UOT 129 A 628 R

Ü. H. AĞAYEVA, f. r. e. n.

Heydər Əliyev adına Azərbaycan Ali Hərbi Məktəbi
E-mail: huzf17@gmail. com

RƏQSİN GÜCLƏNMƏ ƏMSALININ ZƏİF DƏYİŞƏNLİ AMPLİTUDLAR METODU İLƏ ARAŞDIRILMASI

Məqalədə ideal elastiki layda seysmik rəqslərin ötürülməsinə özlü layın təsiri və elastik layın gərginlik deformasiya vəziyyəti və özlü lay qatı altında yerləşən elastik layda seysmik dalğaların trasformasiyası zamanı gücləmə əmsalı araşdırılmışdır.

Açar sözlər: seysmik rəqslər, rəqsin güclənmə əmsalı.

Parametrləri özündə saxlayan diferensial tənliklər üçün təqribi həllin tapılmasının ən geniş yayılmış üsulu zəif dəyişənli amplitudlar metodudur. Bu üsulun mahiyyəti diferensial tənliyin və ya diferensial tənliklər sisteminin təqribi həllinin hər hansı sıranın kiçik parametrin qüvvətlərinə görə qismən cəmləri şəklində axtarılmasından ibarətdir. Bu sıranın bütün hədlərini müəyyən etmək vacib deyil. Praktikada sıranın 2-3 həddini tapmaq, amma sonra ε parametrinin kiçikliyindən istifadə edərək, tapılmış hədlərin cəminin ilkin tənliyin dəqiq həllindən az fərqləndiyini isbat etmək kifayətdir [1]. Xətti elastik mühitlər üçün u_i yerdəyişmələr arasındakı əlaqə Hük qanununun köməyi ilə bir-birindən asılı olmayan iki tənlik ilə təyin olunur [2,3] :

$$\frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2} = c^2\left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2}\right), \qquad \frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2} = c^2\left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2}\right) \tag{1}$$

Burada

$$c = c_p = \sqrt{\frac{E}{2\rho_s(1+\nu)}},$$

$$c = c_s = \sqrt{\frac{E}{\rho_s(1+\nu)(1-2\nu)}}.$$

ρ_s – elastik layın sıxlığı, E - Yunq modulu və ν – Puasson əmsalıdır.

Məsələnin həllini zəif dəyişənli amplitudlar metodu ilə araşdıraq. Yerdəyişməni kiçik parametrə görə ayrılışını yazaq:

$$\begin{aligned} u(x,t) &= u_0(x) + \varepsilon u_1(x,t) + \varepsilon^2 u_2(x,t) + \varepsilon^3 u_3(x,t) + \ldots \\ u(z,t) &= u_0(z) + \varepsilon u_1(z,t) + \varepsilon^2 u_2(z,t) + \varepsilon^3 u_3(z,t) + \ldots \end{aligned} \tag{2}$$

(2) ayrılışlarını (1) tənliyində nəzərə alaq

$$\begin{aligned} \varepsilon u_{1tt} + \varepsilon^2 u_{2tt} + \varepsilon^3 u_{3tt} + \ldots &= c^2(u_{0xx} + \varepsilon u_{1xx} + \varepsilon^2 u_{2xx} + \varepsilon^3 u_{3xx} + \ldots +) \\ \varepsilon u_{1tt} + \varepsilon^2 u_{2tt} + \varepsilon^3 u_{3tt} + \ldots &= c^2(u_{0zz} + \varepsilon u_{1zz} + \varepsilon^2 u_{2zz} + \varepsilon^3 u_{3zz} + \ldots +) \end{aligned} \tag{3}$$

Elastik qatdan nazik özlü laya düşən harmonik dalğanın yayılma prosesinə baxaq. x oxu boyunca ϖ tezliklə yayılan harmonik dalğa şəklində axtarırıq:

$$u_x = \operatorname{Re} u_1(z)e^{i(kx-\omega t)}, \quad u_z = \operatorname{Re} u_2(z)e^{i(kx-\omega t)}, \quad -h \le z \le 0. \tag{4}$$

