İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, C. 5, S. 1-2, Y. 1985/1986 (139-148)

YATAY SONSUZ SİLİNDİR VE BASAMAK FAYLARIN MANYETİK ANOMALİLERİNİN YORUMU

İbrahim KARA

I.Ü. Müh. Fak. Jeofizik Mühendisliği Bölümü

ÖZET: Bu çalışmada, yatay sonsuz silindir ve basamak fayların manyetik anomalilerinin yatay ve düşey türevlerinden yararlanılarak yapılan bir yorum metodu sunulmuştur. Model çalışmalardaki türev eğrileri, doğrudan matematiksel fomüllerle elde edilmiş olmasına rağmen, arazi uygulamasında; yatay türev arazi değerlerinden, düşey türev ise bu yatay türeve Hilbert transformu uygulanarak elde edilmelidir. Bu türev eğrilerinin yardımı ile, bir amplitüd birde faz eğrisi elde edilmiş olup, bu eğriler üzerindeki karakteristik noktalardan yararlanılarak, silindir ve fayın parametreleri bulunmuştur. Bu karakteristik noktalar, amplitüd eğrisinin maksimum değeri ile yarı maksimumdaki yatay uzaklık ve faz eğrisinin tam kütle üzerindeki değeridir.

Çalışmada geliştirilen yöntem; hem yatay sonsuz silindir, hemde basamak fay için model çalışmalar üzerinde uygulanılarak, çok iyi neticeler elde edilmiştir.

SUMMARY: In this work, an interpretation method have been presented about horizontal and vertical derivatives of the magnetic anomaly of infinite horizontal cylinders and step faults. Although in the model works the curves of the derivatives have been obtained directly from the mathematical formula, in the field applications the horizontal derivatives have to obtained from the values of the field data and the vertical derivatives have to obtained by application of Hilbert transformation to those of the horizontal derivatives. The parameters of cylinder and fault have been found using the characteristic points on the amplitude and phase curves which have been produced by the derivative curves. These characteristic points are the distans between the maximum point and the half maximum point of the amplitude curves and the value of the phase curve just on the mass.

By comparing the values of the process developed in this work, to either infinite horizontal cylinder or the step fault values of the model works, have been got in a very good comformity with each other.

GİRİŞ

Yer altındaki herhangi bir kütlenin gravite anomalisini; kütlenin derinliği, büyüklüğü ve konumu gibi bazı faktörler etkiler. Manyetik kütle anomalisini ise, ayrıca inklinasyon ve deklinasyon açıları da etkilemektedir. Bundan dolayı manyetik anomalilerin yorumu gravite anomalilerine nazaran daha karmaşıktır.

Manyetik anomalilerin yorumu için birçok çalışmalar yapılmıştır. Hutchison R. D. (1958), Manyetik anomalilerin yorumunu logaritmik eğriler yardımı ile yapmış, V. Baranov ve H. Naudy (1964), Kutba indirgeme yöntemi ile yorumu basitleştirmiş, Ralph T. Shuey (1972), R. Green ve J. M. Stanley (1975), Hilbert Transformunu manyetik anomalilere uygulamışlardır. D. Atchuta Rao ve diğerleri (1981). Türevlerden yararlanarak daykların manyetik anomalilerinin yorumunu yapmışlardır.

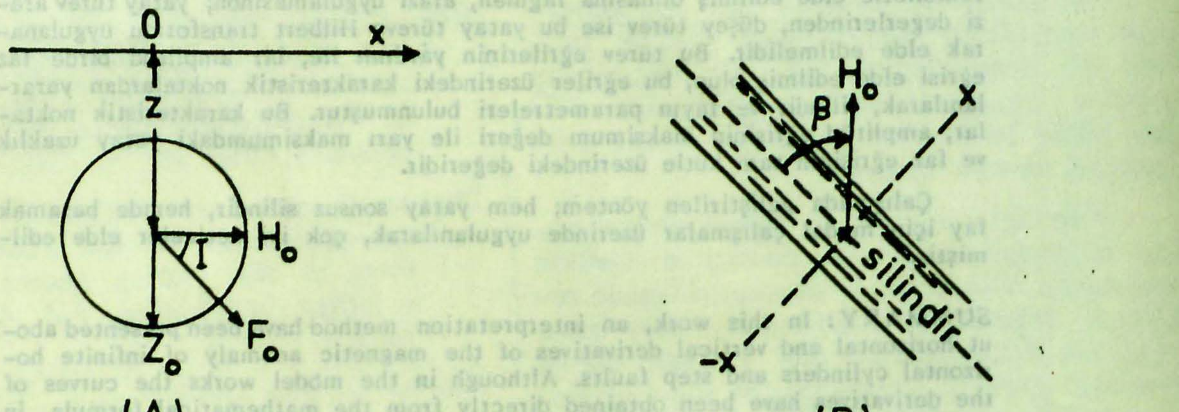
Bizim çalışmamızda ise, yatay sonsuz silindir ve basamak fayların, düşey manyetik şiddet anomalilerinin türevlerinden yararlanılarak geliştirilen, amplitüd ve faz eğrilerinin karakteristik noktalarından, kütlelere ait çeşitli parametreler bulunmuştur.

YATAY SONSUZ SİLİNDİR

Matematiksel Gelişim.

