

# SİSMİK HIZLARDAN DİNAMİK YER PARAMETRELERİN TÜRETİLMESİ İÇİN YAZILIM- SİSYAP

Gerek geleneksel yer araştırmaları (zemin etüdü) gerekese değişen yönetmeliklerle ortaya çıkan veri raporu içeriklerinde yer alacak ve jeoteknik parametrelerin doğrudan ölçülemediği durumlarda bilgi amaçlı kullanılabilir dinamik parametrelerin hesaplanması için bu program "sisyap" hazırlanmıştır.

Programda kullanılan bağıntılar bir çok araştırmadan derlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Kullanılan bağıntılarının kaynaklarına rapor sonunda verilen kaynakça dan ulaşılabilir.

Sisyap önerilen 3 ayrı temel derinliği için (örn. 1, 5, 15 m) dinamik parametreleri hesaplamaktadır. Temel derinliğine ve amaca göre bu derinlikler kullanıcı tarafından değiştirilebilir.

Bu programın ürettiği sonuçlar çoğunlukla deneysel (ampirik) bağıntılara dayandığından kullanımları da dikkat gerektirir.

Örnek olarak, hesaplanan yoğunluk ve yoğunluk alt-üst sınırları özellikle sığ ve gevşek birimlerde tutarsızlık gösterebilir.

Her bir sismik serim için bir rapor üretilecektir. Birden fazla serim varsa Tablo 2 nin altından itibaren sonuçlara kadar olan kısım kopyala –yapıştır işlemi ile birleştirilebilir.

Program Word dosyası üretmektedir. Kurulum dili Türkçe değilse dil parametresi değiştirilmelidir;

```
sis.dil=1; % 1 Türkçe diğer İngilizce MS word
```

Tablo 1-2 görüntüleri düşük çözünürlüklü ise klasörde bulunan asılları ile değiştirilebilir.

Programdan elde edilen parametrelerin kullanımı ile ortaya çıkacak yarar kadar sorunlarda kullanıcının sorumluluğundadır. Programı hazırlayanlar hiçbir şekilde sorumlu tutulamaz. Programın kullanımı ile bu koşul kabul edilmiş kabul edilir.

Programda yapılacak değişikliklerde ilk satırda buluna sürüm numarasını değiştirmeyi ve yazarlara haber vermeyi unutmayın.

Emin Ulugergerli ve Osman Uyanık

Eğridir Mayıs 2018

\*\*\*\*\* Örnek çıktı \*\*\*\*\*

### Dinamik parametreler

Sismik kırılma kayıtları aynı serim üzerinde alınmış, sismik dalgaların ilk varış zamanlarından yararlanılarak  $V_p$  ve  $V_s$  hızları elde edilmiştir.  $V_p$  ve  $V_s$  hızlarından yararlanılarak jeoteknik parametreleri temsil edebilecek dinamik parametrelere ulaşılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan amirik bağıntılar, Uyanık ve Gördesli(2013), Uyanık ve Çatlıoğlu (2015) ve Uyanık (2015) tarafından derlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Anılan makalelerdeki öneriler doğrultusunda Türker (2004), Tezcan ve Özdemir (2011), Keçeli (2012) tarafından önerilen bağıntılar ile Uluggerli ve Uyanık (2006) ayrıca Dikmen (2009) tarafından önerilen yaklaşımlara da yer verilmiştir.

Elde edilen değerlere göre yapılacak sınıflamalar farklılık gösterebilmektedir. Bu çalışmada  $V_s(30)$  değeri baz alınarak NEHRP Hükümlerinde(BSSC 1997) ve Uniform Building Code a göre sınıflama yapılmıştır. Buna ek olarak Bowles (1996) da verilen yatak katsayısı örnek değerleri de düzenlenerek sınıflamada kullanılmıştır. Elde edilen sayısal değerlerin sınıflamaya uymadığı durumlar veya aynı derinlik için farklı sınıflamaların eldesi olasıdır.

Oturma bilgisi hem yer hem de yük ile ilgilidir. Burada hesaplanan değer ise bulunan dinamik parametrelerden elde edilen yer taşıma gücüne karşılık gelen yükün neden olacağı oturmadır. Tüm değerlerde son karar yetkili mühendise bırakılmıştır.

