

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Sürme Yönü Yapı Kıp. İnş.
Yönü ve Diz.

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bedrettin Aydınay

1987

R 150
142

115-8500 1

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜRME YÖNTEMİYLE YAPILAN KÖPRÜLERİN
İNŞAAT YÖNTEMİ VE DİZAYNI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞ. MÜH. BEDRETTİN AYDINAY

İSTANBUL 1988

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 150
142

Alındığı Yer : FEN BİL. ENS.

Tarih : 15.10.1991

Fatura : - - - - -

Fiyatı : 8500. TL.

Ayniyat No : 1/15

Kayıt No : 47734

UDC : 624. 378.242

Ek :

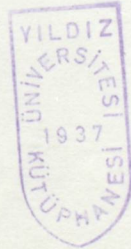


45510

İ Ç İ N D E K İ L E R

METİN

Giriş	1
Genel Açıklama	3
Köprü İnşaatı Hakkında Bilgi.	28
Bir köprü projesi	36



Ö Z E T

Bu tezin ilk bölümünde süres metodu hakkında genel bilgi verilmiştir. Daha sonra bu metod hakkında ayrıntılı açıklamalarda bulunulmuş ve şimdiye kadar bu metodu yapılan köprüler hakkında da kısa teknik bilgiler sunulmuştur.

Metodun inşaatı ve inşaatı hakkında İstanbul'da ki

Mastel vly: Bu tezin hazırlanmasında bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen kıymetli hocam Prof.Dr. HÜSEYİN CELASUN'a saygı ve şükranlarımı sunarım.

Metodun inşaatı ve inşaatı hakkında İstanbul'da ki

Ayrıca tezin hazırlık safhasında yardımlarını esirgemeyen değerli ağabeylerim İnş.Yük.Müh. Altok Kurgun ve İnş.Yük.Müh.Ergin Bermek'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ö Z E T

SUMMARY

Bu tezin ilk bölümünde sürme metodu hakkında genel bilgi verilmiştir. Daha sonra bu metod hakkında ayrıntılı açıklamalarda bulunulmuş ve şimdiye kadar bu metodla yapılan köprüler hakkında da kısa teknik bilgiler sunulmuştur.

Metodun inşaatı ve imalatı hakkında İstanbul'da ki Hastal viyadüğü örnek alınarak bu konular hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Tezin son kısmında ise, sürme metodu ile yapılan altı açıklıklı bir köprünün üstyapı projesi yapılmıştır.

of six spans with 724,80 of lengths respectively are also shown.

SUMMARY

In the first section of this study, examples of incremental launching bridges built with various construction methods are given.

The second section covers the general information necessary for the design of the bridges to be built by incremental launching method.

In the third section a detailed design of a highway bridge of six spans with 324,80 of lengths respectively are also shown.

VI. METİN

1. GİRİŞ

Sürme metodu ile yapılan köprülerin inşaatı ve dizaynı hakkında özet bilgi:

Sürme metodunda köprünün, genellikle kenarayak arkasındaki beton döküm yerinde, sürekli bir şekilde imâl edilerek krikolar yardımıyla perderpey ileri sürüldüğü malûmdur.

Bu metodla yapılan köprüler genelde sandık kesitlidir. Sandık kesitli köprünün sürme esnasında mağruz kalacağı konsol momentlerini azaltmak için öntarafına çelik kafes giriş şeklinde bir gaga konularak öngerilme kabloları yardımıyla beton kesite tesbit edilir. Bu tür köprülerde açıklıklar genellikle eşit veya az farklıdır. Optimal değer olarak gaga boyu $l_s=0.6 l$, gaga özağırlığı g_s , sandık kesit özağırlığı g_1 cinsinden $g_s=0.1 g_1$ ve gaga eğilimi rijitliğinin sandık kesit eğilme rijitliğine oranı yeterli olmak üzere , $k=E_s \cdot I_s / E_c \cdot I_c = 0.1$ alınabilir.

Hesapların, inşaat (sürme) safhası ve işletme safhası olmak üzere iki kısım halinde yapılması gerekir. Köprü açıklıkları genellikle 50 m civarında ve sandık kesit yüksekliği ortalama $l/14$ olarak seçilebilir. Köprü yatay ve düşey düzlemlerde kurbda olabilir. Kontrkurb durumu arzu edilmez . Gerekirse, büyük açıklıklar için yardımcı orta ayaklar kullanılabilir. Yapılacak hesaplara ek olarak sandık kesit üst bağığının trafik yükleri altındaki yelsel eğilmeside etüd edilmelidir.

Bu inşaatta toleranslar mm mertebesindedir. Köprünün varacağı karşı kenarayakta gaganın geçebilmesi için alın duvarı sonradan dökülmelidir. Sürme esnasında kullanılan kayıcı (teflon) mesnetlerde sürtünme katsayısı 0.035 alınabilir. Sürtünme kuvvetlerinin hesabında köprü eğiminin etki-

si de gözönünde tutulmalıdır. Sürme safhasında bir merkezi öngerilme ve işletme safhası için de bilinen klasik dalgalı öngerilme kablosu trasesi uygulanır. Bu metotta biraz daha fazla öngerilme geliği gerekmele beraber (yaklaşık % 20-25) ,her hafta yaklaşık 25 m boyunda bir sürme gerçekleştirilebildiğinden işgilikte önemli tasarruf sağlanır.

Öngerilme hesaplarının tam veya sınırlı öngerilme yöntemlerini kullanarak yapabiliriz.

Beton dökümü sabit ve muhafazalı bir yerde (casting yard) her türlü hava şartları hakkında ve itina ile yapılabildiğinden kalite yüksektir. Bir çelik kalıp krikol ve diğer donanım ile bütün köprü imâl edilebilir; iskele hareketli kalıp söz konusu değildir. Fugalara özel itina gösterilmelidir. Alman şartnamesi her fugadan yumuşak donatının sürekli geçmesini ve öngerilme kablolarının yalnız 1/3ünün eklenmesini öngörür.

Sürme esnasında her kesitte moment sürekli değiştiğinden negatif ve pozitif momentlerin zarf eğrilerinin çizilmesi gerekir.

SÜRME YÖNTEMİYLE YAPILAN KÖPRÜLERİN İNŞAAT SAFHASINDAKİ
İNCELEMESİ

Sürme tekniğinin Rio Caroni köprüsünde uygulanmasından beri ıslahlarla ve kısmi tasviyelerle 1976'dan bu yana seksen civarında köprünün üstyapıları bu metodla inşa edilmiştir. Mesnet arkasında dökülen parçaları geçici bir muhafazayla korunmaya alarak, istenildiği takdirde bu metodda, yerinde dökme betonda olduğu gibi aynı kalitede beton dökülebilir ve kontrol edilebilir. Bu metodda, inşaat sırasında klasik yerinde dökme iskele metodunun uygulanması halinde, büyük çapta geçici iskeleyi küçültmek mümkündür. Esas olarak bu metod, bir yerleşim noktasındaki üstyapının artan fabrikasyon ihtiyaçları, gitgide artan uzunluktaki fabrikasyon elemanın boyuna hareketi ve evvelce dökülmüş bir parçaya ilaveten yeni bir parçanın dökülmesinden ibarettir. Diğer bir deyişle bu yöntem, sabit bir mevkide yapım ve yükleme olayı hariç, düzlemsel kayan kalıp tekniği olarak dikkate alınabilir. Hernekadar kesin boyut kontrolü yükleme noktasında da bir gereklilikse de hatalardan sonra yüklemenin ek maliyeti ve yeniden düzenlemek çok zordur.

Düz üstyapıları yerleştirmek kolaydır. Ancak kurbun sabit oranı muhafaza edilirse, kurb (düşey veya düz) gerçekleşebilir. Eğer kaydırma bölgesi eğimli ise yapıyı mümkün olduğu kadar aşağıya doğru kaydırmak tercih edilir. Eğimin % 2 ye düştüğü yerde, sürtünme katsayısına bağlı olarak üstyapı itilmeli ve geriden tutulmalıdır. Eğimin %4'den fazla olduğu yerde üstyapının krikolardan kurtulmasını özel tedbirlerle önlemek gerekir. Bu durum hiç gerçekleşmemiştir. Orta ayaklar kaydırma operasyonu ile meydana gelen boyuna kuvvete karşı koymak için ya geçici olarak ya da sabit olarak dizayn edilirler. Sürtünme katsayısı değişimi dizaynda % 4 ile % 7 arasında düşünülmeli, buna rağmen değişimler, uygulamada yalnız % 2, 3.5 arasında olmalıdır.

Hali hazırda, bahsedilen bu sistem yaklaşık 610 m. uzunluktaki üstyapılar için kullanılabilir, daha uzun açıklıklar için peyderpey kaydırma, her iki kenardan üstyapının merkezine doğru kaydırılarak yapılır. Bu teknik, ayaklı olarak 100 m.'den aşağı ve geçici destekleme ayakları olmaksızın 60 m.'den aşağı açıklıklar için uygulanabilir. Kirisler genellikle en büyük açıklık sabit olmak üzere ve derinlik sabit iken 1/12 ile 1/16 arasında yükseklik/açıklık oranına sahiptir. Kaydırma burnu en uzun açıklığın takriben %60 uzunluğundadır.

Peyderpey kaydırma metodunun belli bağlı avantajları aşağıda sıralanmıştır.

1. İnşaat esnasında açıklık uzunluğunu küçültmek için kullanılan iskele ayaklardan başka yerde iskeleye gereksinim duyulmaz. Bu yöntemde, kaydırma esnasında, konsol gerilmeleri kabul edilebilir limitler içinde kalır. Eğer iskele ayağı üretimi pratik değilse geçici destekleme sistemi kullanılabilir. Aşık olarak, konumlanmaya bağlılık, geçici ayakların birkaçının veya tümünün kullanılma kombinezasyonları kaydırma burnu, kullanılabilir geçici desteklemeler, iskelenin normal bir kullanımda nokta mevcudiyeti oldukça azdır. Bu bilhassa şehir projelerinde, su köprülerinde, karayollarında, demiryollarında önemlidir.

2. Projenin boyutlarına bağlı olarak yatırım miktarında esaslı bir azaltma olabilir. Parçaların dökülmesi, kenar ayakların arkasındaki konumda merkezleştirildiğinden, birleştirme üretiminin ekonomik avantajları ve yerinde dökme operasyonu tekrarlanabilir.

3. Sabit tesisde dökülmüş parçaların nakil maliyeti ve nakletme olayı bu metotta ortadan kaldırılmıştır.

4. Peyderpey kaydırma metodu ağır vinçleri, kaydırma makaslarını ve montaj bedelini ortadan kaldırır.

5. Bu metod genişleme derzlerini ortadan kaldırır. Daralma olayı hariç tutulduğundan, inşaat düşük ısıda devam eder.

6. Şehim kontrolü ve diğler geometrik kontroller kolaylıkla yapılabilir.

DEZAVANTAJLARI :

1. İnşaatın bu şekli için köprü güzergahı ya düz olmalı yada, düzlemsel veya düşey eğriliğı sabit yarıçaplı olan kurb olmalıdır.

2. Üstte belirtildiğı gibi yapı boyunca sıkı boyut kontrolü gereklidir. Dökümdeki herhangi bir hatayı düzeltmek pahalı ve zordur. Özellikle hata, yapı son durumuna geldiğı zaman farkedilirse.

3. Üst yapı sabit bir derinlikte ve kesitte olmalıdır. Bu uzun açıklıklarda daha iyi bir ekonomi sağlanması için kesitlerin değışken kesitli yapılmasına bir engeldir.

4. Parçaların dökümü için kenar ayakların arkasında önemli bir alan gereklidir. Bu durum bazı projelerde mümkün olmayabilir.

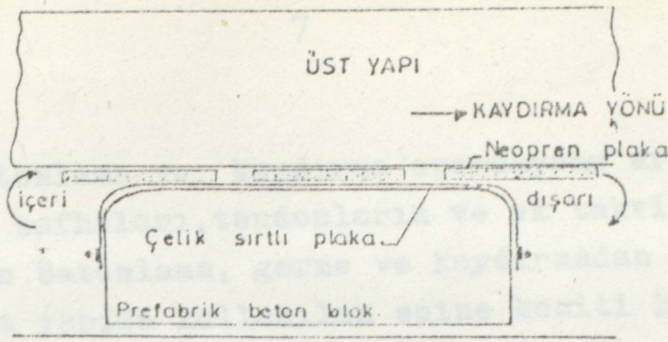
Perderpey kaydırma metodunda sürekli yükleme ve dengeli yükleme olmak üzere iki metod vardır. Bunlar kullanım alanlarına ve uygulama tarzına göre farklılık gösterirler. Sürekli yükleme metodu bir dereceye kadar açıklıktan açıklığa yükleme benzer, dengeli yükleme metodu ise konsol yükleme benzerdir.

Sürekli dökme metodu genellikle eşit açıklıklı (birbirine yakın), uzun viadük tipli üstyapılarda kullanılır.

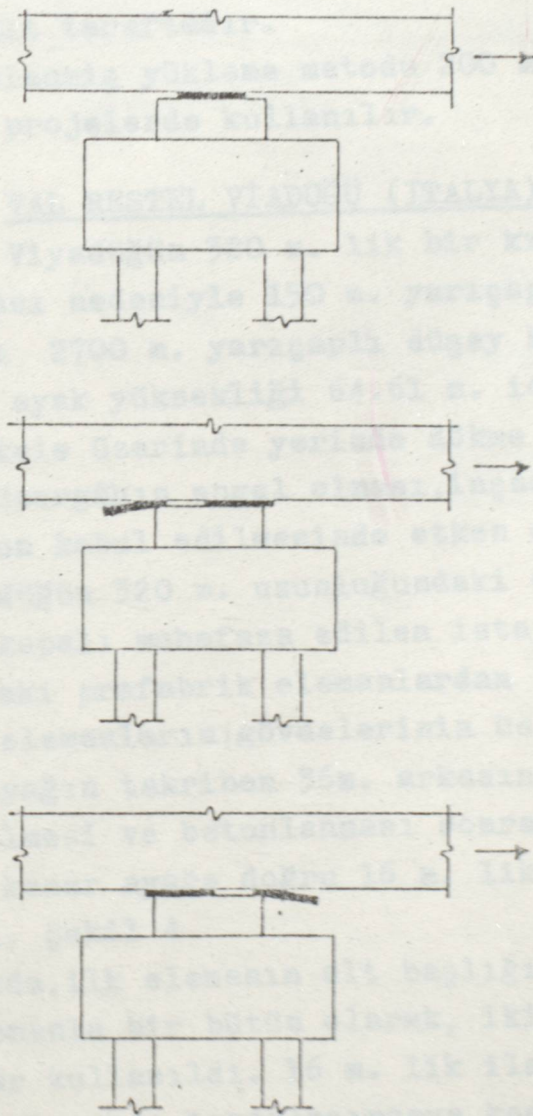
Bu yöntemiñ belli başlı özellikleri şunlardır.

1. Açıklıkların bir kısmı veya tamamı daha önceden belirlenmiş kalıplarda betonlanır. Kalıplar hariç, açıklıktan açıklığa yükleme metodundaki gibi tekrar kullanılırlar. Müteakip açıklıklar (veya açıklığın bir kısmı) bir önceki parçanın arkasına dökülür veya ilave edilir. Üstyapı kayarak ilerletilir.

2. Genelde kenar ayak arkasındaki yükleme sahasının uzunluğu bir açıklık uzunluğuna ilaveten kaydırma burnu uzunluğu veya birkaç açıklık uzunluğuna ilaveten kaydırma burnu uzunluğundan ibarettir.



ŞEKİL - 2



ŞEKİL - 3

3. Betonlama ve kaydırma operasyonu ardarda devam eder. Belli bağılı safhaları, tendonların ve ek takviyelerin yerleşimi düzenleme ve betonlama, germe ve kaydırmadan ibarettir.

4. Üst yapıda kullanılan enine kesiti kutu kesit ve çift gözlü T kesit olmak üzere iki tiptir.

5. Boyuna öngerme iki grup kablodan oluşur:

Birisinden tendonlar ortak merkezli yerleştirilir ve yüklemeye önce gerilir, diğerlerinde ise tendonlar yerleştirilir ve yüklemeye sonra gerilir. Negatif moment tendonlarının misnitun üst tarafındadır, pozitif moment tendonları açıklığın ortasında alt taraftadır.

Dengelenmiş yükleme metodu 200 m. toplam uzunluğa kadar olan küçük projelerde kullanılır.

1.3- VAL RESTEL VIADÜĞÜ (ITALYA)

Viyadüğün 320 m. lik bir kısmının kayalık arazi üzerinde kalması nedeniyle 150 m. yarıçaplı keskin bir yatar kurb ve takriben 2700 m. yarıçaplı düşey kurb gerekmektedir. Maksimum orta ayak yüksekliği 64.61 m. idi. Dengelenmiş konsol metodu ve iskele üzerinde yerinde dökme metoduna, çevre şartlarının ve güzergâhın engel olması, inşaat için peyderpey kaydırma metodunun kabul edilmesinde etken oldu.

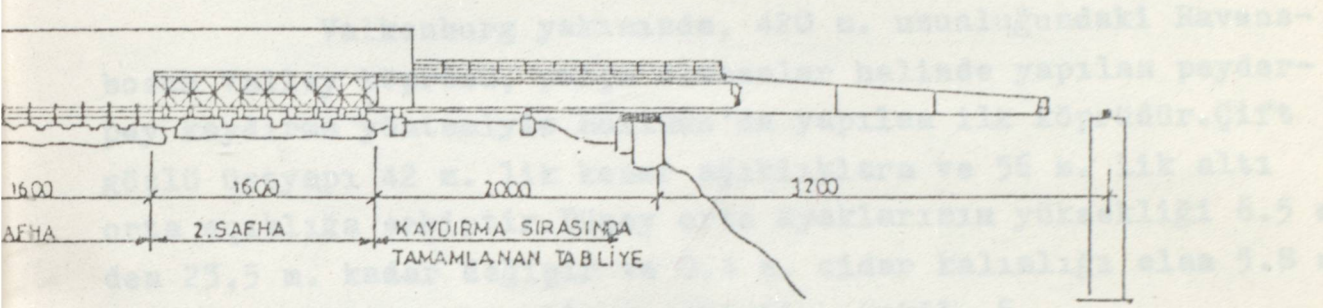
Viadüğün 320 m. uzunluğundaki eğriliği, kenar ayağın arkasındaki kapalı muhafaza edilen istasyonda imal edilmiş 16 m. uzunluğundaki prefabrik elemanlardan ibaretti. Önce 16 m. uzunluğundaki elemanların; gövdelerinin üst başlığı ve alt parçaları, kenar ayağın takriben 36m. arkasında döküldü. Parçasal elemanın gerilmesi ve betonlanması sonrası, dökülmüş kesitin dengelendiği kenar ayağa doğru 16 m. lik bir artmayla ileri doğru kaldırıldı. Şekil 4

Aynı zamanda, ilk elemanın alt başlığıyla bırakılan kalıp, bir önceki elemanla bir bütün olarak, ikinci elemanın dökülmesi için tekrar kullanıldı. 16 m. lik ilave tekrar kaydırıldıktan sonra, çevrim yapı tamamlanıncaya kadar devam etti.

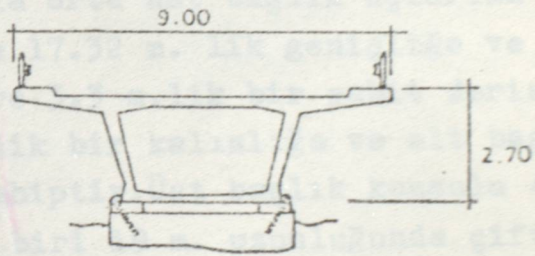
Elemanların genişliği 9.0 m. dir 1/15 lük derinlik/açıklık oranına göre elemanların toplam derinliği 2.48 m. dir. Üst başlığın kalınlığı 250 mm. alt başlığın kalınlığı 150 mm. dir.

16 m. lik bir parçanın fabrikasyon ve kaydırma işleminin bir çevreli dokuz saatlik dört gümüşe gümüşe tamamlanmasıdır. Bir elemanın kaydırılması için gerekli zaman 30 ile 65 dakikadır. Kışınca işleme Ocak 1972'den Ekim 1972'ye kadar geçen 10 ay içinde tamamlanmıştır.

1.4 RAVENSBOROUGH VALLEY KAYDIRMA HOLLARDA



ŞEKİL - 4



İki gövde trapezoidal kesitli taşıyıcı taşıma bantları ile birleştirilmiştir. Her bir kiriş için 75 mm çapındaki çelik borular kullanılmıştır. Her bir kiriş için 1/17 lik eğimle taşıyıcı bantlar kullanılmıştır. Üst yapıya her 10 m. lik bir aralıkla taşıyıcı bantlar yerleştirilmiştir. Üst yapının inşaatı her hafta bir parçanın inşaatı ile tamamlanmıştır.

Kaydırma elemanları için kullanılan demirler için her bir kiriş için 75 mm çapındaki çelik borular kullanılmıştır. Her bir kiriş için 1/17 lik eğimle taşıyıcı bantlar kullanılmıştır. Üst yapıya her 10 m. lik bir aralıkla taşıyıcı bantlar yerleştirilmiştir. Üst yapının inşaatı her hafta bir parçanın inşaatı ile tamamlanmıştır.

16 m. lik bir parçanın fabrikasyon ve kaydırma işleminin bir çevrimi dokuz saatlik dört çalışma gününde tamamlandı. Bir elemanın kaydırılması için gerekli zaman 60 ile 65 dakikadır. Köprünün inşaatı Ocak 1972'den Ekim 1972'ye kadar geçen 10 ay içinde tamamlandı.

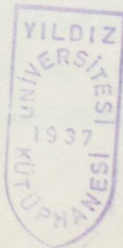
1.4 RAVENSBOSCH VALLEY KÖPRÜSÜ, HOLLANDA

Valkenburg yakınında, 420 m. uzunluğundaki Ravensbosch Valley köprüsü, parça elemanlar halinde yapılan peyderpey kaydırma yöntemiyle Hollanda'da yapılan ilk köprüdür. Çift gözlü üstyapı 42 m. lik kenar açıklıklara ve 56 m. lik altı orta açıklığa sahiptir. Düşey orta ayaklarının yüksekliği 6.5 m. den 23,5 m. kadar değişir ve 0.4 m. cidar kalınlığı olan 5.8 m. ye 1.8 m.lik dış, boyutlara sahiptir. Şekil 5

İki gözlü trapeskutu girişten ibaret üstyapı, enine öngerme ve 2.5 m.lik bir plakla orta üst başlık uçlarına bağlanır. Şekil 1.5. Her bir kutu 17.32 m. lik genişliğe ve 1/17 lik derinlik/açıklık oranına göre 3.3 m.lik bir sabit derinliğe sahiptir. Üst başlık 250 m. lik bir kalınlığa ve alt başlık ise 200 mm. lik bir kalınlığa sahiptir. Üst başlık konsolu 4.01 m.dir.

Üstyapının tamamı her biri 19 m. uzunluğunda çift gözlü 22 elemandan oluşmaktadır. Üstyapının inşaatı her hafta bir parçanın inşaatı ile tamamlandı.

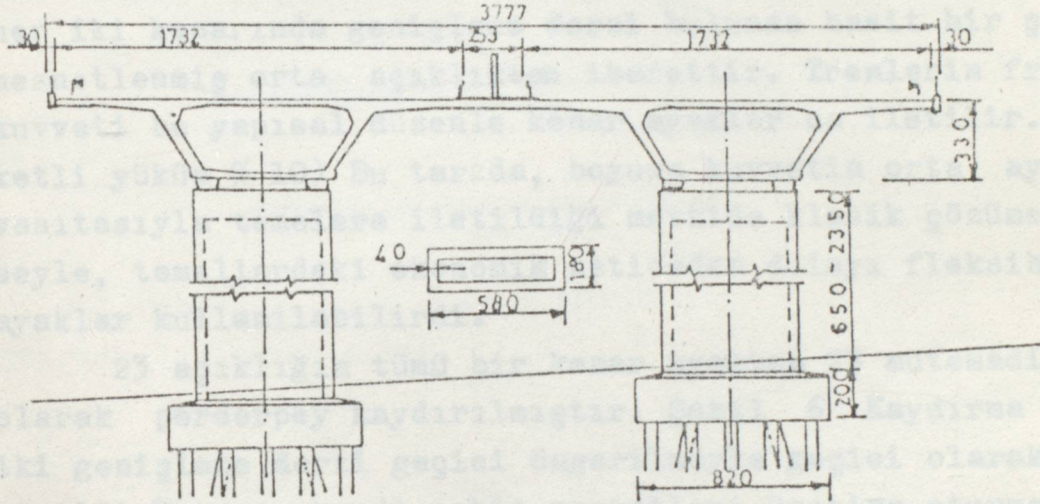
Kaydırma esnasında eğilme momentlerini dengelemek için her bir giriş için 33 mm yarıçaplı Dywidag çubuklarından meydana gelen ortak merkezli ilk safha öngermeye birlikte 16 m. uzunluğunda kaydırma burnu kullanıldı. İlave olarak orta açıklıkta geçici orta ayaklar kullanıldı. Kaydırma esnasında tamamlanmış kutu giriş için maksimum itme kuvvetine karşılık, sürtünme kuvveti % 2-4 de muhafaza edildi. Kaydırma tamamlandıktan sonra 16 mm. çaplı 12 kablodan ibaret ve bir parabolik yö-rünge takib eden ikinci safha öngerme yerleştirilerek gerildi. Bu yapı 1975'de tamamlandı.



1.5 RAVENSBOSCH VALLEY KÖPRÜSÜ ÇİFT GÖZLÜ ENİNE KESİTİ

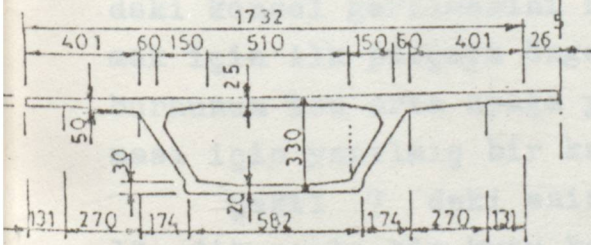
Bu demiryolu köprüsü, Almanya'da, Ravensbosch bölgesinde, Elbe nehrinin kıyısında, her iki tarafında da 45 m. uzunluğunda 29 adet açıklıklı ibaret, 1035 m.lik toplam uzunluğa sahiptir.