Manyetik çalışmalarda kütlelerin hasıl ettikleri anomaliler, kütlenin büyüklük, derinlik, ve süseptibilite gibi parametrelerinden başka, yermanyetik alanına göre olan pozisyonlarındanda etkilenirler. Şekil: 1 de gösterilen I ve β açıları, kütlenin anomalisini değiştirmektedir. Bu duruma örnek olarak, yatay sonsuz silindirin derinlik, büyüklük ve süseptibiliteleri sabit tutularak, bir defa I, bir defada β açısı değiştirilerek elde edilen anomalileri, Şekil: 2 de gösterilmiştir.

Şekildende görüldüğü gibi, I ve β açıları değiştiği zaman, manyetik anomali de değişmektedir. Bu durum yorumu zorlaştırır. Bundan dolayı, arazi anomalisinden yararlanılarak yapılacak olunan amplitüd ve faz eğrilerinin yorumu, daha kolay ve sıhhatli olacaktır.



(A) (B)

Şekil: 1

(A): Silindirin düşey kesiti.

(B) Silindirin kuşbakışı görünümü.

Gravite potansiyeli (U) bilinen bir kütlenin, Poisson denklemi yardımı ile manyetik anomalilerinin bulunabildiği bilinmektedir.

Düşey bileşin (ΔZ) için

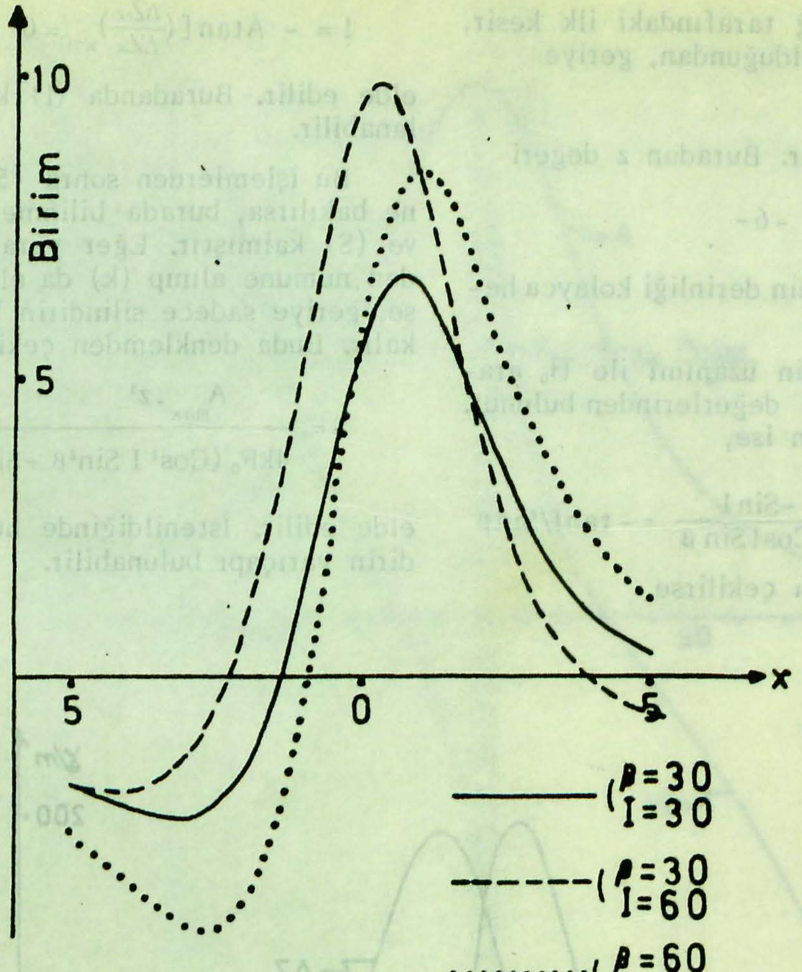
$$\Delta Z = \frac{k}{\gamma \sigma}\left(H_0 \operatorname{Sin}\beta \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} + Z_0 \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}\right) \quad -1-$$

yazılabilir. Burada k süseptibilite, γ gravite sabiti, σ yoğunluk kontrastı, z derinlik ve x yatay mesafedir. Buna göre yatay bir silindirin düşey manyetik alan şiddeti (ΔZ) şu şekilde elde edilmiştir.

$$\Delta Z = \frac{2kS}{r^4}\{2H_0 xz \operatorname{Sin}\beta + Z_0 (z^2 - x^2)\} \quad -2-$$

Burada $r = (x^2 + z^2)^{1/2}$ dir. Şekil: 1'e göre $H_0 = F_0 \operatorname{Cos}I$ ve $Z_0 = F_0 \operatorname{Sin}I$ olduklarından 2 denklemi şöyle düzenlenebilir.

$$\Delta Z = 2kSF_0 \left\{ \frac{2xz}{(x^2+z^2)^2} \operatorname{Cos}I \operatorname{Sin}\beta + \frac{z^2 - x^2}{(x^2+z^2)^2} \operatorname{Sin}I \right\} \quad -3-$$



Şekil: 2

I ve β açılarının değişimine göre anomalideki farklılaşmayı göstermektedir.

Bu denklemden elde edilecek olunan anomali asimetrik olup, I ve β açılarından etkilenecektir. Bundan dolayı yorumu daha kolay olan bir anomali elde etmek için, ΔZ anomalisinin x ve z yönlerinde türevleri alınarak,

$$\Delta Z_x = 2kSF_0 \left\{ \frac{2z^3 - 6zx^2}{(x^2+z^2)^3} \operatorname{Cos} I \operatorname{Sin}\beta + \frac{2x^3 - 6z^2x}{(x^2+z^2)^3} \operatorname{Sin} I \right\} \quad -4a-$$

$$\Delta Z_z = 2kSF_0 \left\{ \frac{2x^3 - 6z^2x}{(x^2+z^2)^3} \operatorname{Cos} I \operatorname{Sin}\beta + \frac{6zx^2 - 2z^3}{(x^2+z^2)^3} \operatorname{Sin} I \right\} \quad -4b-$$

elde edilirler.

