

KONYA ALAEDDİN CAMİİ TEMEL ZEMİNİ DAVRANIŞ MODELLEMESİ

Turhan Karadaylar
İnşaat Yüksek Mühendisi, ZETAŞ Zemin Teknolojisi A.Ş.
Prof. Dr. Turan Durgunoğlu
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Boğaziçi Üniversitesi

ABSTRACT

The deformations resulting from foundation subsoil on the existing engineering structures are observed usually as cracking of the superstructure. This is even more evident for masonry and stone structures. The approach for rehabilitation of such problems usually concentrate on the in-situ improvement of foundation subsoil. However, it appears that for most of the cases it is more important to identify the cause of the problem properly and to act accordingly. In this respect, Konya Alaeddin Mosque is investigated as a case study. The subsoil conditions and the case history of the structure is summarized in order to identify the problem. It appeared that the mosque had suffered from differential settlement of the foundations. Consequently, the implemented soil improvement techniques are discussed and a modelling study is presented in order to form a basis for future evaluations.

ÖZET

Mevcut mühendislik yapılarında temel zemininden kaynaklanan deformasyonlar genelde üst yapıda oluşan çatlaklar şeklinde gözlenmektedir. Bu durum yığma ve kargir yapılarda daha da belirlidir. Bu durumda temel zemininin yerinde iyileştirmesi ilk yaklaşım olarak belirmektedir. Ancak, çoğu durumda problemi doğru olarak tanımlayıp ona göre hareket etmek önem kazanmaktadır. Bu açıdan, Konya Alaeddin Camii bir vaka analizi olarak incelenmiştir. Problemin tanımlanmasına yardımcı olmak amacıyla zemin koşulları ve vaka tarihçesi özetlenmiştir. Problemlerin caminin temellerinin farklı oturmalardan kaynaklandığı belirlenmiştir. Gelecekteki değerlendirmelere bir baz oluşturması amacıyla uygulanan iyileştirme yöntemleri tartışılmış ve bir modelleme çalışması sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Mühendislik yapılarında üstyapıda çatlakların gözlenmesi genellikle temel zemini koşullarından kaynaklanan problemlerin bir göstergesi olarak algılanır. Bu durum özellikle

tarihi öneme haiz yapılarda daha da dikkat çekicidir. Zira yapısal özellikleri ve yapım tekniği yönünden bu tip yapılar, temel zemininde oluşan deformasyonlara karşı daha duyarlıdır. Konya Alaeddin Camii'nde gözlenen çatlaklar ve temel zemininden kaynaklanan deformasyonlar modellenerek, problemin boyutlarının belirlenmesi ve buna bağlı olarak geliştirilmiş temel zemini ıslah yöntemlerinin değerlendirilmesine yönelik olarak, bir vaka incelemesi sunulmaktadır. Konya Alaeddin Camii'nde uygulanan zemin ıslah yöntemlerinin değerlendirmesi başka bir makele konusu olup burada yalnızca temel zemininin davranışının modellenmesi yapılmıştır.

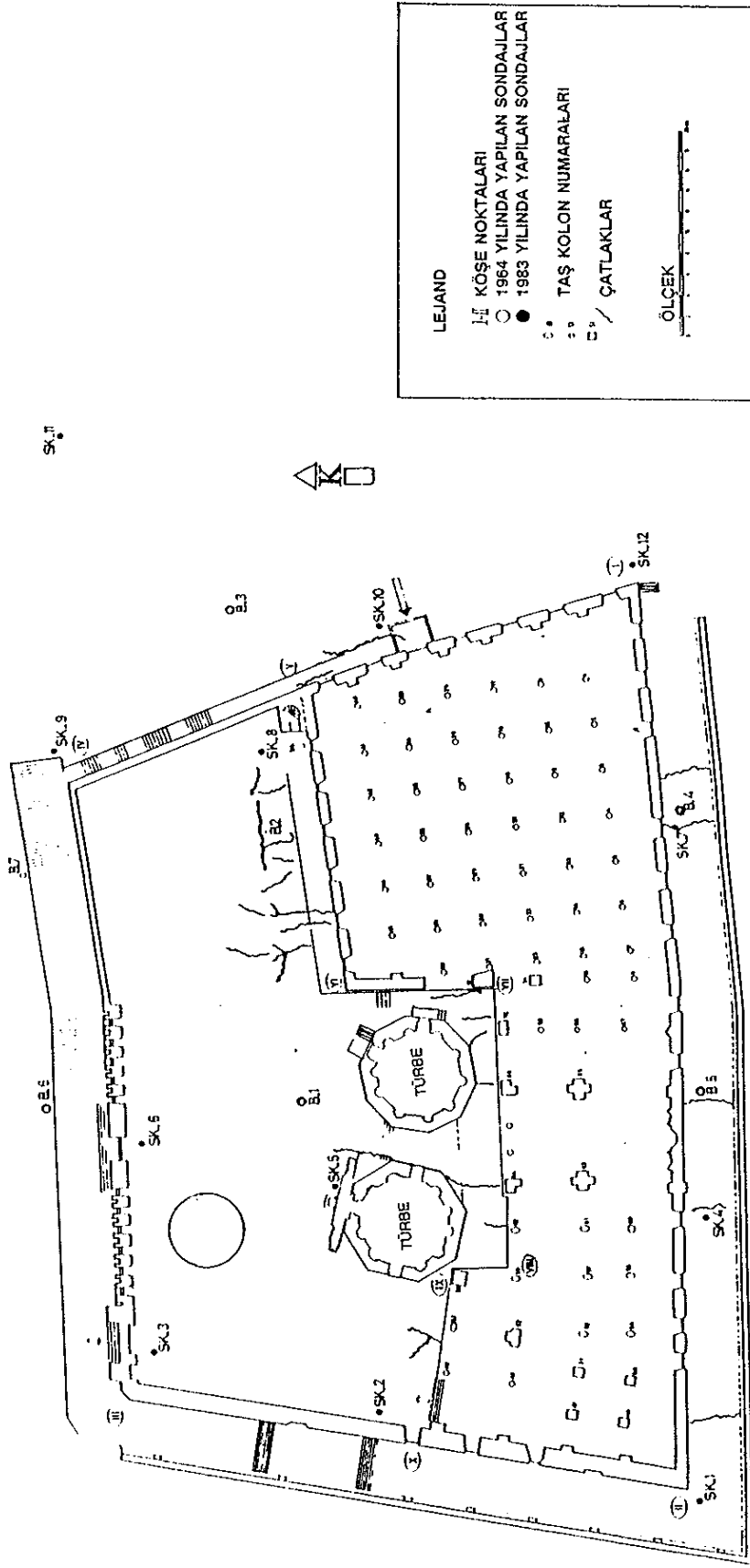
2. PROBLEMİN ÖZET TARİHÇESİ

Konya Alaeddin Camii başlangıcı 60'lı yıllara uzanan temel zemini deformasyonları ve farklı oturmalara bağlı olarak ileri derecede yapısal hasara maruz kalmıştır. Bu durum, caminin pek çok yerinde oluşan büyük çapta çatlaklar ve deformasyonlar şeklinde gözlenmektedir. 1964'ten bu yana camide oluşan hareketlerin durdurulmasına yönelik çok sayıda araştırma yapılarak çeşitli önlemler alınmıştır (Durgunoğlu,(1983)). Yapıya bu geçen zaman içinde yapılan ilaveler (Kumbasar ve Ülker, (1967)) ve alınan önlemler (Kumbasar, (1977)) yapının orijinal sisteminde köklü değişikliklere neden olmuş ve yapının davranış değişikliğine kaynak teşkil etmiştir. Zaman içinde uygulanan önlemler yapının bazı bölümlerinin çökmesini önlemiştir.

Konya Alaeddin Camii 12. yüzyıl bir Selçuklu yapısı olup çeşitli eklemelerle günümüzdeki formunu almış çok değerli bir tarihi eserdir. Mimber üzerindeki yazıttan caminin inşasına 1155 yılında Sultan I. Mesut döneminde başlandığı ve I. Alaeddin Keykubat devrinde 1200 yılında tamamlandığı anlaşılmaktadır. Ancak caminin kesin bir tarihlenmesini yapmak mümkün değildir. Daha sonradan cami, doğu ve batı yönünde eklemelerle büyütülmüş ve günümüzdeki şeklini almıştır. Bu yüzden yapısal bir bütünlük arzetmemektedir. Caminin planı Şekil 1'de gösterilmektedir.