(3) tənliyinə əsasən birinci yaxınlaşmada u_x və u_z yerdəyişmələri üçün yazılmış (4)

münasibətləri yerinə qoyaraq, $u_1(z)$ və $u_2(z)$ funksiyalarını tapırıq:

$$-c^2u_1''(z) + (c^2k^2 - \varpi^2)u_1(z) = 0, \qquad -c^2u_2''(z) + (c^2k^2 - \varpi^2)u_2(z) = 0$$

$$u_1(z) = e^{\lambda z}, \qquad u_2(z) = e^{\lambda z}$$

$$\lambda^2 = \left(k^2 - \frac{\omega^2}{c^2}\right) = \phi^2, \quad \phi = \sqrt{k^2 - \varpi^2/c^2}$$

$k^2 - \dfrac{\omega^2}{c^2} > 0$ olduqda, $u_1(z)$ və $u_2(z)$ funksiyalarını tapırıq [1]:

$$u_1(z) = M_1e^{\phi z} + M_2e^{-\phi z}, \quad u_2(z) = M_3e^{\phi z} + M_4e^{-\phi z}. \tag{5}$$

$k^2 - \dfrac{\omega^2}{c^2} < 0$ olduqda periodik funksiyaya gətirir, yəni cisim boyu itməyən dalğa alırıq,

$u_1(z), u_2(z)$ aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\begin{aligned} u_1(z) &= (M_1 + M_2)\cos\phi z + i(M_1 + M_2)\sin\phi z, \\ u_2(z) &= (M_3 + M_4)\cos\phi z + i(M_3 + M_4)\sin\phi z. \end{aligned} \tag{6}$$

İndi isə $k^2 - \varpi^2/c^2 > 0$ və $k^2 - \varpi^2/c^2 < 0$ halları üçün u_x, u_z həllərini araşdıraq.

$k^2 - \varpi^2/c^2 > 0$ halı. Sərhəd şərtini aşağıdakı şəkildə verək:

$$u_z(t,x) = u_0e^{i(kx-\omega t)}, \qquad u_x = 0, \qquad z = -h. \tag{7}$$

(7) sərhəd şərtlərini nəzərə alaraq, (5) ifadələrini (4)–də yerinə yazaq:

$$M_1 = -M_2e^{2\phi h}, \qquad M_3 = -M_4e^{2\phi h} + u_0e^{\phi h}. \tag{8}$$

Onda elastik fundamentdə yerdəyişmələrin analitik ifadələri belə olar:

$$\begin{aligned} u_x &= \operatorname{Re} M_2(e^{-\phi z} - e^{\phi z + 2\phi h})e^{i(kx-\varpi t)}, \\ u_z &= \operatorname{Re}\left[M_4(e^{-\phi z} - e^{\phi z + 2\phi h}) + u_0e^{\phi h + \phi z}\right]e^{i(kx-\varpi t)} \end{aligned} \tag{9}$$

Bu ifadələri xətti elastik mühitlər üçün Γ_{ij} gərginliklər və u_i yerdəyişmələr arasındakı əlaqəni təyin edən Hük qanununda nəzərə alıb, elastik layda gərginlikləri təyin edirik:

$$\Gamma_{xx} = \operatorname{Re}\left\{\lambda\left[(ik(M_2(e^{-\phi z} - e^{2\phi h+\phi z})) - \phi M_4(e^{-\phi z} - e^{2\phi h+\phi z}) + u_0\phi e^{\phi h+\phi z}\right] + 2GikM_2(e^{-\phi z} - e^{2\phi h+\phi z})\right\}e^{i(kx-\varpi t)},$$

$$\Gamma_{xz} = \operatorname{Re}\left\{-G\left[M_2\phi(e^{-\phi z} + e^{2\phi h+\phi z}) - ik(M_4(e^{-\phi z} - e^{2\phi h+\phi z}) - u_0e^{\phi h+\phi z})\right]\right\}e^{i(kx-\varpi t)},$$

$$\Gamma_{zz} = \operatorname{Re}\left\{\lambda\left[ik(M_2(e^{-\phi z} - e^{\phi z+2\phi h})) - \phi M_4(e^{-\phi z} + e^{\phi z+2\phi h}) + u_0\phi e^{\phi h+\phi z}\right] + 2G\phi(M_4(e^{-\phi z} + e^{\phi z+2\phi h}) + u_0\phi e^{\phi h+\phi z}\right\}e^{i(kx-\varpi t)}.$$

