

BEŐIKTAŐ STADI TASARIM KRİTERLERİ

Dr. İnő. Yük. Müh. Selçuk İz
İz Mühendislik –İstanbul
Tel: +905324154467
E-Posta:izmuhendislik@gmail.com

Dr. İng. Mathias Kutterer
Fressynet – Fransa

E-Posta:kutterer@freyssinet.com

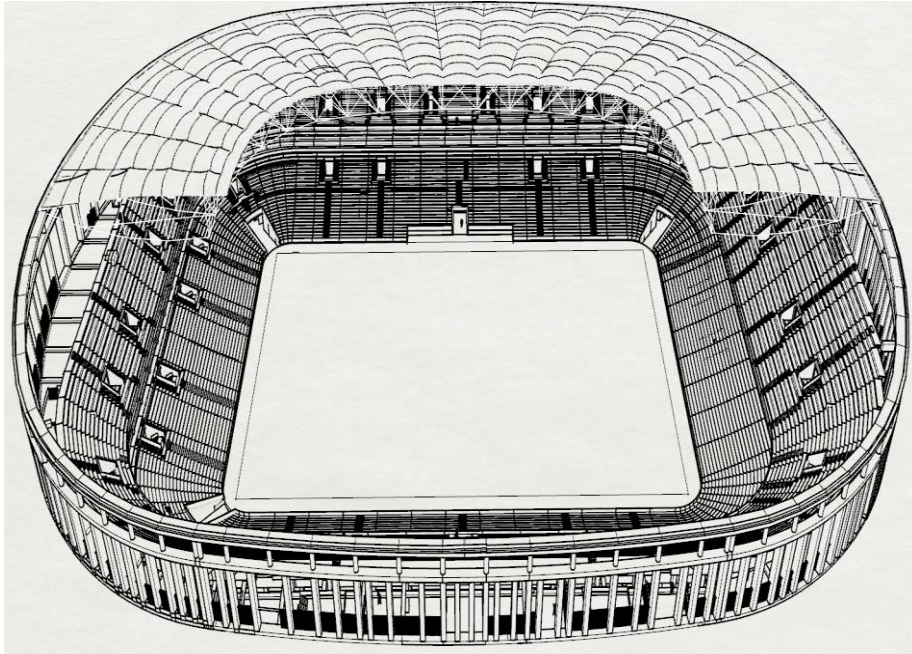
z

Bu makalede Beşiktaş İnönü Stadı yenilemesi kapsamında yeni futbol stadı için tasarım kriterlerine yer verilmiştir. Yapı için taşıyıcı sistem seçimi, yapıya etkiyen yüklerin belirlenmesi ile yapısal elemanların analiz ve tasarım prosedürleri açıklanmıştır. Stadyum yapısı dört bloktan oluşmaktadır. Yapının statik ve depremlili durum analizi için oluŐturulan sonlu elemanlar modelinde yapılan kabuller ve analiz modeli ile ilgili detaylarda bu makale kapsamında sunulmuştur. Yapının inşa edileceği alan yolların ve Tünel ve yüksek yapılarla çevrilidir. Yapı temellerinin bir kısmı kaya zemine otururken bir kısmı dolgu tabakaları üzerindedir. Yapı temel sistemi olarak radye temel sistemi seçilmiŐ ve dolgu tabakalarına denk gelen radye temeller kazıklı radye olarak tasarlanmıştır. Kısmen dolgu tabakasında kısmense kaya zemin üzerinde yer alan temel bölgelerinde kazıklı ve yzeyssel temel sistemi birlikte düŐünülmüŐtür ve bu nedenle iki farklı temel sisteminden kaynaklanacak farklı oturmaları önlemek amacı ile detaylı oturma analizleri yapılmıştır. Yapı Boğaziçi ngrnm bölgesinde ve tarihi doku içinde yer alması nedeniyle çatının üst kotunun Dolmabahçe saat kulesinin üst kotunu geçmemesi Anıtlar kurulunda tasarım kriteri olarak istenmiŐ bu nedenle 42.000 kiŐilik kapasiteyi sağlayabilmek için stadın temel tabanı Deniz seviyesinden beŐ metre aşağıda olması zarureti meydana gelmiŐtir. atı st kotu 34m. ile sınırlanmıŐ içerde ise görüŐ nedeniyle çatı gabarisi sınır değer 9.4m. olması Kenarda GörüŐ nedeniyle yükselme yapılamaması Halatlı ngerilmeli çatı sistemi yapılması zaruretini doėurmuŐtur. Bisiklet tekerleği teknolojiyle düŐünülen çatı ring kirişi ve üstten ankastre aŐaėıdan mafsallı kolon elemanları kullanılarak olası bir depremde çatıdan aktarılabilecek yatay yük minimize edilecek Şekilde dizayn edilmiştir. Stadyum yapısının tasarımı, inşaat aşamalarını da kapsayan ve mimari, tasarım mühendisleri, saha mühendisleri, akademisyenler ve birçok disiplinin koordineli bir Şekilde ortak çalışmasını gerektiren bir süreç olmuştur.

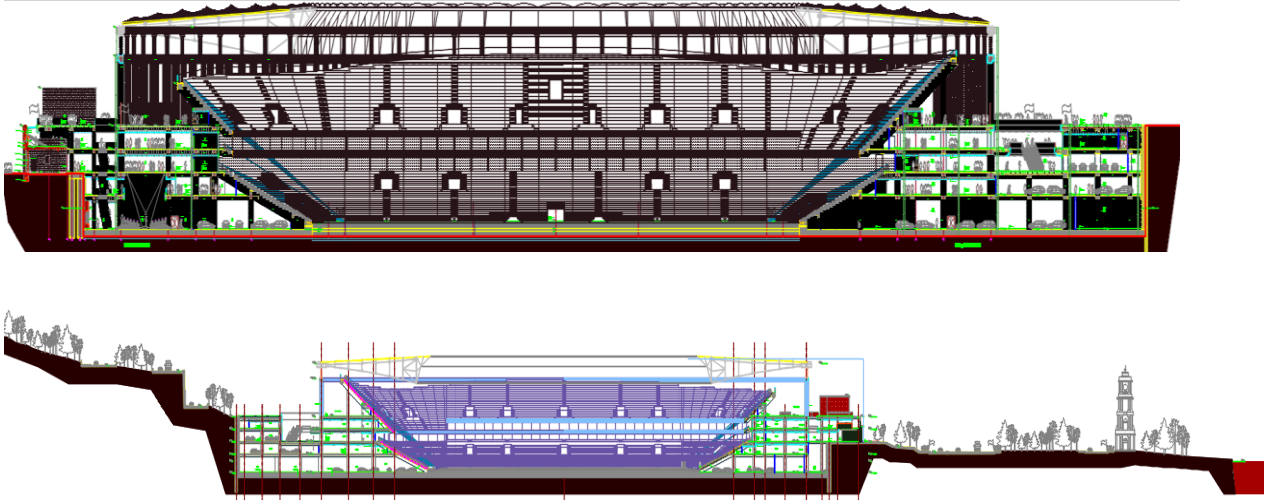
Anahtar kelimeler: Futbol Stadı Tasarımı, Halatlı Teknolojik atı, Kompozit Kolon kiriş

Giriş

Makalede Beşiktaş Spor kulübünün yeni futbol stadı için tasarım kriterlerine ve Çatı sistemine yer verilmiştir. Stadyum İstanbul un Avrupa yakasında Beyoğlu-Beşiktaş-Şişli Sınırları ortasında etrafı yol ve tünellerle çevirili Deniz tarafında kısmen dolgu Yamaçlarda dik şevler yer almaktadır. Stadyum seyirci kapasitesi 42500 kişi olup planda 190m*270m en ve boya sahip elips şekindedir. Yapı iki kat bodrum ve zemin kotu üzerinde de iki kat olacak şekilde toplam dört katlı olarak tasarlanmıştır. Stadyum yapısı dört bloktan ve bu blokları çevreleyen Kazıklı öngerilmeli ankrajlı istinat yapılarından oluşmaktadır. Temeller genişleme derzleri ile ayrılmış olmasına rağmen bloklar arası derz yerlerinde farklı oturmaları önlemek amacı ile radye temel sürekli olarak dizayn edilmiştir. Stadyum üstyapısı yerinde dökme betonarme kolon, kiriş ve perdeler , Çelik Kompozit kolon kiriş ile prekast tribün döşemelerinden oluşmaktadır. Prekast döşemelerin oturduğu testere kirişleri ile kolonların bazıları Mimari ebatlar içersinde kalabilmek için donatılı çelik kompozit kesit olarak tasarlanmıştır. Bisiklet tekerleği teknolojisi ile dizayn edilmiş olan Çatı sistemi Çevresel ring kirişine Halatlar ile gerdirilen çatı sistemi şeklinde tasarlanmıştır. Üst örtüyü taşıyan çelik karkas taşıyıcı halatlara taşınmıştır. Ayrıca çatı dış çelik ring ile betonarme parabolik kiriş arasında 84 adet üstten ankastre alttan pandül kolon tasarlanmıştır.



