

Köprü Yapım Literatüründe Örnek Bir Proje “Güney Yaklaşım Viyadüğü”

Rifat Özcan BAŞKAZANCI,

Proje Müdürü, NÖMAYG A.O. Altınova, Yalova / Türkiye

Tel: 0226 400 00 30

E-Posta: ozcan.baskazanci@nomayg.com.tr

Özet

Güney Yaklaşım Viyadüğü, Yap-İşlet-Devret modeliyle yapılmakta olan dünyanın en büyük altyapı projelerinden Gebze-İzmir Otoyolu Projesi'nin, İzmit Körfez Geçişi Asma Köprüsü'nü güney yaklaşım ayağından otoyol gövdesine indirerek otoyol bağlantısını sağlayan önemli projesidir.

Güney Yaklaşım Viyadüğü Projesi'nin yapımını üstlenen Nurol İnşaat A.Ş. NÖMAYG ile EPC (Mühendislik-Tedarik-Yapım dahil Anahtar Teslim) sözleşme esaslarına göre çalışmaktadır. Nurol İnşaat A.Ş.'nin sözleşme kapsamında dizayn, tedarik, tüm altyapı ve üst yapı işlerinin inşaatı, elektromekanik donanım ve yol yüzeyi kaplama işleri yer almaktadır.

Proje kısıtları viyadüğün tasarım ve yapımını önemli ölçüde etkilemiş ve zorlamıştır. Bu etki ve zorlukların aşılmasında en son teknik ve teknolojik gelişmeler de değerlendirilerek kendisine özgü tasarım, yapım yöntemleri geliştirilmiştir.

Bunların sonucu proje ilkler ve enler özelliklerini de kazanmıştır.

Güney Yaklaşım Viyadüğü Projesi, ülkemizin en büyük deprem bölgesinde, tamamı kum, sıkı kum, sert-katı kil ve çakıl katmanlı zemin koşullarında yapılmaktadır. 12 açıklık geçerek kenar ayak ile Asma Köprü ortak ayağı arasındaki 11 adet orta ayak üzerine oturmaktadır.

Güney Yaklaşım Viyadüğü en önemli özellikleri, özel tasarlanmış betonarme temel tipi, tamamı kaynaklı birleşim çelik tabliye montajının 10 açıklıkta itme-sürme, 2 açıklıkta ağır kaldırma yöntemi ile gerçekleştirilmesi, dış yüzey kaplamasının en yüksek korozif ortam koşullarında 35 yıl hiç bakımsız garantisine sahip olmasıdır.

Yapımı %100 Türk işçi ve emeği ile gerçekleşen Güney Yaklaşım Viyadüğü tamamlandığında, boyut, büyüklük özellikleri ve yapım teknikleri açısından literatüre girecek örnek bir proje olacaktır.

Bu bildiride, Güney Yaklaşım Viyadüğü projesinin özellikleri, tasarımında kullanılan temel kriterler, tasarım ve yapım dönemlerinde yaşanan problemler ve üretilen çözümler anlatılarak edinilen deneyimler paylaşılacaktır.

Anahtar sözcükler: Güney Yaklaşım Viyadüğü, İzmit Körfez Geçiş Köprüsü, ağır kaldırma operasyonu, itme sürme köprü,

Summary

South Approach Viaduct, is an important part of the world's largest infrastructure Project, Gebze-Izmir Highway Project, which is done with Build-Operate-Transfer model. It connects motorway by lowering Izmit Bay Crossing Suspension Bridge from the southern approach to the motorway body.

Nurol Construction Inc. has undertaken the construction of South Approach Viaduct Project with NÖMAYG according to the EPC (Engineering-Procurement-Construction Turnkey included) agreement. The scope of the contract includes design, supply, construction of the entire infrastructure and superstructure works, electromechanical equipment and the road surface coating works.

Constraints of Project have affected and forced design and construction of the viaduct considerably. To overcome these effects and the challenges, by evaluating the latest technical and technological developments, distinctive design and construction methods have been developed.

As a consequence, the project has gained its own firsts and mosts

Project is being constructed on critical seismic zone which has totally sand, dense sand, clay and gravel layered ground. Viaduct passes 12 openings and sits on 11 middle legs between side pier and transition pier.

The most important characteristics of SAV are; specially designed concrete foundation type, the use of incremental launching method during assembly works of totally welded deck segments between 10 openings, the use of heavy lifting method during assembly of the segments for last two openings, having 35 years warranty for outer surface coating without any maintenance at very corrosive environment.

The construction of the viaduct is being carried out by 100% Turkish labor and when it is finished the Project will be unique with its construction techniques and with its huge dimensions.

In this article, the characteristics of SAV Project, basic criteria used for design, problems encountered during design and construction stages as well as their solutions will be explained and all experiences will be shared.

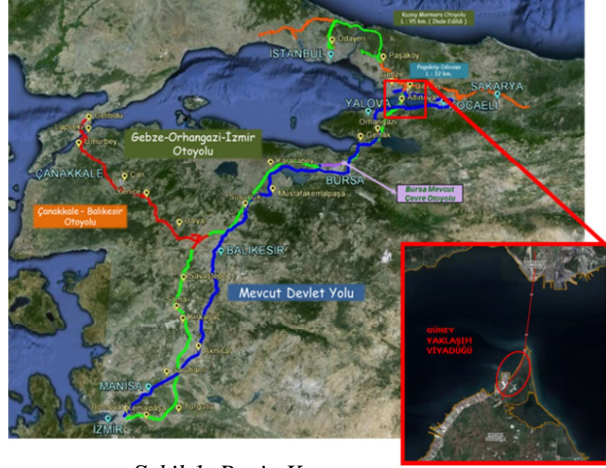
Key words: South Approach Viaduct (SAV), İzmit Bay Crossing Suspension Bridge, Heavy Lifting operation, incremental launching method

Giriş

Projenin Tanıtımı

Güney Yaklaşım Viyadüğü, Türkiye'nin kuzeybatı bölgesinde, Marmara Denizi'nin doğusunda bulunan İzmit Körfezi üzerinde, Yap-İşlet-Devret modeliyle yapılmakta olan Gebze-İzmir Otoyolu Projesi'ndeki İzmit Körfez Geçişi Asma Köprüsü'nü güney yaklaşım ayağından otoyol gövdesine indirerek bağlantısını sağlar. Şekil.1

22 yıl 4 ay süreli Yap-İşlet-Devret modeliyle yapılan Gebze-İzmir Otoyolu Projesi'nin sözleşmesi KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü) ile Nurol, Özaltın, Makyol, Astaldi, Göçay ortaklığının kurduğu OTOYOL Yatırım Ve İşletme A.Ş. arasında, Eylül.2010 tarihinde imzalandı. OTOYOL Yatırım Ve İşletme A.Ş. ile aynı beş şirket tarafından projenin yapımını üstlenmek üzere kurulan NÖMAYG A.O. arasında, EPC sözleşme şartlarında Gebze-İzmir Otoyolu Projesi'nin yapım sözleşmesi imzalandı.

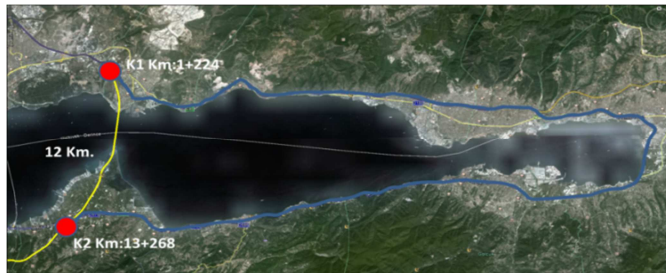


Şekil.1 Proje Konumu

NÖMAYG A.O. ile Nurol İnşaat ve Ticaret A.Ş. arasında, 25.Temmuz.2012 tarihinde, EPC sözleşme şartlarında Güney Yaklaşım Viyadüğü yapım sözleşmesi imzalandı. Nurol İnşaat A.Ş.'nin sözleşmesi kapsamında dizayn, tedarik, tüm altyapı, üst yapı işlerinin inşaatı, elektromekanik donanım ve yol yüzeyi kaplama işleri yer almaktadır. Nurol İnşaat ve Ticaret A.Ş. sözleşme kapsamındaki işlerini; tasarım işlerinde Wiecon, zemin etüt işlerinde Fugro-Sial, temel imalatlarında Kastaş, betonarme imalatlarında Es-Peker, hazır beton temininde Oyak Beton, elektromekanik işlerinde Siemens, genişleme derzi temininde Maurer, asfalt kaplama işlerinde İSFALT, çelik işlerinde Nurol Makina, Nurol Makina alt yüklenicisi olarak itme-sürme ve ağır kaldırma işlerinde Mega Yapı, deprem izolatörleri temininde Mageba, çelik panel ve modül imalatlarında Sefine Tersanesi, Eran Mühendislik, Remeks, boya kaplama işlerinde Çehan Boya, alt yüklenici firmaları ile çalışarak yapmıştır.

NÖMAYG A.O. tarafından sözleşme kapsamında 01.Eylül.2012 tarihinde hazırlık ve tasarım işlerine başlama (NTP), 01.Nisan.2013 tarihinde yapıma başlama (NTC) talimatı verildi. İşin süresi 912 gün olup işin tamamlanması 30.Eylül.2015 olarak planlanmıştır.

Gebze-İzmir arasında karayolu ile seyahat süresini yaklaşık 3,5 saate düşürecek olan, 384 km otoyol ve 43 km bağlantı yolu olmak üzere toplam 427 km uzunluğundaki Gebze-İzmir Otoyolu Projesi'nin en önemli kesimi İzmit Körfez Geçişidir. Projenin başlangıç noktası Gebze olup, yapılacak otoyol Dilovası ile Hersek Burnu arasında yer alan İzmit Körfezi'ni, uzunluğu yaklaşık 3 Km olan Asma Köprü ve her iki yöndeki viyadükler ile geçerek Orhangazi



Şekil.2 İzmit Körfez Geçiş Güzergahları

ve Gemlik yakınlarından devam edip Ovaakça kavşağı ile Bursa Çevre yoluna bağlanmaktadır.

İzmit Körfezi'ni otomobil ile mevcut yolu kullanarak geçmek 1 saat 20 dakika, Feribot ile geçmek 45~60 dakika zaman alırken, planlanan körfez geçişi (12 km) ile bu süre 6 dakikaya düşecektir. Şekil.2

Proje Konum Bilgileri

Güney Yaklaşım Viyadüğü, Hersek yarımadasının kuzey ucundan, batı kenarı boyunca, kıyı şeridinin yaklaşık 80 metre içindeki merkez hattından geçerek güneye doğru devam eden, köprü yaklaşım ayağı ile kenar ayak arasındaki otoyol kesimidir. Şekil.3

Dilovası ile Hersek arasındaki geçiş güzergahı tarihte Avrupa- Anadolu ulaşımını sağlayan ve zaman içinde "Kral Yolu", "İpek Yolu", "Hacılar Yolu" olarak da adlandırılan yolun önemli bir bölümünü oluşturmuştur.

Hersek Deltasında, İstanbul'a adını veren İmparator Constantinus'un annesi Helena'nın doğduğu yer olan Helenapolis Antik kenti bulunmaktadır. Bu alan 2. Derece Arkeolojik Sit alanı olarak korunmaktadır. Deltanın doğusunda bulunan Hersek Lagünü 1. Derece Doğal Sit alanı olarak tescil edilmiştir. Şekil.4

Anadolu'ya Kuzeybatıdan giren kuş göç yolu üzerinde bulunan Hersek Lagünü, göçmen kuşların uğrak ve üreme alanı olarak da kullandığı, özellikle nesli tükenmek üzere olan Flamingolardaki kırmızımsı pembe rengin ana kaynağı karotenoidlerin bulunduğu besinlerce zengin sulak alandır.

