

Gravite ölçüleri ve kullanıldıkları yerler

Yd. Astgm. Yük. Müh.
Kâzım Ergin

GİRİŞ

Bu kısa yazı gravite ölçülerinin lüzumunu anlatmak maksadile kaleme alınmıştır. Muhtelif usullerle tayin edilen mutlak gravitenin, ve bundan müştak diğer kemiyetlerin nerelerde kullanıldıklarını izah edebilmek için daha evvel genel gravitasyon kanunlarına, gravitenin arzın sathı üzerindeki tahavvülüne, graviteyi ölçen aletlere ve bu ölçülerin yapılmasında kullanılan usullere bir göz gezdirmek lâzımdır. Ancak bundan sonra, pandül ile ölçülen mutlak gravite değerinin, torsiyon terazisi ile ölçülen gravite gradyanının ve diferansiyel inhinasının, ve gravimetre ile ölçülen izafi gravitenin nerelerde ve nasıl kullanılacakları izah edilebilir. Gravite ölçülerinin neticelerinde elde edilen anomaliler, petrol ve maden prospeksiyonlarında kullanılmakta oldukları gibi, son senelerde gravite anomalilerinden istifade ederek arz üzerinde verilen bir noktada sferoidle jeoid arasındaki açıyı; yani, «şakul inhirafı» nı tayin etmek hususunda da teşebbüs ve gayretlerde bulunulmuştur. Eskiden şakul inhirafı açısı astronomik rasatlarla triyângülasyon arasındaki farktan hesap edilmekte iken bugün şakulden inhirafın gravite ölçüleri neticelerinden hesap edilebilmesi sayesinde triyângülasyon yapmaksızın yalnız fotogrametri ve astronomik rasatlarla harta yapmak imkânı hasıl olmuştur.

I. GRAVİTASYON KANUNLARI VE ARZIN GRAVİTASYON SAHASI

1 — Newton'nun kanunları

Newton'un birinci kanuna göre her madde parçası diğer bir madde parçası üzerine bir çekme kuvveti tatbik eder. Bu kuvvet bu madde parçaların kütleleriyle mebsuten ve aralarındaki uzaklığın karesile mâkûsan mütenasiptir, yani

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{dir.}$$

Burada γ bir sabittir ve c. g. s. sistemindeki değeri 6.667×10^{-8} dur. Newton'un ikinci hareket kanununa göre bir «m», külesine tesir eden kuvvet şu şekilde ifade edilir.

$$F = m_1 a$$

Burada a , F kuvvetinin m_1 kütesine verdiği akselerasyondur. Arz gravitesinin akselerasyonu «g» ile gösterilir. Gerek pandülle doğrudan doğruya kendisi ve gerekse torsiyon terazisiyle törevleri tayin edilen kemiyet işte bu «g» dir.

2 — Gravitenin arz yüzü üzerinde tahavvülü ve bunun sebepleri.

(a) Gravitenin arz ile değişmesi: Arzın şekli, gravite kuvvetinin tesiri altında bulunmasından dolayı bir küre olması icap ettiği halde arzın kendi etrafındaki deveranından doğan santrifuj kuvvet yüzünden kutupları basıklaşmış, ve bir sferoid olmuştur. Bunun neticesi olarak hattı üstüvadaki yarıçap, kutuptakinden takriben 21 km. daha uzundur. Hattı üstüvadaki sathın merkezden daha uzakta olması ve gravitenin aksi istikametinde tesir eden santrifuj kuvvetin burada maksimum olmasından dolayı hattı üstüvadaki gravite değeri kutuptakinden daha küçüktür, ve bu fark takriben

5 galdır. Galile'nin adına izafeten gravite akselerasyonunun birimine «gal» denilmiştir.

$$1 \text{ gal} = 1 \text{ sm. / san. / san.}$$

ve $1 \text{ mgal} = 1 \text{ miligal} = 0.001 \text{ gal}$ dir.

Demek ki g arz yüzü üzerinde hattı üstüvadan kutuplara doğru gidildikçe çoğalmak suretile değişir. Buna nazaran arzın her hangi bir noktasında o noktanın arzına tâbi olarak gravitenin hesaplanması lâzımdır. Bu maksat için şimdiye kadar bir çok muhtelif sferoidler ve buna tekabül eden gravite formülleri tayin edilmiştir. Aşağıda verilen formül, «Milletler arası jeodezi kurumu» nun 1930 da Stokholm'da yaptığı bir toplantıda kabul ettiği «Milletler arası formül» dür. O zamandanberi her tarafta bu formül kabul edilmiş bulunmaktadır:

$$g_0 = 978.0490 (1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 2 \varphi)$$

Burada φ sözü geçen noktanın arzıdır. g_0 ise φ arzında deniz seviyesindeki gravitedir.