3. ZEMİN DAVRANIŞI VE PROBLEMİN TANIMLANMASI

Zemin davranışının anlaşılabilmesi ve problemin doğru olarak tanımlanması uygulanacak önlemlerin ve zemin ıslahı yönteminin seçilmesinde belirleyici bir faktördür. Bu amaçla, detaylı ve kapsamlı zemin etüd çalışmaları 1983 yılında yürütülmüş ve problemin tanımlanmasına yönelik ilk adım atılmıştır (Durgunoğlu, ve diğ. (1983)). Bu çalışmalar sonucunda daha önce yapılmış çalışmalar da gözönünde bulundurularak üstyapıda oluşan çatlakların cami temellerinin farklı oturmalarından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Farklı oturmalara neden olan faktörlerin en önemlisi ise caminin temel zemininin yapay bir dolgu olması ve bu zemin içinde yakında ve cami civarında bulunan su deposu, su boruları, havuz



ŞEKİL 1 KONYA ALAEDDİN CAMİİ PLANI (Durgunoğlu, (1983))

ve yağmur suyu gibi kaynaklardan sızan suların, temel zemini içinde yıkanma yoluyla boşluklar oluşturması olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, problemin teşhisini müteakkip 1986 yılında uygulanacak zemin ıslah yönteminin belirlenmesine yönelik deneme enjeksiyonları yapılmış ve temel zemininin çimento-su karışımı ile enjekte edilebildiği gözlenmiştir (Durgunoğlu, ve diğ. (1986)a). Bunun üzerine yine 1986 yılında temel zemini ıslah projesi geliştirilmiştir (Durgunoğlu, ve diğ.(1986)b). Halen, Konya Alaeddin Camii'nde Devlet Su İşleri tarafından sürdürülmekte olan temel ve taban zemini ıslah çalışmalarının kapsamı cami içinde ve çevresinde temel zemininin çimento-su karışımı ile enjeksiyonu ve cami taşıyıcı duvar ve kolonları altında mini kazık (techizatlı enjeksiyon) uygulanması olarak belirlenmiştir.

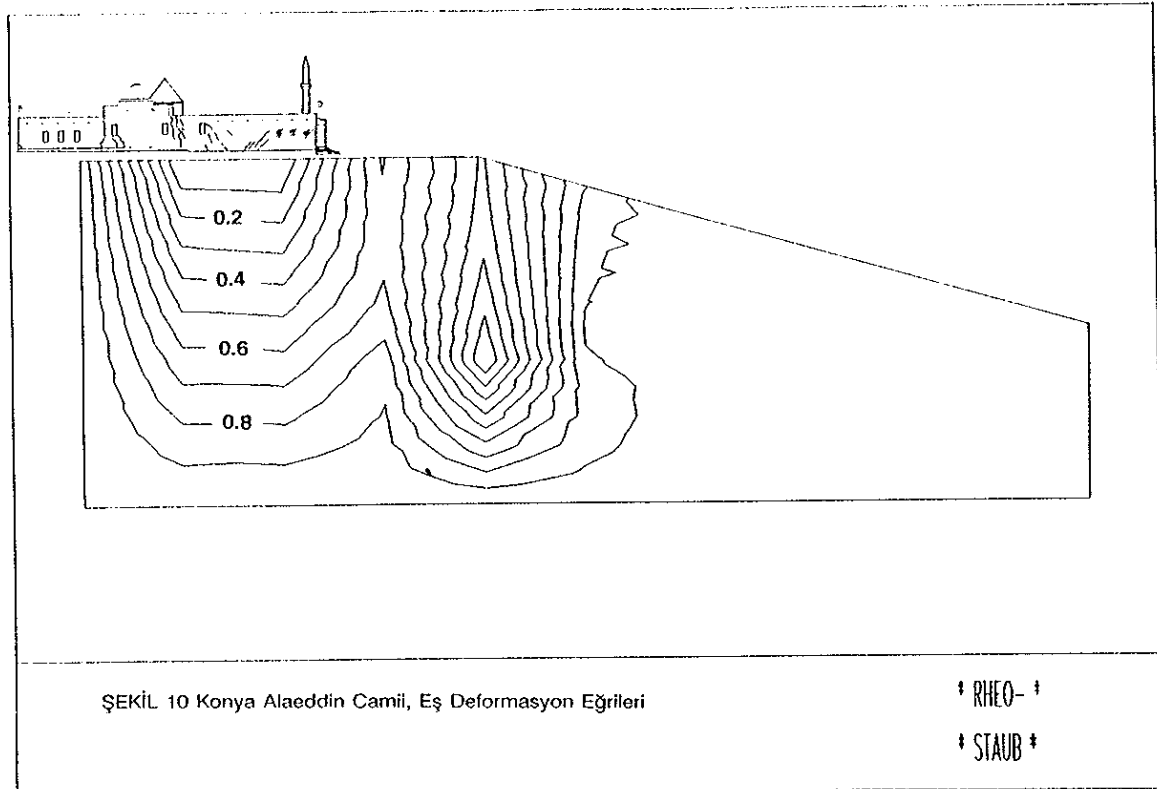
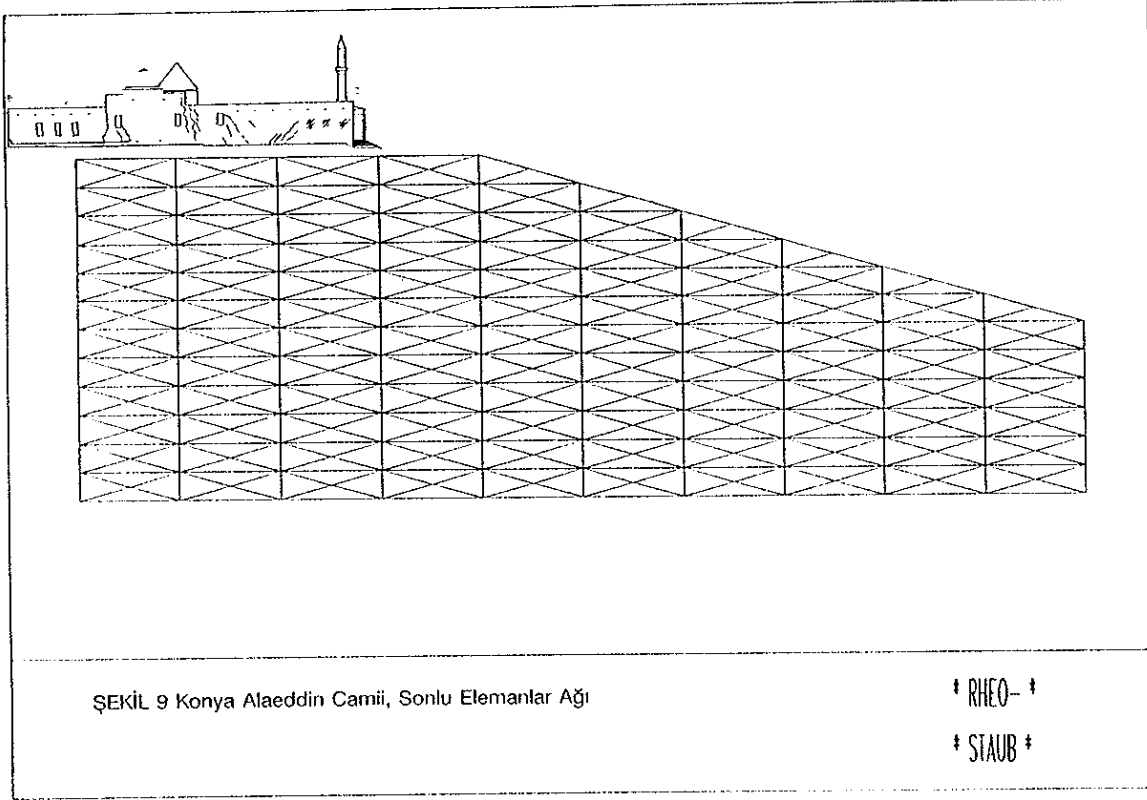
İnşaat esnasında ve sonrasında zeminin özelliklerini ve davranışını gözlemek amacıyla camide çok gelişmiş bir gözlem sistemi kurulmuş ve çeşitli yerlerde pressiometre deneyleri yapılarak enjeksiyonlar öncesi ve sonrası zemin koşullarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan ölçümler ve deneyler sonucu uygulanan ıslah yönteminin başarılı olduğu belirlenmiştir.

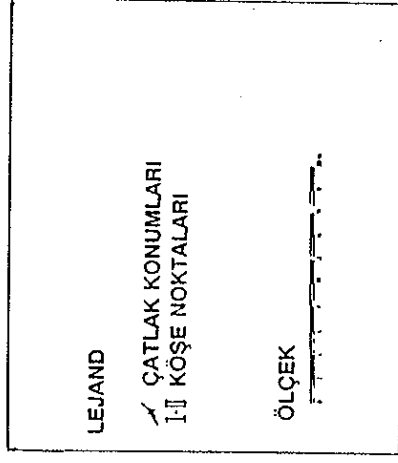
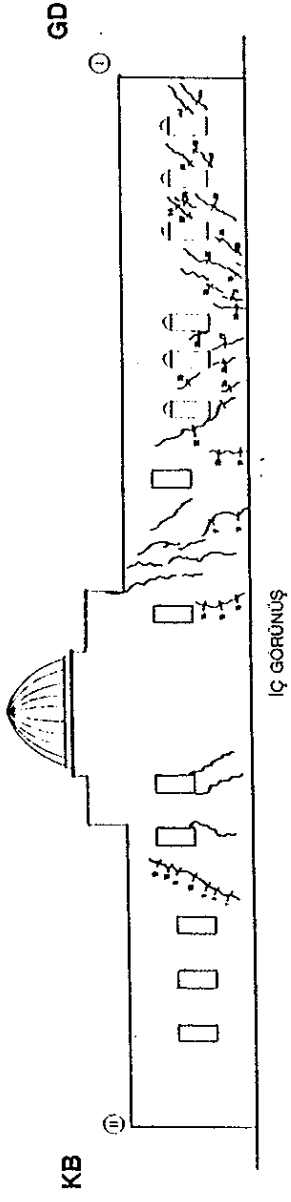
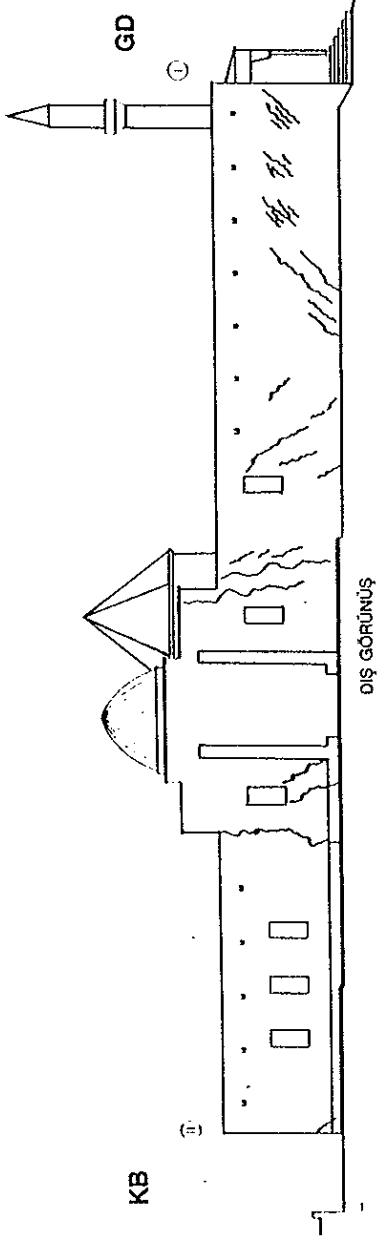
4. MODELLEME