Hersek Burnu Deniz Feneri, Kocaeli Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu'nca tescillidir.

Bölgenin en önemli yapısal unsuru olan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) günümüz tektoniğini denetlemektedir. Hersek deltasında izlenen aktif faylar KAF Zon'u içerisinde yer almaktadır. 17.Ağustos.1999 depremi Kuzey Anadolu Fayı'nın Hersek Deltası doğusuna rastlayan bölümünün kırılması sonucu meydana gelmiştir. Deprem sonrasında, Hersek Deltası'nın da içerisinde bulunduğu bölge deprem riski en yüksek alanlardan biridir.

Proje Plan ve Profili

Güney Yaklaşım Viyadüğü, Otoyolu, Km:7+081.760'da bulunan Asma Köprü yaklaşım ayağında +60,622 kotundan alarak, güneyde Km:8+460.680'de bulunan otoyol gövde bağlantısındaki viyadük kenar ayağında +13.578 kotunda otoyol dolgusuna bağlar.

Güney Yaklaşım Viyadüğü 1.378,92 metre boyunda, 35,93 metre genişliğindedir ve 3,65 metre genişliğinde 2x3 otoyol şeridi, 2x1 güvenlik şeridi, 2x1 yürüme yoluna sahiptir. Şekil.5

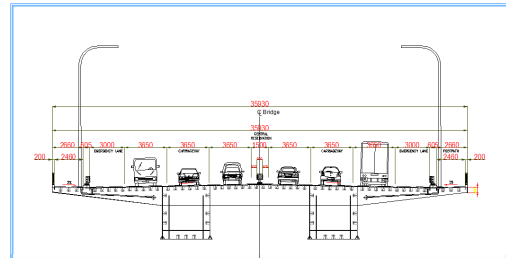


Şekil.3 GYV Konumu



Şekil.4 Hersek Lagünü ve Antik Kent

Sit Alanları



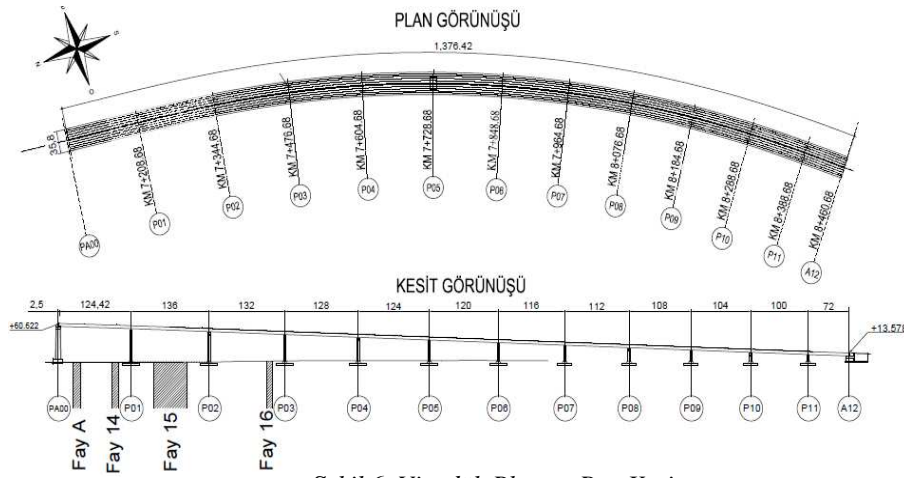
Şekil.5 Viyadük En Kesit Profili

GYV 'nin tabliyesi, 35,93 metre genişliği ve 1.378,92 metre boyunca sürekli tek parça yapıdır. 12 açıklık geçerek güneyinde kenar ayak ile kuzeyinde köprü betonarme ortak ayağı arasındaki 11 adet çelik orta ayak üzerine oturmaktadır.

Viyadüğün boylamasına profili, KM 7+081.76 ile KM 7+277.00'de $R = 20.000$ metre taç açısı ile, KM 7+277.00'den KM 8+397.26'ya %3.5 sabit eğimli ve girinti açılı $R = 10.000$ metre yarıçap içermektedir.

Güney Yaklaşım Viyadüğü KM 7+081.76 ile KM 7+380.87 arasında 299,11 metre düz eğimde, KM 7+380.87 ile KM 8+280.06 arasında 899,19 metre uzunluğundaki kısımda ise sabit yarıçap $R = 20.000$ metre olup KM 8+280.06 ile viyadük sonuna kadar Güney Yaklaşım Viyadüğünde tanımlı limitlerden klotoid kısım olup sabit kavis yarı çaplıdır. Bu iki kısmın klotoid parametresi $A = 670$ 'tir.

Viyadük $R = 20.000$ metre yarıçapa göre, köprü yönündeki 299,11 metrelik kısmın ucunda 9,50 metre, otoyol gövdesindeki yönünde 180,62 metrelik kısmın ucunda 2,20 metre sapma yapar. Şekil.6



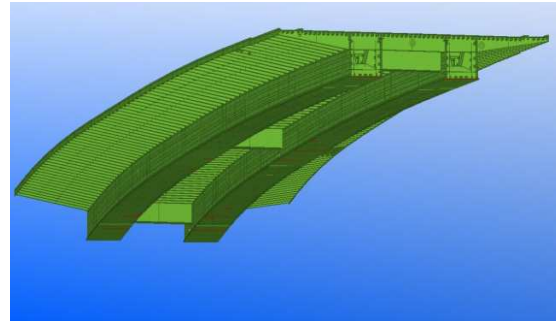
Şekil.6 Viyadük Plan ve Boy Kesit

Yapı Tipi

Temellerden yukarı doğru tüm yapı çeliktir.

Tabliye kısmı, tamamı kaynaklı birleşimli ortotropik çelik yapı olup tüm uzunluğu boyunca kesintisizdir. Tabliyenin ana taşıyıcısı, içleri boyunca U rib profiller ve 4 metre aralıkta düzenlenmiş enine kiriş serisi ile desteklenen ikiz çelik kutu kesitli kirişlerdir.

Tabliye genişliğince ana taşıyıcı kutuları birleştiren 4 metre aralıkta düzenlenmiş enine kiriş serisi yer almaktadır. Enine kirişler, tabliye boyunca devamlı olan ve yapıya ortotropik yapı özelliği kazandıran U rib profiller ile birlikte tabliye levhasına bağlanır. Ana taşıyıcı kutular, ayak eksenlerinde birbirlerine güçlendirici kutu kesitli bağlantı kirişleri ile bağlıdır. Bu kirişler aynı zamanda ana taşıyıcı kutular arası geçiş ve erişimi de sağlar. Şekil.7



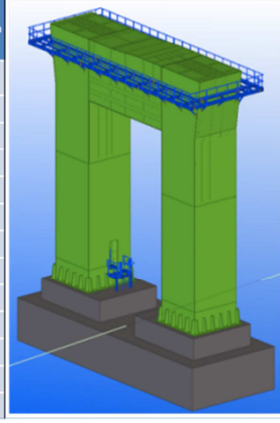
Şekil.7 Viyadük Tabliye Profili

Viyadük tabliyesi yüzer bir yapıdır ve ayaklara rijit bağlantısı yoktur. Her iki ucunda deprem takozları ile yatay yönlü hareketlere karşı sınırlandırılmıştır. Her iki ucundaki betonarme ve ortadaki 11 adet çelik ayaklara deprem izolatörleri ile, köprü ve otoyola genleşme derzleri ile bağlıdır.

Çelik ayak şekli, yükseklikleri, ayak ve tabliye üst kotları Şekil.8’de belirtilmiştir.

Orta çelik ayaklar, ters U şeklinde ayak temellerine bağlanan, 4.0x4.0 metre ölçülerinde kutu kesitli kiriş ve kolonlardan oluşmaktadır. Çelik ayak kiriş ve kolon içleri, boyunca U rib profiller ve her 4 metrede bir enine kirişler ile desteklenmiştir. Çelik ayaklar betonarme temellere rijid bağlıdır.

Ayak No.	Ayak Yüksekliği (m)	Ayaklar Arası Açıklık (m)	Tabliye Üst Kotu (m)	Ayak Üst Kotu (m)	Diyafram Temel Derinliği (m)	Temel Üst Kotu (m)
TP Transition Pier	-	126,92	-	-	-	-
P01	47,739	136,00	57,079	51,239	22,00	3,50
P02	43,096	132,00	52,436	46,596	22,00	3,50
P03	38,476	128,00	47,816	41,976	22,00	3,50
P04	33,996	124,00	43,336	37,496	17,00	3,50
P05	29,656	120,00	38,996	33,156	17,00	3,50
P06	25,456	116,00	34,796	28,956	14,00	3,50
P07	21,396	112,00	30,736	24,896	14,00	3,50
P08	17,476	108,00	26,816	20,976	14,00	3,50
P09	13,696	104,00	23,036	17,196	10,00	3,50
P10	10,056	100,00	19,396	13,556	10,00	3,50
P11	6,556	72,00	15,896	10,056	10,00	3,50
A12	6,842	72,00	13,586	7,642	3,00	0,80



Şekil.8 Vivadük Ayak Sekli ve Geometrik Tablosu

Rijid bağlantı, temel beton başlığına gömülen çelik ankraj sistemi ile sağlanmıştır. Çelik ve betonun birlikte davranış göstermesi, temel betonarme donatılarının, yüzeyine kesme çivileri kaynatılmış gömülü çelik ankraj plakaların içinden geçmesine izin verilerek sağlanmıştır. Gömülü çelik ankrajlar, yatay levhası parçalı, düşey levhaları boyunca sürekli ve üst orta kısmı yarıklı yapılarak, çelik ayak levhasının içine girmesine izin verilerek, yük aktarımında kaynaklı birleşime en az ihtiyaç duyulacak halde tasarlanmıştır. Şekil.9

Betonarme temel yapısı, derinlikleri 10~22 metre arasında değişen Yatay Doğrultuda Sürekli Donatılı Diyafram Duvar temel tipidir. Diyafram temel üzerine, her ayakta 4.5 metre sabit yükseklikte; diyafram temel ile betonarme sürekliliği sağlanmış radye temel oturmaktadır. Diyafram temel derinlikleri sismik etkilere ve çelik ayak yüksekliğine bağlı olarak güney-kuzey yönünde artarak derinleşmektedir.



Şekil.9 Gömülü Çelik Ankraji

Proje Kısıtları, Etkileri ve Sonuçları

Projenin kısıtları, tasarımı ve yapımını önemli ölçüde etkilemiş ve zorlamıştır.

- Yap-İşlet-Devret projesi bir yatırım projesidir ve zaman çok önemlidir.
- Proje, KGM Teknik Şartnamelerine göre ve güvenlik konusunda uluslararası standartlar da göz önüne alınarak tasarlanmıştır.
- Konumu Kuzey Anadolu Fay Hattının 5 km yakınındadır ve alanında tali faylar mevcuttur.
- Zemin profili, kum, sıkı kum, sert-katı kil ve çakıl katmanlarından oluşmaktadır.
- Konumunun bulunduğu coğrafya, tarih, kültür ve çevresel değerler bakımından koruma alanındadır.
- Bulunduğu konum en yüksek korozif ortam koşullarına sahiptir.

Otoyol güzergahı, Hersek Burnu Deniz Feneri'nin koruma altında olması nedeniyle köprü güney ayağı ve ankraji kesiminde batıya kaydırılmıştır.