Tablo 1a. Kullanılan bazı bağıntılar

Yer dinamik parametreleri	Birim	Bağıntı
Yoğunluk	gr/cm <sup>3</sup>	$\rho = 0.7 (V_p V_s)^{0.08}$
Poisson oranı		$\sigma = \frac{0.5 \left( \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 2 \right)}{\left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}$
Yoğunluk alt-üst sınır	gr/cm <sup>3</sup>	$\rho_u = 0.1055 * \log(V_s) + 1.3871$ $\rho_u = 0.0723 * \log(V_p) + 1.4741$ $\rho_a = 1.6077 * \exp(0.0002 * V_s)$ $\rho_a = 1.7114 * \exp(-0.00003 * V_p)$
Kayma (Shear) modülü	kg/cm <sup>2</sup>	$G = \rho (V_s^2) / 100$
Elastisite (Young) Modülü	kg/cm <sup>2</sup>	$E = \frac{3G \left[ \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - \frac{4}{3} \right]}{\left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}$
Sıkışmazlık (Bulk) Modülü	kg/cm <sup>2</sup>	$K = G \cdot \left[ \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - \frac{4}{3} \right]$
Doğal taşıma gücü, $q_u$	kg/cm <sup>2</sup>	$q_u = \rho V_s / 100$
Güvenli taşıma gücü, $q_e$	kg/cm <sup>2</sup>	$q_e = q_u / GF$
Yük Etkin Derinliği	m	$Z = \sqrt{\frac{3 q_u}{4\pi \cdot 0.333}}$

Tablo 1b. Kullanılan bazı bağıntılar

Elastik Oturma Miktarı	cm	$q_z = 100 \frac{qu}{E} Z$
Düsey Yatak Katsayısı	kN/cm <sup>3</sup>	$K_s = 100 \frac{E}{Z}$
Yatak katsayısı (Bowles' e göre)	kN/cm <sup>3</sup>	$K_{sb} = 40qu$
Büyütme etkisi kireçtaşına göre $\rho_{kaya} = 2.7 \text{ g/cm}^3$ $V_{s_{kaya}} = 2500 \text{ m/s}$		$n = 1.67 \text{Log} \frac{\rho_{kaya} V_{s_{kaya}}}{\rho_{ölç} V_{s_{ölç}}}$
V30	m/s	$V_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{N-1} \frac{h_i}{V_i} + \frac{30 - \sum_{i=1}^{N-1} h_i}{V_N}}$
Yer Baskın Periyodu Alüvyon => D=50 Kaya => D=30	Sn	$T_0 = 4 \left[ \sum_{i=1}^{N-1} (h_i / V_{s_i}) + (D - \sum_{i=1}^{N-1} h_i) / V_{s_N} \right]$
Alt ve üst sınırlar	Sn	$T_A = T_0 / 1.5$ $T_B = T_0 * 1.5$
Yaklaşık SPT alt-üst sınır		SPTUp=119.55*ln(Vp)- 644.36 SPTUs=113.41*ln(Vs)- 469.32  SPTLp=9.014*e <sup>-0.0004*Vp</sup> SPTLs=7.1737*e <sup>-0.0013*Vs</sup>

Tablo 1c. Kullanılan bazı bağıntılar

Koşul	Zemine Bağlı Güvenlik Faktörü (GF <sub>z</sub> )
$V_s \leq 500 \text{ m/s}$	$0,17 \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1,1 \left( \frac{V_p}{V_s} \right) - 0,005V_s + 6,7$
$500 \text{ m/s} < V_s \leq 1000 \text{ m/s}$	$0,1551 \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1,01 \left( \frac{V_p}{V_s} \right) - 0,001V_s + 4,566$
$1000 \text{ m/s} < V_s$	$0,155 \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - \left( \frac{V_p}{V_s} \right) - 0,00014V_s + 3,67$
$V_p/V_s \geq 5$ için $V_p/V_s = 5$	

Yer (zemin) türünün tanımlanmasında NEHRP sınıflaması kullanılmıştır ve Vs(30) değeri ile değerlendirilmiştir (BSSC, 1997)

Tablo 2. Yer/Zemin Sınıflaması

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Serim 1 de  $V_s$  için 3  $V_p$  için 3 katman elde edilmiştir. Elde edilen hız modellerinden olası temel derinliklerini tanımlayan 1 5 15 m derinlikleri için dinamik yer (zemin) parametreleri hesaplanmıştır. Temel bağımlı taşıma gücü için temel şekil katsayısı, B 1.1 kullanılmıştır.

