GeoteknikPro

STUDIO — SAHAYA ÖZEL DAVRANIŞ ANALİZLERİ

KULLANICI KILAVUZU

ve Hesap Yöntemleri Belgesi

Deprem kaydı düzenleme · Hedef spektruma ölçekleme ve spektral uyuşum ·
Bir boyutlu zemin davranışı: eşdeğer doğrusal ve doğrusal olmayan · Boşluk suyu basıncı üretimi

TBDY 2018 Bölüm 2, Bölüm 16 ve Ek 16C esaslarına uygundur

Sürüm 3.0.1

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

İçindekiler

İçindekiler 2
Şekiller Listesi 5
Tablolar Listesi 6
Kullanılan Simgeler ve Birimler 7
1. Giriş 8
1.1 Modül ne yapar 8
1.2 Niçin tek program 8
2. Programın Akışı 9
2.1 Akışın zorunlu sırası 9
2.2 Kalıcı kayıt kütüphanesi 10
3. Deprem Düzenleme 10
3.1 Kaydın içe aktarılması 10
3.2 Kaydın işlenmesi: taban çizgisi, filtre, taper 11
Taban çizgisi düzeltmesi 11
Butterworth filtre 12
Taper ve işlem sırası 12
3.3 İşlem kalitesi ve otomatik öneri 13
3.4 Hız ve yer değiştirme 13
3.5 Tepki spektrumu 13
3.6 Kuvvetli yer hareketi parametreleri 14
3.7 Frekans içeriği 15
3.8 Hız darbesi tanıma 15
3.9 Bu bölümün çıktısı 16
4. Deprem Ölçekleme 17
4.1 Kaynak kayıtların okunması 17
4.2 Hedef spektrumun tanımlanması 18
Yönetmelik spektrumu 18
Yüzde beş dışındaki sönüm 18
Dosyadan hedef spektrum 18
4.3 Analiz boyutu: düzlemde ve uzayda 19
4.4 Eşleştirme ve kontrol bandı 20
4.5 Otomatik takım seçimi 20
4.6 Genlik ölçekleme 21
Elle ölçek katsayısı 21
4.7 Spektral uyuşum: wavelet ölçekleme 21
4.8 Ortalama spektrum uygunluğu ve ortak β 23
4.9 Bu bölümün çıktıları 24
5. Zemin Profili ve Hesap Modeli 25
5.1 Ana zemin tabakaları 25

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

5.2 Yeraltı suyu ve anakaya 26
5.3 Kayma dalgası hızı profili 26
5.4 Profilin ana programdan alınması 27
5.5 Hesap alt tabakalarının oluşturulması 27
6. Dinamik Eğriler ve Eğri Kalibrasyonu 30
6.1 Referans eğri kütüphanesi 30
6.2 Omurga eğrisinin kalibrasyonu 30
6.3 Sönüm: Masing dışı düzeltme 31
6.4 Kullanıcının gördüğü ve kalibrasyonun kapısı 31
7. Kayıt Seçimi ve Analiz 32
7.1 Kayıt kütüphanesi ve girdi hareketi tipi 32
7.2 Eşdeğer doğrusal çözüm 33
7.3 Doğrusal olmayan çözüm 33
7.4 Boşluk suyu basıncı üretimi 34
7.5 Çıktı derinlikleri 35
8. Sonuçlar, Tasarım Spektrumu ve Kontroller 36
8.1 Sonuç görünümleri 36
8.2 Sahaya özel tasarım spektrumunun kurulması 37
8.3 TBDY §16.5.2 uygulanabilirlik kontrolleri 38
8.4 Kazık kinematik deplasman talebi 38
9. Doğrulama ve Karşılaştırmalar 40
9.1 Karşılaştırmaların üç düzeyi 40
9.2 Kayıt işleme büyüklükleri 40
9.3 Zemin davranışı çözümü 40
Kıyas 1 — DeepSoil, Benchmark 1: 40 m kum profili 40
Kıyas 2 — DeepSoil, Benchmark 2: 30 m kil / kum / kil profili 42
Kıyas 3 — RSSeismic, Benchmark 3: 20 m üç tabakalı profil, toplam ve efektif gerilme 44
Kıyas 4 — Bünye yasası 46
Kapalı çözüm 46
9.4 Kıyaslamaları çalıştır penceresi 46
10. Çıktılar, Proje Kaydı ve Köprüler 48
10.1 Seçmeli dışa aktarım 48
10.2 Proje kaydı 49
10.3 Kazık temelleri modülüne köprü 49
10.4 Ana programa köprü 50
10.5 Sonuçların güncelliği 50
10.6 PLAXIS 2D saha tepkisi betiği 50
11. Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar 51
12. Kapsam ve Sınırlar 51
13. Kaynaklar 52

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Yönetmelikler ve standartlar 52
Kayıt işleme ve yer hareketi ölçütleri 52
Ölçekleme ve spektral uyuşum 52
Dinamik zemin özellikleri ve bir boyutlu davranış 52
Boşluk suyu basıncı üretimi 52

