

**DEFORMASYON BELİRLEME AMAÇLI
KONTROL AĞLARININ TASARIMI VE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mih. M. Onur KAPLAN
501001786

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Mayıs 2003

Anabilim Dalı : JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

Program : JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tefik AYAN
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Tamer ÜNAL (Y.T.Ü.)
Doç. Dr. Ergin TARI (İ.T.Ü.)

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Deformasyon belirleme amaçlı kontrol ağlarının tasarımı, analizi ve bu ağların geometrik yapısının deformasyon analiz sonuçları üzerindeki etkilerini araştırdığım bu çalışmada, değerli bilgi ve görüşlerinden yararlandığım çalışmalarım süresince değerli katkıları ile beni yönlendiren, bu çalışmamın gerçekleştirilmesinde büyük desteği olan saygı değer danışman hocam Sayın Prof. Dr. Tevfik AYAN'a sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim

Bu çalışmamın her aşamasında manevi ve teknik desteğini yanımda hissettiğim Jeodezi Anabilim Dalı Laboratuvarından sorumlu Arş. Gör. Sayın Serdar EROL'a da içten teşekkürlerimi sunuyorum

Çalışmalarım süresince, bana karşı göstermiş oldukları güler yüzlü ve pozitif yaklaşımından güç aldığıma Jeodezi Anabilim Dalının değerli hocalarından Sayın Doç. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK'e ve değerli araştırma görevlileri Sayın Dr. M. Tevfik ÖZLÜDEMİR'e, Sayın Bülent EROL'a, Sayın Caner GÜNEY'e, Sayın Orhan AKYILMAZ'a ve Sayın Mustafa ACAR'a da ayrı ayrı teşekkür ederim

Hedefe giden zorluklarla dolu bu yol da benimle birlikte yürüyen ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili dostum Vagif İBRAHİM MOVA' da şükranlarımı sunarım

Bu çalışmamın literatür taramalarının gerçekleştirilmesinde büyük yardımlarını gördüğümü Sayın Tiğnem DAMS' e ve Sayın David SCHWEITZER'e de ayrı ayrı teşekkür ederim

Çalışmalarım boyunca bana vermiş oldukları destek ve güvenden dolayı Donatella ALBERONI' ye ve Angelina MARZOTTI' ye de ayrı ayrı teşekkür ederim

En büyük mutluluk kaynağıma ileminde bu uğraşımda güç verici katkısı da oldukça önemli. Çalışmalarım süresince manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme ve özellikle de sevgili anneme içtenlikle teşekkür ederim

Bu çalışmamın deformasyon analizi konusuna ilgi duyan herkese yararlı olmasını diliyorum

Mayıs 2003

M. Onur KAPLAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
TABLO LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. DEFORMASYON ANALİZİNE GENEL BAKIŞ	4
2.1. Deformasyon Analizi Kavramı	4
2.2. Kontrol Ağları	6
2.3. Deformasyonların Belirlenmesi	11
2.4. Deformasyon Modelleri	11
3. JEODEZİK AĞLARIN DENGELENMESİ	14
3.1. Deformasyon Analizinin Dayanağı Olarak Serbest Ağ Dengelenmesi	16
3.1.1. Genel İz Minimum Serbest Dengelenmesi	19
3.1.2. Kısmi İz Minimum Serbest Dengelenmesi	20
4. DEFORMASYON ANALİZ YÖNTEMLERİ	22
4.1. Uygulamada Mevcut Analiz Yöntemleri	22
4.2. Bağlı Güven Hipsleri ile Deformasyon Analizi	23
4.2.1. Sabit Nokta Varsayımının Testi	24
4.2.2. Deformasyonların Lokalize Edilmesi	25
5. UYGULAMALAR	28
5.1. Çalışma Bölgesinin ve Kontrol Ağının Tanıtım	28
5.2. Kontrol Ağının Dengelenmesi	34
5.2.1. Kontrol Ağının Birinci Periyot Dengelenmesi	34
5.2.2. Kontrol Ağının İkinci Periyot Dengelenmesi	35
5.3. Global Test Uygulaması	35
5.4. Deformasyon Analizi	36
5.5. Ağ Yapısının Analiz Sonuçlarına Etkisi	58
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	70
KAYNAKLAR	73
EKLER	75
ÖZGEÇMİŞ	82

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Deformasyon modellerinin sınıflandırılması	13
Tablo 5.1. Kontrol ağını oluşturan noktaların yaklaşık koordinatları	31
Tablo 5.2. 1983 yılı kenar ölçüleri	31
Tablo 5.3. 1985 yılı kenar ölçüleri	31
Tablo 5.4. 1983 yılı doğrultu ölçüleri	32
Tablo 5.5. 1985 yılı doğrultu ölçüleri	32
Tablo 5.6. Kontrol ağını oluşturan noktaların dengelenmiş koordinatları	36
Tablo 5.7. Helmer transformasyonundan sonra elde edilen çıkışma artıkları	36

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Bir kontrol ağı örneği	7
Şekil 2.2 : Baraj deformasyonlarının belirlenmesine yönelik kurulan bir ağı ...	8
Şekil 2.3 : Kontrol ağı'nın yapısının deformasyonların saptanmasına etkisi ...	9
Şekil 5.1 : Türkiye ve çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası	28
Şekil 5.2 : Tektonik alt bölgeler	29
Şekil 5.3 : Cerede kontrol ağı	30
Şekil 5.4 : Yatay kontrol ağı kenar ölçme planı	33
Şekil 5.5 : Koordinat değerleri için veri giriş dosyası örneği	37
Şekil 5.6 : Doğrultu ölçüleri için veri giriş dosyası örneği	38
Şekil 5.7 : Kenar ölçüleri için veri giriş dosyası örneği	38
Şekil 5.8 : Jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda 2, 3, 4, 5 ve 6 numaralı noktalarda belirlenen hareketler ve yönleri	57
Şekil 5.9 : Jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda 2, 3, 4 ve 6 numaralı noktalarda belirlenen hareketler ve yönleri	68
Şekil 5.10 : Jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda 2, 3, 4 ve 5 numaralı noktalarda belirlenen hareketler ve yönleri	69

SEMBOL LİSTESİ

$d_{\max}$	: t_i ve t_0 zamanı arasında saptanan en büyük deformasyon
g_e	: bir yinelenme ölçme süresi için harcanan gün sayısı
g_{0i}	: t_0 zamanından t_i yinelenme ölçüsüne kadar geçen gün sayısı
$\underline{A}$	: Düzeltme denklemleri katsayılar matrisi
$\underline{x}$	: Koordinat bilinmeyenleri vektörü
$\underline{l}$	: Ölçüler vektörü
$\underline{v}$	: Düzeltmeler vektörü
$\underline{\Sigma}_{ll}$	: Ölçülerin varyans-kovaryans matrisi
$\underline{Q}_{ll}$	: Ölçülerin kofaktörler matrisi
σ_0^2	: Birim ağırlıklı ölçünün teorik varyansı
$\hat{\sigma}_0^2$	: Birim ağırlıklı ölçünün varyansı nın kestirim değeri
n	: Ölçü sayısı
u	: Bilinmeyen sayısı
$\hat{x}$	: Koordinat bilinmeyenlerinin dengelenmiş değeri
$\underline{P}$	: Ağırlık katsayılar matrisi
$\underline{N}$	: Normal denklemler katsayılar matrisi
$\underline{I}$	: Birim matris
$\underline{N}^+$	: Normal denklemler katsayılar matrisinin Moore-Penrose inversi
$\underline{G}$	: Serbest ağı dengelenmesini ek matrisi
T_{d_j}	: d_j deformasyon vektörü için hesaplanan test büyüklüğü
H_0	: Sıfır hipotezi
$\underline{Q}_{xx}$	: Bilinmeyenlerin kofaktörler matrisi
A	: Hata elipsi büyük yarı eksen
B	: Hata elipsi küçük yarı eksen
θ	: Hata elipsinin büyük yarı ekseninin açıklık açısı
$\underline{E}$	: Datum seçici matris
f	: Serbestlik derecesi
F	: Fischer dağılım operatörü
d_s	: Deformasyon vektörü
m_y	: y- Eksenini doğrultusundaki standart sapma
m_x	: x- Eksenini doğrultusundaki standart sapma
mp	: Kareler ortalamaya nokta konum hatası
dy	: Her iki periyotun x- yönündeki koordinat farkı
dx	: Her iki periyotun y- yönündeki koordinat farkı
$R_1 - D_s$	: Kayma vektörünün açıklık açısı

Ds : Kayma miktarı
Konf- DS : Deformasyon Vektörünün Güven Alanı
PH : Ortalama Hata Elipsinin Büyük Ekseni'nin Açıklık Açısı

KONTROL AĞLARI NIN TASARI M VE ANALİ Zİ

ÖZET

Büyük yapıların planlanması sırasında, yapının oturacağı zeminde yapıya zarar verebilecek olası yer kabuğu hareketlerinin saptanması, daha sonra çevrenin yapıya etkileri veya yüklenme nedeniyle yapıda meydana gelebilecek geometrik şekil değişimlerinin saptanması ya da salt yeryüzü kabuk hareketlerinin belirlenmesi için yapılan jeodezik ölçmelere “deformasyon ölçmeleri”, bu ölçülerin değerlendirilerek deformasyonların saptanması ve yorumlanmasına da “deformasyon analizi” adı verilmiştir.

Jeodezik ağılar kullanılarak yapılan deformasyon analizi çalışmalarında ilgili obje veya alan genellikle sağlam şekilde tesis edilmiş veya işaretlenmiş noktalarla temsil edilir. Jeodezik gözlemlerle bu nokta kümeleri bir jeodezik ağa dönüştürülür. Bu noktaların seçimini, çoğu durumda arazi topografyası ve incelenecek objenin yapısı belirler. Nokta sayısının ne olmasıdır sorusunun yanıtı ise objeye ve de beklenen deformasyonlara sıkı sıkıya bağlıdır. Bu şekilde kurulan deformasyonların belirlenmesine yönelik ağılar “kontrol ağıları” olarak anılır.

Bir objedeki yada alandaki deformasyonların belirlenmesi için jeodezik gözlemler değişik periyotlarla tekrarlanır. Her bir periyot ölçümleri bağımsız olarak dengelenir. Periyotlar arasındaki koordinat farklarından deformasyon modelinin parametreleri tahmin edilir ve objedeki deformasyonlar hakkında bir yargıya varılır.

Deformasyon analizinde istenilen amaca ulaşabilmekte kurulacak ağın di zaymı birinci derecede öneme sahip olduğundan, ağın yapılacak çalışma için “optimal bir ağ” olması gerekmektedir. Optimal bir deformasyon ağının amaçları :

- Önceden tahmin edilmiş bir doğruluğa ulaşmak
- Kendi kendini kontrol edebilen güvenilir bir matematiksel model kurmak

- Parametreleri bilinen a priori fonksiyonlara karşı yeterli duyarlılığı sağlamak
- Problemin pratik ve ekonomik kısıtlamalarını karşılayabilen ölçü planını belirlemektir.

Bu çalışmada, kuzey anadolu fay kuşağının Gerede bölgesinde tesis edilmiş olan 8 noktadan oluşan mikro-jeodezik ağda bölgedeki olası fay çizgilerini belirlemek amacıyla, “bağıl güven elipsleri” ile deforasyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Deforasyon analizi, Gerede kontrol ağında 1983 ve 1985 yıllarında yapılan doğrultu ve kenar ölçülerine göre gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, ağda deforasyon olup olmadığı yani ağdaki noktaların yerlerinin değişip değişmediği incelenmiştir. Ağda deforasyon olduğuna karar verildikten sonra, ağdaki sabit noktalar belirlenip, bu sabit noktaların datuma katkısıyla, 1983 ve 1985 yıllarına ait ölçüler tümden dengelenmiştir.

Tümden dengelenmede sabit noktalar için bir çift koordinat bilinmeyen, deforasyon noktaları için iki çift koordinat bilinmeyen tanımlanmıştır. Tümden dengelenme sonunda, deforasyon noktalarındaki deforasyonlar % 95 istatistiksel güven ile belirlenmiştir.

Bu çalışmada ayrıca ağın geometrik yapısının analiz sonuçlarına etkileride incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, kontrol ağının ölçü planından bazı ölçülerin çıkarılmasıyla deforasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bulunan analiz sonuçları kendi aralarında karşılaştırılıp yorumlanmıştır.

DESIGN AND ANALYSIS OF CONTROL NETWORKS

SUMMARY

The geodetic measurements performed to determine possible deformations that occur on the ground that the construction is located. Detecting the effect of the construction, the possible displacements in the surroundings, the geometric deformations on the construction as a result of loading on it and to determine just the crustal movements on the earth are called as “deformation measurements”. Determination and the interpretation of the deformations through the evaluation of these measurements are named as “deformation analysis”.

The object or area under investigation is usually represented by a number of points which are monumented or marked durably. Geodetic observations transform the cluster of points into a geodetic network. The selection of points is, in most cases, governed by the topography or the structure of the object. The question of the number of points necessary strongly depends on the object and on the deformations anticipated. The networks which are constructed to determine deformations are known “control networks”.

To investigate the deformations of an object or an area the geodetic observations are repeated at different epochs of time. The observations of each epoch are adjusted independently. From coordinate differences between the epochs the parameters of a deformation model are estimated and conclusions on the object deformations are drawn.

Since design of deformation networks has minor significance to determine deformations, the geodetic networks must have optimal design. Objectives of the optimization of a deformation network are:

- To meet a predetermined accuracy goal,
- To establish a self-checking and reliable mathematical model,
- To yield sufficient sensitivity in respect to certain a priori known functions of the parameters,
- To design an observation scheme which is feasible under practical and financial constraints

This study is an application of a method which was used in order to detect possible fault lines in Cerede region. The network which was established for this aim has 8 points. This mentioned method is called “deformation analysis with relative confidence ellipses”.

The deformation analysis has been carried out with respect to the results for this of direction and distance measurements in 1983 and in 1985. First of all, it was decided whether there have been horizontal movements in the network or not. After decided that there have been some horizontal movements in the network, stable points were determined. All the observations in the two periods are adjusted combinedly as free nets by taking as datum points which are assumed to be stable with respect to each other.

For this process the datum point coordinate unknowns are taken as a one valued set, but the other points are considered as two valued set, each value corresponding to each period. Horizontal movements on the deformation points were determined with % 95 statistical confidence.

In this study, besides deformation analysis in Cerede network, effects of geometrical structure of the network in deformation analysis were researched. To get this target, some observations were put out from observation plan of the network. Then analysis processes were repeated according to new observation plan. Finally, the results of analyses were compared and interpreted.

1. GİRİŞ

Büyük yapıların planlanması sırasında, yapının oturacağı zeminde yapıya zarar verebilecek olası yer kabuğu hareketlerinin saptanması, daha sonra çevrenin yapıya etkileri ve yüklenme nedeniyle yapıda meydana gelebilecek geometrik şekil değişimlerinin saptanması veya yapının çevreye etkisiyle çevrede meydana gelebilecek değişimlerin saptanması ya da salt yeryüzü kabuk hareketlerinin belirlenmesi için yapılan jeodezik ölçmelere “deformasyon ölçmeleri”, bu ölçülerin değerlendirilerek deformasyonların saptanması ve yorumlanmasına da “deformasyon analizi” adı verilmektedir. Jeodezi biliminde deformasyon analizi için genellikle amaç, olası deformasyonların yer, büyüklük ve zaman parametrelerine bağlı olarak elde edilmesidir. Elde edilen deformasyonların yorumu veya deformasyona karşı önlemler diğer bilim dallarının görevleri içinde yer alır.

1970’li yılların başlarında deformasyon analizinin bu klasik tanım genişletilerek yalnız geometrik şekil değişimi değil, deformasyon sebeplerinin de göz önünde tutulması veya belirlenmesi ve sebeplerinin dönüşüm fonksiyonlarının belirlenmesi amaç içinde yer almıştır. Bu görüş deformasyon analizinin uygulam alanını genişletmiş ve gelişen teknoloji ile modern ölçme aletleri ve yeni analiz tekniklerinin kullanımı gerekli kılmuş ve deformasyon analizi yeni boyutlara ulaşmıştır.

Deformasyonların saptanmasına yarayan jeodezik ağlar genellikle lokal ağlar olarak kurulur ve yöneltilmeleri yaklaşık olabildiği gibi gelişigüzel de alınabilir. Diğer bir deyişle, bu ağların herhangi bir koordinat sistemine bağlı olması gerekmez. Bu şekilde kurulan deformasyonların belirlenmesi amacıyla yönelik ağlar “kontrol ağları” olarak tanımlanır (Ayan, 1982). Deformasyon analizinde istenilen amaçla ulaşılabilmede kurulacak ağın dizaynı birinci derecede önem taşıdığından, ağın yapılacak çalışma için optimal bir ağ olması gerekmektedir.

Optimal bir deformasyon izleme ağının amaçları:

1. Önceden tahmin edilmiş bir doğruluğa ulaşmak
2. Kendi kendini kontrol edebilen güvenilir bir matematiksel model kurmak
3. Parametreleri bilinen belirli bir a priori fonksiyonlara karşı yeterli duyarlılığı sağlamak
4. Problemin pratik ve ekonomik kısıtlamalarını karşılayabilen ölçü planını belirlemektir (Caspary, 1987).

Bir objedeki ya da alandaki deformasyonların belirlenmesi için jeodezik gözlemler değişik periyotlarda tekrarlanır. Her bir periyot ölçüleri bağımsız olarak dengelenir. Periyotlar arasındaki koordinat farklarından deformasyon modelinin parametreleri tahmin edilir ve objedeki deformasyonlar hakkında bir yargıya varılır.

Teorik olarak, bir periyottaki tüm ölçüler eşzamanlı yapılmış sayılır. Bu varsayımın sağlanması imkansız olduğu için ölçme süresince meydana gelebilecek deformasyonlar da göz önüne alınmalıdır. Eğer, deformasyon hızı küçük ve ölçme süresi kısa ise bu etki ihmal edilebilir. Diğer taraftan, deformasyon hızının yüksek ve ölçme süresinin uzun olması durumunda gözlemler aynı bir referans tarihe veya zamana (epok) dönüştürülmelidir.

Deformasyon analizi, beklenen deformasyon türüne ve kullanılan jeodezik ağına tipine göre ardışık adımlar izlenerek yapılır. Eğer jeodezik ağ referans ve deformasyon noktalarından oluşuyorsa temel adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Referans (sabit) noktalarının incelenmesi ve hareketli olanların eleme edilmesi
2. Deformasyon noktalarının noktasal hareketlerinin incelenmesi, bu noktaların ihmal edilmesi veya varsa yer değiştirmelerinin modellenmesi
3. Katı kitle hareketlerini ve cisim deformasyonlarını içeren deformasyon modelinin tasarımı
4. Bu modelin istatistik testlerle doğrulanması (Caspary, 1987)

Kontrol ağında sadece deformasyon noktaları varsa, örneğin, bir fay hattının iki yanında tesis edilmiş noktalar varsa, ya da doğrudan problemin türünden

kaynaklanan, referans ve defor masyon noktaları arasında kesin bir ayrım yapmak mümkün değilse, defor masyon analizi ne defor masyon noktalarının noktasal hareketlerini incelemesinden başlanır.

Ölçülerin ilk tekrarı ndan sonra, iki ayrı jeodezik veri grubu elde edildi ğ inde çift-epok analizi yapılabilir. Bu durumda kullanılacak defor masyon modeli statik ya da dinamik modeldir. Statik model olayı salt geometrik açıdan değerlendirir ve sonuç olarak deplasman vektörlerini ortaya koyar. Dinamik model ise bu deplasmanlar ile bunlara sebep olan dış kuvvetler arasındaki ilişkiyi ortaya koyar. Bu analizin sonuçları genellikle kurulan ağın uygunluğu ve daha sonraki ölçü epoklarının frekansları üzerine alınacak kararlara temel olurlar. Genellikle her yeni epoktan sonra ayrı bir çift-epok analizi yapılır (Ayan, 1981).