Elde edilen Boyuna dalga ( $V_p$ ) hız modeli

$V_p$ (m/sn)	283 550 764
Kalınlık (m)	4 8

Elde edilen enine/kesme dalga ( $V_s$ ) hız modeli

$V_s$ (m/sn)	113 324 520
Kalınlık (m)	3 5

Tablo 1.1 : 1 m derinlik için elde edilen dinamik parametreler

Parametre	Değer	Açıklama
Sınıflama için $V_s$ değeri	113	Zayıf Yer
$V_p/V_s$ oranı	2.5044	Sınıflama yapılmadı
Poisson Oranı	0.40516	Sınıflama yapılmadı
Yoğunluk ( $gr/cm^3$ )	1.6	$V_s$ bağımlı
Yoğunluk alt-üst sınır ( $gr/cm^3$ )	1.64 1.88	$V_p$ ve $V_s$ bağımlı
Kayma (Shear G. - $kg/cm^2$ )	204.94	$V_s$ bağımlı
Elastisite (Young M. - $kg/cm^2$ )	575.97	$V_s$ bağımlı
Sıkışmazlık (K. - $kg/cm^2$ )	1012.2	$V_s$ bağımlı
Doğal taşıma gücü, $q_u$ ( $kg/cm^2$ )	1.81	$V_s$ bağımlı
Güvenli taşıma gücü, $q_e$ ( $kg/cm^2$ )	0.4	$V_s$ bağımlı
Temel bağımlı taşıma gücü, $q_{uk}$ ( $kg/cm^2$ )	2.35	$V_s$ bağımlı
Yük Etkin Derinliği (m)	11.4	$V_s$ bağımlı

Elastik Oturma Miktarı (cm)	3.59	Vs ve Vp bağımlı
Düsey Yatak Katsayısı (kN/m <sup>3</sup> )	5051.07	Vs ve Vp bağımlı
Bowles Yatak Katsayısı (kN/m <sup>3</sup> )	7254.8	Gevşek kum
Büyütme etkisi	2.62	Vs bağımlı
Yaklaşık SPT alt-üst sınır	8 66	Vp ve Vs bağımlı

Tablo 1.2 : 5 m derinlik için elde edilen dinamik parametreler

Parametre	Değer	Açıklama
Sınıflama için Vs değeri	324	Sıkı-Sert Yer
Vp/Vs oranı	1.6975	Sınıflama yapılmadı
Poisson Oranı	0.23427	Sınıflama yapılmadı
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	Vs bağımlı
Yoğunluk alt-üst sınır (gr/cm <sup>3</sup> )	1.68 1.99	Vp ve Vs bağımlı
Kayma (Shear G. -kg/cm <sup>2</sup> )	1933.12	Vs bağımlı
Elastisite (Young M. -kg/cm <sup>2</sup> )	4772	Vs bağımlı
Sıkışmazlık (K. -kg/cm <sup>2</sup> )	2993.01	Vs bağımlı
Doğal taşıma gücü, qu (kg/cm <sup>2</sup> )	5.96	Vs bağımlı
Güvenli taşıma gücü, qe (kg/cm <sup>2</sup> )	1.61	Vs bağımlı
Temel bağımlı taşıma gücü, quk (kg/cm <sup>2</sup> )	14.91	Vs bağımlı
Yük Etkin Derinliği (m)	20.68	Vs bağımlı
Elastik Oturma Miktarı (cm)	2.58	Vs ve Vp bağımlı
Düsey Yatak Katsayısı (kN/m <sup>3</sup> )	23073.29	Vs ve Vp bağımlı
Bowles Yatak Katsayısı (kN/m <sup>3</sup> )	23865.78	Orta Sıkı kum
Büyütme etkisi	1.75	Vs bağımlı
Yaklaşık SPT alt-üst sınır	7 186	Vp ve Vs bağımlı