Mühür Yapısal Özellikleri, her iki kenarda kenar aygıtı ile desteklenen iki gözlü köprüdür. Her iki kenar aygıtının açıklığı 1732 mm'dir.



RAVENSBOSCH VALLEY KÖPRÜSÜ ÇİFT GÖZLÜ ENİNE KESİTİ

ŞEKİL - 5



RAVENSBOSCH VALLEY KÖPRÜSÜ KESİTİ BOYUTLARI

Bu köprü, her iki kenarında da 45 m. uzunluğunda 29 adet açıklıklı ibaret, 1035 m.lik toplam uzunluğa sahiptir. Köprü, her iki kenarında da 45 m. uzunluğunda 29 adet açıklıklı ibaret, 1035 m.lik toplam uzunluğa sahiptir.

Bu köprü, her iki kenarında da 45 m. uzunluğunda 29 adet açıklıklı ibaret, 1035 m.lik toplam uzunluğa sahiptir. Köprü, her iki kenarında da 45 m. uzunluğunda 29 adet açıklıklı ibaret, 1035 m.lik toplam uzunluğa sahiptir.

1.5 OLİFANT'S NEHİR KÖPRÜSÜ, GÜNEY AFRİKA

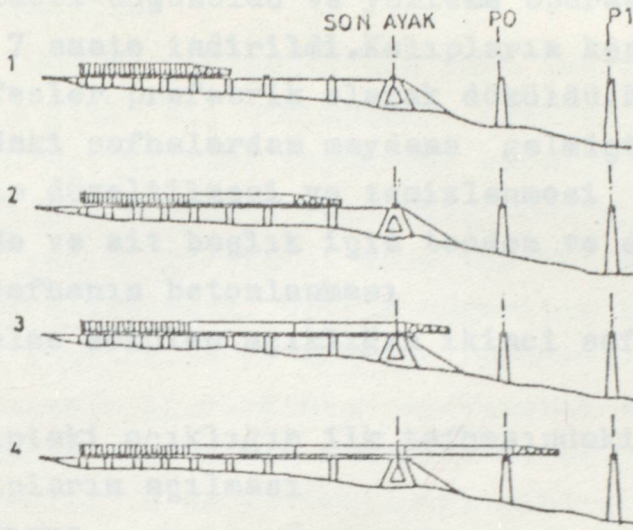
Bu demiryolu üstyapısı, tamamlanması üzerine, dünyanın başarılmış en uzun köprüsü rekorunu ele geçirdi. Bu köprü her biri 45 m. uzunlukta 23 eşit açıklıktan ibaret, 1035 m.lik toplam uzunluğa sahiptir.

Nihai Yapısal düzenleme, her iki kenarda kenar ayağa göre tespit edilmiş 11 sürekli açıklık ve merkezi açıklığın her iki kenarında genişleme derzi bulunan basit bir şekilde mesnetlenmiş orta açıklıktan ibarettir. Trenlerin frenleme kuvveti bu yapısal düzenle kenar ayaklarına iletilir. (Hareketli yükün % 10) Bu tarzda, boyuna kuvvetin orta ayaklar vasıtasıyla temellere iletiildiği mevkide klasik çözüme mukayeseyle, temellerdeki ekonomik neticeden dolayı fleksibil orta ayaklar kullanılabilirdi.

23 açıklığın tümü bir kenar ayaktan 23 mütemadi açıklık olarak perderpey kaydırılmıştır. Şekil 6 Kaydırma esnasında iki genişleme derzi geçici öngerilmeyle geçici olarak birleştirildi. Üstyapı kendi sabit mesnetleri üzerine oturmadan önce ve üstyapı yerine geldikten sonra derzler serbest bırakıldı. 18 m. uzunluğundaki kaydırma burnu, kaydırma esnasında beton-daki konsol gerilmesini kabul edilebilir sınırlar içinde tutmak için ilk parçaya öngerilmeyle bağlandı. Sistem, kaydırma burnunun üçü orta ayağa yaklaştığı zaman uygun bir sehim yapması için yapılmış bir kaldırma düzenine sahipti.

Şekil 7 deki enine kesit, sabit derinlikli, tek gözlü, dik açılı bir kutu kesittir. Derinliği 3.80 m. üst başlığı 5.50 m. genişliğinde, alt başlığı 3.10 m. genişliğindedir. Gövde ve başlıklar üstyapıda boydan boya sabit kalınlıktadır. Gövde kalınlığı 0.35 m. kalınlıktadır ve kesme kuvvetine dayanmak için dikey öngerme tendonları ihtiva eder.

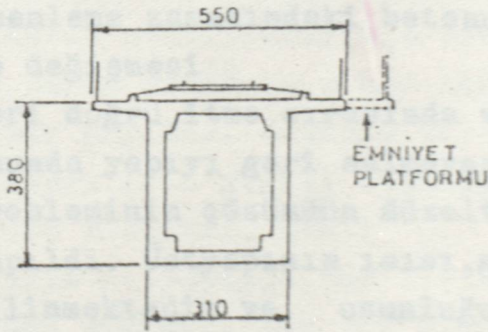
Boyuna öngerme, üst başlıkların içinde ve doğrusaldır. Boyuna tendonların ankraj blokları kesit boyunca daha uygun bir dağılım sağlamak için (dahili destekler) her iki başlığın genişliğinin ortasında sürekli olarak devam eder. Ayaklarda diyafram yoktur: Bu ayaklar iç kısımda ve köşede guseler teşkil edilerek torsiyon etkisine karşı güçlendirilmiştir. Üst



OLIFANT NEHRİ KÖPRÜSÜ PEYDERPEY

KAYDIRMA DÜZENİ

ŞEKİL 6

OLIFANT NEHRİ KÖPRÜSÜ
ENİNE KESİTİ

ŞEKİL 7

yapının inşaatı 9 ayda tamamlandı. Teorik olarak 10 saatte tamamlanan, bir açıklık uzunluğundaki elemanların 10 operasyonda bitirilmesi düşünüldü ve yükleme operasyonunun neticesinde azar azar 7 saate indirildi. Kalıpların kenarında yapılan takviyeli kafesler prefabrik olarak döküldü. Bir çevrimlik operasyon aşağıdaki safhalardan meydana gelmiştir.

Kalıp düzeltilmesi ve temizlenmesi

Gövde ve ait bağlık için tendon ve donatının yerleşimi

Bu safhanın betonlanması

Evvelce dökülen açıklığın ikinci safhasındaki tendonların gerilmesi,

Kalıptaki açıklığın ilk safhasındaki tendonların gerilmesi

Kalıpların açılması

Kaydırma

Kaydırma sonrası ve üstyapı kendi nihai mesnetleri üzerine yerleşmeden önce üstyapıda 10 mm. lik derzlerin düzenlenmesi gereklidir. Bu operasyonun prensip zorlukları şunlardır:

i) Üstyapının boyunda 250 mm. lik bir değişim sağlayan gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı

ii) Düzenleme zamanındaki betonu yaşının 9 aydın 10 saate değişmesi

iii) İleri doğru itme sırasında meydana gelen bir hata durumunda yapıyı geri salmayan kaldırma operasyonları

Isı probleminin çözümünün düzeltilmesi sabahın erken saatlerinde yapıldı. Üstyapının ısı, gece boyunca sabit ısı nedeniyle bilinmektedir ve uzunluğu betonun termik ataletine göre tayin edilebilir.

Üstyapı kenar ayaklar üzerinde kendi teorik pozisyonu dahilinde kaldırıldı ve bir blokaj sistemiyle sıkıca muhafaza edildi. İlk derze tespit edilmiş tendon bırakıldı, krikolar geri kalın 12 açıklığı itmek için derze yerleştirildi ve orta açıklık kesin pozisyonuna yerleşti. İkinci derz açıldı ve diğer kenar ayaktaki krikolar üstyapının diğer 11 açıklıklı kısmı için konumlandırıldı.

1.6 FRANSADAKİ DEĞİŞİK KÖPRÜLER:

1.6.1 LUC VIADÜĞÜ

Bu 1000 m. yarıçaplı bir kurb üzerinde 278 m. uzunluğunda çift gözlü bir üstyapıdır. Üstyapı kayıcı mesnetler üzerinde, tüm açıklıkları peyderpey kaydırılarak inşa edildi. Kaydırma esnasında zati yüke karşı üstyapının mukavemeti, ilerleyen yapıda gerilmeyi düzelten bir geçici kablo-destek sistemiyle dengelendi. Gerçek öngerilme kaydırma safhaları esnasında yapıldı. 8 m. lik bir kaydırma ucu konsol şeklindeki üstyapının ağırlığının azalmasını sağlar.

Neopren mesnetler üzerinde mesnetlenen üstyapı sürekli ve şekil 8 de belirtildiği gibi çift T kesitlidir. Karayolu genişliği 14 m. ve sabit üstyapı derinliği 3.15 m. dir. Açıklıklar 40.7 m. dir.

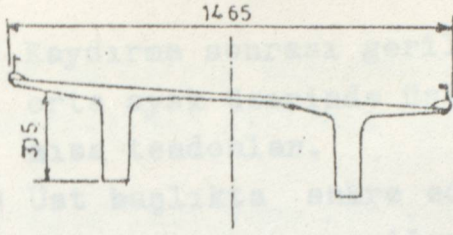
1.6.2 CREIL VIADÜĞÜ

Sekiz mütemadi açıklıktan ibaret bu üstyapı 336 m. uzunluktadır. Ayrıca bu viadüğün bulunduğu mevkide Oise nehri ve bir demiryolu mevcuttur. Proje bir kablo destek sistemi ve ya kaydırma burnu olmaksızın her iki kenar ayaktan kaydırılmış ilginç bir yapıdır. Bununla birlikte konsol gerilmelerini kontrol etmek için geçici ayaklar kullanıldı. Üstyapı tek gözlü bir kutu kesittir. Şekil 9

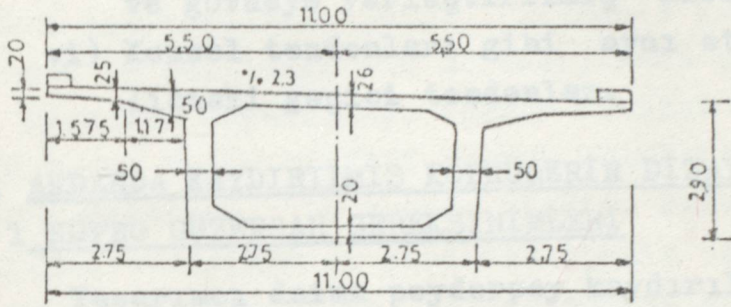
İki yarım üstyapının her bir elemanın uzunluğu 20 m. ile 30 m. arasında değişir. Her bir elemanın tamamlanması üzerine bir kaydırma operasyonu gerçekleştirilmiştir. İki yarım üstyapı kendi nihai pozisyonlarına kadar kaydırıldıktan sonra sürekliliği sağlamak için 1 m. uzunluğunda bir kapanma dökümüyle iki üst yapı birleştirildi.

Boyuna öngerme 6 kısımdan ibaretti:

- i) Gövdeyle karşılaştığı yerde guselere ankre edilen ve alt başlıkta yerleşmiş, kaydırma öncesi gerilen konsol tendonları.
- ii) Elemanların betonlanmasının her safhasında birleştirilen her bir yarım üstyapının bir uçundan diğerine giden ortak merkezli tendonlar.



WC VİYADÜĞÜ ENİNE KESİTİ
ŞEKİL - 8



CREİL VİYADÜĞÜ ENİNE KESİTİ
ŞEKİL - 9

- iii) Kaydırma sonrası gerilen ve açıklıkta ait başlıkta, orta ayak üzerinde üst başlıkta toplanan doğrusal kısa tendonlar.
- iv) Üst başlıkta ankre edilen ve gövdede yerleşmiş, kaydırma sonrası gerilen sürekli tendonlar.
- v) Kaydırma sonrası gerilen, üst başlıkta ankre edilmiş ve gövdeye yerleştirilmiş kısa parabolik tendonlar
- vi) Konsol tendonları gibi aynı etkiye sahip, üst başlıktaki geçici tendonlar.

2 . ARDARDA KAYDIRILMIŞ KÖPRÜLERİN DİZAYNI:

1 KÖPRÜ GÜZERGAH GEREKSİNİMLERİ

Tasarımcı daima peyderpey kaydırılan köprüleri inşa ederken yatay ve düşey düzergahın ya daima doğru veya sabit eğrilikli ve sabit kurbli durumda kalınacağını hatırlamalıdır. Bu, genelde yol planlamacıları köprü mühendisi olmadığından onlar tarafından gözönünde tutulan bir durum değildir. Daha gerçekçi bir yaklaşımla köprünün alt yüzü sabit bir eğirilikte tasarlanmalıdır; Köprü tabliyesinin enine konsolu mümkün olan küçük farklılıkları alacak şekilde değiştirilebilir.

2 . 2 TİP, ŞEKİL VE ÜSTYAPININ BOYUTLARI

İnşaatin bu metodu sabit derinlikli bir enine kesit gerektirir, bu yüzden dizayncı, kaydırma verimi olarak tüm kesitte, kendi ağırlığı altında üstyapının mukavemetini temin etmelidir. Ekonomik koyullar sabit bir atlet momenti gerektirmektedir.

Geçmişte kullanılmış iki tip kesit vardır: Kutu kesit ve çift T kesit. Kutu kesit iyi bir rijitlik, torsiyona mukavemet ve aynı zamanda enine kesitle öngerilme kendonlarının kolay yerleşimini sağlar. Önemli olan öncelikle daha uzun açıklıklar, sonra daha kısa açıklıkları tatbik etmektir.

2 . 3 AÇIKLIK SIRASI VE YAPININ PRENSİPLERİ İLE İLİŞKİSİ

Bu yapıım metodunun ekonomik kullanımının sabit derinlik gereksinme limitleri 50-60 m.'den daha fazla değildir. Tüm açıklıklar eşit ise bu bir avantajdır. Bununla birlikte daha uzun

açıklıklar perdespey kaydırmanın ana prensipleriyle birlikte özel teknolojinin getirmiş olduğu kolaylıklarla inşa edilmiştir.

Üç açıklıklı yapı her iki taraftan kaydırılabilir. Bu yolda merkez açıklık, tabliyedeki gerilmeyi arttırmaksızın kenar açıklığın 2katı uzunlukta olabilir. Açıklık diziliği L-2L-L şeklindedir. (Şekil 12) Baris yakınındaki Champigny köprüsü bu şekildeki ilk köprüdür. Daha uzun köprüler yalnız bir kenardan kaydırılır. (Rekor uzunluk Güney Afrika'daki 1006 m. yi geçen OLİFANT nehri köprüsüdedir.) Yardımcı geçici cihazlar, bu konuda şimdiye kadar gösterilen bazı örneklerde tanımlandığı gibi tabliyenin ön kısmında (Kaydırma burunu veya ayak destekler) eğilme momentlerini küçültmek için kullanılır.

Açıklıklar çok uzun olduğu zaman arada geçici eğimler kullanılır. Bu durum Venezuela'daki Rio Caroni köprüsünde gerçekleştirildi. Ardarda kaydırma için açıklıktaki rekor uzunluk bu metodun yaratıcısı Prof. Leonhardt sayesinde dizayn edilen Danube nehri üzerindeki bir yapıda temin edilmiştir.

Geçici eğimin maliyeti büyük bir oranda tesis koşullarına bağlıdır. Eğer eğim 30 m. den daha yüksek ve zemin şartları derin kazıklar gerektiriyorsa bu yöntemden vazgeçilebilir. Konsol köprülerde olduğu gibi uzun köprüler için arada genişleme derzlerine ihtiyaç vardır. Bu genişleme derzleri kaydırma esnasında öngerilmeye geçici olarak tespitlenir, servis durumunda üstyapıdaki ısısal genişlemeye mücadele için yapının inşaatının sonunda alınır. Hareketli bir beton açıklığın bir bütün olarak kenar açıklıklarla birlikte kaydırılması gereken ve sonra bir kanal üzerinde hareketli bir köprü olarak yerleştirilmesi gereken Irak'taki Basra köprüsünde bu prensibin birçok başarılı uygulaması geliştirilmiştir.

2 . 4 TENDON YERLEŞİMİ VE SEHİM İÇİN BOYUNA ELEMANLARIN DİZAYNI

Kaydırma sırasında bu üst yapı sürekli değişen momentlerin etkisinde kalır. Bu momentler bazen pozitif , bazende negatif değerler alırlar. Bu eğilme momentleri üniform olan öngerilme tarafından dengelenirler.

Son safhadaki ek tendonlar ve bunların gerilmesi ile meydana gelen üniform aksenal öngerme, yapıdaki işletme yüklerini taşıma gereksinmesi için verilir. Alıçılmış çözümler bu problemde tatbik edilmiştir. Aksenal öngerilmedeki özel problem üzerinde daha geniş araştırmalara ihtiyaç vardır. Tüm enine kesit alanında, bu öngerilme basıncı gerilmesi sağlayan tendonlar sayesinde olur.

Gerekli tendonlar kutu kesitin üst ve alt flanslarına yerleştirilir. Bunlar genelde düzdür, kaydırma öncesi gerilirler ve bu yüzden ardarda gelen parçalar arasındaki her bir derzde kavramalara ihtiyaç duyulur.

Parça uzunluğu 15 m. den 30 m. ye kadar değişebilir. Önyüz bir orta ayağın ötesinde konsol durumdayken, kaydırma esnasında kendi ağırlığını taşıması bakımından gövdenin bir limiti vardır.

Kaydırma burnunun zati ağırlığını beton gövdenin % 10'u kabul edersek (Her ne kadar ortalamanın altında bir değersede) kritik momentler yükleme burnunun değişik açıklıkları için aşağıdaki gibidir.

kaydırma burnu, Tipik açıklığın yüzdesi	Maksimum Momentler		
	Mesnet (Mo)	Açıklık (Me)	Mo/M1
50	1.95	0.86	2.27
60	1.46	0.85	1.76
70	1.09	0.79	1.38
80	0.82	0.74	1.11

Moment faktörü : $Wl^2/12$

W: Birim mesafedeki beton ağırlığı L: Açıklık uzunluğu

Teknolojik olarak üniform aksenal öngerme üst yapıda birkaç değişik yolla yapılabilir.

1- Düz tendonlar, her bir parçanın üst ve alt başlıkları yardımıyla düzenlenir, elemanlarla derzler arasındaki kavramalar vasıtasıyla birleştirilir.

2- Düz tendonlar alt ve üst başlıkları boydan boya geçerler ve kutu kesitli kirgin içindeki boşluktaki ankre edilirler.

3- Geçici eğri tendonlar, inşaat esnasında sürekli nihai tendonları dengelemek için kullanılabilirler. Bu tendonlar şekil 14 görüldüğü gibi bu şekilde projede kullanıldı.

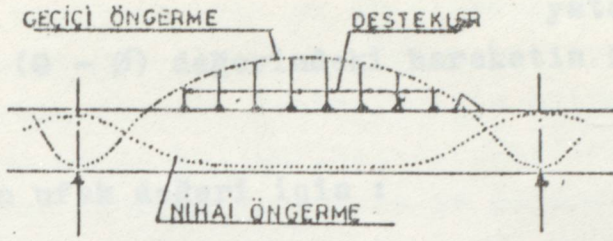
Yukarıdaki 3 çözümün kendilerine göre yarar ve zararları vardır.

1- İlk çözümden, kavramaların yerleşimi için beton başlıkta bölgesel kalınlık ister, bununla birlikte çözümden, parçaların daha kolay dökülmesi için tüm köprü boyunca başlık kalınlığının arttırılması daha sık tercih edilir. Eksenel öngerme tendonları sürekli ve sökülmebilir. Bu tendonlar nihai öngerme düzeninde teşkil edilmelidir. Kavramaların mevcudiyetinden ve kesitin önemli ölçüde zayıflatan beton boşluklardan dolayı, elemanlarla derzler arası dikkatli olarak dizayn edilmelidir.

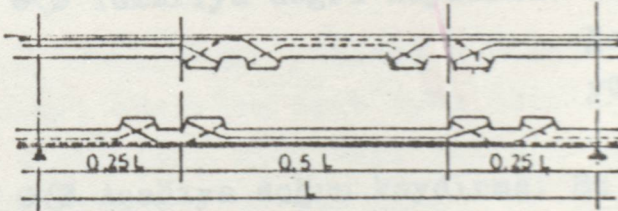
2- İkinci çözümün en kuvvetli avantajı, yerdeğiştirmesi ve nihai öngerme düzeninde istenmeyen bu tendonların tekrar kullanılmasıdır. Mamamfi boşlukların büyük çapta yapım zorluğu ve maliyeti, geçici tendonları, kaldırma avantajını önemli kısmını yok eder. Gövdede yeterli bir kesme mukavemeti üretmek için bilhassa kaydırma esnasında değişen kesme ve eğilme gerilmeleri, alt ve üst çıkıntılarının yerleşimi ve kutu kesitin görünüşünün dikkatlice düşünülmalıdır. Şekil 15'de alt ve üst çıkıntılarının aynı düzey düzlemde olmadığı bir bölgedeki bir çözümü gösteriyor. Dikey öngerilmenin kafi bir miktarı tüm yapım safhaları boyunca kesmeye karşı gövdenin mukavemetini temin eder.

3- Üçüncü çözüm inşaat esnasında yapılmış olan sürekli öngermeye müsaade ettiğinden ve geçici öngermenin sadece ardarda gelen kaydırma safhaları yüzünden yaratılmış moment değişim esnasında, bir evvelkinin istenmeyen tesirlerini önlemek için dizayn edilmiş olduğundan, teorik olarak tatminkar olanıdır.

Pratikte, kutu kesitin iç tarafından, dış tarafına geçme tendonları tanzimi basit değildir. Verimli olmayan malzemelerde yatırımı azaltmak için bu geçici tendonların tekrar kullanımı teşebbüsü gereklidir. Geçici öngermenin iki metodu



ŞEKİL - 14



KARŞILIKLI ÇAKIŞAN ÖNGERME SİSTEMİ

ŞEKİL - 15

2- $\theta > \emptyset$ Aşağı doğru kaydırma: = $\theta - \emptyset$ olduğu zaman kayma kule ve payanda sistemi üstyapının başlar. Orta ayak üzerindeki eforini azaltmak için ya kaydırma yatay kuvvet

$H = V \tan (\theta - \emptyset)$ değerindeki hareketin karşı doğrultusunda etki eder.

Açıların ufak değeri için :

$$H = (r - \rho) - v$$

Değerlerinin çevre koşullarına bağlı olarak değişmesinden dolayı (bölgesel olarak plağın temizliği), kaydırma donanımı ve orta ayak $H = r.V$ olarak dizayn edilir. Aşağı doğru hareketi tutulan bir kaldırma kuvvetiyle kontrol edilir.

$$F = N (\tan \theta - \tan \emptyset) \text{ veya } F = N (r - \rho)$$

Yukarıdaki gibi aynı sebepler için F değerinin emniyet değeri Nr 'e eşittir.

3- $\theta < \emptyset$ Yukarıya doğru kaydırma: Yukarıdaki gibi orta ayağa tatbik edilen yatay yük $H = V (r + \rho)$ dir.

4- $\theta < \emptyset$ Aşağıya doğru kaydırma: Bu tarzda orta ayaktaki düzlemsel yük aşağıdaki değişkenle hareketin yönünde ilave edilir.

$$H = (r - \rho) V$$

Sürtünme açısının değişiminin mümkün olabileceğinden, köprü hareketini kontrol etmek için durdurma sistemi temin etmek daha güvenlidir.

Orta ayak başlığının detaylandırılması: Orta ayak başlıkları aşağıdaki cihazların yerleşimi için dikkatle detaylandırılmalıdır.

1- $\theta > \emptyset$ Yukarı doğru kaydırma: Döşerle R reaksiyonu ara-

$$H = (r + \rho) V$$

açıklıkları için optimum çözümler gerekli değildir. Başarılı bir kule ve payanda sistemi üst yapısının ön yüzündeki konsol momentlerini azaltmak için ya kaydırma burnuyla birleşmiş yada yalnız olarak kullanılır. Beton tabliyeye uygulanan kulenin reaksiyonun devamlı kontrolü için bütün kayma safhalarında etkili olan metod kullanılmalıdır. Kaydırma diğer yarım açıklık uzunluğuna ilerlemişken kule ve payandalarda, istenilen sonuçun aksine açıklık ortasında ilave pozitif momentler ortaya çıkar. Bu sebeple kule, kule ayaklarıyla beton tabliye arasındaki gerilmenin en uygun olması için devamlı olarak düzeltiler.

2 7. ORTA AYAKLAR VE TEMELLER

Ardarda kaydırma yöntemi esnasında, temel ve orta ayaklar tatbik edilen yüklemeler, servis esnasında yüklerden çok farklıdır. Yapım esnasındaki orta ayağın burkulma boyu ve üstündeki köprü kızakları servis esnasındakinden daha yüksektir. Böylece yapım safhalarının yakından incelenmesi gerekir.

Orta ayaklardaki yükleme durumu:

Hareket edebilen orta ayak üzerindeki yatay kuvvetlerin değişken sistemleri aşağıdaki şıklara bağlıdır.

- Üst yapının boyuna tipi
- Kaydırmanın yönü
- Kaydırma mesnetlerinin sürtünme katsayısı

Natasyon:

θ = Köprü üst yapısının yatayla yaptığı açı : $\tan \theta = r$

ϕ = Kayan mesnetlerin sürtünme açısı $\tan \phi = f$

R = Orta ayaklar üzerindeki üst yapının toplam reaksiyonu,
V ve H düşey ve yatay bileşenler, N ve T normal ve kayma bileşenleridir.

Aşağıdaki 4 durum kabul edilecektir.