Konya Alaeddin Camii'nde uygulanan zemin ıslah yönteminin değerlendirilmesi ve deformasyon mekanizmasının belirlenmesine yönelik olarak bir modelleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada oluşan deformasyonların en açık göstergesi olan çatlak sistemleri ve davranışları incelenmiş, yatay ve düşey yönde deformasyonlara neden olan faktörler ayrı ayrı tahkik edilmiştir.

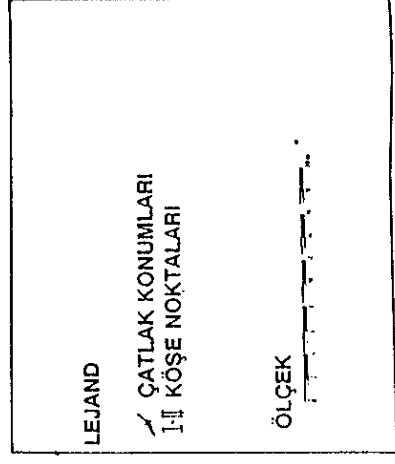
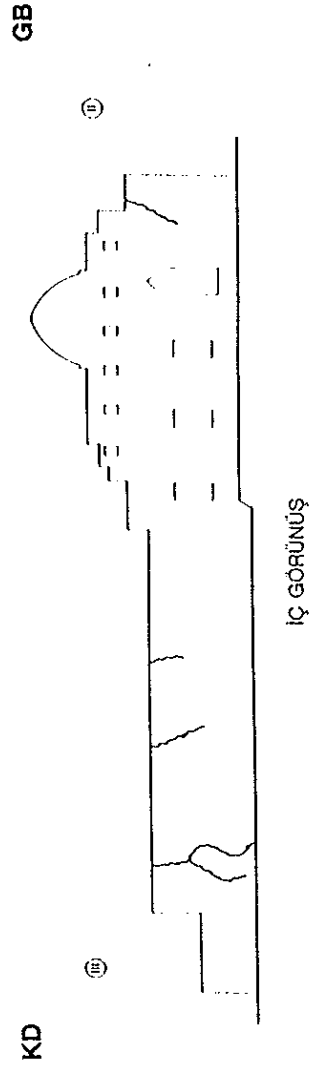
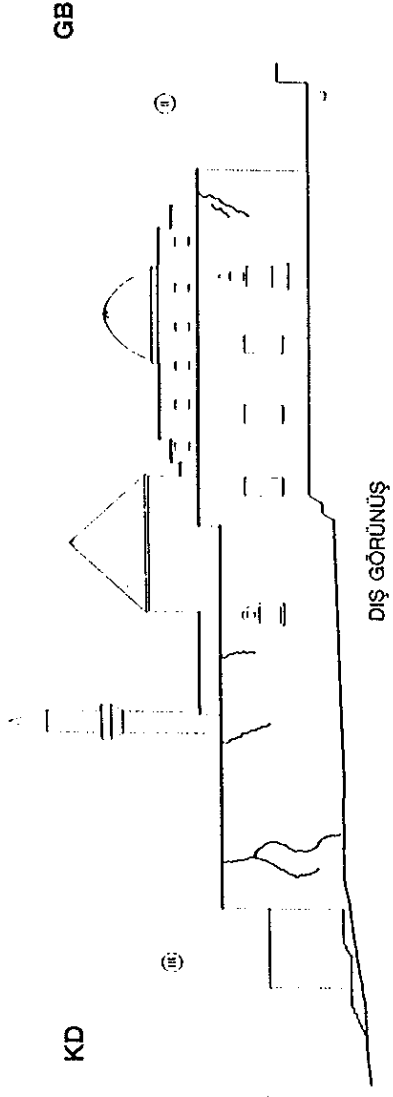
4.1. Çatlak Sistemleri

Konya Alaeddin Camii'nde gözlenen çatlak sistemleri ve konumları Şekil 2 ile 6'da özetlenmektedir. Çatlakların gözlenmesi ve davranışlarının incelenmesi proje ve uygulama aşamalarında kontrol sağlamak açısından çok önemli bir husus teşkil etmektedir. Bu açıdan camideki deformasyonları gözlemek amacıyla Devlet Su İşleri tarafından çok sayıda gözlem ve ölçüm aleti tesis edilmiştir. 1986 yılında yapılan proje çerçevesinde yerleştirilmesi öngörülen ölçüm aletleri iki ana grupta özetlenebilir. Bunlardan birincisi, çatlaklardaki açılma ve kapanma hareketlerini gözleyen 0.01 mm hassasiyetli ekstansometrelerden oluşan ölçüm sistemidir. İkinci grup ise cami içi ve çevresinde enjeksiyonlar esnasında oluşabilecek oturma veya şişme türü deformasyonları gözlemeye yönelik, biri 5.0 m diğeri 10.0 m derinliğe ankre edilmiş iki adet çubuk aracılığıyla deformasyonları ölçen yine 0.01 mm hassasiyetli kuyu ekstansometrelerdir. Bu ölçüm aletlerinden elde edilen verilerden genel değerlendirmelerde yararlanılmıştır (Karadayılar, (1990)).

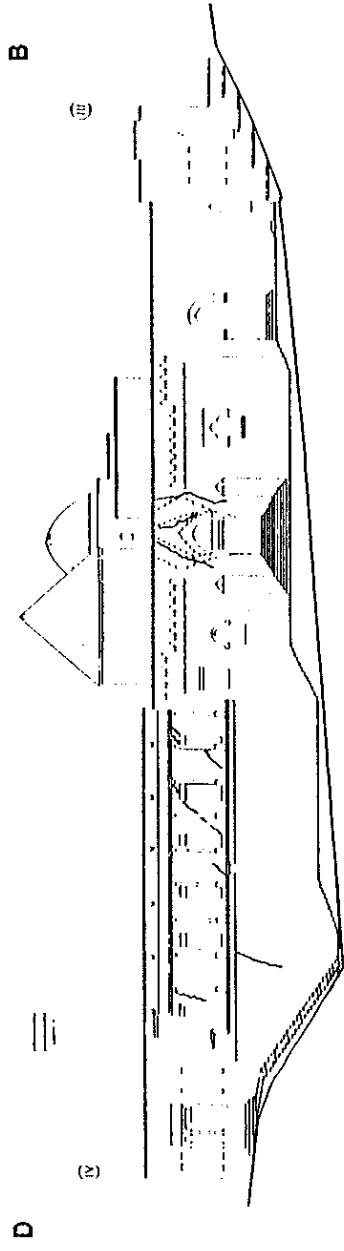




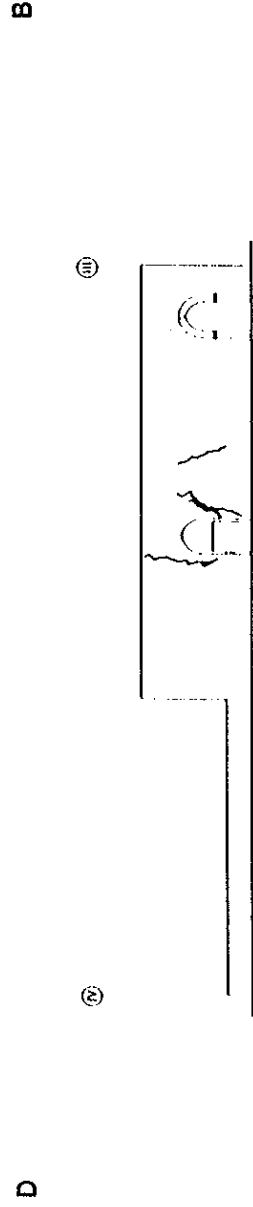
ŞEKİL 2 Konya Alaeddin Camii, KG-GD Yönu Çatlak Görünümleri (Durgunoğlu, (1983))



ŞEKİL 3 Konya Alaeddin Camii, KD-GB Yönü Çatlak Görünümleri (Durgunoğlu, (1983))