Bu ifadələrdə bəzi qruplaşdırmalar aparaq:

$$\begin{aligned} \Gamma_{xx} &= \operatorname{Re}\left\{ikM_2(e^{-\phi z} - e^{2\phi h+\phi z})(\lambda + 2G) - \lambda\phi\left[M_4(e^{-\phi z} + e^{2\phi h+\phi z}) - u_0\phi e^{\phi h+\phi z}\right]\right\}e^{i(kx-\varpi t)}, \\ \Gamma_{xz} &= \operatorname{Re}\left\{G\left[-M_2\phi(e^{-\phi z} + e^{2\phi h+\phi z}) + ik(M_4(e^{-\phi z} - e^{2\phi h+\phi z}) + u_0e^{\phi h+\phi z})\right]\right\}e^{i(kx-\varpi t)}, \\ \Gamma_{zz} &= \operatorname{Re}\left\{ik\lambda M_2(e^{-\phi z} - e^{\phi z+2\phi h}) - \phi(M_4(e^{-\phi z} + e^{\phi z+2\phi h}) - u_0e^{\phi h+\phi z})(\lambda + 2G)\right\}e^{i(kx-\varpi t)}. \end{aligned} \tag{10}$$

Maye və elastik lay arasındakı sərhəddə sürət və gərginliyin kəsilməzlik şərtləri aşağıdakı şəkildədir:

$$\sigma'_{zz} = \Gamma_{zz}, \qquad \sigma'_{xz} = \Gamma_{xz}, \qquad z = 0, \tag{11}$$

$$\vartheta'_x = \frac{\partial u_x}{\partial t}, \qquad \vartheta'_z = \frac{\partial u_z}{\partial t}, \qquad z = 0.$$

(11) kinematik şərtindən istifadə edərək A və B-ni əvəz edək:

$$A = -i\varpi(1-e^{2\phi h})M_2, \quad B = -i\varpi(1-e^{2\phi h})M_4 - i\varpi u_0 e^{\phi h}. \tag{12}$$

(4) şəklində axtarılan u_x, u_z funksiyalarını, Γ_{xx}, Γ_{xz}, Γ_{zz} gərginliklər üçün aldığımız (10) ifadələrini nəzərə alsaq, onlar aşağıdakı şəklə düşər:

$$\begin{aligned}
&-ikDH - 2\mu k^2 AH + G\phi M_2(1+e^{2\phi h}) - ikG\left[M_4(1-e^{2\phi h}) + u_0 e^{\phi h}\right] = -\rho_f i\varpi AH,\\
&-\mu Bk^2 H - kM_2(1-e^{2\phi h})(\varpi\mu + i\lambda) + \phi(\lambda+2G)\left[M_4(1+e^{2\phi h}) - u_0 e^{\phi h}\right] = -\rho_f i\varpi BH,\\
&ikAH + i\varpi M_4(1-e^{2\phi h}) + i\varpi u_0 e^{\phi h} = 0.
\end{aligned} \tag{13}$$

Alınmış (12) - (13) qapalı xətti cəbri tənliklər sistemindən A, B, M_2, M_4, D inteqral sabitləri təyin olunur:

$$\begin{aligned}
&A = u_0 e^{\phi h} A_4, \qquad B = u_0 e^{\phi h} ikHA_4, \qquad M_2 = \frac{iu_0 e^{\phi h}}{\varpi(1-e^{2\phi h})} A_4,\\
&M_4 = \frac{u_0 e^{\phi h}}{1-e^{2\phi h}}\left(\frac{kH}{\varpi} A_4 + 1\right), \; D = \left(2\mu ki + \frac{1+e^{2\phi h}}{1-e^{2\phi h}}\frac{G\phi}{H\varpi k} + \frac{kG}{\varpi} + \frac{\rho_f \varpi}{k}\right) u_0 e^{\phi h} A_4.
\end{aligned} \tag{14}$$

