

Ankrajlı İksa Sistemlerinin Tasarım Esasları ve Proje Uygulamalarından Örnekler

Özet

Yapılaşmanın yoğun olduğu alanlarda açılan derin kazı çukurlarının geçici veya kalıcı iksa sistemleriyle desteklenmesi gerekmektedir. Yapının bulunduğu arazi ve zemin koşullarına en uygun iksa sisteminin emniyet/maliyet/uygulanabilirlik dengesine sadık kalınarak tasarlanabilmesinin öncelikli şartı yeterli geoteknik bilgisine ve saha deneyimine sahip olmaktır. Ancak tasarlandığı şekilde imalatı tamamlanamayan birçok uygulama göstermiştir ki proje sürecinin doğru yürütülmesi ve uygulamanın performansının proje müellifince yakından takip edilmesi de en az teorik bilgi ve deneyim kadar önemlidir. Zira hiçbir proje alanı bir diğeriyle bire bir aynı özellikleri taşımamakta, dolayısıyla iksa-zemin ilişkisi de aynı davranışı göstermemektedir. Bu çalışmada öncelikle geoteknik proje süreci ve tarafların rolleri anlatılacak, daha sonra ise bu süreçteki aksamaların yol açabileceği problemler bazı uygulama örnekleri üzerinden sunulacaktır.

Anahtar kelimeler: Geoteknik proje, aletsel gözlem, iksa.

1. Giriş

Ülkemizde son yıllarda özellikle büyük şehirlerde yaşanan değişim ve gelişim şehir merkezlerindeki arazilerin değerlerini bir hayli arttırmış, bunun sonucu olarak da hem arsa sınırlarını sonuna kadar kullanan, hem de projenin fizibilitesi dahilinde mümkün olduğunca fazla bodrum kat ihtiva eden yapılar inşa edilmeye başlanmıştır. Artan nüfusla birlikte yapılar da büyümüş ve mimari fonksiyonlar açısından özellikli binalar yapılmaya başlanmıştır.

Özellikle yapılaşmanın en yoğun olduğu şehir merkezlerinde, yapıların şevli kazıya imkan veremeyecek şekilde arazi sınırlarına dayanması sebebiyle, bodrum katların ve temel inşaa edilebilmesi için açılan kazı çukurlarının geçici veya kalıcı iksa sistemleriyle desteklenmesi gerekmektedir. İksa sistemleri ile ilgili stabilite analizleri inşaat mühendisliği disiplini içerisinde "geoteknik" anabilim dalı kapsamına girmekte olup bu sistemlerinin tasarımının "geoteknik" alanında uzmanlaşmış inşaat mühendislerince yapılması gerekmektedir.

2. Tanım ve Kavramlar

İksa sistemleri, derin temeller ve zemin iyileştirme sistemleri uzun yıllar üstyapı mühendisliği kapsamında içinde görülmüş ve bu sistemlerin tasarımlarının üstyapı proje müellifleri tarafından yapılm-

sı beklenmiştir. “Geoteknik Proje” kavramı ise Türk inşaat sektöründe ancak son birkaç yıldır telaffuz edilmeye başlanmıştır. Bu çalışma içinde kullanılan en önemli kavramların tanımları aşağıda verilmiştir:

İksa Sistemi: Herhangi bir yapının toprak altındaki kısmının yeterli güvenlik marjlarına sahip olarak inşa edilebilmesi için, gerek çevre yapıları ve üçüncü şahısları, gerekse inşaatta çalışan ekipleri koruma amacıyla yapılan, çoğunlukla geçici fonksiyonlu toprak tutma yapıları.

İksa Sistem Elemanları: Toprak itkilerini karşılamak için imal edilen düşey ve yatay elemanlar ile bunların arasındaki birleştirme elemanları.

Düşey Elemanlar: Fore kazık, mini kazık, çelik boru kazık, palplanş ve diyafram duvar gibi, kazı başlamadan önce zemin içinde düşey olarak imal edilen, genellikle eğilme ve kesmeye çalıştırılan iksa sistem elemanları.

Yatay Elemanlar: Öngerilmeli ankraj, pasif ankraj, zemin çivisi ve boru destek gibi kazı kademeleri ilerledikçe yatay veya yataya yakın eğimde imal edilen, genellikle normal kuvvete çalıştırılan iksa sistem elemanları.

Birleştirme Elemanları: Başlık kirişi, kuşak kirişi, veya bazen de betonarme perde gibi, iksa sistemi düşey ve yatay elemanları arasındaki yük paylaşımını sağlayan, genellikle kesme kuvveti alan iksa sistem elemanları.

Sisteme etkileyen yanal toprak itkileri düşey ve yatay elemanlar tarafından birlikte taşınmaktadır. Bunların birbirleriyle bağlantısı ise birleştirme elemanları ile sağlanmaktadır.

3. Geoteknik Proje ve Uygulamalarda Yer Alan Taraflar

Bir iksa sisteminin tasarlanması ve uygulanması aşamalarında proje müellifi ve yüklenicinin dışında projede etkisi olan birçok başka taraf da vardır. Sağlıklı bir proje tasarımı ve uygulaması için tüm tarafların projeye yeterli düzeyde katkı vermesi gereklidir. Bu tarafların projeye hangi düzeyde katkı yaptıkları aşağıda kısaca açıklanmaya çalışılmıştır.

Yatırımcı / Mal Sahibi	: Basiretli iş adamıdır. Tüm yatırımı o finanse ettiği için her aşamada fizibilite kontrolü yapar ve maliyete dayalı bazı kararların alınmasında belirleyici olur.
Mimar	: Projenin yaratıcısıdır.
Zemin Etüd Raporu Müellifi	: Geoteknik çalışmaların ilk ayağıdır. Zemin verilerinin doğru toplanması onun sorumluluğundadır.
Tasarımcı	: Geoteknik proje müellifidir.
Diğer Proje Disiplinleri	: Statik, mekanik, elektrik, altyapı, peyzaj gibi projeleri hazırlayan müelliflerdir.
Oda	: Proje müelliflerinin yeterliliğini teyid eder ve adil rekabeti sağlar.
Ana Müteahhit	: Tüm kaba ve ince inşaat işlerini üstlenen yüklenici firmadır.
İksa Müteahhidi	: Geoteknik uygulamayı yapan uzman firmadır.
Proje Yönetimi	: Projenin iş programına ve keşfe uygun olarak yürütülmesi için çalışır.
Yapı Denetim	: Projelerin ve uygulamanın kontrolünü yapar ve belediye ile resmi ilişkileri yürütür.
Geoteknik Danışman	: İksa projesinin ve uygulamanın kontrolünü yapar, aletsel gözlem ve ölçümleri yapar ve/veya sonuçlarını yorumlar, uygulama sırasında sahadan toplanan verilere göre proje revizyon kriterlerini belirler, sahada çıkan problemlere en uygun çözümleri geliştirir.