Defor masyon analizi objelerin sağ lamlığı nın araştırılması için kuvvetli bir araçtır. Fakat, sonuçların her zaman dikkatli ve hassas olarak yapılmış gözlemlerden türetil di ğ i unutul malıdır.

Jeodezik ağlarda yapılan defor masyon analizinde çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler: Kontrol ağının ikiye ayrılması yöntemi, ortalama aykırılık yöntemi ile defor masyon analizi ve bağıl güven elipsleri ile defor masyon analizi şeklinde sıralanabilir.

Bu çalış mada “Kadean 2D” programı kullanılarak, bağıl güven elipsleri yöntemi ne göre defor masyon analizi yapılmıştır. Noktaların konum değ iş i mlerini analizi ne ek olarak, ağın geometrik yapısının analiz sonuçlarına etkileri incelenmiştir.

2. DEFORMASYON ANALİZİNE GENEL BAKIŞ

2.1. Deformasyon Analizi Kavramı

Büyük yapıların planlanması sırasında, yapının oturacağı zeminde yapıya zarar verebilecek olası yer kabuğu hareketlerinin saptanması, daha sonra çevrenin yapıya etkileri ve yüklenme nedeniyle yapıda meydana gelebilecek geometrik şekil değişimlerinin saptanması veya yapının çevreye etkisiyle çevrede meydana gelebilecek değişimlerin saptanması ya da salt yeryüzü kabuk hareketlerinin belirlenmesi için yapılan jeodezik ölçmelere “deformasyon ölçmeleri”, bu ölçümlerin değerlendirilerek deformasyonların saptanması ve yorumlanması na da “deformasyon analizi” adı verilmiştir. Jeodezi bilminde deformasyon analizi için genellikle amaç, olası deformasyonların yer, büyüklük ve zaman parametrelerine bağlı olarak elde edilmesi dir. Elde edilen sonuçların yorumu veya deformasyona karşı önlemler diğer bilim dallarının görevleri içinde yer alır.

1970’li yılların başlarında deformasyon analizinin bu klasik tanım genişletilerek yalnız geometrik şekil değişimleri değil, deformasyon sebeplerinin de göz önünde tutulması veya belirlenmesi ve sebeplerinin dönüşüm fonksiyonlarının belirlenmesi amaç içinde yer almıştır. Bu görüş, deformasyon analizinin uygulama alanını genişletmiş ve gelişen teknoloji ile modern ölçme aletleri ve yeni analiz tekniklerinin kullanımı gerekli kılmış ve deformasyon analizi yeni boyutlara ulaşmıştır (Ayan, 1982).

Jeodezik yöntemlerle deformasyon analizinin uygulama alanları

- Güncel yer kabuğu hareketlerinin saptanması
- Heyelanların izlenmesi
- Buzul hareketlerinin izlenmesi

- Zemin çökmelerini belirlemesi
- Barajlardaki olası hareketlerin belirlenmesi
- Endüstriyel tesislerdeki aşınma vb. değişimlerin kontrolü
- Mühendislik yapılarındaki yer ve şekil değişimlerinin saptanması

Deformasyon izlenmesinin amaçları ise :

- Jeofizik, jeolojik, buzul bilim ve mühendislik bilimlerinde hipotezlerin geliştirilmesi ve/veya doğrulanması
- Mühendislik yapılarının güvenlik ve performansının değerlendirilmesi
- Mühendislik yapılarını, olası heyelan vb. zemin hareketlerinden kaynaklanacak risk yayılmasına karşı korumak
- Madencilik tünel açma gibi kazı çalışmalarında olası çökme den kaynaklanacak sorunlulukların saptanması

şeklinde özetlenebilir (Caspary, 1987).

Jeodezik uygulamalarda, deformasyonların izlenmesi yöntemleri jeodezik kontrol ağlarında yapılan ölçülerin değerlendirilmesine dayanır. Son zamanlarda “Global Konum Belirleme (GPS)” yöntemi ve diğer uydu teknikleri de, kurulan uydu jeodezik ağları yardımıyla, deformasyonların izlenmesinde dünyada ve ülkemizde yaygın olarak uygulanmaktadır.

Jeodezik yöntemlerin dışında bazı özel aletlerin (sarkaçlar, klinometreler, basınçölçerler, sıcaklıkölçerler, gerilimölçerler vb.) kullanımıyla da deformasyonlar izlenebilmektedir. Fiziksel ölçme yöntemi olarak adlandırılan bu yöntemin temel ilkesi, obje noktasında meydana gelen deformasyonların, yani mekanik değişimlerin elektriksel büyüklükler olarak bir kaydedici aracılığıyla kaydedilmesidir. Fiziksel ölçme yönteminde, yapının karakteristik yerlerine yerleştirilen ölçme aletleri aracılığıyla, yapının her konumdaki (yüklenme, basınç vb.) hareketleri anında ve sürekli bir şekilde izlenebilir (Yılmaz, 1993).

2.2 Kontrol Ağları

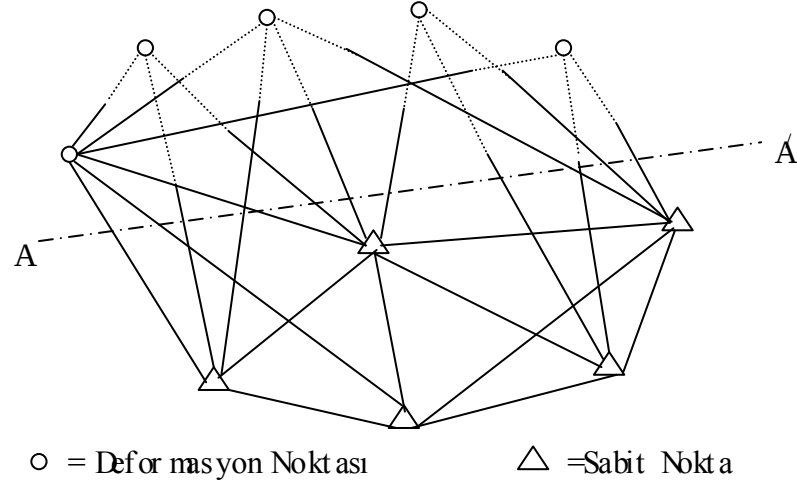
Deformasyonların saptanmasına yarayan jeodezik ağlar genellikle lokal ağlar olarak kurulumları ve yöneltmeleri yaklaşık olabildiği gibi gelişigüzel de alınabilir, diğer bir deyişle bu ağların bir koordinat sistemine bağlı olması gerekmez. Jeodezik ağlar kullanılarak yapılan deformasyon analizi çalışmalarında ilgili obje veya alan genellikle sağlam şekilde tesis edilmiş veya işaretlenmiş noktalarla temsil edilir. Jeodezik gözlemlerle bu nokta kümeleri bir jeodezik ağına dönüştürülür. Bu noktaların seçimini, çoğu durumda arazi topografyası ve incelenecek objenin yapısı belirler. Nokta sayısı ne olmalıdır sorusunun yanıtı ise objeye ve de beklenen deformasyonlara sıkı sıkıya bağlıdır. Bu nedenle genel bir kural koymak imkansızdır. Disiplinler arası bir yaklaşım her zaman amaçlanmalıdır. Bu şekilde kurulan deformasyonların belirlenmesine yönelik ağlar “kontrol ağları” olarak anılır ve genellikle üç ayrı özellikte noktalardan oluşur. Bunlar “deformasyon noktaları”, “sabit(referans) noktalar” ve “yöneltme noktaları”dır (Ayan, 1982).

Deformasyon noktaları, deformasyon incelemesine konu olan yapıyı ve bölgeyi temsil edebilecek özelliklerine sahip en büyük ve en küçük deformasyonların beklendiği yerlerde ve genellikle yapı üzerinde seçilir. Bu noktalardan üzerinde ölçme yapma olanağı bulunan noktalara zorunlu merkezlendirme donanımlı pilyeler tesis edilir. Bunun yapılmasının nedeni, merkezlendirme hatasını ortadan kaldırmak ve ölçüler arasında bu hatadan kaynaklanacak fiziksel bir korelasyonun önüne geçmektir. Üzerinde ölçme yapma olanağı olmayan noktalar ise çabuk bozulmayacak şekilde bronz veya gözleme plakası ile işaretlenir.

Sabit noktalar ise deformasyon beklenmeyen yerlerde seçilen, üzerinde ölçme yapılabilecek noktalardır ve yine zorunlu merkezlendirme donanımlı pilyeler ile arazide işaretlenir. Bu noktaların ölçmeler sırasında işletmeyi engellenecek şekilde seçilmesine de özen gösterilir. Ayrıca bu noktaların muhtemel küçük hareketlerini saptamak üzere, çevrelerine ağ noktaları olarak sayılan sigorta noktaları yerleştirilmesi de yararlıdır. Sabit noktaların uzun yıllar hareketsiz kalacağı düşünülür.

Yöneltme noktaları yukarıda sayılan noktalardan oluşan ağ parçasının tümünden hareketlerini saptamaya ve ağın bu çekirdek kısmının prezisyonuna katkıda

bulunmak üzere yöneltmeye yarayan ve genellikle çekirdek kısmının dışında, yerlerinin sabit kalma olasılığı daha yüksek olan, kontrol ağının çerçeve noktalarıdır. Genellikle bu noktalar üzerinde ölçü yapılır, arazi işareti sabit noktalara olan uzaklığına bağlıdır; çok uzakta olan yöneltme noktaları üzerine pilye yapılabilir. Uygulamada yöneltme noktaları içeren kontrol ağlarına da rastlanmaktadır.



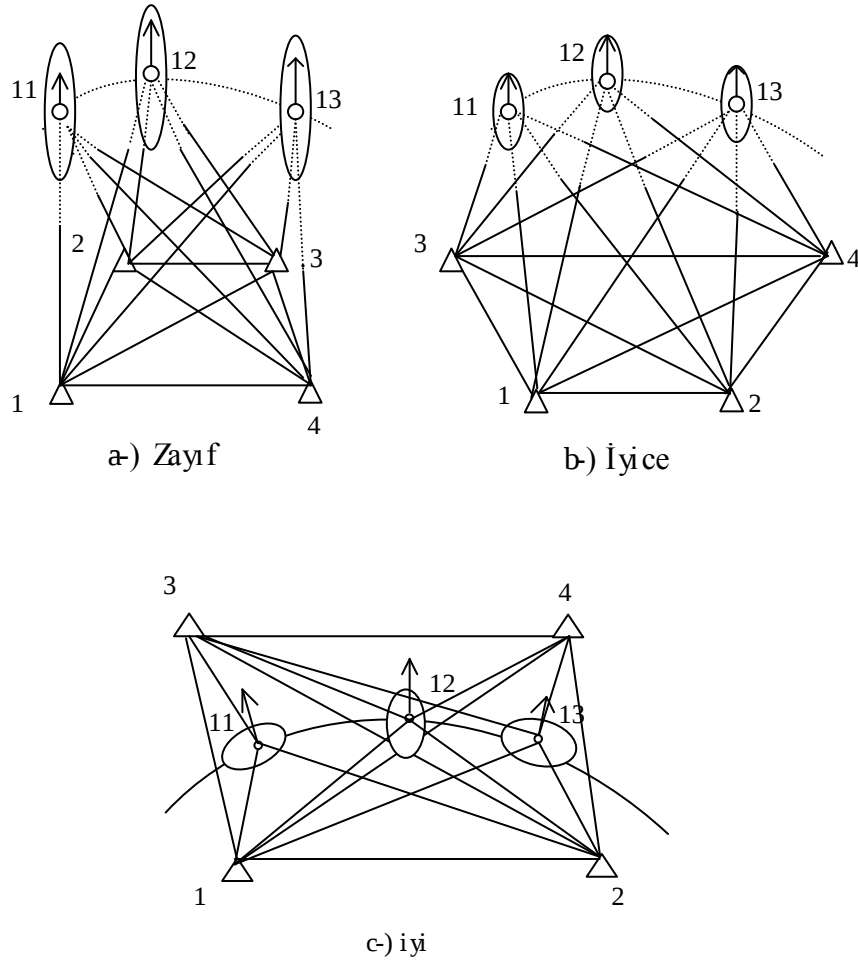
Şekil 2.1. Bir kontrol ağ örneği

Kontrol ağının noktalarının seçiminde yukarıda sayılan özelliklerin yanında, bir klasik jeodezik ağ için aranan özellikler de, aranır. Yani, kontrol ağının geometrik yapısı:

1. Deformasyonların saptanmasına el verecek prezisyonu sağlamalıdır.
2. Kaba ölçü hatalarına karşı duyarlı olmalıdır.

Kontrol ağının geometrik yapısının beklenen deformasyonun ortaya çıkarılmasına uygun olup olmadığı ilk nokta seçiminden sonra ve ölçümelere başlanmadan önce kontrol edilmelidir. Böyle bir kontrol için, ağın taslak şeklinden ve elde bulunan ölçme aletlerinin sağlayabilecekleri bir a priori $\bar{\sigma}_0$ dan hareket edilir. Seçilen ağ noktalarının yaklaşık koordinatları, tasarlanan ölçü planı ve $\bar{\sigma}_0$ ile, kontrol ağının karesel ortalama nokta konum hataları ve ortalama hata elipsleri hesaplanabilir. Ortalama hata elipslerinin büyüklüğü ile beklenen deformasyonlar veya deformasyonlar için düşünülen alt sınır değer karşılaştırıldığında, deformasyon

yansıtmaktadır. Ortalama hata elipslerinin büyüklükleri amaç olarak ortaya konularak, ağın şeklinin nasıl olması gerektiği ve gerekli ölçme prezisyonlarını hesaplamak üzere ağ bir optimizasyon problemi ne konu edilebilir (Ayan, 1981).



Şekil 2.3 Kontrol ağının yapısının deformasyonlarının saptanmasına etkisi

Kontrol ağının tasarımı şu şekilde özetleyebiliriz:

1. Kontrol ağının gerçek kullanıcıları genellikle jeofizikçiler, jeodologlar, buzul bilimciler, inşaat mühendisleri ya da maden mühendisleridir. Bu uzmanlar deformasyon analizi sonucunda ortaya konmuş bir deformasyon modeli beklerler. En azından yapının ya da bölgenin en önemli yerlerini ve sabit noktalarının tespit edilebileceği en uygun yerleri göstermelidirler.

2. Mümkün olan tüm ölçüler belirlenir.
3. Ölçümlerde kullanılan alet ve her bir gözlemlerdeki ölçü sayısı dikkate alınarak ölçülerin doğrulukları tahmin edilir.
4. Gauss-Markoff modeli kurulur ve proje ile ilgili doğruluk ölçütleri, güvenilirlik, duyarlılık ve maliyet hesaplamaları yapılır.
5. Her bir ölçünün diğerleri üzerindeki etkileri jeodezik ağların değer yargılarına (doğruluk, güvenilirlik, duyarlılık ve maliyet) göre hesaplanır ve ölçüler etki büyüklüklerine göre sıralanır.
6. Ölçülerden amaç fonksiyonuna etkisi en az olanların çıkarılması, alet değişimlerinin ele alınması ve uygun ölçülerin tekrar sayısının artırılması ile dördüncü adımda elde edilen sonuçlar verilen bir ölçüt ile karşılaştırılır ve minimum maliyet, yeterli doğruluk, güvenilirlik ve duyarlılık araştırılır.
7. Tatmin edici bir sonuç elde edildiğinde tüm bu işlemler alternatif nokta yerleri kullanılarak tekrar edilir. Bu optimizasyon işlemi, minimum maliyet ve yeterli doğruluğa ulaşana kadar devam eden interaktif ağ tasarımı ile gerçekleştirilir (Caspary, 1987; Frol, 1999).

Kontrol ağı tasarlandıktan sonra, ölçmeye gerek kalmadan yaklaşık koordinat hesabı ile bu ağın hesaplanması mümkündür. Yaklaşık koordinatlardan ve ölçme planından yararlanılarak düzeltme denklemleri katsayılar matrisi elde edilir. Düzeltme denklemleri katsayılar matrisinden, normal denklemler belirlenip, mutlak terimler bulunur. Bu aşamada normal denklemler katsayılar matrisinin tersi alınarak bilinmeyenlerin kofaktörler matrisi yani Q_x hesaplanır. Q_x değerlerinden yararlanılarak her bir noktadaki ortalama hata elipsi eksenleri: a , b , θ belirli bir ölçekle hesaplanır. Burada sadece birim ağırlıklı ölçünün karesel ortalama hatasını (m_0) hesaplamak mümkün değildir. Birim ağırlıklı ölçünün karesel ortalama hatasının hesaplanması istenilen sonucun alınmadığı anlamında değildir. Çünkü birim ağırlıklı ölçünün karesel ortalama hatası sadece bir ölçek çarpanıdır. Sonuç olarak; kontrol ağından, bu ağı ölçmeye gerek kalmadan ağı ölçülükten sonraki çözüme yakın sonuçları elde edebilir. Bu sonuçlar, kesin sonuçlar olmakla birlikte, ağın yapısı hakkında önceden bir fikir edinilmesine yardımcı olacak değerlerdir.

2.3 Deformasyonların Belirlenmesi

Deformasyonların saptamak için ağ ölçüleri belli zaman aralıklarında yenilenir. Yenileme ölçüleri arasındaki zaman, ölçme periyodu, muhtemel deformasyonların büyüklüğüne veya yapıya etkiyen kuvvetlerin değişimine bağlı olarak belirlenir.

Ağın ilk ölçüleri, sıfır ölçüsü veya referans ölçüsü adını alır. Yenileme ölçüleri ise, yenileme sırasına göre adlandırılır. 1. yenileme ölçüsü, 2. yenileme ölçüsü gibi, ya da t_0 ölçü grubu, t_1 ölçü grubu gibi ölçü gruplarından söz edilir.

Sıfır ölçüsü ile bir yenileme ölçüsü arasında veya iki yenileme ölçüsü arasında kontrol ağı aynı kalmışsa, yani ağa yeni noktalar eklenmiş ve bazı noktalar eksilmiyorsa, ölçü planı değişmemiş ve prezisyon aynı kalmışsa kontrol ağı “ünivaryat dizaynı”dır denir.

Ölçü grupları arasında geçen zaman içinde ağın bazı noktaları kaybolmuş veya ağa yeni noktalar eklenmişse, “I. derece multivaryat dizayn”; ağ noktalarının aynı kalmasına karşın ağın ölçü planı, örneğin iki nokta arasındaki ölçüm yapma olanağının ortadan kalkmasıyla değişmişse “II. derece multivaryat dizayn”dan söz edilir (Ayan, 1982).

Ünivaryat dizaynı kontrol ağları ile deformasyon analizi için izlenen yol, multivaryat dizaynı kontrol ağları ile deformasyon analizi için izlenen yoldan farklıdır. Bu çalışmada ünivaryat dizaynı kontrol ağlarında deformasyon analizi konusu ele alınmıştır.

2.4 Deformasyon Modelleri

Deformasyonlar, problemi n şekline, kapsamına ve uygulanan veya uygulanacak ölçme yöntemlerinin türüne göre değişik modeller içinde incelenir; bunlar dinamik, kinematik veya statik modellerdir.

Dinamik modelde, yalnızca geometrik şekil değişimleri değil, deformasyona neden olan kuvvetlerin zamana ve dış etkilere bağlı olarak değişimi ve birbirleriyle

korelasyonu yanında, bu kuvvetlerin deformasyon sonucunu doğuran dönüşüm fonksiyonu araştırılır.

Dinamik deformasyon modeli bir baraj örneğinde açıklanmak isterse, barajın topladığı suyun hem yapıya hem de çevre topografyaya uyguladığı basınç ve bu basıncın su seviyesine bağlı olarak değişimi, günlük ve mevsimlik ısı değişimi ve yapının iç gerilimleri ile yapı çevresindeki yerkabuğu hareketleri deformasyonların nedenlerini oluşturmaktadır. Dolaysız ve dolaylı ölçme yöntemleri ile belirlenen deformasyonların ortaya çıkması, etkiyen kuvvetler ile yapı karakteristikliklerinin bileşiminden oluşan bir dönüşüm fonksiyonu ile olur. Dinamik deformasyon modelinde amaç bu dönüşüm fonksiyonunun saptanması ve nedenler ile deformasyonların yer, zaman ve frekans ilişkilerinin ortaya konmasıdır (Ayan, 1982).