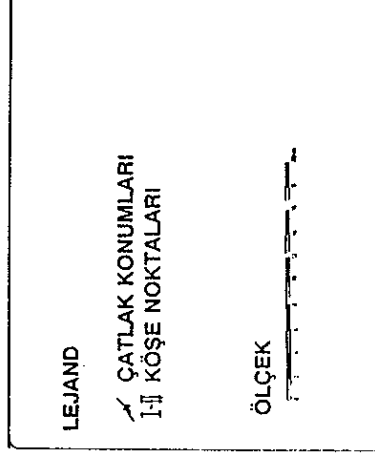
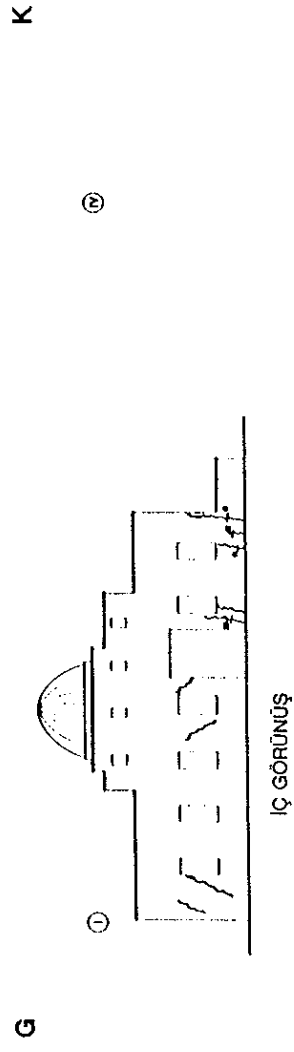
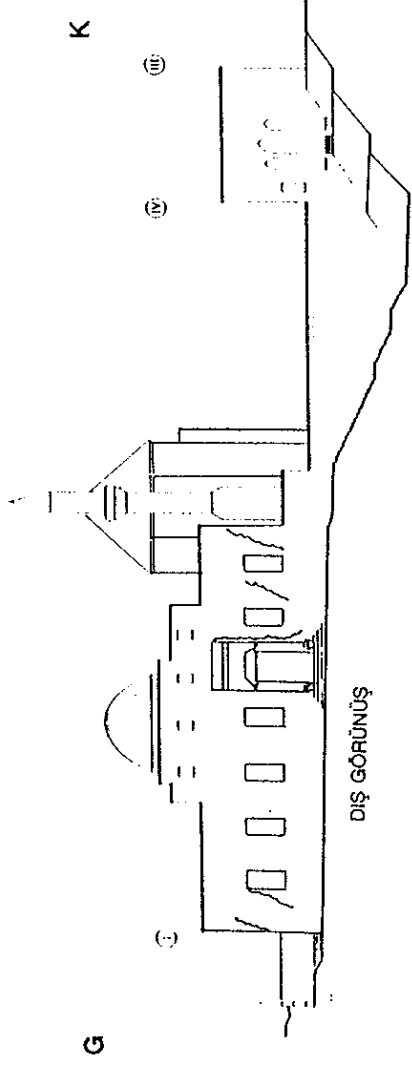
DIŞ GÖRÜNÜŞ



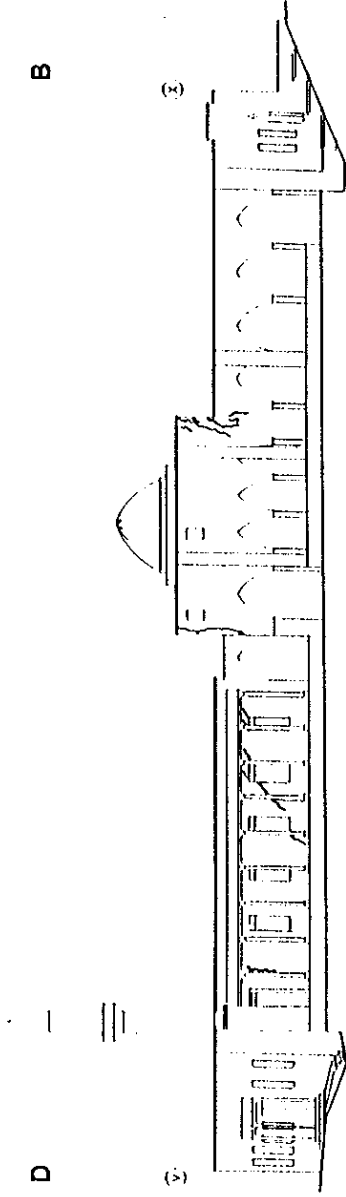
İÇ GÖRÜNÜŞ

LEJAND	
↘	ÇATLAK KONUMLARI
⌈⌋	KOŐE NOKTALARI
ÖLÇEK	

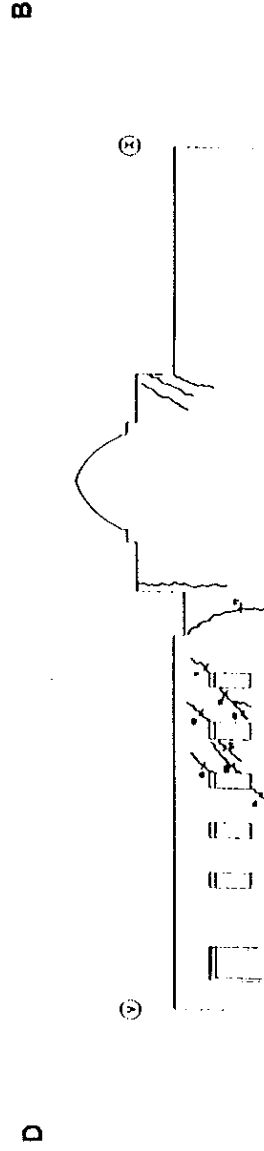
ŞEKİL 4 Konya Alaeddin Camii, B-D Yönu Çatlak Görünümleri (Durgunođiu, (1983))



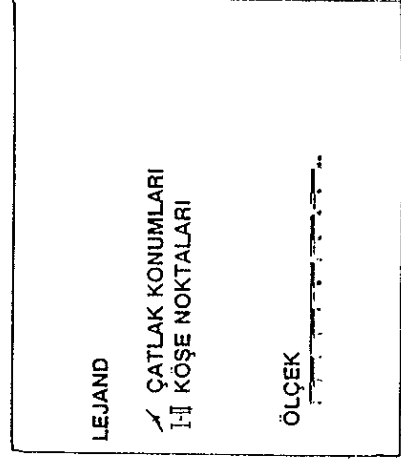
ŞEKİL 5 Konya Alaeddin Camii, K-G Yönü Çatlak Görünümleri (Durgunoğlu, (1983))



DIŞ GÖRÜNÜŞ



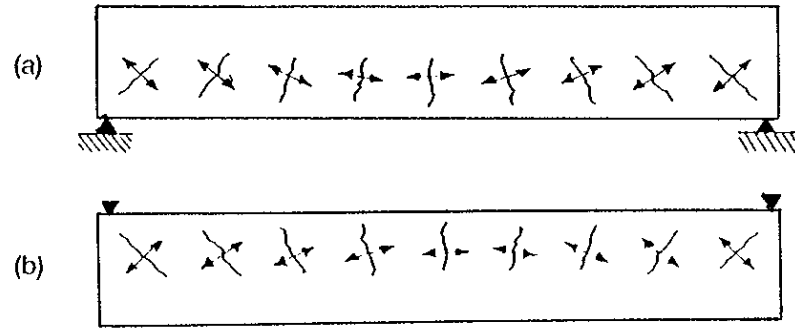
İÇ GÖRÜNÜŞ



ŞEKİL 6 Konya Alaeddin Camii, D-B Yönü Çatlak Görünümleri (Durgunoğlu, (1983))