4. Tasarımcının Projedeki Rolü

Genel olarak geoteknik proje tasarımını yapan inşaat mühendisinin projedeki rolü aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- İşin haiz olduğu önemi projenin tüm taraflarına yeterli açıklıkta anlatmak,
- Geoteknik problemi teşhis etmek, ve Emniyet / Maliyet / Uygulanabilirlik şartlarının dengelendiği çözümleri üretmek,
- Uygulama esaslarını belirlemek,
- Kontrol esaslarını belirlemek,
- Performans değerlendirme kriterlerini ortaya koymak,
- Hedeflenen performansın sağlanamadığı durumlarda B planları oluşturmak ve uygulanmasını sağlamak.

5. Ankrajlı İksa Sistemi Tasarım Aşamaları

Geoteknik proje süreci diğer bir çok proje disiplininin farklı olarak masa başında değil arazide başlar ve yine arazide biter. Bir ankrajlı iksa sisteminin doğru bir şekilde tasarımının yapılabilmesi için geçilmesi gereken aşamalar aşağıda verilmiştir.

a) Verilerin Toplanması:

Tasarımın ilk aşamasında proje sahasına ait geoteknik, jeolojik ve topoğrafik veriler toplanmalıdır. Bunun yanında çevre koşullarının iyi etüd edilmesi ve inşa edilecek yapıyla ilgili bilgilerin statik ve mimari proje müelliflerinden temin edilmesi gerekir. Gerekli tüm veriler tamamlanmadan projeye başlanmamalıdır.



Şekil 1 - Muayene kuyusunda Vane Deneyi



Şekil 2 - Sondaj

b) Geometrik Modelin Oluşturulması:

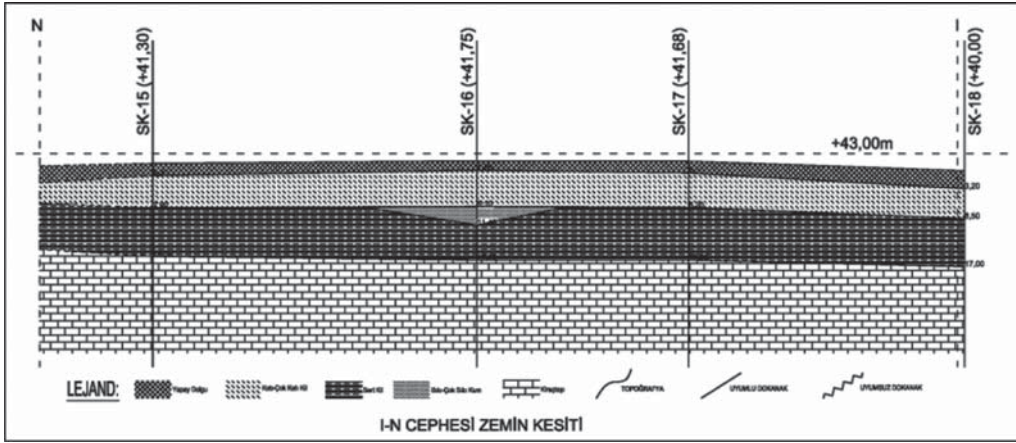
Veriler toplandıktan sonra sıra iksa sisteminin geometrik modelinin oluşturulmasına gelir. İksa sistemi gabarisi, kazı derinliği, iksa arkasındaki yapılaşma farklı kesitlerde incelenerek modele işlenir.

c) Geoteknik Parametrelerin Belirlenmesi:

İksa sistemi analizlerinde kullanılacak olan geoteknik parametreler tasarımcı tarafından belirlenmelidir. Bu aşamada zemin etüdü raporu detaylı olarak incelenir ve gerek sondaj loglarındaki zemin tanımlamaları, gerekse arazi ve laboratuvar deney sonuçları birlikte değerlendirilerek geoteknik parametreler seçilir. Eğer mevcut veriler arasında herhangi bir çelişki veya uyumsuzluk tesbit edilirse doğru parametreleri seçebilmek için mutlaka ilave etüdler yaptırılmalıdır.

d) İdealize Zemin Profilinin Oluşturulması:

Geoteknik parametrelerin belirlenmesinin ardından iksa sisteminin her kesiti veya cephesi için idealize zemin profili oluşturulur. Yeterli büyüklükteki proje sahalarında bu aşamada sahanın orta bölgesinde bir pilot kazı yaptırılması hem zemin profilini belirlemek hem de zeminin kendini tutma süresini görebilmek açısından çok yararlı bilgiler sağlar.



Şekil 3 - İdealize Zemin Profili

e) Analizi Yapılacak Kesitlerin Belirlenmesi:

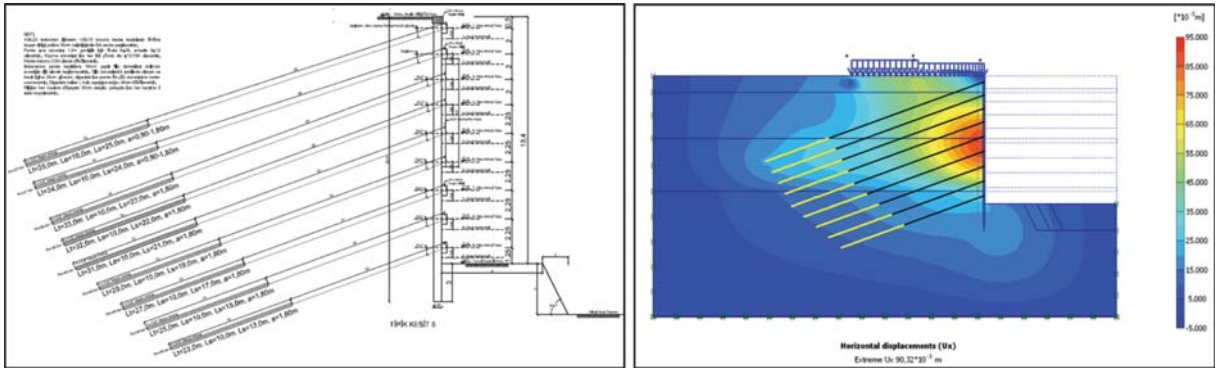
Bu aşamada iksa sistemi tasarımı için analizi yapılacak kesitler belirlenir. Bunun için, farklı zemin profili, farklı geometri ve farklı yükleme durumu içeren her bir kesit için ayrı model kurulmalıdır.