Hersek köyü, Helenapolis Antik Kenti, Hersek Lagünü'nün koruma altında olması nedeniyle bunların hizalandığı otoyol kesiminin ayrıca batıya kaydırılması, güzergahta bir "S" oluşmasına neden olmuştur. Bunun sonucu, otoyolun %3,5 eğimli GYV kesiminin büyük bölümünde R=20.000 metre yarıçaplı kurp, kuzey ucunda kurp alınman geçişi ve güney ucunda klotoid oluşmuştur.

Projenin zaman baskısı özel yapım tekniklerinin kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Viyadük tabliyesinin 10 açıklığı İtme-Sürme yöntemi, son 2 açıklığı, alınmada oluşu nedeniyle ağır kaldırma yöntemi tercih edilerek yerine montajı gerçekleştirilmiştir.

▪ *GYV 'nin, yapısal tasarımına ilave gereksinimler de eklenen İtme-Sürme yöntemi, malzeme, geometri ve büyüklük özelliklerine bağlı olarak dünyada ilk kez gerçekleştirilen itme-sürme yöntemi olma özelliğine sahiptir.*

İtme-Sürme uygulaması, 35,93 metre genişliğinde 40'ar metrelik modüller halinde üretilerek, toplamda 22.500 ton ağırlığa (yaklaşık 20 ton/metre), 1.123 metre boya ulaşan, tamamı kaynaklı birleşimli tek parça çelik viyadüğün, R=20.000 metre yarıçapta ve %3,5 eğimde, aşağıdan yukarıya doğru itilmesi ile gerçekleştirilmiştir.

▪ *GYV projesinde uygulanan Ağır Kaldırma yöntemi, yapım tekniği alanında bir ülke rekorudur.*

İlk aşamada asma köprü yönündeki açıklığı oluşturan, 35,93x118 metre boyutlarında, 2.350 ton ağırlığında, zeminde tek parça olarak üretilen viyadük kirişi 61 metre yüksekliğe, ikinci açıklığı oluşturan, 35,93x128 metre boyutlarında, 2.600 ton ağırlığında, zeminde tek parça olarak üretilen viyadük kirişi 57 metre yüksekliğe halat tipi hidrolik ekipmanlar ile kaldırılarak konumunda birleştirilmiştir.

▪ *GYV orta ayak temelleri yapımında kullanılan Yatay Doğrultuda Sürekli Donatılı Diyafram Duvar Temel tipi ülkemizde ilk kez uygulanma özelliğine sahiptir.*

GYV 'nin, KAF hattının yakınında ve tali faylar üzerinde olması, oturduğu zayıf zemin koşulları, zeminde oluşacak sıvılaşma riski nedenleriyle ayak temelleri özel olarak tasarlanmıştır. Temel yapısı olarak, ülkemizde ilk defa uygulanan Yatay Doğrultuda Sürekli Donatılı Diyafram Duvar Temel tipi kullanılmıştır.

▪ *GYV 35 yıl hiç bakımsız dış yüzey koruma kaplamasına sahiptir.*

Viyadük güzergahının bir kısmı deniz dolgusu üzerinde, bir kısmı kıyı kenarındadır. Yapının konum koşulları en yüksek seviyede korozif ortama sahiptir. GYV 'nin korozyona karşı korunması, kapalı hacimlerinde nemsizleştirme yöntemiyle sağlanmaktadır. Korozif ortama açık dış yüzeyleri, 200µ (mikron) kalınlığında özel soğuk çinko+poliüretan kaplama malzemesi uygulanarak, KGM ve uluslararası standartlar gereksinimlerinin de üzerinde 35 yıl hiç bakımsız garanti süresine sahip kaplama sistemi ile korunmaktadır.

▪ *Tüm bu özelliklere sahip GYV 'nin tasarımı ve yapımı, KGM Teknik*

Şartnameleri ve uluslararası standartların gereksinimlerini karşılayacak güvenlik ve kalite şartları sağlanarak gerçekleştirilmektedir.

Tasarım

Tasarım Felsefesi

“KGM Teknik Gereklilikleri” uyarınca, yapının hedeflenen hizmet ömrü 100 yıldır. Tasarımı kabul görmüş, geçerli uluslararası köprü tasarım standartlarına uygun tasarlanmalıdır.

Yapı yüksek kaliteye sahip, güvenilir, dayanıklı, emniyetli olmalı, aynı zamanda estetik, ekonomik maliyetli ve hızlı inşa edilebilir olmalıdır. Bakımı kolay yapılmalı ve çevreye öngörülenden fazla olumsuz etkilerde bulunmamalıdır.

Yapının yorulma, korozyon ve diğer hususlara karşı korunması için uygulanan güvenlik faktörleriyle birlikte tasarım ömrü, hedeflenen hizmet ömrüdür.

Tasarım Şartnamesi

KGM Teknik şartları ve işveren gereklilikleri referans alınan tasarım şartnamesinden önceliklidir. Denenmiş, ispatlanmış ileri köprü teknolojileri ile tasarım yapılmıştır. GYV tasarımında, eksik, şüpheli veya açıklama gerektiren hükümlerde öncelikli referans standart olarak “AASHTO LRFD Köprü Tasarım Şartnameleri” 2012 yılı, 6. Baskısı esas alınmış ve köprüye ve bölgeye özel kriterlere ek olarak, AASHTO LRFD 2012'nin yetersiz kaldığı durumlarda aşağıda belirtilen referanslar kullanılarak gerekli eklemeler veya değişiklikler yapılmıştır.

- a. AASHTO “Segmentli Beton Köprülerin Tasarımı ve İnşasına ilişkin Kılavuz Şartname”, 2. Baskı, 2003.
- b. AISC 341-10 “Çelik Binalar için Sismik Gereklilikler”, Kasım 2010.
- c. ASCE/SEI 7-10 “Binalar ve Diğer Yapılara ilişkin Asgari Tasarım Yükleri”, 2010.
- d. Kaliforniya Ulaşım Dairesi (Caltrans) “Köprü Tasarım Şartnameleri”, Eylül 2004.
- e. EN 1991-2:2002 (Eurocode 1 – Eylemler).
- f. EN 1993 (Eurocode 3 – Çelik Yapıların Tasarımı).
- g. AISC “Çelik Yapım Kılavuzu”, 13.Baskı, 2005.
- h. AWS D1.1 “Yapısal Kaynak Şartnamesi - Çelik”, 2010.
- i. AWS D1.5 “Köprü Kaynak Şartnamesi”, 2010.
- j. ACI 318-11 “Yapısal Betonarme için Şartname Gereklilikleri ve Yorumlar”, 2011
- k. FEMA 356 “ Binaların Sismik Rehabilitasyonu için Standartlar ve Yorumlar”,2000.
- l. FEMA 440 “ Doğrusal Olmayan Statik Sismik Analiz Prosedürleri”, 2005.

Tasarım Öncesi Yapılan Araştırmalar

Güney Yaklaşım Viyadüğü, dünyanın en aktif sismik bölgelerinden biri olan KAF hattının 5 kilometre batısında, birincil kısmı çevresindeki ikincil deformasyon bölgesi içindedir.

Viyadüğün tasarım kriterleri, projenin oldukça aktif tektonik çevresi dolayısıyla, yapı tepkisini etkileyen kilit konuları değerlendirmek üzere, Zemin-Yapı Etkileşim (SSI) analizlerinin yapılmasını önerir. Bunlar, KAF hattında meydana gelecek kırılmadan kaynaklanabilecek kuvvetli yüzey hareketlerini ve güney yaklaşım yapıları alanındaki ikincil fay hatlarında oluşabilecek fay atım hareketlerinden kaynaklanan kırılma etkilerini kapsar.

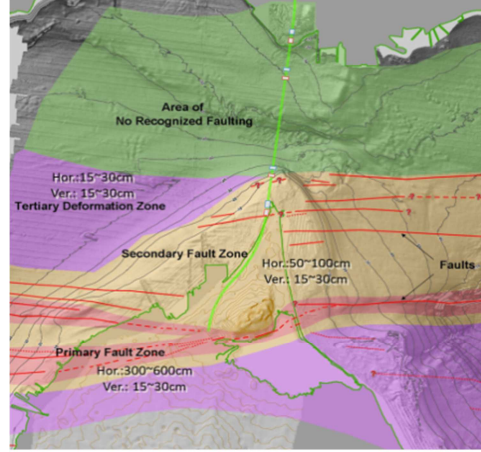
GYV 'nin bulunduğu coğrafi konum ve yüksek deprem riski nedeniyle OTOYOL A.Ş., jeoteknik, jeolojik ve sismolojik değerlendirmeler için bu konularda dünyanın en güvenilir firmalarından FUGRO firmasına bir dizi araştırmalar yaptırmıştır.

Alan araştırmaları

- Fugro 2010 Faz I İzmit Geçiş Alanı Araştırması (Fugro, 2010), Bölgedeki yer şartları genel durumu için saha incelemesi sırasında, yaklaşım yapılarının kesin konumları ve köprü tipi bilinmemekteydi. Alandaki zemin koşulları hakkında genel bir bilgi edinmek amacıyla, yaklaşım yapılarının kıyıya yakın kısmı boyunca düzenli aralıklarla CPT sondajları ile kayıtlar yapıldı.

- Fugro Sial 2011 Jeoteknik Alanı Araştırması (Fugro, 2012a), Stratigrafik zemin koşulları hakkında daha fazla bilgi edinilmesi ve daha iyi kavranması, projenin ön tasarımı için her bir ayak yerinde temel tasarımında kullanılacak jeoteknik parametreleri tahmin etmek amacıyla, Fugro Sial tarafından ek bir inceleme programı gerçekleştirildi. Bu program, ön proje aşamasında önerilen her bir köprü ayağı için bir jeoteknik sondaj yapılması şeklinde hazırlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

- Fugro 2011 İzmit Körfezi Köprüsü Faz II Asma köprüünün Güney Ankrajında gerçekleştirilen jeofizik araştırma sırasında, Güney Ankrajın çevresindeki potansiyel aktif fay hatları daha iyi tanımlanmıştır. Şekil.10 Bunun sonucu, Asma Köprü Güney Ankrajı 150 metre Kuzeye kaydırılmış, bu da GYV 'nin boyunun yaklaşık 150 metre uzatılmasına neden olmuştur. 150 metrelik bölgedeki mevcut 1 adet deliği tamamlamak üzere ek bir delik açılmıştır. Bu kayma, daha önce araştırmanın bulunmadığı kıyıya yakın GYV ayak yerlerinin yeniden konumlandırılmasıyla sonuçlanmıştır.



Şekil.10 Bölge Fay Haritası

- Fugro 2012 İlave Alan Araştırması (Fugro, 2012c)

GYV hattı, ikincil fay hatlarını geçtiğinden, zemin stratigrafisinde oluşacak ani değişiklikleri ortaya çıkarmak ve nihai ayak yerlerinin jeoteknik durumunu ortaya koymak için her ayak yerinde ilave araştırmalar yapılmıştır. İlave araştırmalar her temelin dört köşesine bir adet CPT (Koni Penetrasyon Testleri) gelecek şekilde toplam 48 CPT den oluşmaktadır.

Fugro firması İzmit Körfez Geçişi Köprüsü için tasarım kriterlerini belirlemiş ve aşağıdaki konularında içeren deprem mühendisliği yorumlamalarını yapmıştır:

- Bölgenin Sismoteknik Modellemesini geliştirmiştir.
- Sismik Zarar Analizi Olasılıklarını belirlemiştir.
- Lineer Olmayan Zemin Tepkisi Analizlerini belirlemiştir.
- Batma etkisi dikkate alınmış olan tasarım yer hareketlerini geliştirmiştir.
- Fay deplasman olasılığı zarar analizlerini yapmıştır.