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Şekiller Listesi

Şekil 1. 1.1 Veri ve Kayıtlar sekmesi: yüklenen deprem, ivme–zaman grafiği ve spektral gösterim 11
Şekil 2. 1.2 Kayıt İşleme sekmesi: taban çizgisi, Butterworth filtre ve taper, ham ve işlenmiş hız–zaman 13
Şekil 3. 1.3 Hareket Parametreleri sekmesi: genlik, süre ve enerji parametreleri, Arias şiddeti 15
Şekil 4. 1.5 Pulse Recognition sekmesi: darbe ayrıştırması ve $S_d \times S_v$ spektrumu 16
Şekil 5. Çoklu Deprem Kaydı Yükleme penceresi 17
Şekil 6. Hedef Spektrum Tanımlama penceresi: TBDY 2018 parametreleri ve hedef spektrum 19
Şekil 7. 2 · Deprem Ölçekleme: wavelet ölçekleme sonrası spektrumlar ve ivme zaman geçmişleri 22
Şekil 8. Wavelet Ölçekleme Ayarları penceresi 23
Şekil 9. Ortalama Spektrumlar sekmesi: TBDY ortalama kontrolü ve nihai β 24
Şekil 10. Ground Motion Parameters sekmesi ve dışa aktarma düğmeleri 25
Şekil 11. 3.1 Zemin Profili ve Ayarlar sekmesi: analiz tanımı ve ana zemin tabakaları 26
Şekil 12. V_s – Derinlik Profili sekmesi: kontrol noktaları ve profil 27
Şekil 13. 3.2 Profil Oluşturma sekmesi: alt tabaka tablosu 28
Şekil 14. Profil Grafikleri: alt tabakalar boyunca V_s, G_{max}, f_{max}, sönüm ve gerilmeler 29
Şekil 15. Curve Fitting sekmesi: G/G_{max}, sönüm ve kayma dayanımı için hedef ve kalibre edilen eğriler 31
Şekil 16. 3.3 Kayıt Seçimi sekmesi: kayıt kütüphanesi ve girdi hareketi tanımı 32
Şekil 17. İki taban sınır koşulunun fiziksel farkı: Rock Outcrop (elastik yarı-uzay) ve Within (rijit taban) 33
Şekil 18. 3.4 Analiz sekmesi: doğrusal olmayan çözüm ayarları ve analiz özeti 34
Şekil 19. GMP / EPWP sekmesi: boşluk suyu basıncı modeli ve tabaka bazında ayarlar 35
Şekil 20. Sonuçlar, GMP / EPWP: derinlik boyunca en büyük r_u 35
Şekil 21. 3.5 Sonuçlar, Tepki Spektrumu: girdi ve yüzey hareketi 36
Şekil 22. Derinlik Profilleri: PGA, PGV, PGD, γ_{max}, en büyük gerilme, G/G_{max}, sönüm ve bozulmuş V_s 37
Şekil 23. Stress-Strain sekmesi: seçili alt tabakanın histerezis döngüleri 37
Şekil 24. Tasarım Spektrumu sekmesi: kayıtların yüzey spektrumları, ortalama ve program tasarımı 38
Şekil 25. Kazık Deplasman Talebi sekmesi: kayıtlar, TBDY ortalaması ve tanı zarfı 39
Şekil 26. Benchmark 1 — yüzey tepki spektrumu karşılaştırması 42
Şekil 27. Benchmark 2 — yüzey tepki spektrumu karşılaştırması 43
Şekil 28. Her iki benchmark için en büyük kayma birim şekil değiştirmesinin derinlik profili, tepe derinliği iki programda da aynıdır 44
Şekil 29. Benchmark 2 — mobilize gerilme oranı ve en büyük ivme derinlik profilleri 44
Şekil 30. Dışa Aktarım İçindekiler Listesi penceresi 49

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Tablolar Listesi

Tablo 1. Kılavuzda kullanılan simgeler 7
Tablo 2. Analizin ön koşulları 9
Tablo 3. Kayıt okuma kipleri 10
Tablo 4. İçe aktarma alanları ve varsayılan değerleri 10
Tablo 5. Filtre ayarları ve varsayılanları 12
Tablo 6. Tepki spektrumu çözücüleri 14
Tablo 7. Hareket parametresi grupları 14
Tablo 8. İki periyot bandı 20
Tablo 9. Otomatik takım seçimi ayarları ve varsayılanları 20
Tablo 10. Spektral uyuşum ayarları ve varsayılanları 22
Tablo 11. Ölçekleme bölümü çıktıları 24
Tablo 12. V_s giriş kipleri 26
Tablo 13. Referans dinamik eğri aileleri 30
Tablo 14. Girdi hareketi tipi 32
Tablo 15. Boşluk suyu basıncı çözüm kipleri 34
Tablo 16. Sonuç başlıkları 36
Tablo 17. Doğrulama düzeyleri 40
Tablo 18. Benchmark 1 — genel profil ve analiz parametreleri 41
Tablo 19. Benchmark 1 — zemin tabakası tanımları (iki programda aynı) 41
Tablo 20. Benchmark 1 — girdi doğrulama sonuçları 41
Tablo 21. Benchmark 1 — tepe değer karşılaştırması 41
Tablo 22. Benchmark 1 — derinlik profilleri ve spektrum istatistikleri (34 nokta) 42
Tablo 23. Benchmark 2 — genel profil ve analiz parametreleri 42
Tablo 24. Benchmark 2 — zemin tabakası tanımları (iki programda aynı) 43
Tablo 25. Benchmark 2 — tepe değer karşılaştırması 43
Tablo 26. Benchmark 2 — derinlik profilleri ve spektrum istatistikleri (29 nokta) 43
Tablo 27. Kıyas 3 sonuçları 45
Tablo 28. Benchmark 3 — model 45
Tablo 29. Benchmark 3, Analiz A — toplam gerilme sonuçları 45
Tablo 30. Benchmark 3, Analiz B — boşluk suyu basıncı açık, ChiChi 46
Tablo 31. Saha analizi çıktıları 48

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Kullanılan Simgeler ve Birimler

Tablo 1. Kılavuzda kullanılan simgeler

Simge	Açıklama	Birim
Δt	Kaydın zaman adımı	s
PGA, PGV, PGD	En büyük yer ivmesi, hızı ve yer değiştirmesi	g · cm/s · cm
$S_a(T)$	Spektral ivme	g
T_n	Yapının hâkim periyodu	s
α	Genlik ölçekleme çarpanı	—
β	Ortalama spektrum uygunluk çarpanı	—
V_s	Kayma dalgası hızı	m/s
G_{max}, G/G_{max}	Küçük şekil değiştirme kayma modülü ve modül azalım oranı	kPa · —
ξ, D	Sönüm oranı	%
γ, γ_{max}	Kayma birim şekil değiştirmesi ve en büyüğü	%
τ, τ_{max}	Kayma gerilmesi ve dayanımı	kPa
f_{max}	Bir alt tabakanın geçirebildiği en büyük frekans, $V_s/(4H)$	Hz
$\theta_1 \ldots \theta_5$	Omurga eğrisi uyum parametreleri	—
r_u	Boşluk suyu basıncı oranı, $\Delta u/\sigma'_{v0}$	—
δ_G, $\delta\tau$	Boşluk suyu basıncına bağlı rijitlik ve dayanım bozunma çarpanları	—
σ'_{v0}, p'_{m0}	Başlangıç düşey ve ortalama efektif gerilmesi	kPa
S_{DS}, S_{D1}	Kısa periyot ve 1 s tasarım spektral ivme katsayıları	—
$u_{ff}(z)$	Serbest saha yer değiştirme zarfı	m
Arias	Arias şiddeti	m/s
$D_{5\text{-}95}$	Anlamlı süre	s

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

1. Giriş

1.1 Modül ne yapar

Sahaya Özel Davranış Analizleri modülü, bir deprem kaydının ham hâlinden sahaya özel tasarım spektrumuna kadar giden bütün zinciri tek bir program içinde yürütür: kayıtların okunması ve düzeltilmesi, hedef spektruma ölçeklenmesi ya da spektral olarak eşleştirilmesi ve bu kayıtların bir boyutlu zemin kolonunda çözülerek yüzey hareketinin, derinlik profillerinin ve tasarım büyüklüklerinin elde edilmesi.