f) Ön Analizler ve Avan Proje:

Her kesit için ayrı ayrı analizler yapılarak yatay deplasmanlar ve iksa sistem elemanlarına etkiyen en büyük kuvvetler belirlenerek sistemin ön tasarımı yapılır. Bu aşamada öncelikli hedef mimari projede verilen gabari içinde iksa sisteminin çözülüp çözülemeyeceğinin belirlenmesidir.

g) Mimari Onay:

Yapılan ön tasarım gerek mimari proje, gerekse diğer disiplinlerce (statik, mekanik, elektrik ve peyzaj) hazırlanmış olan projelerle uyumunun denetlenmesi için mimari proje müellifine sunulur ve onay alınır. Mükerrer çalışmalar yapmamak için mimari onay alınmadan, yani tüm diğer proje disiplinleriyle tam uyum sağlanmadan detay hesaplarına geçilmemelidir.



Şekil 4 - Tipik İksa Sistem Kesiti ve Yatay Deplasman Grafiği

h) Detaylı Analizler ve Uygulama Projesi:

Mimari onayın alınmasının ardından detaylı analizlere geçilir ve uygulama projesi hazırlanır. Analiz sonuçları irdelenirken aşağıda belirtilen tüm kontroller yapılmalıdır:

- Sistemde oluşan yatay deplasmanlar,
- İksa elemanları kesit tesirleri,
- Ankraj yükleri,

- Ankraj kök bölgesi deplasmanı,
- Kazı tabanı kabarması,
- İksa arkasındaki yapıların oturmaları,
- Sistemin toptan göçmeye karşı emniyeti.

Bu kontroller gerek nihai kazı durumu gerekse ara kazı kademeleri için yapılmalıdır. Nihai kazı durumu için ayrıca hem pozitif hem de negatif yönde deprem yükü altında elde edilen sonuçlar da incelenmeli ve gerekli katsayılar uygulanmak suretiyle boyutlandırma hesaplarında göz önüne alınmalıdır.

i) Teknik Şartname:

Projenin tamamlanmasının ardından teknik uygulama şartnamesi de geoteknik proje müellifi tarafından hazırlanmalıdır. Teknik şartnamede aşağıdaki hususlara mutlaka yer verilmelidir:

- İksa elemanlarının tanımı,
- Malzeme seçimi,
- Makina-Ekipman seçimi,
- Uygulama esasları,
- Kalite/Kontrol esasları,
- Performans ölçüm deneyleri,
- Konuyla ilgili ulusal ve uluslararası norm ve standartlar (TS, ASTM, DIN, BS vb.)

Teknik şartname pojeyle birlikte ihale dökümanları içinde yer almalıdır.

j) Proje Revizyonları:

Yüklenici firmanın sahada uygulamaya başlamasının ardından tasarımın son aşaması olan kontrollük süreci başlar. Uygulama sırasında sahadan alınan yeni veriler doğrultusunda projede gerekli revizyonlar yapılır ve iş sonunda "as-built" (yapıldığı gibi) projeler hazırlanır. Sahada yapılan performans ölçüm deneylerinin sonuçları da bu aşamada değerlendirilir.



Şekil 5 - İnklinometre



Şekil 6 - Loadcell

6. Tasarım Süreciyle İlgili Önemli Noktalar

Geoteknik projeler hazırlanırken bazı önemli noktaları gözden kaçırmamak gereklidir. Bu noktalar güvenli bir tasarım yapabilmek için büyük önem arz etmekte olup sıralama gözetmeksizin aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- Öncelikle tasarım yapılan konuyla ilgili ulusal ve uluslararası “Norm ve Standartlar”ın gerekleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Normlarda verilen şartlar geoteknik alanında uzun yıllar boyunca çalışmak suretiyle önemli bir bilgi ve tecrübe edinmiş olan “uzman mühendislerin” ve akademisyelerin ortak çalışmalarının birer ürünü olarak tasarımcı mühendise yol gösterici niteliktedir. Ancak bu şartlara tamamen uyulması mühendisi tasarım sorumluluğundan kurtarmadığı gibi sistemde hiç bir olumsuz durumunun yaşanmayacağına bir garantisini de değildir.
- İksa sistemi geoteknik analizlerinde dikkate alınan zemin etüdleri genellikle “araştırma sahasının içinde” yapılmaktadır. Halbuki iksa sistemine itki veren zemin tabakaları iksa hattının arkasındadır ve her zaman saha içindeki zemin koşullarını temsil etmeyebilir. Buna göre ankraj köklerinin bulunduğu zemin de sahanın dışında kalmaktadır.
- Tasarımcının kontrolü dışında olan çok faktör vardır ve bunlar stabiliteyi olumsuz yönde etkileyecek şekilde tezahür edebilirler.
- Tasarım için yeterli zaman ayrılmalı, tüm analiz ve kontroller gereği gibi yapılmadan tasarım tamamlanmamalıdır.
- Zemin değerleri ne kadar iyi bilinirse bilinsin parametrik çalışma yapılmalı, en iyi ve en kötü durumlarda sistemin nasıl davranacağı kestirilmeye çalışılmalıdır.
- Tasarımı yapan mühendisin mertebe hissi yeterince gelişmiş olmalı, bilgisayar analizlerinin sonuçları mühendis tarafından yorumlanmadan proje sonlandırılmamalıdır.
- Mimari proje hazırlanırken iksa için yer bırakılmış olmalıdır.
- Sahanın mevcut durumu iyi bilinmeli, tasarıma başlamadan önce detaylı bir saha incelemesi yapılarak arazi ve çevre koşulları hakkında yeterli bilgi toplanmalıdır.
- Diğer disiplinlerle uyum için mimarın liderliğinde proje koordinasyon toplantıları düzenlenmeli, varsa uyumsuzluklar tasarım aşamasında düzeltilmelidir.
- Tüm inşaat aşamaları (kazı ve dolgu) dikkate alınmalıdır.
- Enstrumentasyona önem verilmeli ve çapraz ölçümler yaptırılarak bir ölçüm yönteminin başka bir yöntemle kontrolü sağlanmalıdır. Altesel ölçüm dışında görsel incelemelere de önem verilmelidir. Ölçümler yeterli sayı ve sıklıkta olmalı ve ölçüm sonuçları düzenli olarak yorumlanarak tasarım sırasında öngörülen değerlerle karşılaştırılmalıdır.
- İksa güvenliğiyle ilgili taleplerde ısrarcı olunmalıdır. Özellikle kazık imalatlarının geri dönüşü, telafisi çok zor olduğu unutulmamalıdır.
- Projenin mutlaka uygulanacağı ve iyi bir performans göstermek zorunda olduğu unutulmamalı, her türlü olumsuz etken dikkate alınmalıdır.
- İhale sürecinde müteahhit seçilirken firmaların teknik yeterlilikleri ve benzer zemin koşullarındaki uygulama referansları ön planda tutulmalıdır.
- Zemine uygun olmayan tasarımın kötü işçilikle birleştiği takdirde sistemi göçmeye kadar götürebileceği hiçbir zaman akıldan çıkarılmamalıdır.
- Tasarım revizyona müsait olacak şekilde yapılmalıdır.

