, 0.6 inç ya da 5/8 inç, en çok kullanılan çaplar bunlardır. 1/2 inç, 130 mm^2 ; 0,6 inç kesit alanı 1.4 cm^2 , ve 0.625 inç 1.5 cm^2 – 150 mm^2. Bu halatlar 7 adet telden oluşuyor. İşte görüldüğü üzere bir tane halat gelmiş, burada bir soğan başı denilen, dağıtılmış, ucu kitlenmiştir. İşte bu bir kör ankraj. (Şekil 5).

Şekil 5: Kör ankraj

Beton döküldükten sonra halat, o germe kuvveti altında betondan kopup gelmesin diye bu şekilde kör ankrajlar yardımıyla kilitleniyor.. Bu soğan başı tabir edilen kör ankraj. Başka türlü kör ankrajlar da var; fabrikada imal edilmiş, getirilmiş, her firmanın kendi patentli ankrajları vardır. Onlar beton içerisine bırakılıyor, halatlar bir uçtan kilitleniyor ve hiçbir şekilde oynamıyor. Bu soğan başı dediğimiz 7 tane tel birbirinden ayrılmış, içerisine beton girdikten sonra herhangi bir şekilde oynamıyor. Yurtdışından ithal edilmeyen, burada yapılan bir sistem olması dolayısıyla bu sistemin maliyeti daha düşüktür.

Burada da bahsettiğimiz o kılıflar görülüyor.(Şekil 6). Bu kılıfların her birine bir demet deniliyor.

Şekil 6 : Ard Germe Halat Kılıfları.

Daha önce de belirttiğim gibi bu demetlerin içerisinden belirli sayıda halat geçiyor. Halatların bir ucu gerdirilmek için dışarıya çıkarken diğer ucları da betonun içerisinde kör ankrajlar yardımıyla tutunmak için bırakılıyor. Demetler halindeki halatlar belirli bir geometride beton dökülmeden önce sehpa diyebileceğimiz desteklerle kirişin, döşemenin ya da uygulanacak elemanın içerisine yerleştiriliyor. Bunun geometrisi projede belirtiliyor. Bu işte uzman olan personel, o projeye bakarak o kılıfları yerleştiriyorlar. Kılıfların içerisinden halatlar sürülüyor, bir miktar ucu çıkıyor, 75 cm falan civarında. Halatların öteki ucu bu bahsettiğimiz kör ankrajla betona iyice kilitleniyor. Sonra beton dökülüyor, beton yaklaşık % 75 mukavemetini aldıktan sonra, bu da betonun hemen hemen betonun döküldüğü hava şartlarına bağlı. Bazen 3 gün de, bazen 4 gün de oluyor. Bunlar özel aparatlarla gerdiriliyor, sonra kesiliyor. Ve o kafaların bulunduğu halatların gözüken kısmı betonlanıyor ve kapatılıyor. Buraya sonradan gelip bakan kimse, bunun ard germe olduğunu göremiyor, yani görülmeyecek şekilde gizli bir çalışma oluyor. Herhangi bir şekilde mimari etkilenmiyor.

Buradada demetler halindeki halatların uclarının çıkmış şekli görülüyor.(Şekil 7)

Şekil 7: Demetler halindeki Halatlar Gerdirilmeden Hemen önce

Burada 19 tane halat var, yani 19'lu bir demetin halatlarının gerdirilmeden önce üzerine beton dökülmüş hali gözükmekte resimde. Tabii gerdirildikten sonra uçlar

kesiliyor ve kutu diye tabir edilen çukurluk betonlanarak halatların dışarıya çıkan uçlarının kapanması sağlanıyor.

Ard germe ile ne gibi uygulamalar yapılabilir? Ard germe, betonarme ile hemen hemen geçilmesi imkânsız olan açıklıklarda uygulanan bir sistemdir. Bildiğiniz üzere çelikle çok büyük açıklıklar geçilebiliyor. Ancak ard germe ile geçebildiğiniz açıklıklarda, ard germenin konstrüksiyon kalınlığı çelikten daha az olduğu göze çarpıyor. Bunu bazı işlerimizde denedik, meselâ çelikle herhangi bir çatı geçiyorsanız, çatı sadece kendini, üzerinde az bir kaplama ve kar yükünü taşıyorsa büyük açıklıklarda bu her zaman ekonomik oluyor. Yani herhangi bir sistemi onunla kıyaslayamıyorsunuz. Ancak yine büyük bir açıklığı, üzerinde döşeme var, hareketlilik var ise, çelik ya da ard germe arasında tercih yaptığınız zaman ard germe daha avantajlı duruyor. Ard germe hem ekonomik oluyor, hem de daha az bir konstrüksiyon kalınlığında. Mesela bizim yaptığımız projeler içerisinde 16 metre açıklığı 40 cm kirişsiz döşemeyle geçtiğimiz var. Bunu normal bir çelik kirişle geçmek isteseniz, 10 cm beton dökeceksiniz, kompozit olarak da çalıştırsanız yine 40-50 cm'lik bir profil gerekecektir. 50-60 cm'den aşağı bir konstrüksiyonla geçemezsiniz.

Mesela Belek'te yaptığımız bir otel, ortası boşluk kenarlarında koridor ve yatak odaları mevcut. Mimar, en alt katta çok amaçlı dairesel bir salon yaptı. Fakat bu salonu getirip otelin altına koymak istedi 4.5 metre kadar. Yani 4.5 metre konsol yapmak zorunda kaldım. Üst katlarda 9 metre boyunda perdeler yaptım. En aşağı kata geldiğimizde bu perdelerin 4.5 metresini kestik, 4.5 metre bir konsol oldu. Sadece konsol olmakla kalmadı, bu konsolun ucuna da 13-14 metre açıklığında, üzerinde toprak bükü olan bir döşeme gelip oturuyor. Burada tabii betonarme ile yaptığınızda, perdeler de çok büyük çekmeler oluşuyor. Donatı ile alırsınız belki, ama bir kere donatı çok yoğun çıkıyor.

Donatı çalışması için biliyorsunuz, donatı çalışmadan betonun çatlaması lazım, betonda büyük çatlaklar oluşacak. Bunu biz ard germe ile çözmek istedik, perdelerin içerisine çubuklar bıraktık, daha önce bahsettiğim, çok az kullanılan art germe çubukları. Bunlar her bir perdenin ucuna çapraz, düşey ve yatay olarak bırakıldı. Beton döküldükten sonra gerdirildi. Bu uca oturan, hemen hemen bir uca noktasal olarak 150-200 ton civarında bir yük geliyordu, yani küçük bir noktaya. Buranın kopmasını engellemek, perdenin çatlamasını engellemek için ard germe yapıldı.

Burada bu kafaların etrafına dairesel donatılar konuluyor, spiral donatı diyelim. (Şekil 8). Bu spiral donatı, germe esnasında ard germe kafalarına yakın yerlerde çok büyük germe kuvvetleri olduğu için, ard germe betonunun kafa bastırıp betonu patlatmaması amacıyla konulmuştur. O yüzden buna patlatma donatısı denir. Bunlar da bir takım hesaplarla bulunuyor, ancak genelde hesabını biz yapmıyoruz, standart olarak her kafa için firmalar bunu karşılıyor. Biz bunu biraz pahalı olduğu için yurt dışından getirmiyoruz, burada sanayide büktürüyoruz, belli aralıkta, belli büküm sayısında ve belli çapta. Bu kafaların etrafına konuluyor, bunlar da projede gösteriliyor.

Şekil 8 : Patlatma Donatısı, Spiral Donatı

Daha önce bahsettiğim Belek'te yaptığımız otelde döşemeye beton döküldükten sonra, halatlar uçlardan gerdiriliyor. Burada toprak yükü olduğu için çok fazla ard germe kuvveti uygulamak zorunda kaldık, yani betonun kendi zati ağırlığından daha fazla. Germe esnasında orada yoktum, ama söylediklerine göre: Bu halatlar gerdirildikten sonra, döşeme de bir sert sehim oluşmuş ve dikmeler boşa çıkmış, yani bir anda kalıp havaya kalkmış. Orada da halatların döşemeye ters sehim verdiği gözle görülmüş oldu..

Bu da bir patlatma donatısı (Şekil 8). Tabii beton dökme işlemi bittikten sonra, bu kılıfların içerisinde kalan boşluk beton enjeksiyonuyla dolduruluyor. Bütün bu işlem bittikten sonra, germe işlemi ve enjeksiyon için bırakılan borular yardımıyla kılıfların içerisi betonla dolduruluyor. Bu demetlerin içerisinde, 5, 7, 12, 15,19, 27'li hatta 77'ye kadar halat bulunuyor. 77li halatlar genelde çok büyük açıklıklı çok büyük germe kuvveti bulunan büyük köprülerde kullanılıyor.

Bir de döşemelerde kullanılan; tekne halatları vardır. Onların kılıfları içerisi gres yağı dolu plastik kılıftır. Onlar daha ince döşemelerde, meselâ 25 cm gibi. Zaten 25 cm.nin altındaki bir elemanda pek ard germe uygulamıyoruz. Çünkü; ard germeye bir parabolik form vermek lazım. Artık daha ince döşemelerde o parabolik formu vermek zorlaşıyor. Orada, o plastik kılıflı, yağlı kılıflı halatları kullanıyoruz. Onlar, germeden sonra herhangi bir enjeksiyon yapılmıyor, o şekilde kalıyor, yani onunda monolitik olarak çalışmasına bir zararı olmuyor.

Hatta, biz deprem bölgesindeki yapılarda, yağlı kılıflı halatları kullandığımız zaman acaba bir mahsuru olur mu? diye bir soru aklımızda belirdi. Fransız Freyssinet Firmasından Profesör Fucie bir konferans için gelmişti. Ona bir soru soruldu. O şöyle bir cevap vermişti: *"Deprem de köşeye moment geliyor ve köşe momentleri altında çeliğe ilave kuvvet geliyor. Hatta bazen çelik kopabiliyor da. Halbuki bu yağlı kılıf içerisinde rahatça halat hareket ettiği için, deformasyonu rahatça yayıp hiçbir şekilde kopma falan söz konusu olmuyor ve depreme çok dayanıklı binalar elde ediyoruz"* demişti.

Biz, işe başladığımız ilk günden bu yana; hep şöyle sorular soruluyor: "*Ankrajlı halatlar kilitleniyor, kilitlendikten sonra herhangi bir şekilde depremde ve başka bir şeyde bu halatlar oradan kopup geliyor mu, gelmiyor mu?*" Şimdiye kadar böyle bir olay yaşanmamıştır.

Bir projede de mimar arkadaşlar bizden, 16 metre açıklığı 40 cm kirişsiz döşemeyle geçmemizi istediler. Bunu betonarme ile denedik olmadı. Sonra ard germe uygulaması yaptık. Ve minimum donatı kullanarak. Zaten ard germe yapıldığında, yani, tam kesitte çekme oluşmazsa, o zaman zaten donatı gerekmiyor, sadece minimum demir konuluyor. Burada tabii sehim problemi de ortadan kalkmış oldu ard germeyle.

Bir ard germe statik projesinde neler yazılıyor; Kablonun tipi, mesela 0,6 monotron, yağlı kılıflı. Bunun çapı, kesit alanı 150 mm^2, kopma sınırı, Bunlar projede yazılıyor, kopma sınırının % 75'i. Ankraj tiplerini veriyorsunuz, beton cinsi ve uzama miktarı v.s. Mesela uzama miktarı; uzama miktarını da hesaplayıp veriyorsunuz ki, yerinde uygulamada halatlar gerilirken doğru kuvvetin uygulanıp uygulanmadığını görmek için uzama miktarı ölçülüp kuvvet hesaplaması yapılıyor.

Bizim ard germeyi ilk uyguladığımız yer Sheraton Oteli. Sheraton Otelinde 23 metre açıklığında bir salonumuz vardı. Bu 23 metre açıklığı geçmenin çok yolları var, çelik yaparsınız, betonarme büyük kirişler yaparsınız, ama burada iki tane büyük problem vardı. Bir tanesi; kat yüksekliği sınırlı, biz de konstrüksiyon yüksekliği olarak 23 metrede 2 metre kesit falan vermiyorlar. Ayrıca, binanın genişliği, 23 metreden yukarı çıkınca 18 metre ye daralıyordu. Kenarlardaki yukarıdan inen kolonlar temele kadar iniyordu ancak yukarıdan ortadan gelen kolon döşemeye oturuyordu. Kolon geliyor, salonun üzerinde bitiyor. Aşağı inmiyor, yani 23 metre açıklık geçiyorsunuz, üzerine de dokuz kat taşıyan 18 metreden yük alan kolon oturtuyorsunuz. Bu çözülür mü, çözülmez mi? Biz bunun çözümünü araştırdık ve ard germeli sisteme o zaman adım attık. Bu konuda bize bazı müşavirler yardımcı oldular, bizim ilk uygulamamız idi. Bu salonun tavanı 130 cm kalınlığında ard germeli döşeme ile geçildi. Üzeri 4 kat dolu bir döşeme. Üzerine 14 tane kolon basıyor, her biri 600 ton. Bunun yanında Yatak katları da 18 metre açıklığında , 44 cm kalınlığında ard germeli döşeme. Arada da başka kolon yok. Bu açıklıkta herhangi bir kiriş atmak isteseniz, herhalde 1 metrelik kiriş bile az gelir, ya da 1 metre bile yetmeyebilir, 18 metrede.

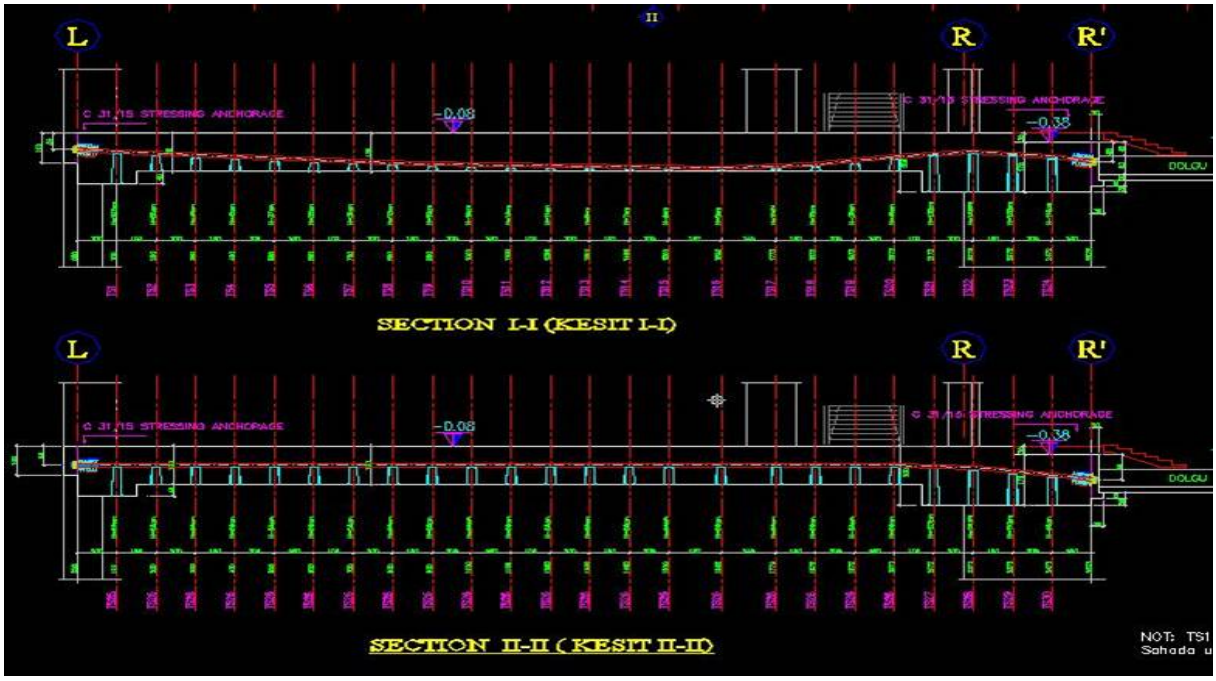
Kat yüksekliği de sınırlı. 3.5, 16.50 ve 19m gibi kat yükseklikleri vardı. Burada da mecburen, ard germe sistemini uygulamak zorunda kaldık. Ayrıca, döşemenin üzerine basan kolonu da aşağı, salonun içerisine indiremedik. Mimar müsâade etmedi, mal sahibi istemedi, burası ard germeli döşeme ile geçildi.

Yine Sheraton da 800-900 Ton civarında her bir halata germe uygulanıyor. Tabii bu germeler şöyle yapılıyor: Karşılıklı, bir tane bir uçta kör ankraj var yanında germe ankrajı. Diger uçta, yine aynı şekilde şaşırtmalı, bir bir uçtan, bir diğerinden gerdiriliyor. Ayrıca burada: Beton döküldükten sonra, 130 cm kalınlığındaki beton döküldükten sonra halatların % 40'ı gerildi, sonra bina 3 kat çıktı, % 30 halat daha gerdirildi, bina 3 kat çıktı % 30 daha gerdirildi, çünkü aynı anda gerdirdiğimizde,

döşemeye verdiğimiz ters moment döşemeyi patlatıyordu. Çünkü ters moment veriyorsunuz buna, yukarı doğru itiyorsunuz. Sehim azalıyor, moment azalıyor, ama eğer üzerine hesapladığınız yük yoksa döşemeyi tersten patlatıyordu. Bu tip ağır yükler olup, ağır yükler de kademeli gelecekse ona dikkat etmek gerekiyor. Yan yana dizilen hareketli ardgerme ankraj kafaları bayağı sık diziliştelerdi, çünkü yüksek bir ard germe kuvveti gerekiyordu.

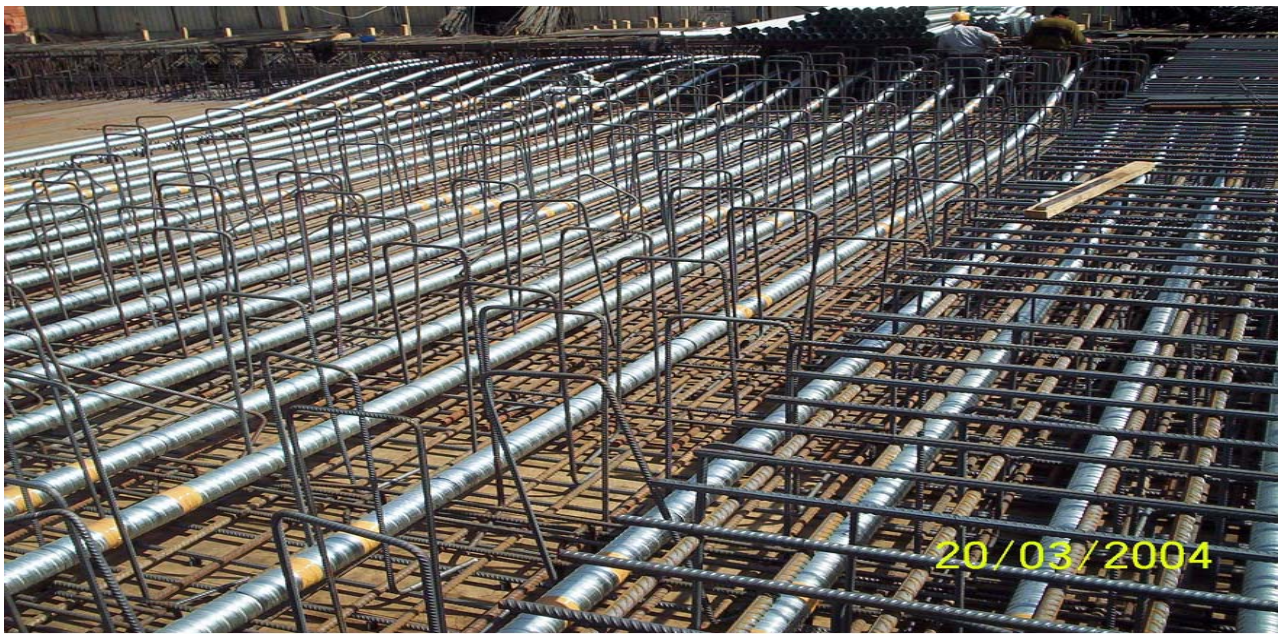
Şu bahsettiğimiz kutular, ardgerme ankraj kafalarının çıktığı kutular, halatlar bunlardan çıkarılıyor, gerdirildikten sonra halatlar kesilip betonlanıyor, yani oraya gittiğiniz zaman, herhangi bir şeyle ard germenin izini göremiyorsunuz.

Bu da halatın geometrisi (Şekil 9): Halat bu uçtan çıkarılmış, kolonun bastığı yerde en alt noktadan geçirilmiş, ortadaki mesnetten atladıktan sonra diğer uçtan çıkarılmış. Bu halatla gerdirilme yaptığı zaman iki mesnet arası açıklıkta ters moment yaratıyoruz, bu sadece döşemenin momentini azaltmıyor, ters yük bu köşelerde de ters momentler oluşturuyor ve kolonları rahatlatıyor. Eğer ard germe yapmasaydık, kolonlar da bu döşemeyi taşımayacaktı. Çünkü o kadar büyük bir yük var ki, o kadar büyük moment oluşuyor ki, meselâ soldaki kolon 90’a 320, burada dizayn momenti olarak düşey momenti 7500 ton.m moment bulunmakta. Ard germe de biz bunu 4500t.m’ye düşürdük ve kolonun her iki ucunda 48 tane, 32’lik demirle ancak kurtardı. Ard germe yapmadığınız takdirde bu kolon da kurtarmıyordu. Burada 100’e 100 bir kolon vardı, bu hiç bir şekilde kurtarmıyordu. Ard germeden sonra bu bahsettiğim kolon da rahatladı, çünkü ters yük sayesinde ters moment oluşup, kolonların da momenti azalmış oldu.



Şekil 9 : Sheraton Ankara Otelinde Uygulanmış olan Ard Germe Projesi

Burada da o projede kılıfların yerleştirilmiş halini görüyorsunuz. (Şekil10) Kılıflar yerleştirilmiş, biraz sonra içlerinden halatlar geçirilecek olan kılıflar. Sonlarına, yani gerdirme yapılacak olan bölümlerine, ankraj kafalarının, bilhassa germe ankrajlarının oraya patlatma donatısı yerleştiriliyor, başka bir deyişle spiral donatı.



Şekil 10: Sheraton Ankara Otelinde, Kılıfların Yerleştirilmesi

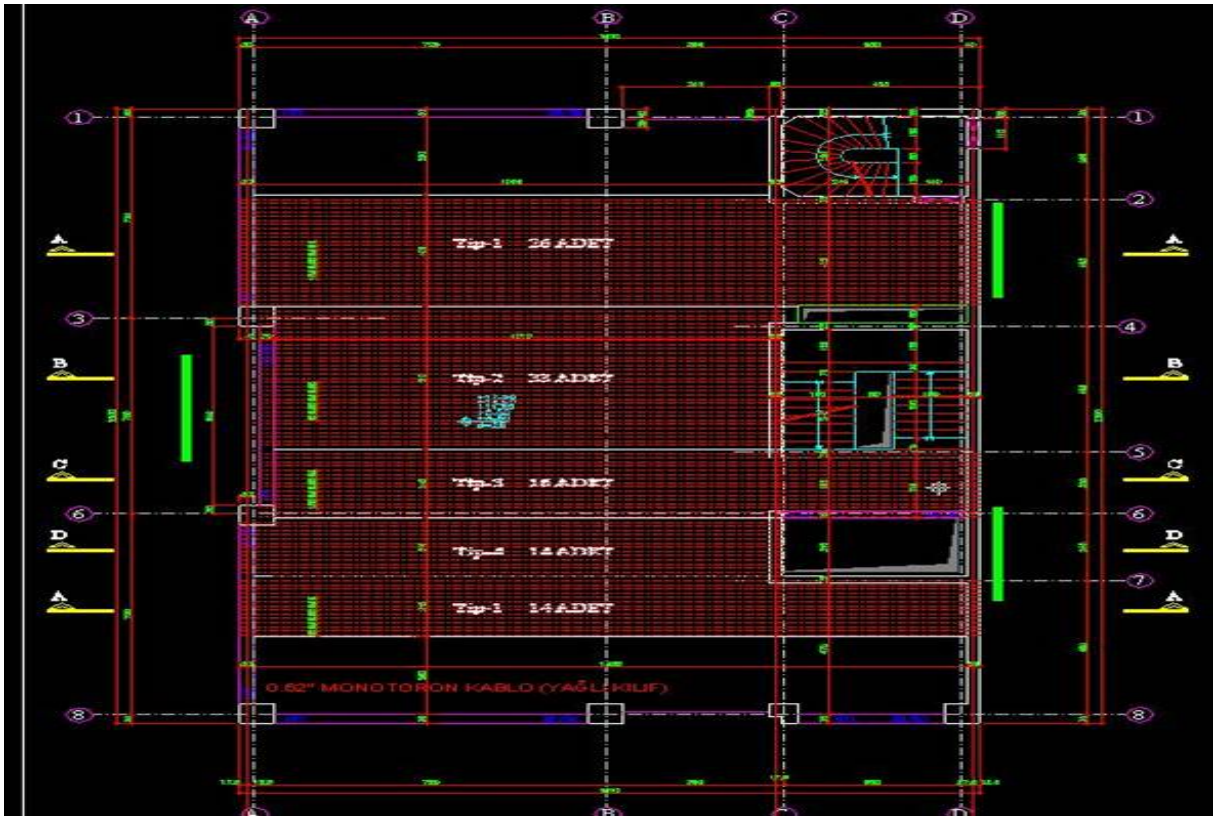
Burada 27 adet halat var, çünkü büyük bir germe kuvveti gerekti, çok sık aralıklarla 27 halatla, demetler kullanmak zorunda kaldık.