1.2 Niçin tek program

Üç ayrı programın işi, tek bir ana proje dosyasında

Yaygın uygulamada bu zincir üç ayrı yazılımla yürür: biri kaydı düzeltir, biri hedef spektruma eşleştirir, biri zemin kolonunu çözer. Her geçişte dosya biçimi, birim, zaman adımı ve kaydın hangi hâli olduğu yeniden kurulur — ve her geçiş, bir kaydın yanlış hâlinin bir sonraki adıma girmesi için bir fırsattır. Bu modülde üçü de aynı pencerenin üç numaralı sekmesidir: aynı kayıt deposunu, aynı spektrum çözücüsünü, aynı rapor yazıcısını ve aynı ana proje dosyasını paylaşırlar.

Bunun pratik karşılıkları somuttur. Ölçekleme bölümünde üretilen nihai kayıtlar, saha analizine tek bir düğmeyle ve bellek üzerinden aktarılır, arada dosya yazılıp okunmaz, dolayısıyla birim ya da zaman adımı yeniden yorumlanmaz. Spektrum, her üç sekmede de aynı çözücüyle ve aynı periyot ağıyla hesaplanır, birinde görünen bir spektral ivme, ötekinde başka bir sayı değildir. Rapor ve Excel çıktısı zincirin tamamını tek belgede toplar.

Birinci sekmedeki kayıt düzenleme sonuçları ikinci sekmeye kendiliğinden geçmez, ekran bunu açıkça yazar. Sebebi, ölçeklemeye girecek kayıt kümesinin düzenleme sırasında denenen kayıtlarla aynı olmak zorunda olmamasıdır, hangi kayıtların takıma gireceği ayrı bir karardır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

2. Programın Akışı

Program üç numaralı sekmeden oluşur ve numaralar akışın kendisidir. Aşağıdaki şema, bir kaydın ham hâlinden tasarım büyüklüklerine kadar izlediği yolu ve iki modül arasındaki köprüleri gösterir.

GİRDİ — ham deprem kayıtları

Metin dosyası ya da standart kayıt biçimleri · birim g, m/s² ya da cm/s² · Δt
Ondalık ve sütun ayracı dosyadan çözülür ya da elle verilir

▼ içe aktarma

1 · DEPREM DÜZENLEME

1.1 Veri ve kayıtlar — 1.2 Kayıt işleme — 1.3 Hareket parametreleri
1.4 Frekans içeriği — 1.5 Darbe (pulse) tanıma
Taban çizgisi düzeltmesi · süzgeç · tepki spektrumu · Arias, süre, döngü sayısı

▼ kayıtlar ikinci sekmede yeniden seçilir

2 · DEPREM ÖLÇEKLEME

Adım 1 kaynak kayıtlar — Adım 2 hedef spektrum — Adım 2B analiz boyutu
Adım 3 ölçekleme / eşleştirme — Adım 4 dışa aktarma
Otomatik takım seçimi (11 kayıt) · genlik ölçekleme · dalgacık esaslı spektral uyuşum · ortalama spektrum kontrolü ve ortak β

▼ "Ölçekleme'den Al" — tek düğme, bellek üzerinden, dosya yok

3 · SAHAYA ÖZEL DAVRANIŞ ANALİZİ

3.1 Zemin profili ve ayarlar → 3.2 Alt tabakalar ve eğri uyumu → 3.3 Kayıt seçimi
3.4 Çözüm ayarları ve çıktı derinlikleri → 3.5 Sonuçlar (on altı görünüm)
Eşdeğer doğrusal ya da doğrusal olmayan çözüm · isteğe bağlı boşluk suyu basıncı üretimi

▼ sonuçlar

ÇIKTILAR VE KÖPRÜLER

Sahaya özel tasarım spektrumu (S_{DS}, S_{D1}) · Word raporu · Excel çalışma kitabı · PNG
Serbest saha yer değiştirme zarfı $u_{ff}(z)$ → Kazıklı Temeller modülü (dosya ile)
Zemin profili ← Geoteknik Rapor modülü (gömülü çalışıldığında)

2.1 Akışın zorunlu sırası

Üçüncü sekmede analiz, dört koşul sağlanmadan başlamaz ve her ret, kullanıcıyı doğrudan eksiğin bulunduğu alt sekmeye götürür.

Tablo 2. Analizin ön koşulları

Koşul	Sebebi
Hesap modeli kurulmuş olmalı	Ana zemin tabakaları kullanıcı girdisidir, hesap alt tabakaları programın kendi ürettiği ayrıklaştırmadır ve bu üretim açıkça çalıştırılmadan bir çözüm ağı yoktur.
Eğri uyumu tamamlanmış olmalı	Omurga eğrisi uyumu yapılmamış bir alt tabakanın bünye davranışı tanımsızdır. Program kaç alt tabakadan kaçının tamamlandığını sayıyla söyler.
Eşdeğer doğrusal çözümde her alt tabakada geçerli bir referans eğri bulunmalı	Modül azalım ve sönüm eğrisi olmayan bir tabakada iterasyonun tutunacağı bir şey yoktur.
En az bir kayıt işaretlenmiş olmalı	Girdisi olmayan bir çözüm anlamsızdır.

Analiz sürerken girdi sekmeleri kilitlenir, bittiğinde ekran kendiliğinden sonuçlara geçer.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

2.2 Kalıcı kayıt kütüphanesi

Saha analizine alınan kayıtlar kalıcı bir kütüphanede saklanır: program genelinde durur, bir projeyi açıp kapatmak onları silmez. Böylece aynı kayıt takımı birden çok saha için yeniden içe aktarılmadan kullanılabilir. Kütüphane kullanıcı profilinde, %LocalAppData%\GeoteknikPro Studio\Ayarlar\Sismik.site_motion_library.json dosyasında tutulur. Wavelet uzman ayarları aynı klasördeki Sismik.wavelet.json dosyasındadır. Kütüphane kullanıcıya özeldir ve .geos dosyasıyla başka bir bilgisayara gitmez; projede kullanılan kayıtlar ise ayrıca .geos dosyasının içinde taşınır (bkz. 10.2).