Tablo 1.3 : 15 m derinlik için elde edilen dinamik parametreler

Parametre	Değer	Açıklama
Sınıflama için Vs değeri	520	Çok Sıkı-Sert Yer yada Yumuşak Kaya
Vp/Vs oranı	1.4692	Sınıflama yapılmadı
Poisson Oranı	0.068459	Gözenekler hava dolu
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	Vs bağımlı
Yoğunluk alt-üst sınır (gr/cm <sup>3</sup> )	1.67 2.04	Vp ve Vs bağımlı
Kayma (Shear G. -kg/cm <sup>2</sup> )	5309.24	Vs bağımlı
Elastisite (Young M. -kg/cm <sup>2</sup> )	11345.41	Vs bağımlı
Sıkışmazlık (K. -kg/cm <sup>2</sup> )	4381.74	Vs bağımlı
Doğal taşıma gücü, qu (kg/cm <sup>2</sup> )	10.21	Vs bağımlı
Güvenli taşıma gücü, qe (kg/cm <sup>2</sup> )	3.52	Vs bağımlı
Temel bağımlı taşıma gücü, quk (kg/cm <sup>2</sup> )	56.15	Vs bağımlı
Yük Etkin Derinliği (m)	27.05	Vs bağımlı
Elastik Oturma Miktarı (cm)	2.43	Vs ve Vp bağımlı
Düsey Yatak Katsayısı (kN/m <sup>3</sup> )	41934.57	Vs ve Vp bağımlı
Bowles Yatak Katsayısı (kN/m <sup>3</sup> )	40840.31	Killi sıkı kumlu toprak
Büyütme etkisi	1.36	Vs bağımlı
Yaklaşık SPT alt-üst sınır	6 239	Vp ve Vs bağımlı

Tablo 1.4 : 30m derinlik için elde edilen dinamik parametreler

Parametre	Değer
Vp30	574
Vs30	355
yer baskın salınım periyodu (T0)	0.49
TA - TB aralığı	0.32 0.73
İlk 30m için büyütme değeri	1.62

## Sonuçlar

Serim 1 de Genel olarak yer baskın salınım periyodu (TA TB) 0.32 0.73 sn aralığındadır. Anılan derinliklerde güvenli taşıma gücü ( $\text{kg/cm}^2$ ) değerleri 0.4 1.61 3.52 olarak hesaplanmıştır. İlk 30m derinlik baz alındığında büyütme değeri 1.62 ve yer/zemin durumu ZD - Orta Sıkı-Sert Yer veya çok katı kil olarak tanımlanabilir.

## Kaynaklar

- Bowles, J. E., 1996. Foundation Analysis and Design: McGraw-Hill Companies, Inc., New York, USA.
- BSSC (Building Seismic Safety Council), 1997. NEHRP recommended provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures. Part I, Provisions (FEMA 302), 334 pp.
- Dikmen, Ü. (2009). Statistical correlations of shear wave velocity and penetration resistance for soils. Journal of Geophysics and Engineering, 6(1), 61.
- Keçeli, A. (2010). Sismik yöntem ile zemin taşıma kapasitesi ve oturmasının saptanması. Uygulamalı Yerbilimleri Sayı:1 23-41
- Keçeli A. (2012). Soil parameters which can be determined with seismic velocities. Jeofizik 16(1), 17-29.
- Midorikawa, S. (1987). Prediction of isoseismal map in the Kanto plain due to hypothetical earthquake. Journal of Structural Engineering, 33, 43-48.
- Tezcan, S., Özdemir, Z. (2011). A Refined Formula for the Allowable Soil Pressure Using Shear Wave Velocities, The Open Civil Engineering Journal, 5, 1-8.
- Türker, E. (2004). Computation of Ground Bearing Capacity from Shear Wave Velocity. Continuum Models and Discrete Systems, 173-180, Kluwer Academic Publisher, Netherland.
- Ulugergerli, E. U., & Uyanık, O. (2006). Statistical correlations between seismic wave velocities and SPT blow counts and the relative density of soils, Journal of Testing and Evaluation, 35(2), 187-191.
- Uyanık, O., 2015. Deprem Ağır Hasar Alanlarının Önceden Belirlenmesi ve Şehir Planlaması için Makro ve Mikro Bölgelelendirmelerin Önemi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 19(2), 24-38.
- Uyanık, O. ve Çatlıoğlu B., 2015. Sismik Hızlardan Yoğunluğun Belirlenmesi. Jeofizik 17(1-2),3-15.
- Uyanık, O., & Gördesli, F. (2013). Sismik hızlardan taşıma gücünün incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 5(2), 78-86.