

1990-1994 YILLARINDA TÜRKİYE'DEKİ JEODEZİK, JEODİNAMİK VE MÜHENDİSLİK AMAÇLI GRAVİTE ÇALIŞMALARI

Hüseyin DEMİREL¹

M.Emin AYHAN²

Coşkun DEMİR²

Abdülvahit TORUN²

(1) Yıldız Teknik Üniversitesi

(2) Harita Genel Komutanlığı

ÖZET

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler paralelinde mutlak ve göreceli gravimetreler ile birkaç mikrogal (μGal) duyarlılıkta gravite ölçülerinin olanaklı duruma gelmesi, ülkemizde kurulmuş bulunan temel gravite ağı ve gravite datumunun yeniden gözden geçirilmesini gerektirmiştir. Bu amaçla öncelikle Ankara-Konya arasında yeni bir Gravite Kalibrasyon Bazı tesis edilmiş ve ölçüleri LaCoste & Romberg (LCR) D gravimetresi ile 1993 yılında tamamlanmıştır. Aynı yıl I nci derece ölçü yöntem ve standartlarını belirlemek amacıyla Ankara GPS Test Ağı'nın (AGTA) 25 noktası arasında gravite ölçüleri de yapılmıştır. Ayrıca 1956-1958 yıllarında tesis ve ölçüleri yapılan I nci derece gravite ağı'nın Batı Anadolu'da yeralan 12 noktasına 11 nokta eklenerek oluşturulan yeni ağ iki La Coste&Romberg G gravimetresi ile 1994 yılında ölçülmüştür. Gravite datumunu kontrol etmek ve yeniden belirlemek amacıyla Ankara'da bulunan dört IGSN-71 noktasının I nci derece gravite ağına bağlantısını sağlayan ölçüler 1993 yılında yapılmış, ulusal gravite datumunu mutlak gravite ölçerler ile belirlemek amacıyla planlama ve düzenlemeler halen sürdürülmektedir. Kuzey Anadolu Fayının Adapazarı-Bolu arasındaki batı ucunda düşey yerkabuğu hareketlerini belirlemek amacıyla kurulan ağlarda periyodik gravite ölçüleri yapılmış, ancak henüz anlamlı düşey yerkabuğu hareketleri saptanamamıştır. Ayasofya Müzesinde, yeraltı boşluk ve su kaynaklarını belirlemek için oluşturulan yerel ağda yapılan periyodik gravite ölçülerinin değerlendirilmesi sonucunda yapı kitlelerinin varlığı ile açıklanamayan büyük Bouguer anomalileri bulunmuştur. Ayrıca değişik türden gravite anomalilerinin hesaplanması ile ilgili çalışmalar yapılmış ve halen devam edilmektedir.

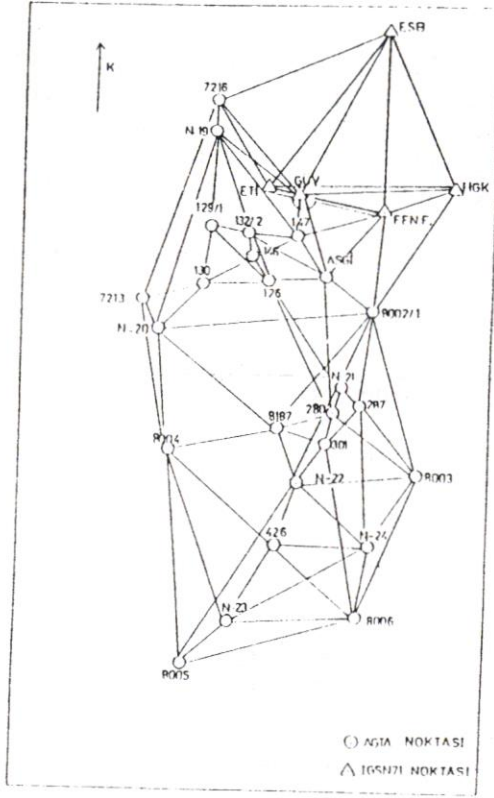
1. GİRİŞ

Türkiye'de gravimetrik çalışmalar yapan kurumlar ve kuruluşlar aşağıda verilmektedir.