$A = (\Delta Z_x^2 + \Delta Z_z^2)^{1/2}$ olarak kabul edildiğinde,

$$A = \frac{4kSF_0 (\operatorname{Cos}^2 I \operatorname{Sin}^2\beta + \operatorname{Sin}^2 I)^{1/2}}{(x^2+z^2)^{3/2}} \quad -5-$$

Amplitüd denklemi bulunur. Burada x = 0 daki A değeri

$$A_{max} = \frac{4kSF_0 (\operatorname{Cos}^2 I \operatorname{Sin}^2\beta + \operatorname{Sin}^2 I)^{1/2}}{z^3} \quad -5a-$$

olup (5) denklemi şu şekilde düzenlenebilir.

$$\frac{A_{max}}{2} = \frac{4kSF_0 (\operatorname{Cos}^2 I \operatorname{Sin}^2\beta + \operatorname{Sin}^2 I)^{1/2}}{z^3} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{X_{1/2}^2}{z^2}\right)^{3/2}}$$

Burada, eşitliğin sağ tarafındaki ilk kesir, A_{max} değerine eşit olduğundan, geriye

$$\left(1+\frac{x_{1/2}^2}{z^2}\right)^{3/2} = 2$$ kalır. Buradan z değeri

çekilirse $z \simeq 1.3\, x_{1/2}$ -6-

elde edilerek, kütlenin derinliği kolayca hesaplanabilir.

Silindir ekseninin uzanımı ile H_0 arasındaki β açısı, arazi değerlerinden bulunur. I açısını bulmak için ise,

$$\left(\frac{\Delta Z_z}{\Delta Z_x}\right)_{x=0} = \frac{-\mathrm{Sin}\, I}{\mathrm{Cos}\, I\, \mathrm{Sin}\, \beta} = -\tan I/\mathrm{Sin}\, \beta$$

denkleminden I açısı çekilirse

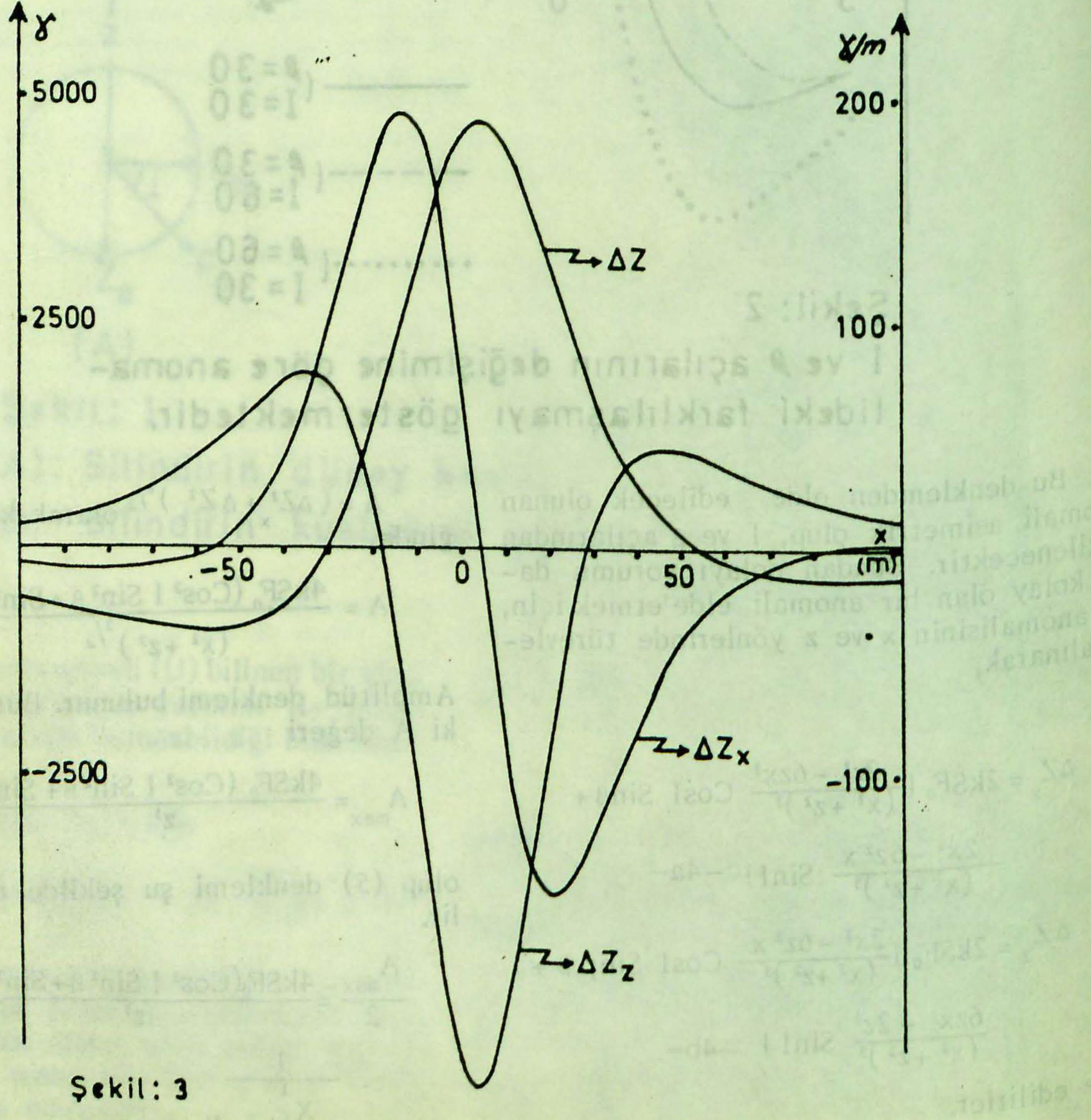
$$I = -\mathrm{Atan}\left[\left(\frac{\Delta Z_z}{\Delta Z_x}\right)_{x=0} \mathrm{Sin}\,\beta\right] \quad -7-$$