3. Deprem Düzenleme

Bu bölüm programın birinci numaralı sekmesini anlatır. Amacı tektir: eldeki ham ivme kaydını, üzerinde hesap yapılabilecek bir mühendislik verisine dönüştürmek ve o kaydın ne olduğunu sayılarla ortaya koymak. Bölümün altında beş alt sekme vardır: veri ve kayıtlar, kayıt işleme, hareket parametreleri, frekans içeriği ve hız darbesi tanıma.

3.1 Kaydın içe aktarılması

Kayıt ekleme düğmesi bir tanımlama penceresi açar. Bu pencerede önce dosya seçilir, sonra dosyanın veri yapısı tanımlanır, en sonunda da okunacak satırlar bir ön izleme üzerinde denetlenir. Program dosyanın biçimini tahmin edebilir, tahminini kullanıcıya gösterir ve onayını alır.

Okunabilen uzantılar txt, at2, acc, dat ve csv biçimleridir. Veri yapısı için dört okuma kipi sunulur.

Tablo 3. Kayıt okuma kipleri

Kip	Ne bekler
1 — Yalnızca İvme	Tek sütun ivme değeri, zaman, girilen Δt ile üretilir.
2 — Zaman / İvme Kolonları	İki sütun. Δt, zaman sütunundaki aralıkların ortancasından türetilir, aralıklar düzgün değilse uyarı verilir.
3 — Çoklu İvme Dizilimi (PEER / AT2)	Satır başına birden çok ivme değeri barındıran klasik PEER düzeni.
4 — Otomatik Tanı	Varsayılan kip. Program düzeni dosyanın kendisinden çözer, çözdüğü biçimi konsola yazar.

Sayısal alanlar ve varsayılanları aşağıdadır. Bunların hepsi okuma anında geçerlidir, kayıt yüklendikten sonra değiştirilemez, kayıt yeniden yüklenir.

Tablo 4. İçe aktarma alanları ve varsayılan değerleri

Alan	Varsayılan	Açıklama
Zaman adımı Δt (s)	0,005	PEER / AT2 başlığı varsa oradan okunur ve alan kendiliğinden dolar.
Atlanacak satır sayısı	0	Başlık satırlarını atlamak için.
Son okunacak satır	Otomatik	Otomatik işaretliyken dosya sonuna kadar okunur.
Zaman kolonu / İvme kolonu	1 / 2	Yalnız iki sütunlu kipte anlamlıdır.
İvme birimi	g	g, m/s^2 ve cm/s^2 kabul edilir, iç hesap daima SI birimindedir.
Çarpan	1	Birim dönüşümünden ayrı, kullanıcının kendi katsayısı.
Ondalık ayracı / Sütun ayracı	Otomatik	Otomatik seçiliyken karar satır satır değil, dosyanın tamamı için bir kez verilir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Kayıttan okunan ve okunmayan bilgi

Dosya başlığından yalnız iki büyüklük okunur: örnek sayısı (NPTS) ve zaman adımı (DT).

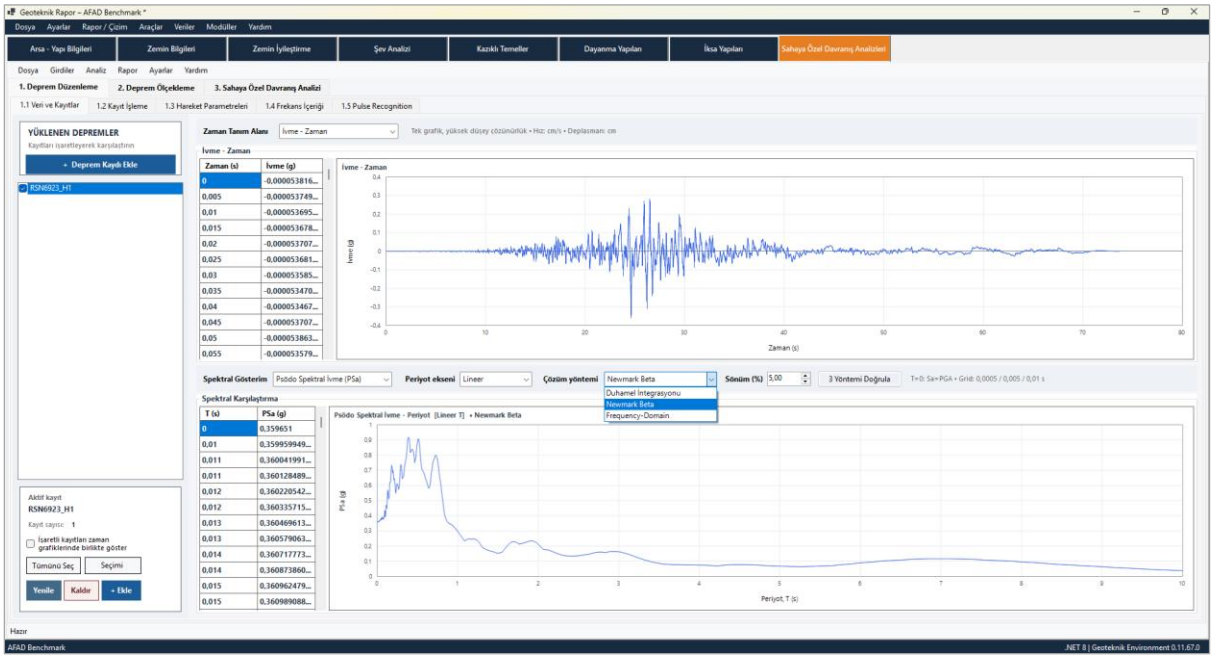
İstasyon adı, deprem adı, büyüklük, kaynak uzaklığı ve bileşen yönü okunmaz, kayıt adı dosya adından türetilir.

PGA okunmaz, kaydın kendisinden hesaplanır. Dosyada yazan bir PGA ile hesaplanan PGA arasındaki fark, kaydın biriminin yanlış tanımlandığının ilk işaretidir.