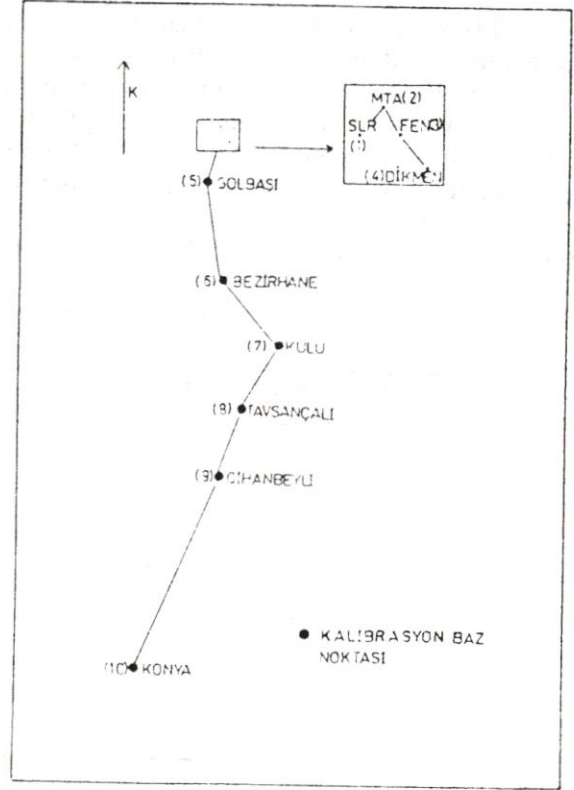
- Harita Genel Komutanlığı (HGK), Ankara
- Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, Ankara
- Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), Ankara
- Deprem Araştırma Enstitüsü (DA), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara
- İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), İstanbul
- Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ), İstanbul
- Boğaziçi Üniversitesi (BÜ), İstanbul

1990-1994 yılları arasında gerçekleştirilen gravimetrik çalışmalar jeodezik ve jeodinamik - mühendislik amaçlı olmak üzere iki başlık altında sunulacaktır.

Belirlemek amacıyla belirli sayıda noktada yapılacak mutlak gravite ölçüleri için hazırlık çalışmaları halen sürdürülmektedir.



Şekil 2: IGSN-71 ve AGTA bağlantıları



Şekil 3: Ankara-Konya Kalibrasyon Bazı

Her türlü jeodezik araştırmada kullanmak amacıyla Ankaranın hemen batısında tesis edilen 25 noktalı Ankara GPS Test Ağında (AGTA), daha önce yapılan yersel (açı, kenar, nivelman), TRANSIT Doppler ve NAVSTAR GPS ölçülerinin yanısıra, hem 1 ncı derece gravite ölçü yöntem ve standartlarını hem de bütünleşik jeodezi kapsamında bir ağ oluşturmak amacıyla LCR D144 gravimetresi ile bağıl gravite ölçüleri 1993 yılında yapılmıştır. Daha sonra AGTA 'nın kuzeydoğusunda bulunan beş nokta ile IGSN-71 noktaları arasında bağlantı ölçüleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). İndirgenmiş gravite farkları ölçü, IGSN-71 Fen Fakültesi nokta değeri sabit alınarak AGTA ve IGSN-71 ölçülerinin birlikte dengelenmesi sonucunda IGSN-71 ve AGTA noktaları gravite değerlerinin doğrulukları en küçük ve en büyük sırasıyla ± 0.009 ; ± 0.011 mGal ve ± 0.010 ; ± 0.016 mGal bulunmuştur.