elde edilir. Buradanda (I) kolayca hesaplanabilir.

Bu işlemlerden sonra (5-a) denklemine bakılırsa, burada bilinmeyen sadece (k) ve (S) kalmıştır. Eğer yeraltındaki kütleden, numune alınıp (k) da elde edilebilirse, geriye sadece silindirin kesit alanı (S) kalır. Buda denklemden çekilerek

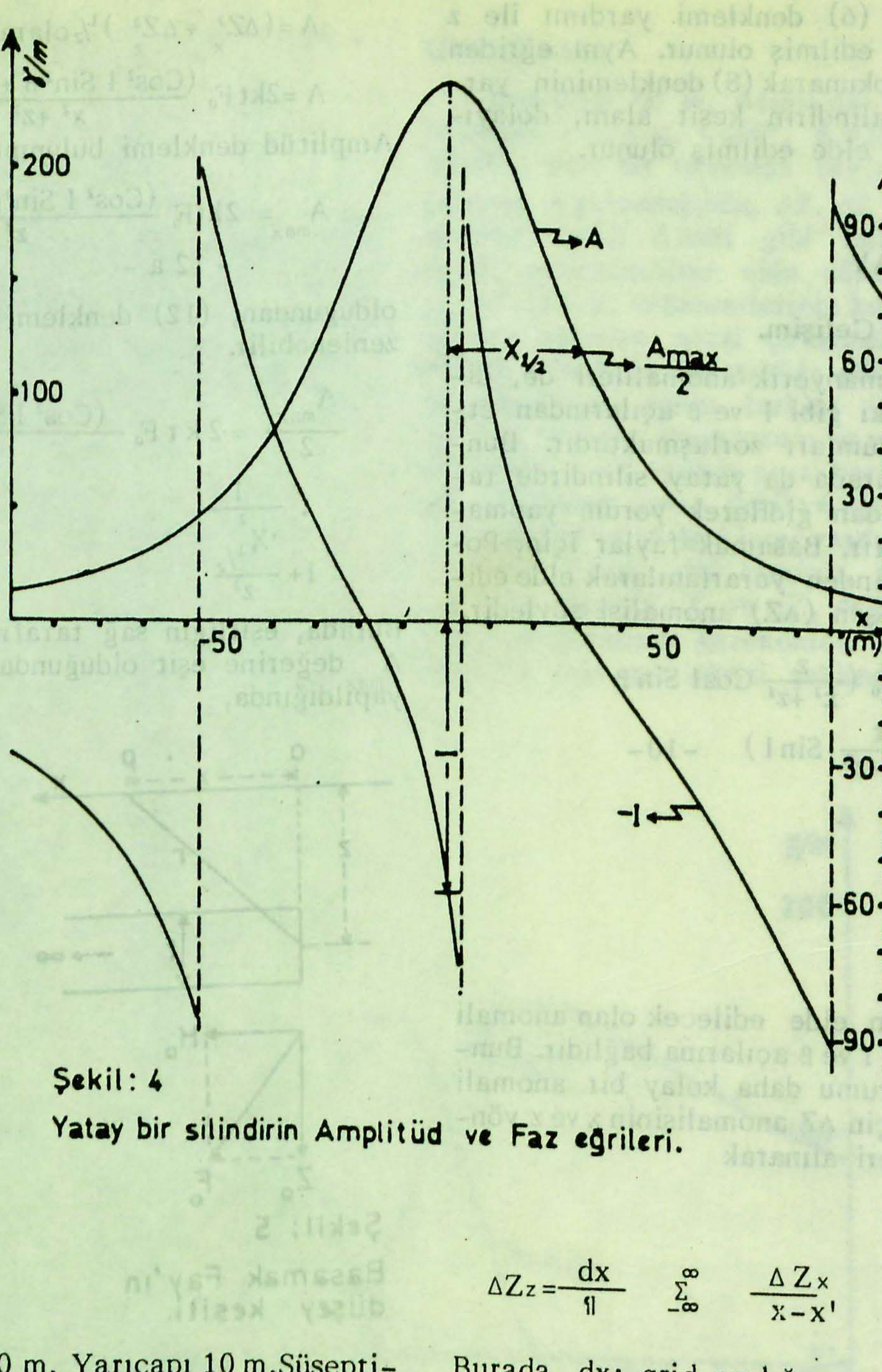
$$S = \frac{A_{max} \cdot z^3}{4kF_0\,(\mathrm{Cos}^2 I\, \mathrm{Sin}^2\beta + \mathrm{Sin}^2 I)^{1/2}} \quad -8-$$

elde edilir. İstenildiğinde buradanda silindirin yarıçapı bulunabilir.