7. Proje Uygulama Örnekleri

Geoteknik proje sürecindeki bazı aksamaların yol açtığı problemler ve bunların projeye etkileri aşağıda iki uygulama örneği üzerinden açıklanacaktır.

7.1. Alışveriş Merkezi Projesi

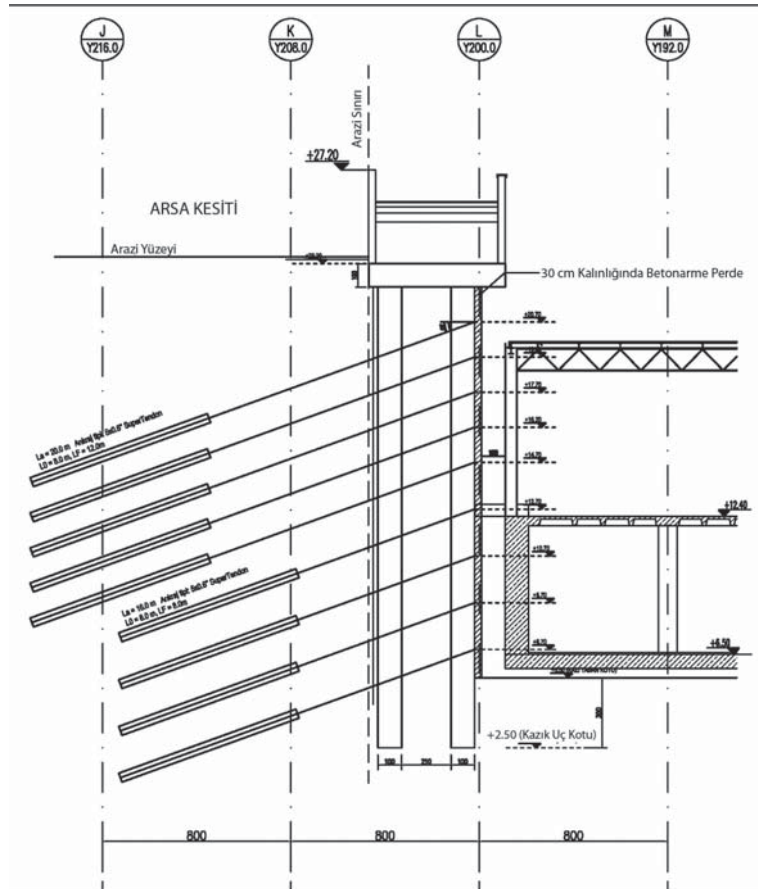
- İksa plan uzunluğu: 750m
- Kazı derinliği: 12 – 21,70 m

- Zemin Profili: 0 – 3 m Dolgu
5 – 10 m Kireçtaşı (Bakırköy Fm)
9 - >17m Çok Katı Kil
- Çözülen sistem: BA Fore kazık, öngermeli ankraj (geçici ve kalıcı), BA kuşak kirişi
- Vurgu: Yatırımcı, proje yönetim teşkilatı ve yapı denetim firmasının işin önemini kavramamasının proje etkisi.

Projeye başlanmadan önce bina oturma alanında yapılmış olan mevcut sondajlara ilave olarak iksa hattı boyunca 5 adet ilave sondaj yaptırılmış ve mevcut sondajlarla da korele edilerek idealize zemin profili oluşturulmuştur. İksa sisteminin büyük bölümünde uygulanan kesit Şekil 7'de verilmiştir.

Hazırlanan proje işveren, yapı denetim firması ve bağımsız kontrol teşkilatına tüm tarafların katıldığı şantiye proje koordinasyon toplantılarında anlatılmıştır. İksa uygulamalarını yapan yüklenici firmanın sahaya mobilize olup işe başlamasının ardından 2 ay süreyle danışmanlık hizmeti verilmiştir. Sadece fore kazık imalatlarının bir kısmını kapsayan bu süreçte sahada imal edilecek tüm ankrajlarda kabul testlerinin yapılmasının gerekliliği tüm taraflara anlatılmıştır. 2 ay sonunda işverence artık danışmanlık hizmetine ihtiyaç olmadığı ifade edilmiş ve verilen hizmet sona ermiştir.

Yaklaşık 1 yıl sonra sistemde çok fazla deplasman olduğu ifade edilerek işverenin daveti üzerine saha incelemesi yapılmıştır. Yapılan incelemede hem projeye hem de teknik şartname ve fen ve



Şekil 7 - Tipik sistem kesiti.

Toprak itkilerinin çerçeve teşkil eden çift sıra fore kazıklar ve ankrajlarla beraberce taşınması planlanmıştır. Binanın iksaya yaslanan betonarme taşıyıcı sistemli en alt 3 katı hizasındaki ankrajlar geçicidir. Daha yukarıdaki çelik taşıyıcı sistemli katlar ise toprak itkilerini taşıyamayacağından bu kotlara denk gelen ankrajlar kalıcıdır. Çerçeve sistemi ek bir yatay kapasite sağlamaktadır.