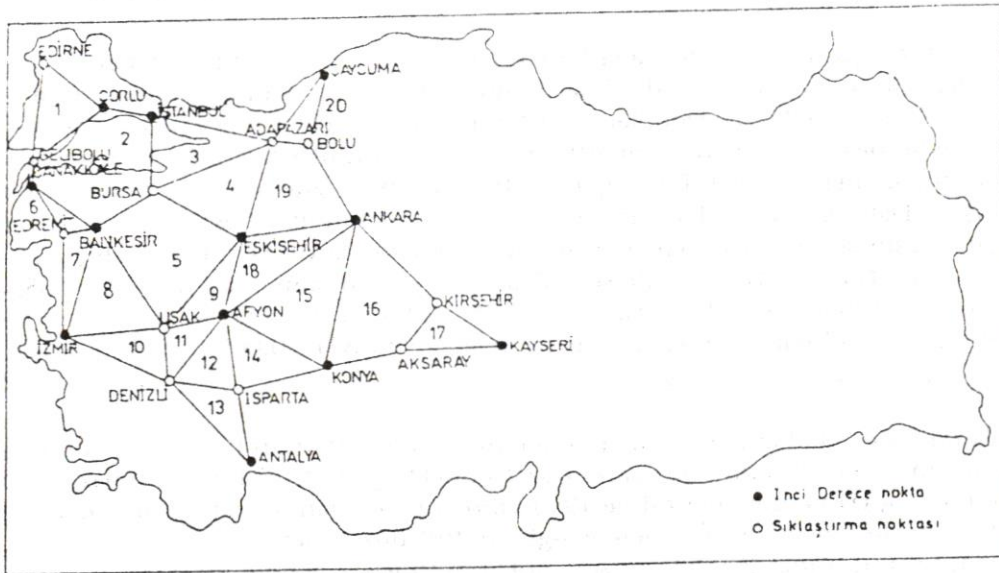
Türkiye'de kullanılan gravimetrelerin kalibrasyonunda standardizasyonu sağlamak amacıyla , Ankara-Konya arasında 10 noktalı yeni bir Kalibrasyon bazının tesis ve ölçüleri LCR D144 gravimetresi ile 1993 yılında tamamlanmış olup nokta konumları Şekil 3' de gösterilmektedir. Ölçülere gel-git ve drift düzeltmeleri getirildikten sonra ilk dengeleme sonuçlarına göre ilk ve son nokta arasındaki gravite farkı 213.377 mGal, nokta gravite değerlerinin doğrulukları ± 0.0119 ; ± 0.0368 mGal arasında bulunmuştur. Kalibrasyon bazında noktalar arasındaki en küçük ve en büyük gravite

farkı sırasıyla 1.639 ; 97.403 mGal olup, noktalar arasındaki zaman farkı, uzaklıklar, gravite farkları ve doğrulukları Çizelge 1' de verilmektedir.

TTGA-56 nokta doğruluklarının günümüz gravimetrelerinin ölçme doğruluklarına göre düşük olduğu göz önünde tutularak, TTGA-56'nın Batı Anadolu'da yer alan 12 noktasına 11 nokta daha eklenerek toplam 23 noktadan oluşan Yeni Ulusal I nci Derece Gravite Ağının bu bölümünde keşif, tesis ve ölçme çalışmaları 1994 yılında tamamlanmıştır (Şekil 4). HGK ve MTA tarafından sağlanan LCR G379 ve LCR G347 gravimetreleri kullanılarak yeni oluşturulan I nci derece ağı Batı Anadolu'daki noktaları arasında 42 bağlantı ölçüsü gidiş-dönüş ölçü planında gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, geometrik nivelman ile bu noktaların yükseklikleri 1994 yılında belirlenmiştir.