Kinematik modelde ise konu ne kuvvetler ne de deformasyonların büyüklükleridir; deformasyon incelemesine konu bölge veya yapının karakteristik noktalarının hareketidir. Deformasyon incelemesine konu olan alanın büyük olması halinde, tüm sistemin bir kez ölçülmesi için uzun bir zamana gereksinim olabilir. Bu durumda gerekli uzun zaman içinde tüm sistemin sabit kaldığı varsayımı geçerli olmaz. Örneğin, bir ülkenin tümünde veya büyükçe bir bölümünde arazi yüksekliklerinin değişimini incelemek üzere o bölgede ni vel man ölçüleri her 20-25 yılda bir yenilenir. Bir yenileme ölçüsü de 4-5 yıl sürebilir. Yenileme ölçülerinin sürdüğü 4-5 yıl boyunca ni vel man noktalarının yüksekliklerinin sabit kaldığı düşünülür; bu durumda parametre olarak noktaların yükseklikleri yerine yükseklik değişimleri zamanın fonksiyonu olarak ifade edilerek düşey hareketlerin hızları alınır.

Deformasyon incelemesine konu yapı veya bölgedeki karakteristik noktadaki deformasyon vektörlerinin zamandan bağımsız olarak belirlenmesi statik modelin konusudur. Bu modelde tüm sistemin bir kez ölçülmesi esnasında noktaların sabit kaldıkları varsayılır. Bu varsayımın doğru olup olmadığını ancak deformasyonlar belirlendikten sonra kontrol edilebilir. Bunun için bir yenileme ölçme süresinde harcanan gün sayısı g ise ağn ilk ölçmelerinin yapıldığı t_0 zamanından t_i yenileme ölçüsüne kadar geçen gün sayısı g_{oi} ile, ve bu zaman aralığında saptanan en büyük deformasyon d_{max} ile gösterildiğinde deformasyonların meydana gelişinin lineer olduğu kabul edilerek,

$$d_s = \frac{g_e}{g_{oi}} d_{\max} \quad (2.1)$$

büyükölüğünün uygulanan ölçme prezisyonu ile saptanıp saptanmayacağına bakılır veya elde edilen karesel ortalama nokta konum hatası doğrudan doğruya d_s ile karşılaştırılır.

Tablo 2.1: Deformasyon modellerinin sınıflandırılması (Heunecke, Pelzer 1999; Heunecke ve Welsch, 1999; Akyılmaz, 2001)

Deformasyon Modeli	Uyşunluluk Modeli	Kinematik Model	Statik Model	Dinamik Model
Zaman	Model Yok	Zamanın Fonksiyonu Olarak Hareketler	Model Yok	Zamanın ve Yüklerin Fonksiyonu Olarak Hareketler
Etkiyen Kuvvetler	Model Yok	Model Yok	Yüklerin Fonksiyonu Olarak Hareketler	
Objenin Durumu	Yeterli Derecede Dengede	Sürekli Hareket Halinde	Yükler Altında Yeterli Derecede Dengede	Sürekli Hareket Halinde

3. JEODEZİK AĞLARIN DENGELENMESİ

Deformasyon analizine kontrol ağının dengelenmesi ile başlanır, dengelenenin bilinmeyenleri olarak ağ noktalarının koordinatları alınır. Nokta koordinatlarının dengelenenin bilinmeyenleri olarak seçilmesi deformasyonların geometrik gösteriminde ve yorumlanmasında kolaylıklar sağlar (Ayan, 1981).

Ağın durumu olarak bilinen, ağın konumlandırılması, yöneltilmesi açılı ağlarında ölçeklendirilmesi bazı ön kabullere dayanmaksızın, yani ağın tüm nokta koordinatlarının bilinmeyen olarak seçilmesi ile dengelenen ağlar ‘bağıntısız ağ’, ya da ‘serbest ağ’ adını alırlar.

Dengelenenin yapılabilmesi için, öncelikle ölçülerle bilinmeyenler arasında matematiksel ilişki kurulur. Dengelene modeli olarak kullanılan model ‘Gauss-Markoff’ modelidir. Gauss-Markoff modeli, lineer hale getirilmiş fonksiyonel model, matris gösterimi ile,

$$\underline{l} + \underline{v} = \underline{A}\underline{x} \quad (3.1)$$

ve stokastik model

$$\underline{\Sigma}_{ll} = \sigma_0^2 \underline{Q}_{ll} \quad (3.2)$$

ile verilmektedir. Burada n ölçü sayısı, u bilinmeyenlerin sayısı olmak üzere,

$\underline{A}$: düzeltme denklemi katsayılar matrisini (dizayn matrisi), $\alpha(\underline{A}) = n$

$\underline{x}$: koordinat bilinmeyenleri vektörü, $\alpha(\underline{x}) = u$

$\underline{l}$: ölçüler vektörü, $\alpha(\underline{l}) = n$

$\underline{v}$: ölçülerin düzeltmeler vektörü, $\alpha(\underline{v}) = n$

$\underline{\Sigma}_{ll}$: ölçülerin varyans-kovaryans matrisini, $\alpha(\underline{\Sigma}_{ll}) = n \times n$

$\underline{Q}_1$: ölçülerin kofaktörler matrisini, $o(\underline{Q}) = n \times n$

σ_0^2 : birim ağırlıklı ölçünün varyansını

göstermektedir.

Ölçülerin ağırlık matrisi için $\underline{P} = \underline{Q}_1^{-1}$ geçerlidir ve ölçüler arasında korelasyon yoksa $\underline{P}$ bir köşegen matristir. Gauss-Markoff modelinden bilinmeyenler için ‘en olasılıklı değer’ veya ‘kesin değer’, $\hat{x}$

$$\underline{A}^T \underline{Q}_1^{-1} \underline{A} \underline{x} = \underline{A}^T \underline{Q}_1^{-1} \underline{l} \quad (3.3)$$

bağıntısı ile verilen, dengeleme için normal denklemlerinin çözümü ile ve düzeltmeler 3.1. de $\underline{x}$ yerine $\hat{x}$ konarak

$$\underline{v} = \underline{A} \hat{x} - \underline{l} \quad (3.4)$$

ile ve σ_0^2 teorik varyansı için bir hesap değeri

$$\sigma_0^2 = \frac{\underline{v}^T \underline{Q}_1^{-1} \underline{v}}{n - u} \quad (3.5)$$

bağıntısı ile bulunur.

$\frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2}$ büyüklüğü F-testi uygulanarak test edilebilir. Bu test kabul edilen fonksiyonel

veya stokastik modelin verilen istatistik olasılıkla reddedilip edilmeyeceğini belirler. Testte çok sayıda ölçünün yer almasından dolayı, tek bir ölçü için yeterli duyarlılık olmayabilir, yani, testin modeli reddetmesine karşın ölçüler arasında hatalar bulunabilir (Gründig 1986; Akylmaz, 2001).

Dengelemeye başlamadan önce bütün ölçülerin a-priori doğrulukları bilinir ve bu doğruluklar ölçülerin dengeleme öncesinde normal denklemlerin kurulması aşamasında yer alacak ağırlıkların belirlenmesinde kullanılır.

Kaşılaştırılacak olan iki periyoda ait veriler birlikte dengeleniyorsa ve bir noktaya ait bir çift dengeli koordinat değeri bulunuyorsa ‘‘multivaryat dengelenme’’, iki periyodun verileri ayrı ayrı dengeleniyorsa ‘‘bivaryat dengelenme’’ tanımları kullanılır.

Deformasyon analizinde, varsayımlardan mümkün olduğu kadar sakınmak ilkesine uygun olarak, ağın datumu üzerinde varsayımlara meydan vermeyen ve ağın iç prezisyonunu gerçekçi bir biçimde yansıtan ‘‘Serbest Ağ Dengelenmesi’’ uygulanır (Ayan, 1981).

3.1. Deformasyon Analizinin Dayanağı Olarak Serbest Ağ Dengelenmesi

Bağılantısız yüzey ağlarının dengelenmesinde alışılmış yol, ağın bir P_0 çıkış noktasının X_0, Y_0 koordinatları ile ağın yönünü belirlemek üzere en az bir kenarın açıklıka açısının verilmesi veya ön kabul ile belirlenmesidir. Bir ağın dış parametreleri olarak bilinen bu büyüklükler, hata hesabı sırasında hatasız olarak kabul edilir ve diğer nokta koordinatlarının karesel ortalama hataları, hata yayılma kanununun bir sonucu olarak, çıkış noktasından uzaklaştıkça büyür. Uygulamada çıkış noktasının ağın ortalarında seçilmesi ile bu sakıncalı durum önlenmeye çalışılırsa da, bu gerçekçi bir çözüm değildir. Ön kabul ile belirlenen ağın dış parametreleri değiştiğinde ağın noktalarının koordinatlarının karesel ortalama hatalarının değişmesi, dengelenme sonuçlarından ağın prezisyonu hakkında bir yargıya varılması için yeterli değildir.

Başka bir deyişle, birden fazla noktanın değişmez alınması ağdaki ölçüler üzerinde zorlayıcı bir etki yapacağından dengelenme sonucu bulunan kofaktörler matrisi, ağın iç duyarlılığı hakkında gerçek bilgileri verecek olan istatistiksel hesaplamalara altlık oluşturacak nitelikte değildir.

Deformasyon analizine kontrol ağının dengelenmesi ile başlanır, uygulanacak dengelenme yöntemi ise hem hata hesaplarına hem de programlama tekniğine en uygun olan dolaylı ölçüler dengelenmesidir (Ayan, 1982).

Deformasyon analizinde varsayımlardan mümkün olduğu kadar sakınmak ilkesine uygun olarak, ağın konumlandırılması, yöneltilmesi ve ölçeklendirilmesi yani ağın datumu üzerinde varsayımlara meydan vermeyen ve ağın iç prezisyonunu gerçekçi bir biçimde yansıtan serbest ağ dengelenmesi uygulanır.

Dengelemenin normal denklemler katsayılar matrisi, $\underline{N} = \underline{A}^T \underline{P} \underline{A}$ ve $\underline{n} = \underline{A}^T \underline{P} \underline{l}$ ile

$$\underline{N} \underline{\hat{x}} = \underline{n} \quad (3.6)$$

olmak üzere, ağ serbest dengelenmek üzere tüm nokta koordinatları bilinmeyen olarak alındığında, katsayılar matrisinin rangı $r(\underline{N})$, bilinmeyen sayısı u ' dan küçüktür ve $\underline{N}$ matrisinin,

$$\underline{N} \underline{N}^{-1} = \underline{N}^{-1} \underline{N} = \underline{I} \quad (3.7)$$

Bağıntısını sağlayan Cayley inversi $\underline{N}^{-1}$ yoktur.

Bu yüzden dengelemeye $\underline{v}^T \underline{P} \underline{v} = \min$ ilkesine ek olarak,

$$\underline{x}^T \underline{x} = \min \quad (\text{Euclid Normu}) \quad (3.8)$$

koşulu ileri sürülür. Bu koşulun sağlanması ve (3.6) eşitliğinin çözümü Moore-Penrose invers $\underline{N}^{\dagger}$ ile olur (Ayan, 1981).

$$\underline{x} = \underline{N}^{\dagger} \underline{n} \quad (3.9)$$

Moore-Penrose invers,

$$\underline{N} \underline{N}^{\dagger} \underline{N} = \underline{N}$$

$$\underline{N}^{\dagger} \underline{N} \underline{N}^{\dagger} = \underline{N}^{\dagger}$$

$$(\underline{N}^{\dagger} \underline{N})^T = \underline{N}^{\dagger} \underline{N} \quad (3.10)$$

$$(\underline{N} \underline{N}^{\dagger})^T = \underline{N} \underline{N}^{\dagger}$$

koşullarını sağlayan bir genelleştirilmiş inversdir (Ayan, 1978).

Moore-Penrose inversinin hesabı değişik yollarla mümkündür. Serbest ağlarda $\underline{N}$ normal denklem katsayılar matrisinin rank düşüklüğü dr bilindiğinden, Moore-Penrose inversinin hesabı için bir yol olarak $\underline{N}$

$$\sum x_i = 0$$

$$\sum y_i = 0 \quad (3.11)$$

$$\sum (x_i^0 y_i - y_i^0) = 0$$

koşullarının katsayılarından oluşan $\underline{G}$ matrisi ile genişletilerek,

$$\underline{N}^+ = \begin{bmatrix} N & G \\ G^+ & 0 \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

önerilebilir. (3.11) eşitliklerinden elde edilen $\underline{G}$ matrisi aç-kenar ağırları için;

$$\underline{G}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & \dots & 0 & 1 \\ -y_1 & x_1 & -y_2 & x_2 & \dots & -y_u & x_u \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

ve yalnız aç ağırları için ($dr = 4$)

$$\underline{G}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & \dots & 0 & 1 \\ -y_1 & x_1 & -y_2 & x_2 & \dots & -y_u & x_u \\ x_1 & y_1 & x_2 & y_2 & \dots & x_u & y_u \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

olur (Gothardt, 1978; Ayan, 1982).

Deformasyon analizinin birinci ilkesi varsayımlardan mümkün olduğu kadar sakınmak ise, ikinci ilkesi de kaçınılmaz varsayımların test edilmesi gereğidir. Bu nedenle dengelemenindeki varsayımlar da test edilmelidir (Ayan, 1982).

Serbest dengeleme metodu kısmi iz minimum ve genel iz minimum olacak şekilde iki türde yapılabilir.

3.1.1. Genel İz Minimum Serbest Dengeleme

Bu çözümde tüm ağ noktaları datumlarını kapsama alınır. Buna göre koordinat bilinmeyenleri vektörünün normu ve bunların kofaktörler matrisinin izi minimum olur.

$$\underline{B} = \underline{E} \underline{G} \quad (3.15)$$

eşitliğinden $\underline{E}$ birim matris ve $\underline{B} = \underline{G}$ yazıldığında $\underline{x}_g$ ve $\underline{Q}_g$ çözümleri elde edilir. Koordinat bilinmeyenlerinin $\underline{Q}_g$ ağırlık katsayıları matrisi, $\underline{N}$ matrisinin Moore-Penrose inversidir.

$\underline{Q}_g = \underline{N}^+$ matrisinin izi ve koordinat bilinmeyenlerinin normu için

$$\text{iz}(\underline{Q}_g) = \min \quad (3.16)$$

ve

$$\underline{x}_g^T \underline{x}_g = \min \quad (3.17)$$

özellikleri geçerlidir. Kısmi iz minimum çözümünde bilinmeyenler vektörünün yalnızca datum noktalarına karşılık bir bölümünün normu ve ağırlık katsayıları matrisinin bu noktalara karşılık alt matrisinin izi minimum olduğundan

$$\text{iz}(\underline{Q}_g) < \text{iz}(\underline{Q}) \quad (3.18)$$

ve

$$\underline{x}_g^T \underline{x}_g < \underline{x}_k^T \underline{x}_k \quad (3.19)$$

eşitsizlikleri yazılabilir.

$$\underline{G}^T \underline{x}_g = 0 \quad (3.20)$$

koşulu nedeniyle Helmert dönüşümü ağıntüm noktalarına uygulanmaktadır.

3.1.2 Kısımlı Minimum Serbest Dengeleme

Bu çözümde küçültülmüş koordinat bilinmeyenleri vektörünün bir bölümünün normu ve ağırlık katsayıları matrisinin bu noktalara (datum noktaları) karşılık alt matrisinin izini minimum yapılır.

Fonksiyonel model, defekt sayısı kadar $\underline{B}^T \underline{x} = 0$ koşul denklemleriyle genişletilirse, dengeleme Gauss- Markoff modelinde koşullu dengelemeye dönüşür ve buna göre,

$$\begin{bmatrix} \underline{N} & \underline{B} \\ \underline{B}^T & \underline{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{x}_b \\ \underline{k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{n} \\ \underline{0} \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

regüler normal denklem sistemi elde edilir. $\underline{x}_b$, $\underline{x}$ 'in $\underline{B}$ matrisine bağlı kestirim değeri, $\underline{k}$ korelat bilinmeyenlerdir ve bunlar sıfır çıktığından (3.21) normal denklem sistemi korelatlardan bağımsız

$$\underline{N} \underline{x}_b = \underline{n} \quad (3.22)$$

sistemine dönüşür.

$\underline{B}$ matrisi $\underline{A} \underline{G} = 0$ ve $\underline{N} \underline{G} = 0$ koşullarını sağlayan $\underline{G}$ matrisinden dönüştürülür. $\underline{E}$ matrisi, köşegeni üzerinde datumu belirleyen nokta koordinatlarına karşılık '1' değer nokta koordinatlarına karşılık '0' değerlerinden oluşmuş bir köşegen matris olmak üzere $\underline{B}$ matrisi

$$\underline{B} = \underline{E} \underline{G} \quad (3.23)$$

eşitliğiyle tanımlanır. Buna göre $\underline{B}$ matrisi, $\underline{G}$ matrisinde datum tanımlanmış girilen noktalarla ilişkin satır elemanları sıfır yapılarak elde edilir. $\underline{x}$ bilinmeyenler vektörünün datum belirleyen bölümü $\underline{x}_1$, diğerleri $\underline{x}_2$ ile gösterilirse

$$\underline{x}_1^T \underline{x}_2 = \underline{m} \quad (3.24)$$

özellik geçerlidir. $\underline{B}^T \underline{x}_b = 0$ koşulu ağın datumunu belirleyen noktaların dengelenmiş koordinatları ile yaklaşık nokta koordinatları arasında benzerlik (Helmer) dönüşümü uygulanabilir anlamındadır. $\underline{x}_1$ bilinmeyenleri datum noktalarının yaklaşık koordinatlarına getirilen düzeltmelerdir. (3.24) eşitliği,

düzeltilmelerin kareleri toplamının minimum olması koşuluna dayanan Helmert dönüşümünün doğal bir sonucudur.

Koordinat bilinmeyenlerinin Q ağırlık katsayıları matrisi, N normal denklem katsayılar matrisinin simetrik refleksi ve genel inversidir ve $Q = N$ olarak gösterilir. Bu matrisin yalnızca datum noktalarına (x_1 koordinat bilinmeyenlerine) karşılık alt matrisininizi minimumdur (Ghan, 1991).

4. DEFORMASYON ANALİZ YÖNTEMLERİ

4.1. Uygulamada Mevcut Analiz Yöntemleri

Jeodezik ağlarda yapılan deformasyon analizinde çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Uygulamada en çok kullanılan ve tercih edilen deformasyon analizi yöntemleri: Kontrol ağının ikiye ayrılması yöntemi, ortalama aykırılık yöntemi ile deformasyon analizi, analitik yöntemle analitik yöntemin grafik yorumu olan bağıl güven elipsleriyle deformasyon analizi yöntemidir.

Deformasyonların saptanmasında kontrol ağının ikiye ayrılması yönteminin diğer yöntemlerden tamamen ayrı olduğu söylenemez. Özellikle dayandığı istatistik temeller bağıl güven elipsleri ile deformasyon analizi ve ortalama aykırılık yöntemi ile aynıdır. Bu yöntemde sabit noktalardaki olası hareketleri deformasyon noktalarının hareketlerinden soyutlayabilmek için serbest ağ dengelemesi olarak koordinat bilinmeyenlerinin kısmi normunun minimumu yapılması öngörülmektedir. Ayrıca deformasyonların saptanmasında Cholesky ayrışımından sonra deformasyon noktalarının test edilmesinde ortaya çıkacak öncelik sorununa çözüm olmak üzere her nokta için değişken signifikant düzeyi önerilmektedir (Ayan, 1983; Ghan, 1991).

t_1 ve t_2 zamanlarında gözlenen ağ geometrileri farklı ise global test, yalnızca eşlenik noktalardan oluşan ağ bölümlerini kapsar. t_1 ve t_2 zamanlarında ölçülen ağlar eşlenik noktalara göre konumlandırılır. Anlamı nokta hareketlerinin araştırılmasında da sürekli datum değişikliği zorunludur. S-Transfomasyonu, karşılaştırılacak ağları önce herhangi bir datumda, örneğin defekt sayısı kadar parametreyi sabit alarak yapılan dengeleme sonuçlarını istenilen datumlara dönüştürmede kolaylık sağlar.