Bu da germe aparatı; Germe aparatı, gerdireceğiniz demetin kuvvetine bağlı olarak değişiyor. Standart bir mekâna değil, yani meselâ 5'li veya 7'li bir halat varsa, küçük elde taşınan bir makine işinizi görebiliyor. (Şekil 11)

Şekil 11 : Halat Germe Aparatı

Vakıfbank'ın Antalya Şubesinde ard germe uyguladık. (Şekil 12) Orada 10 metre bir açıklık vardı. On'a-yirmi bir alan. Aslında çok büyük bir yer değil. Kat yüksekliği 3 metre ve havalandırma var. Bize 25 cm döşeme kalınlığı verildi. 25 cm'de 10 metreyi normal betonarme ile geçmek mümkün olmadı. Hem donatı sığmıyor, hem zımbalama kurtarmıyor, hem eğilme kurtarmıyor, hem sehim. Ortada iki tane kolon istedik, fakat bu kolon, salonun bayağı bir fonksiyonunu bozuyordu. Yani Antalya'nın önemli bir yerinde, değerli bir arazi üzerinde yapılan bir yapı. Biz de

ard germe teklif ettik. Bunun maliyeti hesaplandı, müşteri kabul etti. Burada kullandığımız, bahsettiğim yağlı kılıflı tekli halatlar, çünkü o demetleri 25 cm içine sığdırmak zordu. Tekli halatlarla ki o zaman aralık tabii 15 cm düşüyor. Bu proje çözüldü, bunun inşaatı yapılmadı, bazı nedenlerden dolayı gecikti, ama kat yüksekliği müsait olsa, 35 cm beton kalınlığı verilse, ya da 40 cm asmolen müsaade edilse belki ard germeye gerek kalmayacaktı. Ama burada 5 cm'i de ya da 10 cm'i de mimar veremedi. 25 cm bizim döşeme kalınlığımız var, 25 cm tesisatçı kullanıyor, kaldı 2,5 metre. 2.5 metreden de mimarın bize verebileceği herhangi bir şey yok, mecburen bu sisteme girdik.



Şekil 12:Vakıfbank Binası Ardgerme Projesi.

Ankara'da NTV Binası, bu binanın bütün projelerini biz yapmadık. Ancak bir döşemenin ard germeli döşeme olmasına karar verilmiş. Bu binanın yalnızca ard germe döşeme projesini yaptık. Bu projede ise; iki yönlü halat yerleştirildi, iki yönlü bir döşeme. Görüldüğü üzere NTV Binasının döşemesi: iki yönlü kılıflar yerleştirilmiş. (Şekil 13).

Şekil 13 : NTV Binası İki Yönlü Ardgerme Döşemesi Uygulaması

Kılıflar yerleştirildikten sonra içinden halatlar geçiriliyor, beton dökülüyor, beton döküldükten sonra germe işlemi tamamlanıyor. Gerilen halatların ucu kesilip, betonlanıyor, bırakılıyor.

Trabzon Gülburnu'nda yapılan köprü bu, örnek olarak verelim dedik. Bunun projesini biz yapmadık, ama inşaatı yapan firmadan fotoğrafları aldık, ard germe de neler yapılabilir, anlatmak için. Bunun temelinde çok anormal yükler vardı ve temelde ard germe yapıldı. (Şekil 14). Yani temele donatı sığdırılamadı. Bakın ; ard germe halatları temelde gözükütor. Çok büyük bir temel, münferit bir temel, köprünün ayağını taşıyor. Donatı sığdırılamadığı için, ard germe ile yani normal donatı yerine ard germe konuluyor ve bunlar gerdiriliyor. Şunlar da ucu çıkmış vaziyette gerdiriliyor, Kutular da gözüküyor şekilde.

Şekil 14: Radye Temelde Ard Germe Uygulaması

Benim bildiğim 5'er parçalık dilimler halinde dökülüyor ve ard germe ile gerdiriliyor. Dengeli olarak gittikçe konsol ilerliyor, meselâ 5 metre sağdan, 5 metre soldan döküyorlar. Bu köprü bu şekilde gidiyor ve 80 metre konsol oluyor. Ortada birleşiyor en sonunda. (Şekil 15). Burada 80 metre konsolu ayakta tutmanın tek çaresi benim bildiğim ard germe.

Şekil 15 : Ardgerme ile bir Köprü Uygulaması

Burada, sizlere ard germe ile neler yapılabilir, bir inşaat sistemi olarak, onu anlatmak istedik. Tabii ki bu öğretmeye yönelik bir şey değil, ne yapılabilir, neler yapılabilir, neler yapılmış, böyle bir şey. Ön germeyi hemen hemen biz biliyorduk, ön germe genelde köprülerde sık sık görüyoruz, ama ön germede eskiden duyardık; 24 metre geçilir diyor, şimdi 30 metre yapıyorlar. Tabii 30 metrelik bir kirişi dökmek, kaldırıp yerine koymak, hatta trafikte taşımak zor.

Ama ard germe olunca; burada 160 metre açıklık, 80 bir taraftan, 80 bir taraftan geliyor 160 metre açıklık geçebiliyorsunuz ki bu 160 metre en büyük açıklık değil. Norveç'te yapılmış 290 küsur metre bir köprü var, ard germe yapılmış. Üç açıklıklı, orta açıklığı 290 küsur metre, ard germeyle, yalnız orada çok çok yüksek mukavemetli bir beton kullanılıyor. O da önemli.

Çok teşekkür ederim.

Buyurun.

BİROL BAKİ- Pardon, otelde kullanırken, Deprem Yönetmeliğini nasıl aştınız acaba?

ZAFER KINACI- Bütün deprem hesapları üç boyutlu programlarla yapıldı. Biz bunu yaparken yanımızda ODTÜ'den 4 tane öğretim görevlisi denetimindeydik. Hocalarımız bu binanın sağlamlığına, projenin doğruluğuna dair rapor verdiler. Aslında kolonlar kiriş üzerine bastırılabilir. Yani deprem yönetmeliğinde bu var. Biz bunu döşemeye bastırdık, ama döşeme de 130 cm bir döşeme. Biz onu kiriş yapsaydık, kimse bir şey diyemeyecekti, yönetmelik de müsaade ediliyor. Tabii hocalardan da rapor gelince, pek itiraz eden olmadı. Erhan Karaesmen Hoca oradakilere şöyle demiş: "Hocam" demişler, "bu bina yönetmeliklere aykırı değil mi?" Hoca da "Beyler; bu bina yönetmelik binası değil, mühendislik binası" demiş. Yani öyle bir sözü var Hocanın. Ama bizim kolonların kirişe bastırma müsâadesi var, biliyorsun, bastırılıyor.

BİROL BAKİ : Kirişte var da, döşemede yok.

ZAFER KINACI- Ama bu döşemede 130 cm, yani normal döşeme değil. Tek yönlü halatla yaptık, çünkü bir yönde moment kritik, öteki yönde açıklığımız 8.60

metreydi. Orada bayağı bir kirişimiz vardı, 200/200. O da bayağı zorlandı, ama orada ard germe yapmadık, iki yönlü. İki yönlü ard germeden ben kendim kaçınıyorum, yapılıyor ama. Çünkü halatlar birbirine giriyor. Biliyorsunuz, halata belli bir geometri veriliyor, meselâ NTV Binasında iki yönlü ard germe ısrar edildi ve biz yaptık, halatlar birbirine girdi ama o önemli bir şey değildi.

İki yönlü ard germe de muhakkak halatlar çakışıyor, o uygulamayı ben hayatımda bir defa yaptım, zaten ard germe, şu ana kadar 10-12 tane bina yaptık. İki yönlü yapmaktan ben kaçınıyorum. Orada gerekmedi zaten, bir yönü 23 metre, bir yönü de 8.60 idi. 8.60 yönünde de bayağı büyük bir kiriş çıktı, o kirişte rahatça her şeyi taşıdı.

BİROL BAKİ- Şu köprüde; orada 5'er metre, 5'er metre gidiyor dediniz ya, peki orada germeyi nasıl yapıyordunuz?

ZAFER KINACI- O kesit yok köprüde. Köprünün içerisinde, köprünün genişliği, meselâ o hattın genişliği 20 metre ise, 20 metre boyunda belli aralıklarda boşluklar bırakılıyor. O bahsettiğim kılıfları beton içerisine bırakıyorlar. Projesini ben yapmadım, ama gördüğüm için biliyorum. 100 tane kılıf bırakılıyor ilk etapta. Bunların diyelim ki, 10 tanesi gerdiriliyor, ikinci etapta bir 10 tane daha gerdiriliyor. İşte 16. etapta 160 halat varsa 5'er, 5'er gidiyor veya diyelim 5'er, 5'er gerdiriliyorsa, 16 etap ta 80 tane halat gerdiriliyor, en son o şekilde kendi kendini taşıyor.

Sonra bu ikisi birleşince tekrar bir germe işlemi yapılıyor. Bu tam bir rijit monolitik köprü oluyor, yani deprem hesabı, her şeyi yapılmış. Bunun projesi Yüksel Proje tarafından yapıldı. Ard germe işlemleri Türkiye'deki firma tarafından yapıldı. Biz o firmadan fotoğraflar aldık ki, ard germe ile ne yapılır? Arkadaşlar görsünler diye, yani böyle bir şey yapılabiliyor.

Bu ard germe ile yapılmış en büyük açıklıklı köprü değil, Erhan Karaesmen Hocanın bu konu da bir kitabı var orada 290 metrelik Norveç'te bir köprüden bahsediyor, orta açıklığı 290 metre.

YILMAZ ULUTÜRK- Bu, Boğaziçi Köprüsünün tersi değil mi? Bu tip bir köprü. Orada halatlar yukarıdan gidiyor, burada da içinden.

ZAFER KINACI- Evet. Şimdi, Boğaziçi Köprüsünde halat taşıyıcılar var, doğru. Bu da onun gibi bir şey. Bir halatla taşıma sistemi gibi, yani bu şimdi konsol olduğu için hemen bir şey söyleyemedim, ama normalde bizim basit halatlarımız vardı, tek açıklıklı, çizdik ya, parabolik şekilde. O da bir yerde Boğaziçi Köprüsü'ndeki aynı mantık. Yani, yükü alıyor, kenarlara taşıyor. Boğaziçi Köprüsü'nde de 1 km. açıklık geçiliyor. 1 km. açıklık geçerken, hiç moment oluşmuyor. O halatlar nasıl o momentini azaltıyorsa, bizim halatlarımız da momentini azaltıyor, yani yükü, halatları alıp, kenar mesnetlere taşıyor. Burada da tabii onun tersi oluyor.

Meselâ bize de 6 metre konsol gerekti, bir sahamızda. Oraya 40 cm döşeme kalınlığında 6 metre konsol yaptık, ard germe, biraz da emniyetli yaptık. Yani 30 cm'de de yapılabilirdi. Biz biraz emniyetli olsun dedik. Ard germe halatını tersine koyuyorsunuz, halat konsolu yukarı doğru kaldırıyor, yani kesit ve momenti azaltıyor. Az bir donatıyla da geçiyorsunuz, minimum bir donatıyla.

YILMAZ ULUTÜRK- Köprü de halatlar çekiyor, burada da basınca korkunç bir betonun dayanımı olması lazım.

ZAFER KINACI- Tabii, yani zaten böyle bir köprüde tahmin ediyorum, herhalde C-40 kullanılmıştır. O Norveç'teki Köprüde de tam emin olmamakla birlikte C-80 kullanıldığını duymuştum. Özgül ağırlığı düşük olan betonlarla. Bunlar pişmiş kilden agrega, onları ben gördüm, bir firma yurtdışından ithal etmişti. Burada bazı denemeler yapıldı, C-55'e kadar döküldü, daha fazla dökülmedi. Ama C-80'e kadar rahatlıkla dökülebilir diyorlar. Bunu Almanya'da bir firma yapıyor. Tabii ki, oradan ithal, taşıma, agregayla yapılan beton çok pahalı olduğu için burada pek tutmadı. Kilden pişirerek yapıyorlar, değişik bir teknoloji. Çeşitli boyutlar da agrega, hem çok yüksek mukavemete sahip oluyor, hem de hafif oluyor.

Meselâ C-80 bir betonu bir onda yedi ton bölü metre küp ağırlıkla yapıyorsunuz, bununla hem özgül ağırlığınız azalıyor, hem de mukavemet fazla. Tabii ki o köprü de böyle bir beton kullanılmış, ancak o şekilde yapılabilmiş. Burada da tahmin ediyorum, ben beton kalitesini sormadım, ama C-40'tan aşağı değildir. Birde zaten, burada sadece kesit hesabı önemli değil, ankraj bölgelerinde çok büyük kuvvetler oluşuyor, o çok büyük kuvvetleri yenebilmek için de yüksek mukavemette beton kullanmak gerekiyor. Ben prensip olarak C-30'dan daha aşağı beton kullanmıyorum, ard germeli

yapılarda. Hatta C-35 kullanıyoruz, patlatma donatısıyla ancak bu işi yapabiliyorsunuz.

YILMAZ ULUTÜRK- Maliyet açısından nasıl? Kaç katı meselâ?

ZAFER KINACI- Şimdi kaç katı falan değil, şöyle söyleyeyim; pahalı bir sistem, ama normal betonarme ile yapabileceğiniz bir şeyi bununla yapmıyorsunuz. Ama normal betonarme ile yapamadığınız bir şey yapıyorsunuz. Meselâ Sheraton'da bunu normal betonarme ile yapamazdınız. Şu anda biz bir otel inşaatı, otel projesi yapıyoruz, orda 27 metre açıklık geçiliyor, üstünde teras, teras dolgusu var. 500 kg/m² hareketlilik var, 1 metre yüksekliğinde kirişlerle geçiyoruz. 1 metrelik kirişle o açıklığı geçmek istediğiniz zaman, hem sehim sorunu olur, hem çatlak sorunu olur, beton kurtarmaz, hepsini sağlasanız donatı sığdıramazsınız. Ard germeyle çok rahat geçiyorsunuz. Orada, o zaman, onun maliyetini düşünmüyorsunuz. Yalnız, çelikle kıyaslarsanız, çelikten ucuz.

Eğer çelik, sadece bir açıklık geçiyorsanız, meselâ bir fabrikanın çatısını geçiyorsunuz, üzerine hafif bir kaplama; sandviç panel gibi veya daha değişik çeşitli kaplamalar var, bir de kar yükünü aldıysanız, o zaman çelik tabii ki hem çok ekonomik, hem de daha pratik. Çok çok ucuz bir sistem, ama geçtiğiniz açıklık üzerinde ağır yükler varsa bu çelikten çok daha ucuz oluyor ve konstrüksiyon yüksekliği daha az oluyor. Sheraton'un hesaplarını çelik olarak da yaptık, 130 santim kalınlığında bir çelikle orası geçilemedi ve çok daha pahalı bir sistem çıktı, yani maliyeti çok daha fazla çıktı, Ard germeyle çok daha ekonomik geçildi. 18 metre açıklık, 44 santim döşemeyle geçildi. Kompozit bir çelik kesitle geçilemedi.

YILMAZ ULUTÜRK- Burada korozyon da düşünülmüş olabilir değil mi?

ZAFER KINACI- Zaten korozyona maruz bir şey kalmıyor ki. Her şey kapalı, kapalı kutu. Kör ankrajlar zaten beton içerisinde kalıyor. Germe ankrajları kutunun içerisinde, o ağızlar kesildikten sonra betonlanıyor. Ötekisi beton içerisine gömülü, zaten beton enjekte ediyorsunuz, kılıfın içerisine sonradan, korozyona maruz hiçbir şey kalmıyor. İlk girdiğimizde Sheraton işinde, yurtdışından müşavirlerimiz oldu, ODTÜ'den 4öğretim görevlisi bize yardımcı oldu. Biz, o sırada Fransız Freyssinet Firması var. Ard germeyi bulan Freyssinet' in 1930'lu yıllarda kurduğu firma hâlâ şu

anda iş görüyor, şu anda dünyada en etkili firma. Birkaç tane mühendis var orada, profesör unvanına sahip, onlardan bir tanesi geldi, seminer verdi. Erhan Karaesmen Hoca getirtti onu. Onlarla arası iyi, bir zaman orada çalışmış. Ona “bunun ömrü ne kadar?” diye sorduk. “İlk yapılanlar duruyor, herhangi bir şey olmadı” dedi. Yani böyle korozyon falan yok.

İlk yapılanlar derken, 1930-1940’lı yıllardan sonra yapılanları kastediyor. 19. Yüzyılın sonunda ya da 20. Yüzyılın başında yapılan bazı yapılar da normal çelikle germe yapılmış, yani St1’le ön germe yapılmış. Bunun kopma mukavemeti 18600 kg/cm^2, siz burada kayıpları göz önünde bulundurduktan sonra 15 ton/cm^2 bir germe uyguluyorsunuz. Orada uyguladığınız germe en fazla 1 ton, o da sünme ve rötreyle gitmiş ve bir gün geliyorlar, döşeme yok ortalıkta, çökmüş. Sonra bunu yüksek mukavemetli çelikle yapmak gerektiğini fark ediyorlar. Yüksek mukavemetli çelik, araştırmalar yapılıyor. 1928’li yıllardan sonra yüksek mukavemetli çelik kullanılıyor.

Şöyle bir şey anlatırlar: Dividak da şu anda yüksek mukavemetli çelik üreten ve ard germe yapan firmalardan biri. Dividak aslında beton firmasıymış, ard germe ya da ön germe yapmak için yüksek mukavemetli çelik ihtiyacı var, bunu çelik fabrikalarından ısmarlıyorlar, onlar da yapmıyorlar. Bu sistem hayata geçerse, insanlar çeliği bırakıp buna yönelecekler, çünkü çok ucuz. Meselâ bütün otoyol ve köprülere ön germe yapılıyor, çelikle mukayese edilmeyecek kadar ucuz. Bunlar yapmayınca Dividak Firması kendisi çelik üretmeye başlıyor. Şu anda Dünyada en kaliteli çelik üreten firmalardan biri. Kaliteli çelik üreten 5-6 firmadan birisi de Dividak, kendi çeliğini kendisi üretiyor ve ard germe işine başlıyor. Şu anda ard germe konusunda 3-5 firmadan bir tanesi. O tarihler de bunun ekonomik olduğu görülüyor, bilhassa büyük açıklıklarda.

Meselâ 8-10 metre bir açıklıkta, eğer betonarmede de yeterli konstrüksiyon kalınlığınız varsa betonarme, bilhassa bizim ülkemizde daha ucuz, ama bazı yerlerde mecbur oluyorsunuz. Bu bizim yaptığımız son otel projesinde 18 metre açıklık geçiliyor, 60 cm kirişlerle. Siz de yaptıysanız bilirsiniz; 18 metre de, 120 santim bir kiriş yüksekliği gerekir, 60 santim ancak ard germeyle olur. Orada da eğer kat yüksekliği kritik ise, ard germe uyguluyorsunuz, ama kritik değilse 150 cm kiriş yapıyorsanız, betonarme yaparsınız, ama nereye kadar? Meselâ bir 30 metre açıklıkta artık betonarme daha büyük problem olmaya başlar. Sehimler olabilir,

donatı sığmıyor olabilir. Burada ek yok ve donatı mukavemeti çok yüksek olduğu için, yaklaşık olarak; Meselâ bir kirişte 100 cm^2 normal donatı gerekiyorsa, SD3, 25 cm^2 ard germe donatısı ile geçilebiliyor. ¼ ü hemen hemen…

YILMAZ ULUTÜRK- Yağlı halat dediğiniz, gerçek yağlı mı? Bir de korozyona karşı olsun diye mi yağlı yapıyorlar?

ZAFER KINACI- Gres yağlı. Esasen çok hızlı geçtik belki. Betonun içerisine dairesel kılıflar bırakıyorsunuz, bunun içerisinden halatları geçiriyorsunuz, beton döküyorsunuz ve gerdiriyorsunuz, işlem bu ard germe de. Beton döküldükten sonra, halatın betonla temas etmemesi lazım ki, gerdirdiğin zaman gelsin. Eğer betonla halat birbirine kavuşursa, çektiğiniz zaman gelmez, yani germe işlemi yapamazsınız.

Yağlı kılıfta da içerisine yağ, kabloları gerdirdiğin zaman rahat hareket edebilsin diye konuyor.

MEHMET KALYONCU- Betonla teması olmasın diye.

ZAFER KINACI- Tabii betonla teması olmayacak, çektiğin zaman rahatça kaysın, gelsin diye. Çünkü germe işlemi sırasında, sürtünme kayıpları çok oluyor, o sürtünme kayıplarını azaltıyor. Meselâ, *-normal bizim bu yaptığımız, metal dairesel kılıflar bunlar, bunların içerisinden halatlar geçiyor, öte taraftan gerdiriliyor, bunun içerisinde çok büyük sürtünme kayıpları var, burada-* Halat metal kılıflara sürtünüyor, öteki yağlı halat ta çok daha az sürtünme oluyor ama, onlar tekli. Meselâ benim bir kirişte 90 tane halata ihtiyacım varsa, ben burada 19'lu 5 tane demet kullanırım. 90 tane yağlı kılıfı getirip de kirişin içerisine sığdıramam, ama son verdiğim örnekte; 25 santim kirişsiz döşeme ile yaptığımız, Antalya Vakıfbank'ın Binasında da tam tersine döşeme kalınlığı çok az. Bu kılıfların ise çapı büyük. Buna parabolik bir form veriyorsunuz. Maksimum kaldırma elde edebilmek için, maksimum ters yük elde edebilmek için, biz o halatları kullandık, onlar ince. Meselâ halatla birlikte dış çapı ancak 20 milimetre falan.

Bu gördüğümüz halatların, 5'li demet bile kullansanız 60 milimetre den başlıyor kılıfın çapı. Onu getirip de 25 santim döşeme içerisine koyduğunuz zaman, bizim pas payı dediğimiz, payda bir yükseklik kalmıyor. Orada onu kullanmak bizim için daha avantajlı oldu.

Libya'da bir işimiz var, ard germe yapmayı düşünüyoruz. 40 metre açıklık geçiyoruz oradan. Her kirişin içerisinde 5 tane 19'lu demet kullanıyoruz, ancak kurtarıyor, yani 5x19, 95 tane halat gerekiyor. 95 tane halatı, tekli yağlı kılıfı kullansanız kirişin içerisine sığmaz, zaten bizim gayemiz, donatıyı sığdırabilmek için onu yapıyoruz. Ufak bir kesitte geçiyoruz, aynı zamanda kolon rahatlıyor. Orada 100 de 200 bir kesit kullandık, kolon kesiti kurtarmadı, ard germe den sonra kolon rahatladı. Meselâ % 2'ler de, 3'ler de donatı yüzdesi gerekirken, bir anda % 1.5'a düştü, kolon donatı yüzdesi. Çünkü ters bir yük veriyorsunuz, halatı gerdirdiğiniz zaman yukarı doğru itiyor sistemi, ters bir yük veriyor, kirişin bağlandığı o köşeye ters bir ankaserik momenti yaratıyor, hem kolon rahatlıyor, hem kiriş rahatlıyor. Kirişte ters bir sehim oluyor, diyelim ki; 18 metre de 60 santim kiriş, kendi halinde yapsanız büyük bir sehim oluyor. Burada ters sehim veriyorsunuz; kesitte çatlamamış kesit olduğu için, çatlamamış kesit atalet momenti kullanılıyor sehim hesabında. Kesit hiçbir zaman çatlamıyor, ömür boyu çatlamamış bir kesit. Orada da elastik yapılıyor, yani kesitin, sadece betonu çekme ve basınç değerini buluyorsunuz, tamam diyorsunuz, betonda basınç ve çekme limitler dahilinde ise kesit kurtarmıştır, minimum bir demir koyuyorsunuz, başka bir kesit hesabı yok. Minimum bir demir koyuyorsunuz, çünkü demir gerekmiyor, herhangi bir donatı gerekmiyor.