Başlıktaki NPTS ile okunan örnek sayısı tutmazsa program durur ve devam edilip edilmeyeceğini sorar, varsayılan cevap hayırdır.

Ön izleme iki görünüm sunar. Birincisinde dosyanın ilk satırları, her biri ATLA, OKU ya da SONRASI olarak etiketlenmiş hâlde görünür, böylece hangi satırın veri sayıldığı gözle denetlenebilir. İkincisinde okunan seri hem tablo hem de çizim olarak, okunan nokta sayısı ve hesaplanan PGA ile birlikte gösterilir.

Aynı pencerede bir doğrulama kaydı düğmesi bulunur. Bu düğme program içinde gömülü bir referans kaydı yükler ve o kayıt için yayımlanmış büyüklüklerle programın hesapladığı büyüklükleri konsolda yan yana yazar. Amacı, kurulumun doğru çalıştığını kullanıcının kendi verisini riske atmadan görebilmesidir.



Şekil 1. 1.1 Veri ve Kayıtlar sekmesi: yüklenen deprem, ivme–zaman grafiği ve spektral gösterim

3.2 Kaydın işlenmesi: taban çizgisi, filtre, taper

İşlem sekmesinin başında şu cümle yazılıdır: ham kayıt korunur, işlemler ayrı bir veri dizisine uygulanır. Böylece ham kayıt hiçbir işlemde kaybolmaz. Ham seri ile işlenmiş seri bellekte ayrı durur, grafiklerde biri kesik kırmızı, diğeri sürekli koyu mavi olarak birlikte çizilebilir.

Taban çizgisi düzeltmesi

Taban çizgisi düzeltmesi en küçük kareler ile belirlenen bir polinomun kayıttan çıkarılmasıdır. Dört seçenek, sıfırdan üçüncü dereceye kadar polinom derecesine karşılık gelir: ortalamanın atılması, doğrusal düzeltme (varsayılan), ikinci derece ve üçüncü derece. Zaman ekseni bu hesap sırasında normalize edilir, bu, yüksek dereceli polinomlarda sayısal kararlılık içindir ve sonucu değiştirmez.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Butterworth filtre

Tablo 5. Filtre ayarları ve varsayılanları

Ayar	Varsayılan	Seçenekler / aralık
Filtre türü	Band-pass	High-pass, Low-pass, Band-pass
Alt kesim frekansı	0,1 Hz	0,001 – 1000 Hz
Üst kesim frekansı	25 Hz	0,001 – 1000 Hz
Derece	2	2 – 10, ikişer artar
Faz	Zero Phase / Acausal	Causal ya da Zero Phase

Faz seçimi görünenden önemlidir. Nedensel (causal) seçimde kayıt bir kez, ileri yönde filtrelenir, genlik cevabı seçilen dereceye aittir, ancak filtre kayda faz kayması sokar. Sıfır fazlı (akauzal) seçimde kayıt ileri yönde filtrelenir, ters çevrilip yeniden filtrelenir ve geri çevrilir, faz kayması ortadan kalkar, buna karşılık genlik cevabı karesi alınmış olur. Sonuç, etkin mertebenin iki katına çıkması ve kesim frekansında yaklaşık 6 dB zayıflamadır. Program bu durumu tahmin etmeye bırakmaz: işlem geçmişine etkin mertebeyi ve kesimdeki zayıflamayı yazar.

Kesim frekansları Nyquist frekansının altında kalacak biçimde kırpılır. Nyquist üstünde bir kesim frekansı var olmayan bir bandı filtrelemek anlamına geleceğinden değerler bu sınıra çekilir.

Taper ve işlem sırası

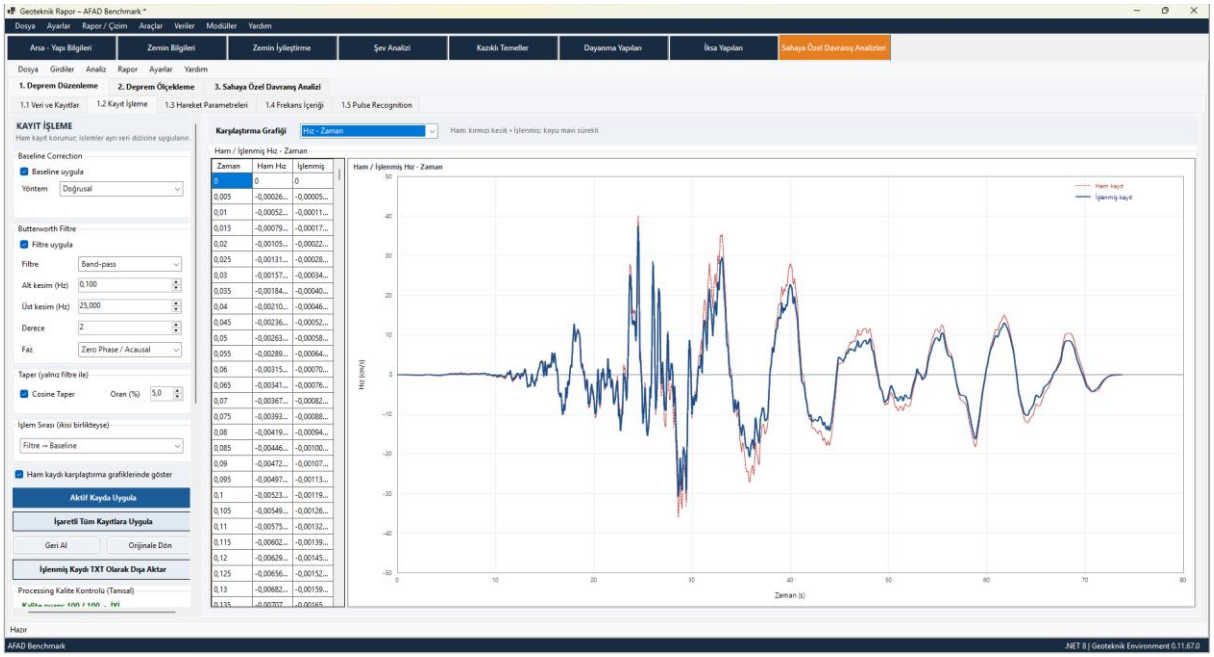
Kosinüs taper yalnız filtre ile birlikte anlamlıdır ve varsayılan olarak açıktır, varsayılan oran kaydın her iki ucunda yüzde beştir. Taper uygulanmadan önce kaydın doğru bileşeni koşulsuz atılır ve atılan değer işlem geçmişine yazılır, çünkü sıfır olmayan bir ortalamaya taper uygulamak, uçlarda yapay bir basamak yaratır.