Ortalama aykırılık yöntemi ile deformasyon analizinde de noktaların sınıflandırılması gerekmektedir. Ağ, sabit noktaları ve obje noktaları olmak üzere ikiye ayrılır. Burada; ilk ve tekrar periyotlarında yapılan L_1 ve L_2 ölçü vektörlerinin karşılaştırılması yerine, normal dağılımı olan x_1 ve x_2 koordinat vektörleri

karşılaştırılır. İki değişik zamanda yapılan ölçülerin karşılaştırılması için her iki ölçü periyodunda aynı ölçü aletleri ve aynı ölçü yöntemleri kullanılmalıdır. Buna rağmen aynı hassasiyette olması mümkün değildir. Bu iki ölçünün karesel ortalama hatalarının (m_1 ve m_2) ortalaması alınarak daha iyi bir tahminin değeri bulunur. Önceden sabit olarak sınıflandırılan noktaların sabit kalıp kalmadıkları deformasyon vektörleri yardımıyla kontrol edilir. Ağın bütün noktaları sabit kalmış olduğu sıfır hipotezinden ortaya çıkarsa o zaman bu noktalardaki aykırılıklara sebep olan ölçüm hatalarıdır. Yani deformasyon vektörünün beklenen değeri sıfır olur. Sıfır hipotezinin geçerliliğinde Fisher dağılımına uyan F büyüklüğü, θ^2 nin m^2 ye oranından elde edilir. Buradaki θ^2 büyüklüğü σ için m den bağımsız bir tahmini değerdir. Bu değere ortalama aykırılık denir (Akdoğan, 1998).

Analitik yöntemle deformasyon analizi yönteminde, önce ağın ölçü periyotları arasında geçen zaman içinde konumu değişmeyen noktalar aranır. Daha sonra bu noktalara dayalı olarak, bu noktaların dışında kalan her nokta için tek tek irdelenme yapılır. Söz konusu noktaların konum değiştirip değiştirmediği istatistiksel yoldan araştırılır.

4.2 Bağıl Güven Hipsleri İle Deformasyon Analizi

Kontrol ağı t_1 ve t_2 grubu ölçüleri ile ayrı ayrı serbest dengelendiğinde, iki dengelenmede de yaklaşık koordinatlar kullanılsa bile sonuçta iki ağın durumu birbirini ile aynı değildir. Bu nedenle doğrudan doğruya birbirleri ile karşılaştırılmazlar. t_1 zamanında yapılan l_1 ölçüleriyle, t_2 zamanında yapılan l_2 ölçüleri iki ayrı ağ ölçüleriymiş gibi düşünüldüğünde, iki ağ birbirine bağlayacak ortak noktalar aranırsa, bunlar t_2-t_1 zaman aralığında yerlerini değiştirmeyen sabit noktalar olurlar.

Kontrol ağının kurulması sırasında yerlerinin değişmeyeceği düşünülerek seçilen sabit noktalardan, istatistik testlerle yerlerinin değişmediği saptananlar iki ağın bağlantısı için kullanılabilir. Yerleri değişmeyen sabit noktaların saptanmasından sonra l_1 ve l_2 ölçüleri birlikte ele alınarak kontrol ağı, serbest ağ dengelenmesi ile dengelenir. Tüm dengeleme adı verilen bu hesaba; yerleri değişmeyen sabit noktalar için birer çift, deformasyon noktaları içinse t_1 zamanındaki konumları için bir çift, t_2 zamanındaki konumları için de bir çift koordinat bilinmeyenleri seçilir. Bu

seçim sırasında, ağ kurulurken sabit nokta diye seçilen ama sonradan yerlerinin değiştiği saptanan noktalarda deformasyon noktası gibi düşünülür. Tüm dengelemenin ölçüler ve bilinmeyenler vektörü, alt vektörlerle gösterilirse

$$\underline{l} = \begin{bmatrix} l_1 \\ \dots \\ l_2 \end{bmatrix} ; \quad x = \begin{bmatrix} \underline{x}_F \\ \underline{x}_1 \\ \underline{x}_2 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

dur; burada $\underline{l}_1$ ile $\underline{x}_1$ t_1 zamanındaki ölçülerle ağın deformasyon noktaları koordinat bilinmeyenlerini, $\underline{l}_2$ ile $\underline{x}_2$, t_2 zamanındaki deformasyon noktaları koordinat bilinmeyenlerini, $\underline{x}_F$ ise sabit noktaların koordinat bilinmeyenlerini göstermektedir. Dengeleme sonucunda elde edilecek kofaktörler matrisi $\underline{Q}$ ise, $\underline{A} \underline{l}$ ölçülerinin düzeltilme denklemleri katsayılar matrisini göstermek üzere

$$\underline{Q} = (\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^+ = \begin{bmatrix} \underline{Q}_{FF} & \cdot & \underline{Q}_{F1} & \cdot & \underline{Q}_{F2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \underline{Q}_{1F} & \cdot & \underline{Q}_{11} & \cdot & \underline{Q}_{12} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \underline{Q}_{2F} & \cdot & \underline{Q}_{21} & \cdot & \underline{Q}_{22} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

şeklinde alt matrislerle gösterilebilir.

Yöntemin ana fikri, bir deformasyon noktasındaki t_1 ve t_2 zamanındaki

$$\underline{d}_i = \begin{bmatrix} dy_i \\ dx_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{2i} - y_{1i} \\ x_{2i} - x_{1i} \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

koordinat farklarının diğer ağ noktalarından ayrı olarak istatistik yöntemlerle analizi ile deformasyonların lokalize edilmesi denibarettir (Ayan, 1981).

4.2.1. Sabit Nokta Varsayımının Testi

Kontrol ağının $\underline{l}_1$ ve $\underline{l}_2$ ölçüleriyle ve tüm noktalarıyla ayrı ayrı iki kez dengelenmesinden

$$\underline{x}_1^T = [\underline{x}_{1F}^T \quad \underline{x}_1^T] ; \quad \underline{x}_2^T = [\underline{x}_{2F}^T \quad \underline{x}_2^T] \quad (4.4)$$

koordinatları bulunarak ağın datum ayrılığını göstermek üzere $\underline{x}_{2F}$ koordinatları ile $\underline{x}_{1F}$ koordinatları arasında Helmer transformasyonu yapılır.

Kontrol ağının sabit noktalarına ait V_x , V_y çakışma artık hataları, noktalarının ortalama konum hataları ile karşılaştırılarak yerleri değişen sabit noktalar saptanır.

Karşılaştırma için istatistik teorisinin tam olarak uygulanma gereği yoktur, çünkü basit karşılaştırma sonucu yerleri değiştiğine karar verilen noktalar sonradan deformasyon noktası olarak yeniden inceleneceklerdir. Bu nedenle, karşılaştırmada yerlerinin değişip değişmediğinden kuşku duyulan sabit noktaları, yerleri değişmiş saymak daha uygun olur. Ayrıca yerleri değişen noktalar tüm V_x , V_y düzeltmelerini etkileyeceklerinden, hareket ettiğine karar verilen noktalar ayrılarak deformasyon yeniden yapılmalı ve artık hataların ne durumaldıklarına bakılmalıdır.

Kontrol ağında yerleri değişmeyen sabit noktalar böylece saptandıktan sonra tümünden dengelenmeye geçilir.

4.2.2 Deformasyonların Lokalize Edilmesi

Tümünden dengelenme sonucunda bir P_i noktası için (4.3) eşitliği ile verilen $\underline{d}$ vektörünün kofaktörler matrisi (4.2) deki tüm kofaktörler matrisi içinden

$$\underline{Q}_{di} = \begin{bmatrix} Q_{yyd} & Q_{yxd} \\ Q_{xyd} & Q_{xxd} \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

kısaltması ile

$$\begin{aligned} Q_{yyd} &= Q_{(yiyi)_{11}} + Q_{(yiyi)_{22}} - 2Q_{(yiyi)_{12}} \\ Q_{xxd} &= Q_{(xixi)_{11}} + Q_{(xixi)_{22}} - 2Q_{(xixi)_{12}} \\ Q_{yxd} &= Q_{xyd} = Q_{(yixi)_{11}} + Q_{(yixi)_{22}} - Q_{(yixi)_{12}} - Q_{(xiyi)_{12}} \end{aligned} \quad (4.6)$$

olarak bulunur. Bu nokta için uygulanacak istatistik test için sıfır hipotezi

$$H_o = \underline{d}_i = \underline{0} \quad (4.7)$$

olur. Test büyüklüğü olarak yine $\underline{d}$ vektörünün karesel şekli

$$T = \frac{\underline{d}_i^T \underline{Q}_{di}^{-1} \underline{d}_i}{2\sigma_0^2} \quad (4.8)$$

alınarak

$$T < F_{\alpha, f, 2} \quad (4.9)$$

karşılaştırmasının yapılması gerekir. Burada $F_{\alpha, f, 2}$ Fischer dağılım tablosundan $S = 1 - \alpha$ istatistik güven ve $f = n - u + d$ serbestlik derecesi için alınacak bir değerdir.

Pratik uygulama için (4.8) eşitliğinde eşitliğin sağ tarafında $\underline{K}_{di}$, $\underline{d}$ nin varyans kovaryans matrisini göstermek üzere

$$\underline{K}_{di}^{-1} = \frac{Q_{di}^{-1}}{\sigma_0^2} \quad (4.10)$$

yerine konulursa

$$\underline{d}_i^T \underline{K}_{di}^{-1} \underline{d}_i = 2F_{\alpha, f, 2} \quad (4.11)$$

yazılır. Bu eşitlik ise bir elips denklemini olup, bir deformasyon noktasının t_1 ve t_2 zamanlarındaki konumlarının “Bağlı Güven Elipsi”ni gösterir (Pelzer, 1980; Ayan, 1981). Bu durumda tüm dengelemenin sonucunda P_i noktası P_{i1} ve P_{i2} gibi iki nokta olarak gösterilerek bunlar arasındaki Helmert’in ortalama bağlı hata elipsi hesaplanıp, bu elipsin eksenleri $2F_{\alpha, f, 2}$ ile çarpılırsa t test büyüklüğünün güven alanı tanımlanmış olur. Helmert ortalama bağlı hata elipsinin eksenleri

$$\begin{aligned} A_H^2 &= \sigma_0^2 (Q_{yyd} + Q_{xxd} + w) \\ B_H^2 &= \sigma_0^2 (Q_{yyd} + Q_{xxd} - w) \end{aligned} \quad (4.12)$$

$$w^2 = (Q_{yyd} - Q_{xxd})^2 + 4Q_{yxd}^2$$

ve büyük eksenin açıklık açısı da

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \frac{2Q_{yxd}}{Q_{xxd} - Q_{yyd}} \quad (4.13)$$

eşitlikleri ile bulunur (Wolf, 1975; Ayan, 1981).

Bağlı güven elipsleri ile gerçekleştirilen deformasyon analizde kullanılacak deformasyon vektörünün büyüklüğü,

$$d_{si} = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2} \quad (4.14)$$

yönü ise

$$\alpha_i = \arctan\left(\frac{dy_i}{dx_i}\right) \quad (4.15)$$

açıklık açısıdır .

P_1 noktasının testinin geometrik yorumu olarak hesaplanan bağıl güven elipsleri, P_1 veya P_2 noktalarından biri üzerine çizildiğinde diğeri elipsin dışında kalıyorsa P_1 noktası, t_1 zamanından t_2 zamanına kadar geçen süre içinde, $S = 1 - \alpha$ istatistik güvenle yer değiştirmiştir denir. Eğer ikinci noktada elipsin içinde kalıyorsa elde edilen fark vektörü “rastlantısal ölçü hatalarının sonucunda ortaya çıkan anlamlı farktır” denir.

Hesap yöntemi ile analizde, bağıl güven elipsinin fark vektörü doğrultusu boyunca merkezine olan uzaklığı hesaplanır. Bu değer fark vektörünün büyüklüğünden küçük ise deformasyon vardır denir. Aksi halde bu fark vektörü anlamlı değildir denir.

Bu işlemlerdeki yanlış olasılığı, bağıl güven elipsinin yarı eksen uzunluklarının hesabında kullanılan F dağılım değeri yanlış olasılığına eşittir ve genellikle 0,05 olarak alınmaktadır (Akdoğan, 1998; Akylmaz, 2001)

5. UYGULAMALAR

5.1. Çalışma Bölgesi'nin ve Kontrol Ağının Tanıtımı

Afrika ve Arap plakalarının Avrasya plakası ile çarpışma bölgesinde yer alan Türkiye, depremlerle ilgili araştırmalar açısından çalışma alanları sunabilen çok önemli doğal bir laboratuvar niteliğindedir. Türkiye'nin bulunduğu bölgedeki tektonik plaka hareketleri: Arap plakasının Avrasya plakasına göre kuzey-kuzeybatı doğrultusunda 15-20 mm/yıl hızla hareketi sonucu, Doğu Anadolu bölgesinin sıkışması ve Anadolu plakasının 20-25 mm/yıl hızla batıya hareket edip saat yönünün tersinde dönmesi, Afrika plakasının 5-10 mm/yıl hızla kuzey yönünde hareketi sonucu Anadolu plakasının altına dalması ve Helencilik boyunca çekilmesi nedeniyle Ege bölgesinin kuzey-güney yönünde genişlemesi biçiminde özetlenebilir (Jackson ve McKenzie, 1988).



Şekil 5.1 Türkiye ve çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası



Şekil 5.2: Tekt onik alt bölgeler

Son yıllarda yapılan GPS ölçüleri, deprem öncesi (inter-sismik) tektonik plaka hareketleri nedeniyle nokta konumlarında büyüklük ve yönü bölgeden bölgeye değişen, yatay yönde 2-3 mm/yıl mertebesinde değişiklik olduğunu göstermektedir (Reilinger vd.,1997; McClusky vd.,2000). Bunun yanı sıra, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Ege Graben Sistemi ve Doğu Anadolu başta olmak üzere her 1-2 yılda bir $M \geq 6$ büyüklüğünde deprem olmaktadır. Deprem anındaki (ko-sismik) hareketler nedeniyle deprem yüzey kırığının çevresinde yer değiştirmeler meydana gelmektedir.

Türkiye’de yer kabuğu hareketlerini jeodezik yöntemlerle belirlenmesini amaçlayan çalışmalar ilk olarak 1969’da İsmet Paşa istasyonunda, gözle görülebilen fay kırığı yakınında kurulan küçük bir mikro-jeodezik (yerel) ağ ile başlatılmıştır. Bu çalışmayı takiben 1972’de, Kuzey Anadolu Fay Kuşağı’nın İsmet Paşa ve Gerede kesiminde iki mikro-jeodezik ağ kurulup, bu ağlarda kenar uzunlukları ve doğrultu ölçmeleri yapılmıştır. Gerede bölgesindeki mikro-jeodezik ağ 1.7 km x 2.5 km genişliğinde bir alanda kurulmuş olup, bu ağdaki ölçüler 1982, 1983, 1984 ve 1985 yıllarında İTÜ jeodezi çalışmaları grubu tarafından tekrarlanmıştır (Aksoy, Aydın 1995).

Bu çalışmada, 8 noktadan oluşan uygulama ağı’nın 1983 ve 1985 yıllarında yapılan 2 periyot ölçüleri değerlendirilmiştir. İlk periyodu oluşturan 1983 yılı ölçmelerinde ağda, 23 kenar ve 48 doğrultu ölçmesi yapılırken, 1985 yılında yapılan ölçmelerde de 23 kenar ve 48 doğrultu ölçmesi yapılmıştır. En uzun kenarın yaklaşık 2.2 km ve en kısa kenarın 0.6 km olduğu ağda her iki periyotta aynı ölçme planı uygulanmış, yükseklik farkları elde alınmıştır.

Tablo 5.1: Kontrol Ağı nı Oluşturan Noktaları nın Yaklaş ık Koordinatları

Nokta Numarası	Y(m)	X(m)
1	5000.008	5000.006
2	4974.287	4181.756
3	4948.659	3365.676
4	4187.401	3391.783
5	3056.809	3103.107
6	3237.112	3873.238
7	3390.281	4512.488
8	4073.407	5045.092

Tablo 5.2: 1983 Yılı Kenar Ölçüleri

DN	BN	S(m)
1	2	818.6683
	3	1635.1580
	4	1801.8880
	6	2092.2530
	8	927.7109
2	3	816.4893
	4	1115.0270
	7	1618.1940
	8	1247.8000
3	4	761.7194
	6	1785.2480
	7	1934.8990
	8	1893.8360
4	5	1166.8740
	6	1065.8740
	7	1375.2980
	8	1657.2610
5	6	790.9407
	7	1448.2920
	8	2191.9950
6	7	657.3559
	8	1439.6920
7	8	866.2374

Tablo 5.3: 1985 Yılı Kenar Ölçüleri

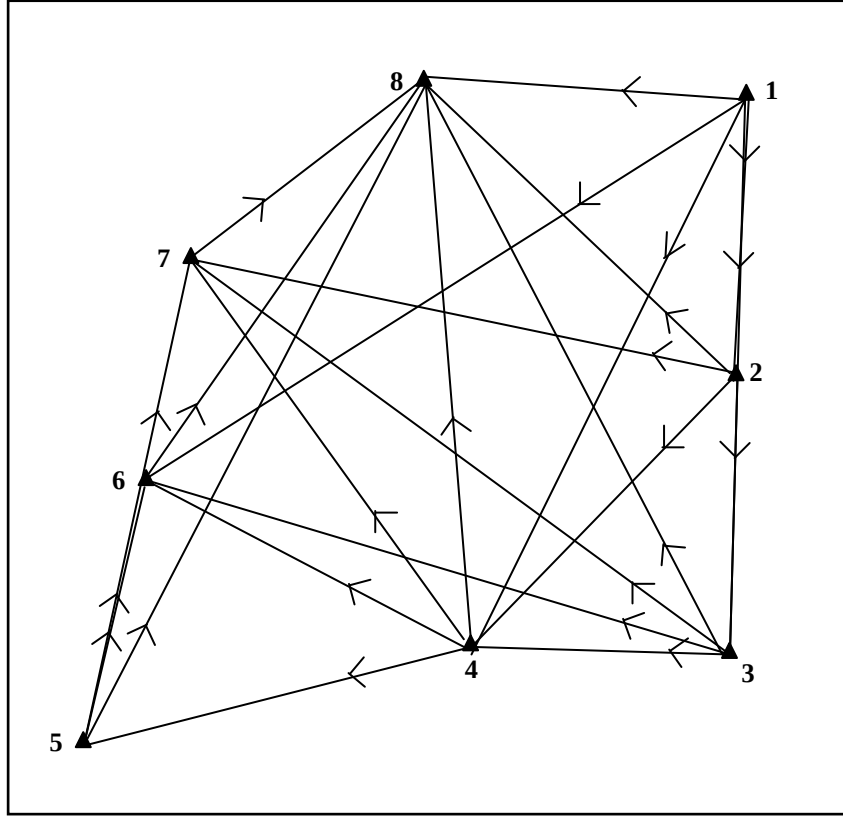
DN	BN	S(m)
1	2	818.6612
	3	1635.1560
	4	1801.8870
	6	2092.2500
	8	927.7045
2	3	816.4922
	4	1115.0280
	7	1618.1830
	8	1247.7890
3	4	761.7153
	6	1785.2410
	7	1934.8920
	8	1893.8300
4	5	1166.8700
	6	1065.3040
	7	1375.2910
	8	1657.2550
5	6	790.9401
	7	1448.2880
	8	2191.9880
6	7	657.3539
	8	1439.6870
7	8	866.2325