YILMAZ ULUTÜRK- O zaman deprem yüklerine karşı binayı kolonlar mı koruyor mesnette?

ZAFER KINACI- Yok kiriş de koruyor. Mesnette o yaptığınız hesap sonucu mesnet momenti azalıyor, ama tabii ki gelen deprem yükü altında bir demir koyuyorsunuz. Ama siz bu germeyi, çok fazla yaparsanız, mesnette ters moment yaratırsanız, depremi de alabilir.

Alacalı Prefabrik Sistemleri var. Onlar, Japon Alasava sistemi ile çalışıyorlar. Prefabrik olarak kolonları dikiyorlar, kirişleri yerleştiriyorlar. Sonra kirişlerin içerisinden daha önceden beton dökerken kılıf bırakıyorlar. O kılıfların içerisinden halatları geçirip ön germe yapıp, depreme dayanıklı sistem yapıyorlar. Bu bizim konumuzun dışında, değişik bir sistem, onun projelendirmesini de kendileri yapıyorlar, biz yapmıyoruz. Ama üst üste lego gibi dizilen, üç katlı, beş katlı prefabrik yapıları depreme dayalı hale getiriyorlar. Yani deprem de bir sorun yok, binaların.Meselâ Japonyalı yapmıyor. Amerika'da, depremin çok olduğu yerlerde yapılıyor. Avrupa'da

deprem yok belki hiç, ama Amerika'da ve Japonya'da depremin çok olduğu yerlerde ard germe uygulanıyor.

TANER SÜMER- Bu resimleri görebileceğimiz bir İnternet sayfası var mı?

ZAFER KINACI- Arkadaşlara soralım; Odadan temin edebilirsiniz, İsterseniz biz size verebiliriz.

MÜGE AÇIKALIN- Düşey alt germe uygulaması yaptınız mı?

ZAFER KINACI- Pek fazla yapmadık. Sadece bir tane, hatırlarsanız, perdede çubuklu yaptık demiştik ya, orada yaptık. Düşey alt germe kolon momenti almasında kullanılıyor, ama ben onu hiç yapmadım ya gerekmedi, ama bu ard germe işini çok iyi bilen, Amerika'da bunun öncülüğünü yapan Linsoy isimli bir bilim adamı var, kitapları var, bu işi öğrenirken ondan istifade etmiştik. Onun kitaplarında kendi yapmış olduğu binalardan bahseder. Meselâ bir bina da, döşemeleri ard germeli olduğunu ve perdelerin de tamamının depreme karşı ard germe ile test edildiğini yazıyor. Nasıl yapılmış, bilmiyorum. Aslında düşey ard germe biraz zor, çünkü en alttan kör ankrajı bıraktınız, her katta halatı taşıyacaksınız, götüreceksiniz. Bina 10 katlı ise, on kat o halatı taşıyacaksınız, belki değişik bir teknolojisi var, ben bilmiyorum. Ben kemdim hiç projelendirmedim. Sadece orada lazım oldu, ama meselâ bir kolon çok büyük moment gerek, kurtarmadığı zaman bu çubuklarla bilhassa, düşey ard germe yapıp, kolonu momentin hafifletebilirsiniz. Ankraj kafaları ile yapmanın ben pratik olacağını zannetmiyorum, çünkü sığmaz, yani burada en büyük problem ankraj kafalarını bir yere sığdırmaktı.

Sheraton'da ilk yaptığımız da; adamlar tam yerleştiriyorlar dediler ki, kafalar demirlerle iç içe geldi sağmadı, kirişi 30 cm büyüttük dışarı doğru, sırf ankraj kafaları oraya sığsın diye. Böyle şeyler oldu. Meselâ o yaptığımız otelde de kirişleri, kolon yüzünden hep 30 cm büyütüyoruz ki ankraj kafaları kutular rahatça sığsın diye. O acemiliğimize geldi, öyle kötü bir tecrübe oldu. Zaman zaman da orada sıkıntı çektiğimiz oluyor. Meselâ 6 tane kafa bir araya geliyor, onun sığdırmak için iki ayrı halata geometri veriyorsunuz, üçünü alttan çıkarıyorsunuz, üçünü üstten çıkarıyorsunuz. 19'lu bir kafanın kutusu 40 santime, 40 santim. Yan yana 6 tane koyduğunuz zaman, üçünü bir uçtan çıkarıyorsunuz, üçünü bir uçtan çıkarıyorsunuz,

yine sığmıyor. İkisini üste, birini alta koyuyorsunuz. Ona yerleştirmek biraz sorun, o cambazlık, ama kiriş kesitine rahatça sığdırabiliyorsunuz. O kirişte 95 cm ard germe donatısı gerekiyor. Normal çelik de yapsanız, 400 cm^2 yapın, donatı çıkacaktır. Dört katı hemen hemen, deniyorum hep bu şekilde, benim böyle bir tecrübem var. Bunu 36'lık ya da 40'lık demirlerle bile yapsanız, sığdırmanız çok zor. Üstelik o donatılar 12 metre boyunda, bindire bindire gidiyorsunuz, bir de bindirmelerde sorun oluyor. Halbuki orada 5 tane demet, 1 metre genişliğinde yapıyoruz kirişi, çok rahat sığıyor. Hatta 6 tane koyduğumuz oldu, kenarlarda biraz daha fazla yük geldi. Bir tek sorun, o 6 taneyi götürüp, o kafayı bir yerden çıkartıp germeyi sağlamak. Kiriş içerisine ya da elemana donatı sığdırmak sorunu olmuyor. Halatlar da büyük makaralarda geliyor, onlar birkaç yüz metre boyunda, ne kadar boyda gerekirse, adam kesip kesip oradan sürüyor. Meselâ 40 metre-50 metre-60 metre.

Bir çarşı da 60 metre boyunda yaptığımız oldu, 16 metre açıklık vardı yan yana. Bunlar ard arda eklendiğinde binanın boyu 60 metreyi buluyordu. 60 metre boyunda halatlar kesilip sürüldü, hiç bir sorun yok.

MÜGE AÇIKALIN- Bir şey daha sormak istiyorum. Bu halatları sadece çekme kullandığımız zaman, örneğin; bu ankrajları pek yaklaştırmadığımız içen belli bir mesâfede ankrajları yerleştiriyoruz, ama hâlâ az bir miktar çekme donatısı ihtiyacı kalabilir. Örneğin orayı tamam karşılayamıyorsak çekme miktarını, bir miktar da donatı ile takviye etmemiz gerekir.

Şöyle düşünüyorum: Elastik tasarım yaptığımıza göre, biz bu ard germede, geriye kalan çekme kuvvetini de kat sayı ile arttırıp, direkt St3, öyle bir hesap mı yapıyoruz, bunu nasıl yapıyoruz?

ZAFER KINACI- Eğer çekme miktarı yönetmelikte verilen limitin altında ise, 30 kg civarında. Meselâ C-30 için; 30 kg bölü santimetre karenin altında ise zaten o çekmeye yönetmelik müsâade ediyor. Diyelim ki bir kirişin ayakta durması için 5 tane demet gerekti, siz dediniz ki; ben üç tane koyuyorum. Üç tane ile bir miktar momenti azalttınız, bir miktar sehimi azalttınız, ama kesitte çatladı. O zaman kesiti azaltılmış moment ve eksenel yükü altında kolan gibi hesaplıyorsunuz. Eksenel yük var ve azaltılmış moment var. Çünkü ard germe yükü tersten momenti azaltıyor ya, birleştirilmiş moment artı eksenel yük altında hesaplayacaksınız, bizim yaptığımız o.

MÜGE AÇIKALIN- Peki bu kesit moment değil de sadece çekme taşıyan bir kesit olsaydı… Ama o zaman artık kolon gibi yapmaya gerek yok….

ZAFER KINACI- Şimdi sadece çekme taşıyan bir eleman olsa bunu ard germe ile gerdirdiniz mi, çekmeye alırsınız olur biter.

MÜGE AÇIKALIN- Ankrajdan dolayı hepsini yerleştiremedim. İstediğim kadar ard germe koyamazsam, bu ankrajlara yerleşemediğim için…

Silo projeleri yaptığınız zaman sadece çekme, ard germe ile silo projeleri yaptık da orada meselâ sadece basınç için kullanıyoruz ard germeyi. Ama çok fazla yaklaşamadığımız için artan bir donatı miktarı kalıyor ve bu durum aslında kitaplarda bahsedilmiyor.

ZAFER KINACI- Ben çok fazla yapmışım, oradan kastınız nedir? Ben onu anlayamadım

MÜGE AÇIKALIN- Ankraj kafaları var ya…

ZAFER KINACI- Ben ard germeli silo bir tane yaptım. Çok fazla yapmadım, ama orada halat miktarını, benim yaptığım da 40 metre yüksekliğinde 40 metre çapında devasa bir şeydi. Çimento sanayisinde kullanılan en büyük silolardan biri. Öyle problem olmadı. Siz nerede öyle problemle karşılaştınız bilmiyorum, demetin içindeki halat miktarını arttırarak bence o yenilir.

MÜGE AÇIKALIN- 150 milimetre 12 K 15 kullandık. 3'de mesafeden dolayı da…

ZAFER KINACI- Bizim yaptığımızın çapı 40 metreydi, biz de 19 K 15 kullandık, hiçbir problem olmadı.

MÜGE AÇIKALIN- Bizim böyle bir problemimiz oldu. Biz bu durumda da bununla ilgili bir kaynak bulamadık.

ZAFER KINACI- O konuda hakikaten kaynak yok. Silolar da ard germe yaptınız diyelim; içine de çekme donatısı diye donatı koydunuz. Zaten ard germe yapınca, donatıyı koydunuz, halatı koydunuz ve halatı gerdirdiniz. Halatı gerdirince dıştan

siloyu bir sıkıyor ve basınç veriyor. İçten gelen geçme ile de, içten de yük geldiği zaman çekme geliyor, o, onu götürüyor. Silo da esas mantık bu. Bunun da gayesi; silo da çatlama olmasın, silo çatlamadan bu yükü taşısın. Çünkü çatlaklardan nem giriyor ve içerideki malzemeyi bozuyor. Çimento sanayinin en büyük baş belası. Sizin o beton nasıl basın altında ise çelik de basınç altında olacaktır.

Basınç altında olan bir çelik nasıl çekme taşır bilmiyorum. O yüzden ben hiç öyle bir şeye rastlamadım. Zaten dediğim gibi ben bir tane silo yaptım, fazla da silo projesi kısmet olmadı, yapmadım. Ama hiç öyle bir şey yapmayı ben düşünmedim. Bana biraz ters geliyor. Düşünün ki; siz çekme için çelik koyuyorsunuz, ama çelik basınç altında. Siz siloyu ard germe ile basınç altına aldınız, öyle bir yere geldi ki artık ard germe yetmedi, çelik devreye girdi. O zaman ne oluyor? Tam böyle çekme sınırı düşünün; orda çelikteki germe ne olacaktır? Betonla çelik arasında en katsayısı var ya; en katsayısı x beton mukavemeti kadar olacaktır. Çelik bir yerde gelecek, basınçtan sıfıra geçecek, sıfırdan çekmeye geçecek. Bence, fazla bir fonksiyonu olmalı çeliğin. O şekilde silo yapan arkadaşlarım da oldu, öyle bir konudan bahsetmediler. Siz meselâ 12'ye K 15 yerine, 15 K kullansanız, olurdu. Ya da 19 K 15 kullanabilirdiniz.

SALONDAN- Halatlar arasında azami mesafe ne kadar olmalı? Biz 3d diye bir şey duymuş ve o mesafeye göre tasarlamak zorunda kalmıştık, gerekli olmadığı halde.

ZAFER KINACI- O zaman yanlış bir karar verilmiş. Halatlar arasında 3 D mesafe, öyle bir kayıtta yok. Öyle bir kaydı ben hiçbir yerde duymadım. Sadece şunu duydum: Halatlar arasında maksimum mesafeyi veren bir kayıt var. O da halatın ya da döşeme kalınlığının belli bir katı. Halat arasına minimum mesafeyi veren hiçbir kayıt ben duymadım, yok öyle bir şey.

Sheraton'da dip dibe kutular geldi, azıcık, incecik mesafe kaldı arada. Meselâ kutu 40'a 40. İki tane kutu yanyana koyduk, arada da 10 santim bırakınca, bence yetiyor. Ama o zaman halatın eksenine, belli bir mesafe kendiliğinden oluşuyorsa bilemem. Bence; sadece kutular birbirine girmesin yeter. Böyle bir kayıt hiçbir yerde duymadım.

SALONDAN- Bazen yüksek halat kullanmak da o mesafeyi açıyor.

ZAFER KINACI- Ben bu işin uzmanı değilim. Sadece siz nasıl betonarmeyi kullanıyorsanız, ben de ard germeyi kullanıyorum. Onu anlatayım dedim. İkisinin bir arada çalışması için, çeliğin çalışması için, betonun çatlaması lazım. Betonarmenin kaidesi budur. Daha önce size söylediğim gibi; meselâ bir betonarme kiriş dizayn ettiniz, içine demir sığdıramadınız ve de çok büyük sehimler oldu ve çatlak oldu. Ard germe olarak da hesaplıyorsunuz; 5 tane halat çıkıyor, 2 halatla da işi çözebilirsiniz. 2 halatla biraz ters yük verirseniz, bir miktar çatlak azalır, bir miktar sehim azalır, bir miktar donatı azalır. İşte o zaman o kesiti, ama çatlamış bir kesittir, onu eksenel yük ve moment bir kesit olarak hesaplayabilirsiniz. Nasıl kolon hesaplıyoruz? Bütün kolonlarımız eksenel yük ve moment altında hesaplanmıyor mu? O kesiti de aynen o şekilde hesaplarsınız, ama saf çekme altındaki bir kesitte; hem ard germe çeliği, hem normal çelik çalışsın. Bana ters geliyor. Çünkü; gerdirdiniz, bir basınç verdiniz, çelik basınç altında. Ondan sonra içerden kuvvet geldi, germe kuvvetini sıfırladı. Bu sefer artıya geçti, çelik o zaman çalışmaya başlayacak. Bir kere beton çatlayacak.

YILMAZ ULUTÜRK- Çelik basınca çalışır o zaman, beton yerine geçer.

ZAFER KINACI- Beton ucuz bir malzeme, niye onun yerine çelik koyalım. O projede yapılacak şuydu bence; 12'lik demet yetmiyorsa, 15'lik demet kullanılırdı, çelik nasıl kullanılıyor, orada çekmeyi bilemiyorum, bence çalışmaz gibi.

SALONDAN- Beton basınç hesaplarında boşluklar dikkate alınıyor mu?

ZAFER KINACI- Yok. Zaten içini dolduruyorsunuz sonra. Tam 60'lık değil de 50'lik.

SALONDAN- Hâlâ mesnet momentleri nasıl alıyor, hala anlayamadım)

ZAFER KINACI- Mesnet momentleri bu almıyor ki, bu sadece kirişi havaya kaldırıyor. Germe de sadece mesnet momentleri azaltıyorsunuz.

Peki, teşekkür ederim.

-----&-----

Hazırlayan : Zafer Kınacı

PRESTRESSED CONCRETE
(ÖN GERİLMELİ BETON)

Hazırlayan : Zafer Kınacı

PRESTRESSED CONCRETE

(ÖN GERİLMELİ BETON TEKNOLOJİSİ)

- PRE -TENSIONING (ÖN ÇEKME)
- POST-TENSIONING (ARD ÇEKME)

*Ülkemizde Ön-germe ve Ard-germe olarak adlandırılmaktadır.

Hazırlayan : Zafer Kınacı

- Öngeremeli Beton denemeleri 20.yy ın başlarında başlanılmıştır.

- İlk kullanımlarında öngerme işlemi düşük mukavemetli çeliklerle yapıldığından, öngermenin kısa sürede rötre ve sünme ile kaybolduğu gözlenmiştir.

- 1928 de Fransız Freyssinet ilk yüksek dayanımlı çelik ile öngerme yapmıştır.

- 1939 da koniksel ankraj tekniğinin buluşunu yapmış ve patentini almıştır.

- Ardgermeye ilk adım atılmış oldu.

Eugène Freyssinet (13 July 1879 – 8 June 1962), French civil engineer, is known as the father of prestressed concrete. (www.britannica.com)

Eugène Freyssinet

Conical Anchorage

Pretensioning (Öngerme)

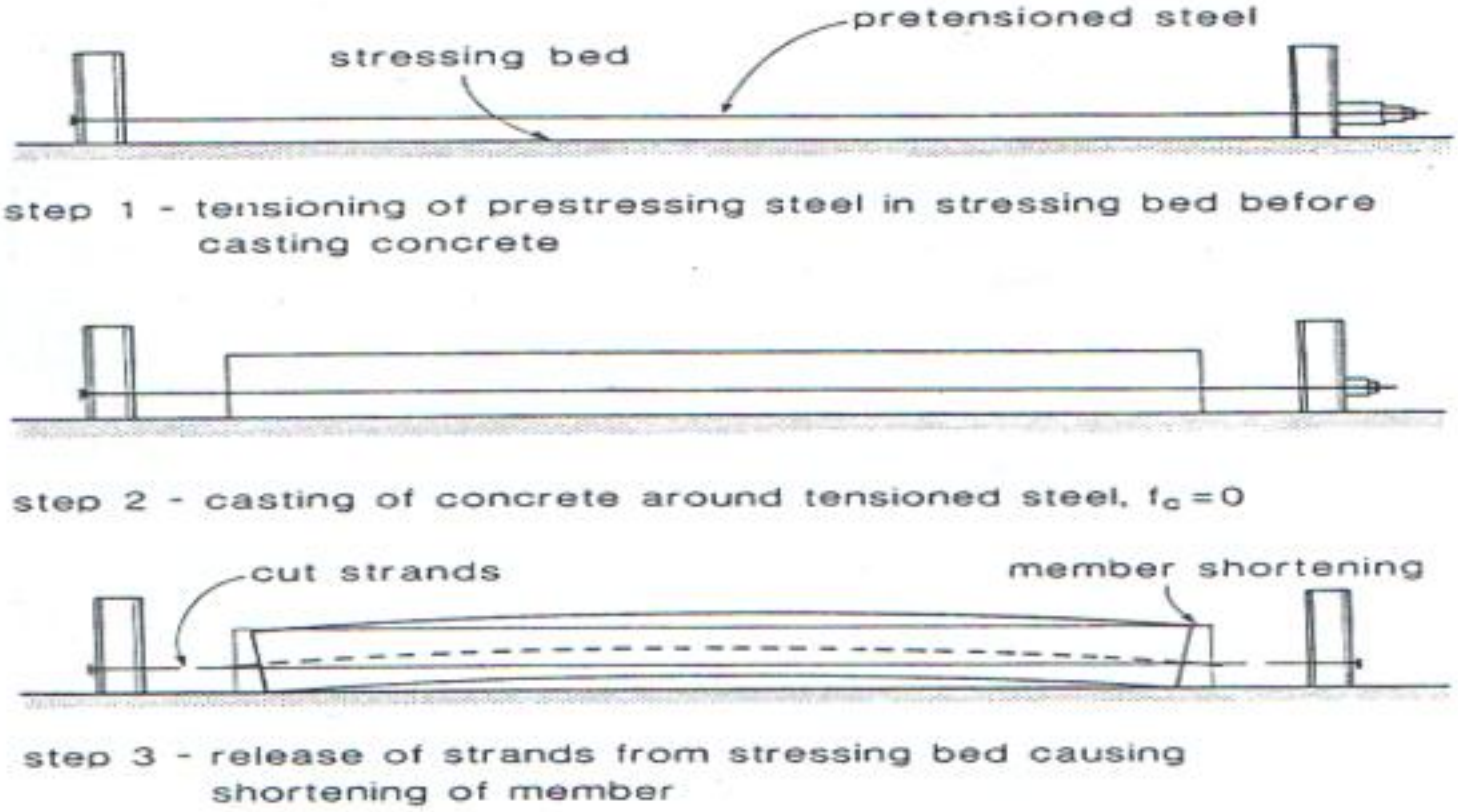
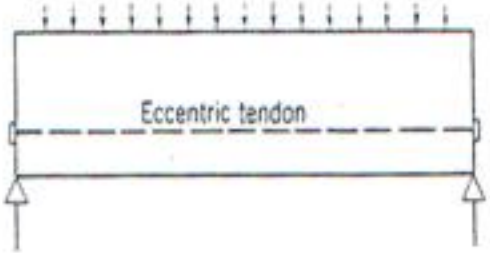


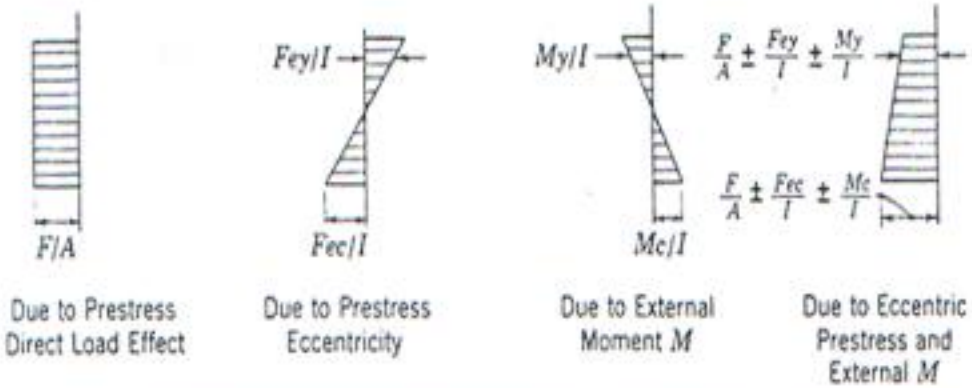
Figure Prestressing by pretensioning

Hazırlayan : Zafer Kınacı

Post-tensioning (Ard-Germe)

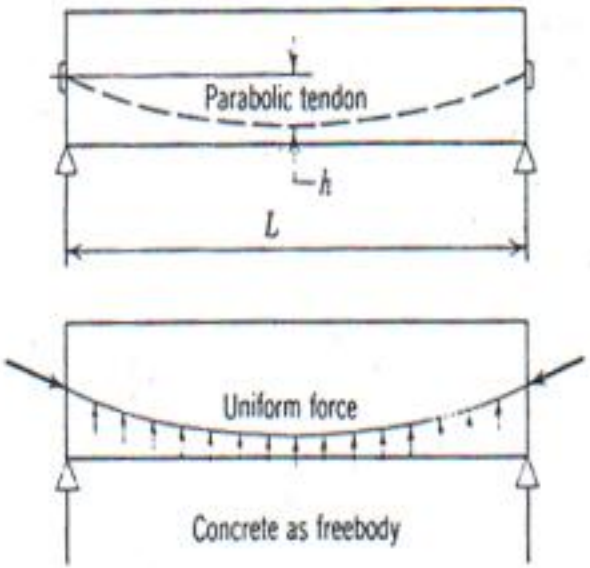


Beam Eccentrically Prestressed and Loaded



Stress distribution across an eccentrically prestressed-concrete section

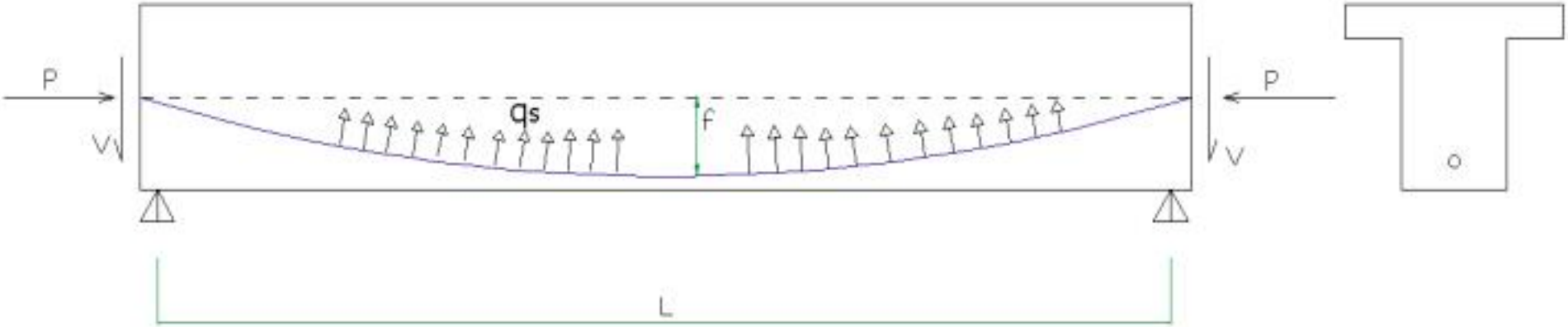
F = prestressing force
L = length of span
h = sag of parabola



Prestressed beam with parabolic tendon.