(b). Sferoid, Jeoid

Eğer arz ideal bir mayi olsaydı ve arz üzerinde hiç bir arzânî kesafet değişmesi olmasaydı, arzın yüzünün şekli bir sferoidden ibaret olurdu, ve şakul istikameti her yerde bu satha amut olurdu. Halbuki arz yeknesak değildir, ve yer yer bu referans sferoidinden ayrılmalar vardır. Arz sathında mevcut olan kesafet tahavvüllerinden dolayı şakul hattının amut olduğu sath bu sferoidden farklıdır, ve bu satha «Jeoid» denir. Jeoid oldukça gayri muntazam bir sathıtır. Bunun böyle olduğu, şakul inhirafının yer yer değişmesinden anlaşılmaktadır.

(c) Gravitenin kotla değişmesi:

Yukarda verilen milletler arası gravite formülü, deniz seviyesinde bulunan bir noktadaki teorik gravite değerini verir. Hal-

buki deniz seviyesinden daha yüksek veya alçakta bulunan noktadaki değer, aynı arz derecesinde ve deniz seviyesinde bulunan bir noktadaki değerden iki sebeple farklıdır :

(1) Deniz seviyesinden yükseldikçe arzın merkezine olan uzaklık artacağından gravite azalır.

(2) Deniz seviyesi ile verilen kottaki nokta arasında kalan kütlenin çekme tesirinden dolayı gravite artar.

Bunlardan birincisine «serbest hava», ikincisine ise «Bouguer» tesiri denir.

Birincisi metre başına 0.0003086 galdır ve aksi işaretlidir, ikincisi ise metre başına 0.00004185 σ galdır. Burada σ satha yakın tabakaların ortalama kesafetidir.

(d) İzostezi :

İzostezi teorisi takriben 1850 senesinde Hindistan'ın yüksek dağlarında yapılan gravite ölçülerinden neşet etmiştir. Bu ölçüler kotu muhtelif olan noktalarda yapılmışlardı. Ölçülen değerler, ölçülerin yapıldığı noktaların arzı ve kotları göz önünde tutularak hesap edilen teorik değerlerle mukayese edildiği zaman teorik değerlerin diğerlerinden çok büyük oldukları görülmüştür. Bu, şu şekilde bir neticenin çıkarılmasına yol açmıştır. Arz kabuğunu teşkil eden cisimlerin kesafeti, dağların ve karaların altında, okyanuslar ve okyanuslardaki çok derin yerler gibi alçak kısımların altındakinden daha azdır.

İzostezi ve izostetik kompensasyon terimleri sistematik bir şekilde satıhtaki yüksekliklerle ilgili olarak arz kabuğundaki kesafet tahavvülünü göstermek için kullanılır :

Muhtelif izostezi teorileri :

1855 te Royal Society of London'un Philosophical Transaction'ının aynı nüshasında birbirine rakip iki izostezi teorisi neşre-

dilmişti. Bunlardan biri Pratt, diğeri işe Airy tarafından ileri sürülmüştü.

Airy teorisi: Arz kabuğunun altında muayyen bir derinlikte ve üstteki hafif maddeler altta bulunan ve daha ağır olan maddelerin üstünde yüzmektedirler. Dağlık mıntakaların altında bu hafif olan kısım daha kalındır, ve bu kalınlık ağır kısmın içine batmış bulunmaktadır. Dağlar bu şekilde altta bulunan daha ağır kısmın içine kök salarak tutunurlar.

Pratt teorisi: Pratt teorisi de arz kabuğunun üst kısımlarındaki maddelerin daha hafif olduğunu farzediyor, fakat Airy teorisinden şu noktada ayrılıyor. Arz kabuğu altında kesafetin değiştiği seviye, esas itibarile ufkîdir, ve bu derinliğe «kompansasyon derinliği» denir. Dağlık bir mıntakada sathla bu derinlik arasında kalan kısmın kesafeti, kotu daha az olan yerlerde sathla bu derinlik arasında kalan kısmın kesafetinden daha azdır. Kesafet o şekilde tahavvül etmektedir ki maktâi bir santimetre kare olan ve sathıtan kompansasyon derinliğine kadar inen bir sütunun kütlesi her yerde aynidir.