Çizelge 1: Kalibrasyon Bazı istatistikleri

Noktasından-Noktasına	zaman farkı (dk)	uzaklık (km)	gravite farkı (mGal)
1 2	15	8	10.213 ±0.0150
2 3	15	8	-41.012 ±0.0150
3 4	10	5	-25.354 ±0.0150
4 5	15	8	28.953 ±0.0122
5 6	35	37	-63.069 ±0.0101
6 7	40	45	1.639 ±0.0101
7 8	25	31	-7.562 ±0.0120
8 9	30	35	-19.782 ±0.0092
9 10	80	93	-97.403 ±0.0119
TOPLAM :	265	270	213.377



Şekil 4: Yeni Ulusal I nci Derece Gravite Ağının Batı Anadolu Bölümü

LCR G347 ve LCR G379 gravimetreleri için Ferrero eşitliği ile elde edilen apriori varyanslar (σ) ve loop kapanmaları Çizelge 2' de verilmektedir.

Çizelge 2: Üçgen Kapanmaları ve apriori standart sapma değerleri

üçgen numarası	LCR G379	LCR G347
1	+0.03	-0.01
2	-0.03	+0.05
3	-0.01	-0.05
4	+0.01	0.00
5	+0.03	0.00
6	+0.03	-0.05
7	0.00	-0.03
8	-0.06	+0.01
9	0.00	-0.01
10	0.00	+0.02
11	0.00	+0.02
12	+0.01	+0.02
13	-0.04	+0.01
14	+0.02	+0.01
15	-0.03	-0.07
16	-0.07	+0.03
17	+0.02	+0.01
18	+0.01	+0.03
19	-0.01	+0.02
20	+0.01	+0.02
σ_0	± 0.015	± 0.016

3. JEODİNAMİK - MÜHENDİSLİK AMAÇLI GRAVİMETRİK ÇALIŞMALAR

Kuzey Anadolu Fay (KAF) Kuşağının batı ucunda düşey yer kabuğu hareketlerini ortaya çıkarmak amacıyla, Yeniçağa-Bolu kesiminde oluşturulan 12 noktalı mikrogravimetrik ağda, 1982-1986 yılları arasında Darmstadt Teknik Üniversitesi (TUD), Almanya, İTÜ ve YTÜ tarafından ortaklaşa yüksek doğruluklu gravite ölçüleri gerçekleştirilmiştir (Becker vd., 1985; Aksoy vd., 1989). Sonraki yıllarda bölgede, iki ağda tekrarlı gravite ölçme çalışmalarına devam edilmiştir. Adapazarı-Bolu arasında oluşturulan 25 noktalı ağda Türk-Alman Ortak Deprem Araştırma Projesi kapsamında TUD, Almanya ve YTÜ tarafından 1988 yılından bugüne kadar tekrarlı gravite ölçüleri yapılmakta olup noktalar arasındaki gravite farkı en fazla 330 mGal, noktaların gravite değerlerinin ortalama doğruluğu 0.004 mGal bulunmuştur. LCR D ve LCR G gravimetrelerinin kullanıldığı bu çalışmada, ölçülerin indirgeme ve depolanması arazide yapılmış ve şimdiye kadar yalnızca yerel gravite değişimleri bulunmuştur. Bu arada yeraltı su seviyesi ve yağışla doğrudan korelasyonlu olan anlamlı mevsimsel gravite değişimleri elde edilmiştir. Belirlenen bölgesel gravite değişimlerinin ise gravimetrelerin kalibrasyon fonksiyonlarının zamana bağlı değişiminden kaynaklanabileceği ifade edilmektedir (Demirel and Gerstenecker, 1989; Demirel and Gerstenecker, 1990; Akın vd., 1990; Akın vd., 1991; Akın vd., 1992). Yine aynı amaçla The Earthquake Research Institute (ERI), Tokyo, Japonya ve BÜ ortaklaşa İznik-Adapazarı arasında yer alan 35

noktalı yüksek duyarlıklı bir ağı tesis etmişlerdir. Burada iki adet LCR G gravimetresi kullanılmış olup noktalar arasında en büyük gravite farkı 230 mGal ve nokta gravite değerlerinin ortalama doğruluğu 0.005 mGal bulunmuştur (Okubo vd. 1993). Yukarıda ifade edilen iki ayrı çalışma sonucunda da anlamlı düşey yer kabuğu hareketleri saptanamamıştır.