Şekil 1 Stadyum Genel Görünüşü



Şekil 2. Stadyum Yapısı Tıpk Sistem Kesiti



BJK
İNÖNÜ STADI

BJK
DBArchitects

PERSPEKTİF



BJK
İNÖNÜ STADI

BJK
DBArchitects

PERSPEKTİF

Şekil 3. Stadyum Mimari Görşelleri



BJK
İNÖNÜ STADI

BJK
İNÖNÜ STADI
DBArchitects

PERSPEKTİF

Şekil 4. Maçta Tarafından görünüm



BJK
İNÖNÜ STADI

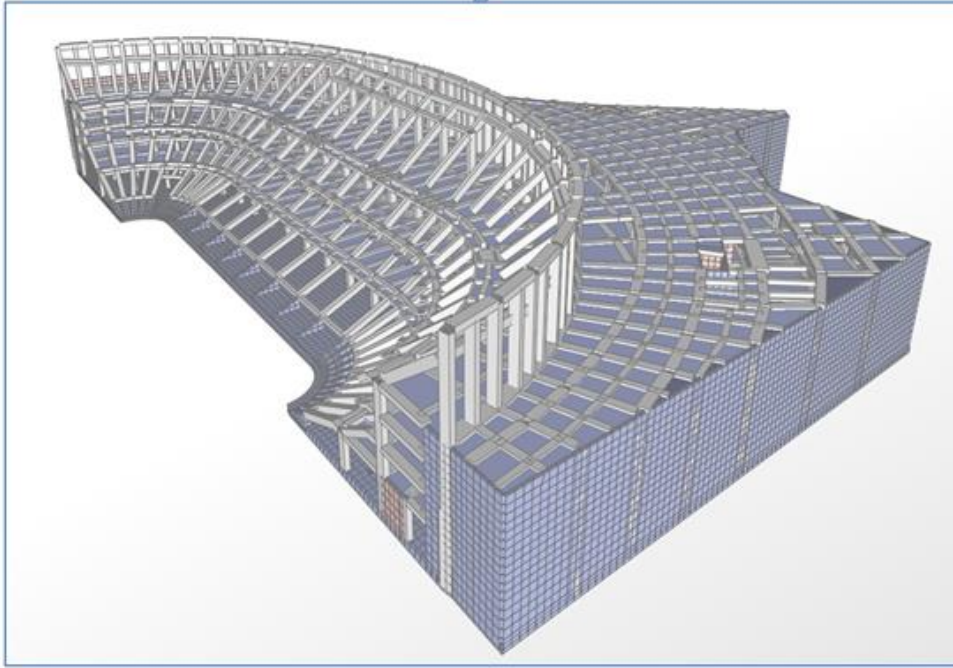
BJK
İNÖNÜ STADI
DBArchitects

PERSPEKTİF

Şekil 5. Gümüşsuyu tarafından stadın görünümü

2. Tasarım Parametreleri

Stadyum yapısının tasarımında TS500, TS498, Deprem Yönetmeliği v.b. EUROCODE vb. yerel yönetmelikler dışında bir çok uluslar arası yönetmelikten de faydalanılmıştır (ACI 318-02, NEHRP 2003, IBC 2006). Stadyum yapısının statik ve dinamik analizinde SAP2000 sonlu elemanlar analiz programından faydalanılmış ve altı blok programda yarı ayrı modellenmiştir. Şekil 6'de bloklardan birisi için üç boyutlu SAP2000 modeli perspektif model görünüşü sunulmuştur.



Şekil 6. Köşe Blok SAP2000 Programı Sonlu Elemanlar Modeli 3D Görünüşü

Kullanılan analiz programında yapıyı oluşturan elamanların zati ağırlıklarından oluşan sabit yükler otomatik olarak hesaplanarak yapıya yüklemiştir.. Prekast tribün döşemeleri ve merdivenleri için hareketli yük olarak 7.5kN/m^2 düzgün yayılı yük analizlerde göz önünde bulundurulmuştur. Araç park yeri olarak projelendirilen bodrum kat döşemelerinde ise 7.5kN/m^2 hareketli yük dikkate alınmıştır. Yapıya etkiyen rüzgar yüklerinin belirlenmesinde Ulusal ve İlgili uluslararası yönetmeliklerden faydalanılmıştır. Çelik Halatlı çatı sistemi için ise rüzgar etkisi kritik olduğundan ve bu yüklerin teorik yöntemler ile belirlenmesi zor olduğundan yapının üç boyutlu modeli için nümerik rüzgar tünel testi için FLUENT adlı akışkanlar dinamiği sonlu elemanlar analiz programından faydalanılmıştır. Ayrıca Almanya da küçük ölçekli model üzerinde rüzgar tünel testi gerçekleştirilmiş ve Model ve Nümerik analiz değerleri kontrol edilerek gerçeğe yakın rüzgar tesirleri bulunmuştur.

• **DEPREM PARAMETRELERİ**

Etkin Yer İvmesi katsayısı $(A_0) = 0.4$ (DBYBHY Tablo2.2)

<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>A_0</i>
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Bina Önem Katsayısı $I = 1.2$ (DBYBHY Tablo2.3)

<i>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı (I)</i>
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Zemin Gurubu = B (Zemin Etüt Raporu)

Yerel Zemin Sınıfı = Z2 (Zemin Etüt Raporu)

Spektrum Karakteristik Periyotı Sarı (T_a) = 0.15 sn (DBYBHY Tablo2.4)

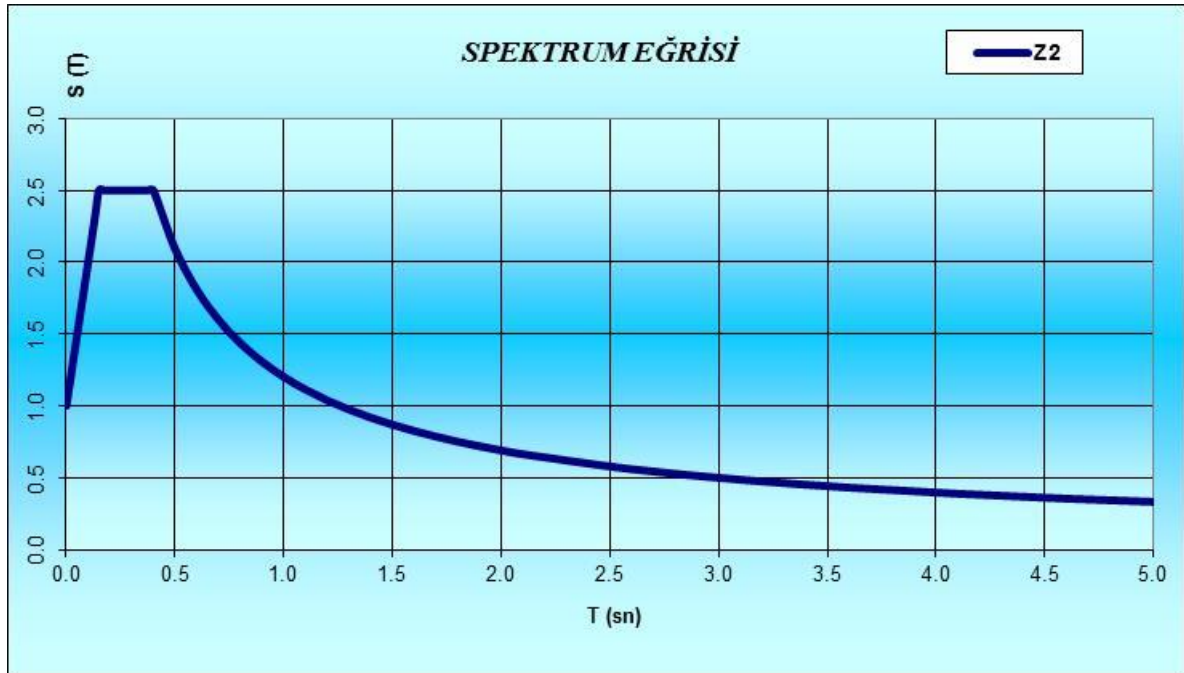
Spektrum Karakteristik Periyotları (T_b) = 0.40 sn (DBYBHY Tablo2.4)

TABLO 2.4 – SPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYOTLARI (T_A , T_B)

<i>Tablo 6.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı</i>	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

○ **Spektrum Katsayısı**

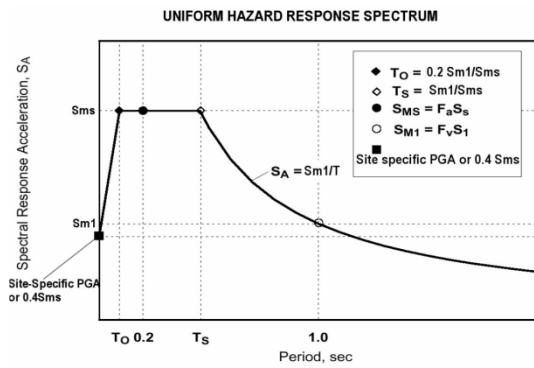
$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$
$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B)$$
$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T)$$



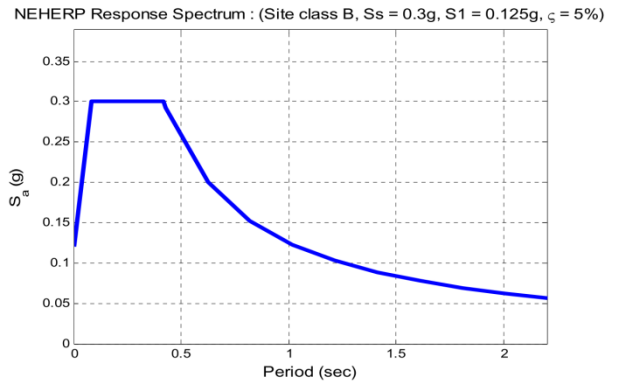
Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..1 Tasarım İvme Spektrumu Eğrisi

Stad yapısı deprem riski yüksek bir bölgede inşa edilmektedir ve olası bir İstanbul depreminde toplanma alanı olarak düşünüldüğünden yapının sismik tasarımına özen gösterilmiştir. Tasarım aşamasında yapı. Deprem riski olasılıksal yaklaşım esas alınarak NEHRP (2003) Deprem Standardına uygun olarak belirlenmiştir. Saha için yapılan hazırlanan Geoteknik Rapordan faydalanılarak zemin sınıfı NEHRP yönetmeliğine göre B sınıfı olarak belirlenmiştir. Raporda üç farklı

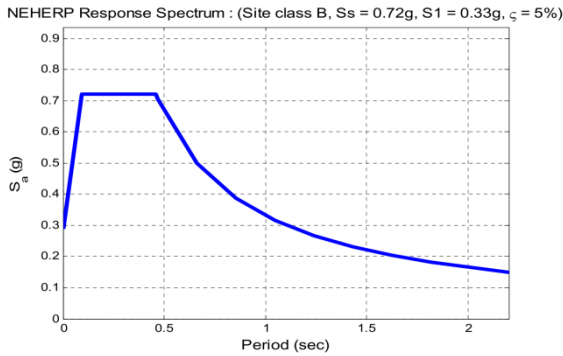
deprem düzeyi için deprem tasarım spektrumu belirlenmiş ve yapının üç farklı deprem düzeyi için hedeflenen performans seviyerleri açıklanmıştır. D1 depremi 50 yılda aşılma olasılığı %50, buna karşılık gelen dönüş periyodu ise 72 yıl olan depremdir. Hemen Kullanım Performans düzeyi için D1 depremi için yapısal ve yapısal olmayan yapı elemanlarına herhangi bir hasar meydana gelmeyecek şekilde tasarım yapılmıştır. D2 depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10, buna karşılık gelen dönüş periyodu ise 475 yıl olan depremdir. Can güvenliği Performans düzeyi için D2 dereminde yapıda çok ağır olmayan ve onarılabılır hasarların meydana gelmesi izin verilmektedir. D3 depremi ise 50 yılda aşılma olasılığı %2, buna karşılık gelen dönüş periyodu ise 2475 yıl olan depremdir. Göçme Öncesi Performans düzeyi D3 depreminde göçme öncesinde yapıda ileri derecede hasar meydana gelmesine izin verilmekte ve yapısal göçme durumunun önlenmesi hedeflenmektedir. NEHRP (2003) standardında verilen Deprem Tasarım Spektrumunun standart şekli ile stadyum yapısı performans hedeflerine göre belirlenen tasarım spektrum eğrileri Şekil 4'te sunulmuştur. NEHRP (2003) yönetmeliğinden elde edilen Deprem Tasarım Spektrumları ayrıca Türk deprem yönetmeliği (2007) yönetmeliğinden elde edilen spektrum eğrileri ile de karşılaştırılmış ve tasarımda güvenli tarafta kalınarak elverişsiz kesit tesirlerini veren deprem yüküne göre analizler yapılmıştır. Şekil 5'te örnek olarak B blok için Türk Deprem Yönetmeliğinden (TDY 2007) ve NEHRP (2003) yönetmeliğinden elde edilen tasarım spektrumları aynı grafik üzerinde gösterilmiştir ve bu tasarım spektrumlarına göre belirlenen taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır.