Gravite neticeleri bakımından izostetik kompansasyonun Pratt veya Airy sistemi arasında pek az fark vardır. Fakat arz sathının geniş bir kısmında indifaî sahrelerin kesafetlerinin kotla makûsen mütenasip olarak azaldığı görülmüştür. (Bucher kanunu). Keza, deprem dalgalarının süratleri, okyanusların altında, karaların altındekinden biraz daha fazladır. Bu da Pratt faraziyesine uygun olarak arz kabuğunu teşkil eden maddelerde sistematik bir farkın mevcudiyetini gösterir. Bu şekilde Pratt faraziyesinin daha doğru olması ihtimali mevcuttur. Amerika Birleşik Devletleri Harta Dairesi, izostezi hesaplarının Pratt faraziyesi üzerine kurulmuş cetveller yardımile yapmaktadır.

(e). Topoğrafik tesir

Her hangi bir noktada gravite ölçülürken, o noktayı çeviren arazideki topoğrafik ârıların ölçülen miktar üzerinde tesiri vardır. Haddi zatında gravitesi aynı fakat biri düz bir ovanın ortasında diğeri dağlar arasında bulunan iki noktada ölçülen miktarlar birbirinden farklıdır.

(f). Mahallî tesirler

En son olarak mahallî kesafet tahavvüllerinin de gravite üzerinde tesir icra ettiklerini zikretmek lâzımdır. Kesafeti, kendisini çeviren diğer sahereleden farklı olan bir kütle üzerinde ölçülen gravite, o civarda başka noktalarda ölçülen gravite miktarlarından çok farklı olabilir. Kesafeti farklı olan kütle satha ne kadar yakın olursa tesir de o kadar fazla olur. Bu vaziyetten istifade edilerek gravite aletleri ve bilhassa gravimetreler sayesinde maden ve petrol istikşafı yapılır.

II. GRAVİTENİN ÖLÇÜLMESİ

1. Gravitenin ölçülmesinde kullanılan aletler

(a). Pandül : Bir pandül aletile gravitenin tayini, iki noktanın gravite şiddetlerinin, her iki noktada aynı şartlar altında rakeden ve hassaları değişmeyen bir pandülün periyotlarının kareleriyle makûsen mütenasip olmaları esasına dayanır. Bunu bir formülle gösterecek olursak

$$\frac{g_s}{g_b} = \frac{P_b^2}{P_s^2} \quad \text{olur.}$$

Burada g graviteyi, P periyodu, s sahayı, b baz istasyonunu gösterir.

Periyotların mukayesesi iki türlü yapılabilir.

(1) Koensidans usulü: Bu usulde iki pandülün her raksı veya bir pandülle bir kronometrenin her raksı sürekli bir şekilde mu-

kayese edilir, ve pandüllerden biri, diğerinden bir raksın yarısının tam bir adet kadar misline müsavi olarak ileri veya geri kaldığı zaman ölçülür.

(2) Radyo zaman sinyalile mukayese usulü: Bu usulde pandülün 6 saatlik bir müddet zarfındaki raksı bu müddetin başında, sonunda ve aralarda radyo zaman sinyalile mukayese edilir.

Amerika Birleşik Devletleri Harta Dairesi, gravite ölçülerini Brown pandül aletile yapmakta ve pandülün rakslarını radyo zaman sinyali ve yardımcı bir kronometrenin rakslarile birlikte bir kronoğraf üzerine kaydederek periyodu tayin etmektedir. Elde edilen periyoda suhnet, tazyik, başlama kavsi, ve mesnedin sallanmasından ileri gelen hataları bertaraf etmek için muayyen tashihler tatbik edilir, ve bu tashih edilmiş periyoddan yukarda verilen formülü kullanmak suretile gravite şiddeti tayin edilmiş olur.