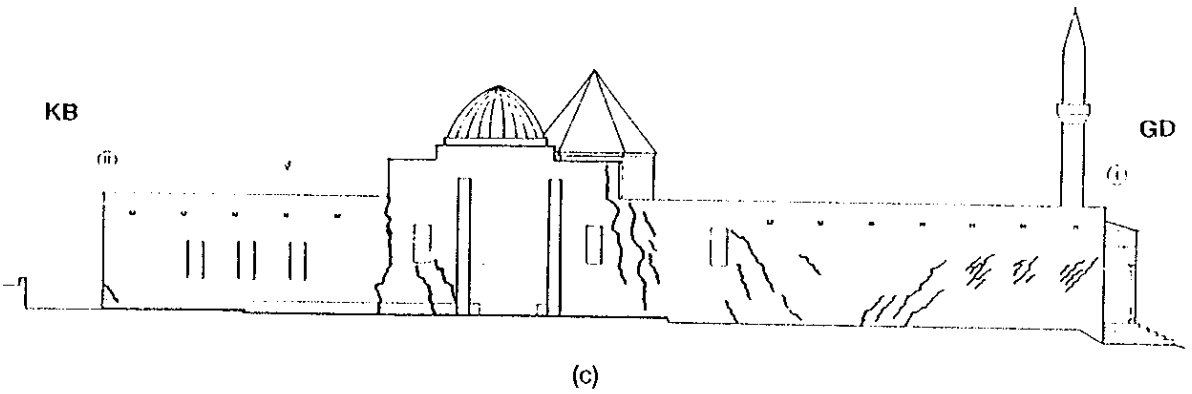
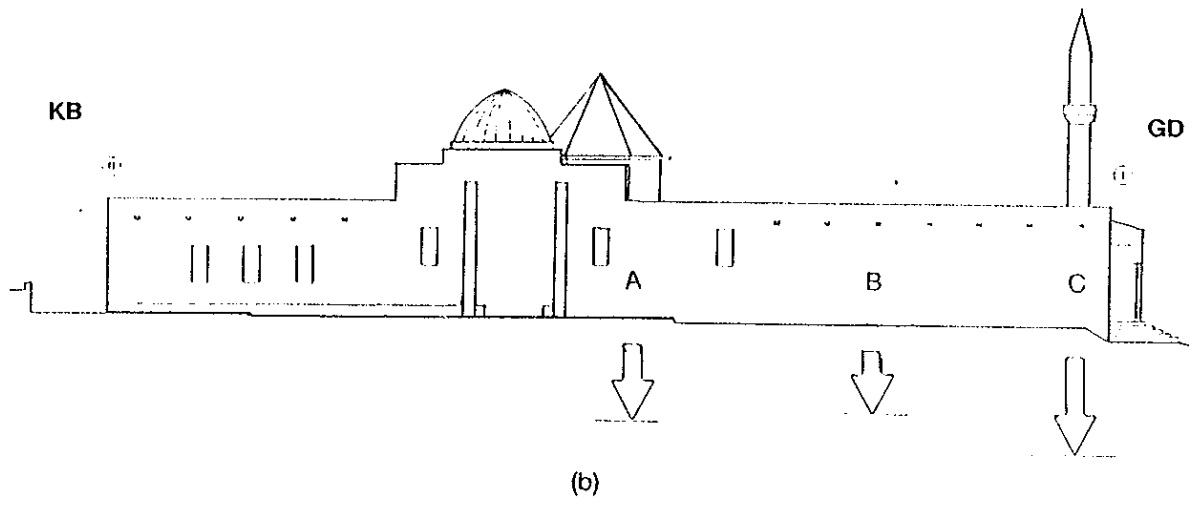
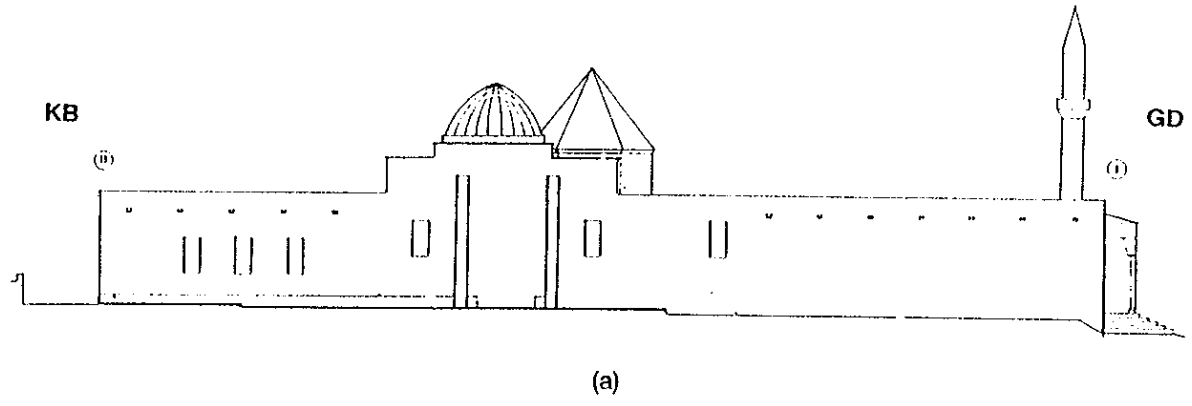
4.2. Çatlak Oluşma Mekanizması

Deformasyonlara maruz kalan malzemeler içinde gerilmeler oluşur. Bu deformasyonlar sonucu oluşan gerilmeler malzemenin dayanımını aşarsa çatlaklar gözlenir. Konya Alaeddin Camii'ndeki çatlak sistemlerini ve oluşma mekanizmasını anlamak amacıyla Şekil 7(a)'da basit mesnetli bir kirişteki potansiyel çatlak yönleri gösterilmiştir. Basit mesnetli bir kirişte potansiyel çatlak yönleri oluşan asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşmaktadır. Bu çatlak doğrultularını caminin Güney-Doğu duvarı boyunca oluşan çatlak sistemleri ile karşılaştırabilmek amacıyla yine aynı basit mesnetli kiriş, ters şekilde çizilerek Şekil 7(b)'de gösterilmiştir. Bu durumda, 8(a), 8(b) ve 8(c)'de özetlenen Konya Alaeddin Camii Güney-Doğu duvarının çatlak oluşma mekanizması Şekil 7(b) ile karşılaştırılabilir. Şekil 8(a)'da duvarın ilk durumu gösterilmektedir. Cami temellerinin farklı oturmalarına maruz kaldığı bilinmektedir. Özellikle caminin güney cephesi ve doğu köşesine yakın konumda yeraltında mevcut bulunan ve uzun yıllar Konya şehrinde su deposu amacıyla kullanılan büyük su sarnıcından sızan suların caminin altındaki ve bu kesimlerdeki dolgu zeminin ileri derecede bozuşmasına yol açtığı belirlenmiştir (Durgunoğlu, ve diğ. (1983)).



ŞEKİL 7 Basit Mesnetli Kirişte Potansiyel Çatlak Yönleri

Bu durumda cami Güney-Doğu duvarının Şekil 8(b)'de gösterildiği şekilde farklı oturmalarından etkilendiği gözönünde bulundurularak, Şekil 8(c)'de, oluşan çatlak sistemleri açıklanabilir. Ayrıca Şekil 8(c)'de çatlak sistemleri Şekil 7(b)'de gösterilen potansiyel çatlak doğrultuları ile oldukça iyi bir uyum içerisinde. Benzer şekilde, caminin diğer duvarlarında oluşan çatlak sistemleri farklı oturmalara bağlı olarak açıklanabilir. Ancak, çatlak oluşmasında aynı anda etki eden farklı faktörlerin varlığı gözardı edilmemesi gereken bir husustur.



ŞEKİL 8 Konya Alaeddin Camii, Güney-Doğu Duvarı Çatlak Oluşma Mekanizması

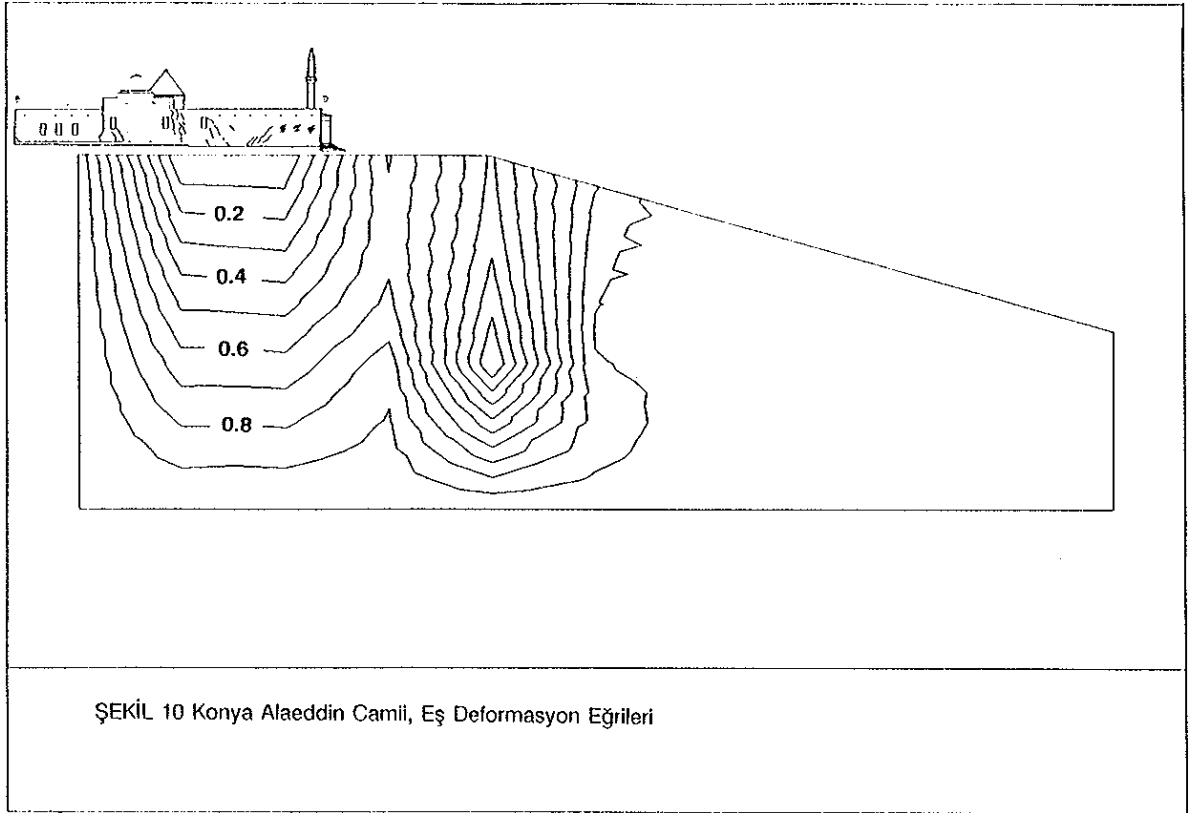
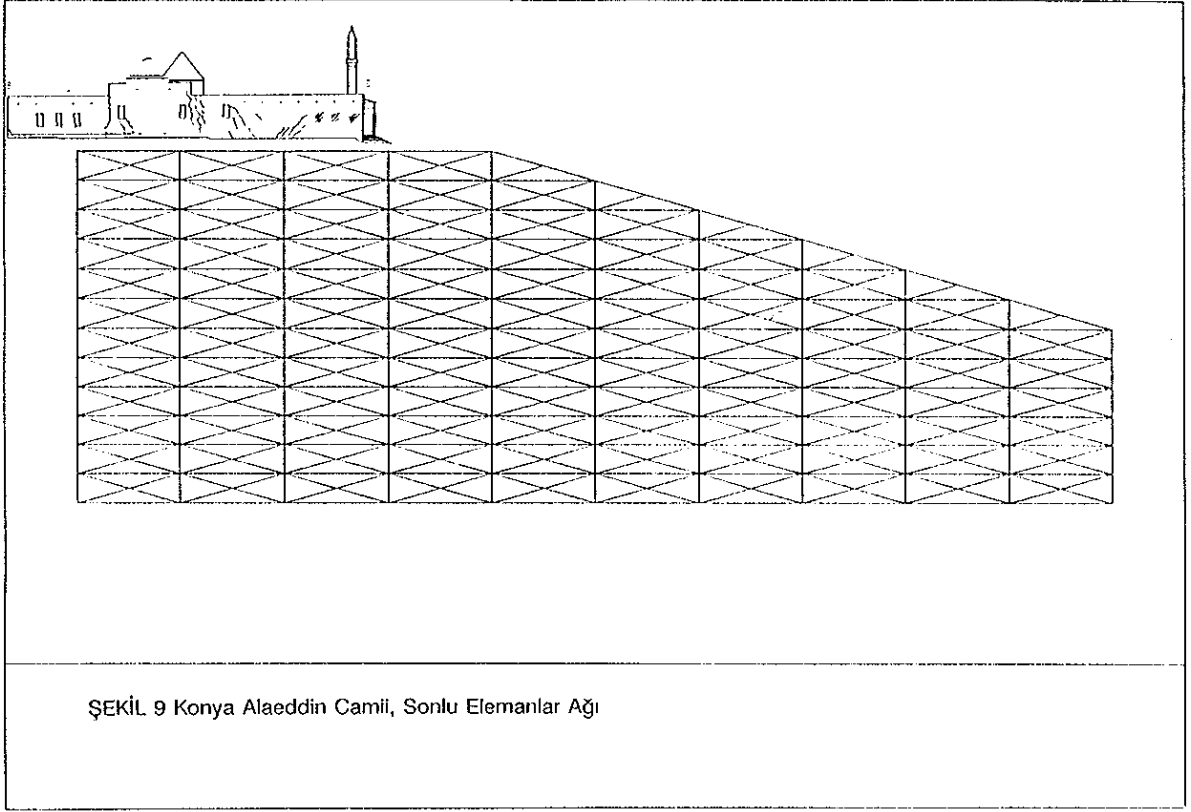
4.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analiz