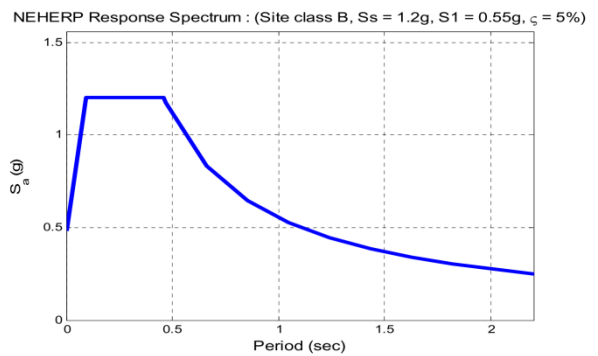
a) NEHRP (2003) Tasarım İvme Spektrumu Standart Şekli



b) Hemen Kullanım Performans Düzeyi için Tasarım Spektrumu

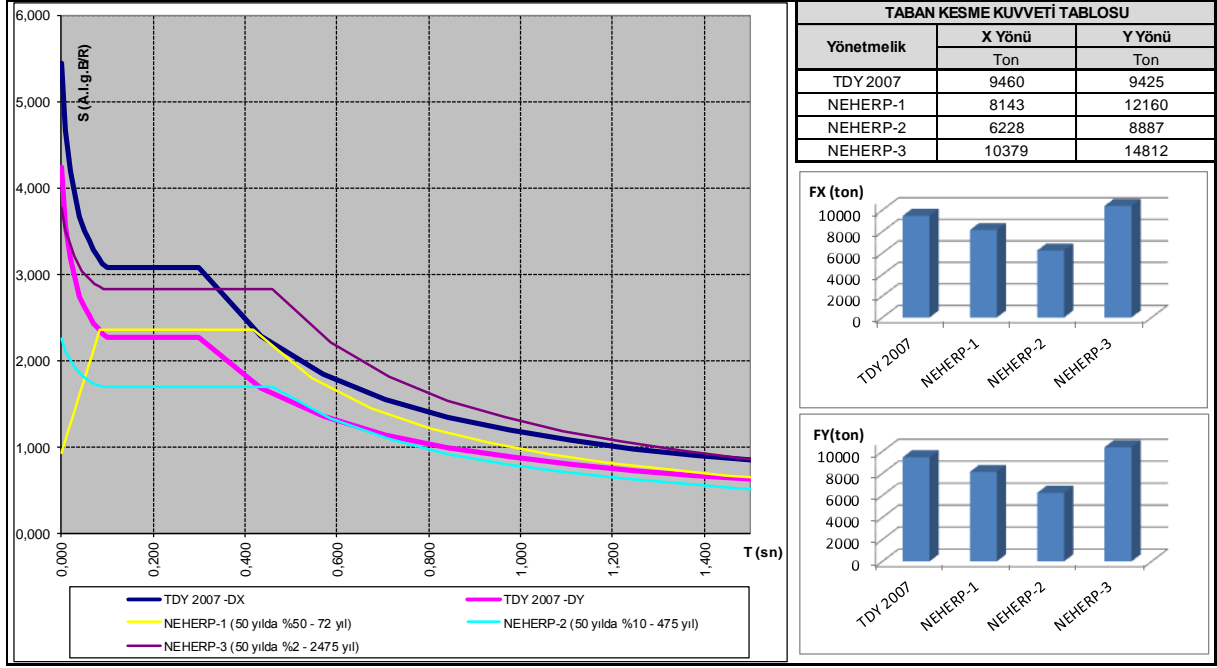


b) Can Güvenliği Performans Düzeyi için Tasarım Spektrumu



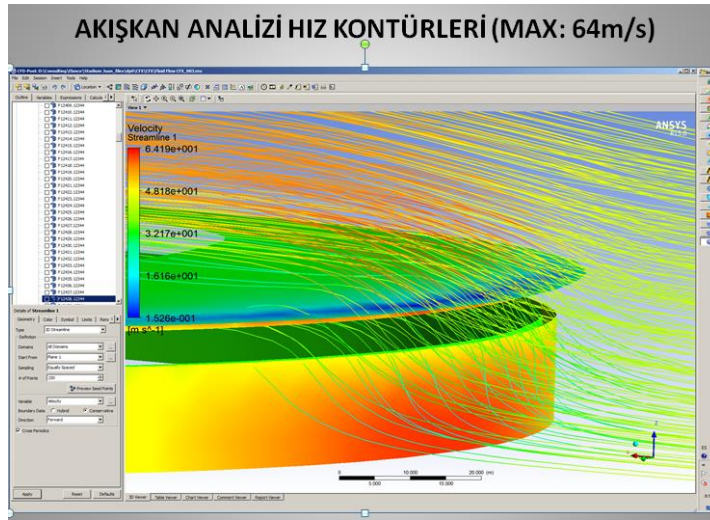
b) Göçme Öncesi Performans Düzeyi için Tasarım Spektrumu

Şekil 4. NEHRP (2003) standardında verilen Deprem Tasarım Spektrumunun standart şekli ile stadyum yapısı performans hedeflerine göre belirlenen tasarım spektrum eğrileri.



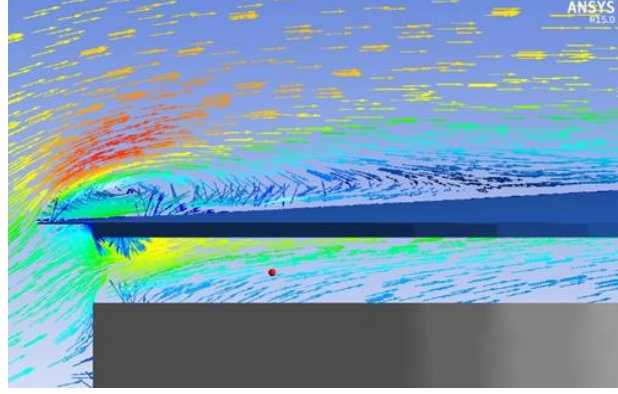
Şekil 5. Türk Deprem Yönetmeliğinden (TDY 2007) ve NEHRP (2003) yönetmeliğinden elde edilen tasarım ivme spektrumlarının karşılaştırılması ve B Blok için bu tasarım spektrumlarına göre belirlenen taban kesme kuvvetleri değerlerinin karşılaştırılması.

Rüzgar Tasarım Parametreleri



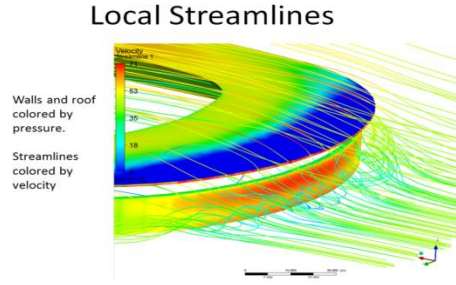
Şekil 7. Akışkan Analizi Rüzgar vektörü

Statik açıdan ile Final projedeki Çatı saçak kotu sistemi boyu çok büyük olduğu için emme ve basınç katsayılarının belirlenmesi amacıyla havanın stad ile birlikte modellenerek Akışkan analizi için ANSYS programı kullanılmış ve gerçeğe yakın değerlere ulaşılmıştır.

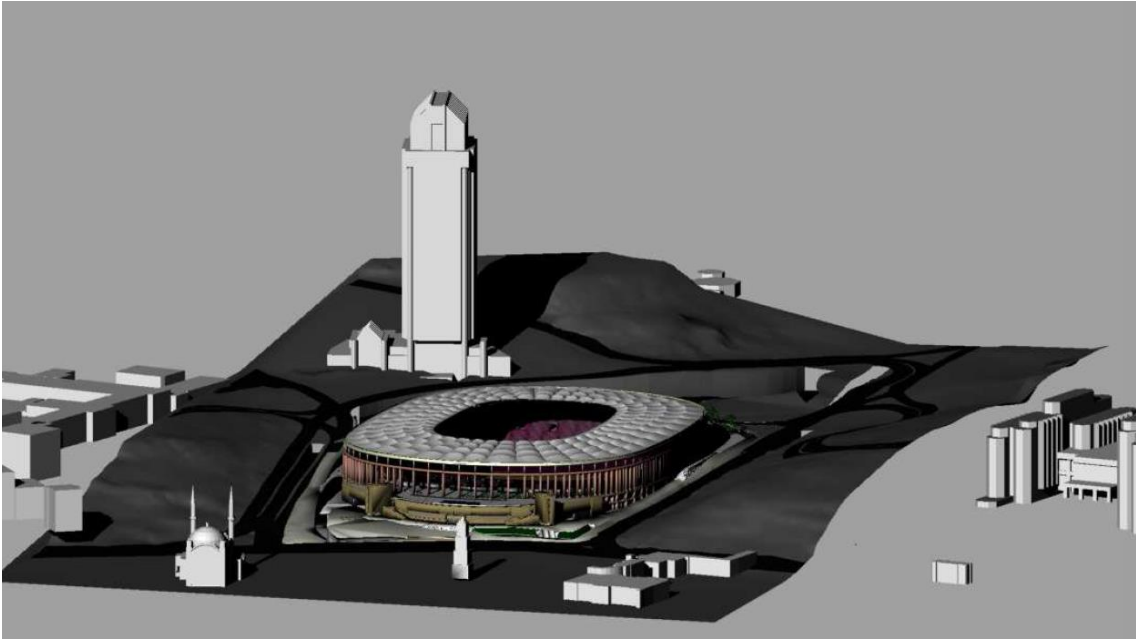


Şekil 8. Türbülansın Deniz tarafındaki etkileri

Ayrıca rüzgar tünel testinin sonucu ilede Beton bitişi ile çatı arasındaki olması gereken mesafe minimum olacak şekilde optimiz edilmiş çatının kenar kotu +32.97-+33.00 kotları civarında tutularak rüzgarın deniz cephesinden giriş hızı düşürülmeye çalışılmıştır.