Tablo 1 - As-built durum ile projedeki ankraj sayısının karşılaştırılması

Cephe Adı	Cephe Alanı (m ²)	21.09.2006 tarihli Geocon Projesinde		As-Built İmalat		Sonuç	
		Toplam Ankraj Sayısı (adet)	1 Ankrajda Gelen Ortalama Yük Alanı (m ² /ankraj)	Toplam Ankraj Sayısı (adet)	1 Ankrajda Gelen Ortalama Yük Alanı (m ² /ankraj)	Ankraj Sayısı Azalma Oranı	Yül Alanı Artış Oranı
A-B	1827	350	5,22	288	6,34	% 18	% 22
B-C	3427	704	4,87	569	6,02	% 19	% 24
C-D	530	92	5,76	75	7,07	% 18	% 23
D-E	129	25	5,16	20	6,45	% 20	% 25
E-F	338	67	5,04	55	6,15	% 18	% 22
F-G' (Ön sıra)	1569	281	5,58	224	7,00	% 20	% 25
F-G' (Arka sıra)	887	209	4,24	195	4,55	% 7	% 7
G'-H	348	78	4,46	49	7,10	% 37	% 59
H-I	588	134	4,39	118	4,98	% 12	% 14
I-J	339	69	4,91	28	12,11	% 59	% 146
Ortalama						% 23	% 37

Projedeki ankraj sayısı: 2009 adet
 As-built sayısı: 1621 adet
 Eksik ankraj sayısı: 388 adet

Tablo 2 - Eksik ve kusurlu imalatların cephelere göre dağılımı

Eksik/Kusur Türü	Cephe Adı									
	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G' (Ön sıra)	F-G' (Arka sıra)	G'-H	H-I	I-J
6.1. Ankraj Sayısı Eksikliği ve Yerleşim Farkı	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6.2. Deplasman Ölçüm Noktaları Sayı ve Okuma Periyodu Yetersizliği	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6.3. Deplasman Ölçüm Sonuçlarındaki Anormallikler		X				X				
6.4. Kazık Gövde Betonunda Boşluklar	X	X				X				
6.5. Hasarlı Ankrajlar	X	X	X	X	X	X		X	X	X
6.6. Norm ve Standartlara Uygunsuz Ankraj İmalatı ve Testleri	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6.7. Kopan Ankraj Bölgesindeki Eksik İmalatlar							X			
6.8. Kalıcı Yerine Geçici Yapılan Ankrajlar		X								X
6.9. Perde Yüzey Bozuklukları ve Kalınlığı		X					X	X	X	X
6.10. Perde Anoları Arasındaki Bağlantı Eksikliği		X					X	X	X	X
6.11. Başlık Kirişi ile Perde Arasındaki Bağlantı Eksikliği		X					X	X	X	X
6.12. Fore Kazıklarla Perde Arasındaki Bağlantı Eksikliği		X					X	X	X	X

sanat kaidelerine aykırı birçok imalat yapıldığı tesbit edilmiştir. Yapılan tesbitlerden en çarpıcı olanı ise projede gösterilen **ankrajların yaklaşık dördte birinin yapılmamış olmasıdır**. Eksik ankrajların cephelere göre dağılımı aşağıda Tablo-1’de verilmiştir.

Bunun dışında karşılaşılan diğer eksiklik ve kusurlar Tablo 2’de, bunlarla ilgili fotoğraflar ise Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10’da verilmiştir.

Varılan Sonuçlar:

- İksa sisteminin tümünde projesine ve imalat tekniğine aykırı yapılmış imalatlar bulunmaktadır. Gelinen aşamada bunların tamirinin yapılması artık mümkün değildir.
- Ölçülen deplasmanlar özellikle B-C cephesinde kritik seviyeye yaklaşmıştır. Ancak deplasman grafiklerinde anormallikler bulunmaktadır. Ayrıca ölçümler gerekli sayıda noktada ve yeterli sıklıkta yapılmamıştır. Bu durum iksa sisteminin performans değerlendirmesini güçleştirmektedir.



Şekil 8 - Gövde betonunda büyük boşluk (tam süreksizlik) bulunan kazıklar



Şekil 9 - Projede kalıcı gözükmese de geçici ankraj detayıyla imal edilmiş ankrajlar.

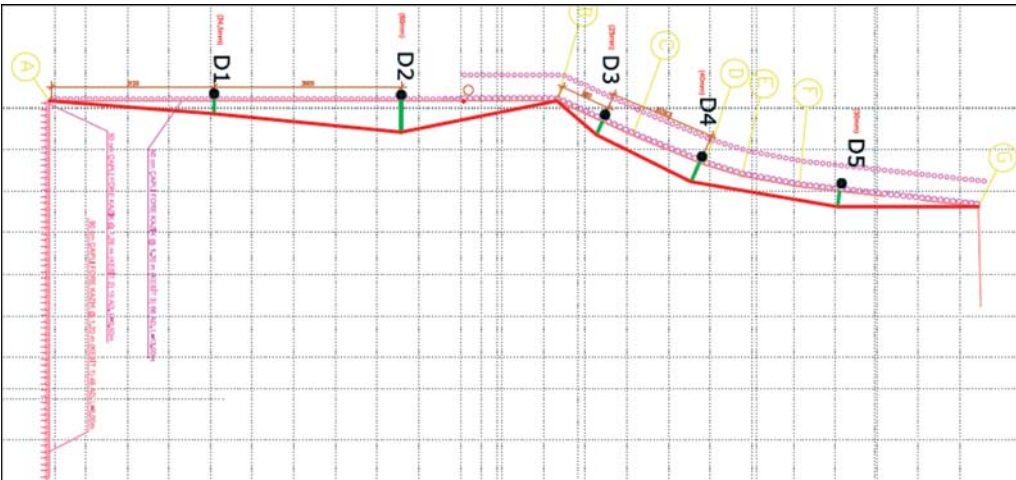


Şekil 10 - Hatalı perde imalatı - barbakan eksikliği

- İksa sisteminin mevcut durumuyla toprak yüklerini kalıcı olarak taşıması mümkün değildir. Geçici durum için de ciddi riskler mevcut olup ilave ölçüm noktaları tesis edilmeli ve günlük olarak deplasman ölçümü yapılmalıdır.
- Kalıcı olarak projelendirilen iksa sistemi elemanları geçici olarak kabul edilmeli ve yatay toprak itkileri sahanın tamamında binaya aktarılmalıdır. Bunun için binayla iksa sistemi arasında boşluk kalan bölgelerde toprak yüklerini binaya aktaracak rijit çerçeve elemanları oluşturulmalı, mimari proje de buna göre revize edilmelidir.

Sonuçların Projeye Yansımaları:

- Statik proje revize edilmiştir,
- Mimari proje revize edilmiştir,
- İlave perde ve çerçeveler nedeniyle mahallerin kullanımı kısıtlanmıştır,
- Projenin satış değeri düşmüştür.