(b) Torsiyon terazisi: Takriben 1880 senesinde Baron Roland von Eötvös tarafından yapılmış olan bu alet, esas itibarile madenî bir çubuğun iki ucunda bulunan m_1 ve m_2 kütlelerinin hassas bir torsiyon tiresile asılarak hem şakulî ve hem de ufkî hareketler yapabilecek şekilde tesbit edilmelerinden ibarettir. Gravite sahası mükemmel bir şekilde muntazam ve yeknesak değilse, iki kütle üzerine tesir eden gravite kuvvetlerinin istikametleri arasında küçük bir fark mevcut olacaktır. Bu küçük istikamet farkı iki kütle üzerinde, sistemi asılı olarak tutan tire etrafında deveran ettirmeğe kâfi küçük bir ufkî kuvvet meydana getirir. Hasıl olan deveranı ölçmekle, gravite sahasının distorsiyonunu hesap etmek ve bunu hasıl eden gravite vaziyeti hakkında bir fikir edinmek mümkündür. İki ucunda m_1 ve m_2 kütlelerini taşıyan çubuğun, beş muhtelif semtte dakik olarak defleksiyonunu ölçmekle gravitenin gradiyan ve diferansiyel inhinasını hesap etmek için lâzım olan U_{xz} , U_{yz} , $U\Delta = U_{yy} - U_{xx}$, $2 U_{xy}$ kemiyelerinin hesa-

binda kullanılan kemiyetler elde edilir. Burada U gravite potansiyelidir, ve

$$U = \int \bar{g} \cdot d\bar{r}, \quad \bar{g} = \nabla U = i \frac{\delta U}{\delta x} + j \frac{\delta U}{\delta y} + k \frac{\delta U}{\delta z}$$

$$U_{xx} = \frac{\delta^2 U}{\delta x^2}, \quad U_{xz} = \frac{\delta^2 U}{\delta x \delta z}, \quad U_{yy} = \frac{\delta^2 U}{\delta y^2} \quad \text{ilâh.}$$

dir. Yukarda adı geçen gradiyan $\frac{dg}{ds} = \sqrt{U_{xz}^2 + U_{yz}^2}$ ve diferansiyel inhina ise $\sqrt{U_{\Delta}^2 + 4 U_{xy}^2}$ formüllerile elde edilir.

(c) Gravimetre: İzaî gravitenin bir gravimetre ile doğrudan doğruya tayini, aynı bir cismin veznini, muhtelif istasyonlarda büyük bir presizyonla ölçmekten ibarettir. Vezin, kütle ile akselerasyonun çarpımından ibaret olduğundan, sabit bir m kütesinin vezni, her istasyonda yer altındaki cisimlerin tesiri altındadır. Müşahede edilen tahavvüller çok küçük ve gravite değerlerinin ancak on milyonda biri kadardır.

Mekanik, volümetrik, barometrik, ve elektrik tipte bir çok gravimetreler imal edilmişlerdir. Bunlar arasında en çok kullanılan ve çeşitleri bulunanlar, mekanik esaslara dayanarak imal edilmiş olan gravimetrelerdir. Bunlarda iki gruba ayrılırlar:

(1). Statik gravimetreler: esasen gravimetre deyince akla statik usul kullanan ve graviteyi elastik bir kuvvetle mukayese eden ve muayyen bir ibrenin inhiraf veya yerini ölçen bir alet gelir. Gravite ile mukayese edilen kuvvet bir yayın elastikiyetidir. Bu da ağır bir M kütesini elastikî bir yayın ucuna bağlamakla yapılır.

(2). Astetik gravimetreler: Bunlarda statik tipteki gravimetrelerde bulunan tertibata ilâveten elâstikî kuvvetin aksi istikame-tinde tesir eden yardımcı bir kuvvet vardır. Bu kuvvetin vazifesi gravimetrenin kendi frekansını azaltmaktan ve bu şekilde periyo-

dunu uzatmaktan ibarettir. Bu estetik'leme kuvveti, yayın tatbik ettiği kuvvete ne kadar yakın olursa, (müsavi olmamalıdır) aletin hassasiyeti o kadar fazla olur.

Gravimetre aletleri hiç bir mutlak kıymet ölçmezler. Ölçülen miktar tamamen izafidir. Muhtelif noktalarda aynı şartlar altında ölçüler yapmak ve bu noktalardan birine (baz noktası) gelişi güzel bir değer vererek diğerlerini buna nazaran tayin etmek suretile muhtelif noktalardaki gravitenin, baz olarak seçilen ilk noktalardaki graviteden farkı elde edilir. Eğer ilk nokta bir pandül istasyonu ise, ve orada mutlak gravite değeri biliniyorsa, gravimetre ile ölçülen bütün noktaların mutlak gravitesi kolayca hesap edilebilir.