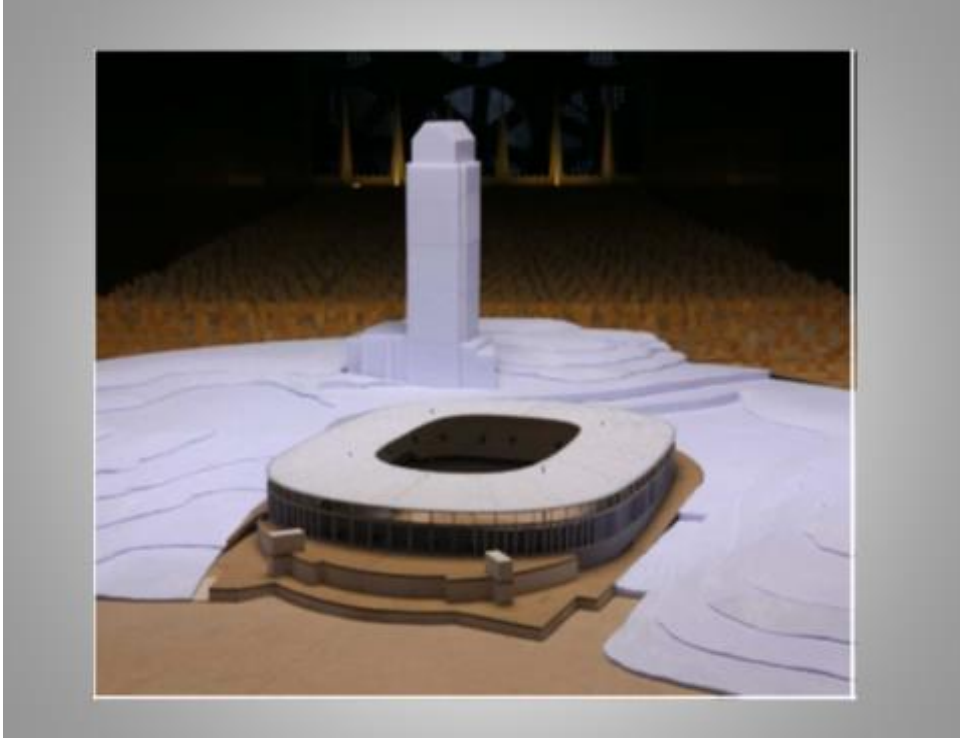


Şekil 9. Türbülansın stadın dışından etkisi

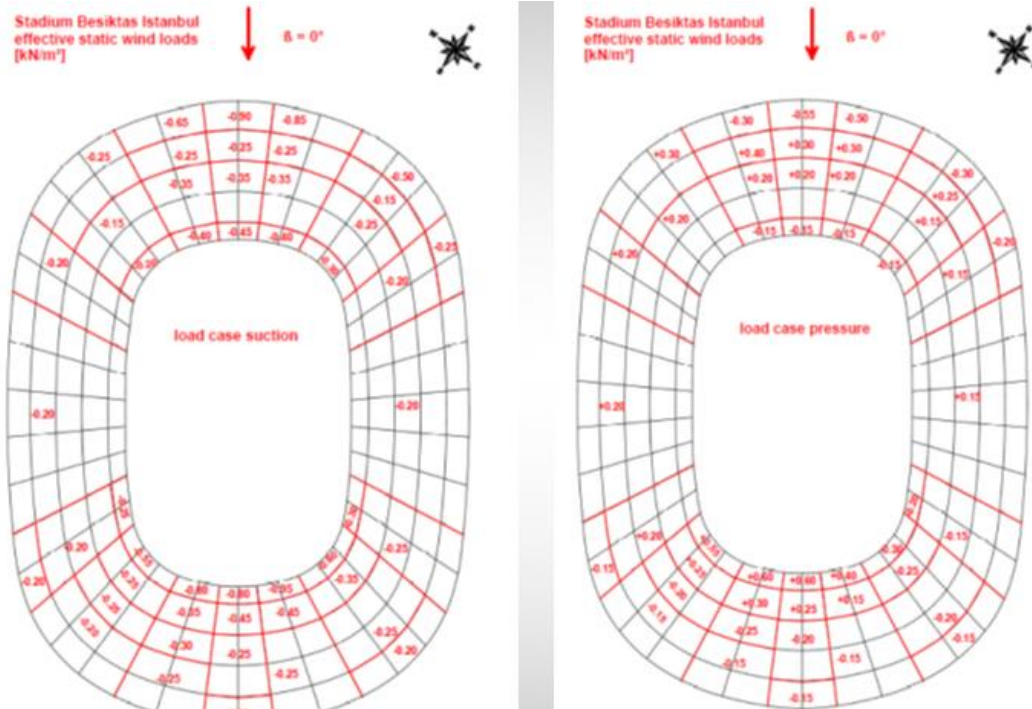


Şekil 10. Stadın Denizden görünümü

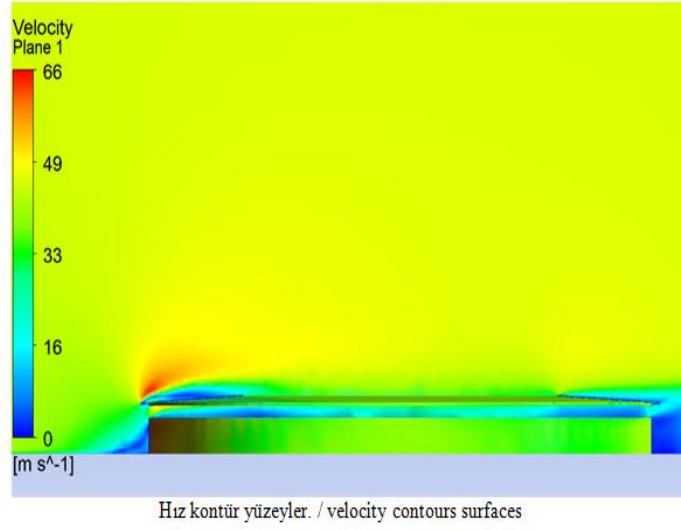
Bilhassa Stadın arkasında bulunan yamaç ve yamacın üzerindeki Süzer Plaza kütleleri çok olumsuz etkiler yaratması nedeniyle çatı formu üst kotları kenar saçak kotu +33.00 kotunda bırakılarak çatı yüzeyinde Yağmur suyunun kenara aktarılması ile ilgili saha içinden geriye doğru Minimum eğim %3 ile düzenlenebilmiş rüzgar tünel testi sonuçlarına göre minimum eğim %3. Altına indirilmesi mümkün olmamıştır.



Şekil 11. Rüzgar Tünel testinden bir görünüm 1/350 ölçekte



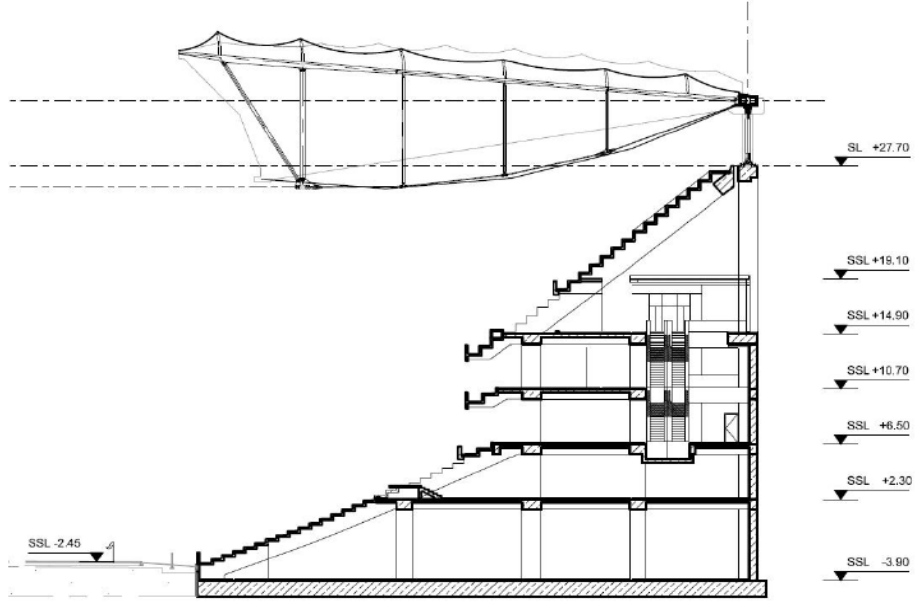
Şekil 12. Nümerik Rüzgar Tünel Testi Analizleri Tipik Sonucu



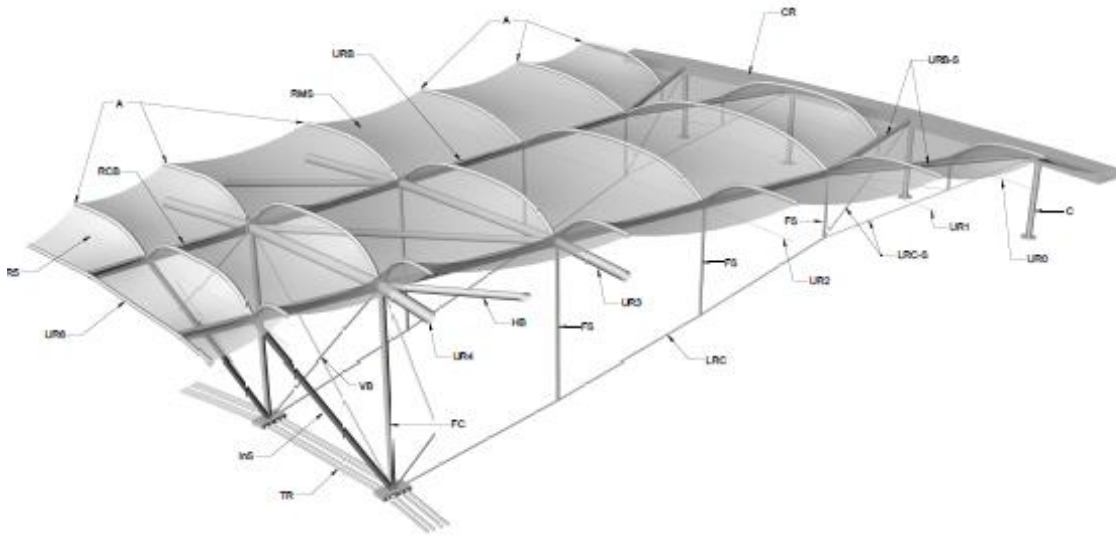
Şekil 13. Rüzgar Similasyonu Hava hızları

Bilhassa deniz cephesindeki tirbünlerin alçak oluşu nedeniyle rüzgar tünel testlerinde bilhassa çatı altından rüzgar girişini ve çatı üzerinden rüzgar üfürmesini minimum %3.5 eğimle tutulması sağlanmıştır. RÜZGAR HIZI 160 km/saat için akışkan analizi yapılmış ve değerler Rüzgar tünel testi labaratuvar sonuçları ile benzer çıkmıştır.