Şekil 11 - İnklinometre kuyuları yerleşim planı ve yatay deplasman okumaları (kırmızı çizgi, abartılı gösterim)

7.2. Alışveriş Merkezi Projesi

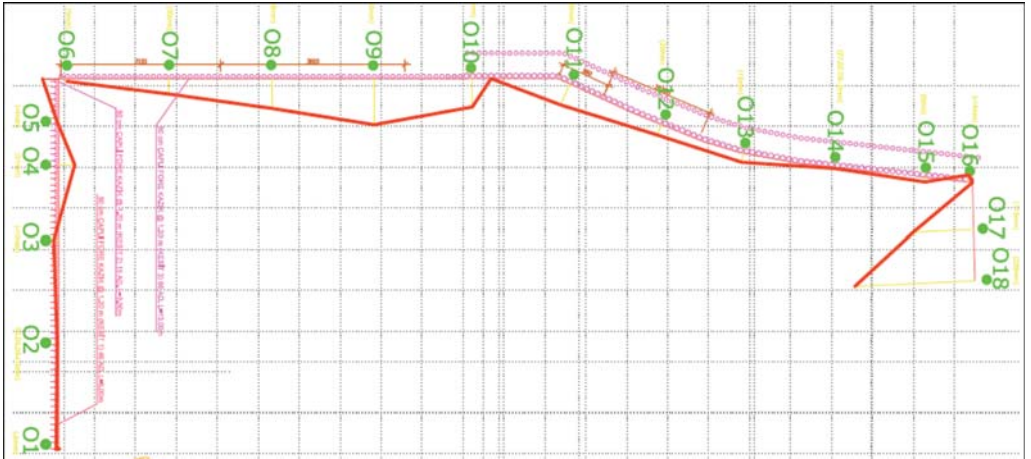
- İksa plan uzunluğu: 280 m
- Kazı derinliği: 3,0 - 8,50 m
- Zemin Profili: 1 - 7 m Dolgu
2 - 5 m Katı Kil
4 - >15m Çok Katı Kil (Güngören Fm)
- Çözülen sistem: BA Fore kazık, öngermeli ankraj (geçici ve kalıcı), BA kuşak kirişi, jetgrout
- Vurgu: Önemli görülen bölgede karşılaşılan sorunlar ve aletsel gözlemin önemi

Sistemin bir kısmı geçici bir kısmı ise kalıcı olarak tasarlanmıştır. Geçici olan bölgelerde fore kazık, ankraj ve kuşak kirişleri tasarlanmış, kalıcı olan bölgede ise yine çift sıra kazıklı çerçeve sistemli ve yer yer kalıcı ankrajlı bir sistem tercih edilmiştir.

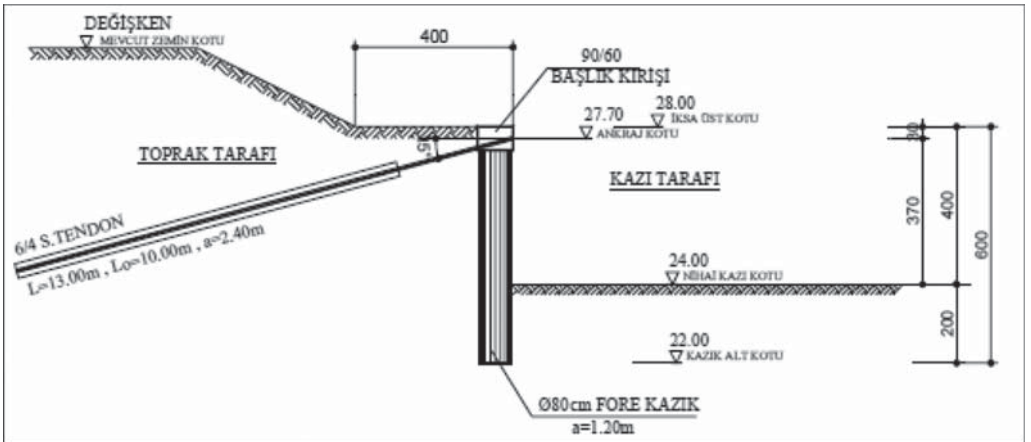
Sistemdeki yatay deplasmanlar 5 noktada tesis edilen inklinometre kuyularına ilave olarak 18 noktada optik yöntemle ölçülmektedir. İnklinometre kuyularının yerleşimi ve kazı tabana indikten bir süre sonra alınan yatay deplasman ölçüm grafiği Şekil 11'de, optik okuma noktalarının yerleşimi ve kazı tabana indikten bir süre sonra alınan yatay deplasman ölçüm grafiği Şekil 12'de verilmiştir.

İnklinometre kuyuları kazı derinliğinin en fazla olduğu bölgeler ile sistemin kalıcı olduğu bölgelere yerleştirilmiştir. Optik ölçüm noktaları ise sistemin tümüne yayılmıştır.

Şekil 12'de görüldüğü gibi O17 ve O18 noktalarında ölçülen deplasmanlar sistemin diğer bölgelerine göre oldukça fazladır. Bu bölgedeki sistem kesiti bir sıra öngermeli geçici ankraj ile yatayda



Şekil 12 - Optik okuma noktaları yerleşim planı ve yatay deplasman okumaları (kırmızı çizgi, abartılı gösterim)



Şekil 13 - En büyük deplasmanların ölçüldüğü bölgedeki sistem kesiti

120 cm arayla yerleştirilmiş 80 cm çaplı kazıklardan oluşmaktadır. Ankrajlar kazık başlık kirişinden yapılmıştır. Toplam kazı derinliği 4,0 m, ankraj boyu ise 13,0 m'dir. Başlık kirişinin arkasında 4,0 m genişliğinde bir düzlük bulunacağı, 4,0 m'den itibaren ise arazi kotunun şevli olarak yükseldiği dik-kate alınmıştır. Fore kazıklar katı kil tabakasına 2,0 m soketlenmiştir. Bu bölgeye ait iksa sistemi Şekil 13'te verilmiştir.

Beklenenin çok üzerinde deplasman görülmesi üzerine hemen iksa önüne topuk dolgusu yaptırılarak öncelikle hareketin durdurulması sağlanmıştır. Bu aşamada yapılan saha incelemesinde başlık kirişinin hemen arkasında proje kabullerine aykırı bir şekilde aşırı sürşarj yüklemesi yapıldığı görülmüştür (Şekil 14).

O17 ve O18 noktalarında deplasmanların zaman içindeki değişimi ise Şekil 15'te görülmektedir.