- 1- $\theta > \phi$ Yukarı doğru kaydırma: Düşey R reaksiyonu arasında eğim olduğu zaman mesnetler üzerinde kaydırma bağlar
- $$\alpha = \theta + \phi \quad H = V \cdot \tan(\theta + \phi)$$
- $$H = (r + f)V$$

2 6 KAYDIRMA UCU VE KALICI DESTEKLER

Bir orta ayaktan diğerine kaydırılırken üstyapının ön tarafından büyük momentlerin geldiği konsolda geçici öngerilmeyi ve eğilme gerilmelerini müsaade edilebilir ve ekonomik olarak kabul edilebilir limitler içersinde muhafaza etmek için kaçınılmaz olarak özel koşullar sağlamak gerekir. Evvelce bahsedildiği gibi birlikte veya ayrı olarak kullanılan iki metod vardır.

KAYDIRMA UCA: Kaydırma esnasında tabliyenin ön kısmında bulunan ya plak kirig durumunda ya da beton köprünün son diyaframının içine monte edilmiş geçici öngerilimli bir çelik makas sistemidir.

KULE VE DESTEKLER: Bu metod ilerleyen inşaat durumu için gerçekleştirildi. Bununla birlikte kule ve desteklerin ilgili pozisyonu orta ayaklarla devamlı münasebetten dolayı değişmesi nedeniyle özel bir yaklaşıma ihtiyaç duyuldu.

Kaydırma ucunun avantajı Bölüm 2 4 de incelenen beton üstyapıdaki konsol momentlerini küçültmektedir. Bu metodun önemi sadece kaydırma burnunun uygun boyutların seçmek değil, aynı zamanda çelik burnun eğilmesinin beton burnunkine mukayesesıyla daha uygun bir değer almasında kapsar. Bu ilgili eğilme aşağıdaki boyutsuz katsayı ile karakterize edilebilir.

$K = \frac{E_s \cdot I_s}{E_c \cdot I_c}$ Es ve Ec: Beton ve çeliğin Elastisite modülü
Is ve Ic: Çelik ucun ve beton üstyapının atlet momenti.

Şekil 16 ilgili "K" rijitliğiyle, ayrı kaydırma sayfaları için beton tabliyede max. mesnet momentinin değişiminin bir analizinin sonuçlarını gösterir. Bu çizelge beton tabliyede indirgeme momentelerinde sınırlı bir randımana sahip esnet ucuna doğrular. Aşağıdaki tablo kaydırma burnunun kullanıldığı birkaç yapının karakter-istiklerini verir ve optimum kaydırma metodunun ön araştırması için bir referans olarak kullanılabilir. Geçici ayakların pahalı olduğu, kaydırma ucunun daha uzun

arasındaki nispi analizi bir tipik demiryolu köprüsü için aşağıda yapılmıştır.

Birçok çukurluklar ve özenle seçilen tendon yörüngesinden dolayı, çözüm 2- Çözüm 1'den % 19 daha klasik anlamda bir takviye gerektirir.Çözüm 2'nin malzeme maliyeti (öngerilme betonu, teçhizat) çözüm 1'den % 9 daha yüksektir.Kiriş yükü ile ilave zati ve hareketli yükler arasındaki oranın çok değiştiği karayolları için, bu sonucun ayrı bir önemi olabilir.

2 5 YÜKLEME SAHASI VE KAYDIRMA METODLARI

Öndöküm alanı bir kenar ayağın arkasına yerleştirilmiş ve genelde uzunluğu 2 veya 3 parçanın uzunluğuna eşittir. 2 çeşit kaydırma metodu vardır.

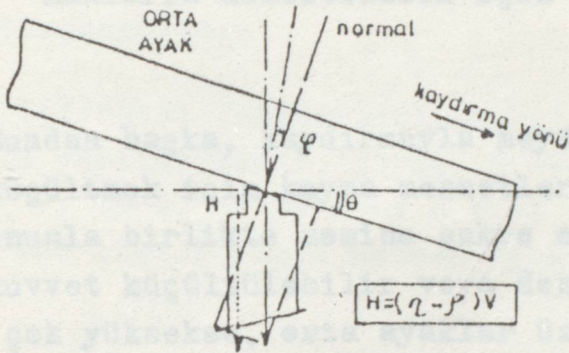
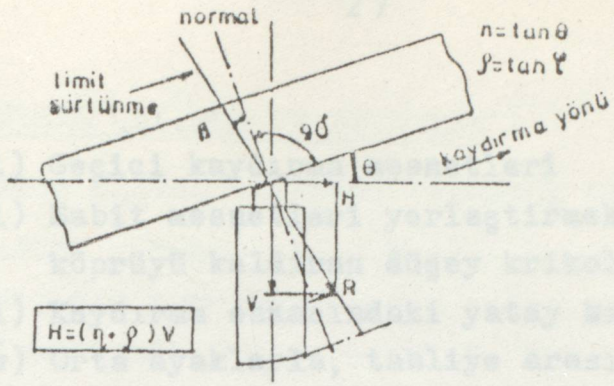
1- Kaydırma kuvveti, köprü alt yüzeyinde ankre edilmiş, çekme tendonları veya çelik çubuklar vasıtasıyla, köprüye,kenar ayak tarafından, karşı mesnede, krikolardan hakledilir.

2- Düşey ve düzlemesi krikolardan ibaret kaydırma cihazı kenar ayak üzerine yerleştirilir. Düşey kriko tepeden özel bir sürtünmeyi tutma elemanına sahiptir ve kayan bir yüzey üzerine oturur. Düşey kriko üst yapıyı kaydırmak için kullanılır.Yatay kriko ise üst yapıyı yatay olarak iter, Dizayn aşağıdaki maddeye göre yapılmalıdır.

- Birinci kaydırma metodunda, itme aletlerinin ankre edildiği beton alt yüzüne bölgesel büyük kuvvetler tatbik edilir. Pasif donatının dizaynı dikkatli olarak mevcut olan öngerilimli alanda yapılmalıdır.

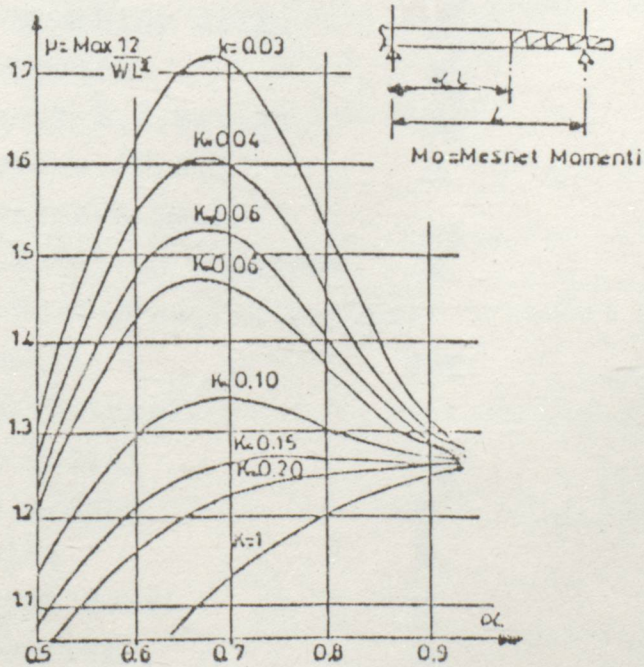
- İkinci kaydırma metodu, düşey krikoda kafi miktarda düşey reaksiyon gerektirir.Bu, uygun bir ufak düşey reaksiyonla kaydırma kuvvetinin maksimuma ulaşması gerektiği zaman kritik olabilir.

Kaydırma esnasında kesin geometrik kontrol istenir.Temel'in olası yerleşimi, dizaynda düşünülmelidir.Herhangi bir kaydırma yöntemi kullanıldıktan sonra, tabliye her orta ayakta ardarda kaldırılır ve kalıcı mesnetler tanzim edilir.Bu aşama da dikkatlice analiz edilmelidir.



KAYDIRMA SIRASINDA MEYDANA GELEN TEPKİLER

ŞEKİL 16



ŞEKİL 17 MAKSİMUM MESNET MOMENTİNİN DEĞİŞİMİ

3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR

- i) Geçici kaydırma mesnetleri
- ii) Sabit mesnetleri yerleştirmek için kaydırma sonrası köprüyü kaldıran düşey krikolar.
- iii) Kaydırma esnasındaki yatay kılavuz cihazları,
- iv) Orta ayaklarla, tabliye arasındaki ilgili deplasmanların düzeltilmesi için doğrultma krikoları.

Bundan başka, kaydırmayla meydana gelen eğilme momentlerini küçültmek için kayma mesnetleri sıklıkla eksantrik yapılır. Bununla birlikte zemine ankre edilmiş gergilerle bu yatay kuvvet küçültülebilir veya dengelenebilir. Eğer orta ayaklar çok yüksekse, orta ayaklar üzerine yerleştirilmiş kaldırma cihazları sayesinde yatay kuvvet ortadan kaldırılabılır.

<u>İSİM GİNSİ</u>	<u>BİRİMİ</u>	<u>MİKTARI</u>
a) B.A.Kazık	M	960.-
b) Temel Kasısı	M	19.085.-
c) Kaynak granüler dolgu	M ³	6.600.-
d) B 15 Grobeton	M ³	1.050.-
e) B 25 Kazık B.A.betonu	M ³	2.875.-
f) B 30 Beton (B.A.) (Temel+ayak+K.ayak)	M ³	13.430.-
g) B 45 B.A.Betonu (Ünçerme betonu+border+bağlık betonu)	M ³	11.512.-
h) B.A. Demiri (Altyapı+Üstyapı)	TON	2.840.-
ı) Ünçerme Çeliği	TON	425.-
j) Neopren mesnet	M	4.803.-
k) Su tırtılı	M	12.960.-
l) Dilatasyon derzi	M	78.-
m) Yaya korkuluk	M	1.500.-

3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR

Bu bölümde HASTAL VİYADÜĞÜ (VİYADÜK 5) incelenmiştir.

V5 Viyadüğü : Mahmutbey - Hasdal kavşakları arasında Alibeyköy barajının takriben mansap tarafından, KM. 9+233 ile KM. 9+557.8 arasında toplam uzunluğu 324.80 M. olan 6 açıklıklı herbiri 4'er şeritli gidış dönüş olmak üzere 2 üstyapıdan müteşekkeldür.

Viyadük üstyapısı Incremental Launching System (Sürme Sistemi) ile yapılmaktadır. Sürme, 0 aksı kenar ayağından (KM.9+233), karşı kenar ayak 6 aksı (KM.9+557.8) yönündedir. Üstyapı ile ilgili yapım metodu bilgileri bilahare verilecektir.

ÖNEMLİ METRAJ DEĞERLERİ

V5 Viyadüğünde yapıya ait önemli metraj değerleri aşağıdadır.

<u>İŞİN CİNSİ</u>	<u>BİRİMİ</u>	<u>MIKTARI</u>
a) B.A.Kazık	M ₃	960.-
b) Temel Kazısı	M ₃	19.085.-
c) Kaynak granüler dolgu	M ₃	6.600.-
d) B 15 Grobeton	M ₃	1.050.-
e) B 25 Kazık B.A.betonu	M ₃	2.873.-
f) B 30 Beton (B.A.)	M ₃	13.430.-
(Temel+ayak+K. ayak)	3	
g) B 45 B.A.Betonu (Öngerme beton+bordür+başlık betonu)	M	11.512.-
h) B.A. Demiri	TON	2.840.-
(Altyapı+Üstyapı)		
i) Öngerme Çeliği	TON	425.-
j) Neopren mesnet	DM ₂	4.803.-
k) Su tecriti	M	12.960.-
l) Dilatasyon derzi	M	78.-
m) Yaya korkuluk	M	1.300.-

SEGMENTLERDEKİ BETON , DEMİR, ÖNGERME ÇELİĞİ MİKTARLARI

SENGMENT NO.	BETON (M ³)	DEMİR (TON)	ÖNGERME ÇELİĞİ (TON)
1	332.63	37.59	6.73
2	283.41	23.08	12.67
3	478.63	47.69	18.32
4	447.75	37.11	20.09
5	474.16	45.50	18.84
6	447.36	35.87	18.36
7	474.16	45.50	18.84
8	447.36	35.87	18.36
9	447.36	45.50	18.84
10	447.36	35.87	18.36
11	474.16	45.66	19.47
12	517.00	51.51	23.72
TOPLAM	5298.14 M³	486.75 TON	212.60 TON

V5 VİYADÜĞÜNDE BEHER M² 'DEKİ SPESİFİK DEĞERLER :

1) YALNIZ ÜSTYAPI İÇİN

0.818 M ³ /M ²	Üst yapı Betonu
75 Kg/M ²	Demir
32.800 Kg/M ²	Öngerme çeliği

2) TOPLAM YAPI İÇİN

4.45 M ³ /M ²	Beton (Tüm betonlar dahil)
438.27 Kg/M ²	Demir

Ana inşaat malzemeleri olarak kullanılmaktadır.

METHOD OF CONSTRUCTION İLE İLGİLİ BİLGİLER

Altyapı

Kenar ayaklar ve viyadük ayakları, yüzeysel yada NÇ kazığı olarak çalışan 165 çapındaki kazıklı temeller üzerine oturtulmuşlardır. Ayak üstleri boyuna doğrultuda köprü eğiminde (% 2.146), enine doğrultuda % 2 eğimde yapılmışlardır. Ayaklar üstünde üstyapı yükünün dağılabilmesi amacı ile som 2 metre

dolu kesit dökülmüş ve betonarme mesnet blokları oluşturulmuştur. Metodun özelliği olarak kenar ayak kanat duvarları sürme işlemi ve gaganın sökülmesi tamamlandıktan sonra yapılmıştır. Her iki kenar ayak arkası dolgular sürme işlemini takiben kanat duvarlarının bitirilmesinden sonra oluşturulmuştur.

Viyodik ayaklar, kayar kalıpla, kenar ayak elevasyonları klasik pano kalıplarla yapılmaktadır.

ÜST YAPI

V5 üstyapısı enine ve boyuna doğrultuda öngerme verilmiş B 45 öngermeli betonundan (Silindir mukavemeti 736 MN/M^2) oluşan mütemadi bir kiriştir. Su tecriti uygulamasından önce enine kabloların enjeksiyon işlemi bitmelidir.

a) ÜSTYAPI imalatındaki yardımcı yapılar ve elemanlar:

CASTING YARD Casting yard; O aksındaki kenar ayağa bağlı 50 cm. kalındığında bir plâk (aynı zamanda yatay yükleri taşıyan sürtünme plâğı), Steel grid ve taşıyıcı kolonları ve kalıp (Peri) den ibarettir. Güney üstyapısının tamamlanmasından sonra aynı kalıp ve steel grid yana kaydırılarak kuzey üstyapısını dökülecektir.

Steel grid 15 cm. yükseklikte (1 MN) ve 40 cm. yüksekliğinde 16 hidrolik kriko üzerine oturmuştur. Kalıp için steel grid taşıyıcı sıkı bir taban oluşturmaktadır. Betondan sonra, ilk olarak dış kalıbın gelik dış takviye elemanları yükten kurtulmakta (bu elemanlar max 0. MN yüklenebilir.) ve daha sonra hidrolik krikolar yaklaşık 10 cm. indirilmektedir.

Steel grid her enine yönde + 1 mm. tolerans ile monte edilmiş ve kalıba böylece hassas bir doğruldu verilebilmiştir. Hidrolik krikolar düşey olarak çalışacak şekilde konulmuşlardır. Döküm pozisyonunda 6 adet kriko yetmektedir. Zararlı gerilme oluşumundan kaçınmak için 6 kriko aynı anda kaldırılmalıdır. Daha sonra krikolar kende manuel kilitleriyle kilitlenmektedir. Bir üstyapı bittikten sonra steel grid,

kalıp ve D taşıyıcı mesneti teflon plâkalar ile çelik mesnetler üzerinde 36'lık 2 dywidag çubuğu ile herbiri 0.10 MN kuvvetle çekilerek 2. üstyapıyı yapacak pozisyona getirilmektedir.

SÜRME EKİPMANI ; Sürme ekipmanı içinde "Eberspacher" hidrolik pompa ve kaldırma sürme krikosu, beton fren bloğu bulunmaktadır. Ayrıca özel durumlarda kullanılmak üzere 3 MN'luk 2 cm. kaldırılabilir iki adet hidrolik kriko yalnızca kaldırılmada yardımcı olmak üzere konulmuştur. Hidrolik sürme krikoları 6,4 MN sürme ve 1600 Ton kaldırma kapasitede olup, üstyapıyı 5 mm.'den fazla kaldırmasına müsaade edilmemektedir. Hidrolik pompadan yağ, sistem içindeki düzey kaldırma krikolarına yada sürme krikolarına pompalanmaktadır. aynı anda hem kaldırma hem sürme işlemi yapılamaz kriko betona pürüzlendirilmiştir. Bir çelik plâka vasıtası ile temas etmektedir. (herbiri 5100 cm.²'lik plâkalar) kenar ayak içinde, ilk segmentte üstyapı sürme ekipmanlarına gelinceye kadar üstyapıyı çekmek üzere kablolar için bırakılmış 4 adet borudan delik bırakılmıştır.

SÜRME MESNETLERİ Kenar ayaklarda ve viyadük ayakları üstünde sürme mesnetleri olarak; daha sonra kalıcı mesnet elemanı olarak kullanılacak elektomer plâkaların üzerine kayma elemanı olarak paslanmaz çelik plâkayla kaplanmış çelik sac konulmaktadır. Teflon plâka kalınlığı 16 mm. ve paslanmaz çelik plâka ile arasındaki sürtünme katsayısı % 2 dir. Sürme mesnetleri son derece hassas yerleştirilmekte, + 3 mm.hata ile katlantırılmakta ve mesnetin diğer herhangi bir mesnetle düzey farkının + 1 mm. toleransta olması istenmektedir. Sürme mesnetleri yerleştirilirken bu hassaslık elastomer plâka altına dökülmüş yüksek dozajlı meyil harcı ile sağlanmaktadır. Gaga için ise özel, insan gücü ile taşınabilir çelik mesnet, elastomer plâka ve teflon plâkalar kullanılmaktadır. Teflon plâkalar sürtünme katsayısı artacağından eskidikçe devre dışı bırakılmalı ve yenisi kullanılmalıdır. Kalıp altında D mesnetinde projelerde krikolar üzerinde kullanılması istenen sürme mesnetleri, krikoların yatay yük alıp tehlikeli durum yaratacağı endişesi üzerine projecisinde onayı ile değiştirilmiş ve sabit mesnet haline getirilmiştir. Sürme sırasında D aksında kalıpdaki kenar alt çelik plâkalarında betonla beraber ilerlemekte ve çelik

plâka mesnedi geçtikten sonra kalıp üzerine düşmektedir. Bu esnada NIS mm'lik başka bir plâkayı teflon ile betün arasına koymak gerekmektedir. V5'deki uygulamada bir 13 mm. kalınlığında fiber kullandık ve olumlu sonuç aldık. Ayaklarda sürme doğrultusundan kaçmaların önüne geçmek maksadıyla lateral guide'ler kullanılmıştır. Kenar ayak mesnetlerinde de betondan benzer elemanlar teşkil edilmiş (5 mm. toleransla yerleşmiş) ve sürme sırasında bu elemanlar ile beton arasında yine teflon plâkalar kullanılmaktadır. Ayrıca herhangi bir segmenti sürerken son 1 metresinde lateral guide ile teflon plâka arasına ince çelik saç plâkalar yerleştirmek suretiyle otoyol ekseninden kaçmalar giderilebilmektedir. Teflon plâkaların beyaz yüzü prensip olarak paslanmaz çelik üzerinde kaymakta ve bu beyaz yüzü sürtünmeyi kolaylaştırmak üzere vazelin ya da silikon gres sürülmektedir ve zaman zaman teflon plâkalar temizlenmektedir.

ÇELİK GAGA : Çelik gaga 1. segmentin bir yüzüne yerleştirilmiştir. Montaj sırasında çelik gaga B ve C akslarında mesnetlenmektedir. 1. segmentin beton mukavemetinin 32 MN/M yerleştikten sonra betonla çelik gagayı bağlayan 36'lık Dywidag çubukları herbiri 0.58 MN kuvvetle gerilecektir. 4 hafta sonra tekrar kontrol edilecektir. Bu çubukları bir kez daha kullanılabilme amacıyla enjekte edilmeyecek ve korrozyona karşı uygun bir kaplama malzemesi ile boyanacaktır. Köprü sürülmesi tamamlandıktan sonra bir sonraki üstyapıda kullanılabilme amacıyla sökülecektir. Gaganın önünde 15 cm. yükseltme kapasiteli ve herbiri 500 KN kapasiteli 2 kriko konulmuş ve bu krikoların amacı max 15 cm. olarak düşünülmüş sehinden dolayı gagayı mesnet üzerine oturtmaktır. Çelik gaga genişliği üstyapı tabanı genişliğinden az olduğu için üstyapıya ait mesnetlerden başka çelik gaga için her ayakta ve kenar ayakların gerekli olduğu yerlerde özel mesnetler yapılmıştır.

b) **1 SEGMENT'İN İMALATI** : Beton dökümünden hemen sonra sertleşme periyodu bağlar başlamaz betonun görünür yüzeylerine kür yapılır. Beton 32 MN/M değerini geçtikten sonra germe

operasyonu başlatılır verilen basınç değerlerindeki ölçülmüş kablo boy uzamaları hesabı birbiriyle uyumlu olmalıdır. 1 kablodaki uzama için istenilen değerken farkı \pm % 15 ten fazla olması istenmez. Bir kesitteki kabloların tümünün hesap değerinden \pm % 5 farklı olması gerekmektedir.

ÇALIŞMA SIRASI :

- 1) Üst döşemedeki bazı enine kablolar gerilir ve için kalıp sökülür.
- 2) Boyuna kablolar gerilir. Gövde kablolarının gerilmesi için sürme sırasında yada sürmenin bitimi tercih edilebilir.
- 3) Dış kaçıp sökülür. (Steel grid 10 cm. aşağıya indirilir.)
- 4) Sürme
- 5) Üst döşemedeki kalan enine öngerme kablolarının gerilmesi.
- 6) Kablo borularının enjeksiyon yapılması.

Sürme sırasında, demir hazırlama sahasında bir sonraki segmentin gövde ve alt döşeme demirleri blok olarak kalıbın içine çekilir. Bir önceki segmentin birleşme yerindeki enine demirler geriye doğru yaklaşık 2 m. kaydırılmak suretiyle kalıbın yağlanabilmesi sağlanır. Herbir yeni segment kalıbın içinde çelik gaganın yada bir önceki segmentin tersinde dökülecektir. Böylece tüm segmentler rijit bir bütün olacaktır. Kalıp içindeki betonun boyu için tolerans \pm 3 mm. dir.

c) SÜRME İÇİN OTOMATİK KONTROL SİSTEMİ : Sürme sırasında ayaklardaki deplasmanları kontrol altına alabilmek ve yapıya verebileceği zararlardan korunabilmek amacıyla kontrol sistemi kullanılmaktadır. Örnek olarak elastomer plâkalardaki deplasman neticesinde bu elastomer önüne yerleştirilmiş cihaz vitesindeki deplasman değerlerinde otomatik olarak sürme ekipmanındaki elektrik devresini keser ve sürme durur. Arıza bulunduktan ve giderildikten sonra sürmeye devam edilir. Sürme ekipmanı ile ayak üzerlerindeki kontrol cihazları arasında kablo ile elektrik bağlantısı vardır. ayrıca her aksta oturmalar kontrol altında tutulmalıdır.

Ayakta 5 mm. kenar ayakta 3 mm. nin üzerindeki oturmalarında teflon plâka ile beton arasına ilave çelik plâkalar konularak sürmeye devam edilir. Ayrıca; yeni duruma göre üstyapıda boyuk (kol) tashihi yapılır.

d) SÜRME : Segment 1 ve 2'nin sürülmesinde beton henüz sürme ekipmanı üstüne gelmediği için bu segmentlerin hareketi için yardımcı çekme sistemine ihtiyaç vardır. V5'le 4'er den 8 adet öngerme kablosunun beton içindeki ankraja bağlanarak o aksı önünden germe jack'ı ile çekilerek bu işlem gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki segmentlerde sürme işleme Eberspacher hidrolik sürme sistemi ile yapılmıştır. Son segmentin son 6 metresinde ise sürme krikoları üzerindeki düşey yük azaldığı için yardımcı çekme sistemine (1 ve 2. segmentlerde olduğu gibi) ihtiyaç vardır. Bu çekme işlemi 6 aksından (karşı kenar ayak) yapılacaktır. Sürme üstyapı 0 aksına geldiğinde tamamlanacaktır. Rüzgar hızı 12 m/sn.'nin üzerinde olduğunda sürme yapılmaması tavsiye edilmektedir. Bizde bir kez bu uygulamayı çok rüzgarlı bir günde yaptık.

e) KALICI MESNETLERİN YERLEŞTİRİLMESİ ve KÖPRÜ GENLESME DERZLERİ (EXPANTION JOINTS)

Üstyapı sürülmesi tamamlandıktan, final duruma geçildikten sonra 0 aksı kenar ayakta sistem tie back'lar ile bağlanır. Burada daha sonra kalıcı mesnetler konur. Ayaklarda ve 6 aksı kenar ayakta yapım sırasındaki elastomer mesnetler kalıcı mesnet olacaktır. Bu işlem sırasında operasyon yapılan yerde krikolar ile önce üstyapı 5 mm. den fazla olmamak şartıyla kaldırılır. Çelik geçici mesnetler, teflon plakalar alınır ve elastomerler kenara çekilir. Önce meyil betonları kırılarak temizlenir. Daha sonra elastomerler kalıcı pozisyonlarına getirilir. Yanlız kayıcı mesnetlerde elastomer ve kayıcı çelik plâka yerleştirilirken projelerde verilmiş eksantrik pozisyonuna getirilmesinedikkat edilmelidir. Bu elemanlar beton mesnet üzerine direk oturtulur. Daha sonra üstyapı final kotuna kriko ayarlanarak getirilir. Bu durumun hemen ardından üstyapı

tabanı ile elastomer, ya da kayıcı mesnetlerde çelik kayma plakası arasına yüksek dozda harç dökülecektir. Harç kalınlığı 6 cm.'yi geçen yerlerde demir donatı ile takviye edilecektir. Harç mukavemeti 24 MN/M^2 yi geçtikten sonra hidrolik krikolar alınabilir. O aksında (kenar ayağında) tie back ile sistem kenar ayağa bağlandıktan sonra hidrolik krikolar yerleştirilir. Daha sonra sürme ile ilgili tüm cihaz ve malzemeler alınır ve mesnet kalıcı hale getirilir. Ayaklarda kalıcı duruma getirilmeden önce ayakların boyuna yönde yapmış olduğu deplasman $0.0035x$ (Ayak yüksekliği) (Bu 40 mt. altındaki ayaklarda geçerli) tesbit edilir. Bu deplasman ile ayağın üstyapı yükü yok ve ısı etkisini düşürülmediği sıfır aksenel pozisyonuna göre karar verilir. Aksi halde hidrolik krikolar ile bu tip köprülerde uygulanan deplasman düzeltme metoduyla deplasmanlar makul limit içerisine alınacaktır. Tüm mesnet yerleştirme operasyonlarında ısı $+5^\circ$ ile $+20^\circ\text{C}$ arasında olmalıdır.