Tablo 5.4: 1983 Yılı Doğrultu Ölçüleri

DN	BN	r _i (gon)
1	3	0 0000
	2	0 0010
	4	27. 7855
	5	48. 7689
	6	61. 7951
2	8	101. 0957
	3	0 0000
	4	47. 8768
	7	111. 1051
	8	146. 6468
3	1	200. 0019
	4	0 0000
	6	16. 1708
	7	38. 2055
	8	67. 2319
4	2	99. 8162
	1	99. 8172
	1	0 0000
	2	20. 0902
	3	72. 3970
5	5	254. 3010
	6	300. 0687
	7	330. 8559
	8	365. 8323
6	6	0 0000
	7	0 1502
	8	16. 0609
	1	36. 1267
	4	69. 4450
7	4	0 0000
	5	84. 7873
	7	285. 1174
	8	309. 6056
	1	333. 9406
8	3	388. 4989
	8	0 0000
	2	55. 2617
	3	82. 5455
	4	102. 7986
	5	156. 9488
	6	157. 1293
	1	0 0000
	2	45. 5501
	3	66. 3192
	4	92. 5226
	5	127. 6070
	6	136. 3647
	7	154. 7476

Tablo 5.5: 1985 Yılı Doğrultu Ölçüleri

DN	BN	r _i (gon)
1	3	0 0000
	2	0 0009
	4	27. 7856
	5	48. 7685
	6	61. 7954
2	8	101. 0957
	8	0 0000
	1	53. 3558
	3	253. 3537
	4	301. 2304
3	7	364. 4587
	4	0 0000
	6	16. 1708
	7	38. 2060
	8	67. 2325
4	2	99. 8165
	1	99. 8173
	3	0 0000
	5	181. 9041
	6	227. 6710
5	7	258. 4582
	8	293. 4347
	1	327. 6022
	2	347. 6921
6	4	0 0000
	6	330. 5544
	7	330. 7047
	8	346. 6157
	1	366. 6828
7	7	0 0000
	8	24. 4882
	1	48. 8226
	3	103. 3811
	4	114. 8819
8	5	199. 6703
	8	0 0000
	2	55. 2616
	3	82. 5456
	4	102. 7987
	5	156. 9487
	6	157. 1291
	1	0 0000
	2	45. 5502
	3	66. 3196
	4	92. 5229
	5	127. 6064
	6	136. 3650
	7	154. 7475



ÖLÇEK 1/ 20000

Şekil 5.4: Yatay kontrol ağı kenar ölçme planı

Jeolojik veriler doğrultusunda 1, 7 ve 8 numaralı noktaların KAFZ' nin kuzey bloğunda olduğu düşünülmektedir. Kontrol ağındaki diğer noktalar, olası fay çizgisini saptamaya yönelik olarak güney bloka seçilmiştir. Bu çalışmada, 1983 ve 1985 yıllarında yapılan doğrultu ve kenar ölçülerinin değerlendirilmesi ile 2, 3, 4, 5 ve 6 numaralı noktaların yerlerinin değişip değişmediikleri (yatay hareket) araştırılmıştır. İki ayrı ölçme sonucu yapılan hesaplardan elde edilen koordinat farklarının, ölçme hatalarının dışında, gerçekten deformasyon olup olmadıklarına istatistik yöntemlerle karar verilmiştir. Noktaların konum değişimlerinin analizi ne ek olarak, ağın geometrik yapısının, analiz sonuçlarına etkileri incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, 5 ve 6 numaralı noktalara ilişkin doğrultu ve kenar ölçüleri ölçü planından çıkarılmıştır. Kontrol ağının dengelenmesi ve analizi gerçekleştirilip sonuçları karşılaştırılmıştır.

5.2 Kontrol Ağı'nın Dengelenmesi

Genel olarak jeodezik ağlarda deformasyon analizi ilk aşamasında, ölçülerin olası sistematik hatalardan arındırılması, uyumsuz ölçülerin ayıklanması arzu edilir. Bunun için 1983 ve 1985 yıllarında yapılan ölçüler Bölüm (3.1) de açıklandığı gibi serbest dengelenmiştir. Bundan sonra bu iki ayrı dengelenme sonucu (1983-1985) “birinci periyot dengelenmesi” ve “ikinci periyot dengelenmesi” olarak anılacaktır.

5.2.1 Kontrol Ağı'nın Birinci Periyot Dengelenmesi

Kontrol ağı esasları Bölüm (3.1.1) de açıklandığı gibi genel iz minimum olacak şekilde “NETZ 2D” dengelenme programı kullanılarak serbest dengelenmiştir. Dengelenme sonucu bulunan ölçü düzeltmeleri kenarlarda ortalama olarak ± 2 mm seviyesinde kalmaktadır. Doğrultularda ise düzeltmeler bir doğrultuda en fazla 0.3 mm'olup, ortalama olarak ± 0.06 mm'dur. Ağ karakteristikleri olan nokta koordinatlarının fonksiyonları olarak kenarların dengelenme sonrası karesel ortalama hataları ortalama olarak $m_s = \pm 0.19$ mm'dir. Dengelenme sonrası doğrultu ölçülerinin karesel ortalama hataları, ortalama olarak $m_s = \pm 0.19$ mm'dir. Hesaplanan karesel ortalama nokta konum hataları: $M_{p_{min}} = \pm 1.4$ mm, $M_{p_{max}} = \pm 2$ mm ve $M_{p_{ort}} = \pm 1.6$ mm'dir. Kontrol ağı'nın birinci periyot dengelenme sonuçları (EK A) da verilmiştir.

5.2.2 Kontrol Ağının İkinci Periyot Dengelenmesi

Kontrol ağının ikinci periyot ölçülerinin dengelenmesi sonucunda bulunan ölçü düzeltmeleri kenarlarda ortalama olarak ± 3 mm seviyesinde kalmaktadır. Doğrultularda ise düzeltmeler bir doğrultuda en fazla 0.36 mgon olup, ortalama olarak ± 0.15 mgon dur. Kenarların dengelenme sonrası karesel ortalama hataları ortalama olarak $m_s = \pm 2.5$ mm dir. Dengelenme sonrası doğrultu ölçülerinin karesel ortalama hataları, ortalama olarak $m_d = \pm 0.1$ mgon dir. Hesaplanan karesel ortalama nokta konum hataları: $M_{min} = \pm 1.9$ mm, $M_{max} = \pm 2.8$ mm ve $M_{ort} = \pm 2.2$ mm dir. Kontrol ağının birinci periyot dengelenme sonuçları (EK B) de verilmiştir.

5.3 Global Test Uygulaması

Deformasyon analizinin global test aşamasında, ağda global anlamda bir deformasyon olup olmadığına karar verilir. Diğer bir ifade ile ağın herhangi bir noktasının veya noktalarının yerlerinin değişip değişmediği araştırılır. Bu amaç doğrultusunda, birinci periyot ve ikinci periyot için birbirinden bağımsız iki dengelenme yapıldıktan sonra her iki periyot ölçülerinin birlikte ele alınmasıyla, bütün noktaların datuma katkıda bulunduğu ilkesine göre, tümünden dengelenme gerçekleştirilmiştir. Tümünden dengelenme sonuçları (EK C) de verilmiştir.

Tümünden dengelenme sonucunda test büyüklüğü olarak bulunan $T = 7096.6025$ değeri, kritik değer olan $F = 2.31702$ den büyük olduğundan “ağda %95 olasılıkla global anlamda bir deformasyon vardır”, diğer bir ifade ile “ağın herhangi bir noktasının veya noktalarının yerleri değişmiştir” sonucuna varılmıştır.

Her iki yıla ait serbest dengelenmede de aynı yaklaşık koordinatlar kullanıldığı halde kontrol ağları karşılaştırılmadığından, datum birliğini sağlamak için 1983-1985 zaman aralığında konumu değişmemiş ortak noktalar aranmıştır. Bu amaçla farklı iki yıla ait koordinat kümeleri bir benzerlik dönüşümü, Helmer Transformasyonu, ile üst üste çakıştırıldı. 1983 yılına ait koordinatlar “ESKİ” ve 1985 yılına ait koordinatlar “YENİ” olarak nitelendirildi ve ESKİ koordinatların YENİ sistemdeki koordinatları hesaplandı. Aşağıdaki tabloda eski koordinatların yeni sistemdeki koordinatları ve V_x , V_y değerleri gösterilmiştir.

Tablo 5.6: Kontrol ağı nı oluşturan noktaların dengelenmiş koordinatları

Nokta No	1983 Yılı Koordinatları		1985 Yılı Koordinatları	
	Y(Eski)	X(Eski)	Y(Yeni)	X(Yeni)
1	5000.0205	5000.0197	5000.0161	5000.0166
2	4974.3023	4181.7573	4974.2980	4181.7611
3	4948.6766	3365.6676	4948.6704	3365.6658
4	4187.4039	3391.7708	4187.4046	3391.7713
5	3056.7930	3103.1101	3056.8013	3103.1150
6	3237.0971	3873.2294	3237.0976	3873.2290
7	3390.2656	4512.4886	3390.2686	4512.4881
8	4073.4051	5045.1026	4073.4075	5045.0993

Tablo 5.7: Helmer transformasyonu sonucunda elde edilen çakışma artıları

Nokta No	Düzeltilmeler		Hesaplanan Koordinatlar	
	V _y (m)	V _x (m)	Y(m)	X(m)
1	0.0009	-0.0006	5000.0196	5000.0203
2	0.0009	-0.0043	4974.3014	4181.7616
3	0.0029	0.0046	4948.6737	3365.6630
4	-0.0010	0.0021	4187.4049	3391.7687
5	-0.0042	-0.0011	3056.7972	3103.1112
6	0.0029	0.0011	3237.0942	3873.2283
7	-0.0001	-0.0012	3390.2657	4512.4898
8	-0.0023	-0.0006	4073.4073	5045.1031

Ek (A) ve Ek (B) de verilen serbest ağı dengelenmesi ve Helmer Transformasyonu sonuçlarına bakılarak 1, 7 ve 8 numaralı noktaların konumlarının değişmediğine karar verilmiştir.

5.4 Deformasyon Analizi

Deformasyon analizi yaklaşık koordinatları, dengelenme öncesi ve dengelenme sonrası varyansları, serbestlik derecelerini giriş verileri olarak kabul eden “KADEAN 2 D” programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu program giriş dosyalarının oluşturulmasında nokta koordinatlarını, doğrultuları ve kenar uzunluklarını ölçü değeri olarak kabul eder. Programın giriş dosyaları oluşturulurken, sabit noktalar için birer çift, deformasyon noktaları için ikişer çift koordinat bilinmeyenleri değerleri tanımlandı. Deformasyon noktaları: birinci periyottaki deformasyon noktaları 10002, 10003, 10004 gibi kontrol ağı noktaları numaralarına 10000 eklenerek, ikinci

peri yottaki defor masyon noktaları ise nokta numaraları na 20000 eklenerek 20002, 20003, 20004 şeklinde tanı mlandı.

Her iki peri yottaki defor masyon noktalarının tanı mlanmasına benzer şekilde, doğr ultu ve kenar uzun lıkları nın ölç ül düğü nokt alardaki nokta numaraları da 10000 ve 20000 eklenerek tanı mlan mıştır. Doğr ultu lar bloğunda: büt ün peri yotlar daki durak sayısı, i. peri yottaki durak sayısı, i. duraktaki durak numarası, i. duraktaki doğr ultu sayısı, i. durağ ın doğr uluğ u, j. hedef noktasının numarası ve ölç ül en doğr ultu değ erleri tanı mlan mıştır. Doğr ultu lar bloğuna benzer şekilde, kenarlar bloğ u da tüt m peri yotlardaki topla m kenar sayısı, i. peri yottaki kenar sayısı, i. peri yottaki kenar numarası, i. peri yottaki durak nokta numarası, i. peri yottaki bakılan nokta numarası ve ölç ül en kenar uzun lığ u değ erleri tanı mlan mıştır.

```

GEREDE DEFORMASYON ANALIZI Gerede 83 85
Sabitnokta 1 7 0
2
0
0
0
0
1 30.11.1993 0.001000 0.00060117 50
2 10.04.1985 0.001000 0.00079221 48
13
3
0
1
5000.00800 5000.00800
4073.40700 5045.09200
3390.28100 4512.48800
10002 4974.28700 4181.75600
10003 4948.65900 3365.67600
10004 4187.40100 3391.78300
10005 3056.80900 3103.10700
10006 3237.11200 3873.23800
20002 4974.28700 4181.75600
20003 4948.65900 3365.67600
20004 4187.40100 3391.78300
20005 3056.80900 3103.10700
20006 3237.11200 3873.23800
DEĞERLENDİRİLEN PERİYOT SAYISI
KEMZ ANALİZ PLANI
ORJİNAL GİRİŞ VERİLERİNİN ÇIKIŞI
STRAIN
KUTUK İSMİ
DEĞERLENDİRİLEN PERİYOTLARDAKİ TÜM NOKTALARIN SAYISI
DEĞERLENDİRİLEN PERİYOTLARDAKİ SABİT NOKTA SAYISI
DEĞERLENDİRİLEN PERİYOTLARDAKİ DEĞİŞKEN NOKTA SAYISI

```

Şekil 5.5. Koor dı nat değ erleri iç in veri giri ş dosyası örneğ i

Kadean 2D programının çıkış dosyası iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm koordinatlar listesini, ölçüler (doğrultular, kenarlar) listesini, doğrultular ve kenarlar için dengelemelerden sonraki kesin değerleri ve dengelenmiş koordinat değerlerini içermektedir. İkinci bölüm ise, aralarında deformasyon analizi yapılan periyotların listesini ve deformasyon analizi sonuçlarını içerir.

Konumları değişmeyen noktalar belirlendikten sonra, uygulama ağı 1983 yılında ve 1985 yılında yapılan ölçülerin birlikte ele alınmasıyla Bölüm (3.1.2) de açıklanan kısmi izmini minimum ilkesine göre tümünden dengelenmiştir. Bu dengelemede datum noktası olarak alınan 1, 7 ve 8 numaralı noktalar için birer çift, deformasyon noktası olarak düşünülen 2, 3, 4, 5 ve 6 numaralı noktalar için ikişer çift koordinat bilinmeyenleri seçildi. Bu aşamada ayrıca, 1-7, 1-8 ve 7-8 noktalarının datuma katkıda bulunması durumunda analiz sonuçlarının nasıl değiştiği incelenip üç noktanın (1, 7 ve 8) sabit alındığı durumda elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Bağıl güven elipslerine göre deformasyon analizinde, söz konusu güven elipsinin merkezi den, deformasyon vektörü doğrultusundaki kıyasla büyüklüğü (Konf- D_s) değerleri ile deformasyon noktalarının her birine karşılık gelen nokta çiftlerinin koordinat farklarından elde edilen deformasyon vektörlerinin (D_s) büyüklükleri karşılaştırılmıştır. Noktalardaki hareketlerin anlamlı (kanıtlanabilir) olduğunu söyleyebilmemiz için $D_s - \text{Konf-}D_s > 0$ olmalıdır.

1-7 numaralı noktaların datuma katkıda bulunması ile gerçekleştirilen analizde 8 numaralı noktada deformasyon vektörü bağıl güven elipsinin içinde kalırken, 2 numaralı noktada maksimum değere ulaşarak bağıl güven elipsinin 6.4 mm dışına taşmıştır. 1-8 numaralı noktaların sabit alınması ile gerçekleştirilen analizde 7 numaralı noktada, 7-8 numaralı noktaların sabit alınması durumunda da 1 numaralı noktada deformasyon vektörünün sınır değere çok yakın olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar doğrultusunda 1 ve 7 numaralı noktalardaki hareketlerin anlamlı olduğu na karar verilmiştir. 6 numaralı noktada deformasyon vektörü sınır değere çok yakın bir değer almıştır. Bu noktanın konumu, kontrol ağını izlenmesi amacıyla ve ağ geometrisine uygun olduğu için 6 numaralı noktanın deformasyon noktası olarak incelenmesine karar verilmiştir.

1, 7 ve 8 numaralı noktaların datuma katkısıyla gerçekleştirilen analiz sonucunda, 2 numaralı noktada, bir ucu elipsin merkezinde olacak şekilde çizilen deformasyon vektörünün, diğer ucunun bağlı güven elipsinin 7.8 mm dışında olduğu görülmüştür. Minimum hareketin gözlemlendiği 6 numaralı noktada ise deformasyon vektörünün diğer ucu, bağlı güven elipsinin 1.3 mm dışına çıkmıştır. Bütün bu değerlendirmelerden elde edilen analiz sonuçları sayfa (41-56) arasında verilmiştir.

TÜMDEN DENGELEME İSTATİSTİK BİLGİLERİ
=====

a) - Varyans
=====

Sigma-a-priori 0.00100000

Sigma-a-posteriori 0.01644341 - Algoritmadan \ } Serbestlik Derecesi 101
Sigma-a-posteriori 0.01644340 - $v^T P v$ den /

b) - Sabit Nokta Testi
=====

Ayrı Ayrı Serbest Dengelene $v^T P v$ Toplamı : 0.000098000000

Tümden Dengelene $v^T P v$ Toplamı : 0.027308919474

F1 : 3

F2 : 98

Sabit Noktalar için Test Büyüklüğü : 9070.3065

Sabit Noktalar için Kritik Değer : 3.98796
($\alpha = 1.00\%$)

KORDİ NATLAR Lİ STESİ

Sabit Noktalar

NN	Y_0 (m)	X_0 (m)	δ_Y (m)	δ_X (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
1	5000.00800	5000.00600	0.01066	0.00101	5000.01866	5000.00701	0.44	0.19	0.48	0.44	0.18	88.82
8	4073.40700	5045.09200	0.00095	0.00596	4073.40795	5045.09796	0.33	0.33	0.47	0.36	0.30	146.34
7	3390.28100	4512.48800	-0.01161	-0.00698	3390.26939	4512.48102	0.40	0.22	0.45	0.42	0.18	78.40

Çğ e Nökt d arı – Öçü Periyodu : 1

NN	Y_0 (n)	X_0 (n)	δ_Y (n)	δ_X (n)	$\hat{Y}$ (n)	$\hat{X}$ (n)	m_Y (mm)	m_X (mm)	m_P (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
10002	4974.28700	4181.75600	0.01833	-0.01372	4974.30533	4181.74228	0.77	0.68	1.03	0.79	0.65	70.81
10003	4948.65900	3365.67600	0.01674	-0.02001	4948.67574	3365.65599	0.91	0.69	1.14	1.01	0.54	66.11
10004	4187.40100	3391.78300	0.00344	-0.02273	4187.40444	3391.76027	0.86	0.60	1.05	0.86	0.60	97.02
10005	3056.80900	3103.10700	-0.01154	-0.00389	3056.79746	3103.10311	1.45	0.87	1.69	1.59	0.58	128.94
10006	3237.11200	3873.23800	-0.01092	-0.01918	3237.10108	3873.21882	0.81	0.69	1.07	0.92	0.54	139.74

Çğ e Nökt d arı – Öçü Periyodu : 2

NN	Y_0 (n)	X_0 (n)	δ_Y (n)	δ_X (n)	$\hat{Y}$ (n)	$\hat{X}$ (n)	m_Y (mm)	m_X (mm)	m_P (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
20002	4974.28700	4181.75600	0.00994	-0.00640	4974.29694	4181.74960	1.01	0.89	1.34	1.05	0.84	69.95
20003	4948.65900	3365.67600	0.00909	-0.01703	4948.66809	3365.65897	1.20	0.90	1.50	1.32	0.71	66.59
20004	4187.40100	3391.78300	-0.00092	-0.01846	4187.40008	3391.76454	1.13	0.78	1.37	1.13	0.78	97.80
20005	3056.80900	3103.10700	-0.01147	0.00159	3056.79753	3103.10859	1.90	1.14	2.22	2.08	0.76	128.85
20006	3237.11200	3873.23800	-0.01084	-0.01477	3237.10116	3873.22323	1.06	0.91	1.40	1.21	0.71	139.91

Kısaltmalar:

=====

DX => Her iki periyodun, X- Yönündeki koordinat farkı
 DY => Her iki periyodun, Y- Yönündeki koordinat farkı
 A- Konf => Bağlı Güven Elipsi'nin Büyük Ekseri
 B- Konf => Bağlı Güven Elipsi'nin Küçük Ekseri
 Phi (A) => Bağlı Güven Elipsi'nin Büyük Ekseri'nin Doğultu Açısı
 R - DS => Kayma Vektörünün Açıklık Açısı
 DS => Kayma Miktarı
 Konf- DS => Kayma Vektörünün Güven Alanı
 A- Sens => Kayma Noktasının Güven Elipsi'nin Büyük Ekseri
 B- Sens => Kayma Noktasının Güven Elipsi'nin Küçük Ekseri

Öçme Tarihleri : 30.11.1983 - 10.05.1985

NN	dY (cm)	dX (cm)	A- Konf (cm)	B- Konf (cm)	Phi (A) (gon)	F- Test	Def: E/ H	R- Ds (gon)	Ds (cm)	Konf- DS (cm)	A- Sens (cm)	B- Sens (cm)
10002	-0.840	0.732	0.407	0.319	68.94	56.004	E	-54.36	1.114	0.327	0.412	0.322
10003	-0.766	0.297	0.511	0.275	67.24	30.844	E	-76.40	0.821	0.325	0.517	0.278
10004	-0.436	0.427	0.437	0.302	98.88	14.666	E	-50.68	0.611	0.350	0.442	0.305
10005	0.007	0.547	0.806	0.297	328.72	13.848	E	0.86	0.547	0.323	0.815	0.300
10006	0.008	0.441	0.466	0.278	340.16	9.534	E	1.16	0.441	0.314	0.472	0.281

TÜMDEN DENGEME İSTATİSTİK BİLGİLERİ
=====

a) - Varyans
=====

Sigma-a-pri-ori 0.00100000

Sigma-a-post-eri-ori 0.01588881 - Algoritmadan \ } Serbestlik Derecesi 99
Sigma-a-post-eri-ori 0.01588878 - $v^T P v$ den /

b) - Sabit Nokta Testi
=====

Ayrı Ayrı Serbest Dengeme $v^T P v$ Toplam : 0.000098000000

Tümden Dengeme $v^T P v$ Toplam : 0.024992884880

F1 : 1

F2 : 98

Sabit Noktalar için Test Büyüklüğü : 24894.8849

Sabit Noktalar için Kritik Değer : 6.90077
(Alfa= 1.00%)

KOORDİ NATLAR Lİ STESİ

=====

Sabit Noktalar

NN	Y_0 (m)	X_0 (m)	δ_Y (m)	δ_X (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
1	5000.00800	5000.00600	0.01131	0.00343	5000.01931	5000.00943	0.37	0.11	0.38	0.38	0.00	81.28
7	3390.28100	4512.48800	-0.01131	-0.00343	3390.26969	4512.48457	0.37	0.11	0.38	0.38	0.00	81.28

Çizgi Noktaları Ölçü Periyodu : 1

NN	Y_0 (m)	X_0 (m)	δ_Y (m)	δ_X (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_Y (mm)	m_X (mm)	m_P (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
10002	4974.28700	4181.75600	0.01818	-0.01087	4974.30518	4181.74513	0.77	0.70	1.04	0.77	0.69	80.32
10003	4948.65900	3365.67600	0.01616	-0.01714	4948.67516	3365.65886	0.88	0.71	1.13	0.97	0.58	64.27
10004	4187.40100	3391.78300	0.00292	-0.01932	4187.40392	3391.76368	0.83	0.62	1.04	0.83	0.62	97.47
10005	3056.80900	3103.10700	-0.01211	0.00025	3056.79689	3103.10725	1.40	0.87	1.65	1.53	0.61	129.17
10006	3237.11200	3873.23800	-0.01111	-0.01516	3237.10089	3873.22284	0.79	0.71	1.06	0.90	0.56	142.13
10008	4073.40700	5045.09200	0.00134	0.01012	4073.40834	5045.10212	0.63	0.60	0.87	0.66	0.56	139.76

Çizgi Noktaları Ölçü Periyodu : 2

NN	Y_0 (m)	X_0 (m)	δ_Y (m)	δ_X (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_Y (mm)	m_X (mm)	m_P (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
20002	4974.28700	4181.75600	0.01038	-0.00468	4974.29738	4181.75132	1.01	0.92	1.36	1.02	0.90	77.85
20003	4948.65900	3365.67600	0.00871	-0.01531	4948.66771	3365.66069	1.16	0.93	1.48	1.28	0.75	64.79
20004	4187.40100	3391.78300	-0.00135	-0.01620	4187.39965	3391.76680	1.09	0.81	1.36	1.09	0.81	98.28
20005	3056.80900	3103.10700	-0.01237	0.00477	3056.79663	3103.11177	1.84	1.14	2.17	2.01	0.81	129.01
20006	3237.11200	3873.23800	-0.01091	-0.01174	3237.10109	3873.22626	1.03	0.93	1.39	1.18	0.74	142.28
20008	4073.40700	5045.09200	0.00213	0.00714	4073.40913	5045.09914	0.83	0.79	1.14	0.87	0.74	139.89

Kısaltmalar:

=====

DX => Her iki periyodun, X- Yönündeki koordinat farkları
DY => Her iki periyodun, Y- Yönündeki koordinat farkları
A- Konf => Bağlı Güven Elipsi'nin Büyük Ekseri
B- Konf => Bağlı Güven Elipsi'nin Küçük Ekseri
Phi (A) => Bağlı Güven Elipsi'nin Büyük Ekseri'nin Doğrudu Açısı
R - DS => Kayma Vektörünün Açıklık Açısı
DS => Kayma Miktarı
Konf- DS => Kayma Vektörünün Güven Alanı
A- Sens => Kayma Noktası'nın Güven Elipsi'nin Büyük Ekseri
B- Sens => Kayma Noktası'nın Güven Elipsi'nin Küçük Ekseri

Ölçü Tarihleri : 30.11.1983 - 10.05.1985

NN	dY (cm)	dX (cm)	A-Konf (cm)	B-Konf (cm)	Phi (A) (gon)	F-Test	Def: E/H	R- Ds (gon)	Ds (cm)	Konf- DS (cm)	A Sens (cm)	B Sens (cm)
10002	-0.780	0.619	0.397	0.344	75.16	38.050	E	-57.29	0.996	0.355	0.487	0.423
10003	0.745	0.184	0.496	0.292	65.50	22.409	E	-84.59	0.767	0.356	0.609	0.358
10004	-0.428	0.312	0.424	0.314	99.38	9.738	E	-59.84	0.530	0.373	0.520	0.386
10005	-0.026	0.452	0.779	0.314	328.81	8.011	E	-3.64	0.453	0.351	0.957	0.386
10006	0.020	0.342	0.457	0.289	342.50	5.450	E	3.71	0.343	0.323	0.560	0.355
10008	0.078	-0.298	0.340	0.288	340.07	4.587	H	183.72	0.308	0.316	0.418	0.354

TÜMDEN DENGELEME İSTATİSTİK BİLGİLERİ
=====

a) - Varyans
=====

Sigma-a-pri-ori 0.00100000

Sigma-a-post-eri-ori 0.01531658 - Algoritmadan \ } Serbestlik Derecesi 99
Sigma-a-post-eri-ori 0.01531656 - $v^T P v$ den /

b) - Sabit Nokta Testi
=====

Ayrı Ayrı Serbest Dengelene $v^T P v$ Toplamı : 0.000098000000

Tümden Dengelene $v^T P v$ Toplamı : 0.023225105149

F1 : 1

F2 : 98

Sabit Noktalar için Test Büyüklüğü : 23127.1051

Sabit Noktalar için Kritik Değer : 6.90077
(Alfa= 1.00%)

KOORDİ NATLAR Lİ STESİ

=====

Sabit Noktalar

NN	Y_0 (m)	X_0 (m)	δy (m)	δx (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
1	5000.00800	5000.00600	0.00497	-0.00024	5000.01297	5000.00576	0.31	0.02	0.31	0.31	0.00	103.10
8	4073.40700	5045.09200	-0.00497	0.00024	4073.40203	5045.09224	0.31	0.02	0.31	0.31	0.00	103.10

Obj e Nokt d arı Ölçü Periyodu : 1

NN	Y_0 (m)	X_0 (m)	δy (m)	δx (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
10002	4974.28700	4181.75600	0.01650	-0.01490	4974.30350	4181.74110	0.97	0.65	1.17	1.00	0.61	81.01
10003	4948.65900	3365.67600	0.01974	-0.02131	4948.67874	3365.65469	1.40	0.66	1.54	1.44	0.56	83.17
10004	4187.40100	3391.78300	0.00639	-0.02824	4187.40739	3391.75476	1.36	0.62	1.50	1.39	0.57	113.02
10005	3056.80900	3103.10700	-0.00671	-0.01602	3056.80229	3103.09098	1.89	1.28	2.28	2.20	0.60	135.77
10006	3237.11200	3873.23800	-0.01058	-0.03019	3237.10142	3873.20781	1.09	1.10	1.54	1.44	0.55	150.39
10007	3390.28100	4512.48800	-0.01578	-0.01764	3390.26522	4512.47036	0.85	0.99	1.30	1.10	0.70	162.18

Obj e Nokt d arı Ölçü Periyodu : 2

NN	Y_0 (m)	X_0 (m)	δy (m)	δx (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
20002	4974.28700	4181.75600	0.00831	-0.00811	4974.29531	4181.74789	1.27	0.85	1.53	1.31	0.79	80.62
20003	4948.65900	3365.67600	0.00984	-0.01888	4948.66884	3365.65712	1.84	0.86	2.03	1.89	0.73	83.27
20004	4187.40100	3391.78300	-0.00041	-0.02305	4187.40059	3391.75995	1.79	0.82	1.97	1.83	0.75	113.08
20005	3056.80900	3103.10700	-0.01043	-0.00642	3056.79857	3103.10058	2.49	1.68	3.01	2.90	0.79	135.67
20006	3237.11200	3873.23800	-0.01216	-0.02235	3237.09984	3873.21565	1.43	1.44	2.03	1.90	0.72	150.32
20007	3390.28100	4512.48800	-0.01353	-0.01312	3390.26747	4512.47488	1.11	1.30	1.71	1.45	0.91	162.04

Kısaltmalar:

=====

DX => Her iki periyodun, X Yönündeki koordinat farkları
 DY => Her iki periyodun, Y Yönündeki koordinat farkları
 A Konf => Bağlı Güven Eipsi'nin Büyük Ekseri
 B Konf => Bağlı Güven Eipsi'nin Küçük Ekseri
 R - DS => Kayma Vektörünün Açıklık Açısı
 DS => Kayma Miktarı
 Phi (A) => Bağlı Güven Eipsi'nin Büyük Ekseri'nin Doğrultu Açısı
 Konf- DS => Kayma Vektörünün Güven Alanı
 A Sens => Kayma Noktasının Güven Eipsi'nin Büyük Ekseri
 B Sens => Kayma Noktasının Güven Eipsi'nin Küçük Ekseri

Ölçü Tarihleri : 30.11.1983 - 10.05.1985

NN	dY (cm)	dX (cm)	A-Konf (cm)	B-Konf (cm)	Phi (A) (gon)	F-Test	Def: E/H	R- Ds (gon)	Ds (cm)	Konf- DS (cm)	A Sens (cm)	B Sens (cm)
10002	-0.819	0.679	0.511	0.304	80.10	48.140	E	-55.96	1.064	0.337	0.627	0.373
10003	-0.990	0.243	0.738	0.284	83.41	21.475	E	-84.65	1.020	0.483	0.906	0.349
10004	-0.680	0.519	0.711	0.291	313.15	13.429	E	-58.50	0.856	0.513	0.873	0.357
10005	-0.373	0.960	1.128	0.307	335.55	22.012	E	-23.57	1.030	0.482	1.385	0.377
10006	-0.158	0.784	0.738	0.281	350.24	15.810	E	-12.65	0.800	0.442	0.907	0.345
10007	0.225	0.452	0.565	0.347	361.85	8.704	E	29.41	0.505	0.376	0.693	0.426

TÜMDEN DENGELEME İSTATİSTİK BİLGİLERİ
=====

a) - Varyans
=====

Sigma-a-pri-ori 0.00100000

Sigma-a-post-eri-ori 0.01543539 - Algoritmadan \ } Serbestlik Derecesi 99
Sigma-a-post-eri-ori 0.01543538 - $v^T P v$ den /

b) - Sabit Nokta Testi
=====

Ayrı Ayrı Serbest Dengelene $v^T P v$ Toplamı : 0.000098000000

Tümden Dengelene $v^T P v$ Toplamı : 0.023586837347

F1 : 1

F2 : 98

Sabit Noktalar için Test Büyüklüğü : 23488.8373

Sabit Noktalar için Kritik Değer : 6.90077
(Alfa= 1.00%)

KOORDİ NATLAR Lİ STESİ

=====

Sabit Noktalar

N N	Y_0 (m)	X_0 (m)	δ_Y (m)	δ_X (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
7	3390.28100	4512.48800	-0.00704	-0.00549	3390.27396	4512.48251	0.22	0.17	0.27	0.27	0.00	57.84
8	4073.40700	5045.09200	0.00704	0.00549	4073.41404	5045.09749	0.22	0.17	0.27	0.27	0.00	57.84

Obj e Nokt a arı Ö ğ ü Periyodu : 1

N N	Y_0 (n)	X_0 (n)	δ_Y (n)	δ_X (n)	$\hat{Y}$ (n)	$\hat{X}$ (n)	ny (mm)	nx (mm)	np (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
10001	5000.00800	5000.00600	0.01839	-0.00355	5000.02639	5000.00245	0.79	1.23	1.46	1.25	0.77	188.70
10002	4974.28700	4181.75600	0.02162	-0.01771	4974.30862	4181.73829	0.85	1.18	1.46	1.31	0.64	32.57
10003	4948.65900	3365.67600	0.01734	-0.02393	4948.67634	3365.65207	1.34	1.17	1.78	1.70	0.54	55.21
10004	4187.40100	3391.78300	0.00420	-0.02384	4187.40520	3391.75916	1.29	0.71	1.48	1.36	0.59	78.62
10005	3056.80900	3103.10700	-0.01176	-0.00112	3056.79724	3103.10588	1.80	0.90	2.01	1.94	0.56	125.08
10006	3237.11200	3873.23800	-0.00828	-0.01697	3237.10372	3873.22103	1.05	0.70	1.26	1.14	0.54	128.63

Obj e Nokt a arı Ö ğ ü Periyodu : 2

N N	Y_0 (n)	X_0 (n)	δ_Y (n)	δ_X (n)	$\hat{Y}$ (n)	$\hat{X}$ (n)	ny (mm)	nx (mm)	np (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
20001	5000.00800	5000.00600	0.01358	0.00039	5000.02158	5000.00639	1.03	1.62	1.92	1.64	1.00	188.19
20002	4974.28700	4181.75600	0.01414	-0.00780	4974.30114	4181.74820	1.12	1.55	1.91	1.72	0.85	32.75
20003	4948.65900	3365.67600	0.01157	-0.01837	4948.67057	3365.65763	1.76	1.54	2.34	2.23	0.71	55.23
20004	4187.40100	3391.78300	0.00150	-0.01871	4187.40250	3391.76429	1.70	0.93	1.94	1.78	0.77	78.77
20005	3056.80900	3103.10700	-0.00962	0.00345	3056.79938	3103.11045	2.36	1.19	2.64	2.54	0.73	125.15
20006	3237.11200	3873.23800	-0.00791	-0.01334	3237.10409	3873.22466	1.38	0.92	1.65	1.49	0.72	128.84

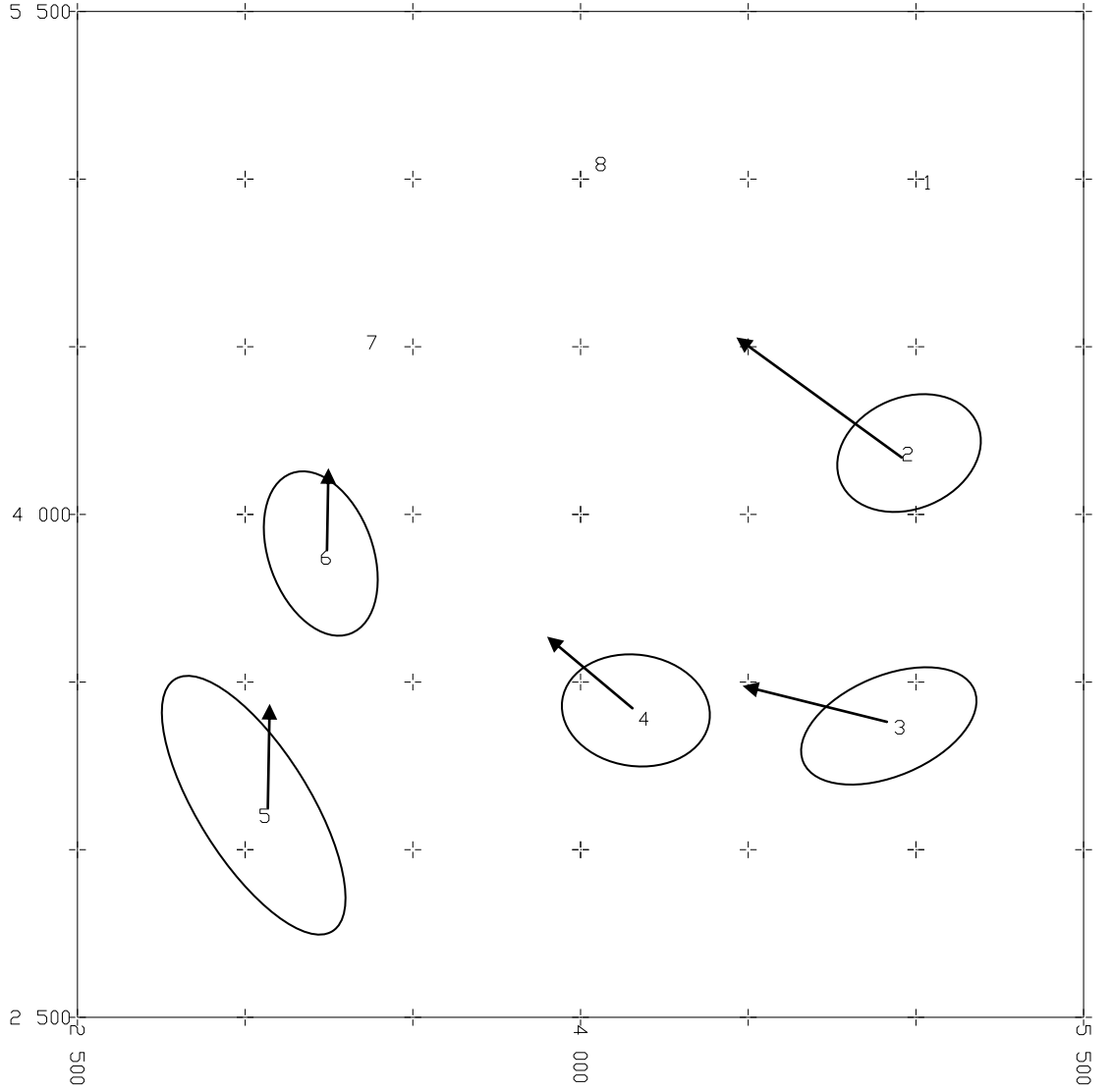
Kısaltmalar:

=====

DX =>Her iki periyodun, X Yönündeki koordinat farkları
 DY =>Her iki periyodun, Y Yönündeki koordinat farkları
 A- Konf =>Bağıl Güven Elipsi'nin Büyük Ekseni
 B- Konf =>Bağıl Güven Elipsi'nin Küçük Ekseni
 R - DS =>Kayma Vektörünün Açıklık Açısı
 Phi (A) =>Bağıl Güven Elipsi'nin Büyük Ekseni'nin Doğrultu Açısı
 DS =>Kayma Miktarı
 Konf- DS =>Kayma Vektörünün Güven Alanı
 A- Sens =>Kayma Noktasının Güven Elipsi'nin Büyük Ekseni
 B- Sens =>Kayma Noktasının Güven Elipsi'nin Küçük Ekseni

Öçüm Tarihi: 30.11.1983 - 10.05.1985

NN	dY (cm)	dX (cm)	A-Konf (cm)	B-Konf (cm)	Phi (A) (gon)	F-Test	Def: E H	R- Ds (gon)	Ds (cm)	Konf- DS (cm)	A Sens (cm)	B Sens (cm)
10001	-0.481	0.394	0.638	0.385	387.52	7.811	E	-56.31	0.621	0.488	0.783	0.472
10002	-0.748	0.991	0.667	0.329	33.00	60.552	E	-41.18	1.242	0.351	0.819	0.404
10003	-0.577	0.556	0.865	0.276	55.27	40.287	E	-51.17	0.802	0.277	1.062	0.339
10004	-0.270	0.514	0.687	0.301	78.98	17.564	E	-30.81	0.580	0.304	0.844	0.370
10005	0.215	0.456	0.982	0.285	325.25	15.062	E	27.99	0.504	0.285	1.205	0.350
10006	0.037	0.363	0.577	0.279	329.14	7.493	E	6.46	0.365	0.293	0.709	0.342



Şekil 5.8: Jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda 2, 3, 4, 5 ve 6 numaralı noktalarda %95 istatistik güvenle belirlenen hareketler ve yönleri

5.5 Ağ Yapısının Analiz Sonuçlarına Etkisi

Kontrol ağının geometrik yapısının beklenen deformasyonlarının ortaya çıkarılmasına uygun olup olmadığına incelenmesi de bu çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır. Bu bölümde çeşitli geometrik yapılardaki kontrol ağları ve bunların etkinlik derecelerinin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, ağın geometrisine etkisinin daha az olacağı düşünülen 5 ve 6 numaralı noktalarda yapılmış doğrultu ve kenar gözlemleri ölçü planından çıkartılmıştır. Mevcut ölçülerle deformasyon analizi gerçekleştirilmiş ve analiz sonuçları incelenmiştir. Bu aşamada, önce 5 numaralı noktadaki kenar ve doğrultu ölçüleri ölçü planından çıkartılıp 1, 2, 3, 4, 6, 7 ve 8 numaralı noktaların oluşturduğu kontrol ağında deformasyon analizi yapılmıştır. Daha sonra 6 numaralı noktadaki kenar ve doğrultu ölçüleri ölçü planından çıkartılıp 1, 2, 3, 4, 5, 7 ve 8 numaralı noktaların oluşturduğu kontrol ağında deformasyon analizi yapılmıştır.

Kontrol ağının ölçü planından, 5 numaralı noktada yapılmış olan kenar ve doğrultu ölçülerinin çıkartılmasıyla gerçekleştirilen deformasyon analizinde, deformasyon vektörünün büyüklüğünün 11.2 mm ile 2 numaralı noktada maksimum olduğu görülmüştür. Bu noktada bir ucu bağlı güven elipsinin merkezinde olacak şekilde çizilen deformasyon vektörünün diğer ucu, bağlı güven elipsinin 7.7 mm dışına taşmıştır. 6 numaralı noktada ise deformasyon vektörünün büyüklüğünün 4.3 mm ile minimum olduğu belirlenmiştir. 6 numaralı noktada, deformasyon vektörünün diğer ucu, bağlı güven elipsinin 0.4 mm dışına taşmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, kontrol ağından 5 numaralı noktayı çıkartımdan gerçekleştirilen analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda, her iki analiz sonuçları arasındaki farkın, maksimum deformasyon beklenen 2 numaralı noktada 0.1 mm minimum deformasyon beklenen 6 numaralı noktada da 0.1 mm olduğu görülmüştür.

Kontrol ağının ölçü planından 6 numaralı noktada yapılmış olan kenar ve doğrultu ölçülerinin çıkartılmasıyla gerçekleştirilen deformasyon analizinde, deformasyon vektörünün büyüklüğünün 2 numaralı noktada 11.2 mm ile maksimum değerde olduğu belirlenmiştir. Bu noktada bir ucu bağlı güven elipsinin merkezinde olacak şekilde çizilen deformasyon vektörünün diğer ucunun, bağlı güven elipsinin 7.7 mm dışına olduğu görülmüştür. 5 numaralı noktada ise deformasyon vektörünün

büyüklüğü 6.1 mm ile minimum olmuştur. Bu sonuçlar, kontrol ağından 6 numaralı noktanın çıkartılması durumunda gerçekleştirilen analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında aradaki farkın maksimum deformasyon beklenen 2 numaralı noktada 0.1 mm diğer noktalarda da ortalama olarak 0.1 mm olduğu görülmüştür.

Kontrol ağından 5 ve 6 numaralı noktaların çıkartılmasıyla gerçekleştirilen analiz sonuçları sayfa (60-69) arasında verilmiştir. Signifikant (kanıtlanabilir) nokta hareketlerinin büyüklükleri ve yönleri de Şekil 5.6 ve Şekil 5.7 de gösterilmektedir. Şekilde noktalar üzerine çizilen elipsler deformasyon vektörlerinin diğer bir değişle

$\underline{d} = \begin{bmatrix} X_{II} - X_I \\ Y_{II} - Y_I \end{bmatrix}$ koordinat farklarının güven elipsleridir.

TÜMDEN DENGEME İSTATİSTİK BİLGİLERİ
=====

a) - Varyans
=====

Sigma-a-priori : 0.00100000

Sigma-a-posteriori : 0.02036524 - Algoritmadan \

Sigma-a-posteriori : 0.02036523 - $v^T P v$ den / } Serbestlik Derecesi : 80

b) - Sabit Nokta Testi
=====

Ayrı Ayrı Serbest Dengeme $v^T P v$ Toplamı : 0.000077000000

Tümden Dengeme $v^T P v$ Toplamı : 0.033179420587

F1 : 3

F2 : 77

Sabit Noktaları için Test Büyüklüğü : 11034.1402

Sabit Noktaları için Kritik Değer
(Afa= 1.00%) : 4.04664

KOORDİ NATLAR İLİSTESİ

Sabit Noktalar

N N	Y_0 (m)	X_0 (m)	δ_Y (m)	δ_X (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
1	5000.00800	5000.00600	0.01043	0.00098	5000.01843	5000.00698	0.48	0.22	0.53	0.49	0.20	88.91
8	4073.40700	5045.09200	0.00106	0.00596	4073.40806	5045.09796	0.37	0.39	0.54	0.40	0.36	162.71
7	3390.28100	4512.48800	-0.01149	-0.00694	3390.26951	4512.48106	0.45	0.26	0.52	0.47	0.21	75.28

Obj e Nokt a arı Öçü periyodu : 1

NN	Y_0 (n)	X_0 (n)	δy (n)	δx (n)	$\hat{Y}$ (n)	$\hat{X}$ (n)	ny (mm)	nx (mm)	np (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
10002	4974.28700	4181.75600	0.01839	-0.01379	4974.30539	4181.74221	0.90	0.79	1.20	0.93	0.75	70.75
10003	4948.65900	3365.67600	0.01669	-0.02008	4948.67569	3365.65592	1.07	0.80	1.34	1.18	0.63	66.65
10004	4187.40100	3391.78300	0.00340	-0.02276	4187.40440	3391.76024	1.02	0.70	1.23	1.02	0.69	97.57
10006	3237.11200	3873.23800	-0.01098	-0.01905	3237.10102	3873.21895	0.95	0.90	1.31	1.11	0.69	146.32

Obj e Nokt a arı Öçü Periyodu : 2

NN	Y_0 (n)	X_0 (n)	δy (n)	δx (n)	$\hat{Y}$ (n)	$\hat{X}$ (n)	ny (mm)	nx (mm)	np (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
20002	4974.28700	4181.75600	0.00988	-0.00658	4974.29688	4181.74942	1.02	0.89	1.35	1.06	0.85	70.23
20003	4948.65900	3365.67600	0.00882	-0.01720	4948.66782	3365.65880	1.21	0.91	1.52	1.34	0.72	66.84
20004	4187.40100	3391.78300	-0.00133	-0.01856	4187.39967	3391.76444	1.15	0.79	1.40	1.15	0.79	97.83
20006	3237.11200	3873.23800	-0.01108	-0.01471	3237.10092	3873.22329	1.07	1.02	1.48	1.26	0.78	146.47

Kısaltmalar:

=====

DX => Her iki periyodun, X- Yönündeki koordinat farkları
 DY => Her iki periyodun, Y- Yönündeki koordinat farkları
 A- Konf => Bağlı Güven Elipsi'nin Büyük Ekseri
 B- Konf => Bağlı Güven Elipsi'nin Küçük Ekseri
 Phi (A) => Bağlı Güven Elipsi'nin Büyük Ekseri'nin Doğrudu Açısı
 R - DS => Kayma Vektörünün Açıklık Açısı
 DS => Kayma Miktarı
 Konf- DS => Kayma Vektörünün Güven Alanı
 A- Sens => Kayma Noktasının Güven Elipsi'nin Büyük Ekseri
 B- Sens => Kayma Noktasının Güven Elipsi'nin Küçük Ekseri

Öçüm Tarihi : 30.11.1983 - 10.05.1985

NN	dY (cm)	dX (cm)	A Konf (cm)	B Konf (cm)	Phi (A) (gon)	F-Test	Def: E/H	R- Ds (gon)	Ds (cm)	Konf- DS (cm)	A Sens (cm)	B Sens (cm)
10002	-0.00851	0.00721	0.00438	0.00342	68.63	49.217	E	-55.28	1.116	0.351	0.538	0.420
10003	-0.00788	0.00288	0.00553	0.00295	67.53	27.465	E	-77.68	0.839	0.354	0.679	0.362
10004	-0.00473	0.00420	0.00478	0.00324	98.77	13.177	E	-53.76	0.633	0.385	0.586	0.398
10006	-0.00010	0.00434	0.00522	0.00325	347.00	6.170	E	-1.43	0.434	0.386	0.641	0.399

TÜMDEN DENGELEME İSTATİSTİK BİLGİLERİ
=====

a) - Varyans
=====

Sigma-a-pri-ori 0.00100000

Sigma-a-post-eri-ori 0.01700167 – Algoritmadan \ } Serbestlik Derecesi 72
Sigma-a-post-eri-ori 0.01700166 - v^TPv den /

b) - Sabit Nokta Testi
=====

Ayrı Ayrı Serbest Dengel eme v^TPv Toplam : 0.000069000000

Tümden Dengel eme v^TPv Toplam : 0.020812066220

F1 : 3

F2 : 69

Sabit Noktalar için Test Büyüklüğü : 6914.3554

Sabit Noktalar için Kritik Değer : 4.07884
(Alfa= 1.00%)

COORDİ NATLAR LİSTESİ

=====

Sabit Noktalar

N N	Y_0 (m)	X_0 (m)	δy (m)	δx (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PHI (gon)
1	5000.00800	5000.00600	0.01169	0.00128	5000.01969	5000.00728	0.55	0.22	0.60	0.56	0.20	87.18
8	4073.40700	5045.09200	0.00070	0.00587	4073.40770	5045.09787	0.37	0.38	0.53	0.39	0.36	155.26
7	3390.28100	4512.48800	-0.01239	-0.00716	3390.26861	4512.48084	0.49	0.26	0.55	0.51	0.21	77.70

Obj e Nokt a arı Öçü m Periyodu : 1

N N	Y_0 (m)	X_0 (m)	δ_y (m)	δ_x (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
10002	4974.28700	4181.75600	0.01791	-0.01356	4974.30491	4181.74244	0.84	0.74	1.12	0.87	0.71	72.92
10003	4948.65900	3365.67600	0.01595	-0.01991	4948.67495	3365.65609	1.07	0.75	1.31	1.16	0.61	71.05
10004	4187.40100	3391.78300	0.00300	-0.02243	4187.40400	3391.76057	0.99	0.67	1.20	0.99	0.66	104.01
10005	3056.80900	3103.10700	-0.01175	-0.00427	3056.79725	3103.10273	1.61	1.08	1.94	1.79	0.74	132.05

Obj e Nokt a arı Öçü m Periyodu : 2

N N	Y_0 (m)	X_0 (m)	δ_y (m)	δ_x (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
20002	4974.28700	4181.75600	0.00935	-0.00641	4974.29635	4181.74959	1.07	0.94	1.42	1.11	0.89	70.86
20003	4948.65900	3365.67600	0.00778	-0.01712	4948.66678	3365.65888	1.37	0.95	1.67	1.48	0.78	71.01
20004	4187.40100	3391.78300	-0.00213	-0.01799	4187.39887	3391.76501	1.27	0.84	1.53	1.27	0.84	103.81
20005	3056.80900	3103.10700	-0.01257	0.00179	3056.79643	3103.10879	2.06	1.37	2.47	2.29	0.94	131.92

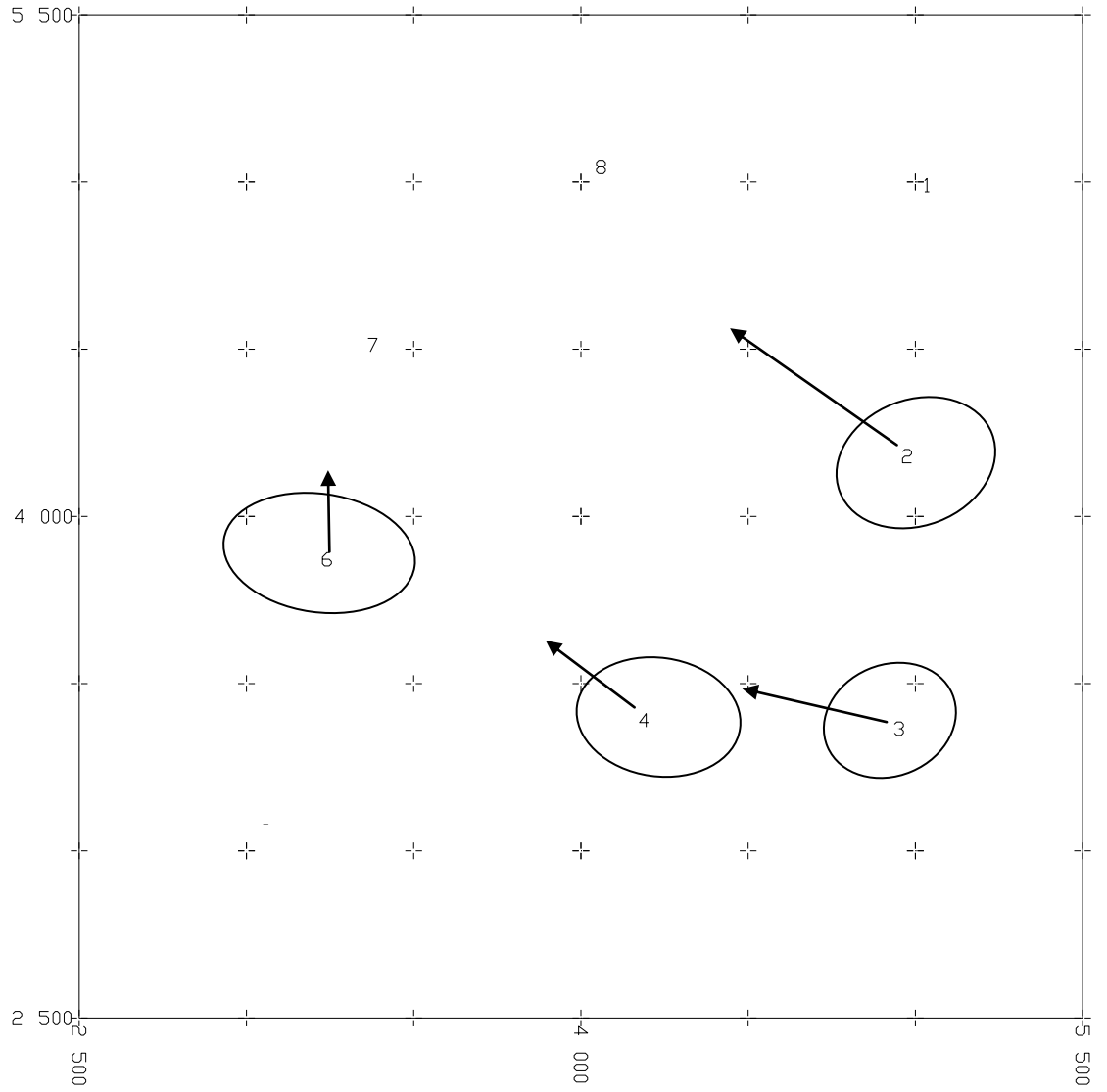
Kısaltmalar:

=====

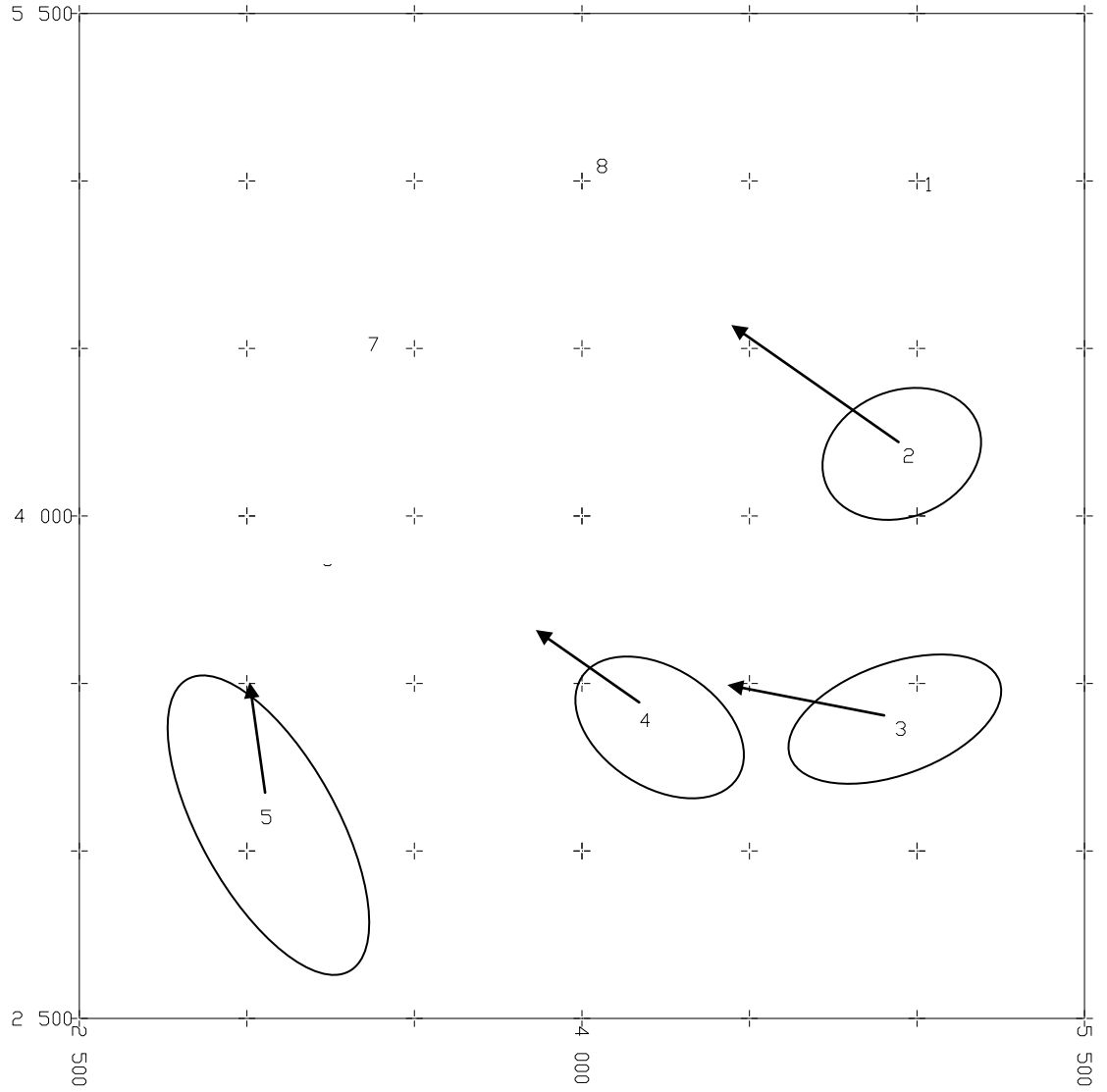
DX => Her iki periyodun, X- Yönündeki koordinat farkları
 DY => Her iki periyodun, Y- Yönündeki koordinat farkları
 A- Konf => Bağlı Güven Elipsinin Büyük Ekseni
 B- Konf => Bağlı Güven Elipsinin Küçük Ekseni
 Phi (A) => Bağlı Güven Elipsinin Büyük Ekseni'nin Doğrultu Açısı
 R - DS => Kayma Vektörünün Açıklık Açısı
 DS => Kayma Miktarı
 Konf- DS => Kayma Vektörünün Güven Alanı
 A- Sens => Kayma Noktasının Güven Elipsinin Büyük Ekseni
 B- Sens => Kayma Noktasının Güven Elipsinin Küçük Ekseni

Öçüm Tarihi : 30.11.1983 - 10.05.1985

NN	dY (cm)	dX (cm)	A- Konf (cm)	B- Konf (cm)	Phi (A) (gon)	F- Test	Def: E/ H	R- Ds (gon)	Ds (cm)	Konf- DS (cm)	A- Sens (cm)	B- Sens (cm)
10002	-0.00856	0.00715	0.00440	0.00342	68.06	49.465	E	-55.73	1.115	0.351	0.540	0.420
10003	-0.00816	0.00279	0.00589	0.00302	70.95	25.285	E	-79.04	0.862	0.380	0.723	0.371
10004	-0.00513	0.00444	0.00506	0.00329	303.51	13.322	E	-54.58	0.678	0.412	0.622	0.404
10005	-0.00083	0.00605	0.00907	0.00369	331.71	9.545	E	-8.63	0.611	0.438	1.114	0.452



Şekil 5.9: Jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda 2, 3, 4 ve 6 numaralı noktalarda %95 istatistik güvenle belirlenen hareketler ve yönleri



Şekil 5. 10: Jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda 2, 3, 4 ve 5 numaralı noktalarda %95 istatistik güvenle belirlenen hareketler ve yönleri

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Günümüzde yer kabuğu hareketlerinin izlenmesinden, mühendislik yapılarındaki yer ve şekil değişimlerinin saptanmasına kadar pek çok amaçla yönelik olarak, deforasyon analizi uygulanmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte jeodezik yöntemlerle hem deforasyon ölçmeleri hem de bu ölçüleri değerlendirme teknikleri yeni bir boyut kazanmıştır. Deforasyon çalışmalarındaki en önemli amaç; var olan deforasyonların en gerçekçi ve bunun yanı sıra en ekonomik şekilde belirlenmesidir.

Bağıl güven elipsleri ile deforasyon analizi nin gerçekleştirildiği bu çalışmada, sabit noktalardaki olası hareketleri, deforasyon noktalarının hareketlerinden soyutlayabilmek için serbest ağ dengelenmesi olarak, koordinat bilinmeyenlerinin kısmi normunun minimum yapılması uygun görülmüştür. Analiz sonucunda, deforasyon noktalarındaki hareketlerin, siğni kant olup olmadıkları %95 istatistik güvenle belirlenmiştir.

Kontrol ağı nı oluşturan noktalardan 1, 7 ve 8 numaralı noktaların sabit alınması ile gerçekleştirilen deforasyon analizi sonucunda 2, 3, 4, 5 ve 6 numaralı noktalardaki deforasyonların siğni kant (kamtlanabilir) olduğuna %95 istatistik güvenle karar verilmiştir. Kontrol ağı ndaki deforasyon noktaları arasında, en fazla hareketi n 11.1 mm ile 2 numaralı noktada, en az hareketi n ise 4.4 mm ile 6 numaralı noktada olduğu görüldü. 5 ve 6 numaralı noktalardaki deforasyon vektörlerinin yönü kuzeyi gösterirken, 2, 3 ve 4 numaralı noktalardaki deforasyon vektörleri, kuzey-batı yönündedir.

Bu çalışmanın amaçları arasında, kontrol ağı nın geometrik yapısının beklenen deforasyonların ortaya çıkarmasına uygun olup olmadığı nın incelenmesi de yer almaktadır. Çeşitli geometrik yapılardaki kontrol ağı larının ve bunların etkinlik derecelerinin incelenmesi amacıyla 5 ve 6 numaralı noktalar, kontrol ağı ndan çıkartılarak analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Kontrol ağından 5 numaralı noktanın çıkartılmasıyla gerçekleştirilen analiz sonucunda, 2, 3, 4 ve 6 numaralı noktalarındaki deforasyonların si gni fi kant ol du ğu % 95 istatistik güvenle belirlenmiştir. Kontrol ağındaki deforasyon noktaları arasında, en fazla hareketin 11.2 mm ile 2 numaralı noktada, en az hareketin ise 4.3 mm ile 6 numaralı noktada ol du ğu gör ü ld ü. 6 numaralı noktadaki deforasyon vektörünün yönü kuzeyi gösterirken, 2, 3 ve 4 numaralı noktalarındaki deforasyon vektörleri, kuzey-batı yönündedir.

Kontrol ağından 6 numaralı noktanın çıkartılmasıyla gerçekleştirilen analiz sonucunda, 2, 3, 4 ve 5 numaralı noktalarındaki deforasyonların si gni fi kant ol du ğu %95 istatistik güvenle belirlenmiştir. Kontrol ağındaki deforasyon noktaları arasında, en fazla hareketin 11.2 mm ile 2 numaralı noktada, en az hareketin ise 6.1 mm ile 5 numaralı noktada ol du ğu gör ü ld ü. 5 numaralı noktadaki deforasyon vektörünün yönü kuzeyi gösterirken, 2, 3 ve 4 numaralı noktalarındaki deforasyon vektörleri, kuzey-batı yönündedir.

Ağ geometrisine etkisinin daha az olabileceği düşün ü len 5 ve 6 numaralı noktaların kontrol ağından çıkartılmasıyla gerçekleştirilen analiz sonuçları, bu iki noktanın kontrol ağında bul undu ğu durumda gerçekleştirilen analiz sonuçları ile karşılaştırıldı. Bu karşılaştırma sonucunda:

1. Her üç durumda da, deforasyon noktalarındaki deforasyon vektörlerinin yönlerini ve büyüklüklerini aynı ol du ğu
2. Kontrol ağının, ağın dengelenmesi den sonra elde edilen prezisyon, sağ lanan ağ geometrisi ve ölçü doğrulukları ile deforasyon analizini iyi bir şekilde gerçekleştirebilecek düzeyde ol du ğuna karar verildi.

Deforasyon analizi sonucunda elde edilen sonuçlar, jeoloji, jeofizik ve inşaat mühendisliği gibi farklı mesleki disiplinlerden uzmanlarca değerlendirilir. Bu nedenle, deforasyon analizine yönelik çalışmalarda, yapılan çalışmanın amacına göre farklı disiplinlerdeki ilgili uzmanların görüşlerine başvurulmalı ve buna göre bir yöntem belirlenmelidir.

Deforasyon çalışmalarından en iyi sonucun elde edilebilmesi, incelenecek obje hakkında iyi toplanmış bir ön bilgi ile optimal ölçü ve hesap yönteminin

uygulanmasına bağıdır. Kontrol ağı, opti mum çözü mü elde etmeye yönelik şekilde kurulmalıdır. Ağı n opti mizasyonunda, amaç fonksiyonunun belirli noktalardaki, belirli büyüklükteki defor masyonları açığa çıkaracak şekilde belirlenmesine ve ağı n ölçme planının bu amaç doğrultusunda yapılmasına özen gösteril meli dir.

KAYNAKLAR

- Akdoğan, N**, 1998. Deformasyon Analizinde Kullanılan Değerlendirme Yöntemleri, *HKMO Dergisi, Sayı 85, ISSN 1300-3534*
- Aksoy, A, Ayan, T, Deniz, R ve Yalın, D**, 1993. Taşkesti ve Cerede Kesiminde Yer kabuğu Hareketlerinin Jeodezik Yöntemlerle Belirlenmesi Çalışmaları ve Bazı Analiz Sonuçları, *Prof. Dr. H.Wolf Jeodezi Sempozyumu, İstanbul, 1993.*
- Aksoy, A, Franke, P, Özlüdemir, T**, 1995. Activities on the Deformation of Crustal Movements in Turkey, *First Turkish-German Joint Geodetic Days, 1995.*
- Aksoy, A**, 1983. Measurements and Computation in Micro Geodetic Nets Established on The North Anatolian Fault Zone for The Purpose of Earthquake Prediction Research in Turkey, *IASPEI Symposium 6, 25-27 August 1983.*
- Ayan, T**, 1981. Jeodezik Ağların Analizi, *Lisans üstü ders notları, İstanbul.*
- Ayan, T**, 1982. Jeodezik Ağlarda Deformasyon Analizine Genel Bakış, *İTÜ Dergisi, Cilt 40, Sayı 1, İstanbul.*
- Ayan, T**, 1983. Bağlı Güven Hipsleri ile Deformasyon Analizi, *Harita Dergisi, Sayı 91.*
- Ayan, T**, 1983. Deformasyonların Saptanmasında Kontrol Ağının İkiye Ayrılması Yöntemi, *Harita Kadastro Mühendisleri Dergisi Sayı 45, 46, 47.*
- Akyılmaz, O**, 2001. Deformasyon Analizinde Kullanılan Modeller, *Yüksek Lisans Tezi, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Caspary, WE**, 1983. Concepts of Network and Deformation Analysis, *Monograph 11 School of surveying, The University of New South Wales, Australia 1987.*
- Chen, Y Q**, 1983. Analysis of Deformation Surveys- a generalized method, *Technical Report No. 94, Dept. of Surveying Engineering, University of New Brunswick, Canada.*
- Chrzanowski, A, Chen, Y Q, Secord, J M**, 1986. Geometric Analysis of Deformation Measurements Workshop, *MT, Cambridge 1986.*
- Gihan, Y**, 1991. Bağlı Güven Hipsleri ile Deformasyon Analizi, *Yüksek Lisans Tezi, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Denirel, H**, 2001. Dengelenme Hesabı, *Lisans ders notları İstanbul.*

- Erol, S**, 1999. Karasu Viyadüğünde GPS ile Deformasyon Ölçmeleri ve Analizi, *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.*
- Heunecke, O, Pelzer, H and Welsch, W**, 1998. On the classification of Deformation Models and Identification Methods in Engineering Surveying, *XXI. IAG Congress, Com 6, Brighton, pp. 230-245*
- Jackson, J and, McKenzie, P**, 1988. The Relationship Between Plate Motions and Seismic Moment Tensors, and the Rates of Active Deformation in the Mediterranean and Middle East, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 93: 45-73, 1988
- Mackenzie, P**, 1985. Design and Assessment of Horizontal Survey Networks, *Thesis, The University of Calgary, Calgary, Alberta 1985.*
- McClusky S, vd**, 2000. GPS Constraints on Crustal Movements and Deformations in the Eastern Mediterranean (1988-1997): Implications for Plate Dynamics, *JGR Vol. 105, No. B3, 5695-5719, 2000.*
- Papo, B H**, 1999. Datum Accuracy and its Dependence on Network Geometry, *International Scientific and Technical Conference Dedicated to 220th anniversary of Moscow State University of Geodesy and Cartography, 1995.*
- Pelzer, H, Kuhlmann, H**, 1997. Models of Deformation Analysis, *Second Turkish-German Joint Days, 1997.*
- Reilinger, R E, vd.**, 1997. Global Positioning System Measurements of Present day Crustal Movements in the Arabia-Africa-Eurasia Plate Collision Zone, *JGR, Vol. 102, No. B5, 9983-9999, 1997*
- Seyidoğlu, H**, 2000. Bilimsel araştırma ve Yazma H Kitabı, *Gzem Yayınları No: 15, İstanbul.*
- Welsch, W, Heunecke, O**, 1998. Terminology and Classification of Deformation Models, *IX IAG International Symposium on Deformation Measurements.*
- Yılmaz, M**, 1993. Barajlara Yerleştirilen Deformasyon Ölçme Donatıları, *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.*

EKLER

EK A: Kontrol ağının birinci periyot dengelenme sonuçları

DENGELENMİŞ KOORDİNATLAR

Kısaltmalar :

my : Y – Ekseni Doğrultusundaki Standart Sapma
mx : X – Ekseni Doğrultusundaki Standart Sapma
mp : Karesele Oturma Nokta Konum Hatası
a : Oturma Hata Epsi Büyük Yarı Ekseni
b : Oturma Hata Epsi Küçük Yarı Ekseni
Phi : Oturma Hata Epsi Büyük Eksen Açıklık Açısı

N N	Y (m)	X (m)	my (cm)	mx (cm)	mp (cm)	a (cm)	b (cm)	Phi (gon)
1	5000.02054	5000.01966	0.121	0.124	0.174	0.136	0.109	46.3
2	4974.30225	4181.75728	0.099	0.125	0.159	0.126	0.098	13.7
3	4948.67663	3365.66762	0.127	0.110	0.168	0.128	0.109	115.1
4	4187.40389	3391.77079	0.113	0.087	0.142	0.113	0.087	99.1
5	3056.79295	3103.11008	0.136	0.142	0.197	0.167	0.106	46.7
6	3237.09706	3873.22936	0.096	0.115	0.150	0.119	0.091	25.9
7	3390.26562	4512.48864	0.107	0.119	0.160	0.127	0.097	37.6
8	4073.40506	5045.10257	0.117	0.106	0.158	0.122	0.101	68.8

YATAY KONTROL AĞI N N KAREKTERİSTİK DEĞERLERİ
=====

Ortalama Mp	0.0016 m
Maksimum Koordinat Bli nme yeri	0.0176 m
Serbestlik Derecesi r=n-u+d	50
Normal Denklem Matrisi nin Rank Def ekt i :	3 (2 Ö d e m e, 1 D ö n m e)

a-posteriori Varyans

Ö ç ü T ü r ü	Ortalama Serbestlik Derecesi B l e Ő e r i	Serbestlik Derecesi B l e Ő e r i T o p l a m	$v^T P v$	Varyans
Kenar	0.82	18.9434	0.00000587	0.00055658
Doğ r u t u	0.65	31.0566	0.00001220	0.00062681
Toplam		50.0000	0.00001807	0.00060117

EK B: Kontrol ağının ikinci periyot dengelenme sonuçları

DENGELENMİŞ KOORDİ NATLAR

Kısaltmalar :

ny : Y- Ekseni Doğrultusundaki Standart Sapma
mx : X – Ekseni Doğrultusundaki Standart Sapma
mp : Karesele Otalama Nokta Konum Hatası
a : Otalama Hata Eksi Büyük Yarı Ekseni
b : Otalama Hata Eksi Küçük Yarı Ekseni
Phi : Otalama Hata Eksi Büyük Eksen Açıklık Açısı

N N	Y (n)	X (n)	ny (cn)	mx (cn)	mp (cn)	a (cn)	b (cn)	Phi (gon)
1	5000.01612	5000.01658	0.162	0.166	0.232	0.179	0.148	45.5
2	4974.29797	4181.76112	0.131	0.165	0.210	0.166	0.129	14.2
3	4948.67042	3365.66576	0.169	0.146	0.223	0.170	0.145	111.6
4	4187.40458	3391.77128	0.150	0.115	0.189	0.150	0.115	99.1
5	3056.80130	3103.11495	0.211	0.189	0.283	0.229	0.166	61.1
6	3237.09760	3873.22899	0.136	0.163	0.212	0.163	0.135	7.3
7	3390.26855	4512.48806	0.143	0.157	0.212	0.168	0.130	38.3
8	4073.40746	5045.09926	0.155	0.140	0.209	0.161	0.134	69.8

YATAY KONTROL AĞI N N KAREKTERİSTİK DEĞERLERİ
=====

Ortalama M_p 0.0022 m

En Büyük Koordinat Bli n meyeri -0.0144 m

Serbestlik Derecesi $r=n-u+d$ 48

Normal Denklem Matrisi ri n

Rank Def ekti (2 Ö d e me, 1 D ö n me)

a-post eri ori Varyans :

Öçü Türü	Ortalama Serbestlik Derecesi ri n Bl e ş eri	Serbestlik Derecesi Bl e ş erl eri Toplam	$v^T P v$	Varyans
Kenar	0.82	18.8593	0.00000469	0.00049864
Doğrultu	0.63	29.1407	0.00002544	0.00093426
Toplam		48.0000	0.00003012	0.00079221

EK C: Kontrol ağının birinci ve ikinci periyot ölçülerinin genel iznini muamilkesine göre tümünden dengeleme sonuçları

TÜMDEN DENGELEME İSTATİSTİK BİLGİLERİ

=====

a) - Varyans

=====

Sigma-a-priori : 0.00100000

Sigma-a-posteriori : 0.02884471 - Algoritmadan \

} Serbestlik Derecesi : 111

Sigma-a-posteriori : 0.02884470 - $v^T P v$ den /

b) - Sabit Nokta Testi

=====

Ayrı Ayrı Serbest Dengelene $v^T P v$ Toplam : 0.000098000000

Tümünden Dengelene $v^T P v$ Toplam : 0.092353832485

F1 : 13

F2 : 98

Sabit Noktalar için Test Büyüklüğü : 7096.6025

Sabit Noktalar için Kritik Değer : 2.31702
($\alpha = 1.00\%$)

COORDİ NATLAR LI STESİ

=====

SABİ T NOKTALAR

N N	Y_0 (m)	X_0 (m)	δ_y (m)	δ_x (m)	$\hat{Y}$ (m)	$\hat{X}$ (m)	m_y (mm)	m_x (mm)	m_p (mm)	A (mm)	B (mm)	PH (gon)
1	5000.00800	5000.00600	0.00807	0.01127	5000.01607	5000.01727	0.87	0.66	1.09	0.88	0.65	111.39
2	4974.28700	4181.75600	0.01398	-0.00082	4974.30098	4181.75518	0.96	0.65	1.17	0.97	0.65	92.05
3	4948.65900	3365.67600	0.01398	-0.00875	4948.67298	3365.66725	0.83	0.67	1.07	0.88	0.61	70.91
4	4187.40100	3391.78300	0.00184	-0.01222	4187.40284	3391.77078	0.61	0.74	0.96	0.75	0.60	183.51
5	3056.80900	3103.10700	-0.01106	0.00524	3056.79794	3103.11224	1.22	0.72	1.41	1.25	0.66	117.24
6	3237.11200	3873.23800	-0.01167	-0.01015	3237.10033	3873.22785	0.82	0.67	1.06	0.86	0.62	129.00
7	3390.28100	4512.48800	-0.01343	0.00069	3390.26757	4512.48869	0.80	0.66	1.04	0.81	0.65	111.00
8	4073.40700	5045.09200	-0.00172	0.01473	4073.40528	5045.10673	0.63	0.64	0.90	0.67	0.60	155.89



ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Silifke’de doğdu. Orta öğrenimini 1988 yılında Silifke Atatürk Orta Okulu’nda başlayıp, 1994 yılında Silifke Lisesi’nde tamamladı. 1996 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri

Mühendisliği Bölümünde yüksek öğrenimine başladı. 2000 yılında lisans öğrenimini tamamlayıp, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Çağdaş Yaşam Destekleme Derneği ve Mersin Yelken Yat İhtisas Kulübü üyelerinden olan M. Onur KAPLAN İngilizce ve İtalyanca bilmektedir. Halen İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.