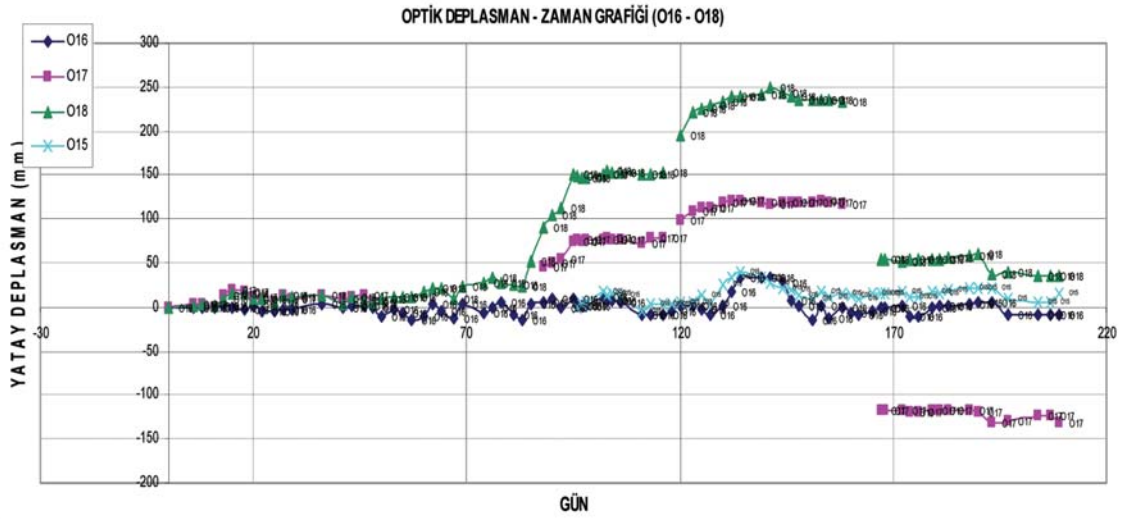
Deplasmanların artış seyri ise ve inşaat faaliyetleri ise Tablo 3'te verilmiştir.



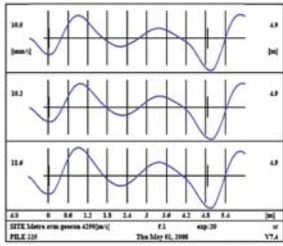
Şekil 14 - İksa arkasındaki aşırı sürşarj yüklemesi

Tablo 3 - İksa Sistemi K5 Kesiti O18 Noktası Deplasman Artış Seyri

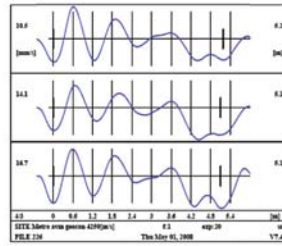
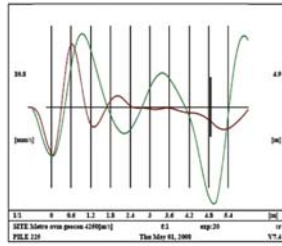
Tarih	O18 Noktasındaki Deplasman Miktarı	Bölgedeki İnşaat Faaliyetleri
10 Ocak 2008	0 (okuma başlangıcı)	Optik okuma noktaları tesis edildi.
17 Mart 2008	10 mm	İksa imalatı tamamlanmış durumda; hafriyat başlık kirişi alt kotu seviyesinde.
2 Nisan 2008	24 mm	İksa imalatı tamamlanmış durumda; hafriyat başlık kirişi alt kotu seviyesinde.
9 Nisan 2008	104 mm	Nihai hafriyat kotuna kadar kazı yapılmış durumda.
12 Nisan 2008	113 mm	Topuk dolgusuna başlandı, ertesi gün tamamlandı.
14 Nisan 2008	150 mm	Topuk dolgusu yapılmış durumda.
5 Mayıs 2008	153 mm	Topuk dolgusu yapılmış durumda. İlave iksa kazıkları imalatına başlandı.
9 Mayıs 2008	195 mm	İlave iksa kazıkları imalatı devam ediyor, bazı ankrajlar fore kazık imalatı sırasında koptu.
14 Mayıs 2008	226 mm	İlave iksa kazıkları yapılmış durumda.
16 Haziran 2008	234 mm	İlave iksa kazıkları yapılmış durumda.
25 Haziran 2008	Bilinmiyor	Aradaki 9 gün zarfında başlık plağı imalatı yapıldığından okuma alınamamış ve okuma noktaları beton altında kalmıştır. 25 Haziran'da yeni noktalar tesis edilmiş ve yeniden okuma alınmaya başlanmıştır.
11 Temmuz 2008	25 Haziranda yapılan ölçümle aynı.	Başlık plağı imalatı tamamlanmış durumda.



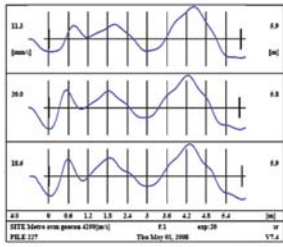
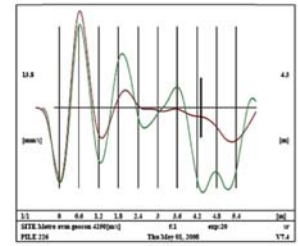
Şekil 15 - O17 ve O18 noktalarındaki zaman - deplasman grafiği



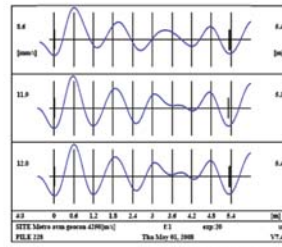
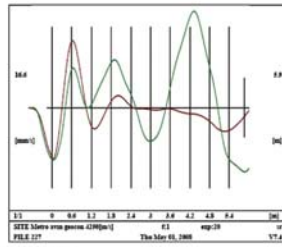
225 numaralı kazık



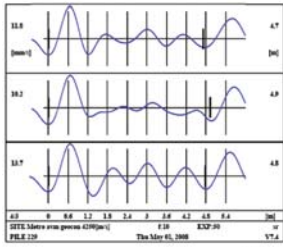
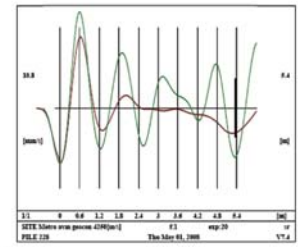
226 numaralı kazık