Tüm mesnet yerleştirmeleri bittikten sonra genleşme derzleri (expansion Joints) konulmasına geçilebilir. Dilatasyonun ayarı için o andaki üstyapı ısı dikkate alınır.

f) TIE BACK BAĞLANTISI : Üstyapı, O aksı kenar ayağında gergi çubukları ile bağlanır. Çubuklara öngerme verilmez. Elastomer plâkaların konulduğu yerde herhangi bir aralık kalmamalıdır.

$$q_1 = 0,0406 \text{ MN/m}$$

$$q_2 = 0,06 \text{ MN/m}$$

YÜK ANALİZİAçıklıkta

G1 (ölü yük)	:	$15,14 \times 2,5 \times 100$	=	0,3785	MN/m
Asfalt	:	$15,14 \times 2 \times 0,06 / 100$	=	0,0182	"
İzolasyon	:	$15,14 \times 2 \times 0,011 / 100$	=	0,0030	"
Korkuluk	:		=	0,0015	"
Teretüvar	:		=	0,0179	"
					<hr/>
G2 (ilave sabit yük)	:		=	0,0406	MN/m

Mesnetle

G1 (ölü yük)	:	$18,11 \times 2,5$	=	0,45275	MN/m
G2 (ilave sabit yük)	:		=	0,0406	MN/m

Mesnete ilave yük : $(26,33 - 18,11) \times 2,5 = 0,2055$ MN/m

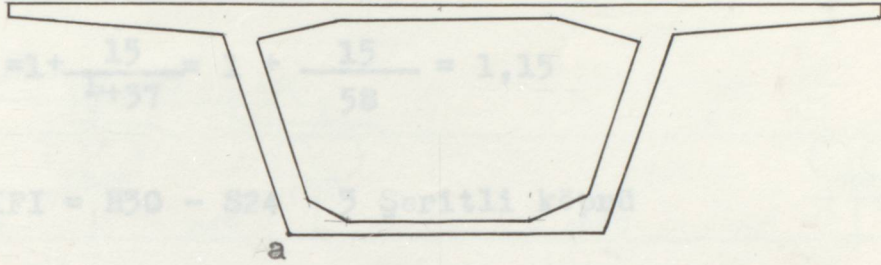
$$G1 = 48 \times 0,3785 + 6,8 \times \frac{0,45275 \times 0,3785}{2} + 2,40 \times 0,45275 + 0,2055 = 0,384 \text{ MN/m}$$

$$G2 = 0,0406 \text{ MN/m}$$

$$q = 0,06 \text{ MN/m}$$

AĞIRLIK MERKEZİ HESABI :

DİNAMİK BFKİ KATSAYISI :



ESKİLER ÜZERİNE YÜKLEMESİ:

a noktasına göre statik moment alınarak :

P = 15,30 t. (Etilme için)

$$\begin{aligned}
 & 0,30 \times 4,802 \times (5,05 - 0,15) + 4,802 \times 0,33 / 2 \times (5,05 - 0,41) + 0,63 \times 0,63 \times \\
 & (5,05 - 0,31) + 2/2 \times (0,25 + 0,63) \times (5,05 - 0,24) + 4,74 \times 0,25 \times (5,05 - 0,125) + \\
 & 2/2 \times (0,54 + 0,25) \times (5,05 - 0,24) + (0,63 \times 0,63) \times (5,05 - 0,31) + 4,502 / 2 \\
 & (0,63 + 0,30) \times (5,05 - 0,24) + 0,63 \times 4,09 \times 2 \times 2,375 + (0,81 + 0,58) / 2 \times 0,33^2 + \\
 & (0,25 + 0,33) / 2 \times 0,95 \times 0,30 \times 2 + 4 \times 0,25 \times 0,25 / 2 + 0,30 \times 4802 + 4802 \times 0,33 / 2 + \\
 & 0,63 \times 0,63 + 2/2 \times (0,25 + 0,63) + (4,74 \times 0,25) + (0,54 + 0,25) \times 2/2 + (0,63 \times 0,63) + \\
 & 4,502 / 2 \times (0,63 + 0,30) + 0,63 \times 4,09 \times 2 + (0,81 + 0,58) / 2 \times 0,33 \times 2 + (0,25 + 0,33) \\
 & / 2 \times 0,95 \times 2 + 4 \times 0,25
 \end{aligned}$$

$$Y_k = \frac{50,26}{15,139} = 3,32$$

$$V = 1,73 \text{ m.}$$

$$V' = 3,32 \text{ m.}$$

$$A = 15,139 \text{ m.}$$

HAREKETLİ YÜKLER

DİNAMİK ETKİ KATSAYISI :

$$= 1 + \frac{15}{L+37} = 1 + \frac{15}{58} = 1,15$$

KÖPRÜ SINIFI = H30 - S24 3 Şeritli köprü

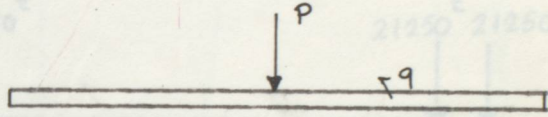
EŞDEĞER ŞERİT YÜKLEMESİ:

Her trafik şeridi için

P= 13.50 t (Eğilme için)

P= 19.50 t (Kesme için)

q= 1.50 t/m



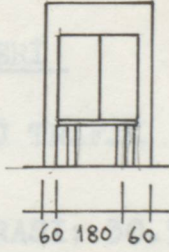
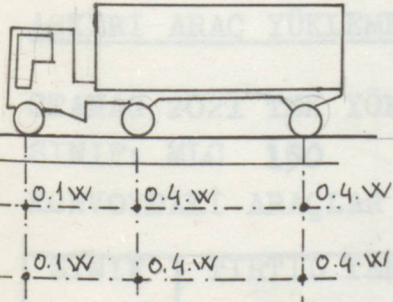
$$P=4 \times 13.50 \times 1,15 = 62,1 \text{ t}$$

$$P=4 \times 19.50 \times 1,15 = 89,70 \text{ t}$$

$$q=4 \times 1.50 \times 1,15 = 6,90 \text{ t/m}$$

STANDART KAMYON YÜKÜ :

W=30 t



$$P1=0.1 \times 30 \times 1,15 \times 4 = 13,8 \text{ t}$$

$$P2=0,4 \times 30 \times 1,15 \times 4 = 55,2 \text{ t}$$

$$P3=0.4 \times 30 \times 1,15 \times 4 = 55,2 \text{ t}$$

TİRTİL TEKERLEKLI ASKERI ARAQ:

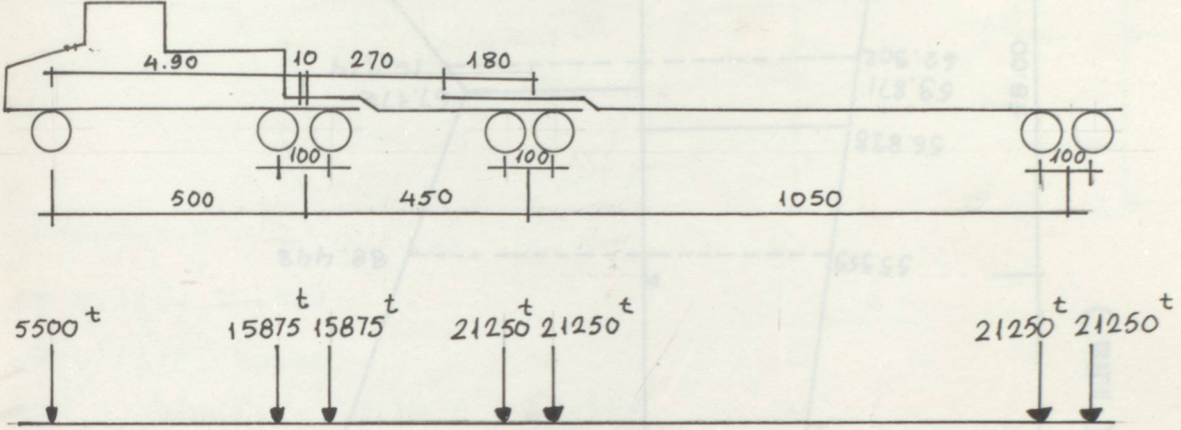
$$P=136,03 \times 1,15 = 156,44 \text{ t}$$

LASTİK TEKERLEKLI ASKERI ARAQ:

$$P1=19,96 \times 1,15 = 22,95 \text{ t}$$

$$P2=58,10 \times 1,15 = 66,81 \text{ t}$$

$$P3=29,05 \times 1,15 = 33,41 \text{ t}$$

AŞIRI YÜKLEME :

$$P1=5.5 \times 1,15=6,33 \text{ t}$$

$$P2=15.875 \times 1,15=18,25 \text{ t}$$

$$P3=21.250 \times 1,15=24,44 \text{ t}$$

ASKERİ ARAÇ YÜKLEMELERİ

STANAG 2021 TEK YÖNLÜ TRAFİK

SINIF: MLC 150

KONVOYDAKİ ARAÇLAR ARASI: 30.50 m.

SINIF	TİRTİL TEKERLEKLİ ASKERİ ARAÇ	LASTİK TEKERLEKLİ ASKERİ ARAÇ	MAX. DİNGİL KUVVETİ
150			38.10^t

TİRTİL TEKERLEKLİ ASKERİ ARAÇ:

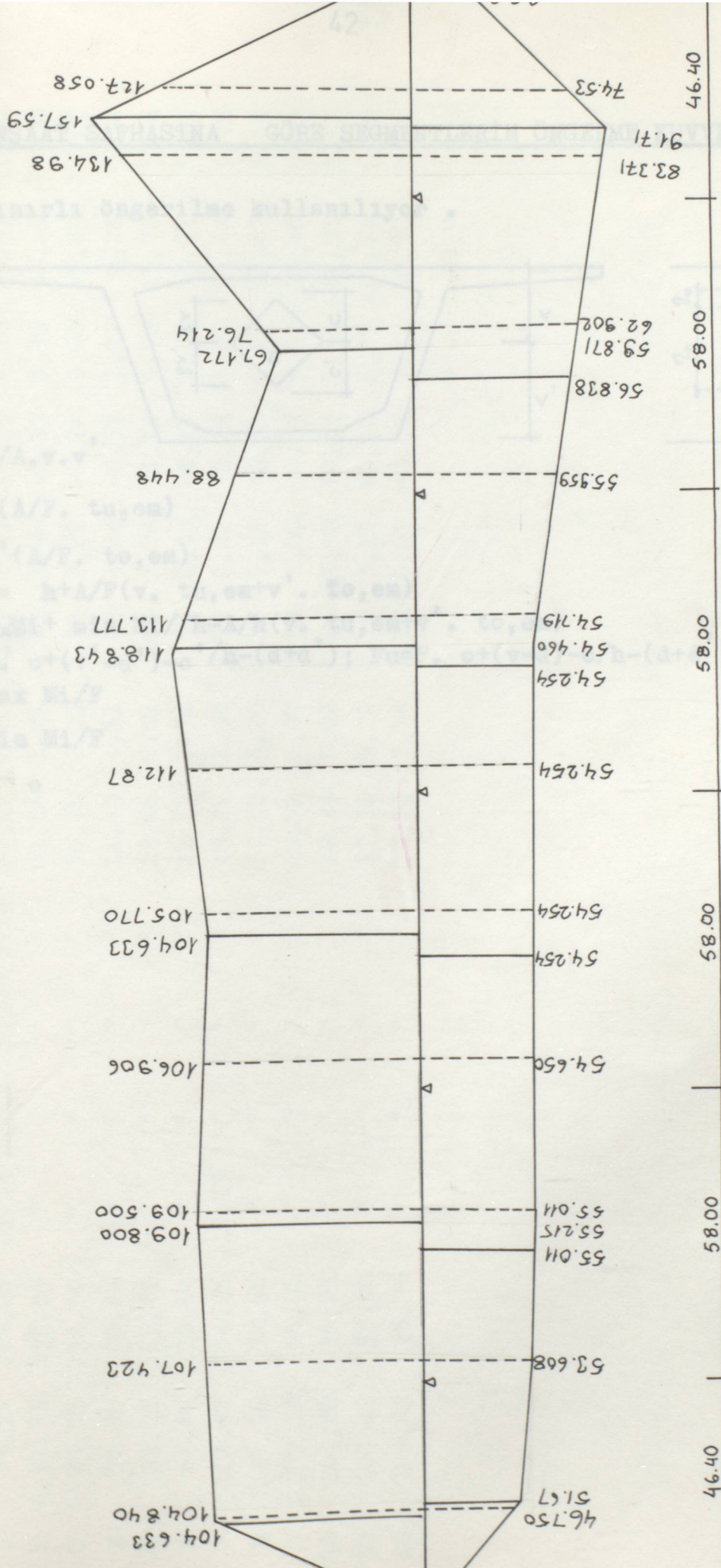
$$P=136,03 \times 1,15=156,49 \text{ t}$$

LASTİK TEKERLEKLİ ASKERİ ARAÇ :

$$P1=19,96 \times 1,15=22,95 \text{ t}$$

$$P2=38,10 \times 1,15=43,81 \text{ t}$$

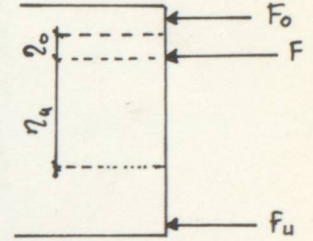
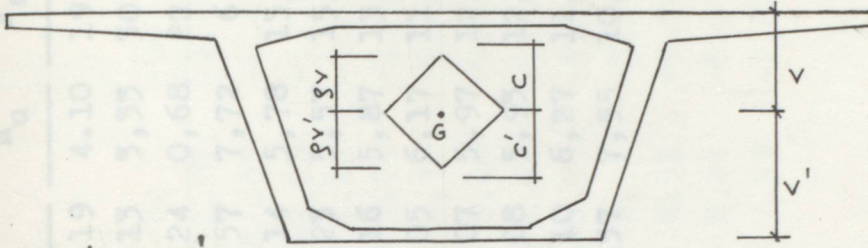
$$P3=29,03 \times 1,15=33,38 \text{ t}$$



SÜRME SAFHASINDA KÖPRÜNÜN MOMENT ZARF EĞRİSİ (MNm)

1) İNŞAAT SAFHASINA GÖRE SEGMENTLERİN ÖNGERME KUVVETLERİ

Sınırlı öngerilme kullanılıyor .



$$=IG/A.v.v'$$

$$c = v(A/F.tu,em)$$

$$c' = v'(A/F.to,em)$$

$$c+c' = h+A/F(v.tu,em+v'.to,em)$$

$$F = \text{Max} M_i + \text{min} M_i / h - A/h(v.tu,em+v'.to,em)$$

$$F_0 = F.u + (v'-d') - c'/h - (d+d')$$

$$o = \text{Max} M_i / F$$

$$u = \text{Min} M_i / F$$

$$o = c - o$$

Seg. no.	Mmax	Mmin	A	v	v'	ρ	F	c	c'	n _o	e _o	n _u	F _o	F _u
1	74,53	127,06	15,14	1,73	3,32	0,58	30,97	2,22	4,27	2,41	-0,19	4,10	19,52	11,48
2	91,71	157,59	"	"	"	"	47,26	1,81	3,45	1,94	-0,13	3,33	30,28	17,08
3	83,37	134,98	"	"	"	"	36,70	2,03	3,91	2,27	-0,24	0,68	22,67	14,03
4	55,95	88,44	"	"	"	"	11,45	4,31	8,28	4,88	-0,57	7,72	6,28	5,16
5	54,71	113,77	"	"	"	"	19,66	2,92	5,63	2,78	+0,14	5,78	13,70	5,96
6	54,46	118,84	"	"	"	"	21,32	2,78	5,34	2,55	+0,23	5,57	15,21	6,11
7	112,87	54,25	15,13	"	"	"	19,21	2,98	5,71	2,82	+0,16	5,87	13,42	5,78
8	106,90	54,65	"	"	"	"	17,32	3,20	6,13	3,15	+0,05	6,17	11,67	5,64
9	109,50	55,01	"	"	"	"	18,32	3,07	5,90	3,00	+0,07	5,97	12,46	5,85
10	109,80	55,21	"	"	"	"	18,49	3,06	5,86	2,98	+0,08	5,93	12,57	5,91
11	107,42	53,60	"	"	"	"	17,12	3,22	6,18	3,12	+0,10	6,27	11,74	5,39
12	104,63	46,75	"	"	"	"	13,85	3,74	7,18	3,37	+0,37	7,55	10,30	3,55

$\sigma_{10} = 2.5 \text{ MN/m}^2$ $\sigma_{11} = 2.5 \text{ MN/m}^2$ $\sigma_{12} = 1.6 \text{ MN/m}^2$

10 16.49 -109.80 55.21 2.31 -8.52 -3.54 2.55
 11 17.13 -107.42 53.60 2.30 -8.24 -3.07 2.31
 12 15.85 -104.63 46.75 2.29 -7.59 -2.82 2.50

İNŞAAT SAFHASINA GÖRE GERİLME TAHKİKLERİ

Seg. no.	F	A	e _o	v	v'	Mmin	Mmax	σ _{to}	σ _{bu}	σ _{bo}	σ _{tu}
1	30.97	13.25	-0.19	1.73	3.32	-127.06	74.53	2.21	-11.07	-4.69	2.17
2	47.26	"	-0.13	"	"	-157.59	92.00	2.04	-14.33	-6.4	2.05
3	36.70	"	-0.24	"	"	-134.98	83.37	2.15	-12.23	-5.33	2.13
4 ¹	11.46	"	-0.57	"	"	-88.44	55.96	2.38	-7.15	-2.65	2.38
4 ²	5.52	"	2.97	"	"	-97.17	59.87	2.44	-3.79	-1.92	2.48
5	19.67	"	+0.14	"	"	-13.77	54.72	2.32	-8.78	-3.45	2.29
6	21.32	"	+0.23	"	"	-118.84	54.46	2.30	-9.10	-3.64	2.30
7	19.21	"	+0.16	"	"	-112.87	54.25	2.31	-8.67	-3.41	2.32
8	17.32	"	+0.05	"	"	-106.91	54.66	2.32	-8.39	-3.20	2.32
9	18.32	"	+0.07	"	"	-109.50	55.01	2.31	-8.52	-3.31	2.33
10	18.49	"	+0.08	"	"	-109.80	55.21	2.31	-8.52	-3.34	2.33
11	17.13	"	+0.10	"	"	-107.42	53.60	2.30	-8.24	-3.07	2.31
12	13.85	"	+0.37	"	"	-104.63	46.75	2.29	-7.59	-2.82	2.30

$$\sigma_{to}=2.5 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{tu}=2.5 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{bu}=-18 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{bo}=-16 \text{ MN/m}^2$$

ISI TESİRİ :

FARKLI ISI DEĞİŞİMİ

$$T = \pm 15 \text{ C}^{\circ}$$

MESNET ÇÖKMESİ :

W=0.01 m LİK FARKLI MESNET ÇÖKMESİ HESAPLARDA DİKKATE ALINMIŞTIR?

ÖNGERME :

ÖNGERME YÖNTEMİ OLARAK S1770 , 6-12 LİK DYWIDAG KABLO SİSTEMİ

KULLANILMIŞTIR?

	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
Q	-12,291	+3,293	-0,8884	+0,235	-0,065
15,809	+24,199	-15,252	+4,099	-1,137	
3	+4,236	-15,25	+24,011	-15,252	+4,236

(Table 1)

Terrak Gradient (Farklı ısınma)

$$\Delta t = 15^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = 8,8 \times 10^{-6} \text{ a/}^{\circ}\text{C}$$

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 8,8 \times 10^{-6} \times 15 = 1,32 \times 10^{-4}$$

$$h = 505 \text{ m}$$

$$6 \times E \times \epsilon_t / h = 1,08 \quad 6,35830 \times 50,48 / 5,05 \times 1,32 \times 10^{-4} = 1$$

$$293,47 = 1$$

$$M_1 = M_5 = 58,65 \text{ KN/m}$$

$$M_2 = M_4 = 45,99 \text{ KN/m}$$

$$M_3 = 48,87 \text{ KN/m}$$

Farklı mesnet oturmalardan doğan momentler

$$\delta = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m} \quad E_c = 35800 \text{ N/mm}^2 = 35800 \text{ MN/m}^2$$

$$I_c = 42,85 \text{ m}^4$$

$$6,35800 \cdot 50,48 \cdot 0,01/58 = 100$$

δ çökmesinin
old. mesnet no:

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
0	-12,291	+3,293	-0,0884	+0,235	-0,065
1	+24,761	-15,46	+4,131	-1,111	+0,308
2	-15,809	+24,199	-15,252	+4,099	-1,137
3	+4,236	-15,25	+24,011	-15,252	+4,236

(Tablo 1)

Termik Gradient (Farklı ısınma)

$$\Delta t (^{\circ}\text{C}) = 15^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = 8,8 \times 10^{-6} \text{ m/}^{\circ}\text{C}$$

$$\xi_t = \alpha \cdot \Delta t = 8,8 \times 10^{-6} \times 15 = 1,32 \times 10^{-4}$$

$$h = 505 \text{ m}$$

$$6 \times E_c \times I_c / h = 1,08 \quad 6,35830 \times 50,48 / 5,05 \times 1,32 \times 10^{-4} = 1$$

$$283,47 = 1$$

$$M_1 = M_5 = 58,65 \text{ MN/m}$$

$$M_2 = M_4 = 43,99 \text{ MN/m}$$

$$M_3 = 48,87 \text{ MN/m}$$

B) İŞLETME SAFHASINDA YAPININ İNCELENMESİ :

$$\begin{aligned}
 M_{\max} g_1 &= 0,043 \cdot 0,384 \cdot 58^2 = 55,55 \quad \text{MN/m} \\
 M_{\max} g_2 &= 0,043 \cdot 0,0406 \cdot 58^2 = 5,87 \quad " \\
 M_{\max} &= 0,082 \cdot 0,06 \cdot 58^2 = 16,55 \quad " \\
 M_{\Delta t} &= 4,125 \quad " \\
 M_{\delta} &= 46,49 \quad "
 \end{aligned}$$

$$128,585 \quad \text{MN/m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\min} g_1 &= 0,085 \cdot 0,384 \cdot 58^2 = 109,80 \quad \text{MN/m} \\
 M_{\min} g_2 &= 0,085 \cdot 0,041 \cdot 58^2 = 11,609 \quad " \\
 M_{\min} &= 0,11 \cdot 0,06 \cdot 58^2 = 22,203 \quad " \\
 M_{\min} \Delta t &= 15,42 \quad "
 \end{aligned}$$

$$189,012 \quad \text{MN/m}$$

İlave Öngerilme

$$M_{\max} = \max M_n - \max M_i$$

$$M_{\max} = 128,585 - 91,71 = 36,875 \quad \text{MNm}$$

$$F_u = M_{\max} / (c + v' - d') = 36,87 / (1,8 + 3,32 - 0,125) = 7,37 \quad \text{MN}$$

$$M_{\min} = 189,012 - 157,59 = 31,42 \quad \text{MNm}$$

$$F_o = M_{\min} / (c' + v - d) = 31,42 / (3,45 + 1,73 - 0,125) = 6,270 \quad \text{MN}$$

$$F = F_u + F_o = 7,37 + 6,21 = 13,58 \quad \text{MN}$$

İŞLETME DURUMUNA GÖRE GERİLME TAHKİKİ

$$F = F_1 + F = 47.26 + 13,58 = 60,84 \text{ MN}$$

$$c = v(A/Fx \text{ tu,em} + 1) = 0.58.1.73(15.139/60.84x2.5+1) = 1,62 \text{ m}$$

$$n_0 = \max M_n / F = 128.585 / 60.84 = 2.01$$

$$e_0 = c - n_0 = 1.62 - 2.01 = 0.39 \text{ m}$$

GERİLME TAHKİKLERİ

$$1) -F/A + Fxe_0xv/Ig + M_{\min}xv/Ig < \sigma_{to,em}$$

$$-60.84/15.14 + 60.84.0.39.1.73/50.48 + 189.022x1.73/50.48 < 3.2$$

$$3.17 < 3.2 \text{ MN/m}^2$$

$$2) -F/A + Fxe_0xv'/Ig - M_{\min}.v'/Ig < \sigma_{bo,em}$$

$$-60.84/15.14 - 60.84x0.39x3.32/50.48 - 189.022.3.32/50.48 < -18$$

$$17.99 < -18 \text{ MN/m}^2$$

$$3) -F/A - Fxe_0xv/Ig - M_{\max}.v/Ig < \sigma_{bo,em}$$

$$-60.84/15.14 - 60.84.0.39.1.73/50.48 - 128.58.1.73/50.48 < -16$$

$$7.61 < -16$$

$$4) -F/A - Fxe_0.v'/Ig + M_{\max}.v'/Ig < \sigma_{tu,em}$$

$$60.84/15.14 - 60.84.0.39.3.32/50.48 + 128.985.3.32/50.48 < 3.2$$

$$2.90 < 3.2 \text{ MN/m}^2$$

ÖNGERİLME KAYIPLARI FORMÜLLERİ

$$E_{ps} = 195000 \text{ N/mm}^2 \quad E_c = 35800 \text{ N/mm}^2$$

$$k = 0.003 \text{ rad/m (düzensizlik katsayısı)}$$

$$\mu = 0.20 \text{ (sürtünme katsayısı)}$$

$$K_{f1} = \varphi(t, t_0) = 1.6 \text{ (sünme katsayısı)}$$

$$\xi_{cs} = 30 \times 10^{-5} \text{ (rötre katsayısı)}$$

$$L_N = 4 \text{ mm (kama kayma miktarı)}$$

Ani Kayıplar :

1) Sürtünme kaybı:

$$\Delta \sigma_{p\mu} = \sigma_{p_0} (\mu \cdot \alpha_A + k \cdot l)$$

2) Ankraj kayması (rantre) kaybı :

$$\bar{\Delta \sigma} = \frac{\Delta \sigma_{p\mu}}{L} \quad L_w = \sqrt{L_N \cdot E_2 / \Delta \sigma} \quad \Delta \sigma_r = 2 \times l_w \times \bar{\Delta \sigma}$$

3) Elastik kısalma kaybı :

$$\Delta \sigma_{p_{e1}} = n - 1/2 \cdot n \cdot \left(\sigma_c / E_{c_j} \right) \cdot E_{ps}$$

Zamana Bağlı Kayıplar :

1) Sünme kaybı

$$\Delta \sigma_{p_{e2}} = k_{ff} \cdot \frac{\sigma_c}{E_c} \cdot E_{ps}$$

2) Rötre kaybı :

$$\Delta \sigma_{p_{e3}} = \xi_{cs} \cdot E_{ps}$$

3) Relaksasyon kaybı dywidag tablolarından kayıplar gıktıntan sonra son gerilmenin % 5'i alınmıştır.