Çelik konstrüksiyon Ring kirişi 82 pandül kolon üzerinde oturmaktadır ve deprem durumunda düşey yüke sadece yatay çatıdan Betonarme süper kolonlara aktarılmaktadır. Ayrıca betonarme yapı genleşme derzleri ile anolara ayrılmıştır ancak çelik konstrüksiyon çatıda derz vermek mümkün olmadığından yatay yükler etkisinde çatı tek parça halinde hareket etmektedir konstrüksiyon çatı sistemi üç boyutlu perspektif görünüşü aşağıda Şekil 6.'da sunulmuştur.



Şekil 14. Stad Tipik Kesiti



Şekil 15. Stad Çatı tipik Görünümü



Şekil 16. Tirbün ve Testere kirişi Perspektif Görünüşü

Deprem yüklerinin analizinde yapı önem katsayısı $I=1.2$ alınmıştır. ve hareketli yük katılım katsayısı olarak $n=0.6$ alınmıştır. Temel ve kazıklar hariç yapının tüm elemanlarında betonarme betonu olarak C35 beton kullanılmıştır. Kazıklarda ve temel betonunda ise C30 beton kullanılmıştır. Betonarme donatısı olarak S420 donatı kullanılmış ve tasarım sonucunda 1 m^3 betonda kullanılan donatı miktarı yaklaşık 205 kg/m^3 olmuştur. Prekast tribün döşemeleri yapı geometrisine bağlı olarak düzenlenmiş testere kirişleri üzerine oturmaktadır. Testere kirişleri her ne kadar da kiriş olarak isimlendirilirse de bu elemanlar gerek statik gerekse yatay yükler etkisinde önemli miktarda aksenal yüke maruz kalmaktadırlar bu nedenle tasarımları ve donatı düzenleri kolon eleman olarak yapılmıştır. Bazı tirbün kirişlerinde ve kolonlarda kesitler çelik kompozit kesit olarak tasarlanılmışlardır. Testere kirişleri ve parabolik kiriş dahil tüm döşeme ve kiriş elemanları SAP2000 programında çubuk eleman olarak modellenmiştir. Yerinde dökme döşeme ve radye temel ise programda kabuk eleman olarak modellenmiştir. Radye temel altı zemini ise Geoteknik rapordan faydalanılarak belirlenen yaylar ile modellenmiştir. Testere kirişleri üzerine basit oturan prekast döşeme elemanları ise yapının üç boyutlu modelinde yük olarak dikkate alınmıştır.



Şekil 17.Çelik –Beton Kompozit 12m. Konsol tirbün kirişleri

3 . Stadyum Ana Taşıyıcı Elemanları

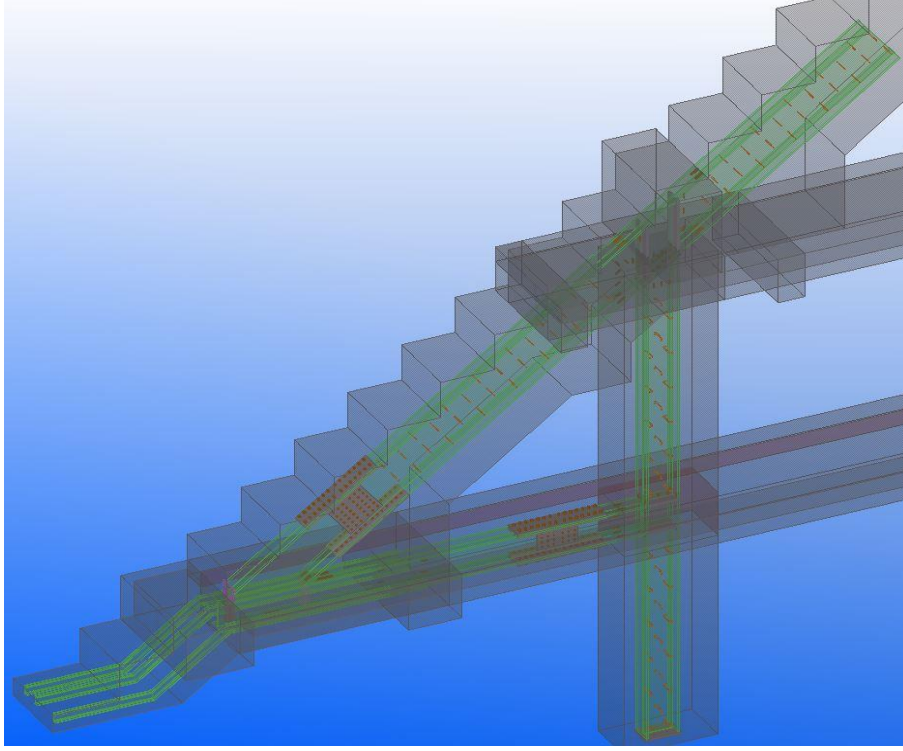
Stadyum yapısal sistemini birçok farklı özellikte taşıyıcı elemandan oluşmaktadır ve yapının performansı bu elemanların davranışının doğru şekilde modellenmesine bağlıdır. Prekast döşemelerin basit mesnetli oturması, prekast elemanları taşıyan testere kirişlerin eğik olması nedeni ile aynı zamanda kolon gibi davranması, nedeni ile bu yapısal elemanların özellikle düğüm noktalarında yük aktarımını doğru sağlayacak şekilde tasarlanmış ve donatılmış olması önem kazanmaktadır. Betonarme yapılarda fazla zorlanan elemanların daha az zorlanan elemanlara yük aktarımı stadyum yapısının yukarıda açıklanan karmaşık yapısal sistemi nedeni ile klasik yapılara oranla daha zor olacaktır. Çatı halatlı bir çelik sistem olması nedeniyle oldukça hassastır. Yapı 4 bloktan oluşmasına rağmen temel tek parça radye temel olarak tasarlanmıştır. Yapı temelleri 4 anoda kaya zemin üzerine oturmaktadır ancak deniz tarafındaki bir ano nun temeli kısmen dolgu tabakaları üzerinde yer almaktadır ve bu bölümlerde temel altında kayaya soketlenen fore kazıklar tasarlanmıştır. Temellerde üstyapıda genişleme derzi teşkil edilen ano geçiş bölgelerinde ve kazıklı sistemden yüzeysel radye temele geçiş bölgelerinde meydana gelebilecek farklı oturmaları engellemek için detaylı oturma analizleri yapılmış ve bu geçiş bölgelerinde ilave temel donatıları kullanılmıştır. Yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların görüldüğü tipik sistem kesiti aşağıda Şekil 18’de gösterilmiştir.



Şekil 18. Tribün Görünüşü Prekastlarla birlikte

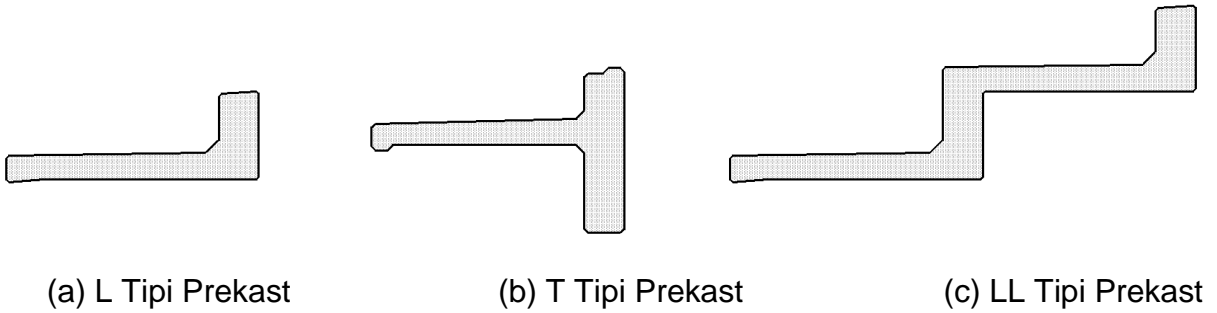
Stadyumun radye temel kalınlığı 100-150 cm olarak projelendirilmiştir,. Alt testere kirişleri 80cm*120cm ve üst testere kirişi 80cm*140cm olarak projelendirilmiştir. Üst testere kirişinin parabolik kirişe bağlanan kısmı ise 80cm*160cm olarak projelendirilmiştir, parabolik kiriş ise 150cm*575cm ebadındadır. Parabolik üst kirişi ve Tribün kirişlerini ve Çelik çatı kolonlarını taşıyan Stad çevre kolonları kompozit Kare kolonların içinde çelik HEM profiller konularak kompozit kesit olarak projelendirilmiştir.

Kompozit kolonların detaylı tasarımında CSICOL programından faydalanılmıştır. Üst tribün kat kirişlerini önünde yer alan konsol elemanların yükseklikleri, mimari gereklilikten ötürü yaklaşık 30cm ile sınırlı kaldığından bu kirişler içerisine de UNP profiller yerleştirilerek kompozit kesit olarak çözüm yapılmıştır. Ayrıca konsol boyu yüksek kısımlarda kirişlerin içerisine çelik konularak kompozit kesit olarak dizayn edilmiştir.