Hazırlayan : Zafer Kınacı

Post-tensioning (Ard-Germe)



Sapma Momenti , $M_s = P.f = \frac{q_s L^2}{8}$

Sapma Yükü , $q_s = \frac{8Pf}{L^2}$

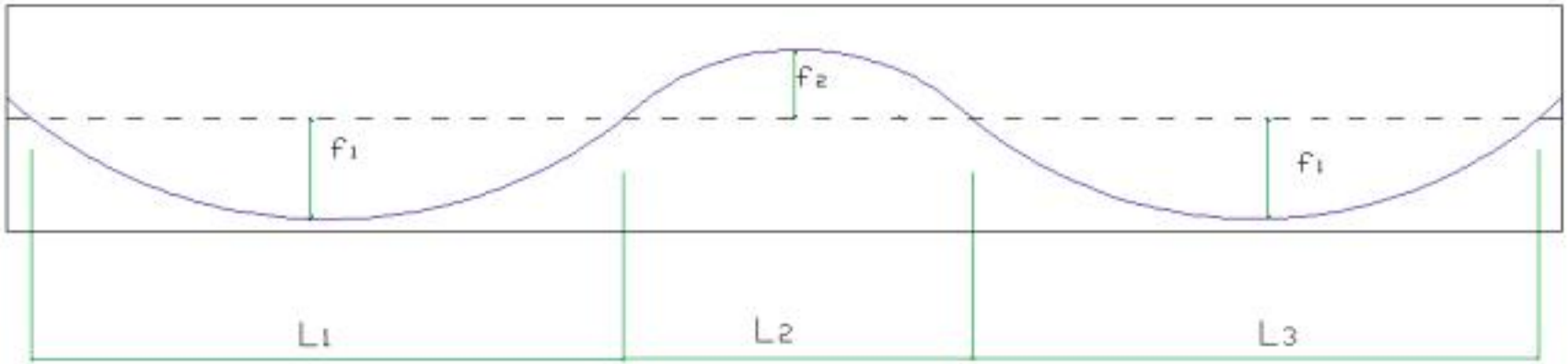
Düsey Yük Momenti : M_D

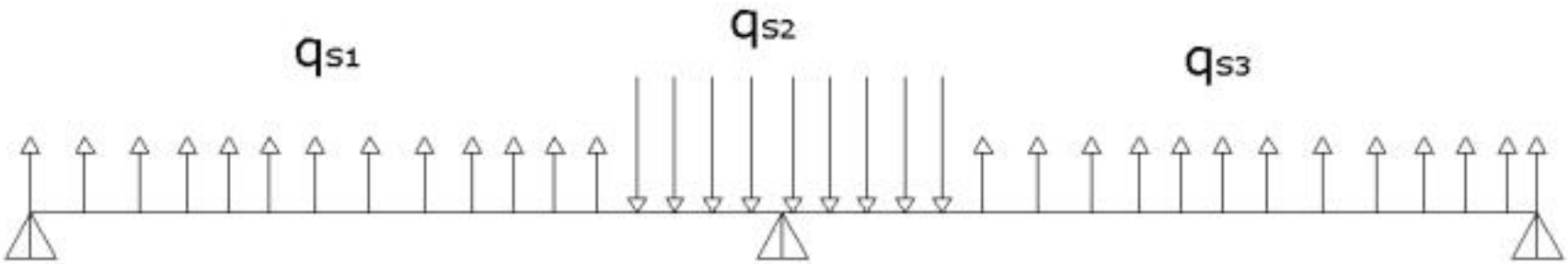
Kesit, $\Delta M = M_D - M_s$ ve P yükü altında tahkik edilir.

$$V = \frac{q_s L}{2}$$

Hazırlayan : Zafer Kınacı

Post-tensioning (Ard-Germe)





$$q_{s1} = \frac{8P.f_1}{L_1^2} \qquad q_{s2} = \frac{8P.f_2}{L_2^2} \qquad q_{s3} = \frac{8P.f_3}{L_3^2}$$

- Öngermeli beton ile ilgili Türk Standardı TS-3233 mevcuttur. Bu standardın en son düzenlemesi Şubat 1979' da yapılmıştır. Bu şartnamede öngermeli beton için emniyet gerilmeleri şöyledir;

- Basınç için

  Köprülerde ..... $0.40 \times f_{ck}$

  Diğer yapılarda .....$0.45 \times f_{ck}$

- Çekme için

  $1.6 \times \sqrt{f_{ck}}$

Ön- Germe ve Ard-Germe ‘de iki tür çelik kullanılır

- Çelik Çubuklar

Kopma gerilmesi = 12300 kg /cm^2

- Çelik Halatlar

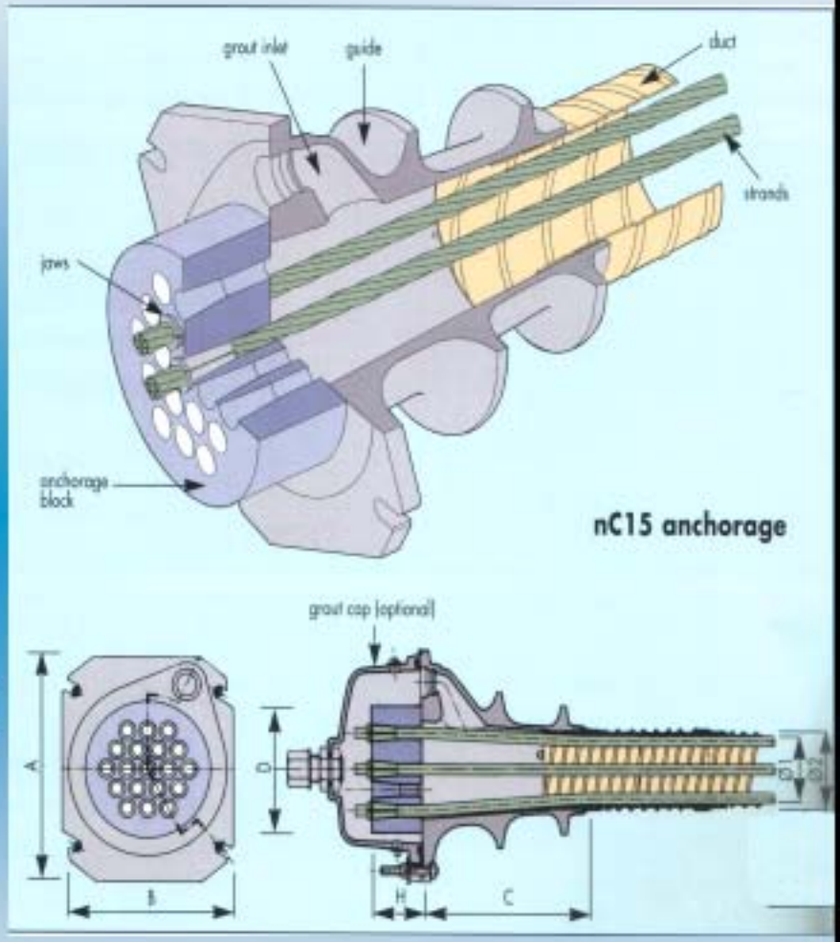
Kopma gerilmesi = 18600 kg /cm^2

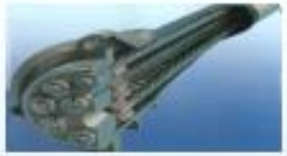
Steel Bars

Steel Strands

Hazırlayan : Zafer Kınacı

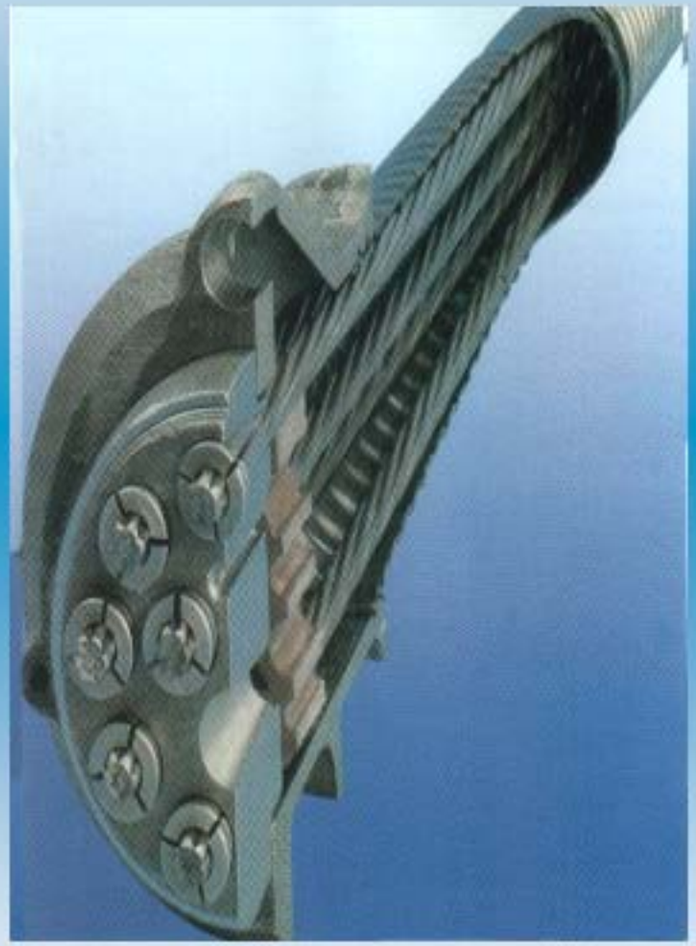
- Halatlar Kopma Mukavemetinin %75'ine kadar gerdirilir.
- % 25 emniyet payı olarak bırakılır
- Germe sırasında ve sonrasında çelikteki germe kuvvetinde bir kısım kayıplar olur.
- Sistem ve kesitler bu kayıplardan sonra kalan kuvvet altında hesaplanır





Bu kayıplar şunlardır;

- Sürtünme Kayıpları
- Ankraj Oturması
- Betonun Ani Deformasyonu
- Sünme ve Büzülme
- Çeliğin Gevşemesi



Öngerme ve Ardgerme Halatları ;

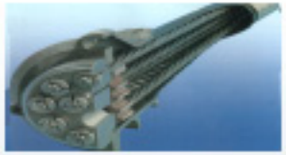
- 7 telden oluşur
- En çok kullanılan çaplar ;
  - ½ ” Kesit Alanı = 130 mm^2
  - 0.6 ” Kesit Alanı = 140 mm^2
  - 5/8 ” Kesit Alanı = 150 mm^2

7 adet Tel

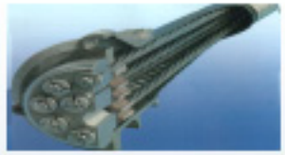
- Bir demette <u>genelde</u> 4, 7, 12, 19, 27, 37 ve 55 Adet halat kullanılır.

1 Demet

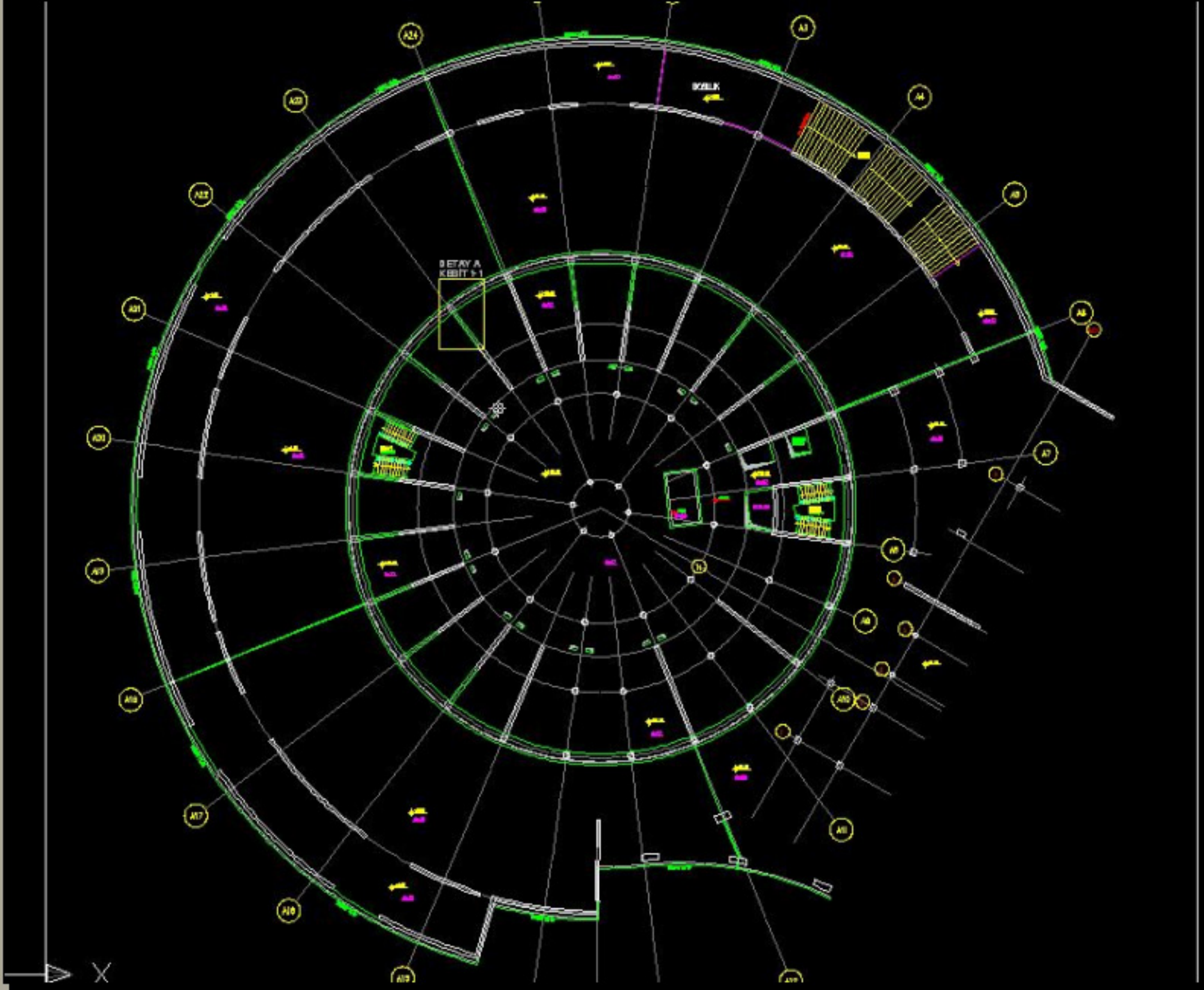
19 adet halat

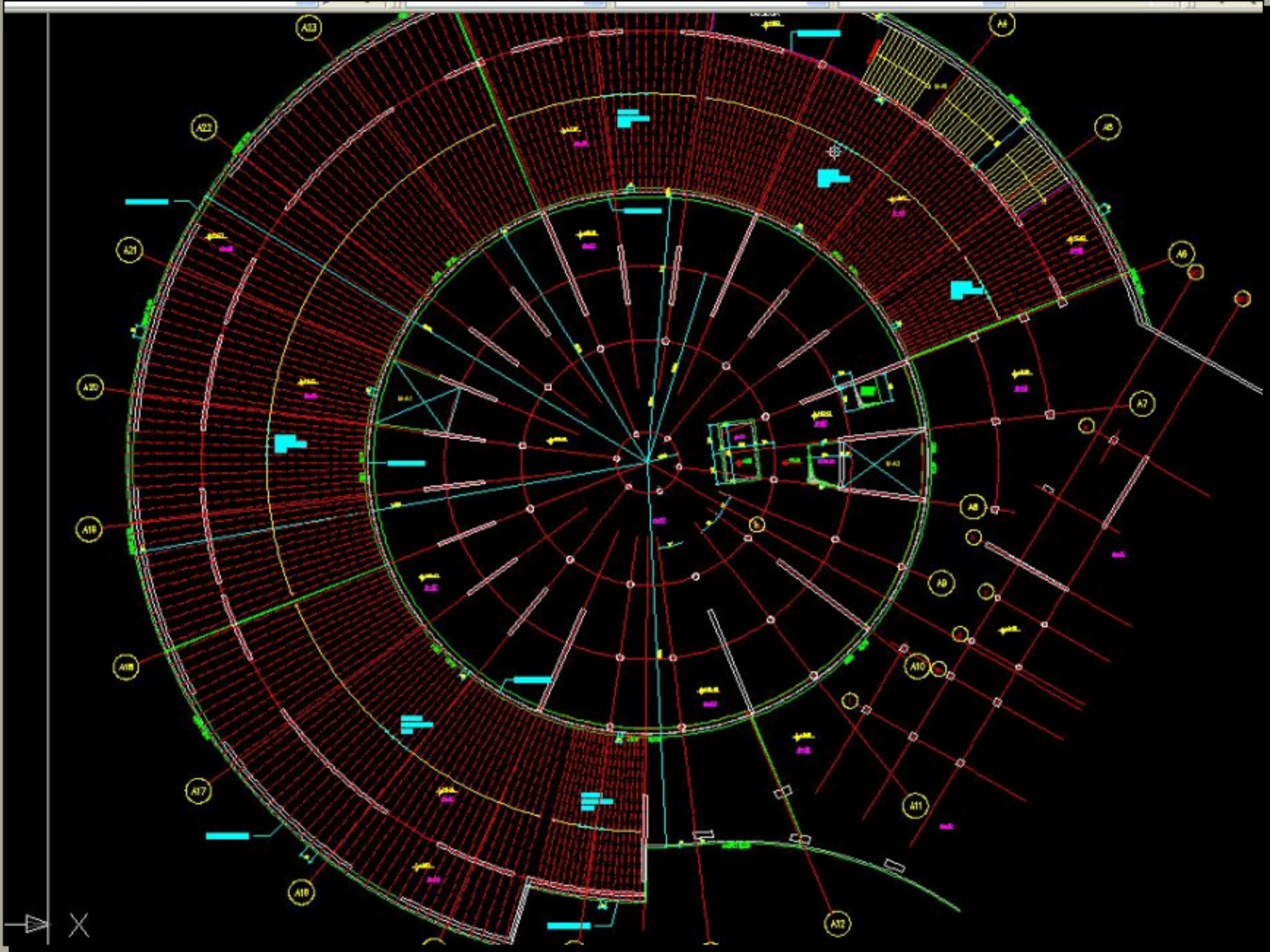


“KINACI MÜHENDİSLİK” TARAFINDAN UYGULAMASI YAPILMIŞ ARD-GERME PROJE ÖRNEKLERİ

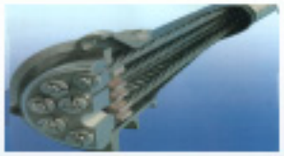


1) BELEK OTEL (ANTALYA) PROJESİNDE ARD-GERME UYGULAMASI


A24
A3
WALK
A4
A23
A5
A12
A6
A21
A7
A20
A8
A13
A9
A14
A10
A17
A11
A18
A19
A20
X


A33
A4
A22
A5
A21
A6
A20
A7
A19
A8
A9
A18
A10
A17
A11
A16
A12

PRESTRESSED CONCRETE
(ÖN GERİLMELİ BETON TEKNOLOJİSİ)

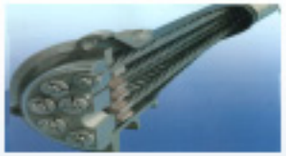


Hazırlayan : Zafer Kınacı

ÇELİK ÇUBUK UYGULAMASI

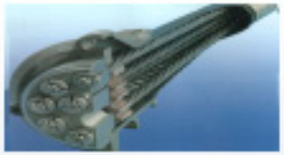
23.10.2008

PRESTRESSED CONCRETE
(ÖN GERİLMELİ BETON TEKNOLOJİSİ)



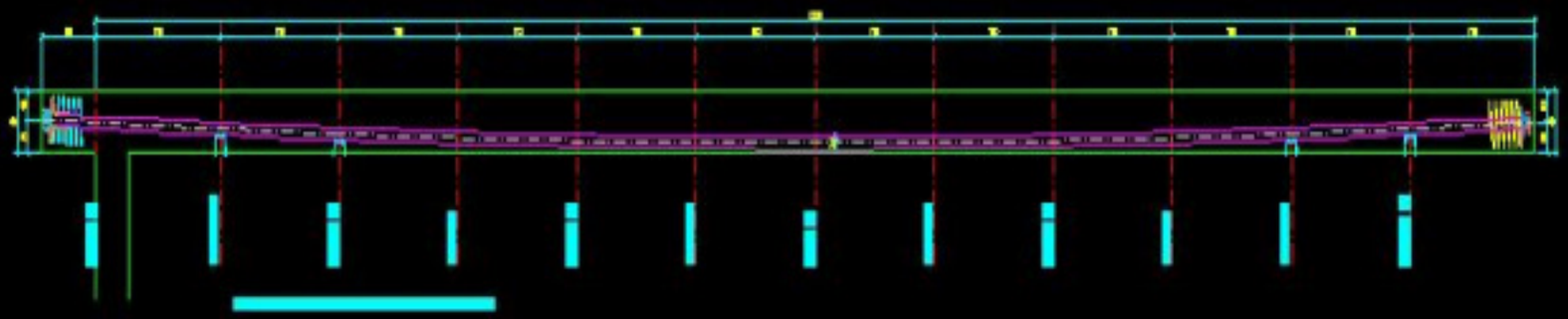
Hazırlayan : Zafer Kınacı

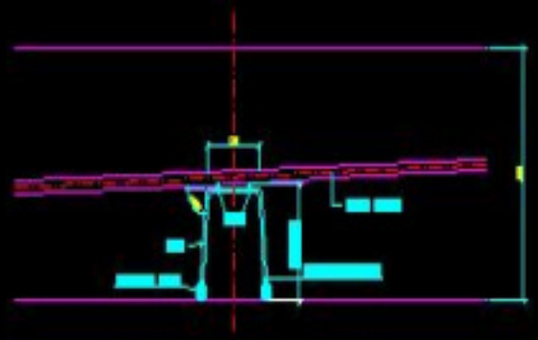
PRESTRESSED CONCRETE
(ÖN GERİLMELİ BETON TEKNOLOJİSİ)