Aynı anda etki eden farklı faktörlerin etkilerini değerlendirmek amacıyla zemin içinde oluşan deformasyonlar, sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiştir. Bu amaçla, Konya Alaeddin Camii temel zemini caminin üzerinde yer aldığı Alaeddin Tepesi ile birlikte bir sonlu elemanlar ağı oluşturularak modellenmiştir (Şekil 9). Analizler çok amaçlı bir bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde diğer etkiler gözardı edilerek farklı oturumların mekanizmasını anlamak üzere temel zemini elastik bir ortam olarak kabul edilmiştir. Herhangi bir noktada oluşan deformasyonların civardaki diğer noktalara etkisini tespit etmek amacıyla üç ayrı noktada oturma şeklinde, düşey deformasyon tanımlanmıştır. Ancak, tanımlanan bu deformasyonlar temel zemininin bozmuş kesimlerine tekabül eden ve potansiyel oturma oluşabilecek noktalarda programa girilmiştir. Sonuçta, gösterim amaçlı bu üç birim deformasyondan dolayı oluşan eş deformasyon eğrileri yine aynı bilgisayar programı aracılığıyla çizilmiştir (Şekil 10). Doğu-Batı doğrultusunda alınan kesitte oluşan eş deformasyon eğrileri incelendiğinde cami altında yine bu doğrultudaki iki komşu nokta arasında farklı oturumların oluşabileceği açıkça görülmektedir.

4.4. Yatay Deformasyonlar

Çatlak sistemlerini oluşturan nedenlerin ayrı ayrı incelenmesi yatay yönde oluşabilecek deformasyonların da değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu amaçla öncelikle Konya Alaeddin Camii'nin, Alaeddin Tepesini de içine alacak şekilde genel stabilitesi tahkik edilmiştir. Stabilite analizleri bu amaçla geliştirilmiş bir bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (İkiz ve Kulaç, (1988)). Bilgisayar programı modifiye Bishop yöntemi ile dairesel olarak kabul edilen en kritik kayma yüzeyindeki güvenlik faktörünü Simplex optimizasyonu kullanan bir alt program aracılığıyla belirlemektedir. Sonuçta Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yönlerinde alınan kesitler üzerinde yapılan iki ayrı stabilite analizi sonuçları yine bilgisayar programı (Baştürk, (1989)) aracılığıyla çizdirilerek Şekil 11 ve 12'de sunulmaktadır. Temel zemini için seçilen efektif kayma mukavemeti parametreleri daha önceden 1983 yılında yapılan zemin etüd sondajları sırasında alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deney sonuçlarından yararlanılarak belirlenmiştir (Durgunoğlu, ve diğ. (1983)). Ayrıca hesaplarda civardan temel zemini içine sızan suların varlığı da dikkate alınarak ve oluşabilecek en kritik durumu temsil etmek amacıyla boşluk suyu basıncı oranı olarak oldukça yüksek bir değer olan $r_u=0.40$ değeri de hesaplara dahil edilmiştir. Sonuçta, genel güvenlik faktörü $F.S. > 3.0$ olarak tespit edilmiştir. Bu durumda en kritik kayma yüzeyinde hesaplarda kullanılan kayma mukavemeti parametrelerinin geçerli olması durumunda dahi şevin göçmesi veya yatay deformasyonlara neden olması beklenmemektedir.

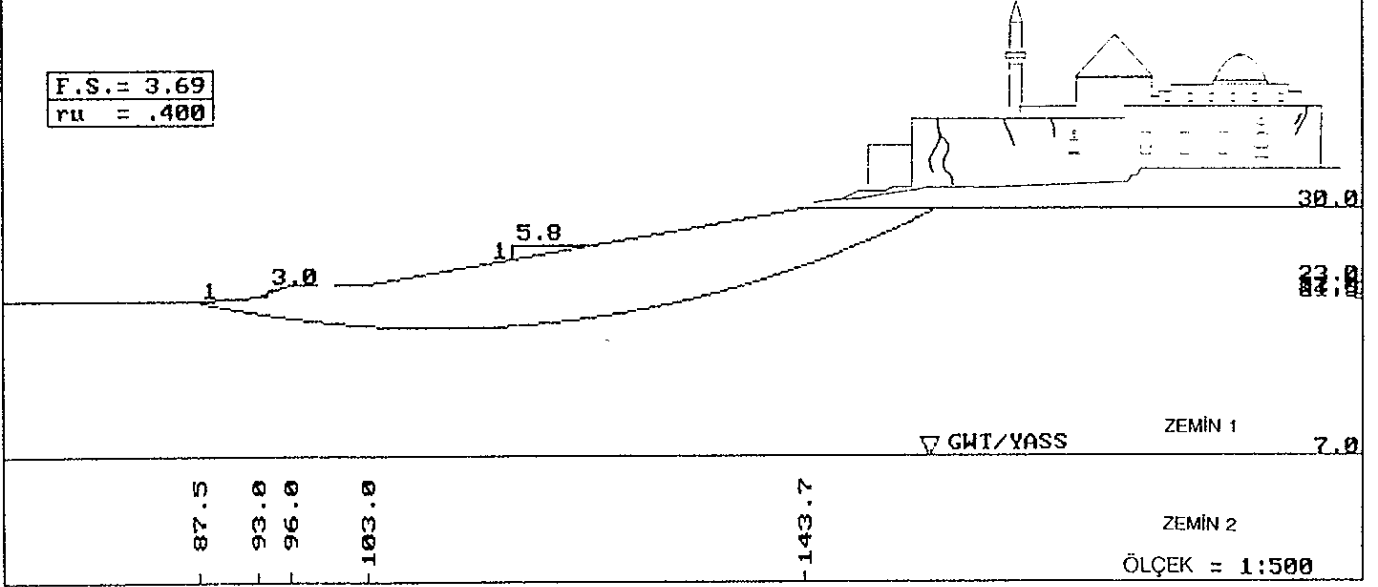
Ancak, cami üstyapısında oluşan çatlaklar yatay yönde de deformasyon olduğunu



ŞEKİL 11 Konya Alaeddin Camii, K-G Yönünde Stabilité Analizi

GEOTEKNİK ÖZELLİKLER			
ZEMİN	c'	ϕ'	δ
	kN/m ²	(deg)	kN/m ³
1	30.0	25.0	19.00
2	100.0	35.0	19.00