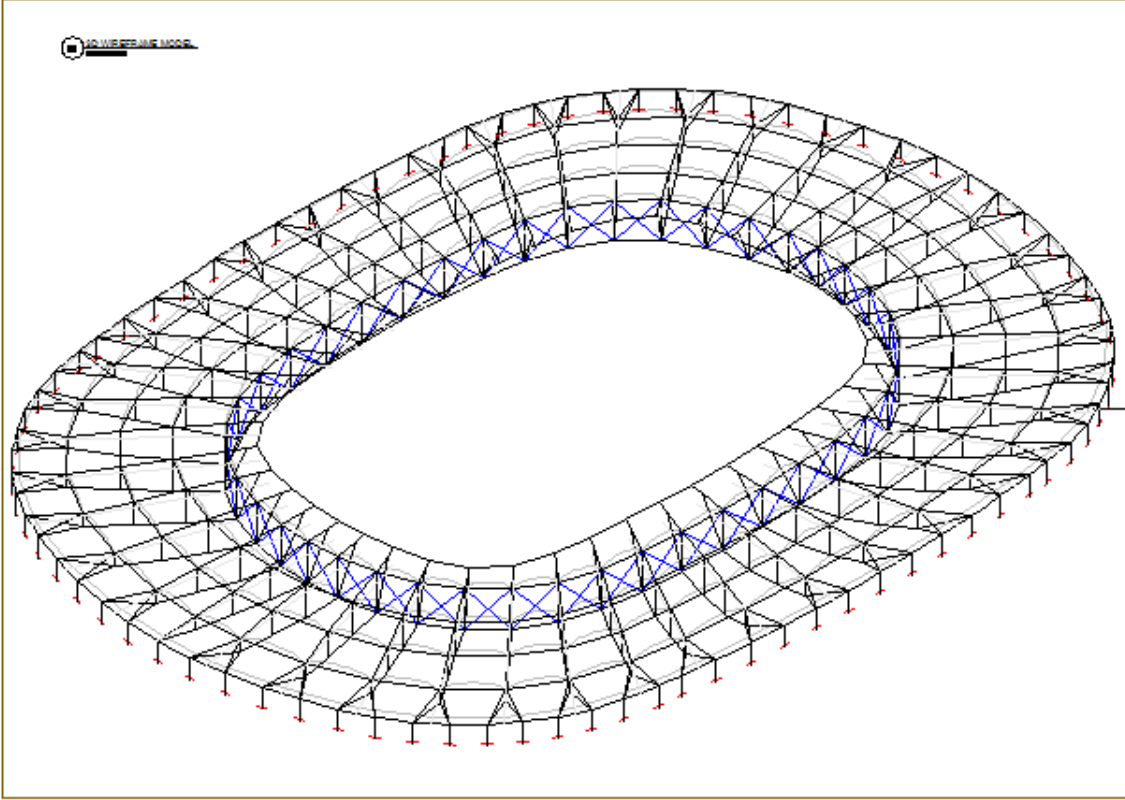
Şekil 19. Yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların görüldüğü tipik sistem kesiti.

Stad yapısında tribün döşemesi olarak prekast elemanlar kullanılmıştır. Stadyum yapıları için genellikle üç farklı tip prekast tribün döşemesi kullanılmaktadır. Bu tipler L, T ve LL tipi olarak isimlendirilmekte olup bu tiplere ait tipik kesitler aşağıda Şekil 8’de sunulmuştur. Prekast elemanlar 8.2m açıklıkta çalışacağından titreşim ve sehim şartları açısından en uygun tip olan LL tipi tercih edilmiştir. Prekast elemanlar için yapılan titreşim analizleri sonucunda titreşim frekansının önerilen min. 6Hz değerinin üzerinde kaldığı görülmüştür.



Şekil 20. Stadyum yapılarında tribün döşemelerinde yaygın olarak kullanılan üç farklı tip prekast kesiti.

3 . Stadyum Çatı Strüktürel Sistemi

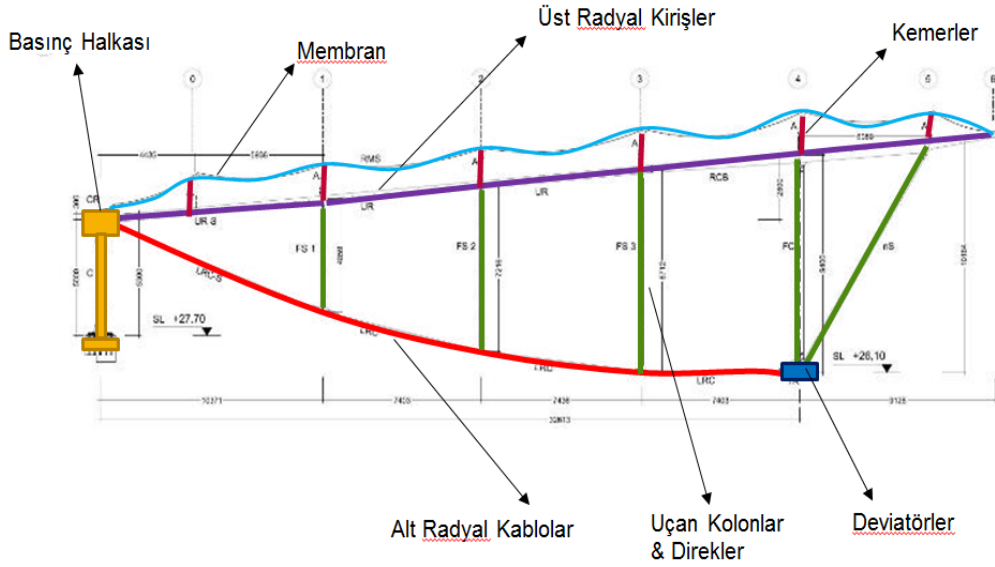


Şekil 20. Çatı Genel Konstruksiyonu 3-d Görünüşü

Betonarme Çevre kolonların üzerinde Beton kolon üzerinde mafsallı ring kirişine ankastre bağlanmıştır. kolonların tipik sistem kesiti ve plan görünüşü aşağıda Şekil 9'da sunulmuştur.. Ayrıca çatı dış çelik ring ile betonarme parabolik kiriş arasında 82 adet pandül kolon projelendirilmiştir.



NİHAİ ÇATI TASARIMI



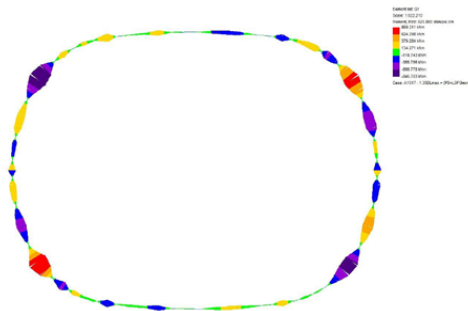
NİHAİ ÇATI TASARIMI

• Üst Radyal Elemanlar

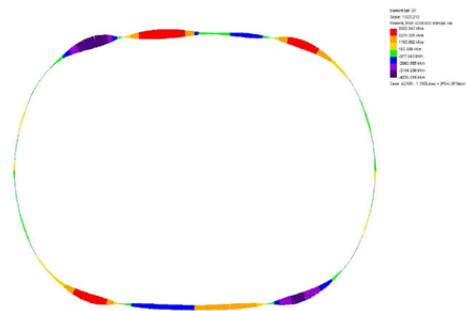
➤ Global Geometri

- **Hedef: Çatı elemanlarının homojen genel davranışı:**

→ Üst Radyal Kirişleri daha yüksek rijitlik sağlarken basınç halkasında daha düşük eğilmeler sağlıyor



BH Eğilme Grafiği (Üst Radyal Kablolar ile)

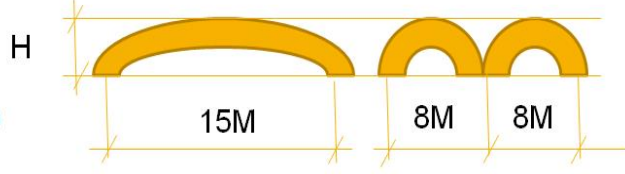


BH Eğilme Grafiği (Üst Radyal Kirişler ile)

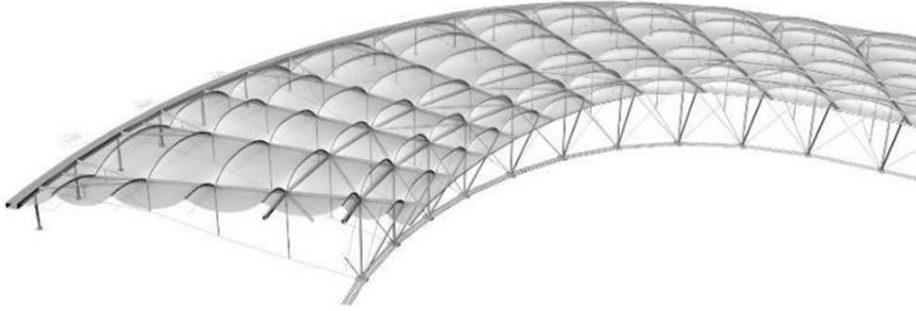
NİHAİ ÇATI TASARIMI

• Ana Yapısal Elemanlar

- 42 Deviatör
- Alt Radyal Kablolar Ø65, Ø80, Ø100
- Üst Radyal Kirişler ve Ayrım Kirişleri
- Alt Çekme Halkası 4 x Ø110 Kablolar
- Dış Basınç Halkası
- Radyal Ayrım Kabloları Ø45, Ø65, Ø80
- Uçan Kolonlar ve Direkler



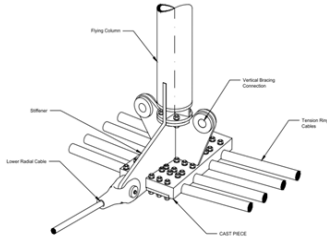
Ayrımdan Sonra İlk Tasarım
Yükseklik Değişmedi