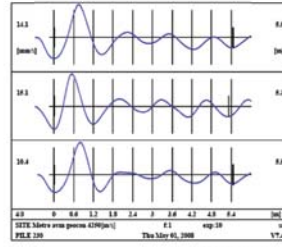
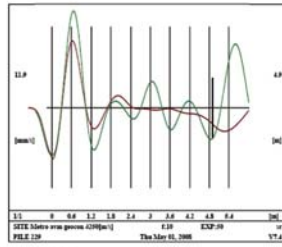
227 numaralı



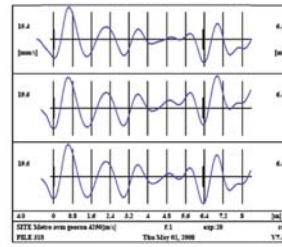
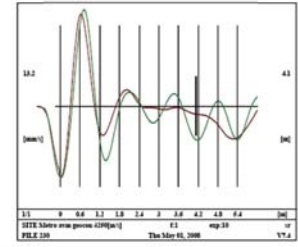
228 numaralı kazık



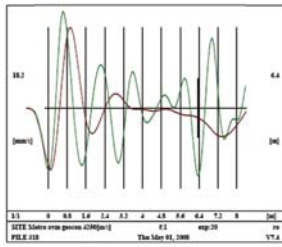
229 numaralı



230 numaralı kazık



318 numaralı kazık



Şekil 16 - Hasarlı kazıklara ait süreklilik deneyi grafikleri

Ölçülen aşırı yüksek deplasman değerleri kazık gövdelerinde bir hasar olup olmadığı sorusunu gündeme getirmiş ve K5 kesitindeki tüm kazıklarda süreklilik deneyi (Sonic Integrity Test) yaptırılmıştır. Deneyler sonucunda 7 adet kazıkta "kesit daralması veya çatlak" olarak yorumlanan anomaliler bulunduğu tesbit edilmiştir. Bu kazıklara ait deney sonuç grafikleri Şekil 16'da verilmiştir.

Varılan Sonuçlar:

- Projeye aykırı aşırı sürşarj yüklemesi ve kazık imalatındaki kalitesiz/yetersiz işçilik nedeniyle en problemsiz gözükken bölümde aşırı miktarda yatay deplasman meydana gelmiştir.
- Kurulan deplasman ölçüm sistemi sayesinde aşırı deplasmanlar iksa sistemi göçme durumuna ulaşmadan önce tesbit edilebilmiş ve acil müdahale ile gerekli kısa ve uzun vadeli tedbirler alınmıştır.
- Kazık süreklilik deneyleri sayesinde meydana gelen aşırı deplasmanların sebebi belirlenmiş ve önemli bir tecrübe edinilmiştir.

Sonuçların Projeye Yansımaları:

- Yapılan ilave imalatlar nedeniyle projede herhangi bir mimari değişikliğe gidilmemiş ancak ciddi bir ilave maliyet çıkmıştır.

8. Sonuç ve Öneriler

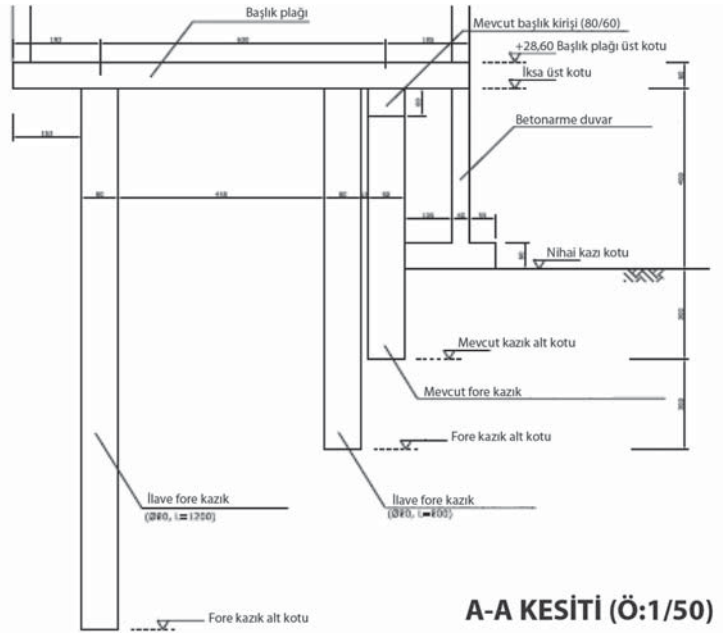
Geoteknik proje süreci sahada veri toplamayla başlayan ve yine sahada imalatın tamamlanmasıyla sona eren uzun bir yolculuktur. Özellikle iksa sistemi projelerinde uygulama sırasında karşılaşılan ve ofisteki tasarım aşamasında öngörülemez olumsuzlukların etkisiyle projenin kısmen de olsa revize edilmesi ihtiyacı doğmaktadır. Bu revizyonların sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için sahadan düzenli olarak ve kaliteli bilgi gelmesi büyük önem taşımaktadır. Kaliteli bilginin kaynağı ise imalat sırasında tutulan detaylı notlar ve sahadaki yapılan gözlemler kadar, hatta daha da önemli olan aletsel gözlem ve ölçüm sonuçlarıdır. Sahada yapılan geoteknik imalatların gerçek performanslarının tek ölçütünün bu aletsel gözlem ve ölçüm sonuçlarıyla değerlendirilebildiği unutulmamalı, tasarım sırasında burada bahsedilen tüm hususlar "minimum gereklilikler olarak" dikkate alınmalıdır. Ancak her proje çevre koşulları ve zemin durumuyla kendine özel şartlar içermekte olup burada bahsedilmeyen başka hususların da stabiliteye önemli etki yapabileceği de gözden uzak tutulmamalıdır.

Kaynaklar

FHWA-IF-99-015, Geoteknik Mühendisliği Sirküleri No:4 - Zemin Ankrajları ve Ankrajlı Sistemler, Haziran 1999,

TS EN 1537, Özel Geoteknik Uygulamalar- Zemin Ankrajları, Kasım 2001

DIN 4125, Zemin Ankrajları – Tasarım, İmalat ve Testler, Kasım 1990



Şekil 17 - Takviye sistem kesiti.

Öncelikle mevcut kazıkların 6,0 m arkasında mevcutlarla aynı çapta ancak daha derin fore kazıklar tasarlanarak sistemin takviye edilmesi düşünülmüştür. Ancak bazı kazıklarda hasar tesbit edilmesinin ardından hasarlı kazıkların hemen arkasından da yeni kazıklar imal edilmiştir.