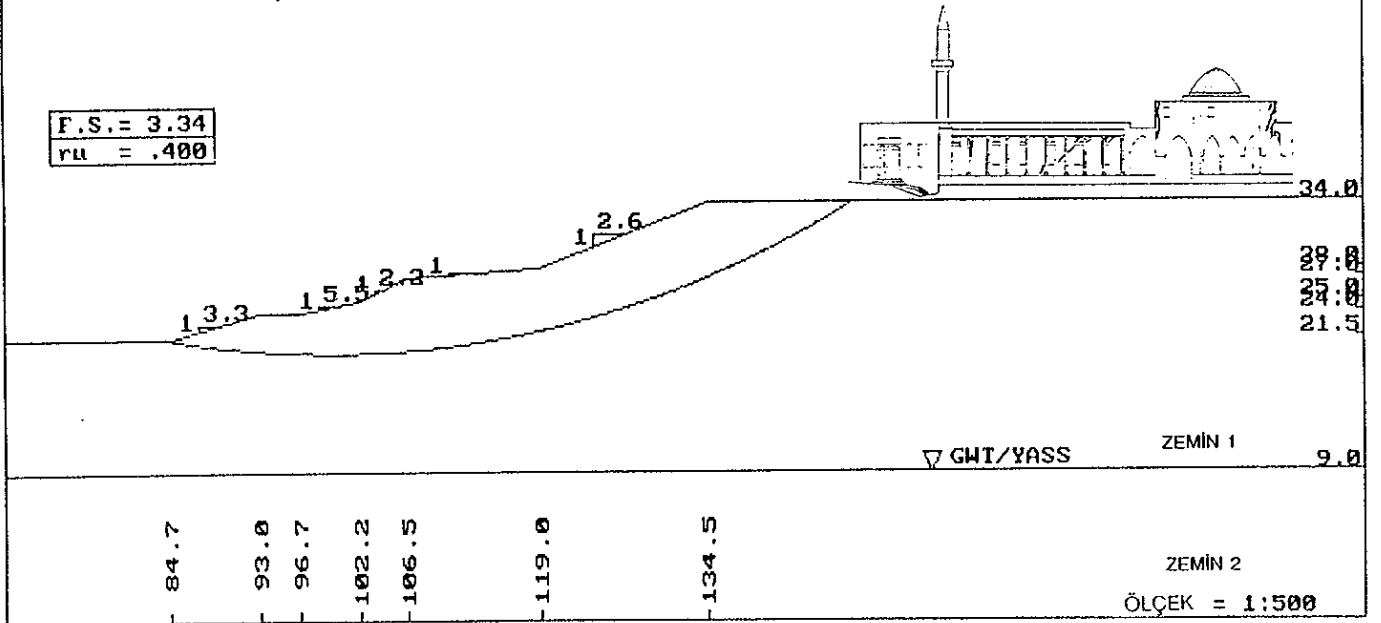
F.S. = 3.69
ru = .400



ŞEKİL 12 Konya Alaeddin Camii, D-B Yönünde Stabilité Analizi

GEOTEKNİK ÖZELLİKLER			
ZEMİN	c'	ϕ'	δ
	kN/m ²	(deg)	kN/m ³
1	30.0	25.0	19.00
2	100.0	35.0	19.00

F.S. = 3.34
ru = .400

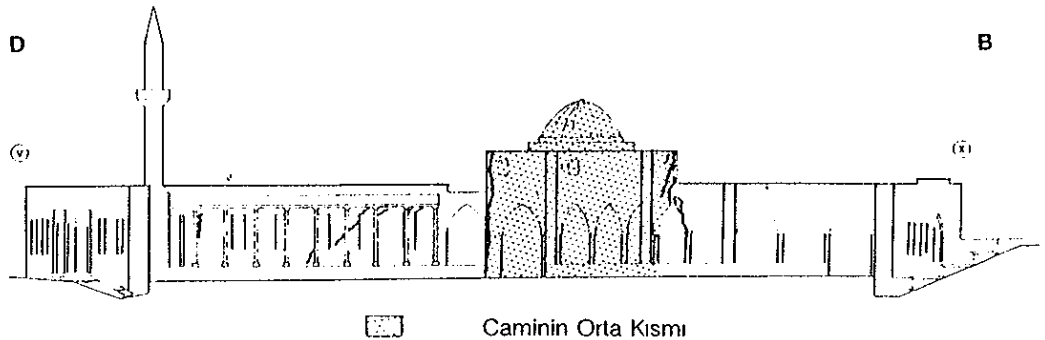


göstermektedir. Bu durumun üstyapıya sonradan yapılan eklemelerden ve restore amacıyla alınan önlemlerden kaynaklandığı sonucuna varılabilir. Diğer bir deyişle, temel zemininden kaynaklanan düşey yöndeki deformasyonlar yatay yönde deformasyonlara yol açabilmektedir. Caminin Doğu ve Batı kesimlerindeki taş kolonların altındaki kaidelerinin betonarme bağ kirişleri ile birbirlerine bağlandığı ve bu kesimlerin çatılarının kaldırılarak betonarme sürekli döşeme şeklinde tekrar döküldüğü belirtilmektedir. Uygulanan bu önlem yapının kısmi çökmesine yolaçabilecek deformasyonlardan ötürü hasar görmesini engellemiştir. Bunun yanı sıra yapının kısmi çökmesine mani olurken problemin daha geniş bölümde yayılmasına kaynak teşkil etmiştir. Bu durum yapının davranışını tamamiyle değiştirmektedir. Şekil 13 (a) ve (b)'de sırasıyla, yapının bu sürekli betonarme elemanlar eklenmeden önceki ve sonraki durumu gösterilmektedir.

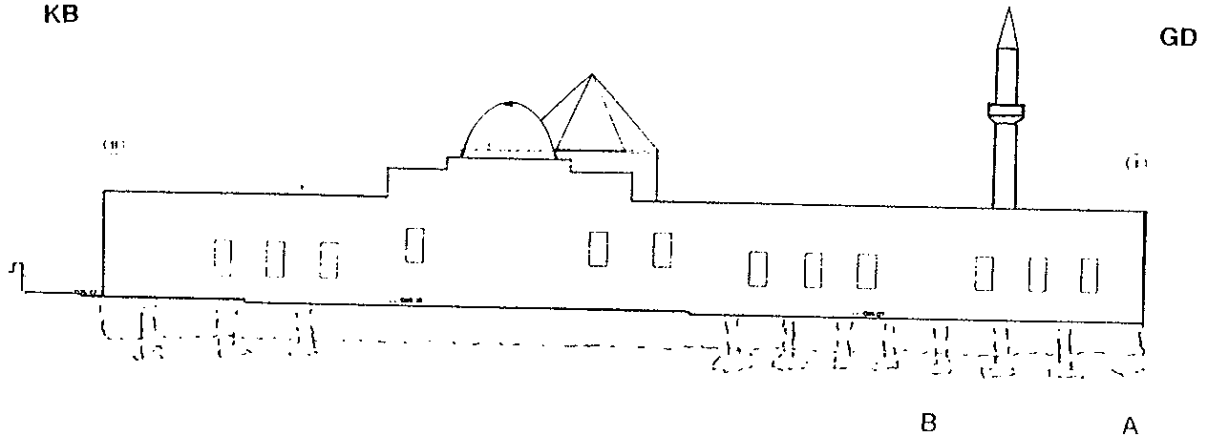
Üstyapıya betonarme elemanların eklenmesinden önce yapının bu boyutta deformasyonlara maruz kalması halinde muhtemelen davranışı farklı olacaktır. Örneğin, Şekil 13(a)'daki A ve B noktaları arasında oluşacak bir farklı oturmanın bu iki nokta arasında bir çatlakla yol açması beklenirdi. Ancak, sürekli elemanlarla aşağıdan ve yukarıdan bağlı olduğu halde aynı farklı oturmanın yapıda halihazırda gözlenen türde çatlaklara yol açması oldukça yüksek bir olasılıktır. Başka bir deyişle, Şekil 13(b)'de gösterildiği şekilde A noktasındaki bir düşey deformasyon B noktası etrafında bir dönme veya yatmaya neden olabilecektir. Bu durum, caminin doğu kesimindeki taş kolonlarda görülen tipik kesme çatlakları ile doğrulanmaktadır. Düşey deformasyonlar sonucu oluşan yatay deformasyonlar sonuçta taş kolonların dayanamayacağı büyüklükte bir kesme kuvvetinin oluşmasına yol açmıştır.

Buna ilaveten, bir doğrultu boyunca oluşan küçük deformasyonlar üst çatı döşemesinin sürekli olmasından dolayı Doğu ve Batı kesimlerin orta kesimle birleştiği yerde bina yüksekliği boyunca uzanan çatlakların oluşmasına neden olmuştur. Buna yapının kendine özgü süreksizliklerinin de katkısı olmuştur. Şekil 14'te gösterilen ve binanın orta kısmını Doğu ve Batı kısımlarından ayıran süreksizlikler yapının bu kesimlerinin farklı zamanlarda ve farklı tekniklerle yapılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Sonuçta bu süreksizlikler bu kesimlerde tüm yapı yüksekliğince çatlakların oluşmasına neden olmuştur.