Hazırlayan : Zafer Kınacı

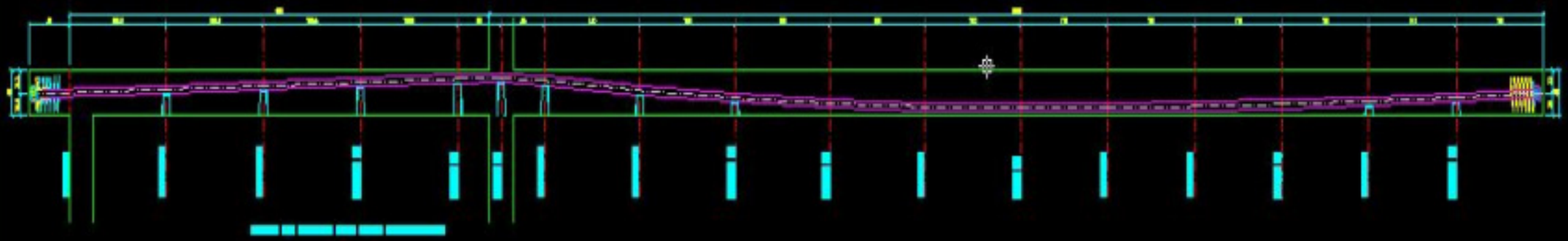
TİP 1 KABLO GEOMETRİ DETAYI 1/20



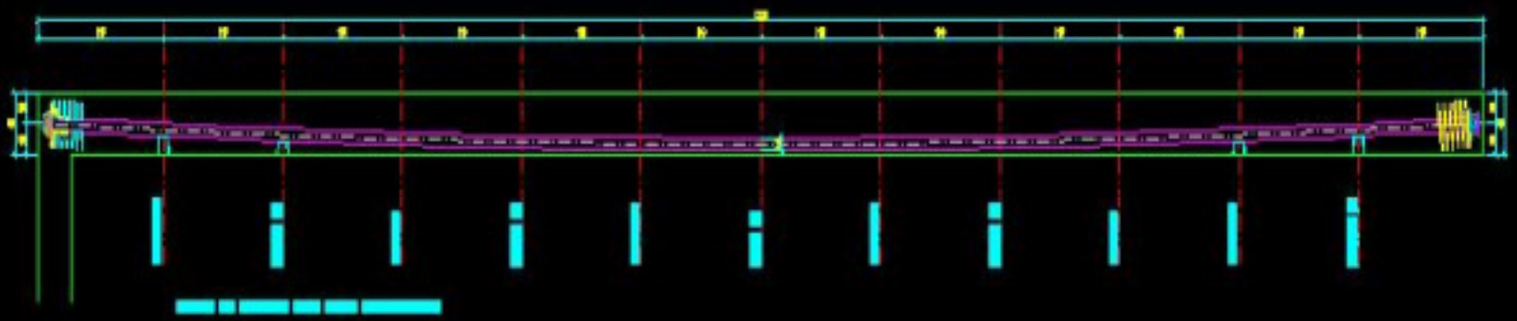


TENDON DESTEK DETAYI 1/10

TİP 2 KABLO GEOMETRİ DETAYI 1/20



TİP 3 KABLO GEOMETRİ DETAYI 1/20

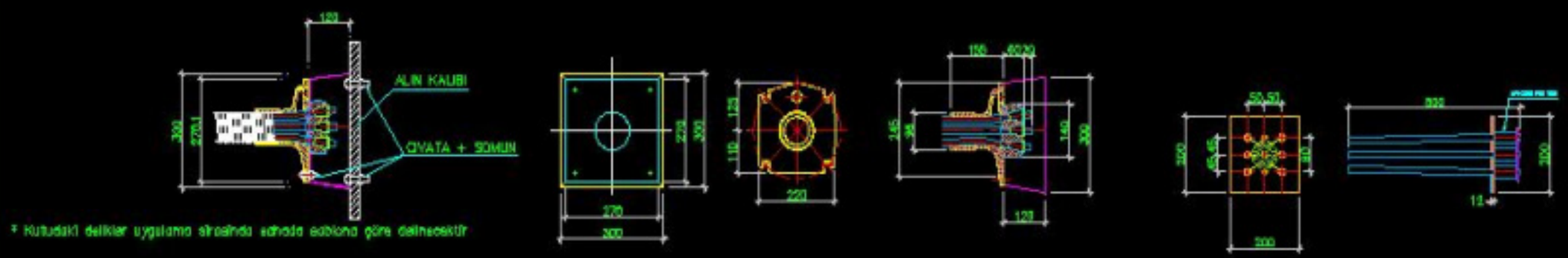


Y

TİP KESİT VE DETAYLAR 1/20

İÇ KISIM SABİT ANKRAJ YERLEŞİMİ

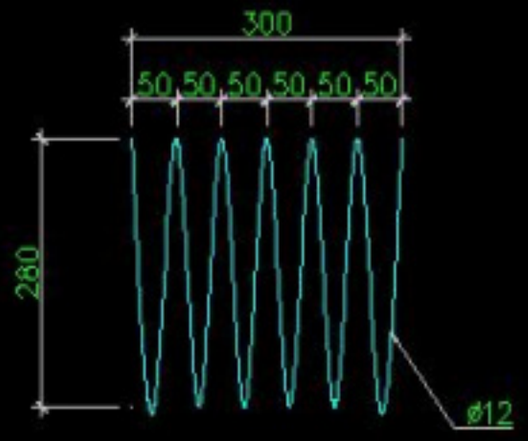
DIŞ CEPHE GERME ANKRAJ YERLEŞİMİ



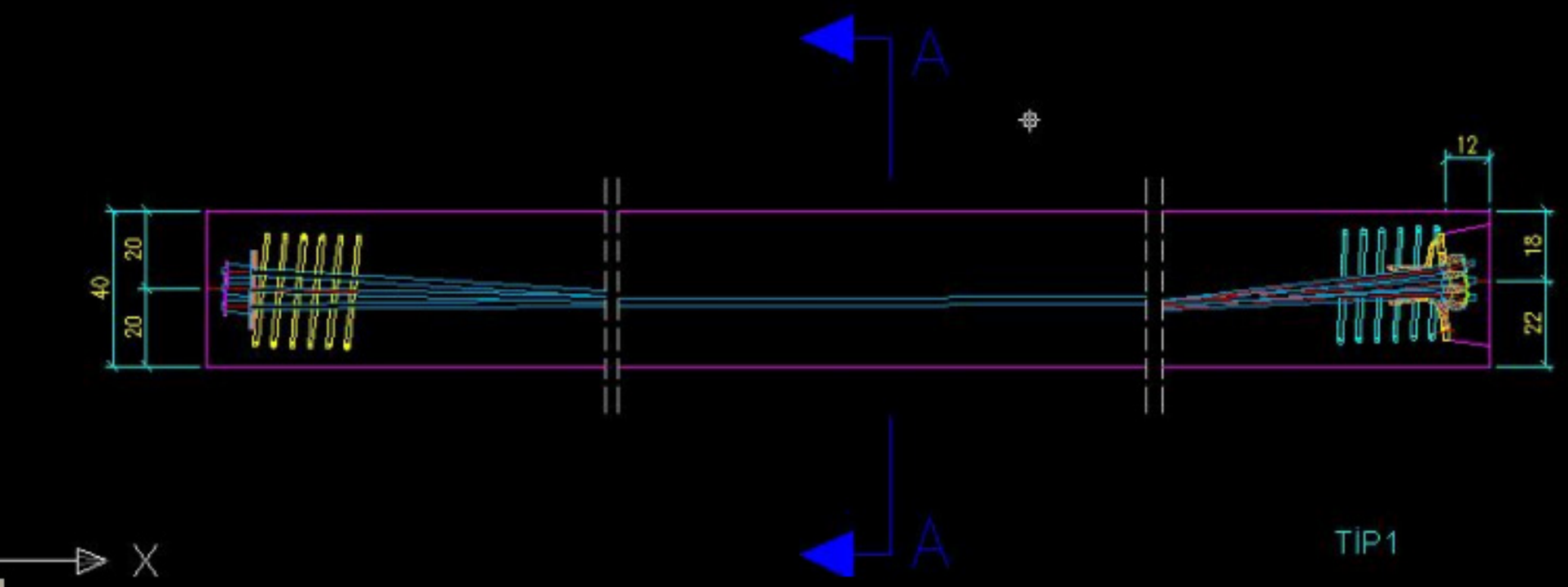
X

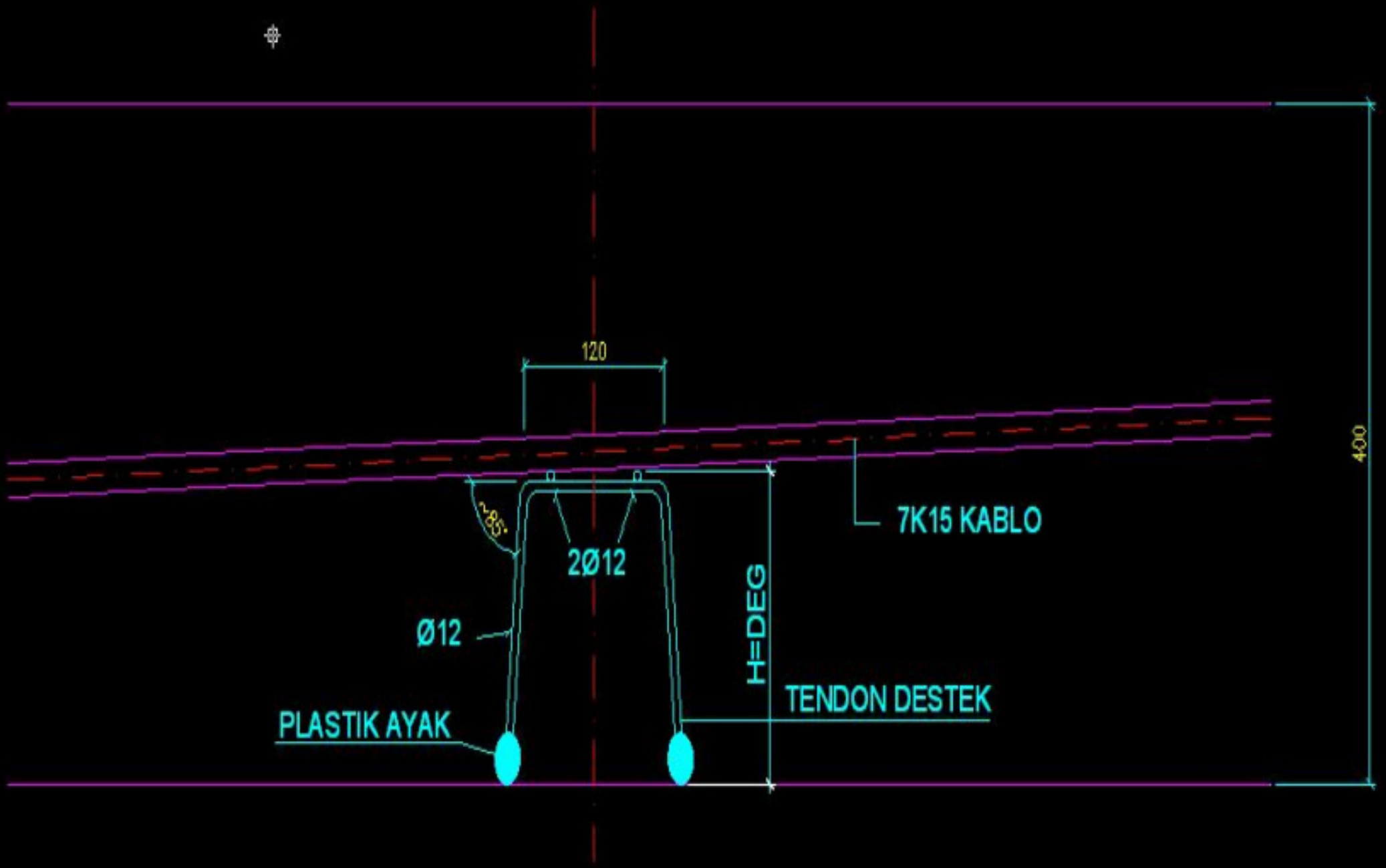
DETAY A – GERME ANKRAJI

DETAY B – SABIT ANKRAJ



DETAY – PATLAMA DONATISI

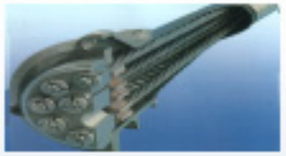




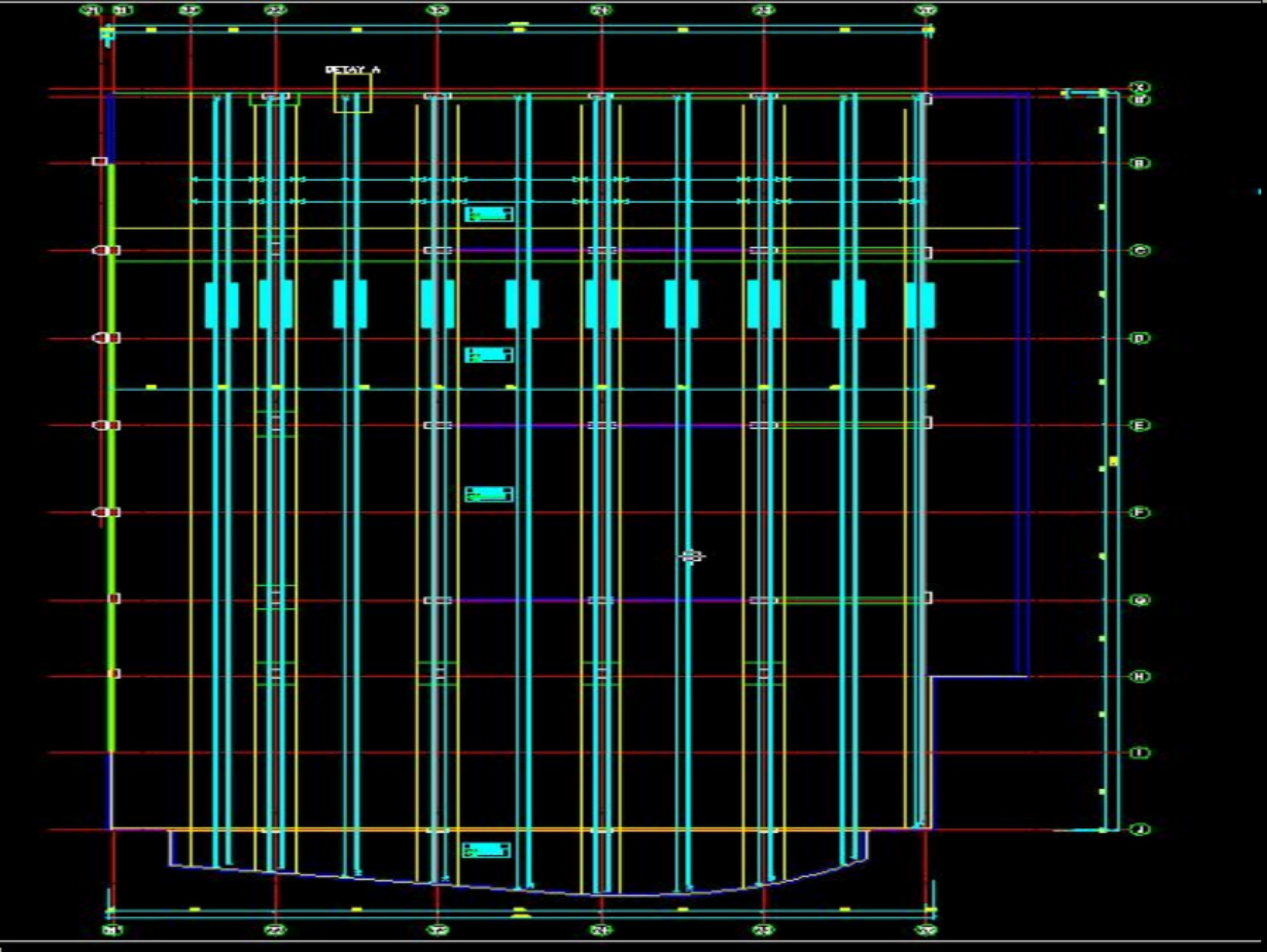
TENDON DESTEK DETAYI 1/10

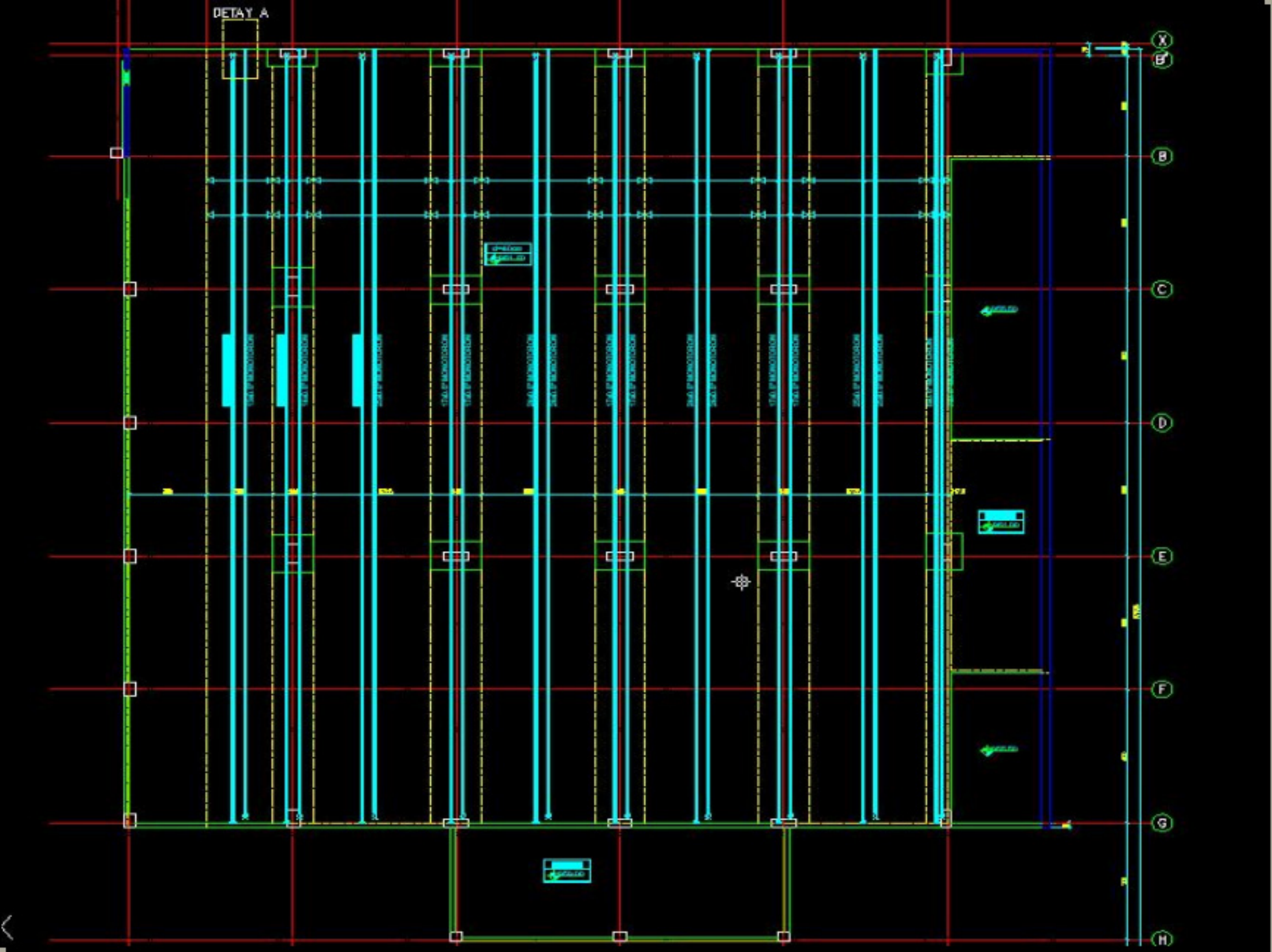
27 16:44

27 16:54



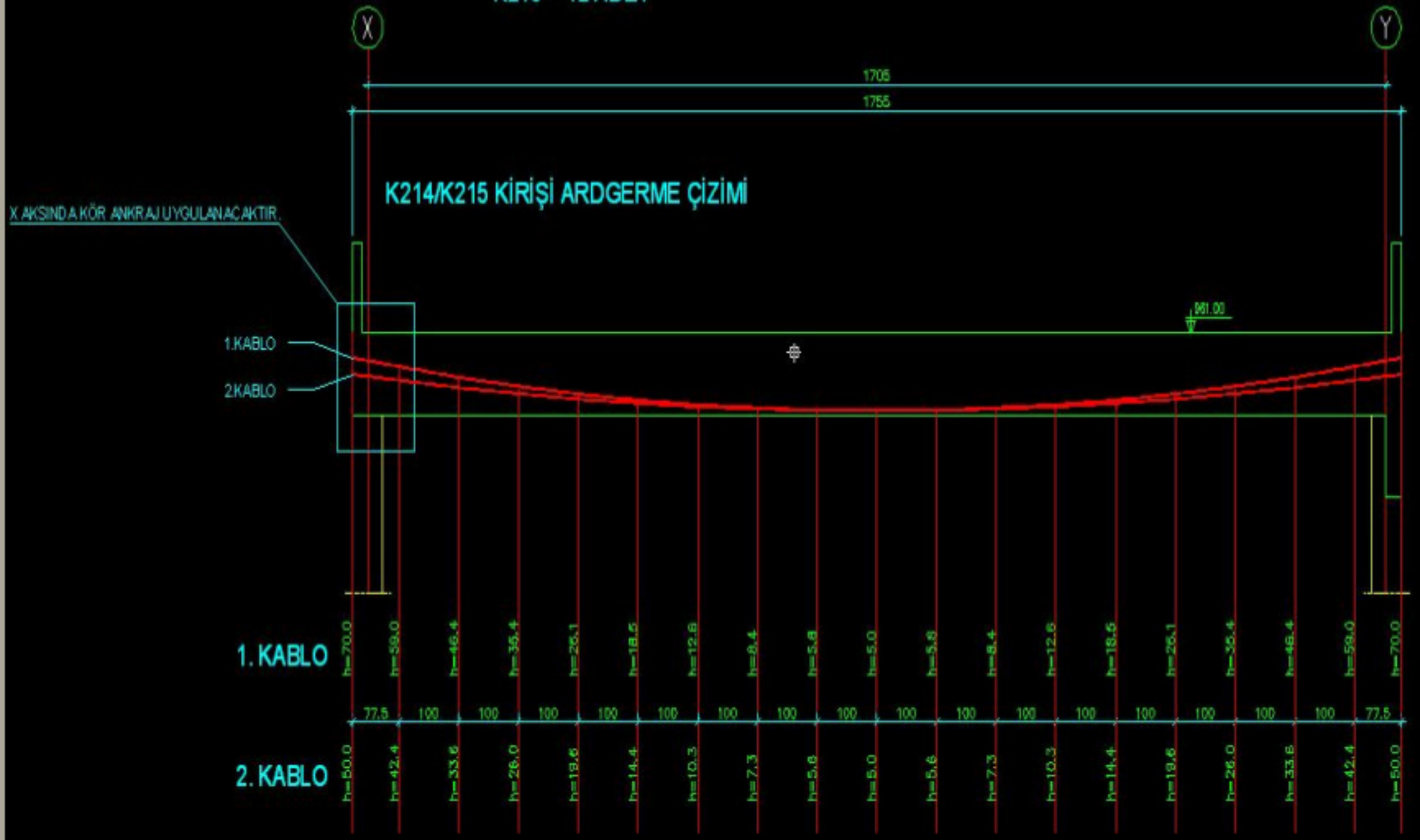
2) BEYSU PARK ÇARŞISI(ANKARA) PROJESİNDE ARD-GERME UYGULAMASI