ÜST KABLO GURUBUNUN ÖNGERİLME KAYBI HESABI

S	L^m	σ_{R_0}	$\alpha_{\infty 0}$	$\Delta\sigma_{PP}$	$\Delta\sigma$	L_w	$\Delta\sigma_r$	σ_c	$\Delta\sigma_{pei}$	$\Delta\sigma_{pcc}$	$\Delta\sigma_{pzs}$	$\Delta\sigma_r$	σ_{NINAi}	Kab.Ad.
0	0	1400	-	-	-	-	-	4,76	12,96	71,48	58,58	65,68	1222,63	10
1	17,40	1400	-	73,08	4,2	5,81	49,05	6,30	17,15	54,90	"	57,37	1089,95	17
2	29,00	1400	-	121,80	4,2	5,84	49,05	5,12	13,94	44,62	"	55,60	1056,49	13
3	0	1400	-	-	-	-	-	2,95	8,03	25,71	"	65,39	1242,37	3
4	0	"	-	-	-	-	-	3,45	9,39	30,06	"	68,02	1292,52	7
5	25,20	"	-	97,44	4,2	5,84	49,05	3,64	9,91	31,72	"	57,67	1095,71	9
6	29,00	"	-	121,80	4,2	5,84	49,05	3,41	9,28	29,72	"	56,58	1075,07	8
7	0	"	-	-	-	-	-	3,20	8,72	27,89	"	65,25	1239,64	6
8	0	"	-	-	-	-	-	3,31	9,01	28,85	"	65,18	1238,46	6
9	29,00	"	-	121,80	4,2	5,84	49,05	3,34	9,10	29,11	"	56,62	1076,81	7
10	29,00	"	-	"	"	"	"	3,7	8,36	26,76	"	56,78	1078,75	7
11	29,00	"	-	"	"	"	"	2,82	7,68	24,58	"	56,92	1081,47	6

ALT KABLO GURUBU ÖNGERİLME HESABI

№	L(m)	σ_{po}	α	$\Delta\sigma_{pp}$	$\overline{\Delta\sigma}$	Lw	$\Delta\sigma_r$	σ_c	$\Delta\sigma_{p_i}$	$\Delta\sigma_{p_{ec}}$	$\Delta\sigma_{p_{cs}}$	$\Delta\sigma_k$	Σ	Kablo adet:
1	0	1400	-	-	-	-	-	10,65	29,00	93,08	58,50	60,97	1158,49	6
2	17,40	"	"	73,08	4,2	5,84	49,05	14,05	38,26	122,46	"	52,95	1005,71	11
3	29,00	"	"	121,80	"	5,84	49,05	11,95	32,54	104,15	"	51,70	982,26	9
4	0	"	"	-	-	-	-	7,15	19,47	62,31	"	62,99	1196,74	3
5	0	"	"	-	-	-	-	8,78	23,91	76,52	"	62,05	1179,01	3
6	23,20	"	"	97,44	4,2	"	"	8,75	23,83	76,26	"	57,20	1086,77	4
7	29,00	"	-	121,80	4,2	"	"	8,67	23,61	75,56	"	59,57	1017,90	4
8	0	"	-	-	-	-	-	8,39	22,85	75,74	"	62,15	1180,77	3
9	0	"	-	-	-	-	-	8,52	23,20	74,25	"	62,20	1181,84	3
10	29,00	"	-	121,80	"	"	"	8,52	23,20	74,25	"	62,20	1181,84	3
11	29,00	"	-	-	"	"	"	8,24	22,44	71,81	"	53,82	1022,58	3
12	"	"	-	"	"	"	"	7,59	20,67	66,15	"	45,2	1029,63	3

İŞLETME DURUMUNA GÖRE, BOYUNA YÖNDEKİ İNŞAAT SAFHASINDA BULUNAN ÖNGERME KABLOLARINA İLAVE EDİLECEK KABLOLARIN BULUNMASI

DYWIDAG tablolarından :

$$F_{em}(6812)=1635 \text{ KN} \quad F_{öng}=7370 \text{ KN}$$

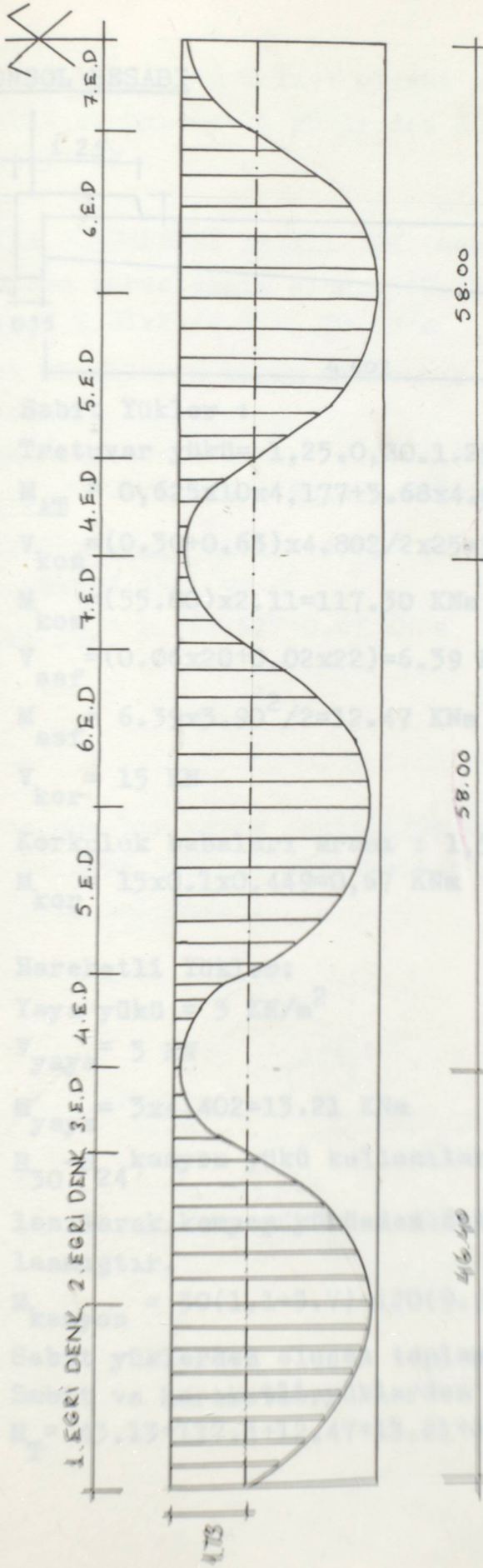
Kullanılacak Kablo Adedi= $7370/1635=4.50=5$ adet kablo kullanılacaktır.

1. 2000 DİNGE 2. 2000 DİNGE 3. 2000 DİNGE 4. 2000 DİNGE 5. 2000 DİNGE 6. 2000 DİNGE 7. 2000 DİNGE 8. 2000 DİNGE 9. 2000 DİNGE 10. 2000 DİNGE 11. 2000 DİNGE 12. 2000 DİNGE 13. 2000 DİNGE 14. 2000 DİNGE 15. 2000 DİNGE 16. 2000 DİNGE 17. 2000 DİNGE 18. 2000 DİNGE 19. 2000 DİNGE 20. 2000 DİNGE 21. 2000 DİNGE 22. 2000 DİNGE 23. 2000 DİNGE 24. 2000 DİNGE 25. 2000 DİNGE 26. 2000 DİNGE 27. 2000 DİNGE 28. 2000 DİNGE 29. 2000 DİNGE 30. 2000 DİNGE 31. 2000 DİNGE 32. 2000 DİNGE 33. 2000 DİNGE 34. 2000 DİNGE 35. 2000 DİNGE 36. 2000 DİNGE 37. 2000 DİNGE 38. 2000 DİNGE 39. 2000 DİNGE 40. 2000 DİNGE 41. 2000 DİNGE 42. 2000 DİNGE 43. 2000 DİNGE 44. 2000 DİNGE 45. 2000 DİNGE 46. 2000 DİNGE 47. 2000 DİNGE 48. 2000 DİNGE 49. 2000 DİNGE 50. 2000 DİNGE 51. 2000 DİNGE 52. 2000 DİNGE 53. 2000 DİNGE 54. 2000 DİNGE 55. 2000 DİNGE 56. 2000 DİNGE 57. 2000 DİNGE 58. 2000 DİNGE 59. 2000 DİNGE 60. 2000 DİNGE 61. 2000 DİNGE 62. 2000 DİNGE 63. 2000 DİNGE 64. 2000 DİNGE 65. 2000 DİNGE 66. 2000 DİNGE 67. 2000 DİNGE 68. 2000 DİNGE 69. 2000 DİNGE 70. 2000 DİNGE 71. 2000 DİNGE 72. 2000 DİNGE 73. 2000 DİNGE 74. 2000 DİNGE 75. 2000 DİNGE 76. 2000 DİNGE 77. 2000 DİNGE 78. 2000 DİNGE 79. 2000 DİNGE 80. 2000 DİNGE 81. 2000 DİNGE 82. 2000 DİNGE 83. 2000 DİNGE 84. 2000 DİNGE 85. 2000 DİNGE 86. 2000 DİNGE 87. 2000 DİNGE 88. 2000 DİNGE 89. 2000 DİNGE 90. 2000 DİNGE 91. 2000 DİNGE 92. 2000 DİNGE 93. 2000 DİNGE 94. 2000 DİNGE 95. 2000 DİNGE 96. 2000 DİNGE 97. 2000 DİNGE 98. 2000 DİNGE 99. 2000 DİNGE 100. 2000 DİNGE



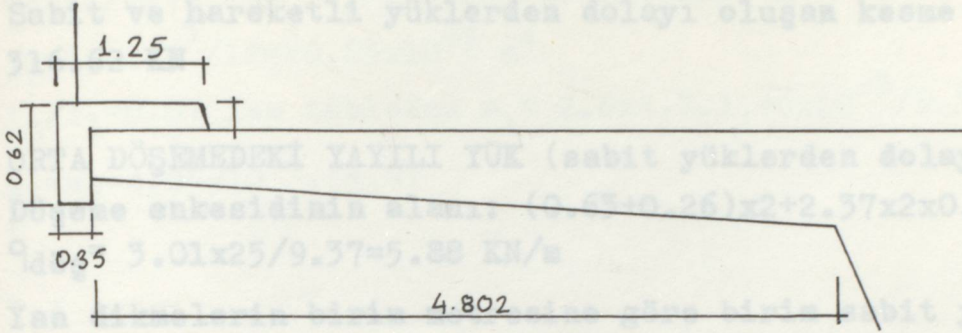
1. 2000 DİNGE — $Y_1 = 2.04 \times 10^{-2} \times 1.75$
2. 2000 DİNGE — $Y_2 = 4.09 \times 10^{-2} \times 1.75^2$
3. 2000 DİNGE — $Y_3 = 1.75 \times 10^{-2} \times 1.75^3$
4. 2000 DİNGE — $Y_4 = 0.19 \times 10^{-2} \times 1.75^4$
5. 2000 DİNGE — $Y_5 = 11.70 \times 10^{-2} \times 1.75$
6. 2000 DİNGE — $Y_6 = 4.90 \times 10^{-2} \times 1.75^2$
7. 2000 DİNGE — $Y_7 = 1.75 \times 10^{-2} \times 1.75^3$

BOYUNA YÖNDEKİ ÖNGERME KABLOLARININ İNŞAAT SAHAZINDA BULUNMASI



1. EĞRİ DENKLEMİ ----- $Y_1 = 8.04 \cdot \sin x + 1.73$
2. EĞRİ DENKLEMİ ----- $Y_2 = 4.09 - 0.0317x^2$
3. EĞRİ DENKLEMİ ----- $Y_3 = 1.73 - 0.00935x^2$
4. EĞRİ DENKLEMİ ----- $Y_4 = 0.15 + 0.00934x^2$
5. EĞRİ DENKLEMİ ----- $Y_5 = 11.50 \cdot \sin x + 1.73$
6. EĞRİ DENKLEMİ ----- $Y_6 = 4.90 - 0.01238x^2$
7. EĞRİ DENKLEMİ ----- $Y_7 = 1.73 - 0.00935x^2$

BOYUNA YÖNDEKİ ÖNGERİME KABLOLARININ DENKLEMLERİ

KONSOL HESABI

a) Sabit Yüklere :

$$\text{Tretuvar yükü} = 1,25 \cdot 0,20 + 0,42 \cdot 0,35 = 0,93 \text{ KN}$$

$$M_{AT} = 0,625 \times 10 \times 4,177 + 3,68 \times 4,627 = 43,12 \text{ KNm}$$

$$V_{kon} = (0,30 + 0,63) \times 4,802 / 2 \times 25 = 55,80 \text{ KN}$$

$$M_{kon} = (55,80) \times 2,11 = 117,30 \text{ KNm}$$

$$V_{asf} = (0,06 \times 20 + 0,02 \times 22) = 6,39 \text{ KN}$$

$$M_{asf} = 6,39 \times 3,90^2 / 2 = 12,47 \text{ KNm}$$

$$V_{kor} = 15 \text{ KN}$$

$$\text{Korkuluk babaları arası} : 1,5 \text{ m}$$

$$M_{kor} = 15 \times 0,1 \times 0,449 = 0,67 \text{ KNm}$$

b) Hareketli Yüklere :

$$\text{Yaya yükü} = 3 \text{ KN/m}^2$$

$$V_{yaya} = 3 \text{ KN}$$

$$M_{yaya} = 3 \times 4,402 = 13,21 \text{ KNm}$$

$H_{30-S_{24}}$ kamyon yükü kullanılarak PUCHER abaklarından faydalanılarak kamyon yükünden dolayı max konsol momenti hesaplanmıştır.

$$M_{kamyon} = 30(1,1 + 3,7) + 120(9,9 + 8,6 + 1,1 + 3,7) / 8 = 116,97 \text{ KNm}$$

Sabit yüklerden oluşan toplam konsol momenti: 186,77 KNm

Sabit ve hareketli yüklerden oluşan toplam konsol momenti:

$$M_T = 43,13 + 117,3 + 12,47 + 13,21 + 0,67 + 1,15 \times 116,97 = 321,30 \text{ KNm}$$

Sabit yüklerden dolayı oluşan kesme kuvveti = 72.12 KN

Sabit ve hareketli yüklerden dolayı oluşan kesme kuvveti = 316.62 KN / 12 = 20.83 x 10⁻³ m⁴

$I_0/I_1 = 0.07$ ise tablodan $n_1 = 2.6 \times 4.8 \times 1.46 \times 10^{-3} / 9.37$

ORTA DÖŞEMEDEKİ YAYILI YÜK (sabit yüklerden dolayı)

Döşeme enkesidinin alanı: $(0.63 + 0.26) \times 2 + 2.37 \times 2 \times 0.26 = 3.011 \text{ m}^2$

$q_{\text{döş}} = 3.01 \times 25 / 9.37 = 5.88 \text{ KN/m}$

Yan dikmelerin birim metresine göre birim sabit yayılı yükün hesabı:

Yan dikmelerin alanı: $0.63 \times 4.09 = 2.57 \text{ m}^2$

$q_{\text{dikme}} = 2.57 \times 1 \times 25 / 4.80 \times \sin 18^\circ = 4.14 \text{ KN/m}$ (4.8)

Alt döşemenin alanı = $0.33 / 2 (0.58 + 0.71) \times 2 + (0.25 + 0.33) \times 0.95 \times 2 / 2 + 1.98 \times 2 \times 0.25 = 1.96 \text{ m}^2$

$q_{\text{alt döş}} = 1.96 \times 25 / 7 = 0.67 \text{ KN/m}$

$I_1 = 1 \times 0.33^3 / 12 = 9.99 \times 10^{-5}$ $I_0 = 1.46 \times 10^{-3}$ $I_0/I_1 = 0.48$

0.48 → $A/L = 1.1 / 6.30 = 0.17$ tablodan 1.25 katsayısı alınıp

$n = 1.25 \times 4.8 \times 1.46 \times 10^{-3} / 6.30 = 0.289 \times (4.8) \times 10^{-3}$

Köprü'nün bir metre genişliğindeki rödürlerinin, dağıtma sayılarının ve belirli yüklemelere göre oluşan ankastrelik momentlerinin bulunması:

1.408m noktasında

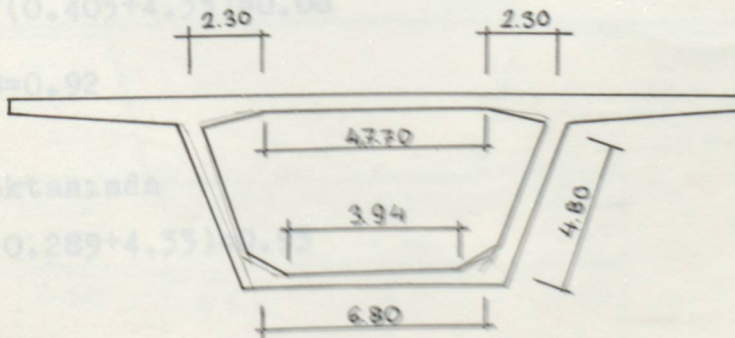
$k_{12} = 0.405 / (0.405 + 4.33) = 0.08$

$k_{21} = 1 - 0.08 = 0.92$

4.408m noktasında

$k_{41} = 4.33 / (0.289 + 4.33) = 0.92$

$k_{43} = 0.07$



1-2 Arası

$$a/l=2/8.74 \text{ ise } J_0=1 \times 0.26^3/12=1.46 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_1=1 \times 0.63^3/12=20.83 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_0/I_1=0.07 \text{ ise tablodan } m_1=2.6 \times 4.E.1,46 \times 10^{-3}/9.37$$

$$m_1=m_2=4.05 \times 10^{-4} \cdot (4.E)$$

1-4 Arası

$$I_{1-4}=0.63^3 \times 1/12=20.83 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$m_1=4 \times E \times I_{1-4} / 4.80 = (4.e) \cdot 20,83 \times 10^{-3} / 4,80 = 4,33 \times 10^{-3} (4.e).$$

$$m_1=m_4$$

4-3 Arası

$$I_1=1 \times 0,33^3/12=9,99 \times 10^{-3} \quad I_0=1.46 \times 10^{-3} \quad I_0/I_1=0.48$$

0.48 \rightarrow A/L=1.1/6.30=0.17 tablodan 1.25 katsayısı alınıp

$$m_4=1.25 \times 4.E \times 1.46 \times 10^{-3} / 6.30 = 0.289 \times (4.E) \times 10^{-3}$$

Dağıtma sayılarının hesabı:

1.düğüm noktasında

$$k_{12r}=0.405/(0.405+4.33)=0.08$$

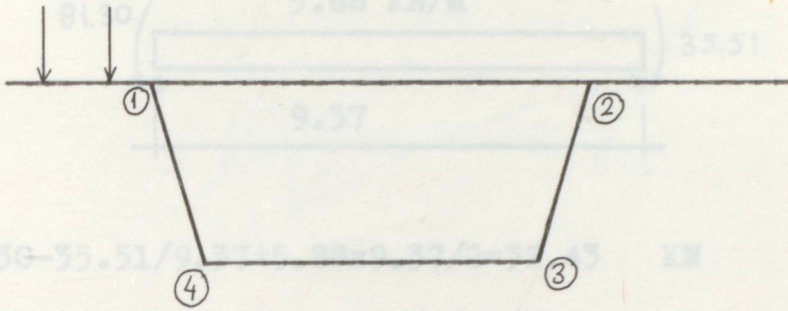
$$k_{21}=1-0.08=0.92$$

4.düğüm noktasında

$$k_{41}=4.33/(0.289+4.33)=0.93$$

$$k_{43}=0.07$$

DEĞİŞİK YÜKLEME DURUMLARI İÇİN KÖPRÜ ENKESİTİNDE GEREKLİ
MOMENTLERİN BULUNMASI



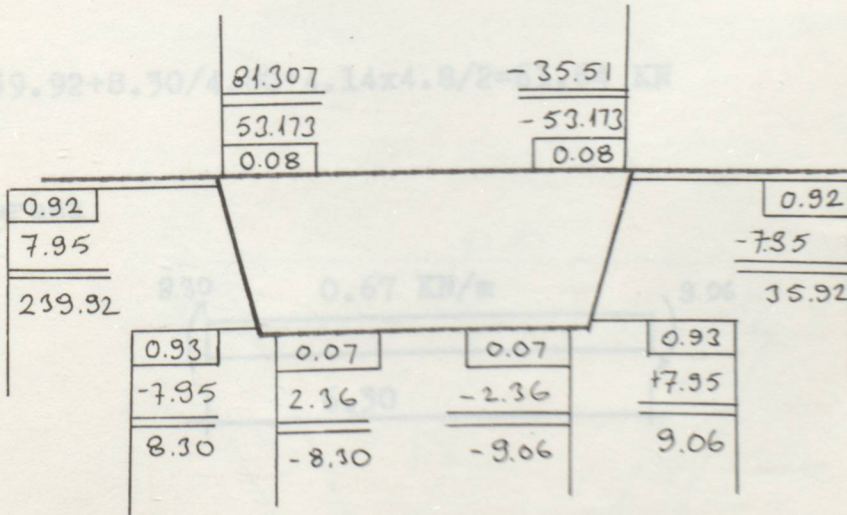
Ankastrelik momentlerin bulunması

$$M_{12} = 0.10375 \cdot 5.88 \cdot 9.37^2 = 53.173 \text{ KNm}$$

$$M_{14} = \frac{.1^2}{12} = 4.14 \cdot 4.8^2 / 12 = 7.95 \text{ KNm}$$

$$M_{43} = 0.089 \cdot 0.67 \times 6.30^3 = 2.36 \text{ KNm}$$

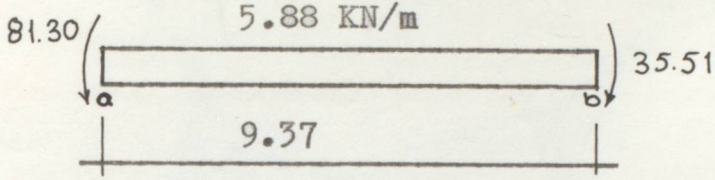
Bu ankastrelik momentlerinden faydalanılarak CROSS yöntemiyle nihai momentler ankastrelik momentlerin üstüne yazılmıştır.



$$V_4 = (-9.06 - 8.50) / 6.50 + 0.67 \times 6.50 / 2 = 0.64 \text{ KN}$$

Yapılan yükleme için kesme kuvveti ve açıklık momenti hesabı:

1-2 arası



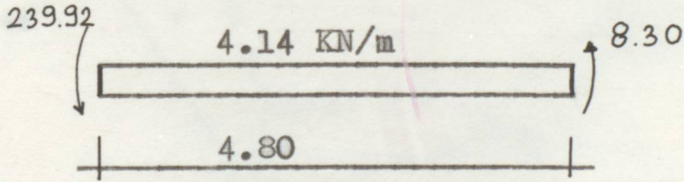
$$V_a = 81.30 - 35.51/9.37 + 5.88 \times 9.37/2 = 32.43 \text{ KN}$$

$$V_b = 35.51 - 81.30/9.37 + 5.88 \times 9.37/2 = 22.66 \text{ KN}$$

$$x = 5.88 = 32.43 \quad x = 32.43/88 - 5.51 \text{ m}$$

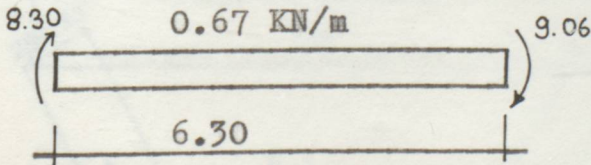
$$M_{\max} = -81.30 + 32.43 \times 5.51 - 5.88 \times 5.51^2/2 = 8.12 \text{ KNm}$$