Taban çizgisi düzeltmesi ile filtre birlikte seçildiğinde hangisinin önce uygulanacağı kullanıcıya bırakılmıştır, varsayılan sıra filtre, sonra taban çizgisidir. İki sıra farklı sonuç verir ve programın hangisini kullandığı işlem geçmişinde ve raporda yazılıdır.

“Geri Al” düğmesi ne yapar

Bu düğme bir işlem yığınını adım adım geri sarmaz. Ham kayda döner, yani “Orijinale Dön” ile aynı sonucu verir. Yarı geri alınmış bir kayıt, geçmişi belirsiz bir kayıttır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 2. 1.2 Kayıt İşleme sekmesi: taban çizgisi, Butterworth filtre ve taper, ham ve işlenmiş hız–zaman

3.3 İşlem kalitesi ve otomatik öneri

Program, yapılan işlemin kaydı bozup bozmadığını beş tanı ile ölçer ve yüz üzerinden bir puan verir: en büyük ivmedeki değişim, Arias şiddetindeki değişim, kaydın sonundaki artık hız, kaydın sonundaki artık yer değiştirme ve ortalama ivmenin PGA'ya oranı. Seksen ve üzeri iyi, altmışın üzeri kontrol gerektirir, altmışın altı irdelenmelidir.

Bu puan bir yönetmelik uygunluğu değildir

Puan yalnızca işlemin kaydı ne kadar bozduğunu ölçer. Yüksek bir puan, kaydın projeye uygun olduğu anlamına gelmez, düşük bir puan da kaydı kendiliğinden geçersiz kılmaz. Karar müellifindir.

Otomatik işlem önerisi ayrı bir düğmedir ve iki adımdan oluşur: önce öneriyi oluşturur, sonra istenirse ayarları doldurur. İşlem kullanıcının onayıyla uygulanır: kaydı işlemek bir mühendislik kararıdır, programın varsayılanı değildir.

3.4 Hız ve yer değiştirme

Hız ve yer değiştirme, ivmenin ardışık yamuk kuralı ile bir ve iki kez integre edilmesiyle elde edilir, başlangıç hızı ve yer değiştirmesi sıfır alınır. İşlem ham seri ve işlenmiş seri için ayrı ayrı yapılır, böylece işlemenin artık hız ve artık yer değiştirme üzerindeki etkisi doğrudan görülebilir. İç birimler metre ve metre bölü saniyedir, ekranda santimetre ve santimetre bölü saniye gösterilir.

3.5 Tepki spektrumu

Kaydın tepki spektrumu üç ayrı sayısal çözücüden biriyle hesaplanır. Üçü de aynı büyüklüğü, tek serbestlik dereceli sistemin en büyük bağıl yer değiştirmesini hesaplar, psödo hız ve psödo ivme bu yer değiştirmeden açısal frekansla türetilir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Tablo 6. Tepki spektrumu çözücüleri

Çözücü	Niteliği
Duhamel İntegrasyonu	Tam çözümün sayısal integrasyonu. En yavaş, kavramsal olarak en doğrudan yol.
Newmark Beta (varsayılan)	Ortalama ivme kabulü. Koşulsuz kararlıdır ve mühendislik uygulamasının alışık olduğu çözücüdür.
Frequency-Domain	Çözümün frekans tanım alanında kurulması. Uzun kayıtlarda hızlıdır.

Sönüm oranı kullanıcı tarafından girilir, varsayılan yüzde beştir. Periyot ağı üç bölgeden oluşur ve toplam 1262 noktadır: sıfır periyot ayrıca bir nokta olarak tutulur ve orada spektral ivme en büyük yer ivmesine eşitlenir, 0,010 ile 0,100 saniye arasında adım 0,0005 saniye, 0,105 ile 1,000 saniye arasında 0,005 saniye, 1,010 ile 10,000 saniye arasında 0,010 saniyedir. Her periyotta tek serbestlik dereceli sistem yeniden çözülür, çizim, seyrek bir ağın enterpolasyonu değildir.

Üç çözücüyü karşılaştıran ayrı bir düğme vardır. Bu düğme üçünü de aynı kayıt için çalıştırır ve spektral ivme, hız ve yer değiştirme için en büyük ve karekök-ortalama-kare farklarını yüzde olarak konsola yazar. Aynı büyüklüğün üç yoldan da aynı çıkması, çözücünün değil kaydın konuştuğunun kanıtıdır.

3.6 Kuvvetli yer hareketi parametreleri

Üçüncü alt sekme, kaydı tek bir sayı ile değil, üç başlık altında toplanmış elli dolayında büyüklük ile tarif eder. Karşılaştırma seçeneği açıkken her büyüklük ham kayıt, işlenmiş kayıt ve aradaki yüzde fark olarak üç sütunda birden gösterilir, bu, işlemenin kaydın hangi özelliğini ne kadar değiştirdiğini tek bakışta okunur kılar.