Şekil: 3

Yatay bir silindirin ΔZ, ΔZ_x ve ΔZ_z anomalileri.



Şekil: 4

Yatay bir silindirin Amplitüd ve Faz eğrileri.

UYGULAMA:

Derinliği 40 m, Yarıçapı 10 m, Süseptibilitesi 0.3 c.g.s., I=60°, β = 30° ve F_0= 45000γ olan bir yatay silindire yukarıdaki çalışma uygulandığında ΔZ, ΔZ_x ve ΔZ_z anomalileri Şekil: 3 deki gibi bulunurlar. Ancak burada ΔZ_x ve ΔZ_z anomalileri için (4-a) ve (4-b) denklemleri kullanılmıştır. Oysa, arazi çalışmalarında; ΔZ_x anomalisi arazi değerlerinden sonlu farklar yöntemi ile elde edilir. ΔZ_z anomalisi ise, yukarıda elde edilen ΔZ_x anomalisi ve Hilbert transformundan yararlanılarak elde etmek en uygunudur. Hilbert transformu ise bu çalışma için şöyle yazılabilir.

$$\Delta Z_z = \frac{dx}{\pi} \sum_{-\infty}^{\infty} \frac{\Delta Z_x}{x - x'} \qquad -9-$$

Burada, dx; grid aralığını, x; ΔZ_x anomalisinde, x' ise ΔZ_z anomalisinde apsisleri göstermektedir.

β açısı, silindirin uzanımı ile (H_0) yatay bileşeni arasındaki açı olduğundan, ΔZ anomali haritasına bakılarak elde edilir. Daha sonra ΔZ_x, ΔZ_z anomalileri ve (7) denklemi yardımı ile faz eğrisi Şekil: 4 teki gibi bulunur. Bu eğrinin x = 0 daki değeri (-I) açısını verir. Daha sonra, her noktada ΔZ_x ve ΔZ_z in karelerinin toplamlarının kare kökleri bulunarak Şekil: 4 teki çan eğrisi şeklindeki amplitüd eğrisi elde edilir. Bu eğride $A_{max/2}$ ye denk gelen $x_{1/2}$ uzaklığı bulunarak, (6) denklemi yardımı ile z derinliği elde edilmiş olunur. Aynı eğriden A_{max} değeri okunarak (8) denkleminin yardımı ile de silindirin kesit alanı, dolayısıyla yarıçapı elde edilmiş olunur.

BASAMAK FAY

Matematiksel Gelişim.

Fayların manyetik anomalileri de, diğer kütlelerinki gibi I ve β açılarından etkilenerek, yorumları zorlaşmaktadır. Bundan dolayı, burada da yatay silindirde takip edilen yoldan gidilerek yorum yapmaya çalışılacaktır. Basamak faylar için, Poisson denkleminden yararlanılarak elde edilen düşey bileşen (ΔZ) anomalisi şöyledir.

$$\Delta Z = 2\,kt\,F_0 \left(\frac{z}{x^2+z^2} \operatorname{Cos} I \operatorname{Sin} \beta + \frac{x}{x^2+z^2} \operatorname{Sin} I \right) \quad -10-$$

Bu denklemden elde edilecek olan anomali asimetrik olup I ve β açılarına bağlıdır. Bundan dolayı yorumu daha kolay bir anomali elde etmek için ΔZ anomalisinin x ve z yönlerinde türevleri alınarak

$$\Delta Z_x = 2\,kt\,F_0 \left\{ \frac{-2xz}{(x^2+z^2)^2} \operatorname{Cos} I \operatorname{Sin} \beta + \frac{z^2-x^2}{(x^2+z^2)^2} \operatorname{Sin} I \right\} \quad -11a-$$

$$\Delta Z_z = 2\,kt\,F_0 \left\{ \frac{x^2-z^2}{(x^2+z^2)^2} \operatorname{Cos} I \operatorname{Sin} \beta - \frac{2zx}{(x^2+z^2)^2} \operatorname{Sin} I \right\} \quad -11b-$$

bulunurlar.

$A = (\Delta Z_x^2 + \Delta Z_z^2)^{1/2}$ olarak kabul edilirse

$$A = 2kt\,F_0 \frac{(\operatorname{Cos}^2 I \operatorname{Sin}^2 \beta + \operatorname{Sin}^2 I)^{1/2}}{x^2+z^2} \quad -12-$$

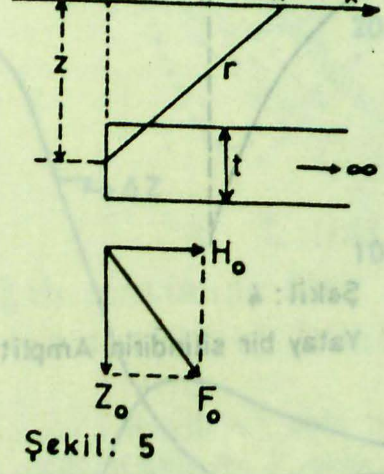
Amplitüd denklemi bulunmuş olur. Burada,

$$A_{max} = 2ktF_0 \frac{(\operatorname{Cos}^2 I \operatorname{Sin}^2 \beta + \operatorname{Sin}^2 I)^{1/2}}{z^2} \quad -12a-$$

olduğundan, (12) denklemi şu şekilde düzenlenebilir.

$$\frac{A_{max}}{2} = 2\,k\,t\,F_0 \frac{(\operatorname{Cos}^2 I \operatorname{Sin}^2 \beta + \operatorname{Sin}^2 I)^{1/2}}{z^2} \cdot \frac{1}{1+\frac{x_{1/2}^2}{z^2}}$$

Burada, eşitliğin sağ tarafındaki ilk kesir, A_{max} değerine eşit olduğundan, sadeleştirme yapıldığında,



Şekil: 5

Basamak Fay'ın düşey kesiti.

$$\frac{x_{1/2}^2}{z^2} = 2 \quad \text{elde edilir.}$$

Buradan z değeri çekilirse,

$$z = x_{1/2} \quad -13-$$

elde edilip, fayın derinliği hesaplanmış olunur.