1-4 arası

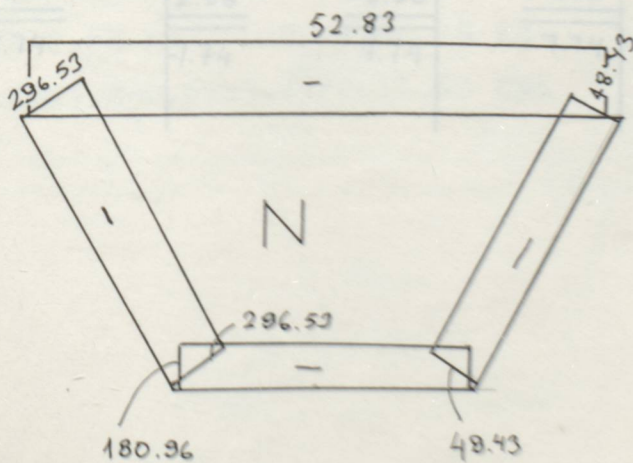
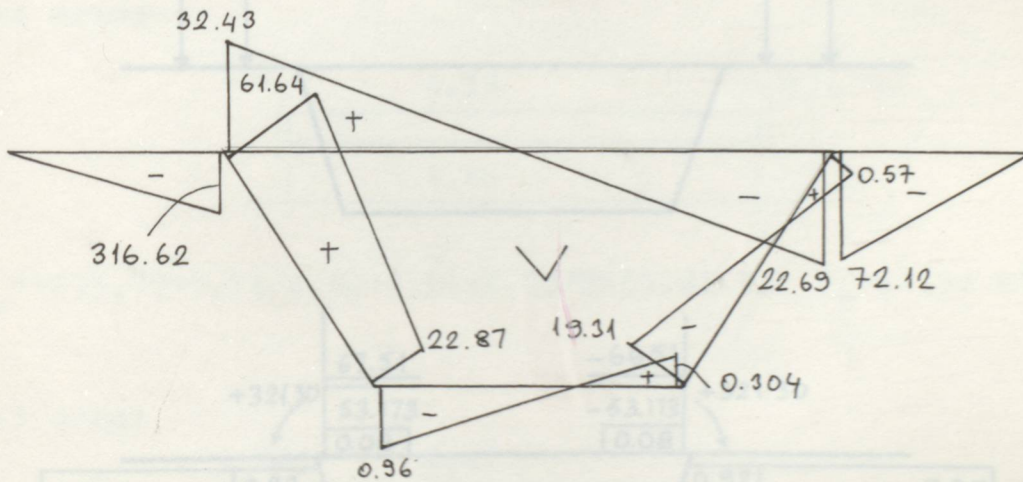
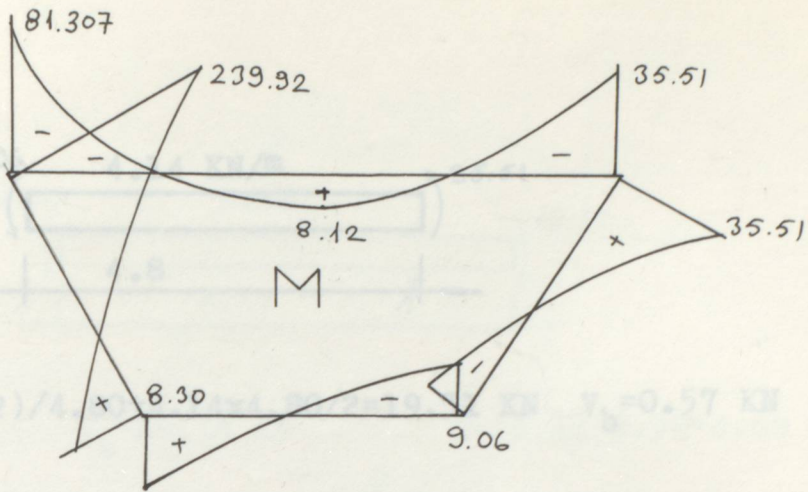


$$V_a = 239.92 + 8.30/4.80 + 4.14 \times 4.8/2 = 61.64 \text{ KN}$$

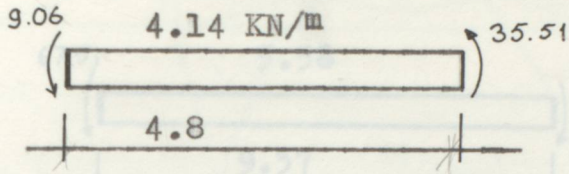
4-3 arası



$$V_a = (-9.06 - 8.30)/6.30 + 0.67 \times 6.30/2 = 0.64 \text{ KN} \quad x = 0.64/0.67 = 0.96 \text{ m}$$



3-2 arası

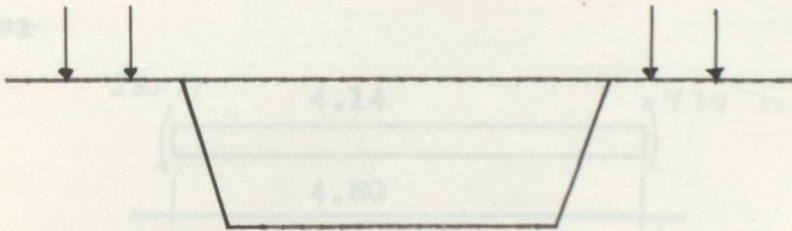


$$V_a = (9.06 + 35.92) / 4.80 + 4.14 \times 4.80 / 2 = 19.31 \text{ KN} \quad V_b = 0.57 \text{ KN}$$

$$M_{max} = -67.51 + 26.14 \cdot 4.69 - 5.58 \cdot 4.69^2 / 2 = -6.29 \text{ KNm}$$

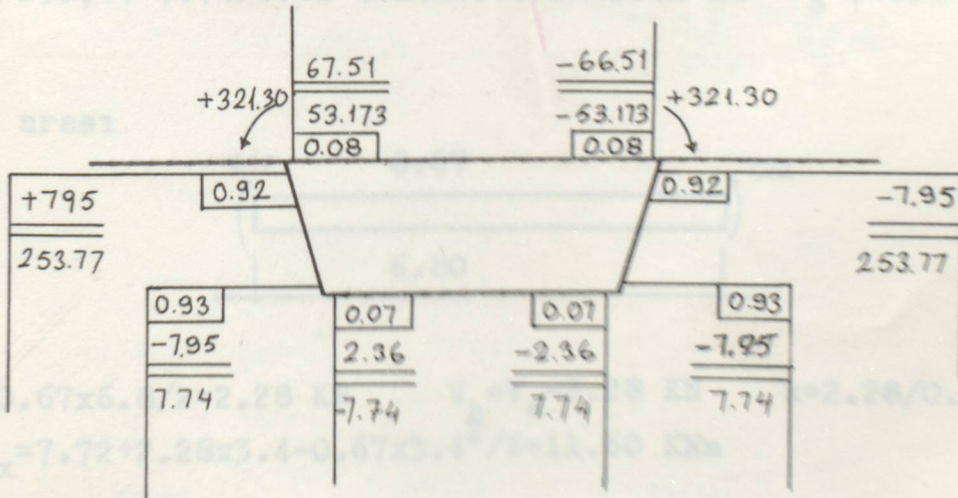
2)

1-4 arası



$$V_a = +253.77 + 7.74 / 4.80 + 4.14 \times 4.80 / 2 = 55.41 \text{ KN} \quad V_b = -44.54 \text{ KN}$$

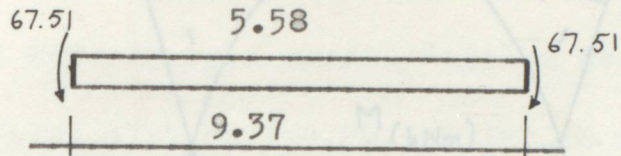
4-5 arası



$$V_a = 0.67 \times 6.28 = 4.20 \text{ KN} \quad V_b = -2.26 / 0.54 = -4.19 \text{ KN}$$

$$M_{max} = 7.72 + 2.28 \times 5.4 - 0.67 \times 5.4^2 / 2 = 11.40 \text{ KNm}$$

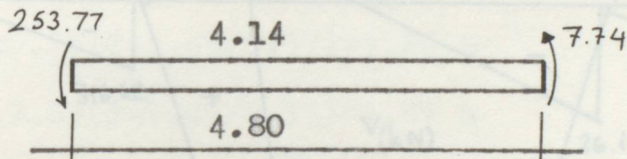
1-2 arası



$$V_a = 26.14 \text{ KN} \quad V_b = 26.14 \text{ KN} \quad x = 26.14 / 5.58 = 4.69 \text{ m}$$

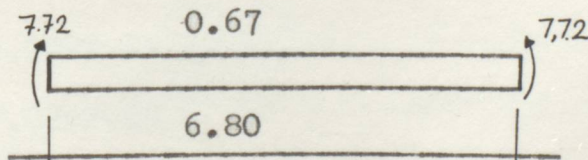
$$M_{\max} = -67.51 + 26.14 \cdot 4.69 - 5.58 \cdot 4.69^2 / 2 = -6.29 \text{ KNm}$$

1-4 arası



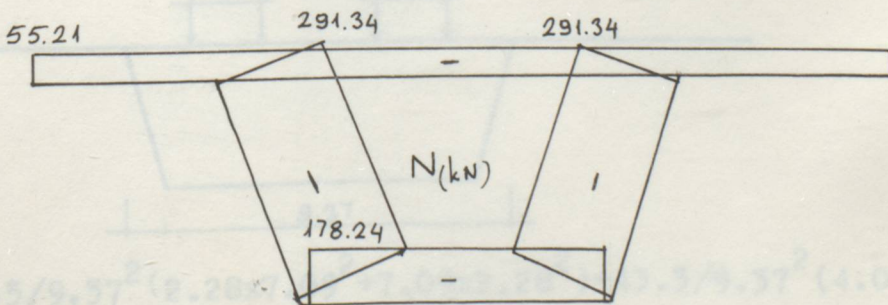
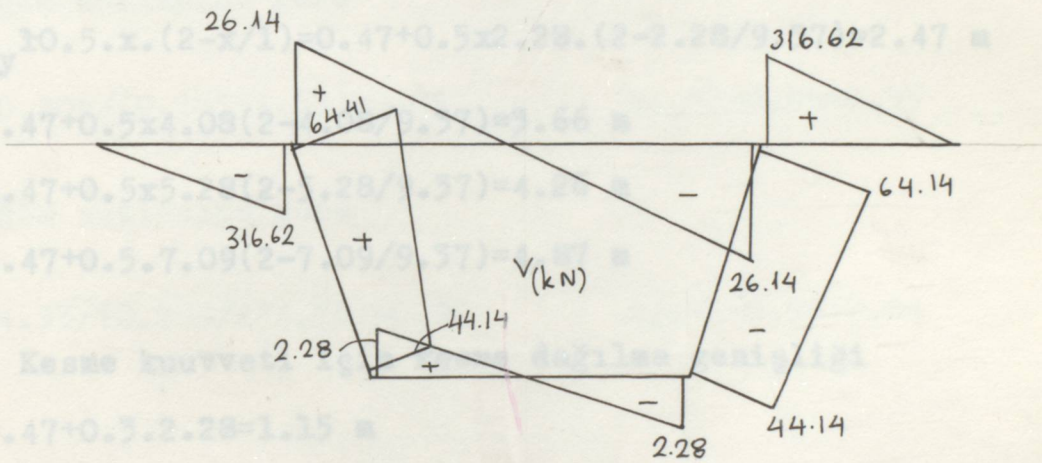
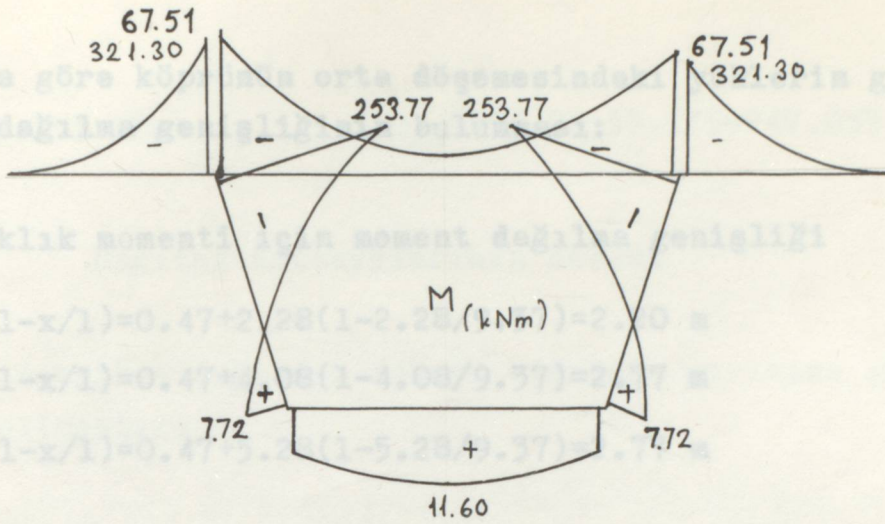
$$V_a = +253,77 + 7.74 / 4.80 + 4.14 \times 4.80 / 2 = 65.41 \text{ KN} \quad V_b = 44.54 \text{ KN}$$

4-3 arası



$$V_a = 0.67 \times 6.8 / 2 = 2.28 \text{ KN} \quad V_b = V_a = 2.28 \text{ KN} \quad x = 2.28 / 0.64 = 3.4 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 7.72 + 2.28 \times 3.4 - 0.67 \times 3.4^2 / 2 = 11.60 \text{ KNm}$$



HEFT 240'a göre köprünün orta döşemesindeki yüklerin gerekli yerlerde dağılma genişliğinin bulunması: $53.173-247.053 \text{ KN}$

Açıklık momenti için moment dağılma genişliği

$$B_{m_1} = t_y + x(1-x/l) = 0.47 + 2.28(1-2.28/9.37) = 2.20 \text{ m}$$

$$B_{m_2} = t_y + x(1-x/l) = 0.47 + 4.08(1-4.08/9.37) = 2.77 \text{ m}$$

$$B_{m_3} = t_y + x(1-x/l) = 0.47 + 5.28(1-5.28/9.37) = 2.77 \text{ m}$$

Mesnet momenti için moment dağılma genişliği

$$B_{m_1} = t_y + 0.5 \cdot x \cdot (2-x/l) = 0.47 + 0.5 \cdot 2.28 \cdot (2-2.28/9.37) = 2.47 \text{ m}$$

$$B_{m_2} = 0.47 + 0.5 \cdot 4.08 \cdot (2-4.08/9.37) = 3.66 \text{ m}$$

$$B_{m_3} = 0.47 + 0.5 \cdot 5.28 \cdot (2-5.28/9.37) = 4.26 \text{ m}$$

$$B_{m_4} = 0.47 + 0.5 \cdot 7.09 \cdot (2-7.09/9.37) = 4.87 \text{ m}$$

Kesme kuvveti için kesme dağılma genişliği

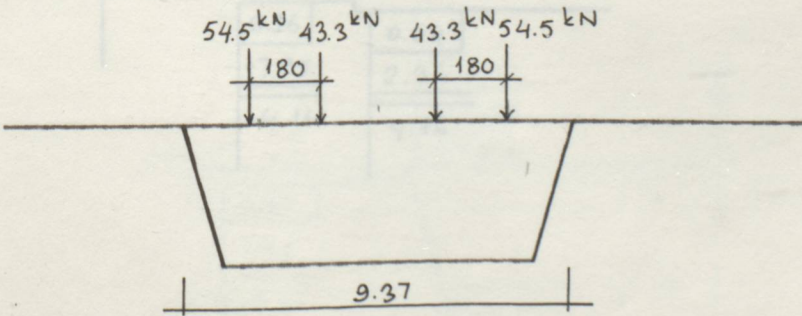
$$B_{m_1} = 0.47 + 0.3 \cdot 2.28 = 1.15 \text{ m}$$

$$B_{m_2} = 0.47 + 0.3 \cdot 4.08 = 1.70 \text{ m}$$

$$B_{m_3} = 0.47 + 0.3 \cdot 5.28 = 2.05 \text{ m}$$

$$B_{m_4} = 0.47 + 0.3 \cdot 7.09 = 2.59 \text{ m}$$

Açıklık momenti için hesap



$$M_{\text{kam.}} = 54.5/9.37^2 (2.28 \cdot 7.09^2 + 7.09 \cdot 2.28^2) + 43.3/9.37^2 (4.08 \cdot 5.29^2 + 5.28 \cdot 4.09^2) = 193.88 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{sabit}} = 53.173 \text{ KNm}$$

$$M_{12} = 193.88 + 53.173 = 247.053 \text{ KNm}$$

Dağıtma Katsayılarının Hesabı

Sistem simetrik olduğundan dolayı köprünün yarısına göre hesap yapılmıştır.

1. düğüm noktasına göre

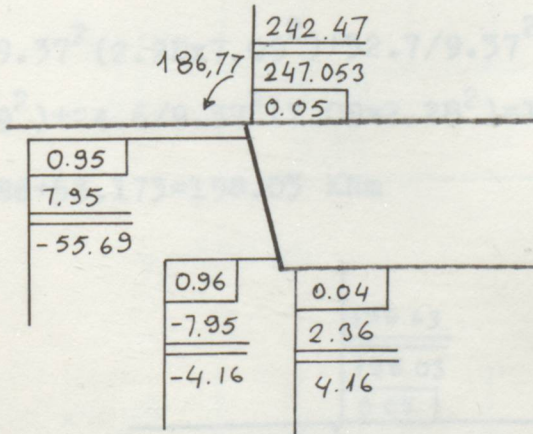
$$k_{12} = 0.205 / (0.205 + 4.33) = 0.05$$

$$k_{24} = 1 - 0.05 = 0.95$$

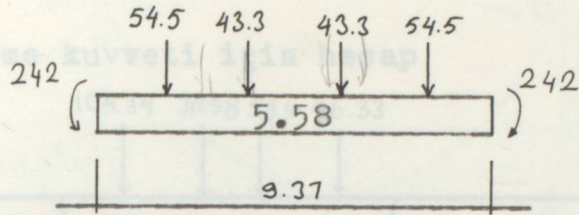
4. düğüm noktasına göre

$$k_{41} = 4.33 / (0.289/2 + 4.33) = 0.96$$

$$k_{43} = 1 - 0.96 = 0.04$$



1-2 arası



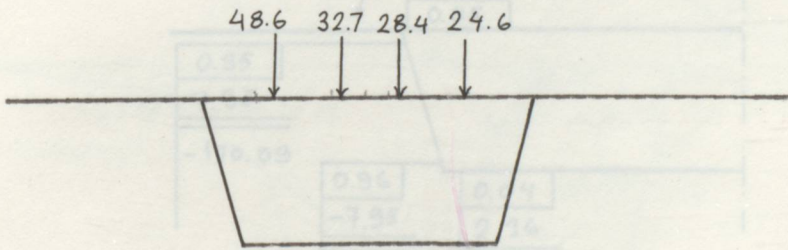
$$V_a = 242 - 4.3 + 43.3 + 5.58 \times 9.37 / 2 = 123.74 \text{ KN}$$

$$V_a = 54.5 + 43.3 + 5.58 \cdot x \quad x = 4.64 \text{ m}$$

$$M_{\max} + 2.42 - 123.74 \times 4.64 + 5.58 \times 4.64^2 / 2 + 54.5 \cdot 2.36 + 43.3 \times 0.58 = 0$$

$$M_{\max} = 118.35 \text{ KNm}$$

Mesnet momenti için aynı yüklemekten doğam moment:



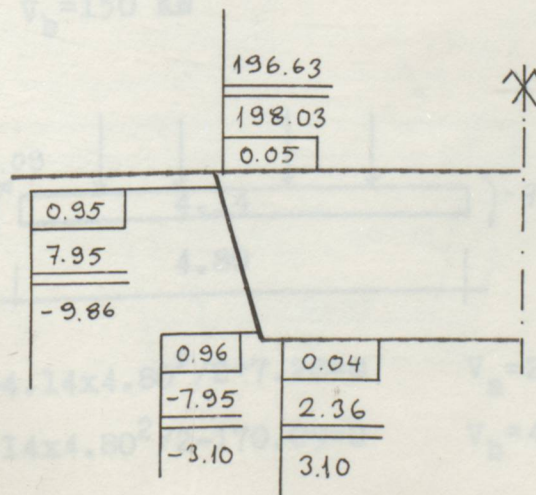
1-2 arası

$$M_{12} = 48.6 / 9.37^2 (2.28 \times 7.09^2) + 32.7 / 9.37^2 (4.08 \times 5.29^2) + 28.4 / 9.37^2 (5.28 \times 4.09^2) + 24.6 / 9.37^2 (7.09 \times 2.28^2) = 144.86 \text{ KNm}$$

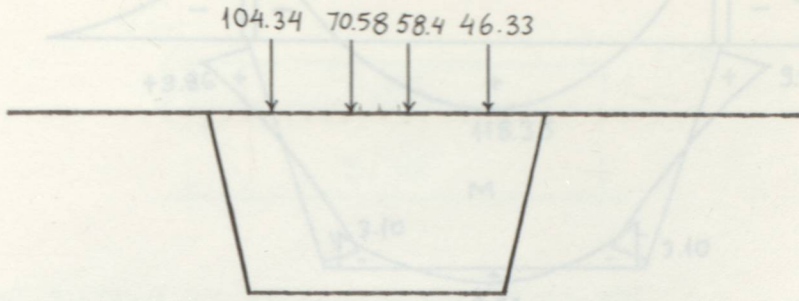
$$M_{T12} = 144.86 + 53.173 = 198.03 \text{ KNm}$$

 $V_a = 170 \text{ KN}$ $V_b = 130 \text{ KN}$

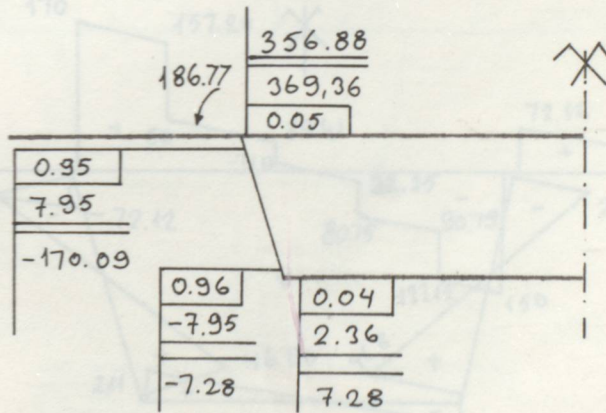
1-4 arası

 $V_a = 4.80 + 170.09 = 174.89 \text{ KN}$ $V_b = 4.80 - 7.28 - 4.34 \times 4.80 = -3.10 \text{ KN}$ $V_a = 43.98 \text{ KN}$ $V_b = 46.80 \text{ KN}$

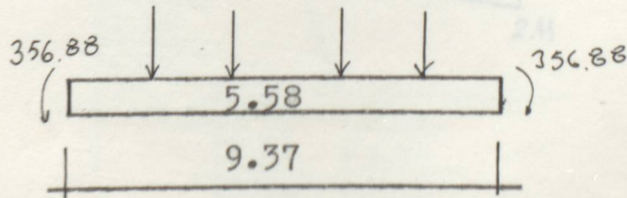
Kesme kuvveti için hesap



$$M_{12} = 53.173 + 104.34/9.37^2 (2.28 \times 7.09^2) + 70.58/9.37^2 (4.08 \times 5.29^2) + 58.4/9.37^2 \times 5.28 \times 4.09^2 + 46.33/9.37^2 \times 7.09 \times 2.28^2 = 369.36 \text{ KNm}$$