Zemin Koşulları

GYV alanındaki yeraltı koşullarının daha detaylı olarak nitelendirilmesini sağlamak üzere alan araştırmalarında toplanan jeoteknik veriler jeolojik kesit geliştirmek üzere kullanılmıştır.

GYV 'nin güzergahı boyunca;

- Güney ankrajın yaklaşık 300 metre kuzeyinden, GYV kenar ayağının yaklaşık 300 metre güneyine uzanan 4 boyuna,
- Her bir ayak temel konumunun merkezinden geçen 12 enine jeolojik kesiti çıkarılmıştır.

Fugro Faz II (Fugro, 2011a) jeofizik araştırmasında tanımlanan fay hatları, kot +1 metreden kot -5,50 metreye ayak konumları ile beraber boy ve en kesitlerde belirtilmiştir. Şekil.11

GYV 'nin zemin yapısı, güneyde; kenar ayakta 0,5 ila 2 metre arasında kalınlığa sahip yüzeye yakın kum dolgular ve plaj kumları şeklinde başlar, kuzeye doğru köprü yaklaşım ayağında 10 metre sıkı kum ve altındaki 3 metre orta sıkı kum tabakaları şeklinde devam eder. Kum tabakalarının altı, güneyden kuzeye doğru, sert ve çok sert arasında değişen kumlu kil ve kil tabakası şeklindedir.

Sıvılaşma analizlerinin sonuçları, orta sıkı kumların mevcut olduğu -4,0 metre kotunda sıvılaşma olabileceğini göstermiştir. Birçok konumda orta sıkı kumlar içerisinde ince kil tabakaları bulunduğu için, sıvılaşabilir çökellerin kalınlığının 1 ile 2 metre arasında olduğu tespiti yapılmıştır.

Jeolojik en kesitlerde sıvılaşma oluşan yanal yayılmaların sayısal değerlendirmeleri, eğim hareketleri büyüklüğünün, zemin profilinin 2~3 metre üstüyle sınırlı olmak koşuluyla 1~1,5 metre olabileceğini göstermiştir. Ancak, temel tabanının sağlam zemin içerisinde olduğu göz önünde bulundurulduğunda, zemin profillerinin üst 2~3 metresindeki zemin yer değiştirmelerinin etkisi, daha derin diyafram duvarlı temel sisteminde önemsiz derecede az olacaktır.

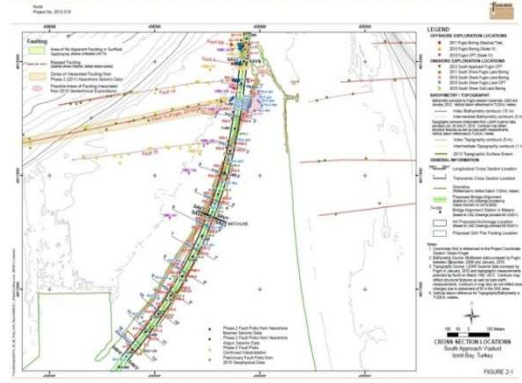
Temel Tipinin Seçimi

Ayak temelindeki bir fay yırtılması bu projenin ana konusudur. Temel sisteminin, fay kaynaklı zemin hareketine maruz kalan yapılara karşı öncelikli rol oynadığı görülmüştür. Farklı temel türlerinin performans değerlendirmesi için analizler gerçekleştirilmiştir. Şekil.12

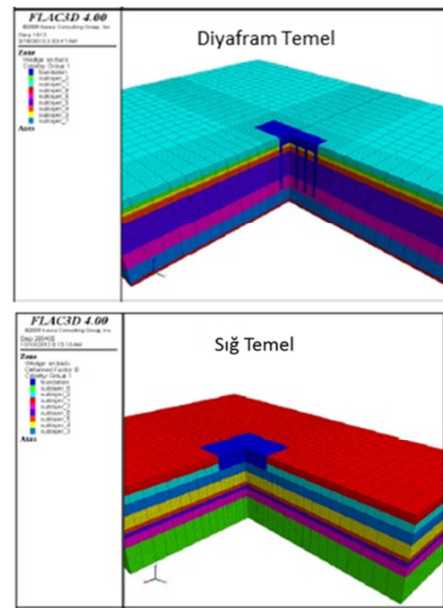
Performans değerlendirmesinde odaklanılan konular şunlardır:

- Temel taşıma kapasitesi.
- Statik ve deprem yükleri altında temel performansı.
- Kırılmadan kaynaklı yer değişikliklerine karşı temel performansı.

Rijit ve sürekli temel sistemlerine dayanabilen yapılar (radye veya bir kutu kesit temel gibi) faylanma tipini hesaba katmadan oldukça uygun bir performans sergileme yeteneği göstermiştir. Rijit ve sürekli bir temel sistemi (örneğin, sığ temel, keson), fay kırığına karşı daha dayanımlı olup, kırığın temel etrafından dolanmasını zorlayabilir. Bunun sonucu olarak, temel yapılarında küçük oturmalar oluşabilir. Diğer taraftan, temelin kazık grubu ile yapılması durumunda, kazık grupları fayın temel içinden geçmesini engellemeyecek buna karşın kazıkların kırılıp kazık başlığının hasar görmesine sebep olacaktır. Hasar boyutunun yapısal kapasiteyi aşması durumunda üst yapıda riskler oluşabilir.



Şekil.11 Zemin Araştırma ve Kesit Haritası



Şekil.12 Temel Yapısı Tipleri

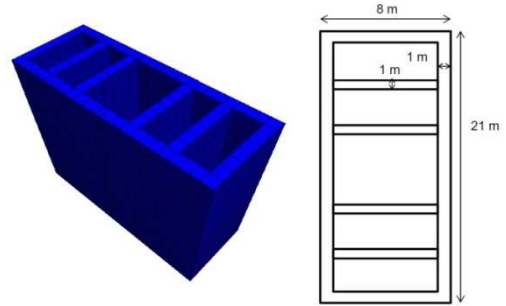
GYV ayakları için iki farklı temel tipinin analizi yapılmıştır; sığ temel sistemi ve diyafram duvar temel sistemi.

Sığ temel sisteminde, temel ebatlarını belirleyen etken temelin aksel taşıma kapasitesinden çok, deprem ve üstyapı yüklerinden kaynaklanan devrilme olayına karşı sağlayacağı direnç olmuştur. Buna karşın, keson tipi diyafram duvar temel devrilmeye karşı çok daha dirençli olup, ebatları nihai yüklere bağlı olarak optimize edilebilir. İki temel tipi de rijit ve sürekli olduklarından, ikisi de fay kırılmasına bağlı yer değiştirmelere karşı etkilidir. İki sistem de yüzeydeki fay kırığının doğrultusunu değiştirirse de, sığ temelde oluşan diferansiyel deplasmanlar ve dönmeler, diyafram duvar temele göre daha fazladır.

Bunlara ek olarak, imalatların yapılabilirliği açısından, diyafram duvar temelin sığ temele nazaran ilave ekipmana ihtiyaç duyulur. Ayrıca diyafram duvar temelde kalite kontrol kritik bir konudur. Duvardaki herhangi bir zayıf nokta, fay kırığı senaryolarında zayıflık gösterecektir. Buna karşın tüm imalatlar yer üstünde yapılabilecek, böylelikle geçici olarak sudan arındırma işlemine gerek kalmayacaktır.

Sonuç olarak, her iki temel yapısının performans değerlendirme kriterleri ve tüm değerlendirme sonuçları ışığında, devrilmeye karşı sağladığı yüksek direnç ve fay kırılması anındaki dönmeleri sınırlandırması sebebi ile, diyafram duvar temel tipi ayak temelleri için uygun görülmüştür.

Ayak temelleri için seçilen diyafram duvar tipi temellerin plan boyutları 8x21 metredir (boylamasına x enlemesine). Diyafram duvarın derinliği, zemin profiline ve her bir ayaktaki deprem yüküne bağlı olarak ayaktan ayağa göre değişmektedir. Şekil.13



Yapısal Sistem

GYV 'nin yapısal tasarımında üç ana kısım ve bunları oluşturan alt unsurlar değerlendirilmiştir;

1. Üst Yapı
 - a. Çelik kutu kesitli boyuna kiriş
 - b. Ortotropik tabliye
 - c. Enleme kirişi sistemi (ayak başlıklarındaki diyaframlar dahil)
 - d. Kaplama ve korkuluk sistemi
2. Alt Yapı ve Temel Sistemi
 - a. Radye temel üzerine kurulu betonarme kenar ayak (Güney Kenar Ayağı)
 - b. Diyafram duvar temeller ve üzerlerine kurulu çelik orta ayaklar
 - c. Radye temel üzerine kurulu bir betonarme bağlantı ayağı
3. Sismik İzolasyon Sistemi

Viyadük üstyapısı, altyapı sistemi tarafından desteklenen ve üstyapıdan gelen yükleri projenin gerekliliklerine uygun şekilde, sismik izolasyon sistemiyle altyapıya ve temellere aktaracak şekilde tasarlanmıştır.

Tasarım yük ve yük kombinasyonları

Uygulanan tasarım yükleri ve yük kombinasyonları AASHTO LRFD koduna göre Sürekli Yükler ve Geçici Yüklerdir. Yük kombinasyonlarının gerilim sonuçları "Mukavemet Limit Durumu" ve "Hizmet Limit Durumuna göre bulunmuştur.

Tablo.1 Tasarım Yük Karşılaştırması

Köprü	Yük
Güney Yaklaşım Viyadüğü	82 kN/m
İzmit Körfez Köprüsü	82 kN/m
FSM Köprüsü (Türkiye)	36 kN/m
Akashi Kaikho (Japonya)	33-46 kN/m
Great Belt (Danimarka)	52 kN/m
Euro Code	82 kN/m
AASHTO LRFD	36 kN/m
Canadian Code	31 kN/m

Aşırı karayolu yükü EN 1991, Kısım 2, Madde 4.3.4 uyarınca “Özel araçlar” olarak değerlendirilir. UDL sisteminde hareketli yük yoğunluğu KGM Teknik şartları ve İşveren gereklilikleri uyarınca 81.7 kN/m olarak alınmıştır. Tablo.1

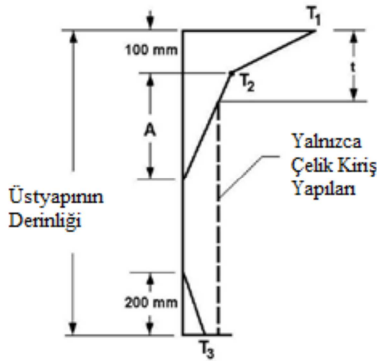
A Tipi aşırı yüklemde, köprü eksenine paralel olarak hareket eden sınırsız sayıda ve iki palete sahip her bir paletli araç 1335 kN ağırlığında, B Tipi aşırı yüklemde, köprü eksenine paralel olarak hareket eden sınırsız sayıda ve beş dingile sahip her bir araç 1.512 kN ağırlığında, C Tipi aşırı yüklemde, köprü üzerinde yalnızca bir adet C Tipi

aşırı yüklü araç bulunabilir ve dört dingile sahip bir adet araç 1.800 kN ağırlığında değerlendirilmiştir.

AASHTO LRFD Şartnamelerinde belirtilen rüzgar basıncına 160 km/sa’lık bir temel tasarım rüzgar hızının olduğu kabul ile projenin alçak zemin ya da tasarım su seviyesinden 10,0 metre yüksekte temel rüzgar hızı 25.4 m/sn yani 91.4 km/sa olarak kabul edilmiştir.

Sabit Sıcaklık etkisinde, çelik köprü tasarımı için gerekli azami/asgari sıcaklık değerleri aşağıdaki gibi dikkate alınmıştır;.