Fayın doğrultusu ile H_0 arasındaki açı β olup, manyetik anomali haritasından bulunur. I açısını bulmak için,

$$\left(\frac{\Delta Z_x}{\Delta Z_z}\right)_{x=0} = -\frac{\operatorname{Sin} I}{\operatorname{Cos} I \operatorname{Sin} \beta} = -\tan I / \operatorname{Sin} \beta$$

denkleminden I çekilirse,

$$I = -\,\text{Atan}\left\{\left(\frac{\Delta Z_x}{\Delta Z_z}\right)_{x=0} \sin\beta\right\} \qquad - 14 -$$

elde edilir.

Tüm bu işlemler yapıldıktan sonra (12-a) denklemine bakılırsa, bilinmeyen olarak sadece (k) ve (t) değerleri kalmıştır. Eğer yeraltından numune alınıp (k) süseptibilite elde edilebilinirse, geriye sadece fayın atımı olan t kalır. Buda (12-a) denkleminden çekilerek,

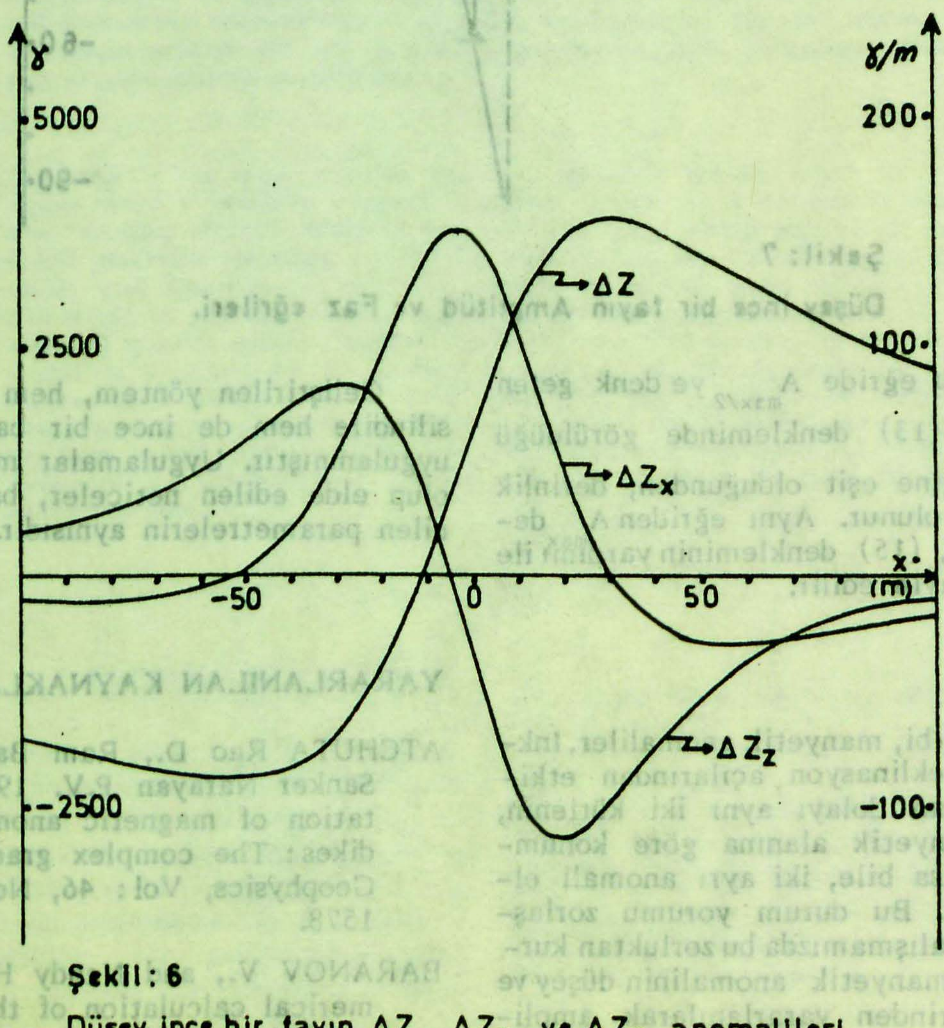
$$t = \frac{A_{max} \cdot z^2}{2kF_0\,(\cos^2 I \;\sin^2\beta + \sin^2 I)^{1/2}}$$

- 15 -

elde edilir.