2 — Ölçü neticelerinin tashihi

Arz üzerinde gerek geniş mntakalarda veya memleketlerde ve gerekse mahallî olarak yapılan gravite ölçülerinin birbirile mukayese edilebilmesi için, bunlar üzerine tesir eden muhtelif sebeplerden dolayı ölçülen miktarların tashih edilmeleri lâzımdır. «Milletler arası formül» ile hesap edilen teorik gravite değerine Bouguer, serbest hava, avarız ve izostetik kompensasyon tashihleri tatbik edildikten sonra elde edilen teorik değerle, sözü geçen noktada ölçülen miktar arasındaki farka «anomali» denir. Yukarıda gal cinsinden Bouguer tashihini bulmak için kotu 0.04185 σ ile, serbest hava tashihini bulmak için de 0.0003086 ile çarpmak lâzım geldiğini söylemiştik. Burada σ satha yakın sahrelerin ortalama kesafetidir, ve takriben 2.0 - 2.5 civarındadır. Gerek avarız ve gerekse izostetik kompensasyon tashihleri için, gravitenin ölçüldüğü nokta merkez olmak üzere daireler çizilir. İki daire arasında kalan sahaya «mintaka», denir. Nisf kutur istikametinde çizilen müstakimlerle her mintaka «kompartıman» lara ayrılır. Her kompartımanın ortalama kotu, topoğrafya tashihini bulmak için

«topoğrafya tashihi cetveli» nde ve izostetik kompensasyon tashihi için de «izostetik kompensasyon ircaı cetveli» nde verilen emsalle çarpılarak istenilen tashihi hesap edilir.

III. GRAVİTE NETİCELERİNİN KULLANILDIKLARI YERLER

Yukarda anlatılan aletlerle yapılan ve bahsedilen usullerle tashihi edilen son gravite neticelerinin kullanıldıkları bir çok yerler vardır.

1. Gravite Hartaları

Newton zamanındanberi arzın hakikî şekli bir çok kimseleri alâkadar etmiş, ve bu maksat için gravitenin arz üzerinde nasıl tahavvül ettiğini anlamak maksadile gravite ölçüleri yapılmıştır. Sonraları Eötvös, arzın şeklinin bir küreden nasıl ve ne kadar farklı olduğunu anlamak için torsiyon terazisini imal etmişti. Daha sonraları, Pratt ve Airy teorileriyle mevcudiyeti ileri sürülen izostetik kompensasyonun tahkiki için her tarafta geniş mikyasta ölçüler yapılmış ve anomali gibi görünen bir çok hallerin izostetik irca yapıldıktan sonra ortadan kalktığı görülmüştür.

O halde gravitenin bir memleketin her tarafında ölçülmüş ve o memleketin gravite hartasının hazırlanmış olmasının yukarda anlatılan akademik bir değeri vardır.

2 — Gravitenin maden ve petrol prospeksiyonunda kullanılması :

1920 sıralarında jeofizik prospeksiyon sahasında kullanılmağa başlıyan gravite usulü bir çok yerlerde geniş mikyasta maden ve petrol istikşafında kullanılmıştır. Bu sahada ilk kullanılan alet torsiyon terazisidir. Gravite gradiyanının ve diferansiyel inhinanın muhtelif noktalarda ölçülmesiyle Amerikanın bir çok yerlerinde

«tuz domu» denilen ve petrolün terakümüne müsait olan strüktürler keşfedilmiş ve böyle yerlerden petrol istihsal edilmiştir. Son senelerde kullanılışları çok basit ve çok süratli olan gravimetreler gerek petrol ve gerekse maden prospeksiyonunda torsiyon terazisinin yerini almış bulunmaktadırlar. Gravimetre etüdünün masrafı da diğerinin masrafından daha azdır. Bir gravimetre ile günde ortalama 40 noktada ölçü yapılabilir. Halbuki bir torsiyon terazisi ile ancak günde 2-3 istasyon yapılabilir.

Yukarda zikredildiği gibi gravimetre ancak izafî gravite değerini ölçer. Petrol istikşafında da lâzım olan mahallî bir etüddür, gravitenin mutlak değerinin bilinmesine ihtiyaç yoktur. Verilen bir arazide, gravitenin, baz olarak alınan bir noktaya nazaran nasıl değiştiğini bilmek kâfidir.

Bir misal olmak üzere Amerikanın Teksas eyaletinde bulunan Houston şehri civarında yapılmış olan bir gravite etüdünün neticesi şekil (1) de gösterilmiştir. Bu etüd dokuz çalışma gününde yapılmış 169 istasyondan ibarettir. Etüd 200 km. karelik bir saha üzerinde yapılmıştır. Hartadaki konturların arası 0.2 miligaldir. İstasyonlar arasındaki mesafe umumiyetle yarım veya bir mil (bir mil 1609 m.) idi. Bununla beraber bazı yerlerde daha mufassal malûmat edinmek maksadile bu mesafe 1/4 mile indirilmişti.