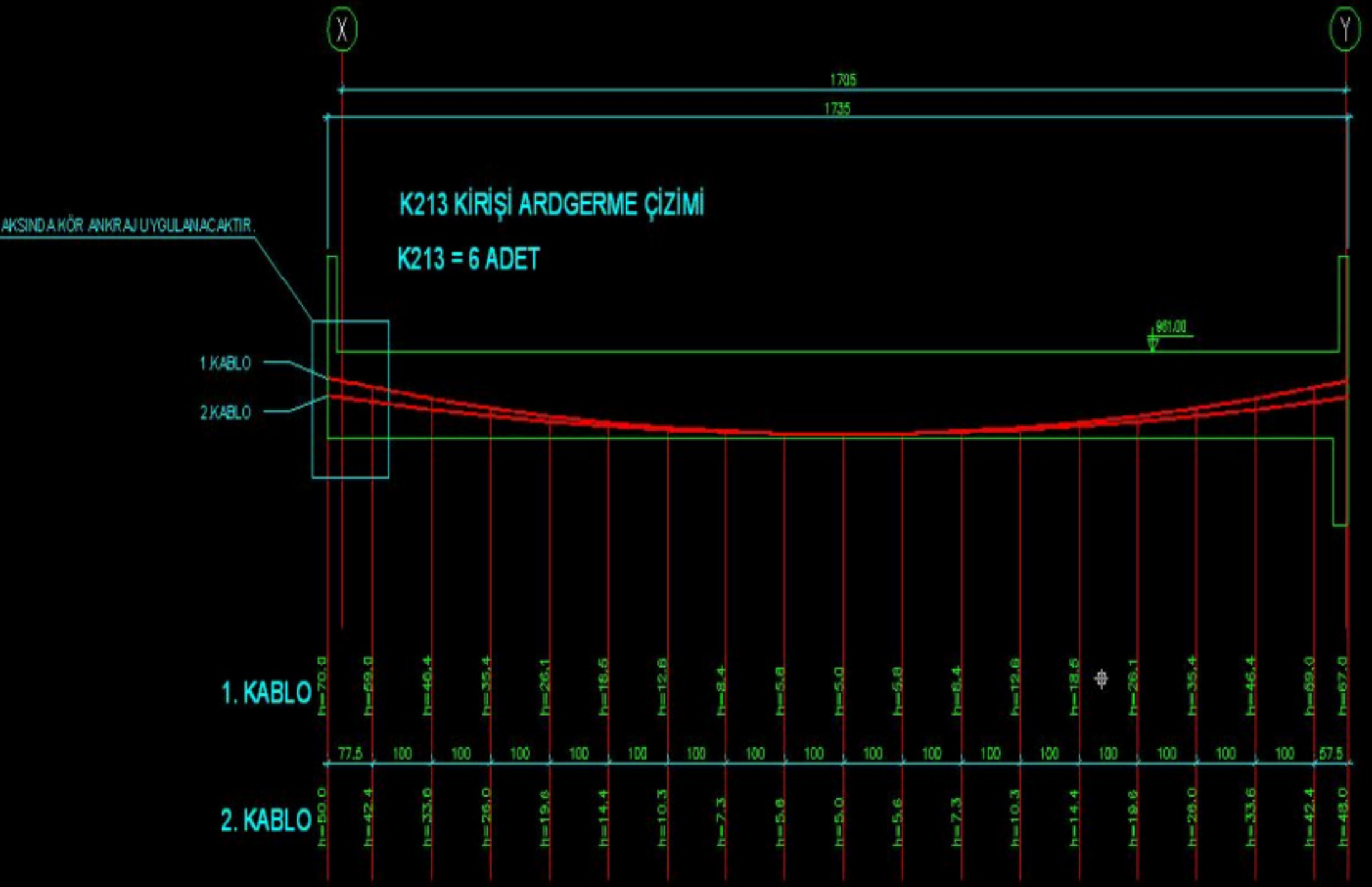

DETAIL A


DETAY A
X
B'
B
C
D
E
F
G
H

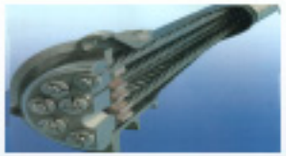
K214 = 4 ADET

K215 = 12 ADET



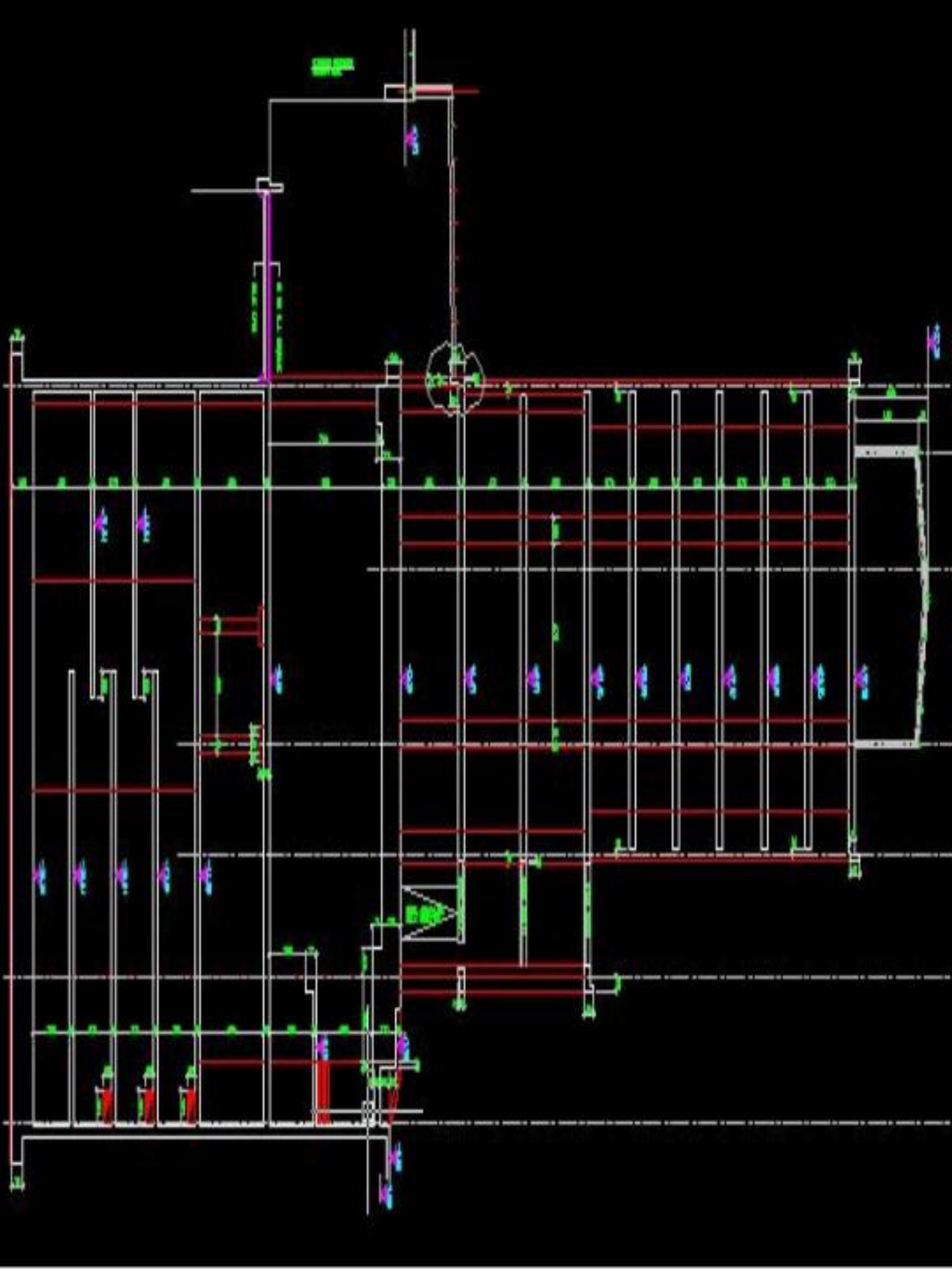

X
Y
1705
1735
K213 KİRİŞİ ARDGERME ÇİZİMİ
K213 = 6 ADET
AKSINDA KÖR ANKRAJ UYGULANACAKTIR.
1 KABLO
2 KABLO
961.00
1. KABLO
h=70.0
h=59.0
h=40.4
h=35.4
h=26.1
h=16.5
h=12.6
h=8.4
h=5.8
h=5.0
h=5.8
h=8.4
h=12.6
h=18.5
h=26.1
h=35.4
h=46.4
h=59.0
h=67.0
77.5
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
100
57.5
2. KABLO
h=50.0
h=42.4
h=33.6
h=26.0
h=19.6
h=14.4
h=10.3
h=7.3
h=5.6
h=5.0
h=5.6
h=7.3
h=10.3
h=14.4
h=19.6
h=26.0
h=33.6
h=42.4
h=49.0

Type of Prestressing Cables (Kablo Tipi)	: 0.6" monotron (yağı kılıflı))
for One Tendon (bir tendon için)	: 15.7 mm
Nominal Diameter (Nominal Çap)	: 150 mm^2
Cross Section (Kesit Alanı)	: 1860 N/mm^2
Tensile Strength (ftk) (Kopma Sınırı)	: 1674 N/mm^2
Yield Stress (fy) (Akma Sınırı)	: 209 kN
Prestressing Force (75%) (Germe Kuvveti)	
Type of Anchorages: (Ankraj Tipi)	: tekli ankraj
Stressing (Germe Ankrajı)	: tekli ankraj
Fixed (Sabit Ankraj)	
	: BS30
Concrete (Beton Kalitesi)	: S420
Mild Steel (Yumuşak Demir)	

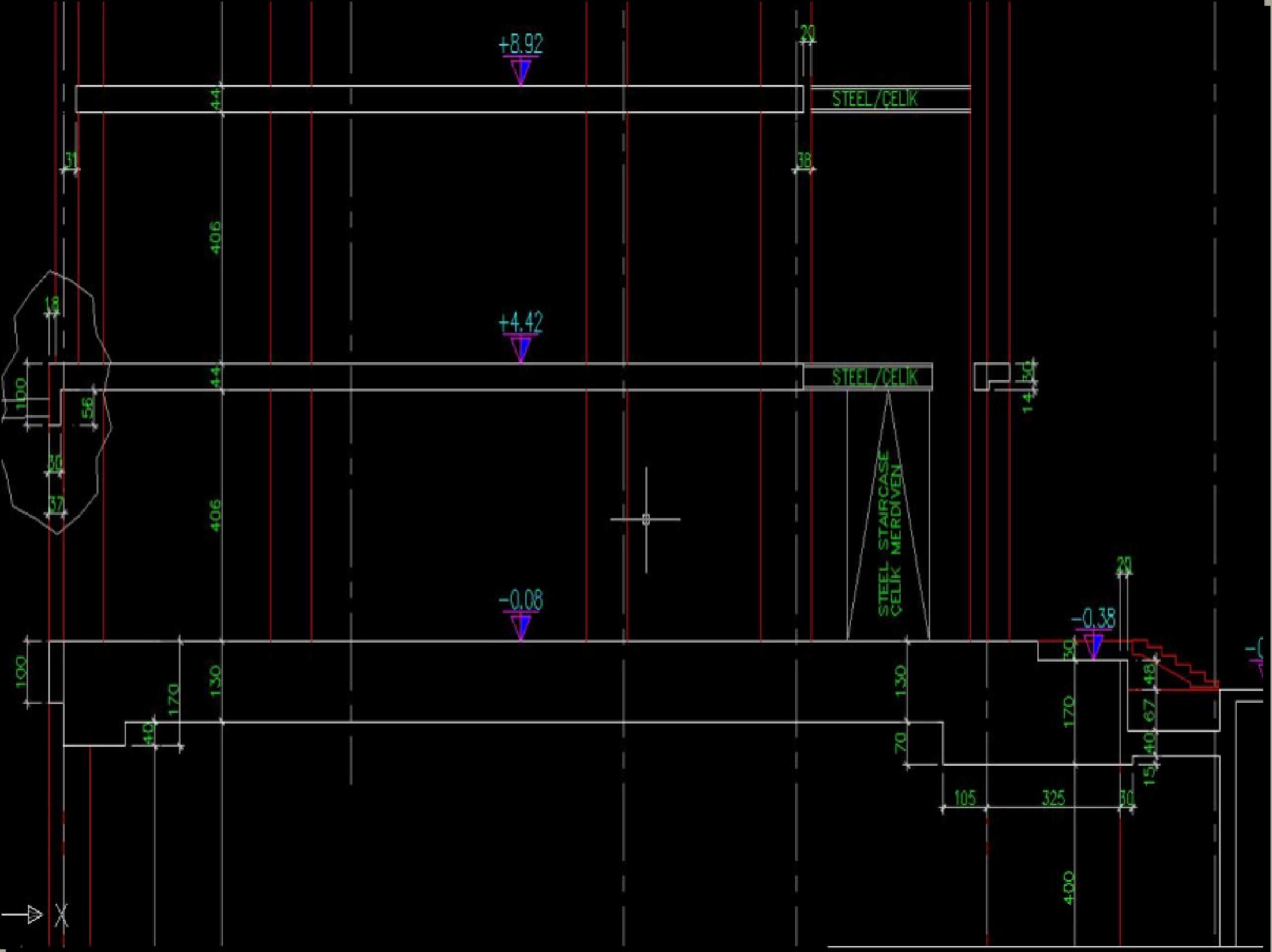


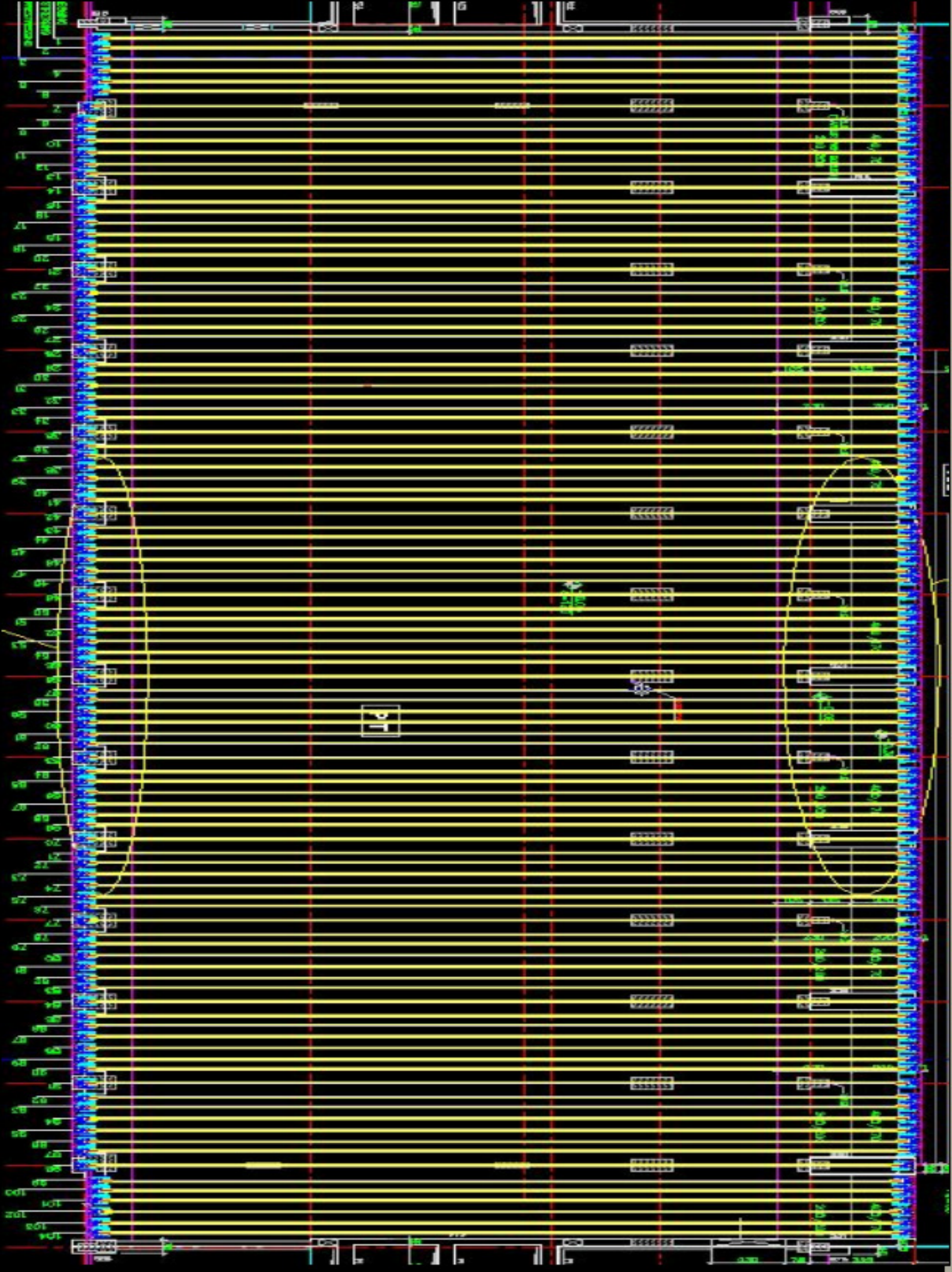
3) SHERATON OTEL (ANKARA) PROJESİNDE ARD-GERME UYGULAMASI

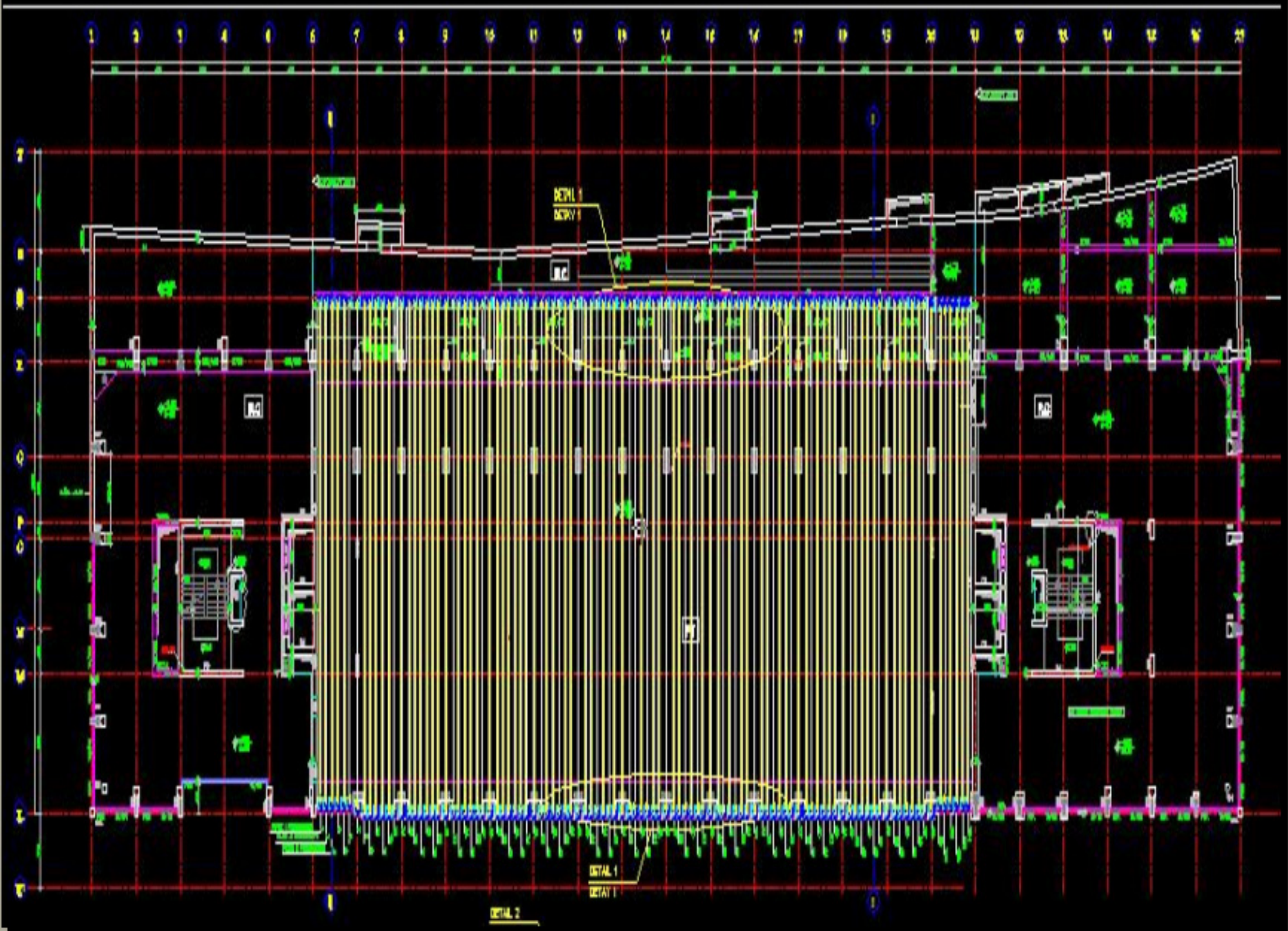
04/04/2007

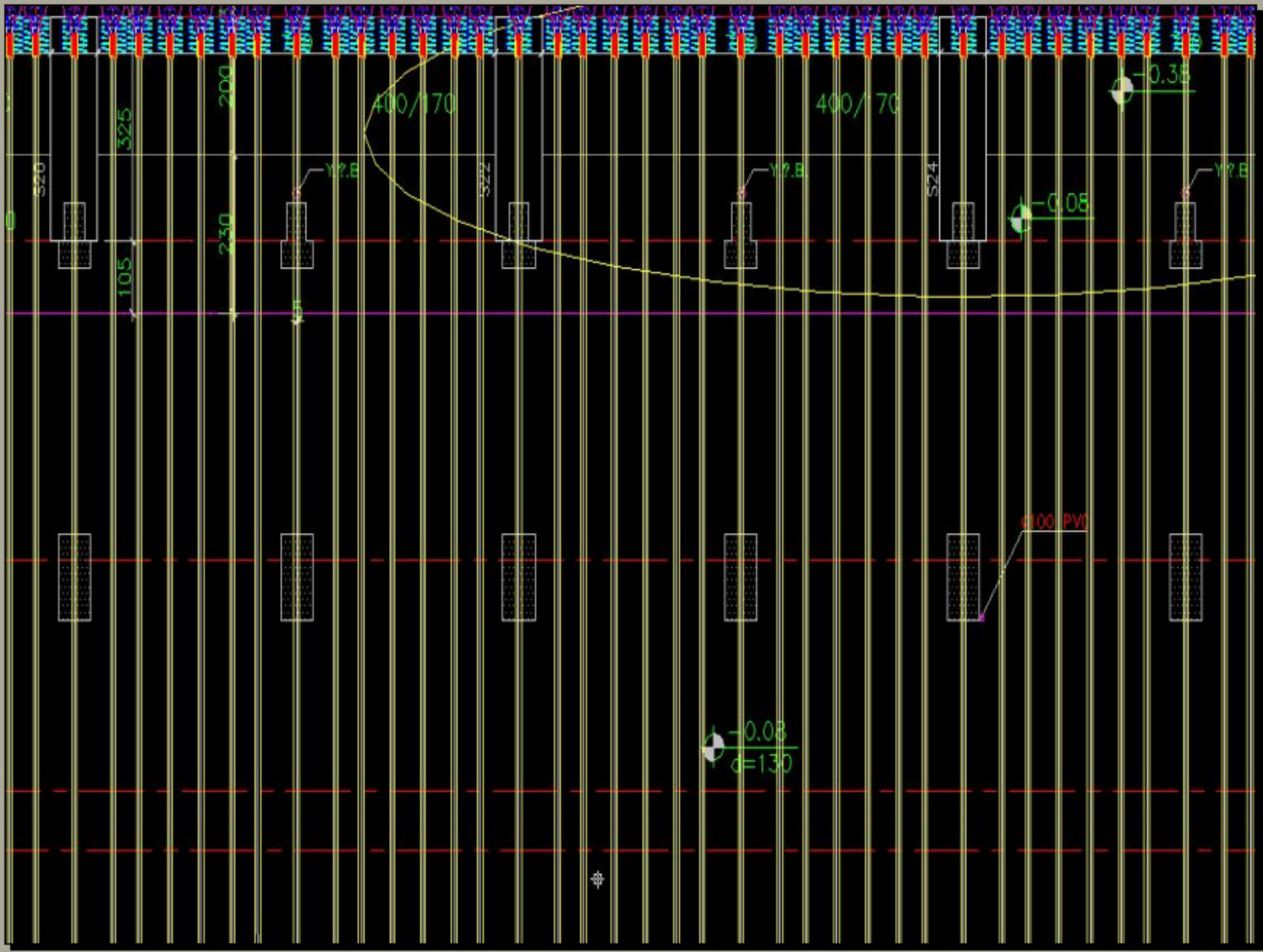


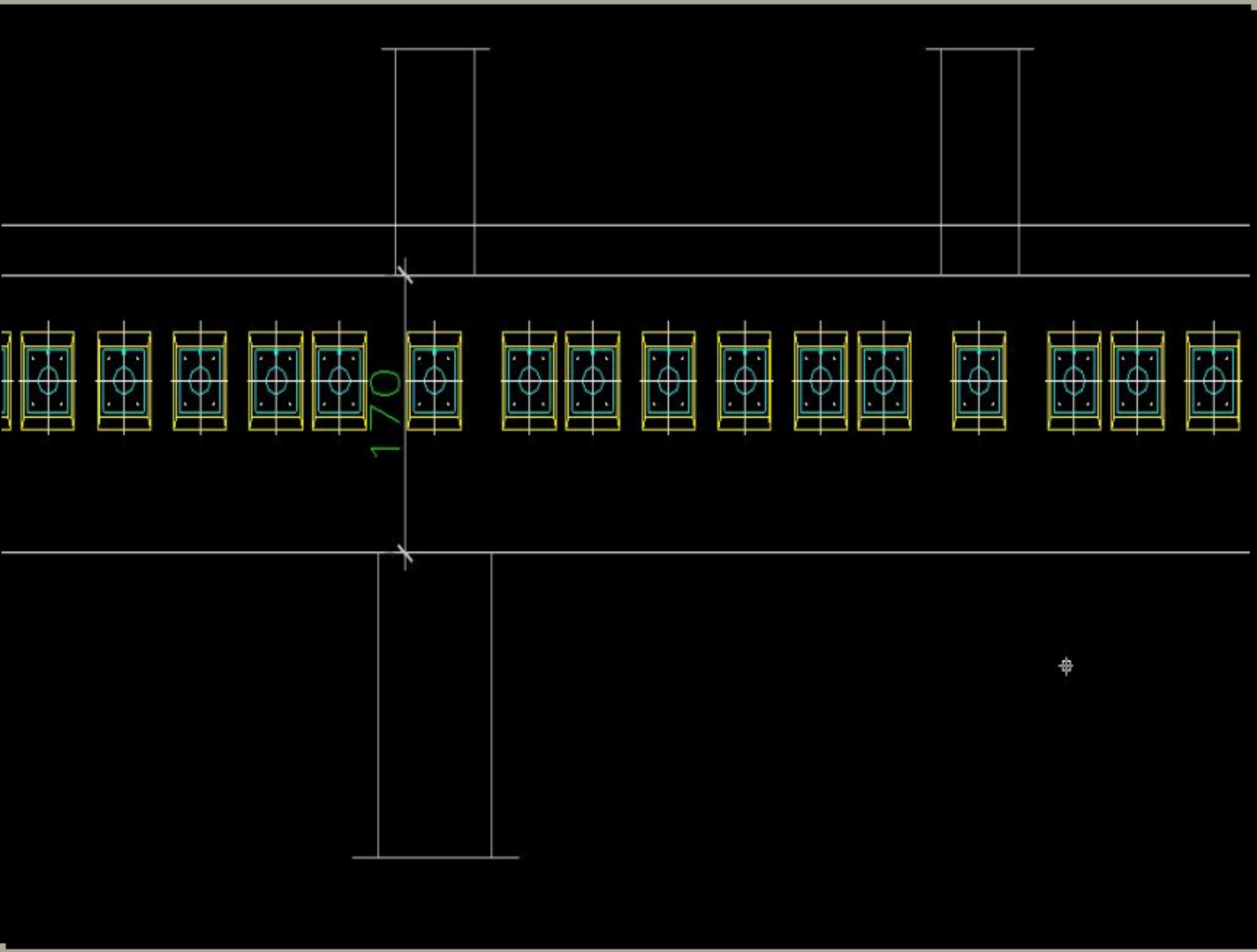
+28.15
+28.01
+22.87
19.75
+16.58
+13.45
+8.92
+4.42
-0.08
-0.35
-0.96
-1.63