- Azami çelik sıcaklığı 65 °C
- Asgari çelik sıcaklığı -10 derece (°C)
- Ortalama 15 °C sıcaklık uygulanır ve +50 °C ve -25 °C sıcaklık değişimi dikkate alınır.



Şekil.14 Dikey Sıcaklık Değişimleri

Tablo.2 Sıcaklık Farklılık Değerleri

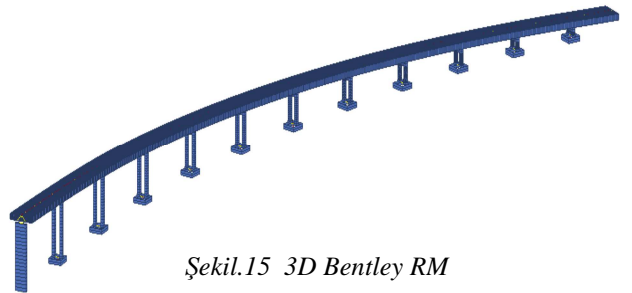
	Pozitif Değişim	Negatif Değişim
T1	30.0 °C	-15.0 °C
T2	7.8 °C	-3.7 °C
T3	0 °C	0 °C
A	300mm	300mm

Değişken Sıcaklık etkisinde, yapı ve yapının parçalarındaki sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan yerel gerinimlerin etkileri, Şekil.14 ve Tablo.2 te verilen azami sıcaklık farklılık değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Yapısal Sistem Tasarımı

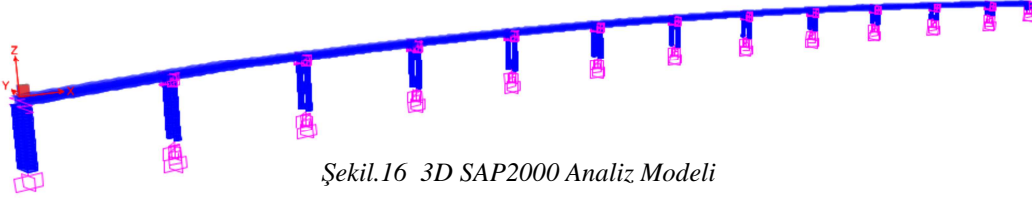
GYV projesindeki köprü analizinde, özellikle deprem yüklemesi durumlarındaki küresel etkileri yakalamak için iki farklı özel yazılım program paketi kullanılmıştır.

“Hizmet Limit Durumu”, “Mukavemet Limit Durumu” ve “Yorulma” durumları için bütün statik yüklemelerde Bentley RM Bridge yazılım program paketi kullanılmıştır. Şekil.15



Şekil.15 3D Bentley RM

Kurşun Çekirdekli mesnet sistemi ve viskoz damperler ana izolasyon sistemi olarak altyapı ve üstyapı arasına adapte edilmiştir. SAP2000'in gelişmiş analitik teknikleri adım-adım P-delta etki analizi, lineer olmayan durumlardaki rijitlik baz alınan Eigen ve Ritz analizi, malzeme lineer olmayan plastik mafsallara yapılmasına olanak sağladığından "Aşırı Limit Durumu" **CSI SAP 2000** programı ile bulunmuştur. Şekil.16

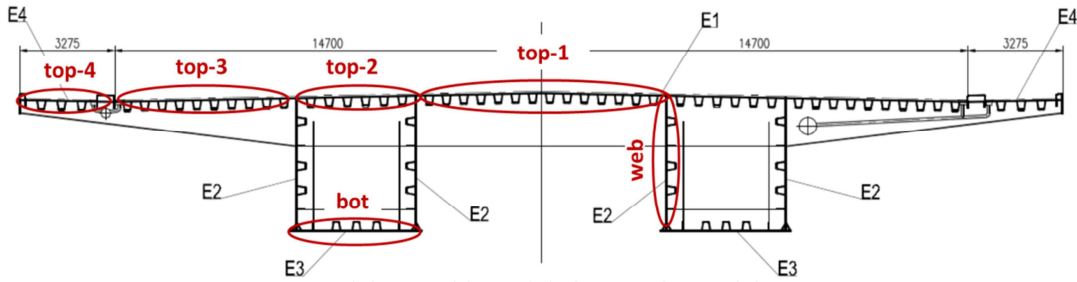


Şekil.16 3D SAP2000 Analiz Modeli

SAP2000 modeline lineer olmayan yaylar uygulanmış, yay değerleri FUGRO ile yürütülen bir kaç karmaşık simülasyon ile bulunmuştur.

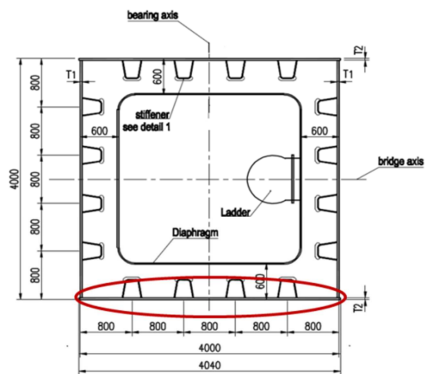
GYV 'de ana kiriş için tanımlanmış dört farklı tabliye en kesiti bulunmaktadır. Plaka takviyeleri en kesit tanımı içinde belirtilmiştir.

Burkulma kapasitesi kontrolü, hesaplanmış burkulma katsayılarına göre değerlendirilmiştir.



Şekil.17 Tabliye Plakaları Analiz Modeli

Kapasite gerilimi analiz modelinde uygulanan yük olarak alınmış, minimum burkulma güvenlik katsayısı 2.0'ın üzerinde olacak şekilde kontrol edilmiştir. Tabliye ve köprü ayağı en kesitleri Şekil.17 ve 18'de gösterildiği gibi kaynak birleşimleri arasında yüzeysel ayrık paneller olarak değerlendirilmiştir. Yükleme güvenlik katsayılarını analiz etmek ve hesaplamak için "Sonlu elemanlar metodu" kullanılmıştır. Analiz için DLUBAL'dan "RSTAB-PLATE BUCKLING" isimli yazılım kullanılmıştır. Burulma kuvvetine tabliyenin merkez hücreleri olan kutu kesitli tabliye kirişleri ile karşı konulacağı kabul edilmiştir.



Şekil.18 Ayak Plakaları Analiz

Üst Yapının Düşey Sehimi

Hizmet limit durumunda, tabliyeler ve tabliye sistemleri tamamen elastik yapılar olarak analiz edilmiştir. Bu tabliye sistemleri için, hareketli yük ve dinamik yük toleransından kaynaklanan sehim, aşağıda belirtilen kriterleri aşmamalıdır:

- Yaya trafiği olmayan tabliyeler için $L/800$
 - Limitli yaya trafiği olan tabliyeler için $L/1000$
 - Önemli seviyede yaya trafiği olan tabliyeler için $L/1200$
- L = iki destek merkezi arasındaki açıklık uzunluğu

Bu proje için düşey sehim limiti $L/1000$ olarak uygulanmıştır.

Ortotropik Tabliye Tasarımı

Ortotropik çelik tabliyeler, boylamasına U rib'ler ve enleme kirişlerle desteklenmiş tabliye plakasından oluşur. Tabliye plakası U rib'lerin, enleme kirişlerin ve köprünün boylamasına ana elemanlarının ortak flanşı olarak davranır.

Tasarımın ortotropik tabliye analizinde küresel basınçla beraber, boylamsal rib'lerdeki yerel eğilme basınç kuvvetlerinden dolayı tabliyenin toplam burkulması oluşmamıştır.

Ortotropik tabliye plakasının sehim kriteri,

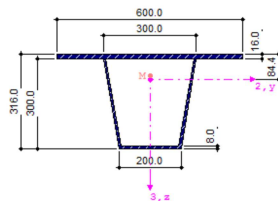
- Tabliye plağındaki taşıt yükü : L/300
- Ortotropik Metal tabliyelerin rib'lerindeki taşıt yükü : L/1000
- Ortotropik Metal tabliyelerin rib'lerindeki taşıt yükü (Ardışık rib'lerin birbirlerine göre sınır sehimi) : 2.5 mm

olarak uygulanmıştır

Rib'ler direk olarak birbirine 4 metre mesafedeki enleme kirişler arasında devamlı olan trafik şeritleri üstündeki hareketli yükleri destekler. Rib'lerin normal mesafesi genelde 600 mm'dir. Şekil.19 Bu yüzden flanşların etkin genişliği hesaplama yönteminde 600 mm alınmıştır.

Enleme kirişleri düzenli olarak 4,0 metre aralıktadır. Tabliye yükleri diyaframın üst çerçevesine nakledilir. Enine döşeme kirişi olarak davranan üst çerçeve ayrıca rib'lerin üstündeki yükü de taşır. Diyaframlar çerçeve yapılar olarak flanşların etkin genişliği ve güçlendiricilerle I-şekilli kesit oluşturan aklar göz önünde bulundurularak yerel olarak analiz edilmiştir.

Enine kirişin analiz modelinde etkin flanş genişliği olarak 1,60 metrelik genişlik uygulanmıştır. Şekil.20



Şekil.19 Rib Kesiti

Sismik Tasarım

Sismik Analiz

Atma etkisini de kapsayan yer hareketleri, GYV sisteminde yakın faylardan dolayı oluşan tektonik deformasyonları göz önüne alır. İkincil fay etkili yer hareketinde, faylanmanın belirli bir temel konumunda değil, herhangi iki köprü ayağı arasında faylanma olduğu göz önüne alınmıştır.

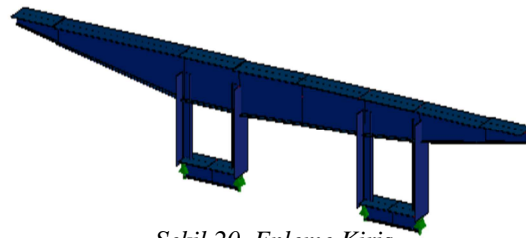
Temel kırılma analizi iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada tek bir ayak temeli kırılmaya maruz bırakılmış ve deformasyon analizi yapılmıştır. Ayağın yapısı, ayakta meydana gelen yer değiştirme ve burulmaya rağmen, fay kırılmasının ayak çevresinde yönünü değiştirerek deformasyonları değiştirebilmektedir. İkinci aşamada Wiecon'un detaylı üstyapı modeli, bu bilgilere göre hesaplanmış yer değişimine ve burulmasına maruz bırakılmıştır.

Lineer olmayan analiz modeli için üç farklı dinamik hareket göz önüne alınmıştır. Tablo.3

Sismik proje, uygun modifikasyon faktörü ile kuvvet esaslı yaklaşım kullanılarak yapılmıştır. Üst yapının sünekliği esas olarak uzun çelik ayaklardadır. Ayak başlığı ve ayaklar süneklik moment dirençli çatkıdır.

Kritik köprüler için AASHTO-LRFD madde 3.10.7'e göre kuvvet düşürme faktörü R=1.5 kullanılmıştır. Tablo.4



Şekil.20 Enleme Kiriş

Tablo.3 Üç aşamalı deprem değerlendirme kriteri

Sismik Olay	Deprem Tekrarlama Periyodu	1999 Depremi	Hasar Performans Seviyesi
Functional Evaluation Earthquake (FEE)	150 yıl dönüş periyodu (100 yıl içinde %50)	Neredeyse eşit	Minimum Hasar
Safety Evaluation Earthquake (SEE)	1000 yıl dönüş periyodu (100 yıl içinde 10 %)	2.5 katı	Onarılabılır Hasar
No Collapse Earthquake (NCE)	2475 yıl dönüş periyodu (100 yıl içinde 4 %)	3.5 katı	Yıkılma Yok, Can Güvenliği Tehlikesi Yok,

Bu projede, ayak yükseklikleri 6~46 metre arasında değişmektedir ve izolatörler, üst yapı ile alt yapı arasında her bir ayak yerinde tesis edilmiştir. Uzun ayaklar, çok daha fazla esnektir ve bu nedenle kısa ayaklara göre daha büyük yer değiştirmelere maruz kalır. Kısa ayaklardaki izolatörler enerji dağıtımı için çok daha fazla etkin olacaktır. Bu nedenle kısa ayaklarda uzun ayaklara göre iki kat sayıda izolatör takılmıştır.