NİHAİ ÇATI TASARIMI

• Tasarım

- 42 Direk / Radyal Kablolar Ø65, Ø80, Ø100
- Alt Çekme Halkası 4 x Ø110
- Üst Çekme Halkası
- Dış Çekme Halkası 1400mm x 600mm, 82 adet Dış Kolona mesnetlenmiş
- Radyal Kabloları arıyarak altta ki betonarme yapıya estetik açıdan uyulmuştur
- Ayrım noktaları kaldırma ve alt betonarme yapıya uyumsağlayabilmesi açısından mühendislik çalışması ile ortaya çıkmıştır



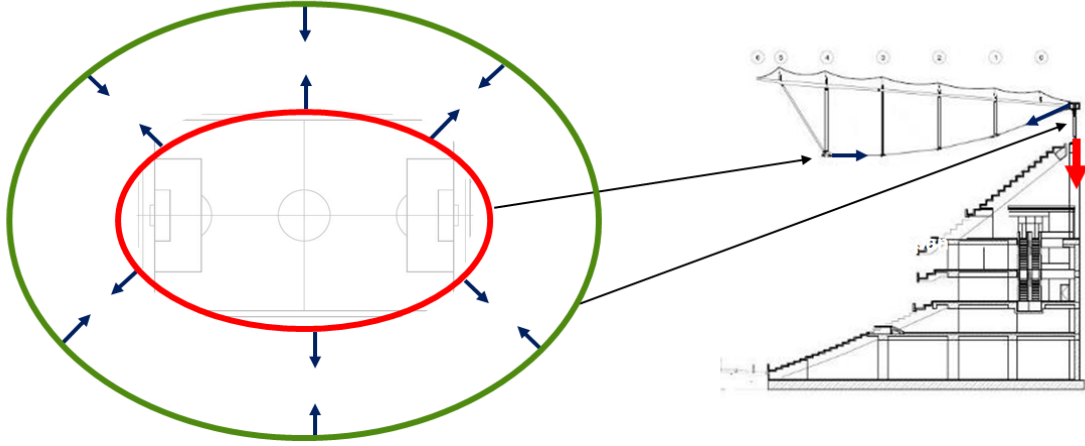
Çekme Halkası Deviatörleri



Ayrım Noktaları

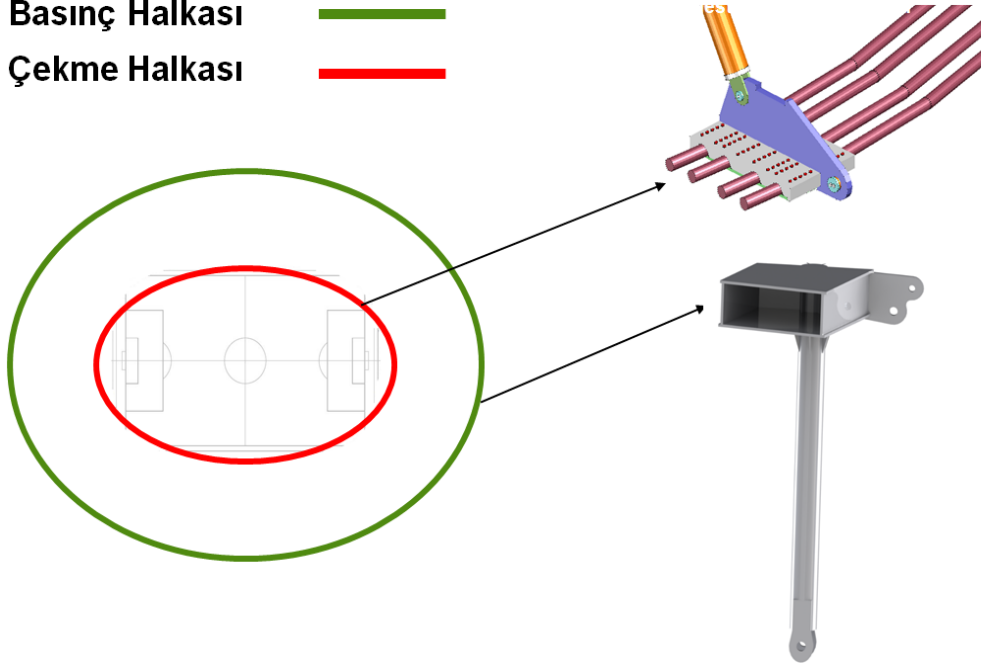
TEKNİK ÖZELLİKLER

- Basınç Halkası 
- Çekme Halkası 



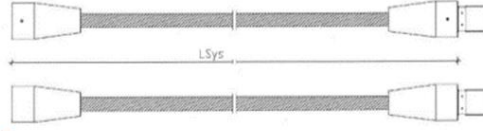
TEKNİK ÖZELLİKLER

- Basınç Halkası 
- Çekme Halkası 



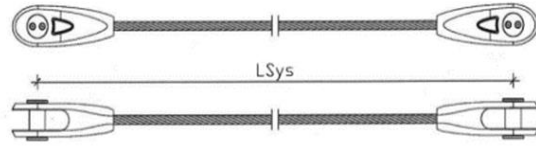
Çatı Kablo Karakteristik Özellikleri

- Çekme Halkası Kabloları



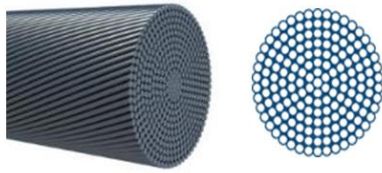
- Kablo Bağlayıcıları

- Kablo Başlıkları



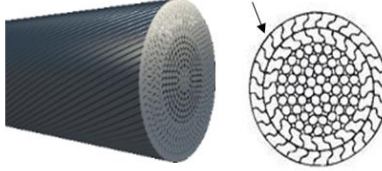
- Radyal Kablolar

Çatı Kablo Karakteristik Özellikleri



Spiral Klavuz Kablolar

«Z» Profil Kablolar



Tam Kilitli Kablolar

- Diyagonal Kablolar

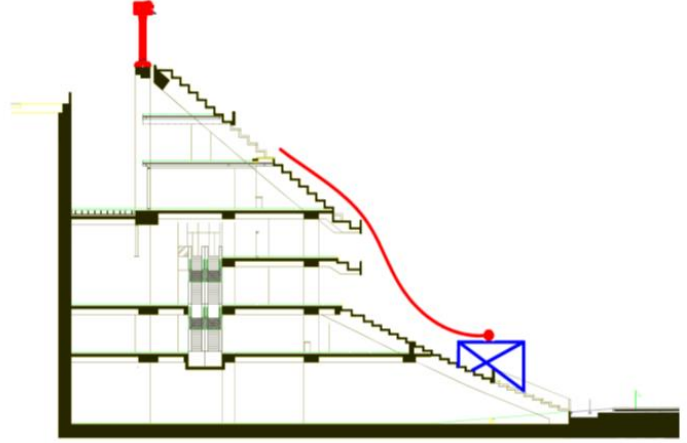
- Çekme Halkası Kabloları
- Radyal Kablolar
- Çapraz Kablolar

İNŞAAT PLANI

• MONTAJ SIRASI

• Aşama 1:

- Basınç Halkası Montajı
- Çekme ve Radyal Kablolar Montajı
- Basınç Halkasına Bağlantı



Kolonlar ve Basınç Halkasının Montajı

• Kolon ve Basınç Halkası Bağlantısı

- Vinç ile Montaj
- 82 Adet Kolon
- 42 Adet Basınç Halkası Elemanı
- Her Basınç Halkası 2 adet Kolona Bağlanıyor



Çekme Halkasının Serilmesi

• Çekme Halkası

- Çekme Halkası üretimi 8x200m kablolardan oluşup Çapı 110mmdir
- Her kablo vinç yardımı ile serici makine ile açılmaktadır
- Her kablo önceden belirlenmiş yerine serilir
- Tüm kablolar serildikten sonra bağlayıcı ile kapatılır

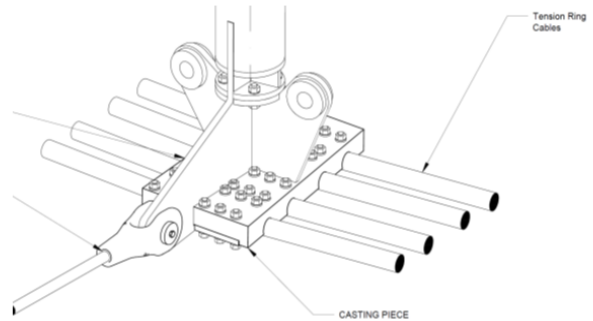
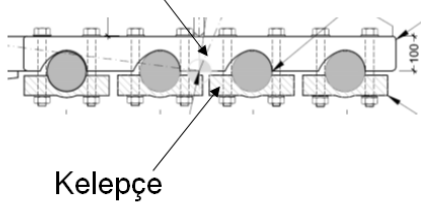


Deviatör Montajı

• Deviatörler

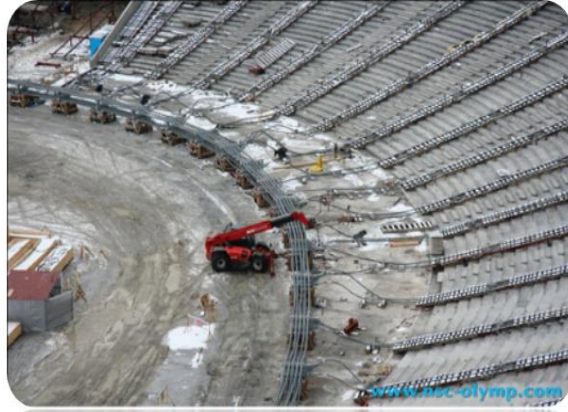
- Deviatörler Çekme Halkasını saran ve sistemi ayakta tutan özel imalat ve yüksek mukavemetli çelik malzemeden üretilmiştir
- Üst kısmı yekpare çelik plakadar işlenmiştir
- Alt kısmı birçok kelepçeden oluşmaktadır
- Bağlantı için özel civatalar kullanılmıştır

Deviatör Üst Plakası



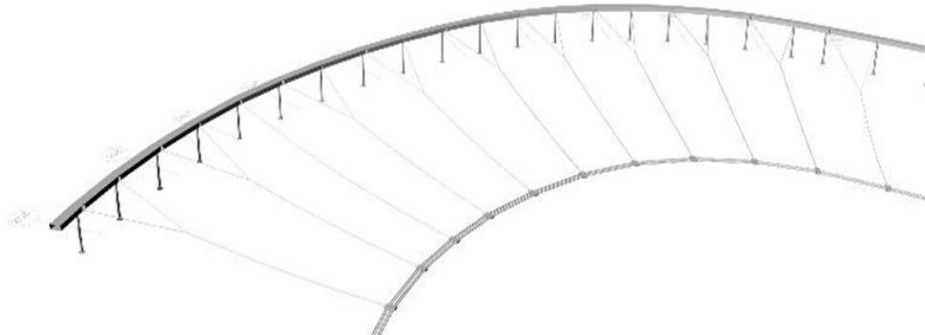
Alt Radyal Kablo (LRC) Serimi

- LRC
 - 42 adet Alt Radyal Kablo ve yatakları serimi
 - Alt Radyal Kablo serici makaralar ile açılması
 - Kablo başlıklarının Deviatör'e ve Ayrım Noktalarına bağlanması.