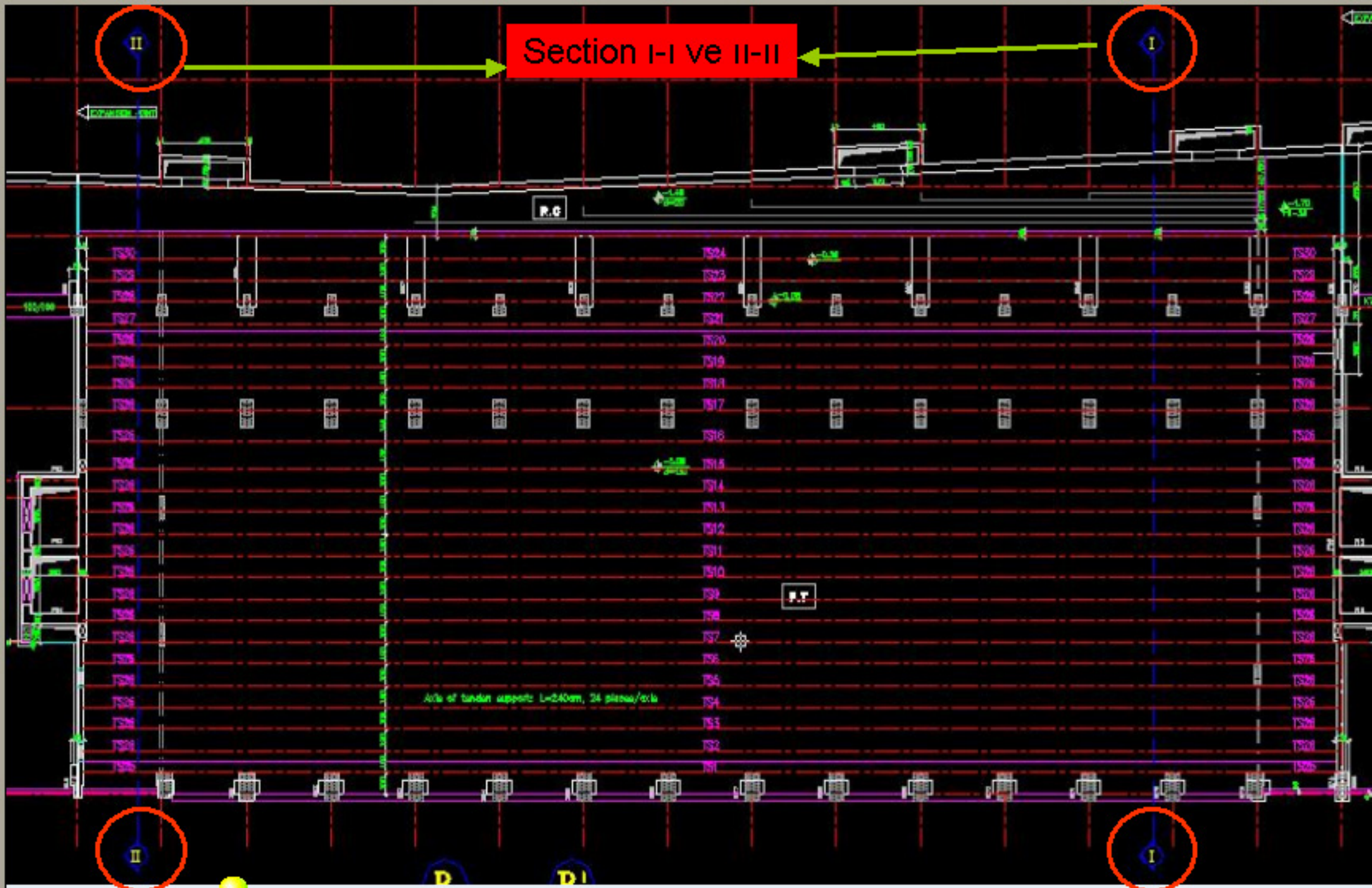

+8.92
STEEL/ÇELİK
+4.42
STEEL/ÇELİK
STEEL STAIRCASE
ÇELİK MERDİVEN
-0.08
-0.38
20
38
31
44
406
18
100
56
35
37
130
170
40
70
105
325
30
48
67
15
400
14
30



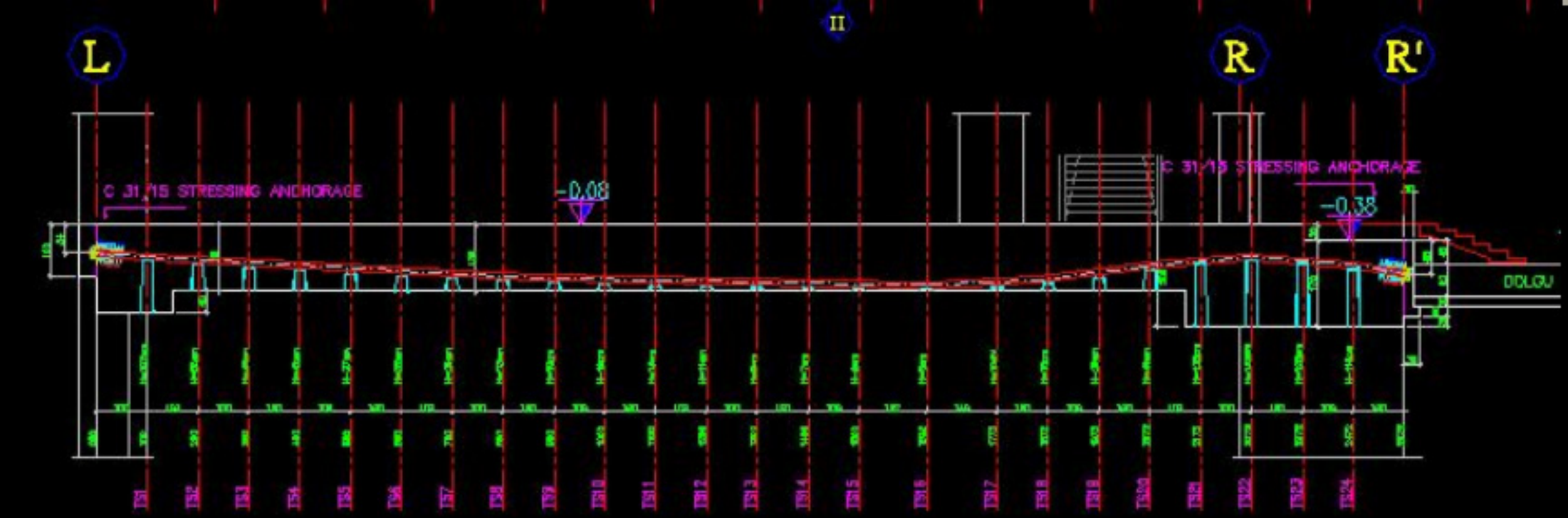

DETAIL 1
DETAIL 1
DETAIL 1
DETAIL 1
DETAIL 2


400/170
400/170
-0.35
-0.08
-0.08
d=130
325
200
230
105
S20
S22
S24
Y?.B
Y?.B
Y?.B
5
ϕ100 PVC

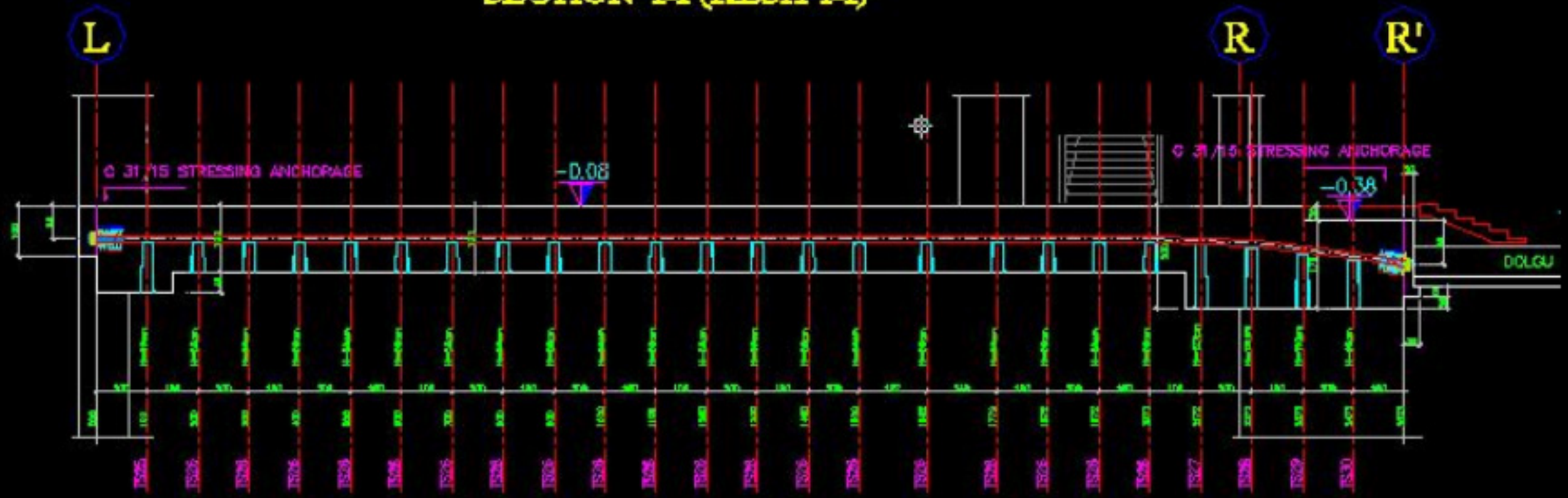

1770



Taşıyıcı tendon planı



SECTION I-I (KESIT I-I)



SECTION II-II (KESIT II-II)

NOT: TS1
Sahada u

20/03/2004

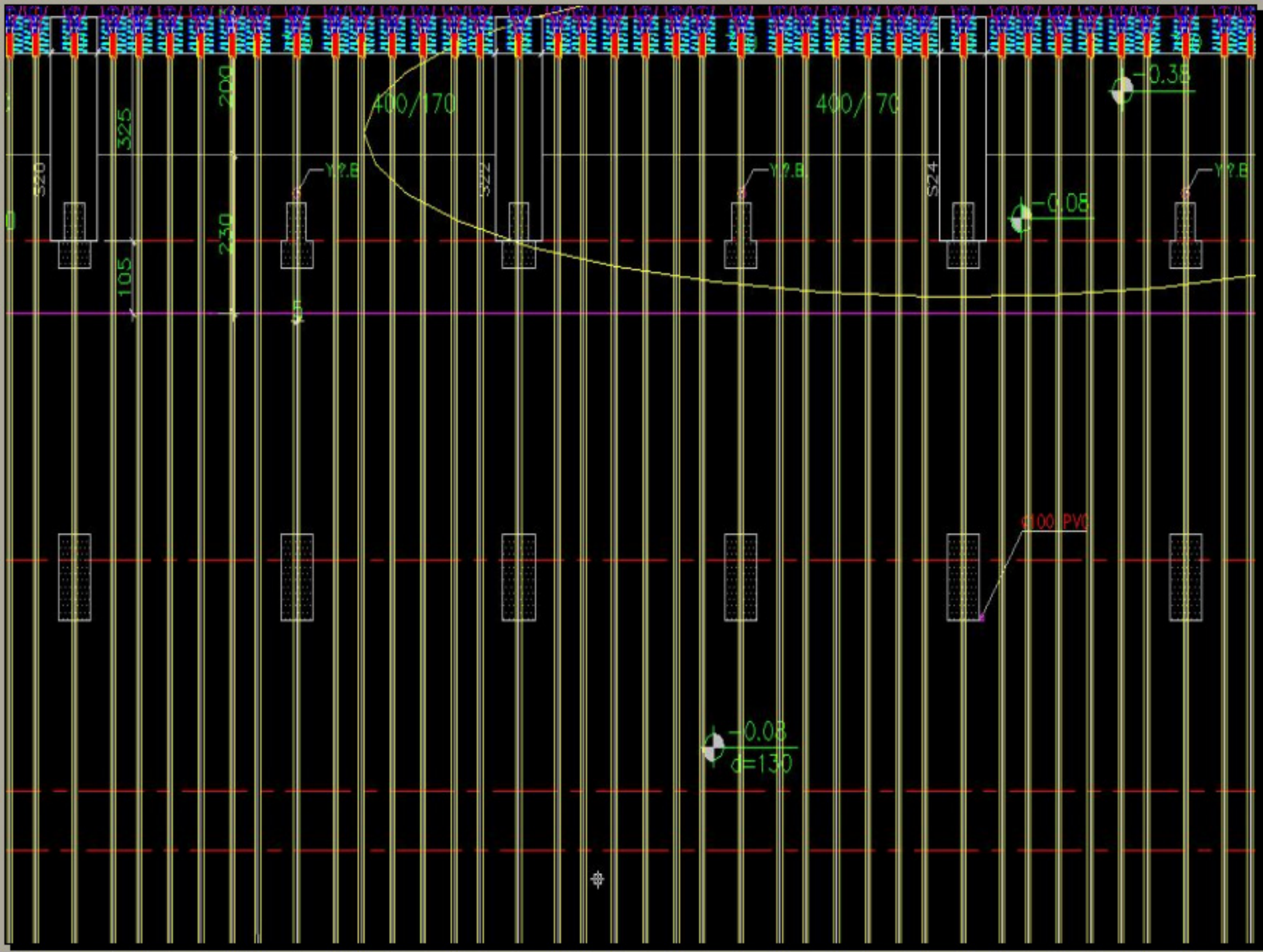
20/03/2004

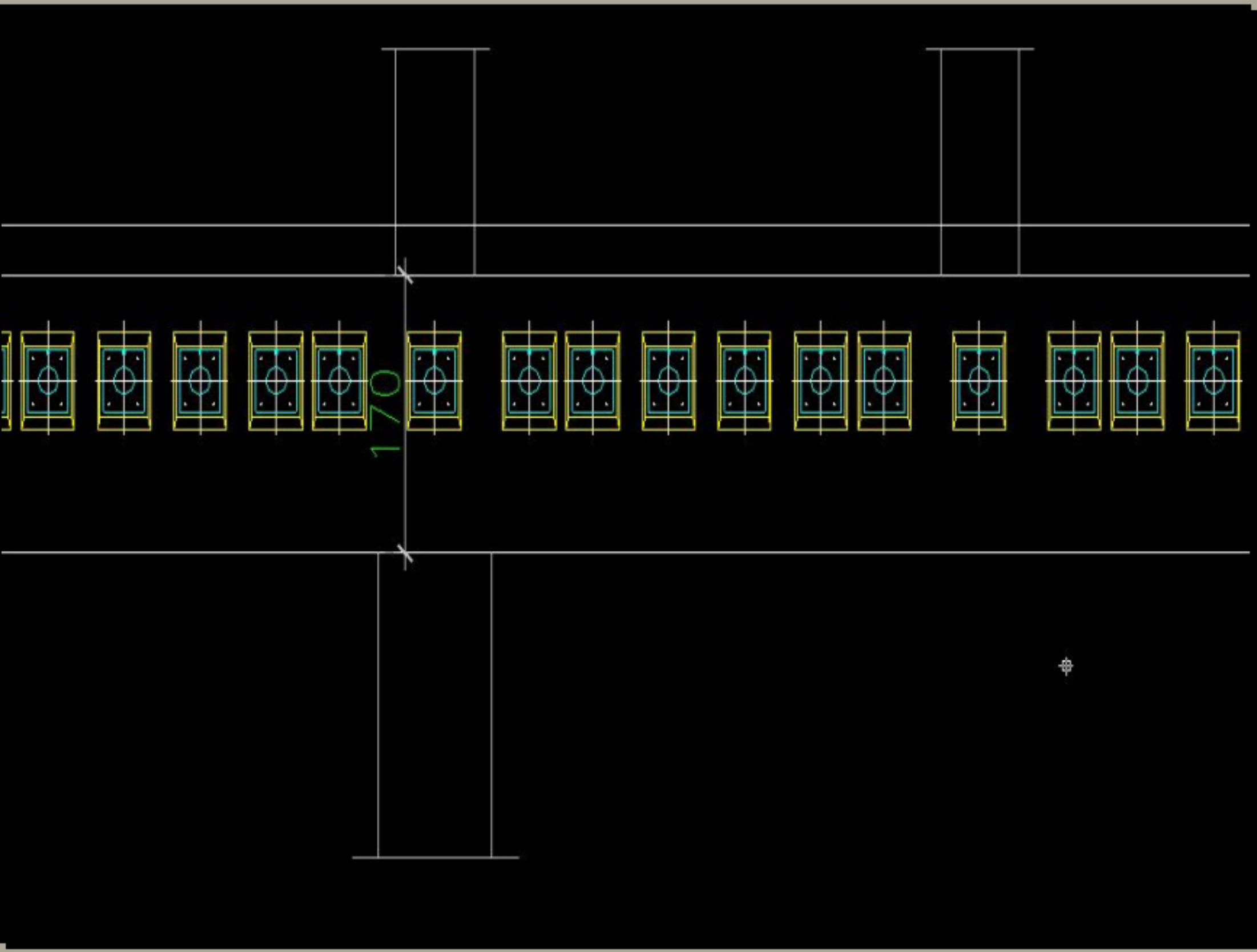
09/03/2004

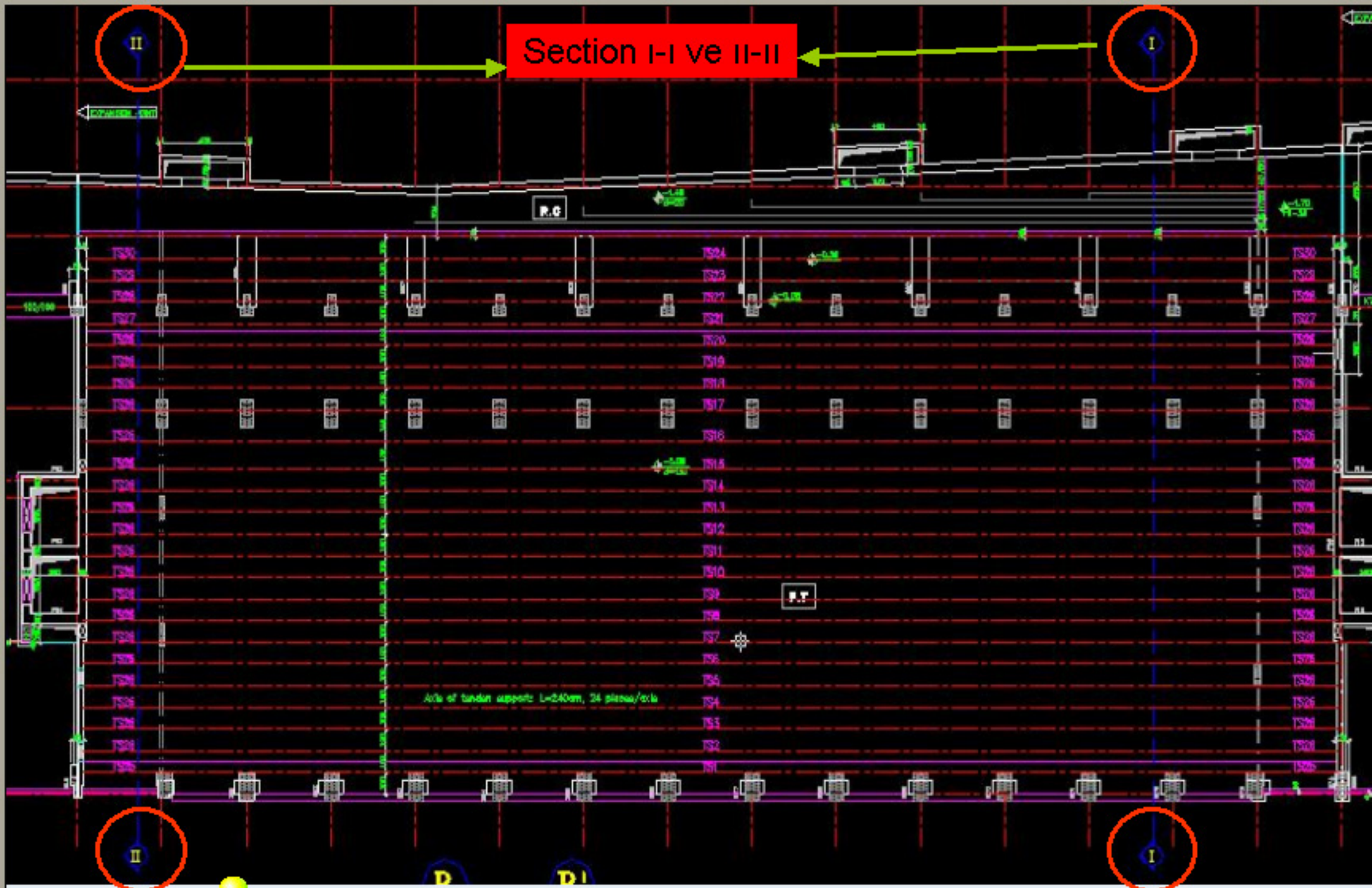
09/03/2004

03/04/2004

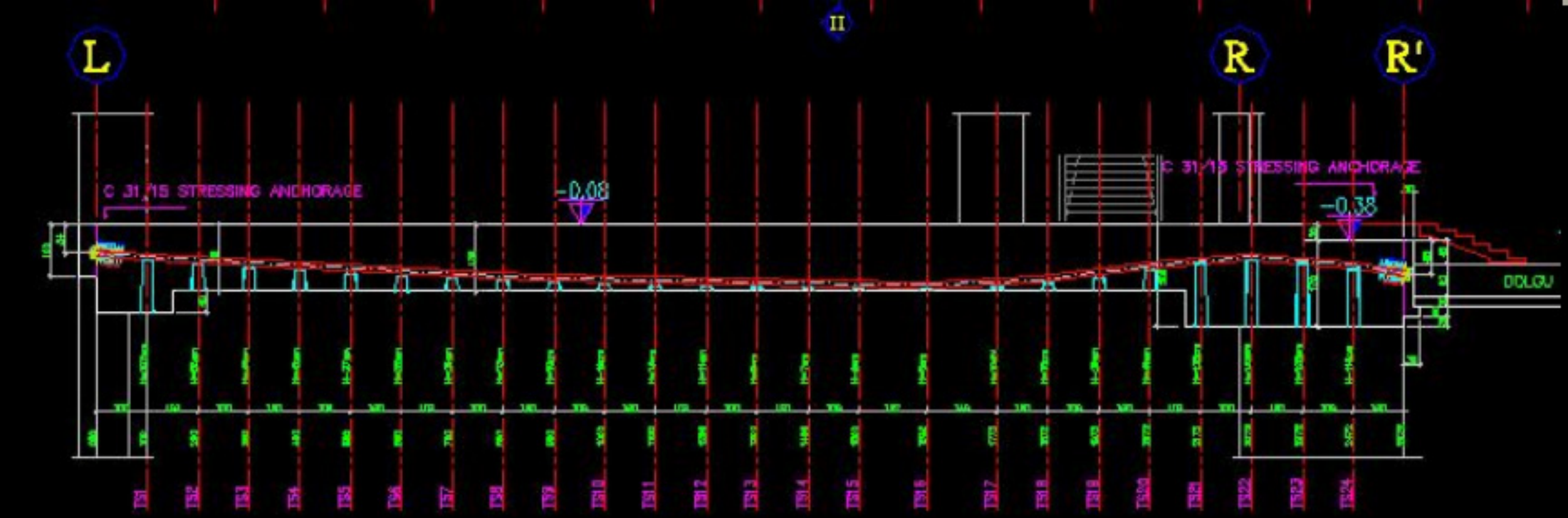
03/04/2004


400/170
400/170
-0.35
-0.08
-0.08
d=130
325
200
230
105
S20
S22
S24
Y?.B
Y?.B
Y?.B
5
ϕ100 PVC

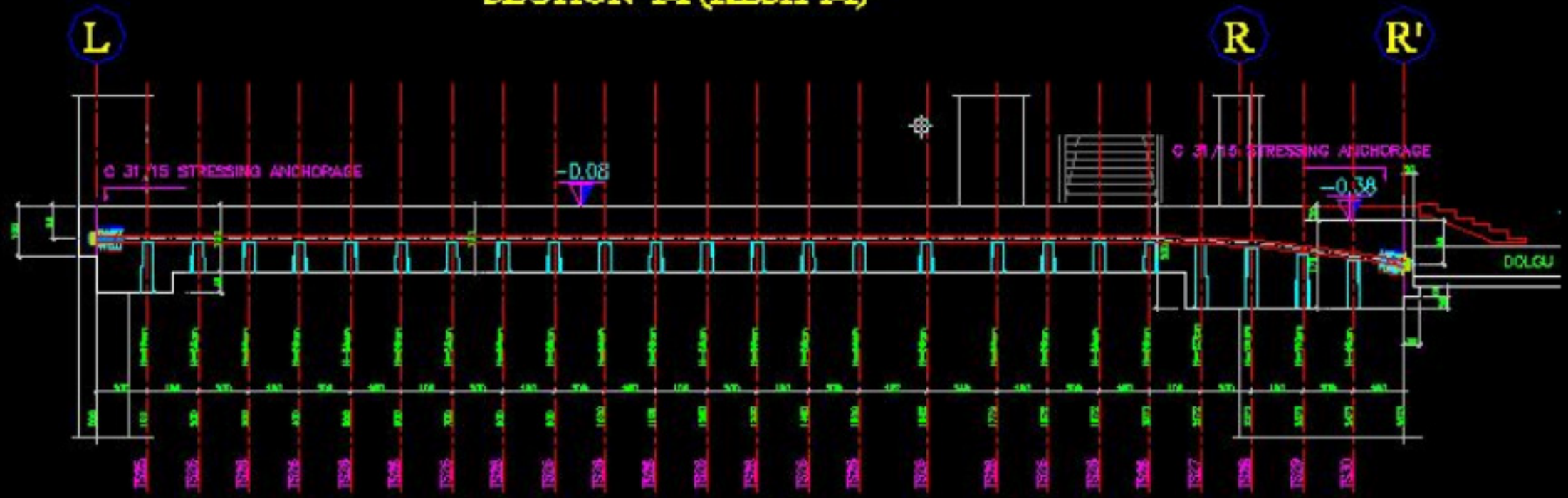

1770



Taşıyıcı tendon planı



SECTION I-I (KESIT I-I)