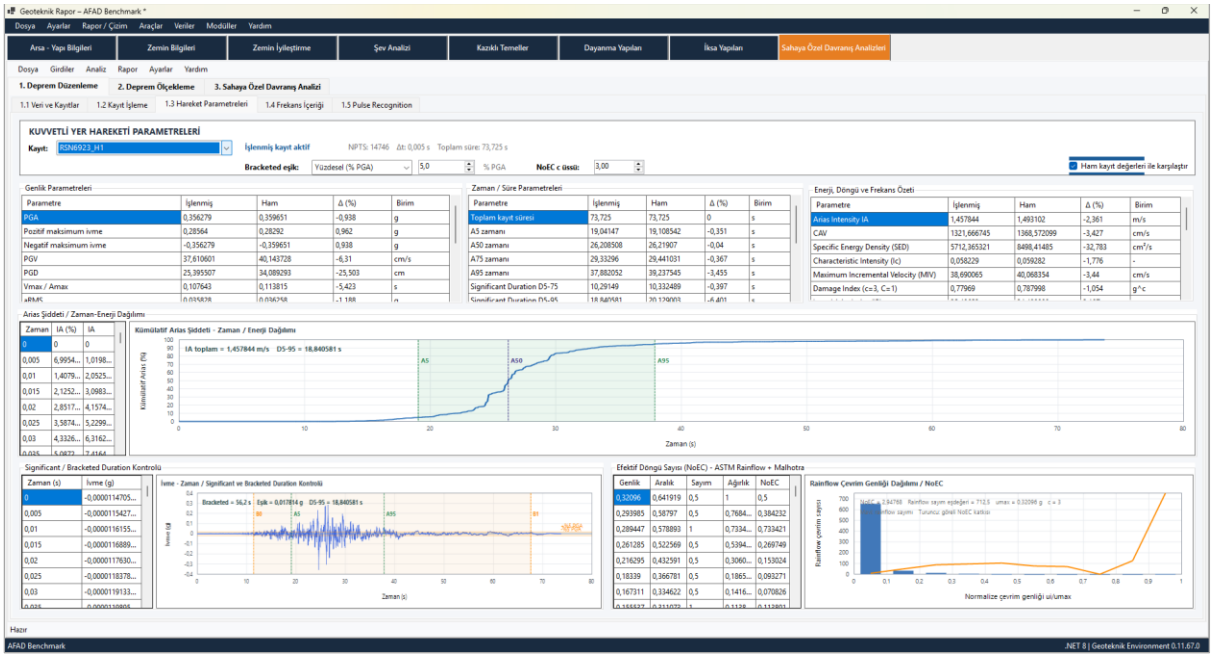
Tablo 7. Hareket parametresi grupları

Grup	İçerdiği başlıca büyüklükler
Genlik parametreleri	PGA, PGV, PGD, pozitif ve negatif en büyük ivmeler, en büyük hızın en büyük ivmeye oranı, ivme, hız ve yer değiştirmenin karekök-ortalama-kare değerleri, üçüncü ve beşinci sürekli en büyük değerler.
Zaman ve süre parametreleri	Toplam süre, Arias enerjisinin yüzde 5, 50, 75 ve 95'ine ulaşma zamanları, anlamlı süre $D_{5\text{-}75}$ ve $D_{5\text{-}95}$, eşik aşımına dayalı bracketed ve uniform süreler, Bommer ve Martínez-Pereira etkin süresi.
Enerji, döngü ve frekans özeti	Arias şiddeti, kümülatif mutlak hız ve standartlaştırılmış hâli, özgül enerji yoğunluğu, karakteristik şiddet, en büyük artımsal hız, hasar göstergesi, darbesellik göstergesi, A95 parametresi, etkin tasarım ivmesi, hız spektrum şiddeti, Housner şiddeti (hem özgün yüzde yirmi sönümlü tanımıyla hem yüzde beş ile), ortalama spektral ivme, etkin çevrim sayısı, baskın frekans, baskın periyot ve ortalama periyot.

Eşik tanımları kullanıcıya bırakılmıştır: bracketed süre eşiği ya en büyük ivmenin yüzdesi ya da mutlak bir g değeri olarak girilebilir, varsayılan yüzde beştir, etkin çevrim sayısındaki üs de girilebilir, varsayılanı üçtür. Bir büyüklüğün tanımı değiştiğinde değeri de değişir, bu yüzden eşikler raporda yazılır.

Etkin çevrim sayısı, rainflow sayımı ile elde edilen çevrim dağılımından türetilir ve bu dağılım ayrı bir tabloda genlik, aralık, sayım, ağırlık ve katkı sütunlarıyla gösterilir. Arias şiddetinin zaman içindeki birikimi de ayrı bir eğri olarak çizilir, anlamlı sürenin nereden çıktığı bu eğride görülebilir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 3. 1.3 Hareket Parametreleri sekmesi: genlik, süre ve enerji parametreleri, Arias şiddeti

3.7 Frekans içeriği

Dördüncü alt sekme kaydın frekans içeriğini dört gösterimden biriyle verir: Fourier genlik spektrumu, güç spektral genliği, mühendislik güç spektral yoğunluğu ve faz spektrumu. Dönüşüm kaydın özgün uzunluğu üzerinde yapılır, sıfır doldurma yoktur, çünkü sıfır doldurma genlik spektrumunun ölçeğini görünmez biçimde değiştirir. Nyquist frekansının üzerinde veri üretilmez.

Konno-Ohmachi yumuşatması isteğe bağlıdır ve varsayılan olarak kapalıdır, bant genişliği katsayısının varsayılanı kırktır. Yumuşatma yalnız görüntüye ve konsola uygulanır, kaydın kendisi ve ondan türetilen büyüklükler aynen kalır.