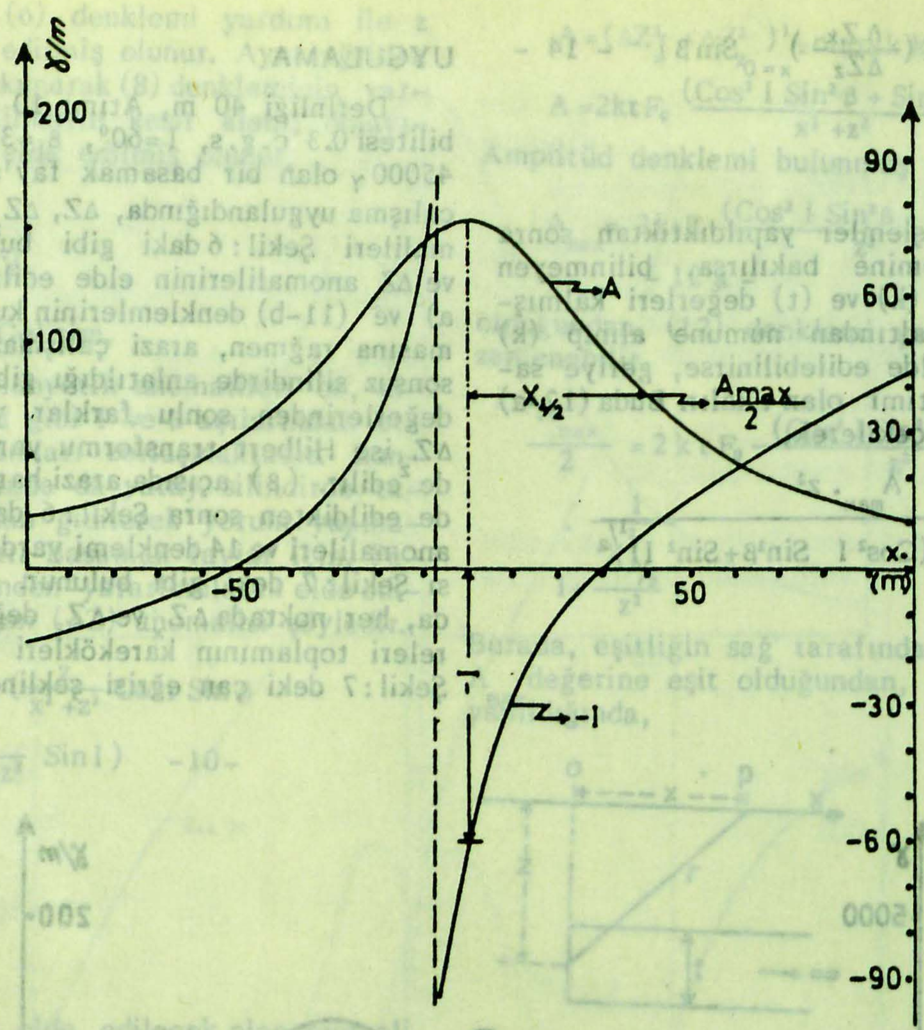
UYGULAMA

Derinliği 40 m, Atımı 10 m, Süseptibilitesi 0.3 c.g.s, $I = 60^0$, $\beta = 30^0$ ve $F_0 = 45000\,\gamma$ olan bir basamak fay'a yukarıdaki çalışma uygulandığında, ΔZ, ΔZ_x ve ΔZ_z anomalileri Şekil : 6 daki gibi bulunurlar. ΔZ_x ve ΔZ_z anomalilerinin elde edilmesinde (11-a) ve (11-b) denklemlerinin kullanılmış olmasına rağmen, arazi çalışmasında, yatay sonsuz silindirde anlatıldığı gibi, ΔZ_x arazi değerlerinden sonlu farklar yöntemi ile, ΔZ_z ise Hilbert transformu yardımı ile elde edilir. (β) açısıda arazi haritasından elde edildikten sonra Şekil : 6 daki ΔZ_x, ΔZ_z anomalileri ve 14 denklemi yardımı ile I açısı Şekil : 7 deki gibi bulunur. Daha sonrada, her noktada ΔZ_x ve ΔZ_z değerlerinin kareleri toplamının karekökleri hesaplanarak Şekil : 7 deki çan eğrisi şeklindeki anomali



Şekil : 6

Düşey ince bir fayın ΔZ, ΔZ_x ve ΔZ_z anomalileri.



Şekil: 7

Düşey ince bir fayın Amplitüd ve Faz eğrileri.

elde edilir. Bu eğride $A_{max/2}$ ye denk gelen $x_{1/2}$ uzaklığı (13) denkleminde görüldüğü gibi z derinliğine eşit olduğundan, derinlik tayin edilmiş olunur. Aynı eğriden A_{max} değeri okunarak, (15) denkleminin yardımı ile fayın atımı tayin edilir.

SONUÇ

Bilindiği gibi, manyetik anomaliler, Inklinasyon ve Deklinasyon açılarından etkilenirler. Bundan dolayı aynı iki kütlenin, sadece yermanyetik alanına göre konumları değişik olsa bile, iki ayrı anomali elde edilecektir. Bu durum yorumu zorlaştırmaktadır. Çalışmamızda bu zorluktan kurtulmak için, manyetik anomalinin düşey ve yatay türevlerinden yararlanılarak amplitüd ve faz eğrileri çizilmiştir. Bu yeni eğrilerin yorumu ise oldukça basittir.

Geliştirilen yöntem, hem yatay sonsuz silindire hem de ince bir basamak fay'a uygulanmıştır. Uygulamalar model çalışma olup elde edilen neticeler, başta kabullenilen parametrelerin aynısıdır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

ATCHUTA Rao D., Ram Babu H.V. and Sanker Narayan P.V. 1981, Interpretation of magnetic anomalies due to dikes: The complex gradient method. Geophysics, Vol: 46, No: 11, p.1572-1578.