SECTION II-II (KESIT II-II)

NOT: TS1
Sahada u

20/03/2004

20/03/2004

09/03/2004

09/03/2004

03/04/2004

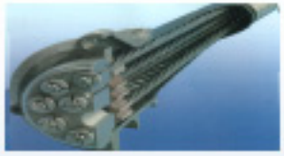
03/04/2004

03/04/2004

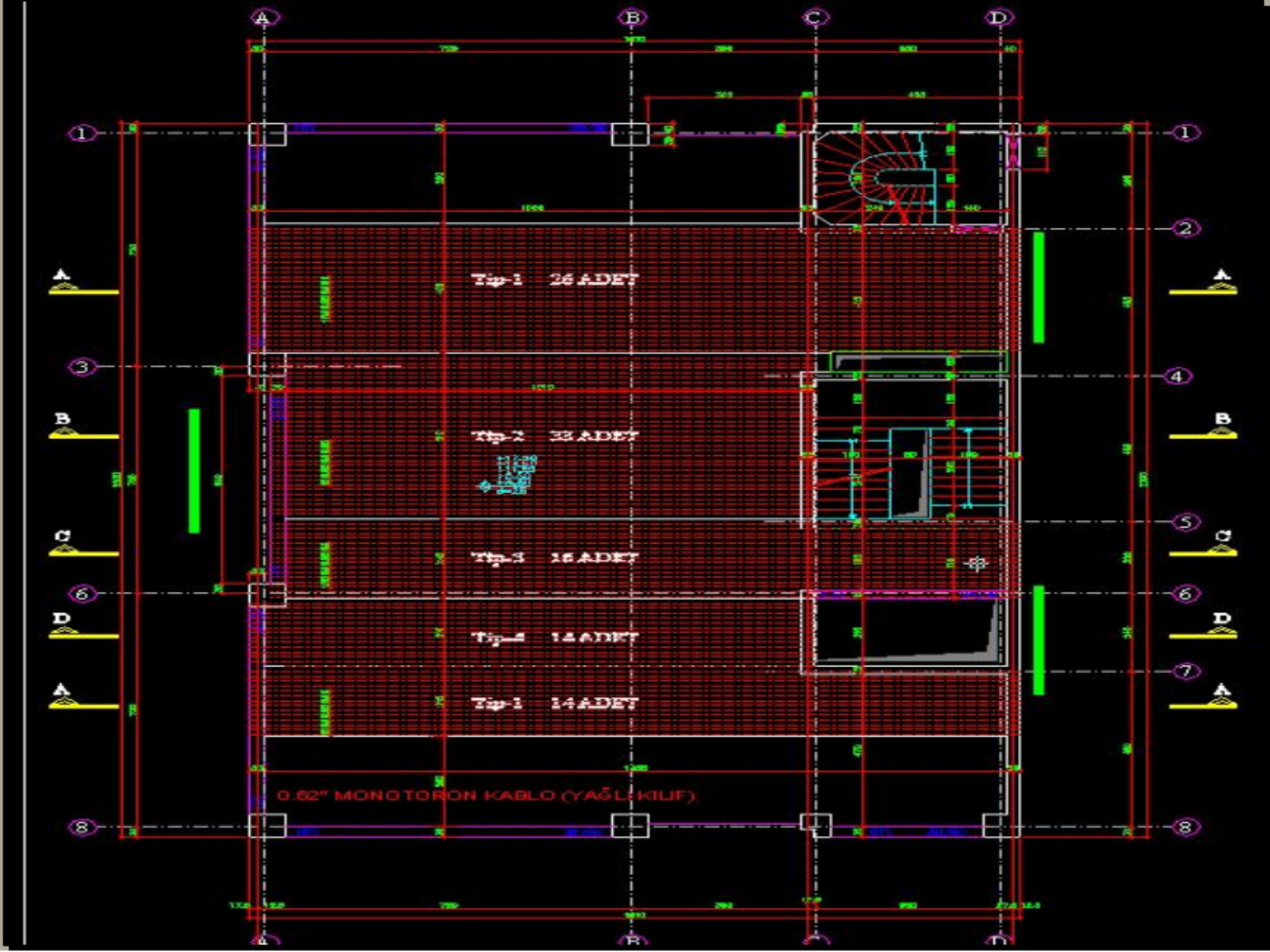
03/04/2004

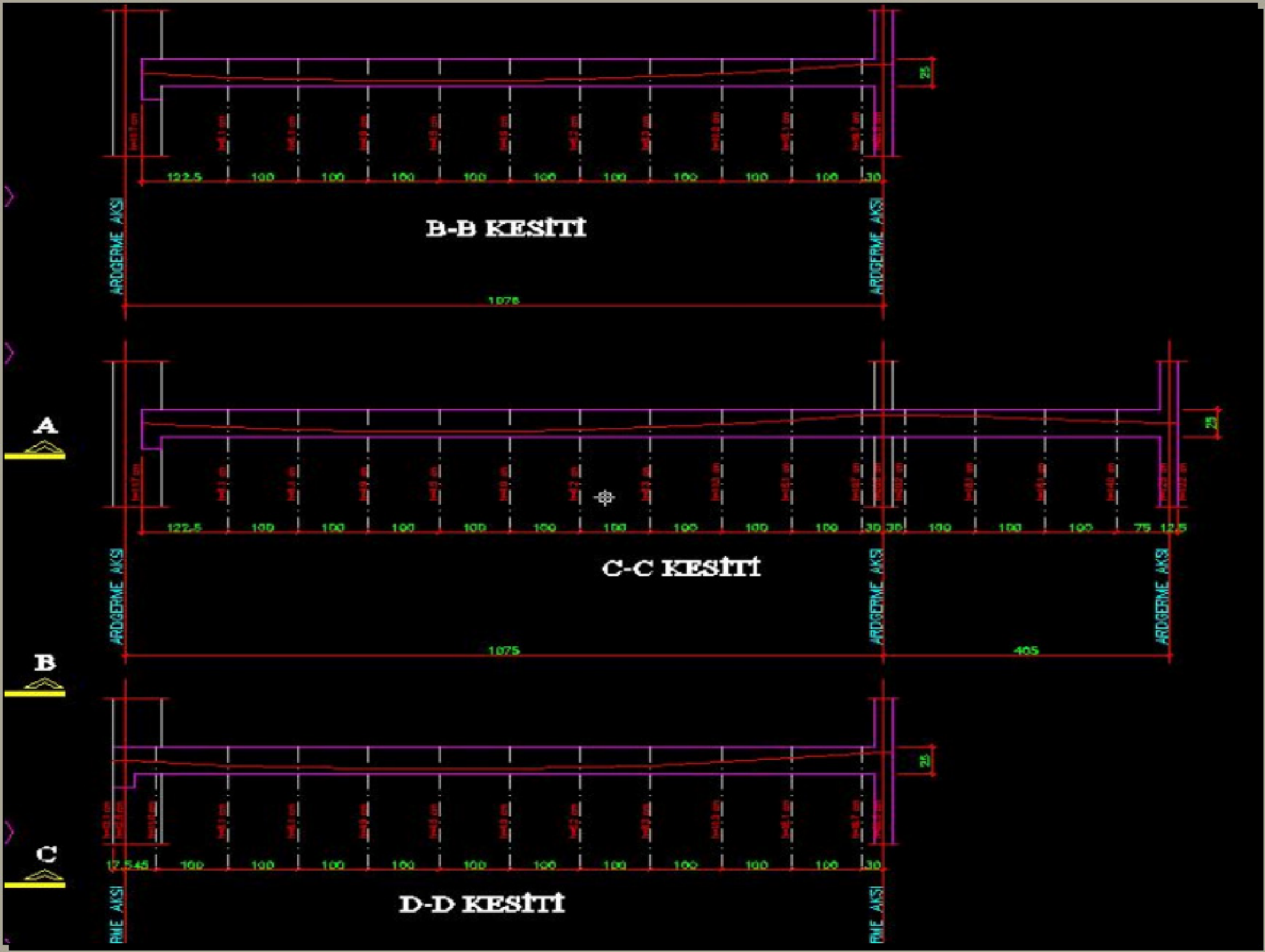
104
12/04/2004

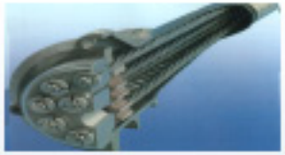
22 metre açıklık geçilmiştir
21/08/2004



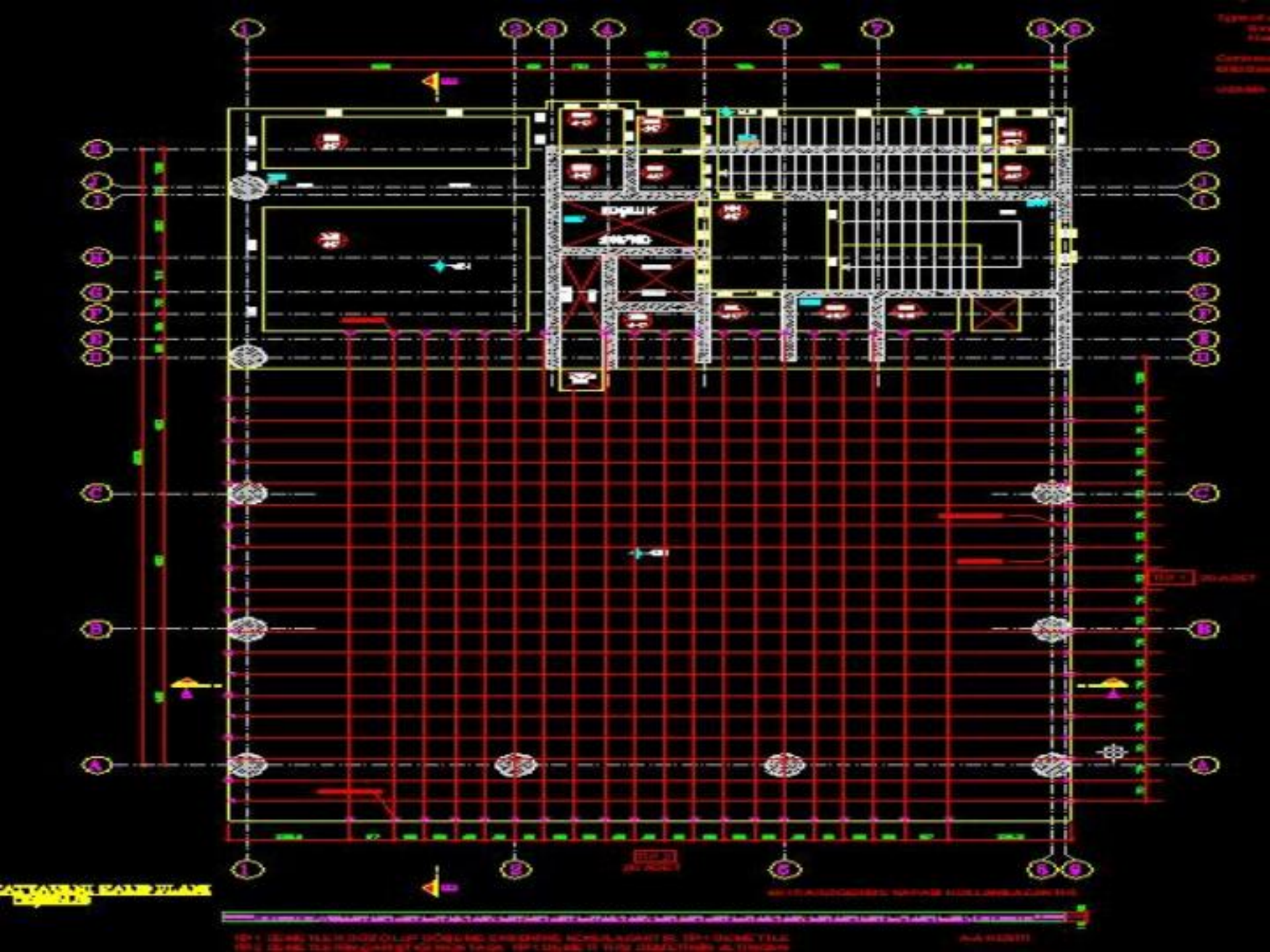
4) VAKIFBANK (ANTALYA) PROJESİNDE ARD-GERME UYGULAMASI

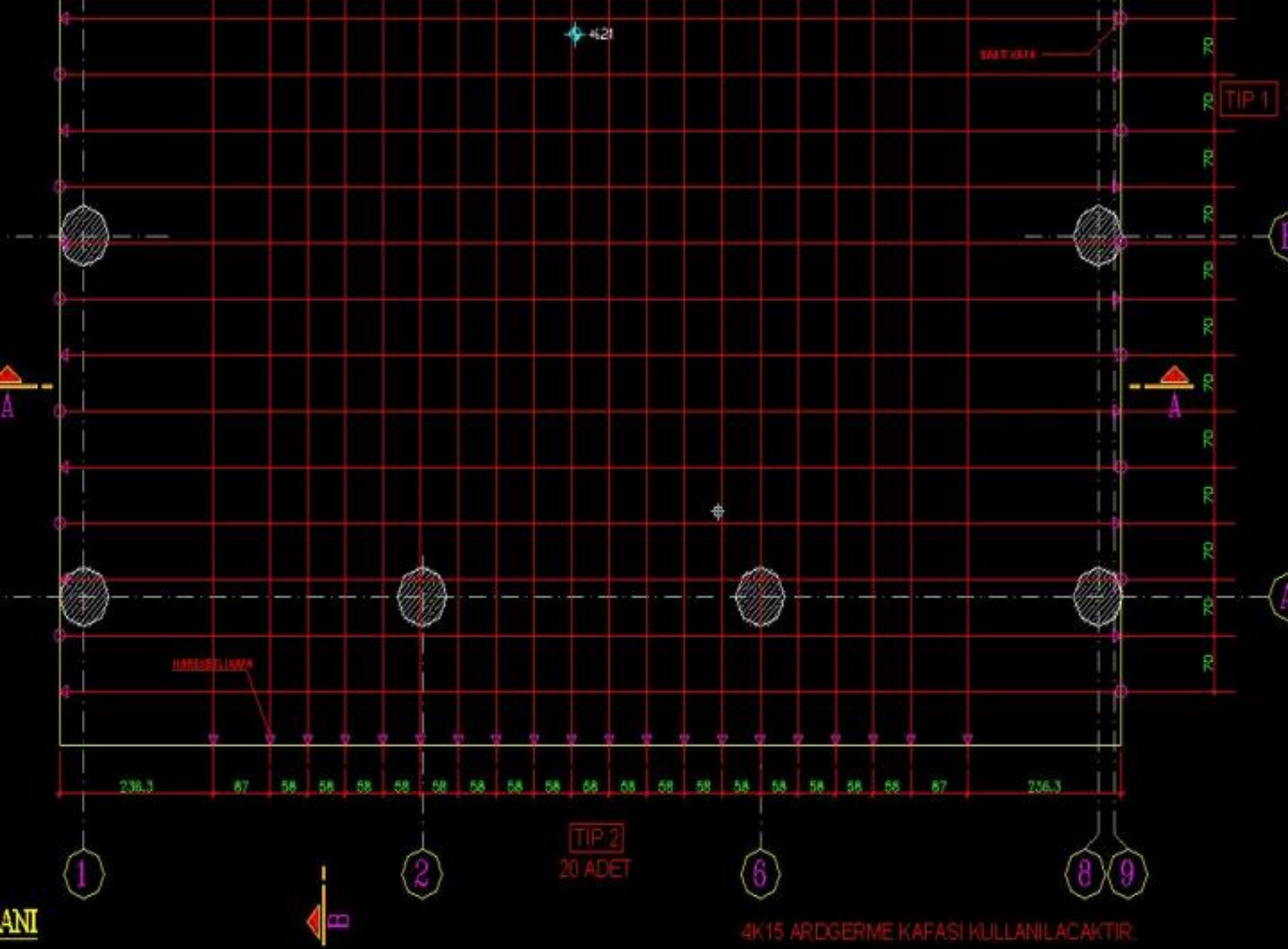

A
B
C
D
1
2
3
4
5
6
7
8
Tip-1 26 ADET
Tip-2 33 ADET
Tip-3 16 ADET
Tip-4 12 ADET
Tip-1 14 ADET
0.62" MONOTORON KABLO (YAĞLI KILIF)


B-B KESİTİ
C-C KESİTİ
D-D KESİTİ
ARDGERME AKSI
1075
405
1078
122.5
100
30
75
12.5
25
A
B
C

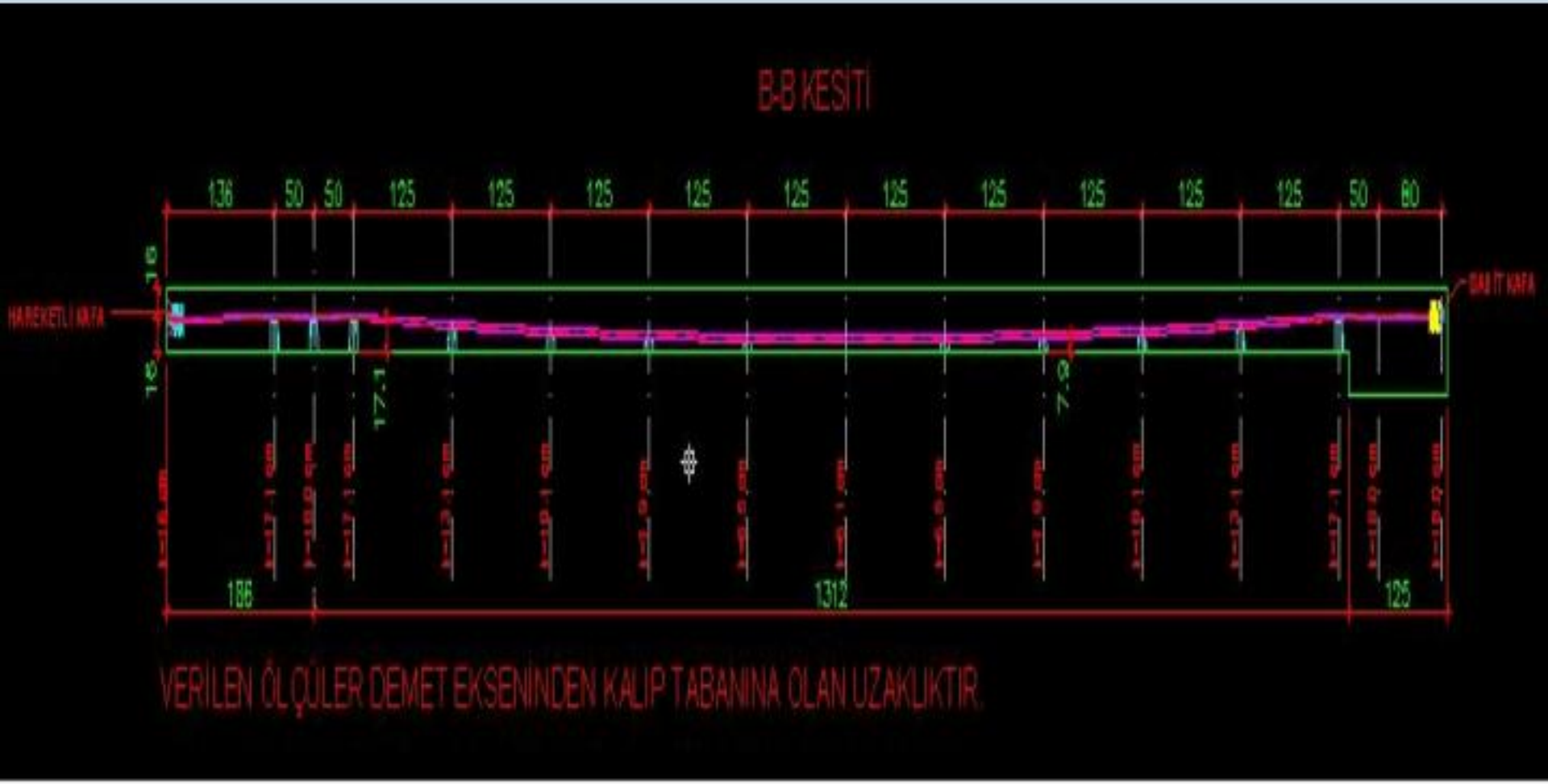


5) NTV BİNASI (ANKARA) PROJESİNDE ARD-GERME UYGULAMASI




TIP 1
TIP 2
20 ADET
236.3
87
58
1
2
6
8
9
A
B
4K15 ARDGERME KAFASI KULLANILACAKTIR

Hazırlayan : Zafer Kınacı



04/04/2007

04/04/2007

04/04/2007

04/04/2007

04/04/2007

6) TRABZON, GÜLBURNU' NDA YAPILAN BİR OTOYOL KÖPRÜSÜNÜN HEM KİRİŞLERİNDE HEMDE KÖPRÜNÜN RADYE-JENERAL SİSTEME SAHİP TEMELİNDE ARD-GERME UYGULAMASI YAPILMIŞTIR.

30 11 2006

28 1 2007

DSI
28 1 2007

28 1 2007

28 1 2007

15 6 2008

15 6 2008

KATILIDIĞINIZ İÇİN TEŞEKKÜRLER…