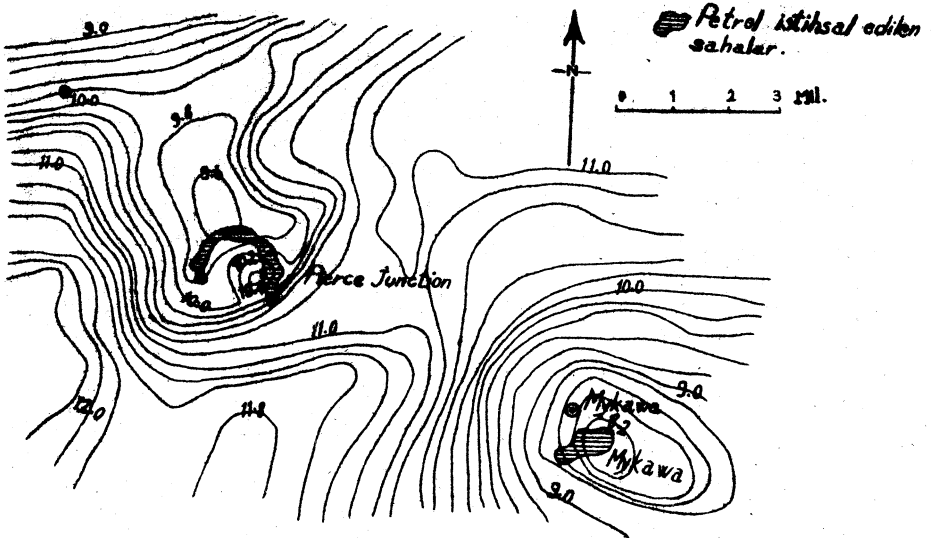
Bu arazide iki petrol istihsal sahası vardır. Bunlardan biri Pierce Junction diğeri ise Mykawa dir, Pierce Junction, bir tuz domunun etrafındadır. Bu domun ufkî maktai, takriben bir mil kutrunun bir daireden ibarettir. Tuzun üstünde takriben 75 m. kalınlığında bir «başlık sahresi» vardır. Tuzun en yüksek noktası satıhtan 285. m. derinliktedir. Bu harta bir çok konturlarla ifade edilmiş bir gravite minimumu göstermektedir. Büyük minimum üzerine bindirilmiş vaziyette ve domun merkezine yakın bir yerde küçük bir maksimum vardır ki bu, kesafeti daha fazla olan

«başlık sahresi» nin mevcudiyetinden ileri gelmektedir.

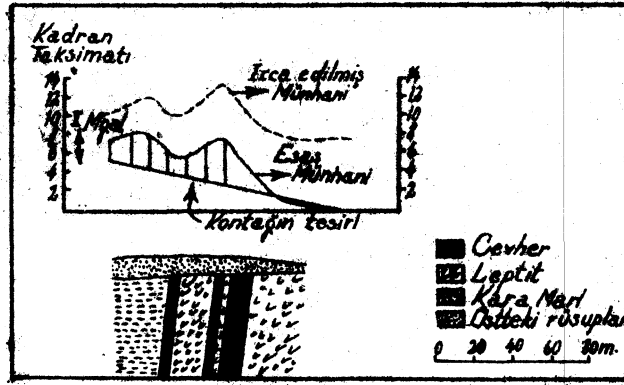
Mykawa sahası çok derinde bulunan bir tuz domunun meydana getirdiği bir «kabarma» dan ibarettir.

Bu misal, tuz domları (kesafeti etrafını çeviren sahrelerin kesafetinden daha az) tarafından meydana gelmiş olmasından dolayı minimum gravite gösteren bir strüktürü temsil etmektedir.

İsveç'in Skellefte bölgesinde bulunan bir demir madeni cevheri üzerinde yapılan gravite etüdünün neticesi şekil (2) de gösterilmiştir. 1 numaralı münhani ölçü neticelerini gösteriyor. Bu münhaninin meyilli oluşunun bir şist kontağından ileri geldiği anlaşılmış ve bu tesirin izalesi için hesap edilen tashihi yapıldıktan sonra kırık hatlarla gösterilmiş olan irca edilmiş gravite münhanisi elde edilmiştir.