BÜ, YTÜ ve TUD tarafından Ayasofya Müzesinde yeraltı su kaynakları ve boşluklarını belirlemek amacıyla duyarlı gravite ölçüleri yapılmıştır. Ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen değerler, Ayasofya hakkında toplanan bütün bilgilerin yer aldığı bir yapı bilgi sistemine aktarılmıştır. Hesaplanan Bouguer anomalilerinin ilk değerlendirilmeleri sonucunda görünürdeki kitleler, sütunlar ve duvarların varlığı ile açıklanamayan büyük anomaliler bulunmuştur. Gravite gradyenti belirlemeyi de içeren bundan sonraki ölçülere devam edilmesi planlanmaktadır (Gerstenecker and Demirel, 1991).

MTA, 1990-1994 yıllarında jeotermal, demir arama vb. amaçlı gravimetrik çalışmaların yanı sıra, çalışmalarını daha çok 70000 gravite değerinden oluşan Ulusal Gravite Kütüğünün (UGK) çeşitli hatalardan arındırılması amacına yöneltmiştir. Söz konusu 70000 gravite değerinden yararlanarak 1/2000000, 1/500000 ve 1/100000 ölçekli Bouguer anomali haritaları hazırlanmıştır.

Deniz gravite ve derinlik bilgilerinin de eklenmesi ile gravite kütükleri ve sayısal arazi modelinin (DTM) güncelleştirilmesi çalışmalarına HGK ve MTA tarafından devam edilmiştir. Farklı ölçeklerde Türkiye isostatik anomali haritalarını hazırlamak üzere yapılan deneme çalışmaları tamamlanmıştır.

Ayrıca, MTA ve İTÜ arasında 1993'te imzalanan protokol çerçevesinde genel jeolojik yapının ortaya çıkarılması ve ortalama kabuk kalınlığının spektral analiz yöntemiyle belirlenmesi amacıyla test alanı olarak seçilen Çankırı bölgesine ait Bouguer anomali haritaları hazırlanmıştır.

Bunun yanı sıra, TPAO tarafından 1990-1994 yıllarında petrol arama amacıyla LCR gravimetreleri ile bütün Türkiye'de 34000 gravite noktasında ölçü yapılmış, değerlendirilmiş ve Bouguer anomali haritaları hazırlanmıştır.

4. SONUÇLAR

I nci ve II nci Derece Gravite Ağlarının yeniden dengelenmesi amacıyla yapılan çalışmalara 1990-1994 yılları arasında hız verilmiştir. Bu dönemde I nci derece ölçüler indirgenip Düzenlenmiş Potsdam datumunda yeniden dengelenerek TTGA-56 oluşturulmuştur. Ağı datum problemini daha doğru çözmek amacıyla TTGA-56 Ankara noktası ile diğer IGSN-71 noktaları arasında bağlantı ölçüleri yapılmıştır. Ayrıca Ankara-Konya arasında yeni bir kalibrasyon bazı oluşturulmuştur. I nci derece ağı Batı Anadolu bölümü, eklenen yeni noktalar ile birlikte LCR G gravimetreleri ile yeniden ölçülmüştür. HGK, yeni tesis edilen 23 I nci derece noktasının II nci derece ağı bağlantı ölçülerinin yapılması, enlem ve boylamlarının belirlenmesi için 1995 yılında arazi çalışmaları planlamıştır. Ulusal Gravite Datumunu belirlemek amacıyla mutlak gravite ölçülerinin yapılması için hazırlık çalışmaları sürdürülmektedir. KAF Kuşağı batı kesiminde düşey yer kabuğu hareketlerini belirlemeye yönelik oluşturulan

mikrogravimetrik ağılarda tekrarlı gravite ölçülerine ve değerlendirilmesine devam edilecektir.