Tablo.4 Üç seviyeli depreme uygulanan redüksiyon faktörleri

FEE (150 yıl)	R=1.00
SEE (1000 yıl),	R=1.50
NCE (2475 yıl)	R=1.97 (= (2475/1000) ^{0.3} *1.5)

Sismik İzolasyon Sistemi

Güney Yaklaşım Viyadüğü, bulunduğu şiddetli sismik şartları daha da uygun kılmak için, boyunca herhangi bir noktada, İşlevsel Değerlendirme Depreminde 0,7 metre yatay ve 0,3 metre dikey yer değiştirmelere; Güvenlik Değerlendirme Depreminde ise 1,0 metre yatay ve 0,5 metre dikey yer değiştirmelere dayanacak şekilde tasarlanmıştır. 2475 yıllık maksimum deprem senaryosu altında sadece sınırlı hasar görecektir bir yapının projelendirilebilmesi için, projeye bir sismik izolasyon eklemek gerekmiştir. Bu izolasyonun yapıyı etkin olarak izole edebileceği ve böylece deprem sırasında yapının maruz kalacağı kuvvet ve yer değiştirmeleri azaltabileceği değerlendirilmiştir.

Sismik izolasyonun, belli bir deprem olayı sırasında GYV 'nin maruz kalacağı ivmeleri düşürmesi istenmiştir. Ayrıca, kuvvet ve ivmelerin etkisinde yapının, deprem sırasında ve sonrasında çökmemesinin, can kaybı ve hasara neden olmamasının sağlanması istenmiştir. Tüm bu kriterler altında değişik izolasyon sistem ve cihazları arasında karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Söz konusu kuvvet ve ivmeleri düşürmek için kullanılacak mekanik ekipmanların bir kombinasyonuna karar verilmiştir.

Seçilen izolasyon sistemi, esas olarak iki parçalı sistemden oluşur;

- Üstyapıyı etkili bir şekilde desteklemek ve sismik etkilerden izole etmek için

Kurşun Çekirdekli Mesnetler, ve

- Kuvvet sınırlama kabiliyetine sahip sönümleyici (damperler),

kombinasyonlu sistemdir.

Sismik tasarımda, mesnet ve sismik izolasyon sistemi, Güvenlik Değerlendirme Depremi (SEE) durumunda hasar görmeyecek şekilde değerlendirilmiştir.

Güvenlik Değerlendirme Depremi (SEE) için hesaplanan kuvvetler ve deplasmanlar her ayak için Tablo.5'te gösterilmiştir.

Tablo.5 Boylamasına Yer değiştirme ve kuvveti (1000 Yıllık Dönüş Süresi)

İzolator boylamasına deformasyon (mm)											
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11
LRB	237	364	423	359	250	323	262	203	234	293	348
İzolator boylamasına kuvvet (KN)											
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11
LRB	2879	3122	3596	3450	2963	3454	3195	3223	3392	3534	3831

Kurşun Çekirdekli Mesnetler aşağıdaki işlevlere sahip olacaklardır:

- Düşey yük taşıma
- Yeniden ortalayabilme
- Yatay yük direncine katkı sağlama
- Enerji dağılımına katkı sağlama
- İzolator olarak işlev görme işlevini ve dolayısıyla gerekli periyod değişimini sağlar.

Damperler aşağıdaki işlevlere sahip olacaklardır:

- Büyük miktarda enerjiyi dağıtma
- Yer değiştirmeleri sınırlama

Genleşme Derzi

Genişleme derzleri, çekme ve kızaklama yükü dahil trafik yükünü, trafikten kaynaklı hareketleri, sıcaklık, sızma, çekme, yanal hareket, çökme ve 150 yıllık geri dönüş süreli deprem etkilerini karşılama kabiliyetinde tasarlanmıştır.

Genişleme derzi tasarım deplasmanı Tablo.6'da gösterildiği gibi +/- 600 mm'dir.

Tablo.6 Boylamasına Deplasman Değerleri

Ayak	Maksimum Boylamasına Deplasman (mm):				Tasarım Deplasmanı (mm):
	Nihai Yük durumu	150 yıllık Deprem + $0,5\Delta T^\circ$	1000 yıllık Deprem + $0,5\Delta T^\circ$	2475 yıllık Deprem + $0,5\Delta T^\circ$	
P00	565	283	894	1029	600
A12	509	260	493	784	600

1000 yıllık ve 2475 yıllık deprem sırasında hesaplanan maksimum deplasman 600mm'lik tasarım deplasmanından daha fazladır. Bu depremler sırasında derzin kapanması yeterli olmayacak, derz ve köprü üzerinde ciddi hasarlar meydana gelecektir. Bu nedenle genişleme derzlerinde 1000 yıl ve 2475 yıllık depremler sırasında serbest kalacak şekilde hareketi dağıtım kutusu yerleştirilmiştir.

Bakım Eriřimleri

Tabliye altına erişim, bakım kamyonu kullanılarak; geri çekilebilir platformun, tabliye emniyet şeritleri boyunca tüm çevrede muayene erişimine izin vermesiyle sağlanmaktadır.

Her bir tabliye kutusunun her iki ucundan girilerek, tabliyenin tüm uzunluğu boyunca yürüme yolu ile erişim sağlanmıştır. Ayak hizalarında her iki kutu arasında geçişler ve ayak üstü platformlarına çıkış kapısı ile erişim mevcuttur.

Ayaklara, tabandan, su seviyesinin 2 m yukarısından giriş kapısı ile erişim mevcuttur. Ayak içlerinde erişim iç merdivenler ve platformlar ile sağlanmıştır.

Ölçme Yöntemi

Tüm mühendislik çalışmalarının izlenmesini sağlamak amacıyla 0.3m seviye farkına sahip ve 1" saniye (0.1 mgon) yüksek araştırma kapasitesine sahip toplam istasyonlu duyarlı seviyelendirme cihazları kullanılmıştır. Duyarlı araştırma sonuçlarını elde etmek için sabit yer ve istasyonlar (11 adet) gerekmiş ve inşa edilmiştir. Şekil.21 İmalat ve montaj (kurma) süresi boyunca yapılacak olan topoğrafik ölçümlerin ortak başlıkları aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir:

1. Ankrāj Kurulumu, Gömme Ankrājların Takılması.
2. Ayak Kurulumu, Ayakların Beton temellere Kurulumu.
3. Tabliye Kurulumu, Segmentlerin İmalatı.
4. Modül Entegrasyonu, Tabliye Kurulumu ile yol yapısının oluşturulması.
5. Ağır Kaldırma, modül M32, M31, M30 ve M29 eş zamanlı olarak konumlarına montajı.



Şekil.21 Ölçme İstasyonu

Yapım Yöntemleri ve Aşamaları

Alt Yapı İmalatları

Kenar Ayak İmalatları

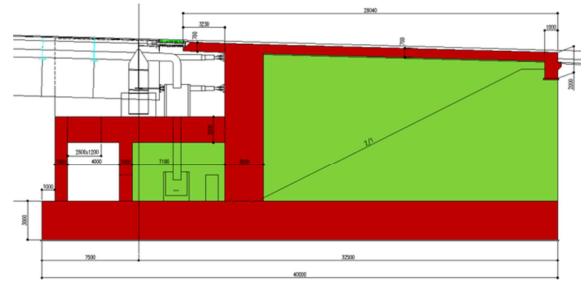
GYV 'nin kuzeyinde yer alan ve viyadüğün tabliye sistemini destekleyen kenar ayak, sadece sismik kuvvetler için değil, tabliye sürme işleri için de çok yüksek bir dayanımda tasarlanmıştır. Kenar ayak 37x40 metre temel oturum

boyutlarındadır. Temel yapısı sığ temel olup, yüksekliği 3 metre, temel üst kotu +0,80 metredir. Birinci kademe tabliyesi çelik viyadük yönündedir ve +7,64 metre kotunda bitmektedir. Sürme işleminden dolayı iki aşamada imal edilen üst tabliyesi, otoyol +13,578 metre kotunda ve yol eğimindedir. Şekil.22

Betonarme imalatında konvansiyonel yöntemler kullanılmış ve ilk tabliye kotundaki alanı itme-sürme alanının bir kısmını oluşturduğu için iki aşamada tamamlanmıştır.

Geçici Yapıların İmalatları

Ana yapının imalatı için ihtiyaç duyulan, görevleri bitince sökülecek olan başlıca geçici yapılar;



Şekil.22 Kenar Ayak Kesiti

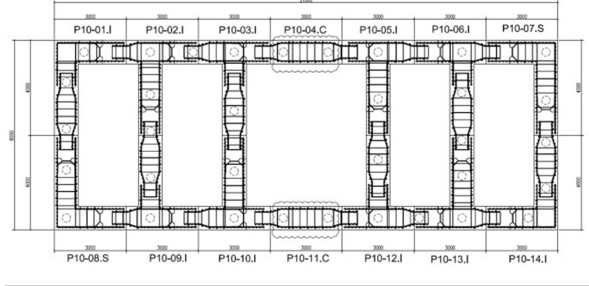


Şekil.23 Tabliye Yapım Alanı

- İtme-Sürme yapılacak modüllerinin imalat alanı ve ekipmanları, Şekil.23
- Tünel tipi Boya Atölyesi,
- İtme-Sürme için her viyadük ayak aralarına yapılan geçici kule temelleri ve 2 takım sökülebilir çelik kuleler,
 - İtme-Sürme ilk aşamasında gaga montajı ve ilk itmede viyadük yapısının ağırlık merkezinin önde kalışından dolayı öne devrilmeyi önleyen 2 çift betonarme kule,
 - Ağır kaldırma açıklıklarının saha betonlaması ve viyadük yapısının oturacağı çelik bloklar,
 - Tüm çalışma alanına hakim ölçüm poligon yapıları,

Orta Ayak Temel İmalatları

Birinci derece deprem bölgesi olan proje sahasında yapı temelleri, 100 yıllık yapı ömrü süresince üst yapı yüklerini güvenli bir şekilde zemine aktarabilecek şekilde imal edilmiştir. Geleneksel diyafram duvar imalat yöntemine göre daha zor; çok daha kaliteli ve hassas çalışmayı gerektiren



Şekil.24 Diyafram Temel İmalat Planı

“yatay doğrultuda sürekli donatılı diyafram duvar” temel sistemi, tasarımcı firmanın analizlerine göre imal edilmesi istenen şartlarda gerçekleştirilmiştir. Şekil.24

Bu son derece iddialı ve teknik açıdan zor uygulamanın Türkiye’de ilk kez başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmiş olması, gerek Türk ana yüklenici firmaların, gerekse Türk geoteknik firmalarının ulaştığı uluslararası rekabet ve bilgi birikimini göstermesi açısından önem arz etmektedir.

Diyafram duvarlar bentonit çamurlu kuyu tekniği kullanılarak inşa edilir. Bu teknik, bentonit çamuru dolu bir kuyu kazısı içermektedir. Kazı stabilitesini sağlamak için kuyu kazı ile eşzamanlı olarak bentonit karışımı doldurulur ve bentonit, kazı duvarına karşı hidrolik basınç uygulayarak kazı kesitinin stabilitesini sağlar.