Şekil (1) Pierce Junction — Mykawa Gravimetre Etüdü



Şekil (2) İsveçte Skellefte bölgesindeki demir cevheri üzerinde yapılan gravimetre Etüdü

3 — Şakul inhirafının tayini :

Şakul inhirafı, kelimenin manasından da anlaşıldığı gibi muayyen bir referans istikametinden ayrılma miktarıdır. Birbirinden ayrı olan bu iki istikameti tasavvur edebilmek için bunların amut oldukları satırları ele almak kâfidir, Bu satırlardan biri gravite ekipotansiyel sathıdır ki bunun içinde hiç bir gravite mürekkebi mevcut değildir. Buna «jeoid» denir. Bunun muntazam bir geometrik şekli yoktur, ve bu hal kütlenin arz üzerindeki dağılışı şeklinde görünen ve görünmeyen intizamsızlıklarından ileri gelmektedir. İkinci sath ise bir deveranî elipsoid'den ibarettir. Buna referans elipsoidi de denir. Bütün jeodezi etüdleri bu satha irca edilirler.

Şakul inhirafını tayinde kullanılan usuller şunlardır :

(1) Astronomi ve jeodezi ölçülerinin mukayesesi: Astronomik rasatlar jeoid üzerindeki kordoneleri verirler. Bu kordoneler triyangülasyon ile tayin edildikleri takdirde kavis, zaviye ve mesafeler elipsoid esasına göre hesap edilirler. Astronomi ve jeodezi

tulleri arasındaki farktan meridiyana amut olan istikametteki inhiraf elde edilir.

(2) Ufkî bir pandül vasıtasile şakul istikametinin zaman tahavvüllerini ölçmekle şakul inhirafı tayin edilir.

(3) Bu usul gravitenin ufkî mürekkebinin arazide ölçülmesinden ibarettir, ve şimdiki halde teori sahasında kalmaktadır.

(4) Torsiyon terazisile ölçülen inhina değerlerinden entegrasyonla bilvasıta tayin: torsiyon terazisi, gravitenin ufkî mürekkebinin maksimum ve minimum inhina istikametindeki törevlerini ölçtüğünden ufkî gravite mürekkepleri arasındaki farkları bulmak için bunların istasyonlar arasındaki tahavvüllerinin integralini almak lâzımdır. Elde edilen miktarı graviteye taksim etmekle buna tekabül eden «şakul inhirafı farkları» hesap edilebilir. Bu farklardan şakul inhirafının kendisini hesap edebilmek için, yapılan traversin iki ucundan şakul inhirafının değerini bilmek lâzımdır.

(5) Son senelerde şakul inhirafını doğrudan doğruya gravite farklarından hesap etmek için teşebbüs ve denemelerde bulunulmuştur. Verilen bir M müstevisi içindeki şakul inhirafı $\frac{\delta N}{\delta M}$ dir. Burada N jeoidin referans elipsoidinden olan yüksekliğidir.

Jeoidi $r = a (1 + \sum u_n)$

ve referans sathını $r = a (1 - \varepsilon \sin \Theta)$

olarak Stokes $\Delta g = G \sum_1^{\infty} (n-1) u_n$ $N = a \sum_2^{\infty} u_n$

olduğu isbat etmiş ve N ile g yi şu formülle birleştirmiştir:

$$N = \frac{a}{4\pi G} \iint \Delta g F(\psi) d\omega$$

Burada a arzın nısıf kutru, G gravite şiddeti, $d\omega$ mücessem açı elemanı, Δg bu mücessem açı elemanı için gravite anomalisi, ψ , $d\omega$ dan geçen arz nısıf kutru ile N i tayin etmek istediğimiz A

noktasından geçen arz nısıf kutru arasındaki açı ve.

$$F(\psi) = \text{Cosec } \frac{1}{2}\psi + 1 - 6 \sin \frac{1}{2}\psi - 5 \cos \psi - 3 \cos \psi \log \left\{ \sin \frac{1}{2}\psi (1 + \sin \frac{1}{2}\psi) \right\}$$

dir.

Jeoidin N ini tayin etmek için, düz arazide serbest hava anomalisini kullanmalıdır. Dağlık mntakalar için, ilk defa verilen sahadaki rasat istasyonları için serbest hava anomalileri hesap edilmeli, enterpolasyon ve ekstrapolasyon vasıtasile bu sahanın orta noktası için ortalama serbest hava anomalisi bulunmalıdır. Bundan sonra bu şekilde bulunan serbest hava anomalisine avariz ve izostetik kompensasyon tashihlerini de ilâve etmelidir. Bulunan bu son anomali yukarda verilen formüldeki Δg dir.