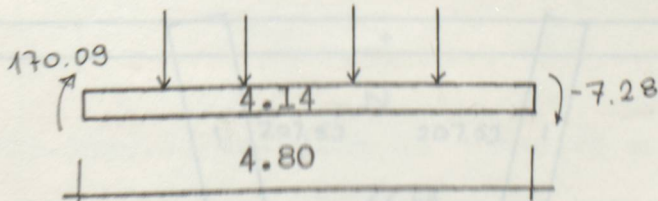
I-2 arası



$$V_a = 170 \text{ KN}$$

$$V_b = 150 \text{ KN}$$

1-4 arası

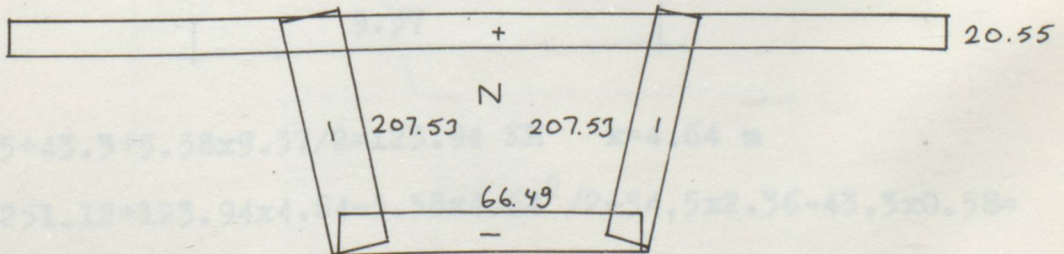
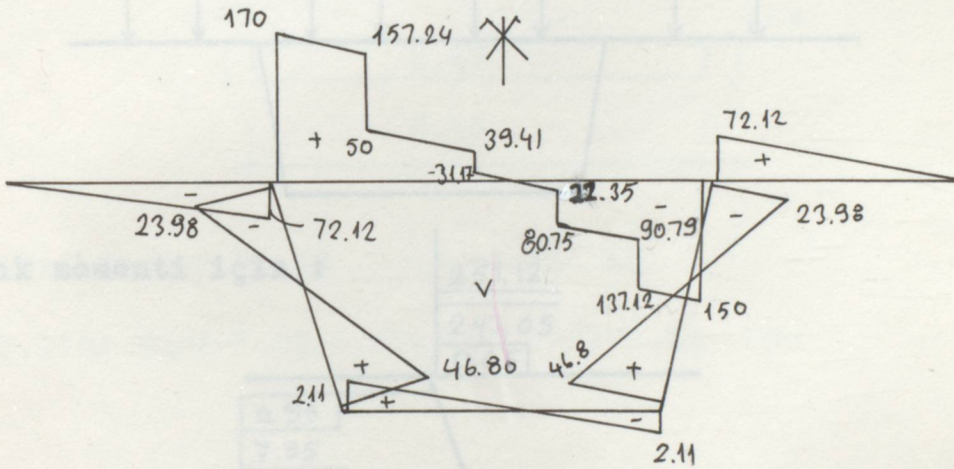
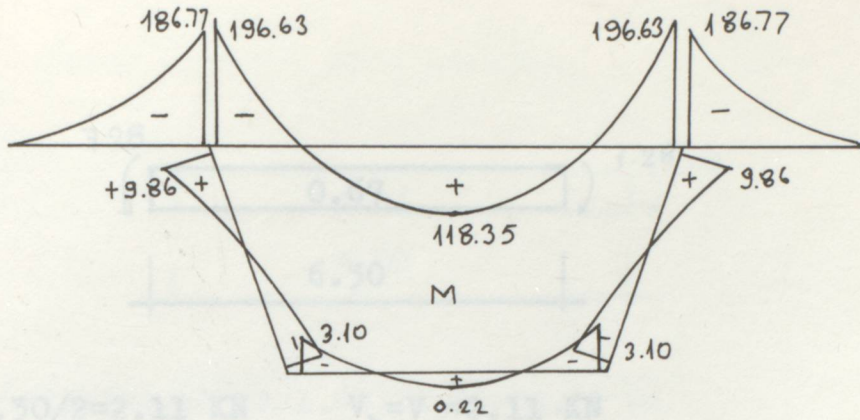


$$V_a \times 4.80 + 170.09 - 4.14 \times 4.80^2 / 2 + 7.28 = 0$$

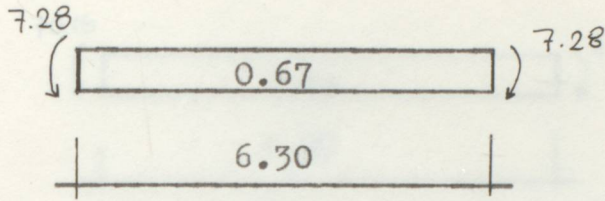
$$V_a = 23.98 \text{ KN}$$

$$V_b \times 4.80 - 7.28 - 4.14 \times 4.80^2 / 2 - 170.09 = 0$$

$$V_b = 46.80 \text{ KN}$$



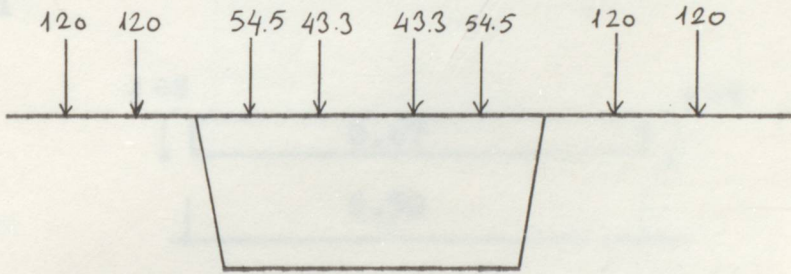
4-3 arası



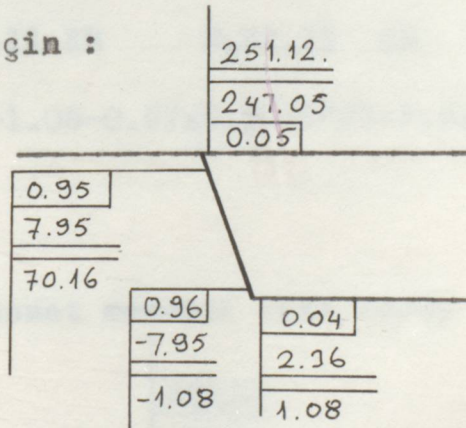
$$V_a = 0.67 \times 6.30 / 2 = 2.11 \text{ KN}$$

$$V_b = V_a = 2.11 \text{ KN}$$

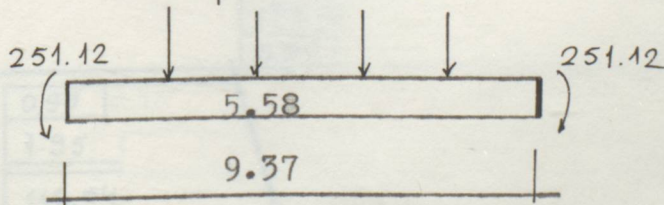
4) 3 arası



Açıklık momenti için :



1-2 arası



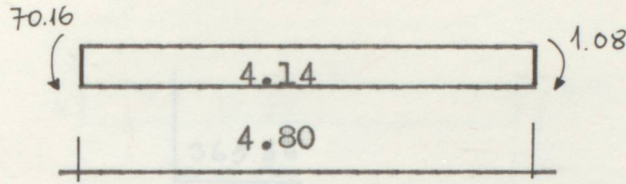
$$V_a = 54,5 + 43,3 + 5,58 \times 9,37 / 2 = 123,94 \text{ KN} \quad x = 4,64 \text{ m}$$

$$M_{\max} = -251,12 + 123,94 \times 4,64 - 5,58 \times 4,64^2 / 2 - 54,5 \times 2,36 - 43,3 \times 0,58 =$$

$$110,16 \text{ KNm}$$

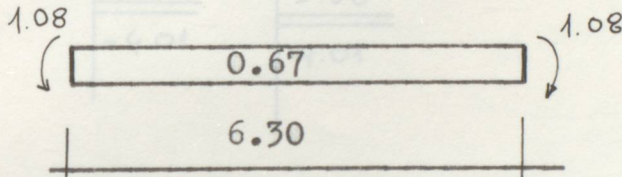
1-4 arası

Kesme kuvveti için hesap



$$V_a = (+70.16 + 4.14 \times 4.80^2 / 2 - 1.08) / 4.80 = 24.32 \text{ kN}$$

4-3 arası

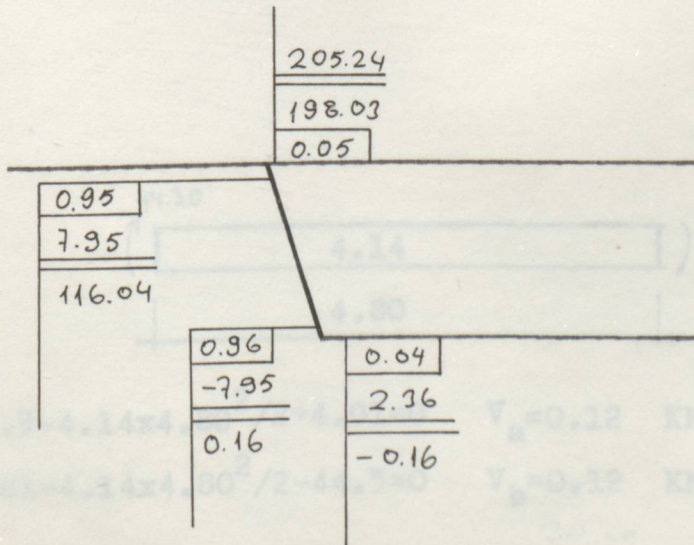


$$V_a = 0.67 \times 6.30 / 2 = 2.11 \text{ KN} \quad V_b = 2.11 \text{ KN}$$

$$M_{\max} = 2.11 \times 6.30 / 2 - 1.08 - 0.67 \times 6.30^2 / 2^2 / 2 = 2.24 \text{ KNm}$$

$V_a = 170 \text{ KN}$

Mesnet momenti için hesap



1-4 arası

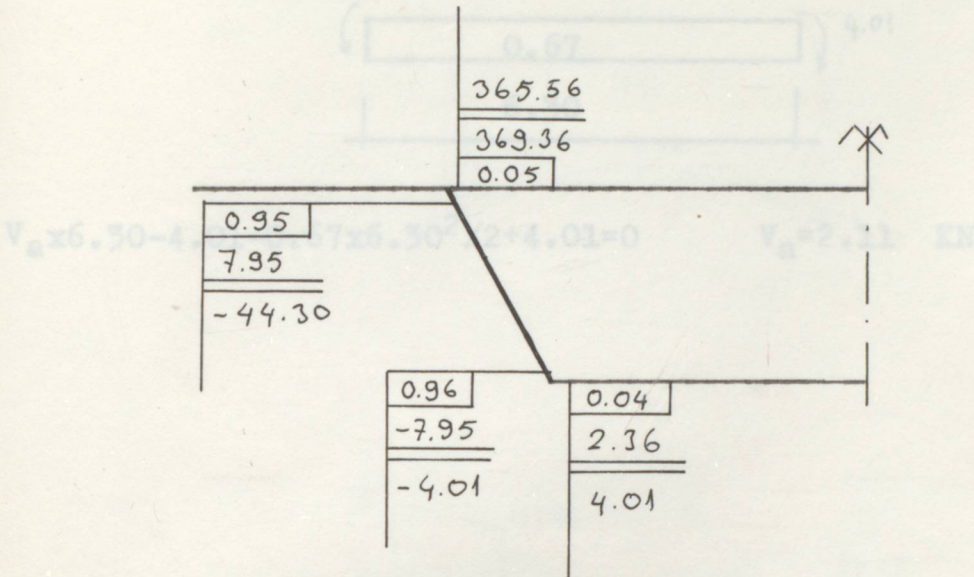
$$V_a = 4.80 \times 4.14 \times 4.80 / 2 - 1.08 = 170.16 \text{ KN}$$

$$V_b = 4.80 \times 4.14 \times 4.80^2 / 2 - 1.08 - 4.14 \times 4.80 = 24.32 \text{ KN}$$

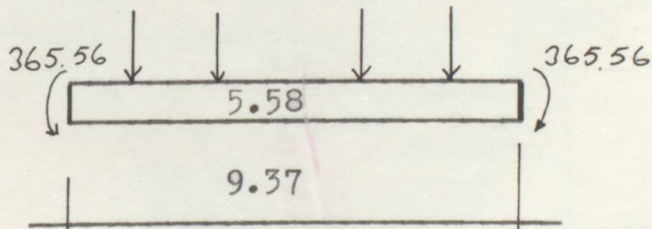
$$V_a = 0.12 \text{ KN}$$

$$V_b = 0.12 \text{ KN}$$

4-3 arası Kesme kuvveti için hesap



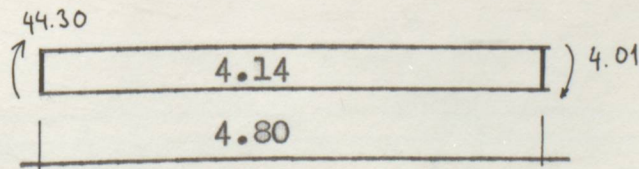
1-2 arası



$V_a = 170 \text{ KN}$

$V_b = 170 \text{ KN}$

1-4 arası



$V_a = 4.80 + 44.3 - 4.14 \times 4.80^2 / 2 + 4.01 = 0$

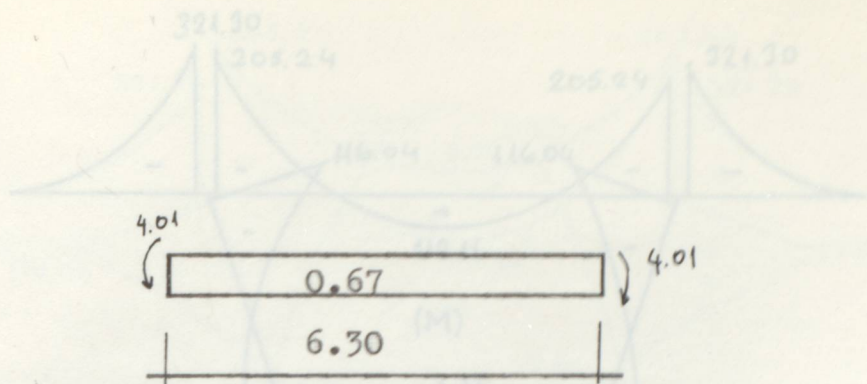
$V_a = 0.12 \text{ KN}$

$V_b = 4.80 - 4.01 - 4.14 \times 4.80^2 / 2 - 44.3 = 0$

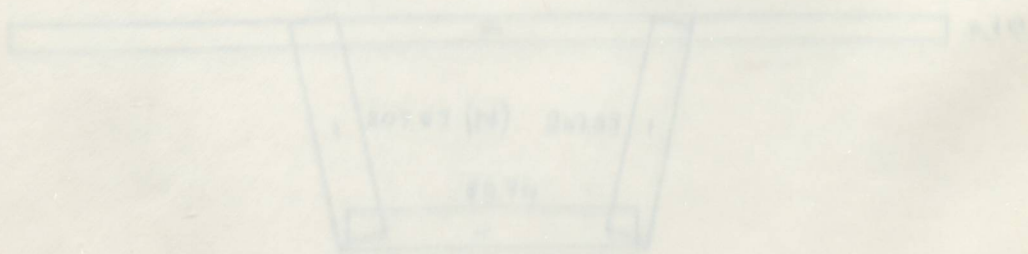
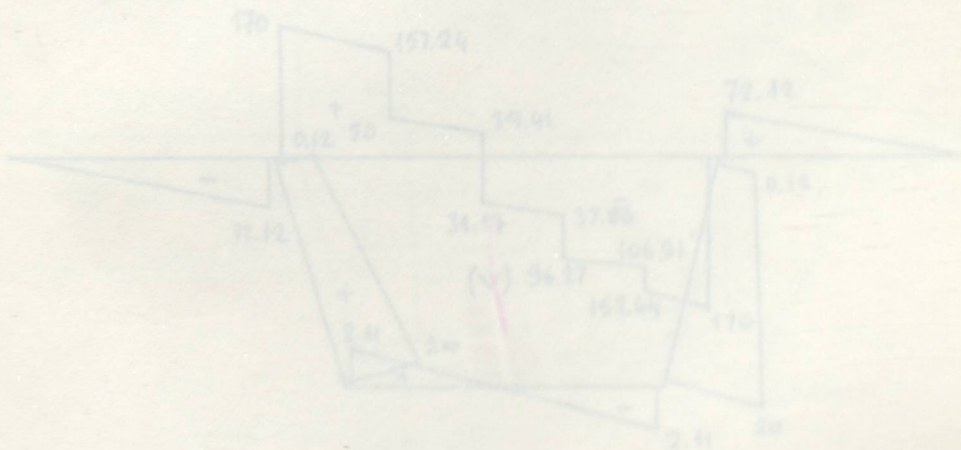
$V_b = 0.12 \text{ KN}$

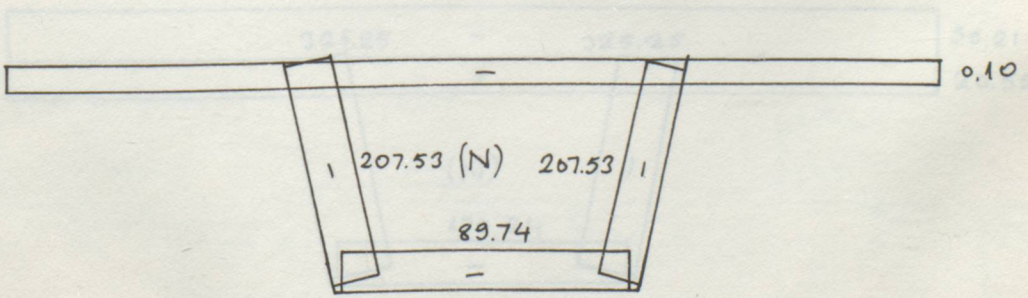
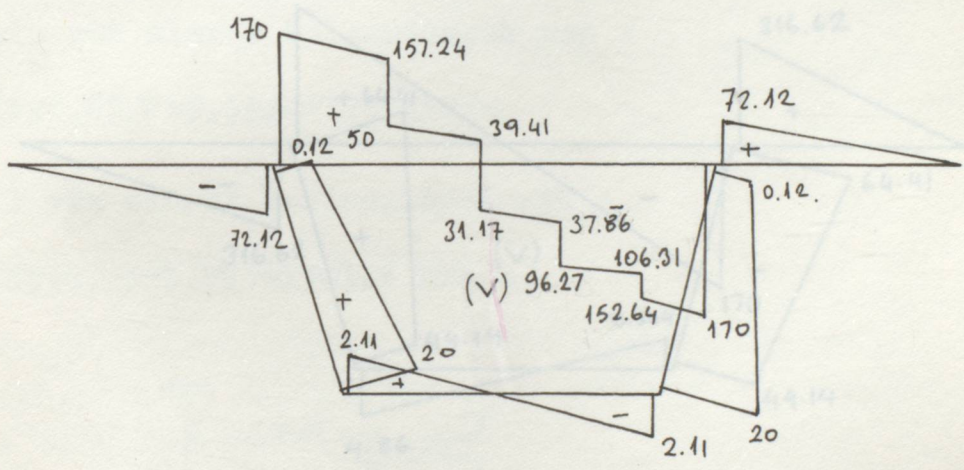
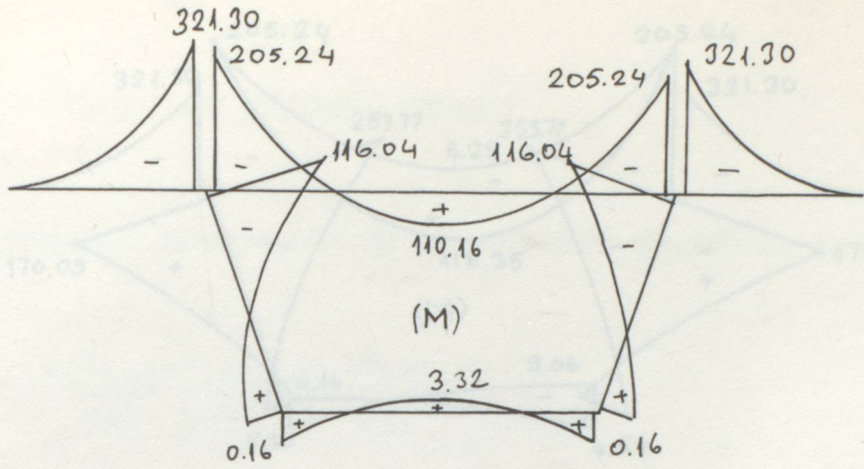
20.00

4-3 arası

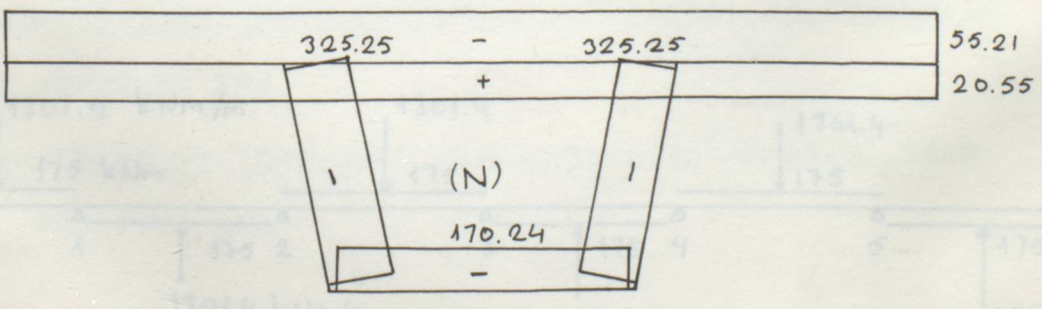
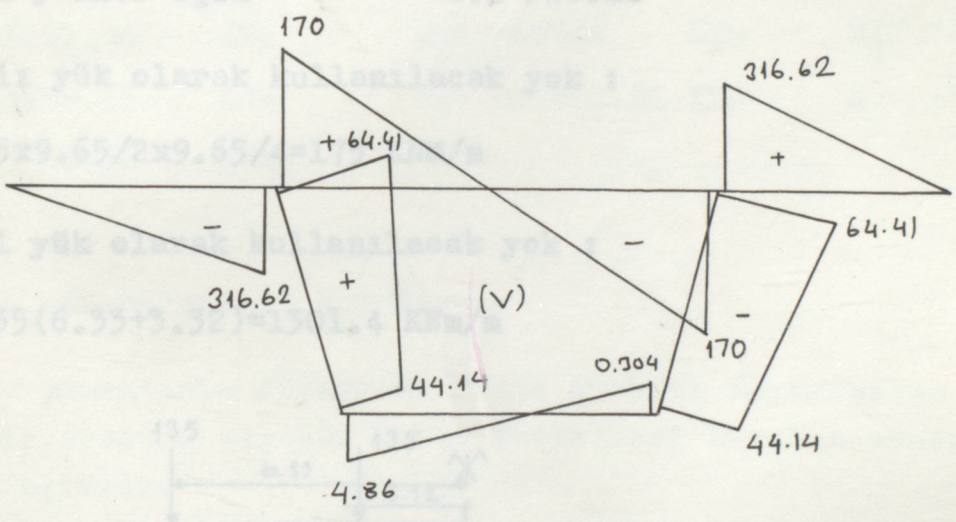
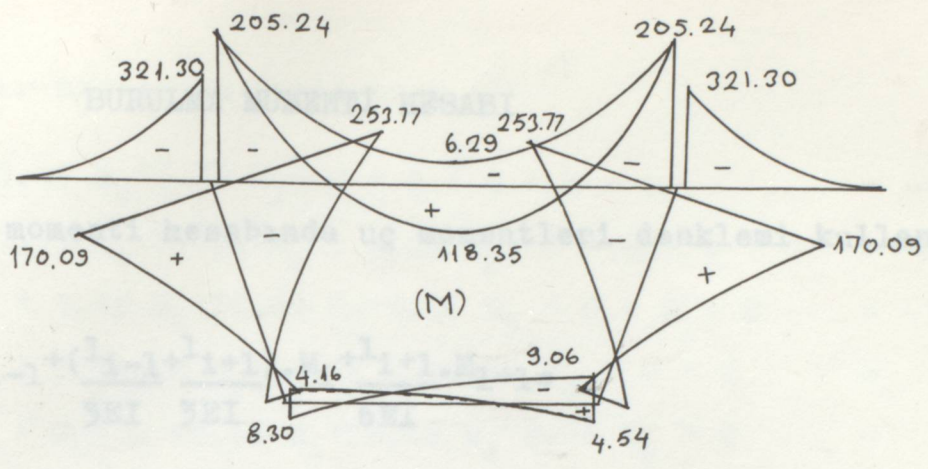


$$V_a \times 6.30 - 4.01 - 0.67 \times 6.30^2 / 2 + 4.01 = 0 \quad V_a = 2.11 \text{ KN}$$





MAXSIMUM M,V,N DİYAGRAMI



BURULMA MÜMENTİ HESABI

Burulma momenti hesabında uç momentleri denklemini kullanılmıştır.

$$\frac{l_{i-1}}{6EI} \cdot M_{i-1} + \left(\frac{l_{i-1} + l_{i+1}}{3EI} \right) \cdot M_i + \frac{l_{i+1}}{6EI} \cdot M_{i+1} =$$

Yayalı yükler için : $= t \cdot l^2 / 24 \cdot EI$

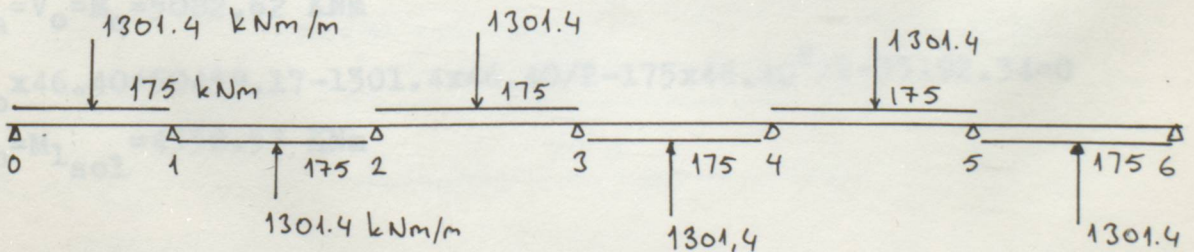
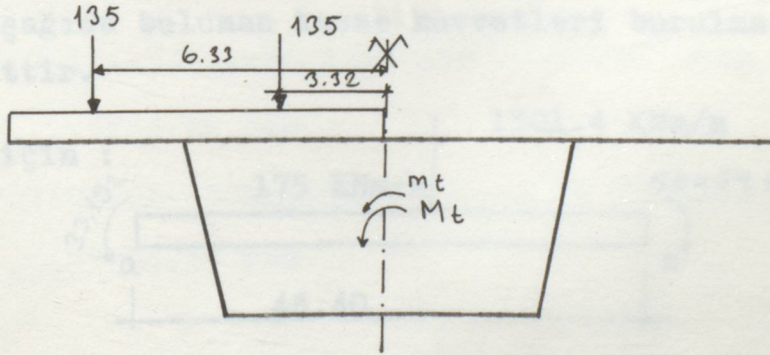
Tekil yükler için : $= P \cdot l^2 / 16 \cdot EI$

Yayıllı yük olarak kullanılacak yük :

$$m_t = 15 \times 9.65 / 2 \times 9.65 / 4 = 175 \text{ KNm/m}$$

Tekil yük olarak kullanılacak yük :

$$M_t = 135 (6.33 + 3.32) = 1301.4 \text{ KNm/m}$$



Sırayla her mesnetten başlayarak :

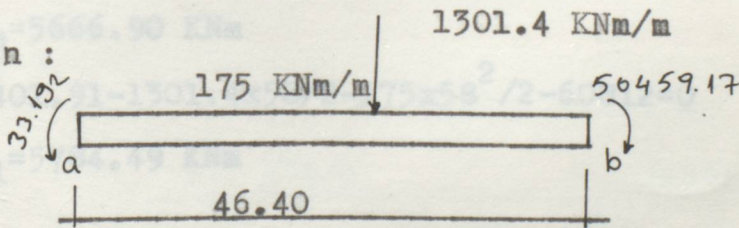
$$\begin{aligned}
 \text{Mes.0} & 15.47 M_0 + 7.73 M_1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = -903535 \\
 \text{Mes.1} & 7.73 M_0 + 34.80 M_1 + 9.66 M_2 + 0 + 0 + 0 + 0 = -2600000 \\
 \text{Mes.2} & 0 + 9.66 M_1 + 38.66 M_2 + 9.66 M_3 + 0 + 0 + 0 = -339293 \\
 \text{Mes.3} & 0 + 0 + 9.66 M_2 + 38.66 M_3 + 9.66 M_4 + 0 + 0 = " \\
 \text{Mes.4} & 0 + 0 + 0 + 9.66 M_3 + 38.66 M_4 + 9.66 M_5 + 0 = " \\
 \text{Mes.5} & 0 + 0 + 0 + 0 + 9.66 M_4 + 34.80 M_5 + 7.33 M_6 = -2600000 \\
 \text{Mes.6} & 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 7.33 M_5 + 15.47 M_6 = -903535
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_0 &= -33192.34 & \text{KNm} & & M_2 &= -60812 & \text{KNm} & & M_4 &= -6069651 & \text{KNm} \\
 M_1 &= -50459.17 & \text{KNm} & & M_3 &= -57401.91 & \text{KNm} & & M_5 &= -50921,4 & \text{KNm} \\
 M_6 &= -32961.38 & \text{KNm} & & & & & & & &
 \end{aligned}$$

Burulma momentlerinin bulunması:

Burulma momentinin diyagramı kesme kuvveti diyagramına özdeştir. Aşağıda bulunan kesme kuvvetleri burulma momentlerine eşittir.