KAYNAKLAR

- Akın, D., A.Aksoy, H.Demirel, C.Gerstenecker, J.Krüger : Gravimetric Levelling Along the North Anatolian Fault Zone between Adapazarı and Bolu.(Internal Report), 1990.
- Akın, D., H.Demirel, C. Gerstenecker : Repeated Gravity Observations in the Mudurnu Valley,Turkey. (In the Proceedings of the Symposium "Earthquake Prediction - State of the Art",Strasbourg pp 396-402), 1991.
- Akın, D., K. Atzbacher, H.Demirel, C. Gerstenecker : Vertical strain and height changes deduced from secular gravity changes. (In the proceedings of the EGS-General Assembly, Prag), 1992.
- Aksoy, A., M.Becker, H.Demirel, E.Groten, W.Honig : Präzisionsschweremessungen zur Überwachung von Vertikalbewegungen in der Nordanatolischen Verwerfung. DGK, Reihe B, Heft Nr. 287, Nr 1-7, 1989.
- Atzbacher, K., H.Demirel, C. Gerstenecker, O.Gürkan : Subsurface structure exploration in Hagia Sophia Museum, using gravity observations. (Internal Report) (Yayınlanmadı), 1994.
- Ayhan, M.E., M.Kahveci : Gravimetrik Yerey Düzeltmesinin Sayısal Arazi Modelinden Yararlanarak Hesabı, Harita Dergisi, No:107, s 1-24, 1991.
- Ayhan, M.E., C.Demir, B.Alas : Türkiye Temel Gravite Ağı-1956(ITGA-56)'nın Yeniden Dengelenmesi, Harita Dergisi, No:108, s 43-58, 1992.
- Ayhan, M.E., C.Demir, A.Torun : Türkiye Gravite Ağının İyileştirilmesi, Jeodezi Dairesi, HGK (İç Rapor, No:JEOF-93-2), 1993a.
- Ayhan, M.E. : Sayısal Arazi Modelinden Yararlı Gravimetrik Yerey Düzeltmesi Hesabı ile bir Uygulama, Türkiye 13. Jeofizik Kurultayı, Ankara, 1993b.
- Becker, M., A.Aksoy, H.Demirel, E.Groten : High Precision Gravity Measurements Across the North Anatolian Fault Zone. Bulletin D'Information, No.57, Bureau Gravimetric International, Toulouse, 1985.
- Demirel, H., C. Gerstenecker : Gravimetric Levelling along the North Anatolian Fault Zone between Adapazarı and Bolu. (In Turkish-German Earthquake Research Project, Eds. J.Zschau and O.Ergünay, pp 67-73, Kiel), 1989.
- Demirel, H., C. Gerstenecker : Secular Gravity Variations Along the North Anatolian Fault. (In Proceedings of the Symposium 103 "Gravimetry and Gradiometry" Edinburg, Eds. R.Rummel and R.Hipkin, Springer Verlag, Heildelberg), 1990.

- Demirel, H., M.E.Ayhan, C.Demir : Gravimetric Works in Turkey for the period 1990-1994.(Yayınlanmadı), 1994.
- Gerstenecker, C., H.Demirel : A Microgravimetric research in Archaeological Region. (Proc. of the 3. General Assembly for Mapping, Ankara, pp 421-435), 1991.
- Gerstenecker, C., H.Demirel : Geodetic Contributions to the Earthquake Prediction. (Proc. of the 4. General Assembly for Mapping, Ankara, pp 203-207), 1993.
- Okubo, S., O. Yılmaz, E.Kasnak, Y.Honkura, O.Gürkan : Precise Gravity Oservations in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone, Turkey.(Yayınlanmadı), 1993.