IV. NETİCE

Bu yazıda gravite kanunlarından, gravite aletlerinden, ve yapılan ölçülerden kısaca bahsettik. Gravitenin gerek maden ve petrol istikşafında ve gerekse hartacılıkla doğrudan doğruya ilgili olarak şakul inhirafının tayininde nasıl kullanıldığını da anlattık. Son yıllarda fotoğrametri ile harta alma usullerinin tekâmülü, gravite ölçüleri vasıtasile şakul inhirafını tayin etmek, ve bu suretle triyangülasyon yapmadan astronomik rasatlarla tayin edilen koordineleri jeoid üzerinden elipsoid üzerine geçirmek gibi hartacılıkta yeni bir yol açmış bulunuyor, ve hartacılıkta gravite ölçülerine ehemmiyet verilmesini icap ettiriyor. Bu maksat için her şeyden evvel, bu ölçüleri yapmakta kullanılan pandül aletleri temin edilerek memleketimizde bir çok noktalarda gravitenin mutlak değerinin tayin edilmesi ve sonra ara noktalarda yapılması icap eden ölçülerin, kullanılması daha basit olan gravimetre ile yapılp bunların pandül istasyonlarına bağlanmaları icap eder.

Harta Genel Müdürlüğümüz bu işin ehemmiyetini çoktan kavramış, ve gravite etüdləri için bir teşkilât kurmak yolunda incelemeler yapmış bulunmaktadır. Harp yıllarında alet temininin imkânsızlığı yüzünden bu iş harbin sona ermesine bırakılmıştır.

Bu yazıyı hazırlamağa beni görevlendiren, değerli direktif ve tenkitlerini esirgemeyen sayın Genel Müdürümüz Tümgeneral Ömer Kadri Koray'a burada teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Bu hususta yardımlarını esirgemeyen Yk. Müh. B. Kerim Evinay'a ve bir çok noktalar üzerinde fikir ve tenkitlerinden istifade ettiğim Yk. Müh. Pertev Bediz'e teşekkürlerimi sunarım.

BİBLİYOGRAFYA

- C. H. Swick, Pandulum Gravity Measurements and Isostatic Reductins, C. and G. S., spec. publication No: 232
- L. L. Nettleton, Geophysical Prospecting for Oil.
- C. A. Heiland, Geophysical Exploration.
- J. J. Jakosky, Exploration Geophysics.
- A. I. M. E., Transactions, Geophysical Prospecting 1929, Geophysics 1932, 1934, 1940.
- B. L. Gulatee, Gravity Reductins and the Figure of the Earth, Grl. Beitr. Geophys. 53 (1938).
- B. L. Gulatee, Gravity, Geoid, and Plumb-line Deflections in Mountainous areas, Proc. of the Indian Acad. of Sci., March 1937.
- F. A. Vening Meinesz, Rapport sur la Measures de l'intensité de la Peasanteur sur Mer, Lisbonne, 14-15 Sept. 1933.
- F. A. Vening Meinesz, A formula expressing the deflection of the plumb line in the gravity anomalies etc., in Proc. vol. XXXI. No: 3 der koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.

- P. Pizetti, Atti dela Acad. delle scienze di Torino 46 (1911).
- N. Malikin, «Über der Bestimmung der Figur der Erde» Grl. Beit. Geophys. 45 (1935) 133-147.
- H. Jeffreys, Grl. Beit. Geophys. 36 (1932).
- W. D. Lambert. Ger. Beit. Geophys.
- R. A. Hirvonen, The continental undulations of the Geoid. Helsinki 1934.
- F. Hophner, Ger. Beit. Geophys. 38 (1933) 309-320.
- J. de Graaff Hunter, The Figure of the Earth from Gravity Observations and the precision obtainable, Phil. Transac. Roy. Soc. London, vol. 234 pp 377-431 15 July 1935.
- M. S. Molodenski, Bestimmung der Gestalt des Geoides unter gemeinsamen Anwendung astronomisch-geodetischer Lotabweichungen und Schweremessungen, in Verhandlungen der neunten Tagung der Baltisch-Geodetischen Kommission.
- V. R. Ölander, Über die Beziehung zwischen Lotabweichungen und Schwereanomalien sowie über das Lotabweichungssystem in Süd-Finnland, Helsinki 1931, Veröffentlichungen des Finnischen Goedetischen Institutes No: 17.