Diyafram duvar imalatı aşağıda sıralanan imalat sıralamasına göre imal edilmiştir:

- Kılavuz Duvar imalatı
- Diyafram Duvar kazısı
- Donatı kafesi yerleştirilmesi
- Beton dökümü

Güney Yaklaşım Viyadüğü ’nde yapılmış olan diyafram duvar imalatı Türkiye’deki diğer örneklerinden farklı olarak birbirine geçme sistemli donatı sürekliliğine sahip olup temel sisteminin ana parçasıdır. İmalat sırasında kullanılan beton sınıfı 28 günlük küp basınç dayanımı C45 olan betondur.

Kuyu, beton-bentonit ara yüzeyine yakın kirlenmiş betonu telafi etmek ve kesme seviyesinde sağlam beton bulunmasını sağlamak için diyafram duvar proje kotunun 1,5 metre üzerine kadar betonlanmıştır.

Sonik süreklilik testi diyafram duvar içinde boydan boya bırakılan sonik test tüpleriyle yapılmıştır. Test için her bir ayakta 100 adet olmak üzere Ø 60x6 çelik boru kullanılmıştır.

Diyafram duvar imalatları bitirdikten sonra, üsteki kirli betonu temizlemek için fazladan dökülen 1,5 metrelik kısım kırılmıştır.

Kırım ve donatı düzeltme işlerinin tamamlanması sonrası, radye temelin imalatına grobeton atılarak başlanmıştır. Radye temel imalatı aşağıdaki işlem sırası takip edilerek tamamlanmıştır;

- Yan yüzey ve alt yüzey donatı montajı yapılmıştır.
- Alt yüzey donatı montajı sırasında çelik ayak ankrajının oturacağı kaide beton imalatı yapılmıştır.
 - Beton aderansını arttırmak için kaide beton yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanmış, aynı zamanda çelik ankrajlar monte edilmiştir.
 - Üst ızgara donatılar ve toplamda 4.000 adet olan çiroz donatıların montajı tamamlanmıştır.
 - Donatı montajı bittikten sonra kalıp kurulumu yapılmış ve beton dökümü; şartname gereği hidrasyon ısını kontrol edilerek 2 aşamada dökülmüştür. Şekil.25

Çelik Yapı İmalatı

Çelik Plaka Tedariki

Çelik plaka tedarik şartları aşağıdaki gibidir:
Çelik malzeme sınıfı S355 J2+N'dir. İlgili EN standartlarına göre kalınlık, Sınıf (A), Düzlük, Sınıf (N), Yüzey, Sınıf (A/3), Muayene sertifikası (3.1), UT S1E1 #12 ila #49mm, UT; S2E3 üstü #50mm'dir ve tüm kalınlıklar için normalize edilmiştir.
Çelik plakaların kalite güvenliği ve teslim şartları nedeniyle malzeme temin yeri orta Avrupa seçilmiştir.

İmalat Akışı

Parça Hazırlama ve Poz Esaslı Kurulum

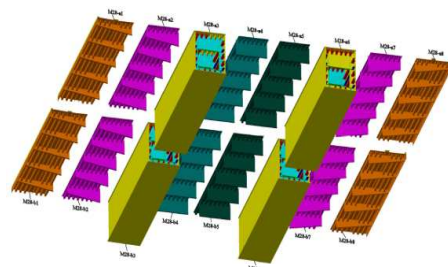
Parçalar, ayrıntılı proje çizimlerinde gösterildiği gibi kesilmiş, yapım ve kesim kontrolleri, görsel muayene, kesim sonrası sertlik muayene testi ilgili ITP'ye göre yapılmıştır.
Alt elemanın ana plakası bir çok plakadan oluşmuştur. İşaretleme ve kesme işleminden sonra plakalar poz esaslı için kaynak ile monte edilmiştir. Çapraz kirişlerin montajı bu süreçte yapılmış, poz esaslı parçaların kurulumu montaj için esas oluşturmuştur.
Kaynak işlemleri PQR ve WPS'e göre tamamlanan kaynaklı birleşimlerin gözle ve boyutsal kontrolleri sonrası tüm NDE testleri yapılmıştır.

Alt eleman İmalatı

40 metrelik her tabliye modülü 16 adet alt elemandan oluşturulmuştur. Şekil.26 Bu işlem tüm parçaların birleştirilmesinden oluşmuş (u-rib, çapraz kiriş, plaka), tümü monte edilip WPS ve PQR'ye göre kaynak işlemleri tamamlandıktan sonra, gözle ve boyutsal kontrolleri sonrası tüm NDE testleri yapılmıştır. Alt elemanlar iki ayrı üreticide üretilmiş ve sahaya sevk edilmiştir.



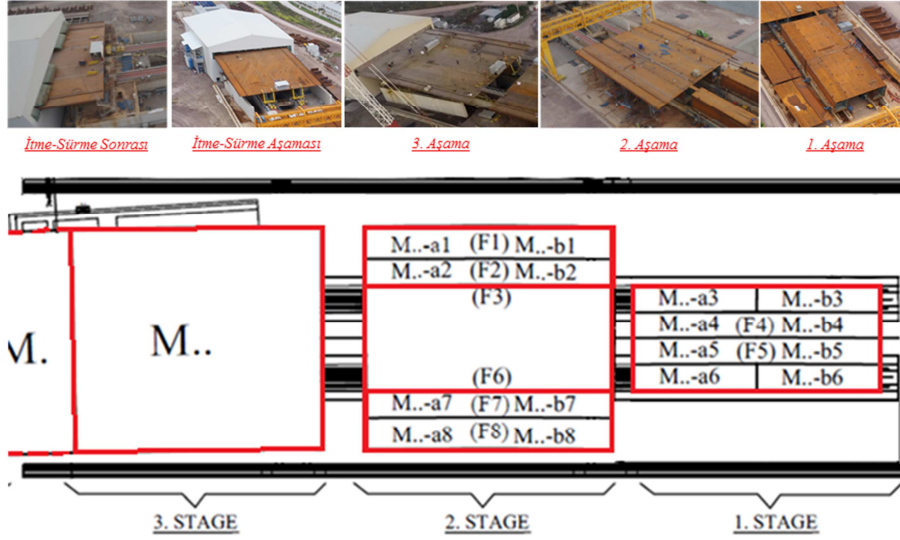
Şekil.25 Radye Temel İmalatı



Şekil.26 40 Metrelik Modül Bileşenleri

Ana Eleman İmalatı (Yapım Alanı)

Yapım alanında 3 ana aşama vardır. Şekil.27 Tabliye kurulumu yaklaşık 40mx36 m ölçülerinde ve 3 aşamadan geçirilerek bitirilmiştir.



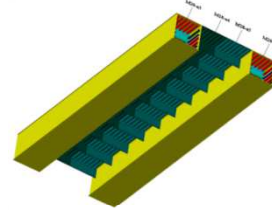
Şekil.27 Yapım Alanı ve Aşamaları

Bu kurulum sırasında ölçme; birleştirme, kaynak öncesi ve kaynak sonrası aşamaların hesaplamaları arasında karşılaştırma yapılarak sürdürülmüştür. Kurma ekibine, gerekli hassasiyeti sağlamak için bilgi verilmiş ve rehberlik edilmiştir.

Kutu, Orta, Yan Eleman ve Tabliye Birleştirme Kurulumu

İlk aşamada kutular monte edilip kaynakları yapılmıştır. Ayrıca, kutular arasında duran orta tabliye parçaları yerine konup, montaj ve kaynakları yapılmıştır.

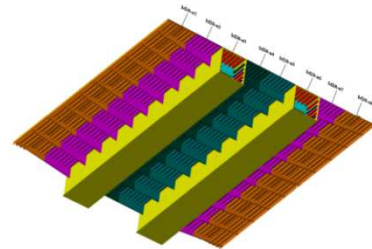
Bu aşamada tabliye parçası 16,85x40metre boyutlarında ve ortalama 650 ton ağırlığında olmuştur. Modüllerin aşamalar arasındaki taşınması, hidrolik ekipmanlı segment taşıyıcı sistem ile yapılmıştır. Şekil.28



Şekil.28 Aşama 1 sonu

İkinci aşamada, tabliyenin dış parçaları kurulum kaynakları yapılmış ve ana eleman ortaya çıkmıştır. Bu aşamada tabliye parçası 35,93x40metre boyutlarında ve ortalama 750 ton ağırlığında olmuştur. Bu aşamada en ağır modül 935 tonu bulmuştur. Şekil.29 Modüllerin hidrolik ekipmanlı segment taşıyıcı sistem ile üçüncü aşamaya taşınmıştır.

Üçüncü (son) aşamada; itme-sürme alanına getirilen modüller, hidrolik pistonlarla ilgili eğime konumlandırılmış ve itme aşamasının başlatılması için önceki sürülmüş tabliye ana elemanı ile bu noktada birleştirilerek kaynakları yapılmıştır. Modüllerin entegrasyonu, hidrolik pistonlar kullanılarak, modüle yukarı-aşağı yönlü hareket verdirilerek yapılmıştır. Kurma ve itme aşamasının sürdürülmesi için, tüm modüllerin proje konumları incelenmiştir. Bu süre sırasında ölçüm ekibi, doğru sırada olmak üzere tabliyelerdeki ölçüm noktalarını izlemiştir. Son aşamada itme süreci başlatılmış ve itilen modül



Şekil.29 Aşama 2 sonu

kaplama ve boyasının yapılacağı boya atölyesinin içine girmiştir. Her aşamanın kendi kapsamında; ilgili PQR ve WPS'e göre tamamlanan kaynaklı birleşimlerin gözle ve boyutsal kontrolleri yapılmış, sonrasında tüm NDE testleri yapılarak bir sonraki aşamaya taşınmıştır.

Yüzey Hazırlama ve Boya Yöntemi

GYV yüzey koruması, KGM Teknik Şartnamesi, İşveren Teknik Gereklere ve Uluslararası şartnamelerin gereklere doğrultusunda dış yüzey koruması aşağıdaki şartları sağlamıştır;

- 15 yıl hiç bakım yapmaksızın, 15~25 yıl arası küçük tamir ve bakım gerektiren,
- 25 yıl sonra komple bakım gerektiren,
- Korozyon sınıfı C5 Marine-High,

olan boya-kaplama sistemi ile korunmuştur.

Kapalı olan ayak ve tabliye kutu iç yüzeyleri nemsizleştirme sistemi ile korunmaktadır. Kaplamada kullanılan malzeme ve uygulama kalınlıkları aşağıdaki gibidir;

Ana Koruyucu Kat : 1x60µ, Zinga, (Çinko açısından zengin aromatik hidrokarbon esaslı yüksek çinko içeriği kaplama, Zinga kuru filmde %96 çinko içerir ve soğuk uygulanan galvaniz olarak değerlendirilebilir)

- Ara Kat : 1x80µ, Alufer N, (Rutubet küremeli poliüretan)
- Son Kat : 1x60µ, Zingaceram PU, (Akrilik seramik partikül pigmentli poliüretan)

Yapı dış yüzeyleri, bu sistem ile sistemin kendi özelliklerine bağlı olarak KGM ve uluslararası standartlar gereksinimleri ininde üzerinde 35 yıl hiç bakımsız dış yüzey koruma kaplamasına sahiptir. Yüzeyler, kirli ise, yüzey hazırlık öncesinde yağ, gres vs. Gibi çözücü temizleyici uygulanır. Yüzey solvent temizliği SSPC SP-1 'ye göre olacaktır. Tüm yüzeyler, SSPC SP 10 - ISO Standard 8501-1 Sa 2.5'a göre kumlanır.