1. Ağıklık için :



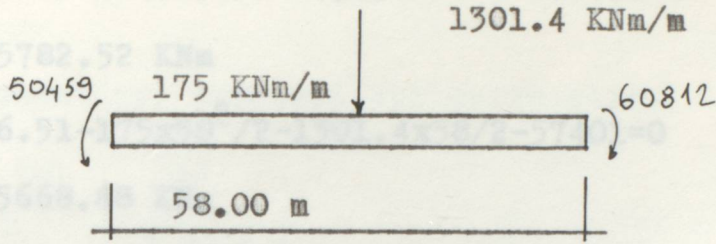
$$V_a \times 46.40 + 33192.34 - 50459.17 - 175 \times 46.40^2 / 2 - 1301.40 \times 46.40 / 2 = 0$$

$$V_a = V_0 = M_0 = 5082.62 \text{ KNm}$$

$$V_b \times 46.40 + 50459.17 - 1301.4 \times 46.40 / 2 - 175 \times 46.40^2 / 2 - 33192.34 = 0$$

$$V_b = M_{1\text{sol}} = 4338.57 \text{ KNm}$$

2. Açıklık için:



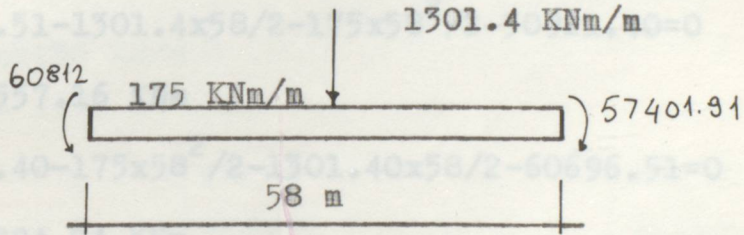
$$V_{1,sağ} \cdot 58 + 50459 - 175 \times 58^2 / 2 - 1301.4 \times 58 / 2 - 60812 = 0$$

$$V_{1,sağ} = M_{1,sağ} = 5904.20 \text{ KNm}$$

$$V_{2,sol} = (-60812 + 1301.40 \times 58 / 2 + 175 \times 58^2 / 2 + 50459) / 58 = 5547.20 \text{ KN}$$

$$V_{2,sol} = M_{2,sol} = 5547.20 \text{ KNm}$$

3. Açıklık için :



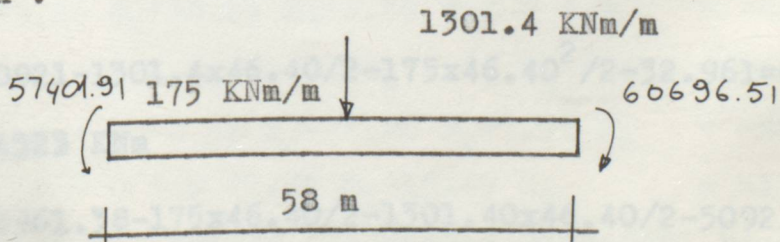
$$V_{2,sağ} \cdot 58 + 60812 - 1301.4 \times 58 / 2 - 175 \times 58^2 / 2 - 57401.91 = 0$$

$$V_{2,sağ} = M_{2,sağ} = 5666.90 \text{ KNm}$$

$$V_{3,sol} \cdot 58 + 57401.91 - 1301.4 \times 58 / 2 - 175 \times 58^2 / 2 - 60812 = 0$$

$$V_{3,sol} = M_{3,sol} = 5784.49 \text{ KNm}$$

4. Açıklık için :



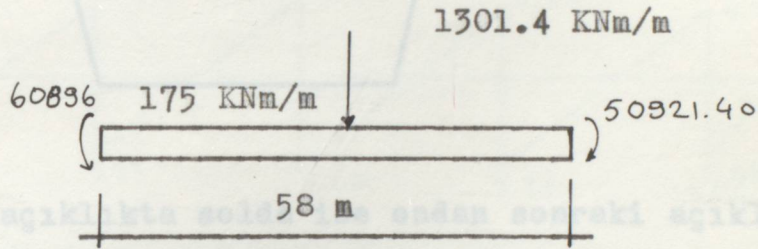
$$V_{3,sağ} \times 58 + 57401 - 1301.40 \times 58/2 - 175 \times 58^2/2 - 60696.51 = 0$$

$$V_{3,sağ} = M_{3,sağ} = 5782.52 \text{ KNm}$$

$$V_{4,sol} \times 58 + 60696.51 - 175 \times 58^2/2 - 1301.4 \times 58/2 - 57401 = 0$$

$$V_{4,sol} = M_{4,sol} = 5668.88 \text{ KNm}$$

5. Açıklık için :



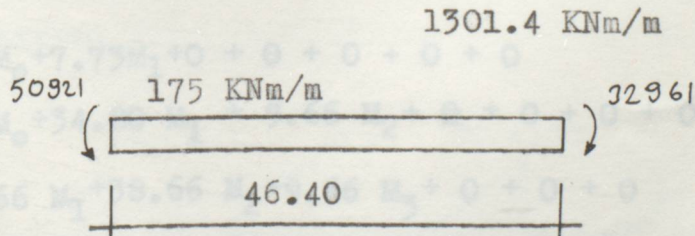
$$V_{4,sağ} \times 58 + 60696.51 - 1301.4 \times 58/2 - 175 \times 58^2/2 - 50921.40 = 0$$

$$V_{4,sağ} = M_{4,sağ} = 5557.16 \text{ KNm}$$

$$V_{5,sol} \times 58 + 50921.40 - 175 \times 58^2/2 - 1301.40 \times 58/2 - 60696.51 = 0$$

$$V_{5,sol} = M_{5,sol} = 5894.24 \text{ KNm}$$

6. Açıklık için



$$V_{5,sağ} \times 46.40 + 50921 - 1301.4 \times 46.40/2 - 175 \times 46.40^2/2 - 32.961 = 0$$

$$V_{5,sağ} = M_{5,sağ} = 4323 \text{ KNm}$$

$$V_{6,sol} \times 46.40 + 32961.38 - 175 \times 46.40/2 - 1301.40 \times 46.40/2 - 50921 = 0$$

$$V_{6,sol} = M_{6,sol} = 5097 \text{ KNm}$$

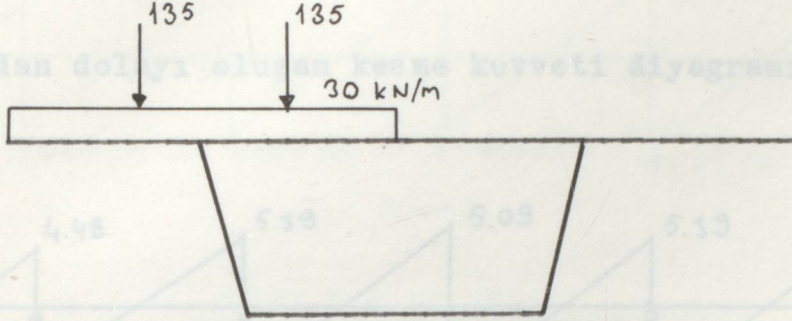
$V_0 =$ BURULMA MOMENTİYLE BİRLİKTE OLUŞAN KESME KUVVETLERİ

$$V_3 = -10175.57 \text{ KN}$$

$$V_4 = -10750.98 \text{ KN}$$

$$V_5 = -9044.239 \text{ KN}$$

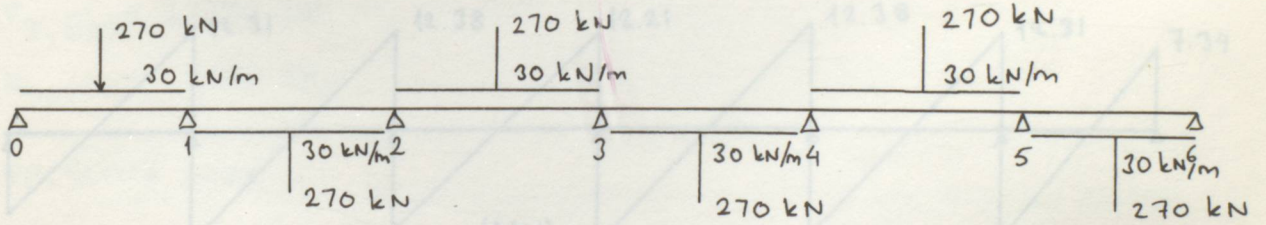
Burada da üç momentleri denklemleri kullanılmıştır.



Bu yükleme bir açıklıkta solda ise ondan sonraki açıklıkta sağdadır.

Yayıllı yük olarak: 30 KN/m

Tekil yük olarak : 270 KN



Sırayla her mesnetten başlayarak :

$$\text{Mes.0} \quad 15.47 M_0 + 7.73 M_1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = -161202$$

$$\text{Mes.1} \quad 7.73 M_0 + 34.80 M_1 + 9.66 M_2 + 0 + 0 + 0 + 0 = -461849$$

$$\text{Mes.2} \quad 0 + 9.66 M_1 + 38.66 M_2 + 9.66 M_3 + 0 + 0 + 0 = -601296$$

$$\text{Mes.3} \quad 0 + 0 + 9.66 M_2 + 38.66 M_3 + 9.66 M_4 + 0 + 0 = -601296$$

$$\text{Mes.4} \quad 0 + 0 + 0 + 9.66 M_3 + 38.66 M_4 + 9.66 M_5 + 0 = -601296$$

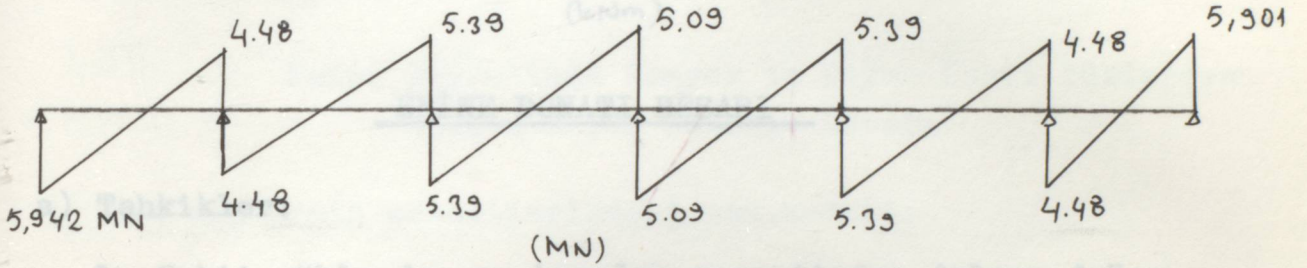
$$\text{Mes.5} \quad 0 + 0 + 0 + 0 + 9.66 M_4 + 34.80 M_5 + 7.33 M_6 = -461849$$

$$\text{Mes.6} \quad 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 7.73 M_5 + 15.47 M_6 = -111202$$

Yukarıdaki denklem sisteminin çözümünden aşağıdaki kesme kuvvetleri bulunmuştur.

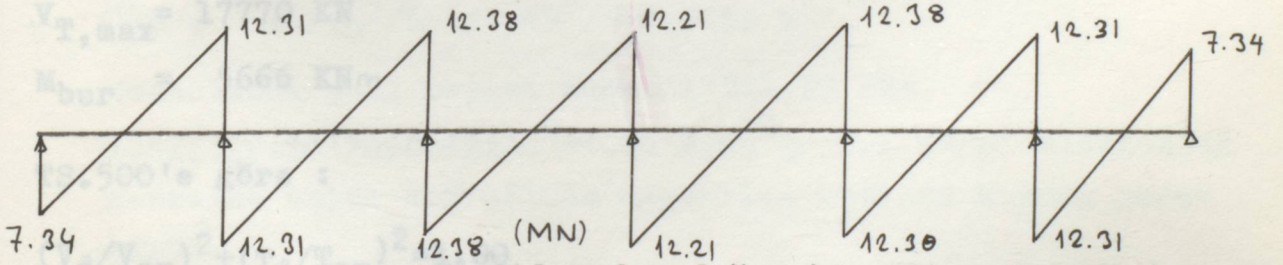
$$\begin{aligned}
 V_0 &= -5942.47 \text{ KN} & V_1 &= -8961.48 \text{ KN} & V_2 &= -10771.65 \text{ KN} \\
 V_3 &= -10175.57 \text{ KN} & V_4 &= -10750.98 \text{ KN} & V_5 &= -9044.239 \text{ KN} \\
 V_6 &= -5901.101 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Burulmadan dolayı oluşan kesme kuvveti diyagramı :

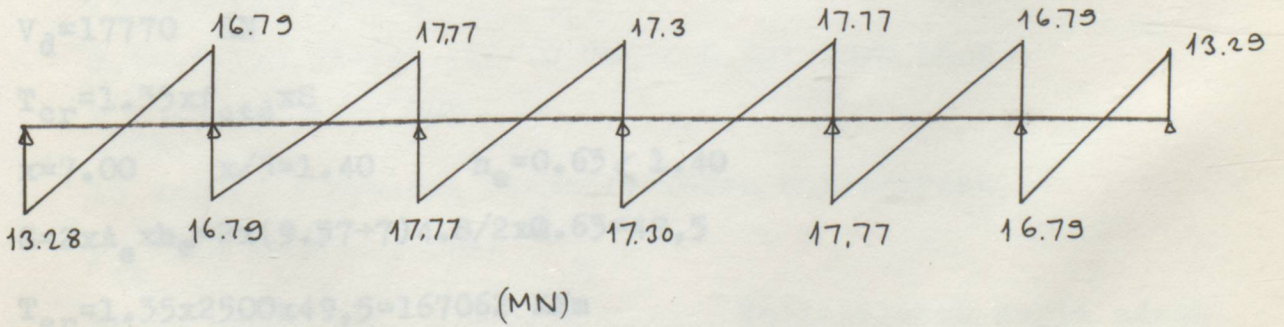


Üniform yüklemde kesme kuvveti diyagramı :

$$g = g_1 + g_2 = 0.384 + 0.0406 = 0.4246 \text{ MN/m}$$

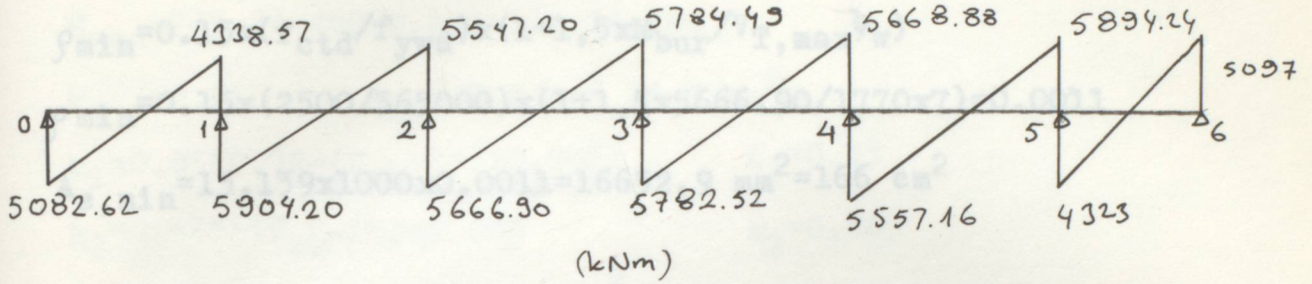


Burulmadan ve üniform yüklemde doğan kesme kuvvetlerinin toplamının diyagramı :



$$\begin{aligned}
 T_{\text{er}} &= 1.35 \times 2500 \times 49.5 = 167062 \\
 (17770/24601)^2 + (5666.9/167062)^2 &= 0.52 < 1 \text{ olduğundan} \\
 \text{donatı kullanmak gerekir.}
 \end{aligned}$$

Burulma momentleri diyagramı



ENİNE DONATI HESABI

a) Tahkikler:

1- Sabit yüklerden ve burulma momentinden dolayı doğan kesme kuvvetiyle burulma momentinin enine donatı hesabında gerektirdiği donatı hesabı

$$V_{T,max} = 17770 \text{ KN}$$

$$M_{bur} = 5666 \text{ KNm}$$

TS.500'e göre :

$$(V_d/V_{cr})^2 + (T_d/T_{cr})^2 = 1.00$$

$$V_{cr} = 0.65 \times f_{ctd} \times b_w \times d = 0.65 \times 2,5 \times 15.139 \times 10^6 = 24600875 \text{ N}$$

$$V_d = 17770 \text{ KN}$$

$$T_{cr} = 1.35 \times f_{ctd} \times S$$

$$x = 7.00 \quad x/5 = 1.40 \quad h_e = 0.63 < 1.40$$

$$S = 2 \times A_e \times h_e = 2 \times (9.37 + 7) \times 4.8 / 2 \times 0.63 = 49,5$$

$$T_{cr} = 1.35 \times 2500 \times 49,5 = 167062 \text{ KNm}$$

$(17770/24601)^2 + (5666.9/167062)^2 = 0.52 < 1$ olduğundan minimum donatı kullanmak gerekir.

Minimum Donatı Hesabı

$$\rho_{\min} = 0.15 \times (f_{ctd} / f_{ywd}) \times (1 + 1.5 \times M_{\text{bur}} / V_{T, \max} b_w)$$

$$\rho_{\min} = 0.15 \times (2500 / 365000) \times (1 + 1.5 \times 5666.90 / 1770 \times 7) = 0.0011$$

$$A_{s, \min} = 15.139 \times 1000 \times 0.0011 = 16652.9 \text{ mm}^2 = 166 \text{ cm}^2$$

Emine Doğrultuda Kamyon ve Diğer Sabit Yüklerden Oluşan Emine Donatı Hesabı

1) Üst döşemenin mesnetlerindeki max.moment:

$$M_{\text{mes, max}} = 205.24 \text{ kNm}$$

2) Emine doğrultudaki konsolda bulunması gereken öngerilme kablosu miktarı:

$$J = M/W \quad W = b x h^2 / 6 = 1 \times 0.63^2 / 6 = 0.0662 \text{ m}^3$$

$$\text{Konsoldaki max. mesnet momenti} = 321.20 \text{ KNm}$$

$$J = 321.20 \times 10^3 / 0.0662 \times 10^9 = 4.85 \text{ N/mm}^2 > 2,5 \text{ MN/m}^2 \text{ olduğundan konsolda emine doğrultuda engerilme kablosu koymak gerektiriyor.}$$

$$e = 0.2115 \text{ m alarak}$$

$$J = -F/A - F_x e / W + M / W_u$$

$$2,5 = -F / 1 \times 0.63 - F_x \times 0.215 / (0.0662) + 0.321.20 / 0.0662$$

$$F_{\text{öng}} = 0.48 \text{ MN} = 48 \text{ TON}$$

13 mm (0.5") Dywidag Strandlerinden kullanırsak,

$$F_{em} = 136 \text{ KN (tablodan)}$$

Kablo adedi = $480 / 136 = 3.52$ _____ Kullanılacak kablo adedi 4 olarak bulunmuştur.

Üst döşemenin mesnetlerindeki sabit, hareketli ve öngerme kablosundan dolayı oluşan max. mesnet momenti

$$M_{mes} = 205.24 - 480 \times 0.215 = 102.04 \text{ KNm}$$

$$k_3 = 0.85 \quad f_{ck} = 48 \text{ N/mm}^2 \quad 25 \text{ N/mm}^2$$

$$k_1 \times 0.85 = 0.72 - (f_{vk} - 25) \times 0.0051 \quad K_1 = 0.73$$

$$k_2 = 0.425 - (f_{ck} - 25) \times 0.003 \quad k_2 = 0.365$$

$$A_s = M_d / f_{yd} (d - k_2 \cdot x) = 102.04 \times 10^6 / (365 \times (580 - 0.365 \times 315))$$

$$A_s = 601 \text{ mm}^2$$

Üst döşemenin açıklığındaki hesap

$$M_{max} = 118.35 + 480 \times 0.215 = 221.55 \text{ KNm}$$

$$x = 125 \text{ mm} \quad d = 220 \text{ mm}$$

$$A_s = 221.55 \times 10^6 / 365 \times (220 - 0.365 \times 125) = 3489 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gerekli donatı alanı} = 3489 - 4 \times 140 = 2919 \text{ mm}^2$$

Dikmelerdeki Donatı Hesabı

$$M_{max} = 253.77 \text{ KNm}$$

$$M_{min} = 170.09 \text{ KNm}$$

$$N = 325.25 \text{ KN} \quad e = M_{max} / N = 253.77 / 325 = 0.8$$

$$M_d / b \cdot h^2 \cdot f_{cd} = 253.77 \cdot 10^3 / 630^2 \cdot 30 = 0.02 \text{ ----- tablodan } w = 0.05$$

$$= 0.05 \cdot 30 / 365 = 0.0041 \text{ ----- } = 0.005 \text{ alınır.}$$

$$e/h = 0.8 \text{ ----- } 0.78 = N_d / (b \cdot x)_{ger} \times 30 \quad (b \cdot h)_{ger} = 13900 \text{ mm}^2$$

$$630 \times 100 / 2 = 315000 \text{ } 13900 \text{ mm}^2 \text{ olduğundan}$$

$$A_{ger} = 0.005 \times 630 \times 1000 = 3150 \text{ mm}^2$$

Alt Döğemenin Donatı Hesabı

$$M_{\max} = 9.06 \text{ KNm}$$

$$N = 170.24 \text{ KN} \quad e = M/N = 9.06/170.24 = 0.053$$

$$M/(b x h^2 x f) = 9.06 x 10^3 / (630^2 x 30) = 0.0008 \quad \text{----} \quad w = 0.05 \quad \text{---} \quad \rho = 0.005$$

$$0.85 = N/(b \cdot h)_{\text{ger}} \cdot 30 \quad \text{-----} \quad (b \cdot h)_{\text{ger}} = 6676 \text{ mm}^2$$

$$b x h / 2 = 315000 \text{ mm}^2 \quad 6676 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 0.005 x 630 x 1000 = 3150 \text{ mm}^2$$

KÖPRÜNÜN ENİNE DOĞRULTUSUNDAKİ DONATI MİKTARLARI

Konsolda :

$$M_{\text{kon}} = 321.30 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{ön}} = 4 x 136 x 0.215 = 116.96 \text{ KNm}$$

$$M_d = 321.20 - 116.96 = 204.24 \text{ KNm}$$

$$A_s = 204.24 x 10^6 / 365 x (580 - 0.365 x 315) = 1203.29 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gerekli Donatı Miktarı} = 1203.29 / 201 = 6 \text{ adet } (\emptyset 16/15)$$

Üst Döğemenin mesnetinde :

$$A_s = 601 \text{ mm}^2 \text{ bulunmuştur.}$$

$$\text{Gerekli Donatı Miktarı} = 601 / 201 = 2.99 = 3 \text{ adet } (\emptyset 16/30)$$

Bu Donatı Konsoldan gelen üst donatı ile karşılanır.

Üst Döğemenin Açıklığında:

$$A_s = 2919 \text{ mm}^2 \text{ bulunmuştur.}$$

$$\text{Gerekli Donatı Miktarı} = 2919 / 254 = 11.49 = 12 \text{ adet } (\emptyset 18/10)$$

Dikmelerdeki Donatı Miktarı:

$A_s = 3150$ bulunmuştur.

Gerekli Donatı Miktarı $= 3150 / 201 = 16$ adet ($\emptyset 16 / 12,5$)

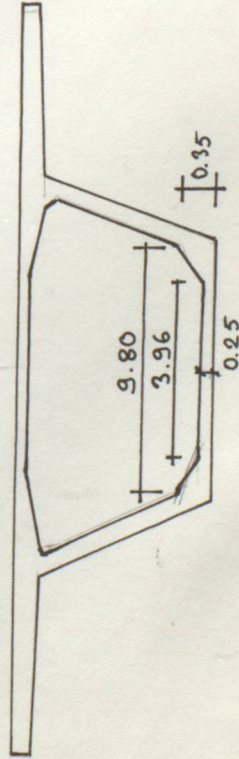
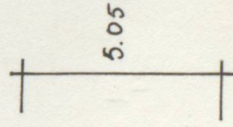
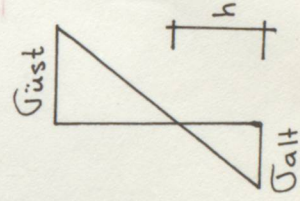
Alt Döşemede Donatı Miktarı:

$A_s = 3150 \text{ mm}^2$ bulunmuştur.

Gerekli Donatı Miktarı $= 3150 / 201 = 16$ adet ($\emptyset 16 / 12,5$)

PASİF DONATI HESABI

Aç.no	$\sigma_{üst}$	σ_{alt}	h	A_{ct}	F_{ct}	f_{yd}	f_{ctk}	A_s	Demir Ad.
1	4,69	2,17	1,18	3,90	4,23	365	2,5	175,66	88
2	1,92	2,48	2,84	5,19	6,43	"	"	229,49	115
3	3,64	2,30	1,95	4,07	4,69	"	"	139,60	69
4	3,20	2,32	4,12	4,28	4,96	"	"	189,20	95
5	3,31	2,33	2,08	4,22	4,91	"	"	186,53	93
6	2,82	2,30	2,26	4,46	5,13	"	"	197,36	99



$$F_{cf} = \sigma_{alt} / 2 \times A_{ct}$$

$$A_s = A_{ct} / 1000 + F_{ct} / f_{ud} \cdot f_{ctk}$$



* 0 0 1 0 4 0 5 *