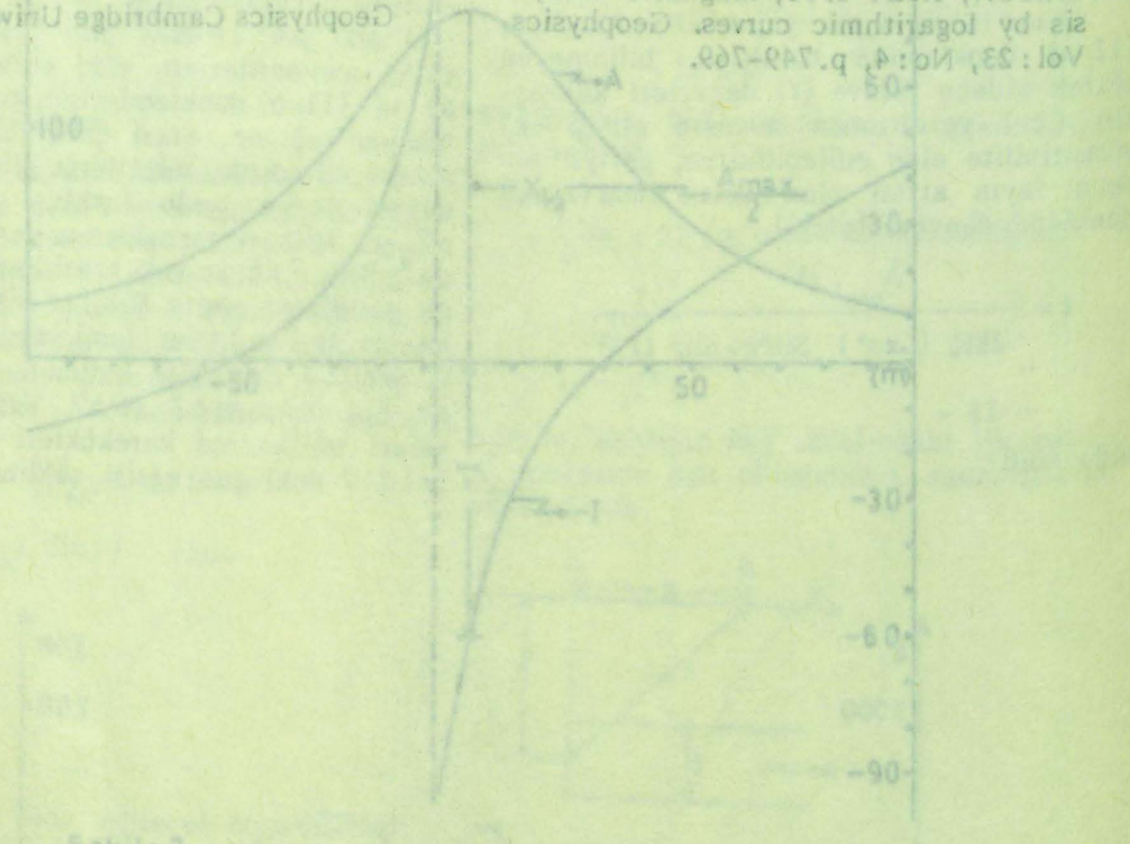
BARANOV V., and Naudy H., 1964, Numerical calculation of the formula of reduction to the magnetic pole. Geophysics, Vol: 29, No: 1 p.67-79.

GREEN R. and Stanley J.M., 1975, Application of a Hilbert Transform Method to the interpretation of Surface-Vehicle magnetic data. Geophysical Prospecting Vol: 23, No: 1, p.18-27.

HUTCHISON, R.D. 1958, Magnetic analysis by logarithmic curves. Geophysics Vol: 23, No: 4, p.749-769.

SHUEY Ralp T. 1972, Application of Hilbert Transforms to magnetic profiles. Geophysics Vol: 37, No: 6, p. 1043-1045.

TELFORD W.M., GELDART L.P., SHERİFF R.E., KEYS D.A. 1976, Applied Geophysics Cambridge University Press.



Şekil: 7

Düşey ince bir fayın Amplitüd ve Faz eğrileri.

elde edilir. Bu eğride $A_{max/2}$ ye denk gelen $x_{1/2}$ uzaklığı (13) denkleminde görüldüğü gibi z derinliğine eşit olduğundan, derinlik tayin edilmiş olunur. Aynı eğriden A_{max} değeri okunarak, (15) denkleminin yardımı ile fayın atımı tayin edilir.

SONUÇ

Bilindiği gibi, manyetik anomaliler, Inklinasyon ve Deklinasyon açılarından etkilenirler. Bundan dolayı aynı iki kütlenin, sadece yermanyetik alanına göre konumları değişik olsa bile, iki ayrı anomali elde edilecektir. Bu durum yorumu zorlaştırmaktadır. Çalışmamızda bu zorluktan kurtulmak için, manyetik anomalinin düşey ve yatay türevlerinden yararlanılarak amplitüd ve faz eğrileri çizilmiştir. Bu yeni eğrilerin yorumu ise oldukça basittir.

Geliştirilen yöntem, hem yatay sonsuz silindire hem de ince bir basamak fay'a uygulanmıştır. Uygulamalar model çalışma olup elde edilen neticeler, başta kabullenilen parametrelerin aynısıdır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

ATCHUTA Rao D., Ram Babu H.V. and Sanker Narayan P.V. 1981, Interpretation of magnetic anomalies due to dikes: The complex gradient method. Geophysics, Vol: 46, No: 11, p.1572-1578.

BARANOV V., and Naudy H., 1964, Numerical calculation of the formula of reduction to the magnetic pole. Geophysics, Vol: 29, No: 1 p.67-79.