Önceden Monte Edilmiş Elemanlar

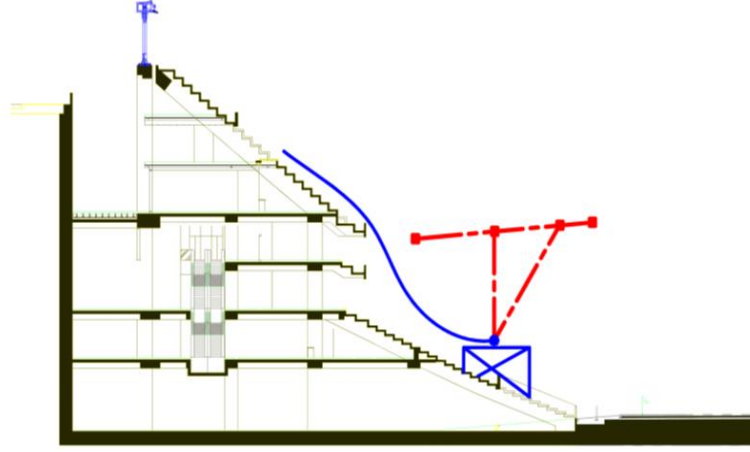
- Kolon ve Basınç Halkası Elemanları
- Çekme Halkası ve Alt Radyal Kablolar ile Ahşap Platformlar ve Yataklar
- Deviatörler ve Kelepçeler



İNŞAAT PLANI

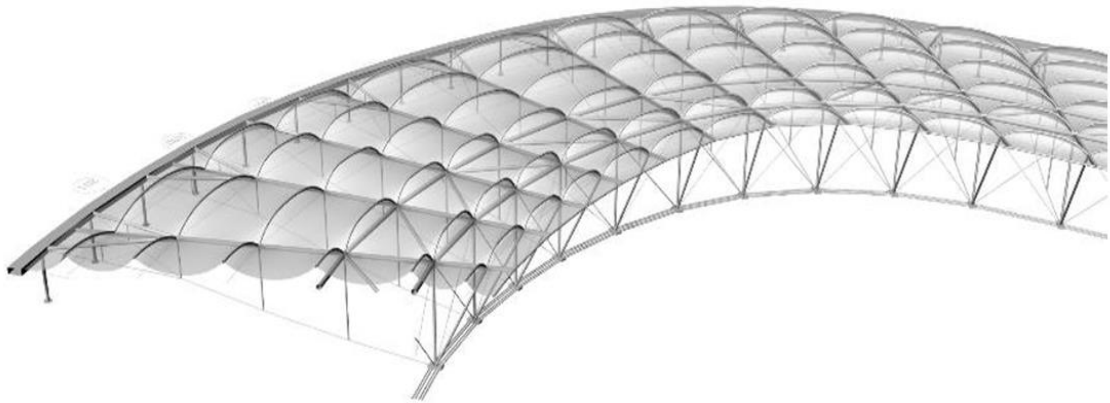
• MONTAJ SIRASI

- **Aşama 2:**
 - Çatı Konsol'unun montajı
 - Çapraz bağlantı kablolarının montajı



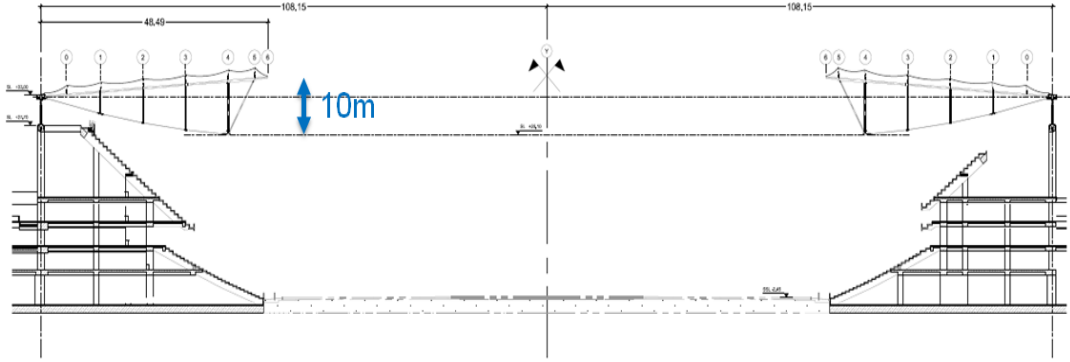
ARENA KARAKTERİSTİĞİ

• Render



DÜŞÜK YÜKSEKLİĞE SAHİP ÇATI

- Çok düşük yüksekliğe sahip bir çatı (Yükseklği sadece 10m)

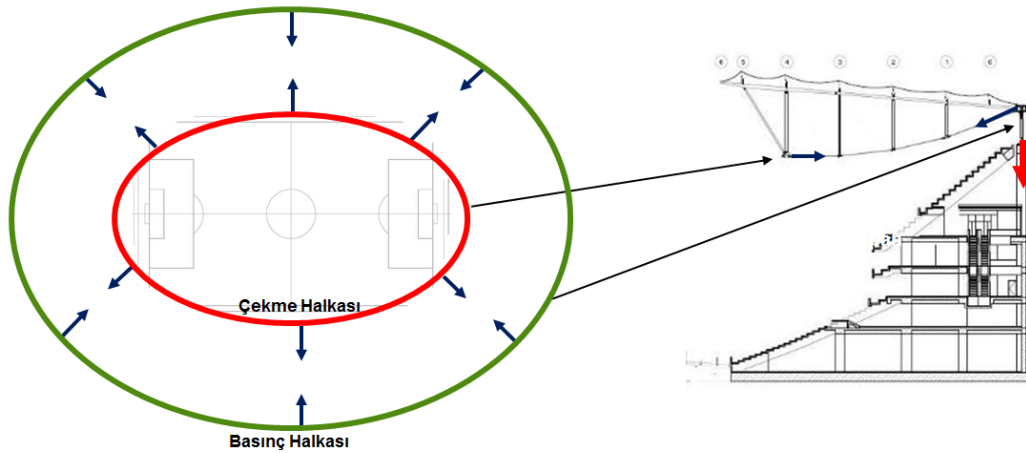


Düşük çatı yüksekliğinin sağlanabilmesi için yüksek mukavemetli malzemeler (çelik kablo ve membran) kullanılmıştır

- Konvansiyonel çatı çözümlerine kıyasla daha Modern ve Hafif bir tasarım örneği

Bisiklet Tekerleği Konsepti

- Tasarım bisiklet tekerleği konseptinden esinlenmiştir:
 - Dış halka (**basınç halkası**) çok yüksek değerlerde basınç kuvveti alıyor çelik kutudan oluşuyor
 - İç halka (**çekme halkası**) çok yüksek değerlerde çekme kuvveti alıyor 4 tane kablodan oluşuyor
 - Bu 2 halka birbirine bir dizi kolonlarla bağlanıyor



4 Sonuçlar

Beşiktaş Spor kulübünün Dolmabahçe Spor Kompleksi için tasarım kriterleri açıklanmış ve stadyum yapısı ile ilgili yapısal bilgilere yer verilmiştir. Stadyum yapısının tasarımı, inşaat aşamalarını da kapsayan ve mimari, tasarım mühendisleri, saha mühendisleri, akademisyenler ve birçok disiplinin koordineli bir şekilde ortak çalışmasını gerektiren bir süreç olmuştur.

Stadyum yapısal sistemini birçok farklı özellikte taşıyıcı elemandan oluşmaktadır ve yapının performansı bu elemanların davranışının doğru şekilde modellenmesine bağlıdır. Yapı temelleri dört anoda kaya zemin üzerine oturmaktadır ancak iki anonun temeli kısmen dolgu tabakaları üzerinde yer almaktadır ve bu bölümlerde temel altında kayaya soketlenen fore kazıklar tasarlanmıştır. Temellerde üstyapıda kazıklı sistemden yüzeysel radye temele geçiş bölgelerinde meydana gelebilecek farklı oturmaları engellemek için detaylı oturma analizleri yapılmış ve bu geçiş bölgelerinde kazık düzeni farklı oturmayı minimize edecek şekilde düzenlenmiştir.

elik konstrüksiyon üst yapı Halatlı Bisiklet tekerleği teknolojisi ile elik ring kirişı basınç halkası ve Halatlı ekme ringi ve ana basınç ringini taşıyan 82 adet süper kolon üzerine oturmaktadır ve deprem durumunda düşey yüke ek olarak önemli miktarda yatay yük çatıdan süper kolonlara aktarılmaktadır. Çatı çok ileri teknoloji ile 10m. Gabari ile büyük açıklık geçilmiş buda bu tür stad çatıları içinde bir rekordur.

5 Referanslar

- Özaydın K., (2013). '*Geotechnical Evaluation of Foundation Soil and Foundation System of Beşiktaşay Stadium*' Yıldız Technical University, Civil Engineering Faculty, Department of Geotechnical Engineering, Istanbul, Turkey.
- DBYBHY, "*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*" Yayın tarihi :06.03.2007, Resmi Gazete no:26454 - Değişiklik: 03.05.2007, Resmi Gazete No: 26511 ACI 318-02 '*Betonarme Hesap Teknik Şartnamesi*' (2002)
- NEHRP (2003) '*Recommended Provisions For New Buildings And Other Structures*', FEMA-450, prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- IBC, 2006, "*International Building Code, 2006*", International Code Council, U.S.A.
- TS498 '*Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yükler*' (1997)
- TS500 '*Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları*' (2000)
- TS708 '*Betonarme Yapı Çelikleri*' (1996)
- TS648 '*Çelik yapıların yapım ve hesap kuralları*' (1980)
- DLH '*Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Havameydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği*' (2007)
- Eurocode 2-3 '*Betonarme ve Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları*