

# KUZHEY ANADOLU FAY HATTININ YENIÇAĞ KESİMİNDE MİKRO-GRAVİMETRİ ÖLÇÜLERİ VE İLK DEĞERLENDİRMELER

H. DEMİREL\*

M. BECKER†

E. GROTEN†

A. AKSOY‡

## ÖZET

"Depremlerin önceden tahmini ve zararlarının azaltılması projesi" çerçevesinde Darmstadt Fiziksel Jeodezi Enstitüsü ile yakın işbirliği içinde Kuzey Anadolu fay hattının Bolu-Yeniçağ kesiminde bir mikro-gravimetri ağı kurulmuştur. Yinelemeli ölçüler, 1982 yılında başlanarak her defasında iki La Coste-Romberg gravite ölçeriyle yapılmış ve 1982-1985 yılları arasındaki peryot ölçülerinin ayrı ayrı dengelenmesi sonucunda ağ noktalarının gravite değerleri  $\pm 1$  cm'den daha küçük yükseklik değişimlerine karşılık 1-2  $\mu$ gal karesel ortalama hata ile elde edilmiştir. Ayrıca gravitenin zamana bağlı değişimleri incelenmiştir.

## 1- GİRİŞ

Doğu Akdeniz Bölgesi'nde "Kuzey Anadolu Fayı" (KAF) başlıca tektonik aktivite alanıdır. Yıllık cm'ler hızında doğrultu atımlı kayma hareketleri oluşmaktadır. Fayın oluşumunu ve sonuçlarını incelemeye yönelik çok sayıda jeolojik, jeofizik ve jeodezik çalışmalar çerçevesinde KAF'ın merkez kısmını enine kesen bir mikro-gravimetri ağı kurulmuştur.

KAF, Avrupa-Asya plakası ile Anadolu yarımadası arasındaki hareketlerin büyük bir bölümünün birleştiği sağ yönlü bir fay zonedir. 1000 km'den daha uzun olan fay bölgesel bir yarı (rift) morfolojisi niteliğindedir. Aktivite kırıkları deprensellik ölçütüdür. 1939'dan bu yana 3,3-8 şiddetinde dört deprem olmuştur. 1944 depreminde 2 m. büyüklüğünde sağ yönlü hareketler ortaya çıkmıştır. Günümüzde fayın merkez bölgesinde yapılan ölçüler hareket hızının 1-2 cm. büyüklüğünde olduğunu göstermektedir. Paleomanyetik incelemeler (Orbay, 1979) yanal hareketler yanında kuzey blokunun önemli ölçüde yükseldiğini göstermektedir. KAF'ın yapısı Amerika Birleşik Devletleri'ndeki San Andreas fayı tipindedir. KAF'a ilişkin daha çok bilgi için (Yılmaz ve diğerleri, 1980; Senyör ve diğerleri, 1980) yayınlarına bakınız.

(\*) Yıldız Üniversitesi

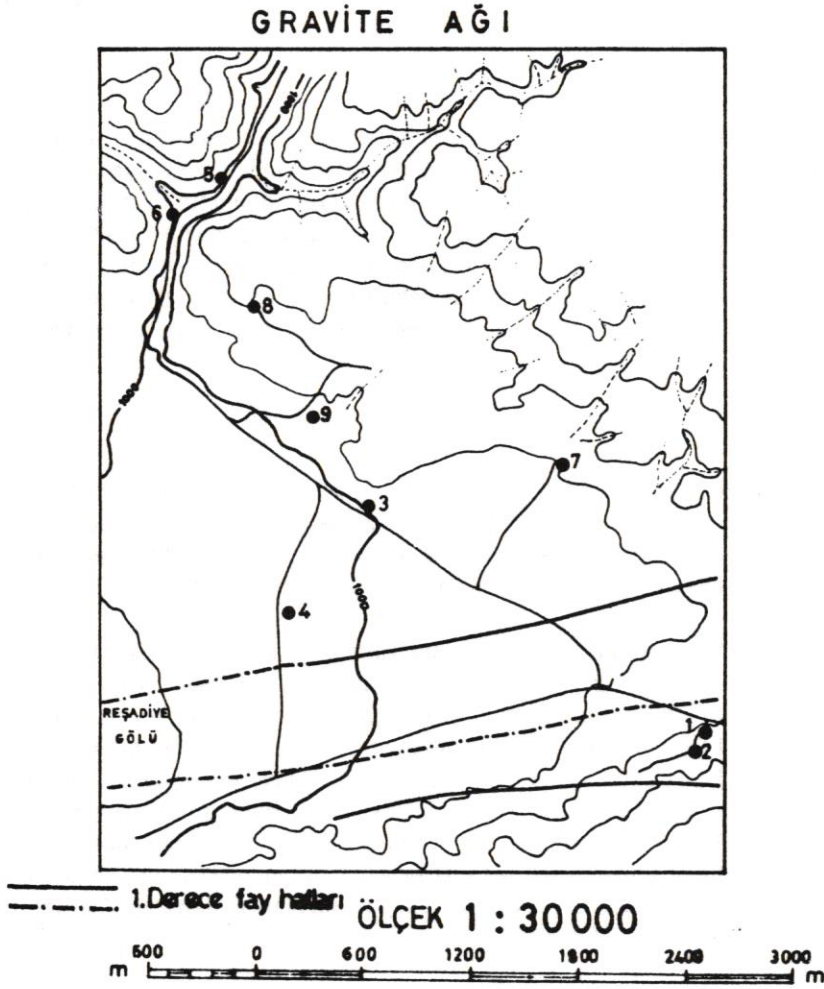
(†) Darmstadt Yüksek Teknik Okulu Fiziksel Jeodezi Enstitüsü, B. Almanya

(‡) İstanbul Teknik Üniversitesi

## 2- BÖLGE SEÇİMİ VE GÖZLEM ŞEMASI

Bolu-Gerede arasında kalan fay bölgesinde yapılan araştırmalardan sonra mikro-gravimetri ağı için Yeniçağ kesimi uygun bulunmuştur. Seçilen alandaki fay bölgesi, ikinci derecede birbirine paralel fay ve setleri olan bir yarı topografyası şeklinindedir. Yerel özellikler asıl fayı izleyen küçük fayların kuzeydoğu-güneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu yönünde değiştiğini göstermektedir. Güneyde yükselen bölgede bu faylar düşey yönde basamaklar görünümündedir.

Ađ noktalarının seçiminde ve işaretlenmesinde aşağıda belirtilen istekler göz önünde tutulmuştur.



(Şekil 2.1)

- Nokta dağılımı fay aktivitesiyle birlikte gravite değişimlerini ortaya çıkarmalıdır.
- Bir noktadan ötekine kolay ve kısa sürede ulaşılabilirlidir.
- Bir noktada iki gravite ölçerle aynı zamanda gözlem yapılabilirlidir.
- Noktalar kararlı (stabil) olmalı ve uzun süre kullanılabilirlidir.
- Yüksek presizyon için ölçülen gravite farkları küçük olmalıdır.

Noktalar sağlam zemine ulaşıncaya dek kazılan çukurlarda yerinde dökülen ve üst yüzeyi iki gravite ölçerle aynı zamanda ölçü yapılabilecek genişlikte olan pilyeli beton bloklar biçiminde işaretlenmiştir.

Ölçü yerleri Şekil 2.1'de görülmektedir. İki nokta asıl fay merkezinde yukarı mesozoik kil tabakasında, 4 No'lu nokta küçük bir göl yakınında çökmüş alanda, 3, 7, 8, 9 No'lu noktalar yukarı mesozoik kristal tabakada ve 5, 6 No'lu noktalar mesozoik kayalar üzerinde bulunmaktadır.

Bir gravite ölçerin sıfır noktasının zamana bağlı değişimini (drift) belirleyebilmek için (Bkz. Bölüm 3) gözlemler 3 No'lu noktadan başlanarak bu noktayı ortaklaşa içeren üçgen kapanmalar şeklinde yapılmış, tüm ağı iki kez ölçmek ya da 12-14 gravite farkını gözlemek için iki gün gerekli olmuştur. Sistematik etkilerden sakınmak amacıyla ikinci ölçmede yine 3 No'lu noktayı ortaklaşa içeren değişik üçgenler kapatılmıştır. Ölçü noktaları arasındaki gravite farkları küçük tutulmakla birlikte noktalara ulaşım koşullarının uygun olması nedeniyle en büyük gravite farkı yaklaşık 28 mgal değerindedir.

### 3- YÜKSEK DUYARLI GRAVİTE ÖLÇÜLERİ İÇİN DEĞERLENDİRME MODELLERİ

#### 3.1- Gravite Ölçer Okumalarının İndirgenmesi

Gravite ölçüleri en küçük kareler yöntemine göre Gauss-Markov modelinde dengelenerek ölçü noktalarındaki gravite değerleri, ayar fonksiyonu, drift parametreleri vb. bilinmeyenler belirlenir. Ölçüler, dönüştürülmüş ya da sistematik etkilerden arındırılmış alet okumalarıdır. Bu yöndeki işlem adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- La Coste-Romberg gravite ölçerleri için geçerli fay faktörleriyle sayaç okumaları yaklaşık mgal değerlere dönüştürülür. Bu değerlere,
- Gravitenin zamana bağlı değişimleri nedeniyle gel-git düzeltmesi,
- Aletin ölçme sisteminin noktadan daha yukarıda olması nedeniyle yükseklik düzeltmesi,
- Hava kitlelerinin değişimi sonucu farklı çekim etkileri nedeniyle atmosferik düzeltme,
- Aletin ölçme sisteminde olabilen periyodik hatalar nedeniyle periyodik düzeltme getirilir.

LaCoste-Romberg gravite ölçerleri sıcaklık değişimlerine karşı iyi korunduğundan ve değişim etkileri geniş bir zaman aralığında ortaya çıktığından sıcaklık düzeltmesi gözardı edilebilmektedir (Weichel, 1980).

Kaba ölçü hatalarından sakınmak için bir noktada birden çok sayıda ölçü yapılır.

Yukarıda açıklanan işlemlerden sonra dönüştürülen okuma değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak bir tek ölçü değeri elde edilmektedir.

### 3.2- Fonksiyonel ve Stokastik Modeller

Bir  $i$  noktasında  $t_i$  zamanında yapılan  $z_i$  okumasının alet için geçerli ayar değerleri tablosu yardımıyla dönüştürülen yaklaşık mgal değeri  $r_i$  ile gösterilirse  $g_i$  gravite değeri için

$$g_i = g(t_i, r_i(t_i)) \quad (3.1)$$

eşitliği geçerli olur (Drewes, 1980). Bu eşitlik ölçü periyodunun başlangıcı ( $t_0 = 0$ ) için Taylor serisine açılırsa, sabit terim dışında gravitenin doğrudan zamana, okuma değerine ve okuma değerinin zamana göre türevlerinin katsayı olarak geçtiği terimler toplamı elde edilir.

Seriye açımında çıkan ve  $O_p$  ile gösterdiğimiz sabit terim,  $t_0 = 0$  zamanında  $r = 0$  okumasına karşılık gravite değeri ya da gravite ölçer okumaları ( $p$  ölçü grubu) için başlangıç yüzeyi, başka bir deyişle yönlendirme bilinmeyenidir.

Gravitenin zamana göre türevleri büyük ölçüde ay ve güneşin çekiminden ve bunun sonucu olarak yeryuvarının esnek deformasyonundan kaynaklanan kara ve deniz gel-gitleidir.  $\pm 150 \mu\text{gal}$  büyüklüğündeki bu etkiler gel-git gözlemleriyle belirlenen parametreler ya da yeryuvarının esneklik parametreleri ve okyanus gel-git modelleri yardımıyla  $\pm 1 \mu\text{gal}$ 'den daha büyük bir doğrulukla hesaplanabilmektedir (Becker, 1984). Gravitenin zamana bağlı değişiminin önemli bir başka bileşeni de atmosferdeki basınç değişimleridir.  $4 \mu\text{gal}$  değerini aşmayan bu etkiler regresyon katsayılarıyla belirlenebilmektedir.

Okumanın zamana göre türevleri drift katsayılarıdır. Gravite ölçer yayının eskimesinden kaynaklanan sıfır noktasının sürekli değişimine drift adı verilmektedir. Drift, hızlı sıcaklık değişimleri ve taşıma sırasında sarsıntılar nedeniyle ortaya çıkabilen sıçramalardan, başka deyişle gravite ölçer okumasının ani değişimlerinden de etkilenir. Uygun ölçme planının tasarımında drift olayı belirleyici olur. Drift zaman değişkenli bir polinomla tanımlanır:

$$d(t_i) = \sum_{k=1}^{m_d} d_k t_i^k \quad (3.2)$$

$d_k$  drift polinomunun katsayıları,  $t_i$  ölçü zamanının periyot başlangıcına göre değeri ve  $m_d$  polinomun derecesi anlamındadır. Genellikle doğrusal (1. dereceden) bir drift fonksiyonu yeterli olur.

Gravitenin gravite ölçer okumasına göre türevleri ölçek faktörlerini, okumaya ve zamana göre ikinci dereceden türevleri ölçek faktörlerinin zamana bağlı değişimlerini verir. Gravitenin bu tür değişimlerine ayar parametreleri de denir. LaCoste-Romberg gravite ölçerlerinde ölçek faktörlerinin zamana bağlı değişimleri çok küçük olduğundan ayar fonksiyonu olarak sadece okuma değişkenli bir polinom öngörülür:

$$e(z_i) = \sum_{k=1}^{m_e} e_k z_i^k \quad (3.3)$$

$e_k$  ayar polinomunun katsayıları,  $z_i$  okuma değeri,  $m_e$  polinomun derecesidir (genellikle  $m_e = 1 - 3$ ).

Ölçü sistemindeki olası periyodik hatalar, bir trigonometrik fonksiyonla gösterilir ve bu bölüm periyodik ayar fonksiyonunu oluşturur (Boedecker, 1979; Wenzel, 1985).  $T_k$  periyotlu bir hatanın belirlenebilmesi için ölçülen gravite farklarının  $T_k/4$ 'ten daha küçük olması zorunlu görüldüğünden periyodik hatalar herhangi bir gravite ağında modelendirilemez. Bu yüzden aletlerin periyodik hataları ayar sistemlerinde belirlenir ve gravite ölçer okumalarına düzeltme olarak getirilir.

Yaklaşık  $r_1$  mgal değeri, Bölüm 3.1'de sıralanan indirgeme ya da düzeltme işlemlerinden sonra dengeleme konusu  $l_1$  ölçü değerine dönüşür. Buna göre, Gauss-Markov modelinde dengeleme için yukarıdaki açıklamalar ışığında (3.1) bağıntısından

$$v_i = g_i + O_p + d(t_i) - e(z_i) - l_1 \quad (3.4)$$

fonksiyonel modeli (düzeltme denklemi) elde edilir.

Kural olarak yönlendirme bilinmeyenini ve drift polinomu her gravite ölçer ve her ölçme günü için yeniden belirlenir. Grafik drift gösterimi yardımıyla aletin sıfır noktasında sıçramalı değişim saptanan yerler için yeni bir yönlendirme bilinmeyenini ve gerekirse yeni bir drift polinomu öngörülür. Her bir gravite ölçer için ayrı ayar fonksiyonları geçerlidir. Ön dengelemelerle kaba hatalı ölçüler ayıklanır ve parametreler test edilerek art arda işlemler sonucu en uygun fonksiyonel modele ulaşılır.

Genellikle ölçüler arasında korelasyon olmadığı varsayılır. Ön dengelemeler sonucu gravite ölçerler için bulunan varyanslar, tüm ölçü gruplarının bir arada değerlendirileceği dengeleme adımı için stokastik modeli (köşegen matris) oluşturur.

Öngörülen polinom yardımıyla drift tam olarak tanımlanamadığından ölçüler genellikle korelasyonludur. Ölçüler arasındaki korelasyonlar için, aletlere göre gruplandırılan ölçülerin ön dengelemelerle bulunan düzeltmeleri yardımıyla belirlenen kovaryans değerlere uydurulan zaman değişkenli kovaryans fonksiyonlar, örneğin Gauss ya da Hirvonen fonksiyonları kullanılır (Weichel, 1980; Becker, 1984). İlke olarak, bir aletle yapılan ölçüler günlük gruplar halinde sadece kendi aralarında korelasyonlu kabul edilir ve her biri için korelasyonlar ayrı ayrı belirlenir. Buna göre tüm ölçülere ilişkin kovaryans matrisi ya da dengelemenin stokastik modeli, köşegeni üzerinde bir aletle bir günde yapılan ölçülerin varyans-kovaryanslarını alt matrisler biçiminde içeren ve inversi kolay hesaplanabilen bir blok-köşegen matris olur.

Bir gravite ağında yapılan tüm ölçüler için (3.4) düzeltme denklemi yazıldıktan sonra Gauss-Markov modelinde dengeleme yapılarak bilinmeyen gravite değerleri, drift ve ayar (ölçek) parametreleri belirlenir. Yönlendirme bilinmeyenleri ve ölçek faktörleri nedeniyle normal denklem katsayılar matrisi tekildir (determinantı sıfır). Rank defektini gidermek için defekt sayısı kadar koşul denklemi yazmak gerekir. Yönlendirme bilinmeyenini için en azından bir gravite değeri, ayar faktörlerinden her biri için birer gravite

farkı (örneğin doğrusal ölçek faktörü  $e_1$  için 2 gravite değeri) bilinmeli ve uygun koşul denklemleri yazılmalıdır. Koşul denklemleri, bilinmeyen gravite değerlerinin ilgili noktalarda bilinen (mutlak) gravite değerlerine eşit kılınması şeklindedir (Torge ve diğerleri, 1976). Görüldüğü gibi, bir gravite ölçerin bir polinomla tanımlanan ayar parametreleri de her gravite ağında belirlenememekte, bunun için mutlak gravite değerleri bilinen ayar sistemleri gerekli olmaktadır.

Normal denklem katsayılar matrisinin defektini ortadan kaldırmak için başka bir yol, kullanılan gravite ölçerlerden birini baz olarak seçmektir. Küçültülmüş gravite bilinmeyenlerinin kareleri toplamının en küçük olmasını öngören serbest dengeleme de ayrı bir çözümdür.

(3.4) fonksiyonel modelinde her gravite ölçer ve her ölçme günü için belirlenmesi gereken yönlendirme bilinmeyenleri ve drift parametreleri nedeniyle bilinmeyen sayısı büyük ölçüde arttığından çözümün kararlılığı azalabilir. Yönlendirme bilinmeyeni aynı olan gruplarda ölçü farklarına göre oluşturulacak fonksiyonel modelde bu sakınca ortadan kalkar.

$i$  ve  $j$  noktalarında  $t_i$  ve  $t_j$  zamanlarında yapılan indirgenmiş  $l_i$  ve  $l_j$  ölçülerinin farkı  $\Delta l_{ij} = l_j - l_i$  ve buna ilişkin düzeltme  $v_{ij} = v_j - v_i$  ile gösterilirse (3.4) eşitliğinden, gravite ölçülerinin dengelenmesinde yaygın biçimde kullanılan

$$v_{ij} = -g_i + g_j - d(t_i) + d(t_j) + e(z_i) - e(z_j) - \Delta l_{ij} \quad (3.5)$$

fonksiyonel modeli elde edilir. Bu modelde yönlendirme bilinmeyeni geçmediği gibi  $t_i - t_j$  zaman farkları küçük olduğundan genellikle doğrusal bir drift polinomu yeterli olur ve bilinmeyen sayısı (3.4)'e göre oldukça azalır.

(3.5) modelinde ölçü farkları dengelendiğinden birbirini izleyen ölçü farkları arasında  $-0.5$  değerinde bir matematiksel korelasyon söz konusudur. Stokastik modelin buna göre oluşturulması durumunda (3.4) fonksiyonel modeline dayanan dengeleme ile özdeş sonuçlar elde edilir. (3.4) modeli ile ölçü noktalarındaki okuma hataları ve (3.5) ile noktalar arasındaki hatalar (drift artıkları) ortaya çıkarılır.

### 3.3- Drift Düzeltmesi Getirilmiş Ölçü Farklarının Dengelenmesi

Bu model (3.4) ve (3.5) fonksiyonel modellerinin değişik biçimde bir arada değerlendirilmesinden oluşur.  $v_i$  ölçü hatası,  $u_{ij}$   $i$  ve  $j$  noktaları arasındaki drift artığı,  $z'_i$  ve  $z'_j$  düzeltilmiş alet okumaları,  $\Delta g_{ij}$  drift nedeniyle düzeltilmiş gravite farkı,  $l_i$  ölçek faktörleri de bilindiğine göre indirgenmiş alet okuması olmak üzere

$$\begin{aligned} v_i &= z'_i - l_i & (i = 1, n) \\ u_{ij} &= z'_i - z'_j + d(t_i) - d(t_j) + \Delta g_{ij} & (i = 1, n-1) (j = 2, n) \end{aligned} \quad (3.6)$$

fonksiyonel modeli yazılır (Şerbetçi, 1968).  $z'_i$ ,  $\Delta g_{ij}$  ve  $d_k$  ( $k = 1, m_d$ ) drift katsayıları aranan parametrelerdir. (3.2)'ye göre

$$d(t_i) - d(t_j) = \sum_{k=1}^{m_d} d_k (t_i^k - t_j^k) \quad (3.7)$$

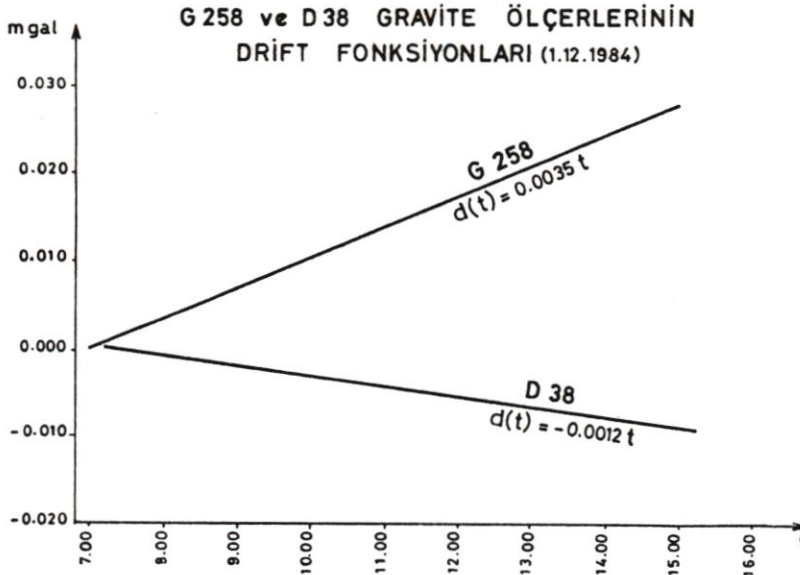
dir.

Ölçmeler üçgen kapanmaları biçiminde yapıldığından, başka bir deyişle her iki noktada yapılan ölçülerden sonra aynı bir noktaya gelindiğinden birbirini izleyen gravite ölçü farkları bağımlıdır. (3.6) modeline göre normal denklem katsayılar matrisinin rank defekti ölçülen üçgen sayısına eşittir. Bu defekti gidermek için üçgenlerden gravite farkları toplamının sıfır olmasını öngören koşul denklemleri yazılmalıdır (Weichel, 1980).

Stokastik model olarak  $v$  ölçü düzeltmeleri için  $C_v$  ve  $u$  drift artıkları için  $C_u$  köşegen varyans-kovaryans matrisleri öngörülmekte ve  $C_{uv} = 0$  kabul edilmektedir.

Bir gravite ölçerle bir günde yapılan ölçüler bir grup oluşturur. Bunlardan her biri için (3.6) fonksiyonel modeli ayrı ayrı yazılarak dengeleme yapılır ve sonuçta tüm ölçü gruplarının (drift etkisinden arındırılmış  $\Delta g_{ij}$  gravite farklarının) bir arada dengeleneceği adım için  $\Delta g_{ij}$  gravite farkları ve bunların varyans-kovaryans matrisi elde edilir. Bu matrislerden her biri tümünden dengeleme için stokastik modelin bir alt köşegen matrisini oluşturur.

Yeniçağ mikro-gravimetri ağı bu bölümde açıklanan modele göre dengelenmiştir. LaCoste-Romberg G 258 ve D 38 gravite ölçerleri için belirlenen drift fonksiyonları örnek olarak Şekil 3.1'de verilmektedir. G 258 ve D 38 aletleri için Avrupa ayar sisteminde belirlenen doğrusal  $e_{1,258} = 0.00037$  ve  $e_{1,38} = 0$  ölçek faktörleri kullanılmıştır.



(Şekil 3.1)

#### 4- AĞ DENGELMESİNİN SONUÇLARI

Ölçüler her defasında aynı iki alet, LaCoste-Romberg G 258 ve D 38 gravite ölçerleriyle yapılmıştır.

Bir alete ilişkin ölçüler, Bölüm 3.3 ve (Becker, 1981)'de açıklandığı gibi, önce günlük gruplar halinde dengelenmiş ve ikinci adımda birlikte dengeleme için gruplar birleştirilmiştir.

Ölçü gruplarının karesel ortalama hataları, ölçme sırasındaki koşullara bağlı olarak önemsiz ölçüde değişmektedir. G 258 ve D 38 gravite ölçerleriyle yapılan bir ölçü için karesel ortalama hata yaklaşık 3  $\mu$ gal'dir.

1982 ve 1983 ölçüleri yaklaşık 4 hafta aralıklarla yapılmıştır. 1984 ve 1985 yıllarında her biri 6 gün süren iki ölçme yapılmıştır. Burada karesel ortalama hata 1,5-2  $\mu$ gal'dir.

Her iki aletin iç duyarlılığını incelemek amacıyla G 258 ve D 38 için yapılan ayrı ayrı dengelemeler sonucunda G ve D aletlerine ilişkin karesel ortalama hataların hemen hemen tüm peryotlarda eşit ve 3  $\mu$ gal büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bu sonuç, LaCoste gravite ölçerlerinin her iki tipi arasında presizyon açısından bir fark olmadığını göstermektedir.

#### 5- GRAVİTE DEĞİŞİMLERİ

Gravite ağı, gravite değişimlerini bir olasılıkla KAF'taki fay aktiviteleriyle birlikte ortaya çıkaracak biçimde tasarlanmıştır. Kararlı (stabil) noktalar konusunda bilgi olmadığından 1982/83 yıllarındaki 4 peryot ve 1984/85'teki 2 peryot ölçüleri ayrı ayrı dengelenmiş ve sonuçlar tüm peryotların birlikte dengelenmesi sonucu bulunan ortalama değerlerle karşılaştırılmıştır. Farklar ve bunların standart sapmaları kararlılık ölçütü olarak kabul edilmiştir. Ta. 5.1'de 3, 7, 8, 9 No'lu noktalardaki değişimlerin küçük olduğu görülmektedir. Bu nedenle gravitenin zamana bağlı değişimlerini incelemek amacıyla her bir peryotta dört stabil noktaya göre belirlenen değişimlerin ortalama değeri tüm noktalara dayalı farklardan çıkarılmıştır. 3, 7, 8 ve 9 No'lu noktalardaki kalıntı değişimlerin ölçü hatalarından kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu işlem stabil 4 noktaya göre oluşturulmuş bir datum yüzeyine karşılıktır. Şekil 5.1 ve Tab. 5.2'de sonuçlar verilmektedir.

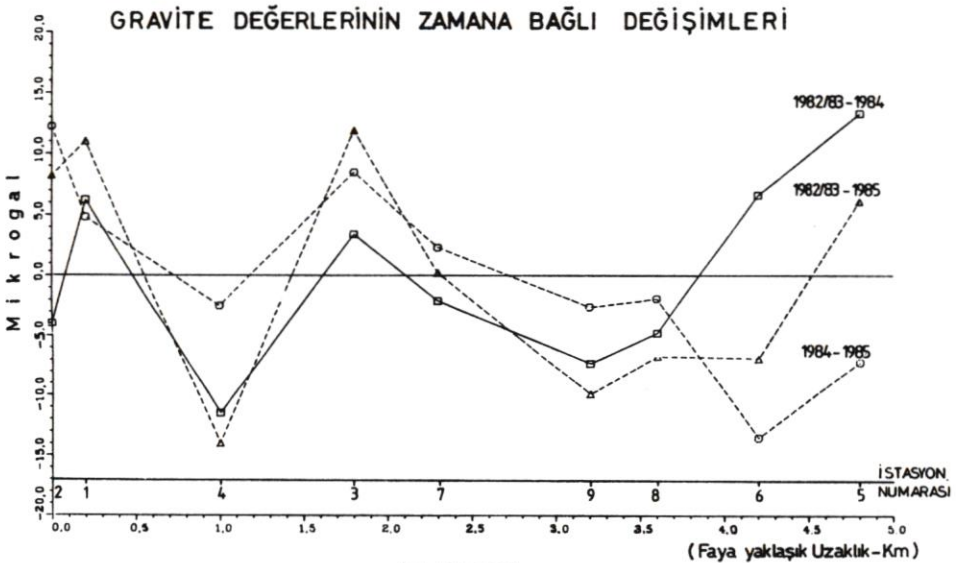
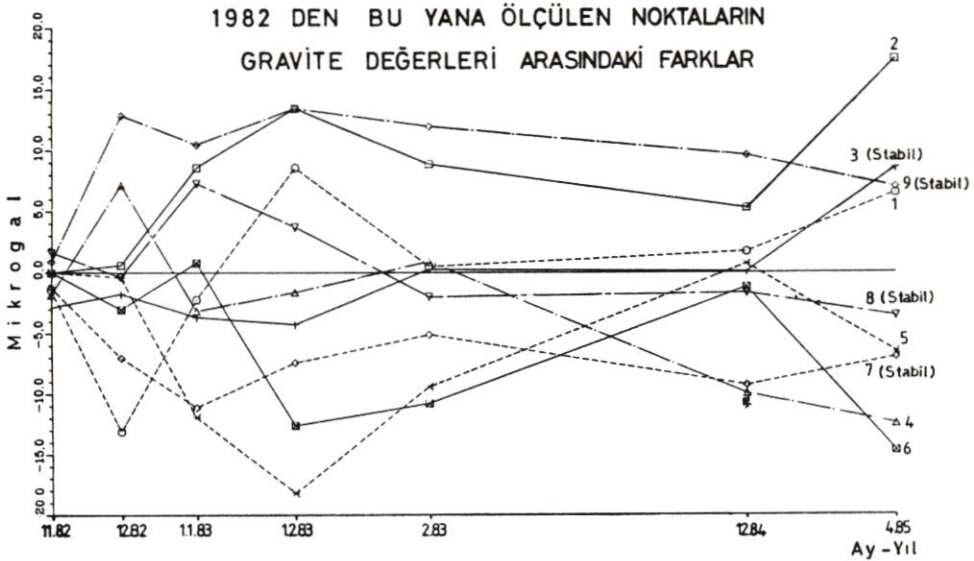
9 No'lu noktada ilk peryotun ölçü hatalarından etkilendiği, öteki peryotlarda değişimlerin oldukça küçük olduğu görülmektedir.

1982/1983'te yapılan ölçülerin genellikle rastlantı hatalarıyla yüklü olduğu Şekil 5.1'den anlaşılmaktadır. Bununla birlikte 5 ile 6 ve 1 ile 2 No'lu noktaların ortak bir trende sahip oldukları görülmektedir.

Bu nedenle farklar, noktaların fay hattından uzaklıklarına göre yeniden düzenlenmiş ve sadece 1982/1983 birleşik peryodu 1984 ve 1985 değerleriyle karşılaştırılmıştır. Şekil 5,2, üçgenli kesik çizginin öteki ikisinin toplamı olduğu değişimleri göstermektedir. Açık bir trend yoktur. Buna karşın, stabil dört noktanın değerleri korelasyonludur. Bu durum onların aynı bir jeolojik yapı üzerinde buldukları gerçeğine bağlanabilir. Sadece 1984-1985 değişimlerine bakıldığında, fay içinde yer alan 1 ve 2 No'lu noktaların gravite değerlerinde bir artış ve faydan en uzakta bulunan 5 ve 6 No'lu noktaların gravite değerlerinde bir azalma görülmektedir. Bu durum fayın kuzeyinde kalan bölgenin yükselmiş olmasına bağlanabilir. Peryotlar arasında yaklaşık 3-4 aylık bir zaman farkı olduğundan mevsime bağlı etkiler bir seküler değişime eklenmiş olabilir.

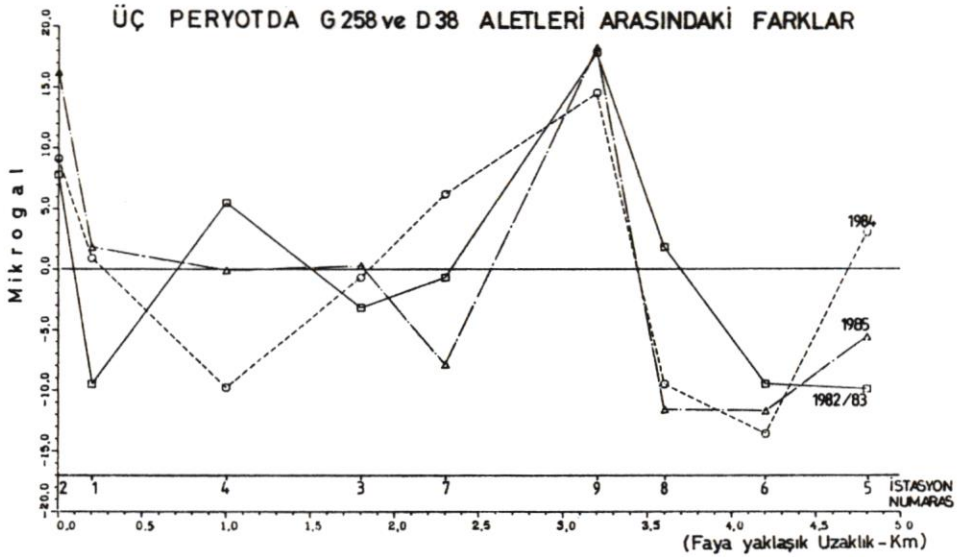


4 No'lu noktanın yakınında bulunan noktalardan farklı bir davranış gösterdiği Şekil 5.2'den açıkça görülmektedir. Bu durum noktanın kararsızlığına neden olan bir gölün yakınında, tortul alanda bulunmasıyla açıklanabilir



Tüm peryotlarda gravite ölçerlerin noktadaki konumları aynı kalmıştır. Peryotlar arasında aletsel drifte karşın, G 258'in oldukça küçük bir drifte sahip olması nedeniyle

le gravite ölçerler arasındaki sistematik hataların sabit kaldığı Şekil 5.3'te açıkça görülmektedir. 9 No'lu noktada farklar dikkat çekicidir. İncelemelere göre bu durum burulma ya da skala hatalarıyla ilişkili değildir. 15  $\mu$ gal'den daha büyük olan bu sapmanın nedeni şimdilik açıklanamamaktadır.



(Şekil 5.3)

## 6- SONUÇ

Kurulan mikro-gravimetri ağında şimdilik anlamlı bir gravite değişimi yoktur. Sonuçların analizi, 4 No'lu noktanın kararsızlığını ve aletler arasında sistematik hatalar olduğunu ortaya koymaktadır.

Mevcut ağ, 1986 yılında dört yeni nokta eklenerek kuzey yönünde yaklaşık 5 km ve güney yönünde 12 km genişletilmiştir. Ölçülerin iki yıl aralıklarla yinelenmesi öngörülmüştür. 3-4 yıl sonra test bölgesinde tektonik olmayan bozucu etkilerin saptanması amaçlanmıştır. Gravite noktalarının nivelman ağına bağlanması ve noktalar arasında yapılacak duyarlı nivelman yardımıyla yükseklik değişimlerinin belirlenmesi planlanmıştır.

## KAYNAKÇA

- Becker, M. (1981), Study of Short Term Gravity Variations along a Baseline in the Rhinegraben. Bull. d'Inf. No. 49, BGI, Toulouse.
- Becker, M. (1984), Analyse von hochpräzisen Schweremessungen, Deutsche Geodätische Kommission (DGK), Reihe C, Heft Nr. 294.
- Boedecker, G.; E. Reinhart; B. Richter (1979), The New Gravity Base Net 1976 of the Federal Republic of Germany (DSGN76), 17. IUGG General Assembly, Canberra, Australia.
- Drewes, H. (1980), Präzisionsschwerenetze und zeitliche Schwereänderungen in West-Venezuela, DGK, Reihe B, Heft Nr. 251.

- Orbany, N. (1979), The Paleomagnetic Study of the North Anatolian Fault Zone, İstanbul Univ. Fen Fak. Mec., Seri C 44.
- Senyör, A.M.C.; K. Burke; J.F. Dewey (1980), Tectonics of the North Anatolian Transform Fault, in: Multidisciplinary approach to earthquake prediction, Proc. of the internat. Symp. on Earthquake Prediction in the North Anatolian Transform Fault Zone, İstanbul 1980 (Progress in Earthquake Prediction Research Vol. II, Vieweg, Berlin).
- Şerbetçi, M. (1968), Bestimmung und Berücksichtigung von algebraischen Korrelationen bei Grawimetermessungen, Dissertation, Institut für theoretische Geodaesie, Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität, Bonn.
- Weichel, B. (1980), Methoden zur Genauigkeitssteigerung in der Präzisionsgravimetrie, DGK, Reihe C, Nr. 260.
- Wenzel, H.G. (1985), Schwerenetze, in: Geodaetische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung II, Herausgegeben von H. Pelzer, Konrad Wittwer, Stuttgart.
- Yılmaz, Y.; A.M. Gözübol; O. Tüysüz (1980), Geology of an Area in and Around the Northern Anatolian Transform Fault Zone Between Bolu and Akyazi, in: Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction, Proc. of the internat. Symp. on Earthquake Prediction in the North Anatolian Transform Fault Zone, İstanbul 1980 (Progress in Earthquake Prediction Research Vol. II, Vieweg, Berlin).

Nokta	Ortalama Değer		Min.	Standart sapma	11/82	12/82	1.0/83	1.1/83	2/83	12/84	4/85
	Max.										
2	-21.0236	9.73	-7.77	6.42	-7.77	-7.17	0.83	5.73	1.13	-2.47	9.73
1	-18.3176	8.51	-13.19	7.04	-1.49	-13.19	-2.29	8.51	0.41	1.61	6.41
4	2.8226	10.19	-9.51	6.61	1.19	10.19	-0.11	1.39	3.89	-7.01	-9.51
3	7.4050	9.07	-3.73	4.36	-2.33	-1.23	-3.13	-3.73	0.77	0.57	9.07
7	-2.0056	5.67	-4.23	3.15	5.67	-0.13	-4.23	-0.53	1.77	-2.43	-0.13
9	2.4907	4.01	-8.59	4.38	-8.59	3.41	1.01	4.01	2.51	0.11	-2.49
8	-1.4405	6.60	-4.30	3.79	0.90	-1.10	6.60	3.00	-2.70	-2.40	-4.30
6	13.8553	6.73	-8.77	6.54	5.93	2.93	6.73	-6.67	-4.87	4.73	-8.77
5	16.2137	7.23	-11.67	7.14	6.53	6.13	-5.37	-11.67	-2.87	7.23	0.03

Tablo 5.1- Peryotlara ilişkin nokta gravite değerleriyle tüm periyotların ortalama değeri arasındaki farklar ( $\mu\text{gal}$ )

Nokta	Ortalama Değer		Min.	Standart Sapma	11/82	12/82	1.0/83	1.1/83	2/83	12/84	4/85
	Max.										
2	-21.0314	17.50	0.00	10.57	0.00	0.60	8.60	13.50	8.90	5.30	17.50
1	-18.3191	8.60	-13.10	7.04	-1.40	-13.10	-2.20	8.60	0.50	1.70	6.50
4	2.8238	7.20	-12.50	7.35	-1.80	7.20	-3.10	-1.60	0.90	-10.00	-12.50
3	7.4027	8.57	-4.23	4.39	-2.83	-1.73	-3.63	-4.23	0.27	0.07	8.57
7	-1.9999	-1.20	-11.10	8.06	-1.20	-7.00	-11.10	-7.40	-5.10	-9.30	-7.00
9	2.4821	13.50	0.90	11.14	0.90	12.90	10.50	13.50	12.00	9.60	7.00
8	-1.4396	7.33	-3.57	3.87	1.63	-0.37	7.33	3.73	-1.97	-1.67	-3.57
6	13.8612	0.80	-14.70	9.15	0.00	-3.00	0.80	-12.60	-10.80	-1.20	-14.70
5	16.2202	0.70	-18.20	10.03	0.00	-0.40	-11.90	-18.20	-9.40	0.70	-6.50

Tablo 5.2- Peryotlara ilişkin gravite değerleriyle stabil 3, 7, 8 ve 9 No'lu noktalara dayalı değişimin ortalama değeri arasındaki farklar