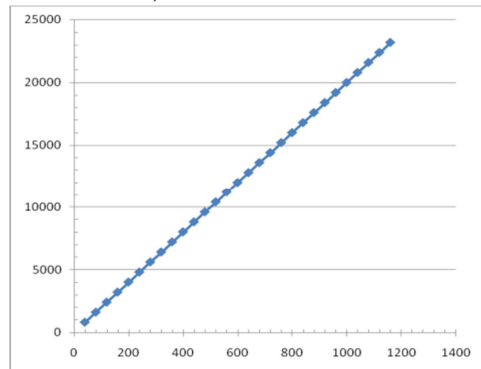
Yüzey profili, kaplama şartnamesinde aksi belirtilmedikçe minimum 45µ ve maksimum 100µ olacaktır. Ortam şartları, tüm aşamalarda takip edilip kayıt altına alınır. Alt katman sıcaklığı minimum 10°C ve alt katmanın üzerinde ölçülen hava sıcaklığı ve nispi nem çığ noktasının en az 3°C üzerinde olmalıdır.

İlgili standartlarına göre Yüzey Temizliği, Yüzey Profili, Toz Testi, DFT Ölçümü, Kurutma Kağıdı Testi, Yapışma Testi (X-cut), testleri asgari NACE Seviye II belgeli kontrolör tarafından yapılmıştır.

İtme Yöntemi

GYV güzergah geometrisi, A12 ile P10 arasında klotoid, P03 ile PA00 arasında alınman, P10 ile P03 arası sabit 2000 metre yarıçaplıdır.

Viyadüğün A12'den P02'e kadar iki kutusunun geometrisi 2000 metre yarıçap sabit tutularak itilmesi tasarlanmıştır. A12 ile P10 arasında ve P02 ile P03 arasında kutu aksları ile tabliye aksı saptırılarak değişken tabliye çıkıntısı ile otoyol geometrisi korunabilmiş ve 10 açıklıkta itme yöntemi uygulanabilmiştir. PA00 ile P02 arasındaki iki açıklıkta sapmanın büyüklüğünden dolayı değişken tabliye çıkıntısı



Şekil.30 GYV için %10 Eşdeğer sürtünme itme kuvveti (KN) –mesafe(m)

çözümü uygulanamamış, son iki açıklıkta ağır kaldırma yöntemi uygulanmıştır. Viyadüğün boy profilindeki geometrisi, A12 yakınında ihmal edilebilir küçük bir kısım hariç %3.5 sabit eğimdedir.

GYV, A12 ila P02'ye üst yapının %3.5 sabit eğiminde yukarı doğru itilmiştir.

İtme kuvveti, her bir modülün itilmesi ile artmıştır. İtilen üst yapının ağırlığı yeni bir modülün eklenmesi ile artmıştır. İtme kuvvetindeki artışı Şekil.30'de gösterilmiştir.

İtme işlemi üzerinde tam kontrolü sürdürmek için sürekli toplanan bilgilere erişim imkanı tanıyan bir izleme sistemi kurulmuştur.

Uygulanan izleme sistemi ile, sorunlar anlık tespit edilmiş ve uygun önlemler alınarak itme işleminin sürekliliği, emniyetli olması ve kritik verilerin ölçmesi sağlanmıştır.

Sürtünme katsayısı, tüm itme işlemi boyunca yakından takip edilmiş ve alandaki fiili sürtünmenin beklenen değeri geçmemesi için kaydedilmiştir.

Sürtünmenin mümkün olan en düşük değerde tutulması ve son iki açıklığın itilmesi sırasında gereken değer olduğundan en fazla %5'te tutulmuştur.

Ekipman ve Geçici Çelik İşleri;

- İtme sürme silindirleri
- Çekme sürme silindirleri
- İtme Rayları
- İtme Pabucu
- Çelik Burun Kirişi (İtme Burnu)
- İtme Kirişleri
- Sürme Pedler
- İtme Kirişi
- Geçici Destek Ayağı



Şekil.31 İtme Silindirleri



Şekil.32 Sürme Yatağı

İtme işlemi 800mm strok hareketli toplamda 2.400 ton itme kapasiteli 8 adet hidrolik silindirler ile yapılmıştır. Şekil.31

Sürme yatağı, üst çelik başlık yüksekliğinin ayarlanmasında ve üzerine gelen basıncın dengelenmesinde kullanılan hidrolik silindireli tiptir. Şekil.32

Sürme işlemi, üst çelik başlığına paslanmaz levha giydirilmiş sürme yatakları ile tabliye arasına yerleştirilen bir yüzü teflon kaplı pedler üzerinde sağlanmıştır.

Ağır Kaldırma Yöntemi

Güney Yaklaşım Viyadüğü 'nün son iki açıklığındaki tabliye montajı ağır kaldırma metodu ile gerçekleştirilmiştir. Son iki açıklık tabliyeleri 4 parçadan oluşturulmuştur. Bunlar, köprü ortak ayağı PA00 üzerindeki M32, P01 ayağı üzerindeki M30 olarak adlandırılan iki kısa ve PA00-P01 arasındaki M31, P01-P02 arasındaki M29 olarak adlandırılan iki uzun tabliye parçasıdır. Tablo.7

Proje süresinde zaman kazandırıcı bir uygulama olarak önce M31 daha sonra M29 parçalarında ağır kaldırma işlemi gerçekleştirilmiş, böylece M31'in kaldırılması ile itme-sürme işlemi eş zamanlı yürütülebilmiştir.

Tabliye Adı	Tabliye Genişliği (m)	Tabliye Boyu (m)	Tabliye Ağırlığı (ton)	Kaldırıldığı Yükseklik (m)
M29	35,93	128,00	2.600	57
M30	35,93	6,00	201	57
M31	35,93	118,00	2.350	61
M32	35,93	4,50	310	61

Ağır Kaldırma Ekipmanları;

- Kaldırma Çerçeveleri
- Halat Tipi Hidrolik Kaldırma Krikoları
- Hidrolik Pompalar
- Çelik Halatlar
- Kaldırma Mapaları



Şekil.33 Kaldırma Çerçevesi



Şekil.35 Kaldırma Mapaları



Şekil.34 Kaldırma Halatları



Şekil.36 Kaldırma Krikosu

Ağır Kaldırma operasyonunda, öncelikle kısa parçalar olan M32 ve M30 tabliyeleri, montaj, kaynak, boya işleri dahil zeminde tamamlanarak ve her biri tek parça halinde ayak üstlerine yerleştirilmiştir. Sonrasında bu kısa tabliyeler üzerine, halat tipi krikolarının bağlandığı kaldırma çerçeveleri monte edilmiştir.

Ağır kaldırma sırasında çerçevelerin moment dengelemesi karşı ağırlık bağlanması ile sağlanmıştır. PA00 ayağında M31'in karşı ağırlığı olarak köprü güney ankraj betonu kullanılmıştır. Karşı ağırlık, kaldırma çerçevesinde M31'in karşı yönüne bağlı çelik halatların diğer ucunun, betonarmeye monte edilmiş gömülü ankrajlara bağlanması ile sağlanmıştır. Gömülü ankrajlar, kaldırma tarihinden bir yıl önce köprü güney ankraj betonu dökümü sırasında betonarmeye monte edilmiştir.

P01 ayağında M31'in karşı ağırlığı olarak M29'un ağırlığından faydalanılmıştır. Bu kez karşı ağırlık, P01 üzerindeki kaldırma çerçevesinde M31'in karşı yönüne bağlı çelik halatların diğer ucunun, yerde montaj ve kaynakları tamamlanmış M29 tabliyesine bağlanması ile sağlanmıştır.

Kaldırma operasyonu sırasında, kalkacak tabliyenin iki ucuna gelecek kısa tabliyeler arasına sorunsuz girebilmesi için bir miktar ilave açıklığa gereksinim doğmuştur. İlave açıklık P01 ayağının tepe noktasından çelik halatlarla P02 ayağına bağlanması ve P02 ayağı yönüne doğru çektilerle yatırılması ile sağlanmıştır. Ağır kaldırma operasyonu 3 aşamada tamamlanmıştır.

Birinci aşamada tabliye üzerinde monte edildiği çelik bloklardan 3~5 cm kurtulana kadar kaldırılmış ve 12 saat askıda bekletilerek sistem test edilmiştir. Şekil.37

İkinci aşamada tabliye 1,5 metre daha kaldırılmış ve bu noktada 2~3 gün bekletilmiştir. Bu bekleme süresinde tabliye %3,5 eğimine getirilmiş, açıklık ve kendi boy ölçüleri kontrol edilmiş, tolerans için bırakılan fazlalıkları kesilmiş, kaynak ağızları hazırlanmıştır.



Şekil.37 Ağır Kaldırma Test Pozisyonu

Ayrıca kaldırıldığında birleşim kaynaklarının yapılabilmesi için alt kısmına çalışma platformu monte edilmiştir. Şekil.38

Üçüncü aşamada yaklaşık 11 saat süren kaldırma işlemi başlatılmış ve olması gereken pozisyona getirilerek önce PA00 yönündeki yerine alıştırma, birleştirme ve kaynak işlemleri yapılmıştır. Şekil.39

P01 ayak yönünde ise ilk olarak yatırılan P01 ayağı serbest bırakılarak eski pozisyonuna getirilmiş, devamında tabliyelerin yerine alıştırma, birleştirme ve kaynak işlemleri yapılmıştır.



Şekil.38 Çalışma Platformu



Şekil.39 Ağır Kaldırma Operasyonu

M31 tabliyesinin her iki ucundaki kaynak işleri tamamlandıktan sonra PA00 üzerindeki kaldırma çerçeveleri sökülerek, P02 ayağa kadar itme-sürme operasyonu ile gelen tabliye üzerine konumlandırılmıştır.

M29 tabliyesinin ağır kaldırma operasyonu da M31 tabliyesi gibi 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Ancak M29 tabliyesi için duyulan açıklık gereksinimi, itme operasyonunun son 20 cm'lik kısmı sürülmeyip, sonraya bırakılarak sağlanmıştır. M29 tabliyesi kaldırılıp olması gereken pozisyona getirilerek önce P01 yönündeki yerine alıştırma, birleştirme ve kaynak işlemleri yapılmıştır. P02 ayak yönünde ise itme-sürme ile gelen tabliyenin bırakılan 20cm'lik kısmı da itilerek pozisyonuna getirilmiş, devamında tabliyelerin yerine alıştırma, birleştirme ve kaynak işlemleri yapılmıştır. Tüm kaynak işlemleri tamamlandıktan sonra kaldırma çerçeveleri sökülüştür.

Sonuçlar

Yapımı tamamlanmak üzere olan Güney Yaklaşım Viyadüğü, tasarım ve yapım teknikleri ile; özellikle itme-sürme ve ağır kaldırma yöntemleri; temel yapısı, korozyon koruması özellikleri ile köprü yapım literatürünün referans projelerinden biri olacaktır. Tasarım ve yapım sırasında karşılaşılan veya yaşanması olası zorluklar; ön araştırma, gözlem, test ve denemelerle aşılmıştır. Bu aşamalarda, KGM Teknik şartnamesi ve uluslararası geçerli standartlar referans alınarak, yapı kalite ve güvenliği ön planda tutulmuştur.

GYV projesi, tasarım öncesi ve tasarım aşamalarındaki araştırma sonuçlarının projeye uygulanması; yapımına, her aşamada ön testler, denemeler yapıp kesin sonuç alınarak devam edilmesi; yapım aşamalarındaki sıkıntılı öğrenme süreçleri geçilerek, yapımının tamamlanması ile köprü yapım sektörüne önemli deneyimler kazandırmış olacaktır.