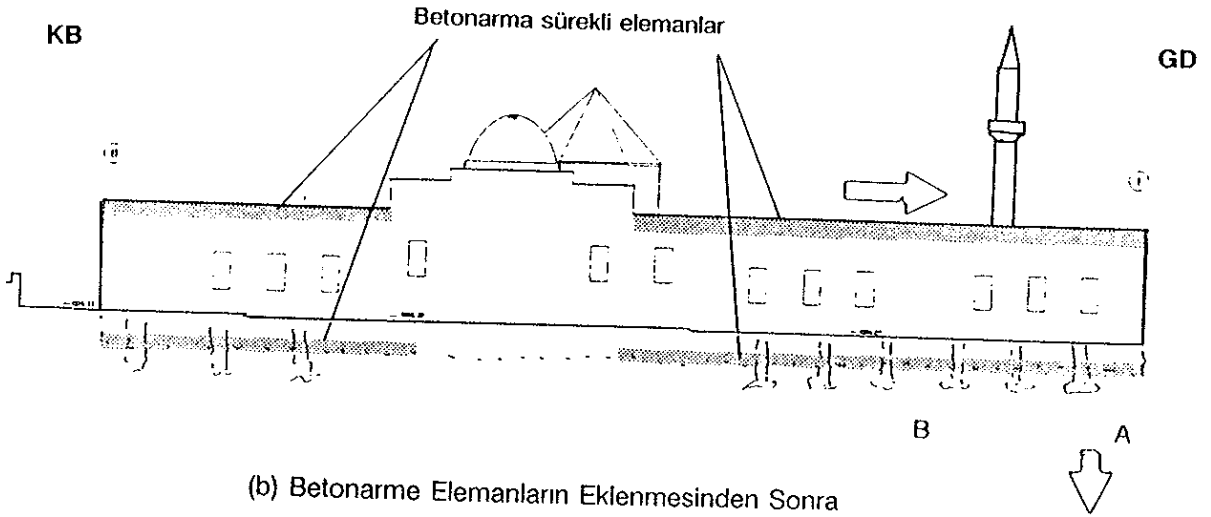
Yapılan modelleme çalışması sonucunda deformasyon mekanizmasının şematik gösterimi Şekil 15'te sunulmaktadır.



ŞEKİL 14 Konya Alaeddin Camii, Orta Kısım ile Diğer Kısımlar Arasındaki Süreksizlikler

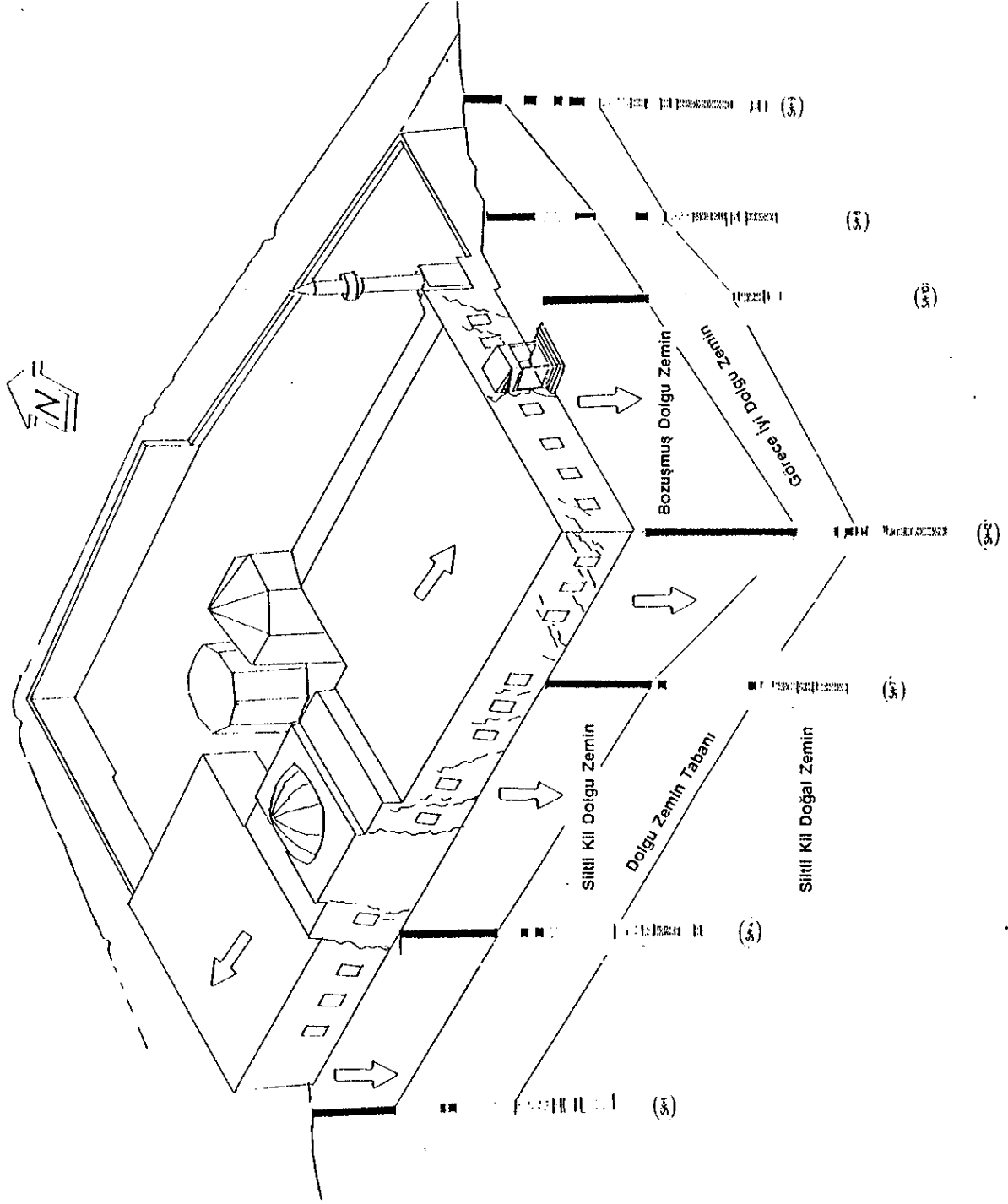


(a) Betonarme Elemanların Eklenmesinden Önce



(b) Betonarme Elemanların Eklenmesinden Sonra

ŞEKİL 13 Konya Alaeddin Camii,
Betonarme Elemanların Eklenmesinden Önce ve Sonra Yapının Durumu



ŞEKİL 15 Konya Alaeddin Camii, Deformasyon Mekanizmasının Şematik Gösterimi

5. SONUÇ

Konya Alaeddin Camii, üstyapı çatlamlarına ve hasara temel zeminindeki deformasyonların neden olduğu tipik bir örnek teşkil etmektedir. Ancak, bu durumda alınacak önlemlerin belirlenmesinde problemin doğru olarak teşhis edilmesi ve zemin davranışının incelenmesi önem taşımaktadır. Bu yüzden, karşılaşılan benzer durumlarda temel zeminin özelliklerinin sistematik ve zemin davranışını belirlemeye yönelik belirlenmesi herhangi bir girişimde bulunmaktan çok daha fazla önem taşımaktadır.

Modelleme sonucu zemin davranışı incelenmiş ve probleme farklı oturmalardan yolaçtığı gösterilmiştir. Yapının özelliklerine bağlı olarak farklı oturmalardan dolayı oluşan hasar daha da büyümüştür. Yanal yöndeki deformasyonların zemin davranışının bir sonucu olmadığı, yapının özelliğinin bu konuda belirleyici olduğu modelleme çalışması ile gösterilmiştir. Bu da, böyle bir durumda problemin doğru teşhis edilmesinin ve zemin davranışının anlaşılmasının önlemlere geçmeden önce birincil öneme haiz hususlar olduğunu göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Konya Alaeddin Camii Zemin Takviyesi çalışmaları Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ile Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi arasındaki bir protokolla bir işbiliği çerçevesinde yürütülmektedir. Bu örnek çalışmanın gerçekleşmesindeki yakın ilgi ve katkılarından dolayı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne ve T.C. Vakıflar Genel Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

REFERENSLAR

- BAŞTÜRK, G., "SLPLT, Bilgisayar Programı", Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş., 1989
- DURGUNOĞLU, H.T., ve diğerleri, "Konya Alaeddin Camii Zemin Sorunları Araştırması ve Alınacak Önlemler", GAMB Müh. Müş. Ltd. Şti., Ankara, 1983
- DURGUNOĞLU, H.T., ve diğerleri, "Konya Alaeddin Camii Deneme Enjeksiyonu Çalışmaları Değerlendirme Raporu", SONAR Sondaj ve Jeolojik Araştırmalar Merkezi, Ankara, 1986
- DURGUNOĞLU, H.T., ve diğerleri, "Konya Alaeddin Camii Temel ve Taban Zeminini Güçlendirme Projesi", SONAR Sondaj ve Jeolojik Araştırmalar Merkezi, Ankara, 1986
- İKİZ, S., ve KULAÇ, H.F., "SLBIS, Bilgisayar Programı", Bitirme Çalışması, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 1988
- KARADAYILAR, T., "A Case Study for Soil Improvement : Konya Alaeddin Mosque", Master Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 1990
- KUMBASAR, V., ve diğerleri, "Konya Alaeddin Camii Esas Taşıyıcı Aksamında Ortaya Çıkan Hasarlar Hakkında Teknik Rapor", İTÜ, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1977
- KUMBASAR, V., ve Ülker, R., "Teknik Rapor ve Eki", İTÜ, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1967