Burada

$$A_1 = \frac{k}{\varpi}\left(\lambda - \frac{\phi H(\lambda+2G)(1+e^{2\phi h})}{(1-e^{2\phi h})} - \rho_f \varpi^2 H^2\right), \quad A_2 = \mu k(1+k^2H^2),$$

$$A_3 = \frac{2\phi(\lambda+2G)}{(1-e^{2\phi h})}, \qquad A_4 = \frac{A_3}{A_1^2 + A_2^2}(A_1 + iA_2).$$

Əgər M_2 və M_4 üçün aldığımız ifadələri (8) formullarında nəzərə alsaq və $\dot{z} = 0$ götürsək, onda elastik və özlü layın kontaktında yerdəyişmələri taparıq:

$$u_x = \frac{A_3 u_0 e^{\phi h}}{\varpi(A_1^2 + A_2^2)}(-A_2 + iA_1)e^{i(kx-\varpi t)}, \quad u_z = -\frac{A_3 khu_0 e^{\phi h}}{\varpi(A_1^2 + A_2^2)}(A_1 + iA_2)e^{i(kx-\varpi t)}. \tag{15}$$

Bu kəmiyyətlərin modulları arasında olan əlaqədən rəqsin güclənmə əmsalını təyin etmək olur. Rəqsin güclənmə əmsalı layın alt və üst qatlarında yaranan rəqslərin nisbəti ilə təyin olunur [2].

NƏTİCƏ

Xətti elastik layda seysmik rəqslərin ötürülməsinə özlü layın təsiri və elastik layın gərginlikli deformasiya vəziyyəti təsir edir. Məsələnin həllini zəif dəyişənli amplitudlar metodu ilə araşdırmaqla ideal elastik layda seysmik rəqslərin yayılması tədqiqi mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1.Сретенский, Л.Н. Теория волновых движений жидкости / Л.Н.Сретенский. - Москва: Наука, - 1977. - 816 с.

2. Ağayeva, Ü.H.Seysmik dalğaların transformasiyası zamanı rəqsin güclənmə əmsalının hesablanması // - Bakı: H.Əliyev adına AAHM Elmi Əsərlər Məcmuəsi, - 2013. №2(21). – s.51-56.

3.Амензаде, Ю.А. Теория упругости / Ю.А.Амензаде. - Москва: Высшая школа, - 1976. - 272 с.

4.Агаева, У.Г., Гасанов, А.Г. Влияние вязкого слоя на трансформациии сейсмических волн многослойных средах. Каталог «Сейсмопрогнос-х наблюд-й на тер-рии Аз-на в 1999 г». / У.Г.Агаева, А.Г.Гасанов - Баку: Элм, - 2009. - с.78-87.

SUMMARY

U. H. AGAYEVA, candidate of physics and maths sciences
Azerbaijan Higher Military School named after Heydar Aliyev
E-mail: huzf17@gmail. com

WEAK VARIOUS AMPLITUDES OF DANCE INCREASE INVESTIGATION BY METHOD

The article examines the effect of the viscous layer on the transmission of seismic oscillations in the ideal elastic layer and the stress-strain state of the elastic layer and the coefficient of strengthening during the transformation of seismic waves in the elastic layer under the viscous layer.

Key words: seismic oscillations, vibration gain.

РЕЗЮМЕ

АГАЕВА У.Х., к. ф. м. н.
Азербайджанское высшее военное училище имени Гейдара Алиева
Электронное письмо: huzf17@gmail. com

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦЕНТА УПРОЧНЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ МЕТОДОМ СЛАБО ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ АМПЛИТУД

В статье исследуется влияние вязкого слоя на передачу сейсмических колебаний в идеальном упругом слое и напряженно-деформированное состояние упругого слоя и коэффициент упрочнения при трансформации сейсмических волн в упругом слое под вязким слоем.

Ключевые слова: сейсмические колебания, усиление вибрации.

Məqalə redaksiyaya daxil olmuşdur: 16.02.21