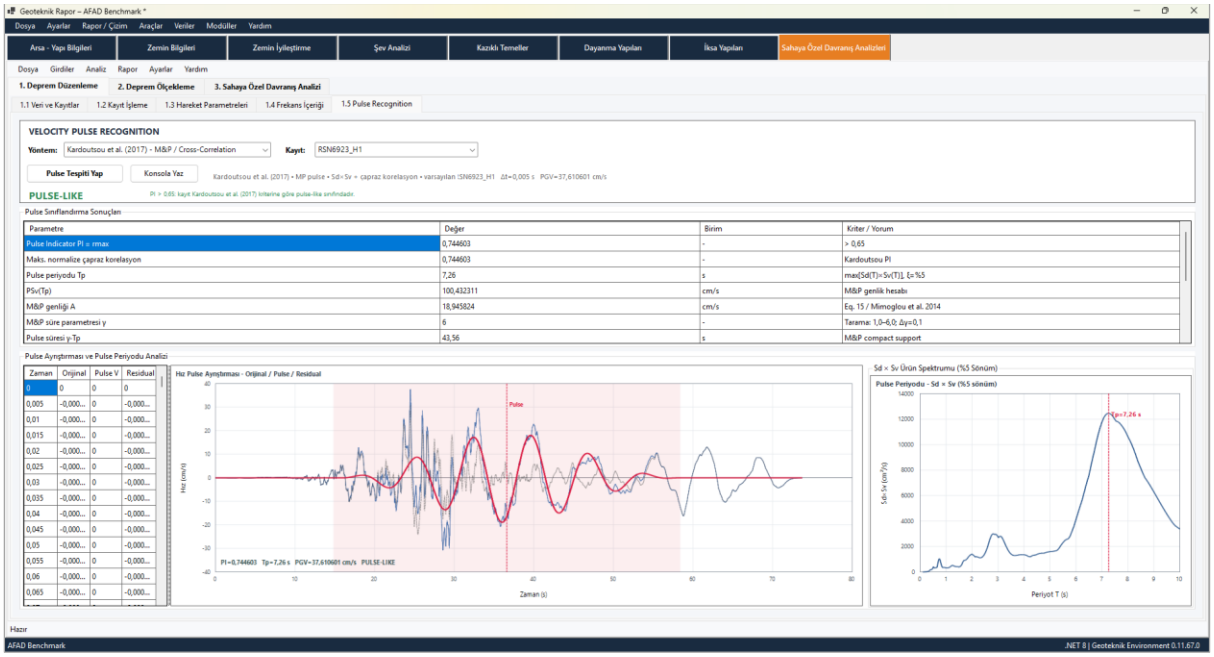
3.8 Hız darbesi tanıma

Beşinci alt sekme, yakın fay kayıtlarında belirleyici olan hız darbesini arar. İki yöntem sunulur: çapraz ilişki temelli Kardoutsou ve diğerleri (2017) yaklaşımı ve dalgacık dönüşümü temelli Baker (2007) yaklaşımı. Sonuç bir darbe göstergesi değeri ve buna bağlı bir sınıflandırmadır: 0,65 üzeri darbe benzeri, 0,55 altı darbe benzeri değil, arası belirsiz.

Bu analiz kendiliğinden çalışmaz, kullanıcı başlatır. Ekranda ayrıca şu cümle yazılıdır: her kayıt darbe benzeri olmak zorunda değildir, darbe bulunmaması geçerli bir sonuçtur.

Pulse Recognition sekmesinde darbe grafikleri üstte, parametre tablosu altta kısa bir şerit olarak yer alır. Kayıt darbe benzeri ölçütünü sağlamıyorsa ayrıştırma yine çizilir, bu durumda darbe eğrisi soluk ve kesikli görünür, işaret “Aday pulse (kritere uymuyor)”, Sd × Sv grafiğindeki işaret “Aday Tp” olarak yazılır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 4. 1.5 Pulse Recognition sekmesi: darbe ayrıştırması ve $S_d \times S_v$ spektrumu

3.9 Bu bölümün çıktısı

Deprem Düzenleme bölümünden tek bir dosya çıkar: işlenmiş kaydın metin olarak dışa aktarımı. Dosya iki sütunludur, birinci sütun saniye cinsinden zaman, ikinci sütun g cinsinden işlenmiş ivmedir. Word ve Excel çıktıları ölçekleme ve saha analizi bölümlerinden alınır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

4. Deprem Ölçekleme

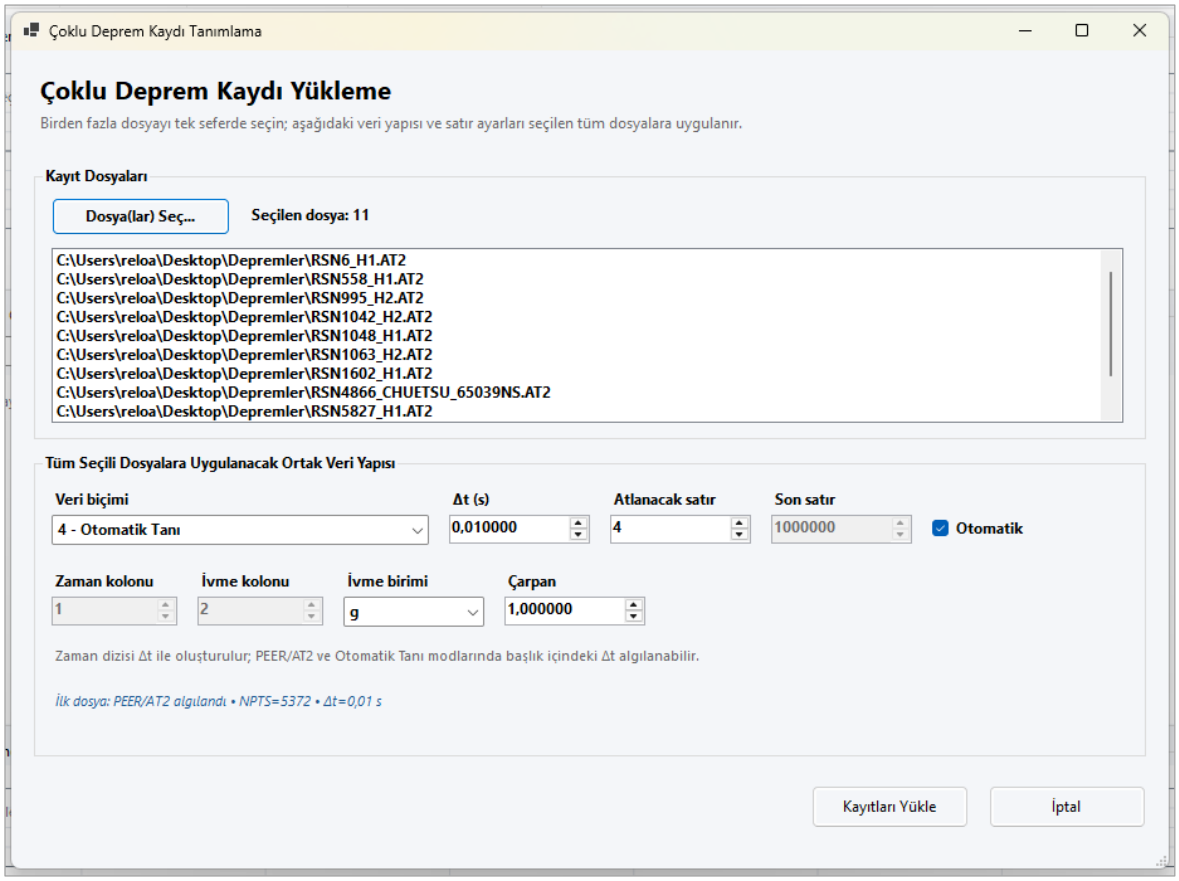
İkinci numaralı sekme, elindeki kayıtları bir hedef spektruma uygun hâle getirir. Bunun iki ayrı yolu vardır ve ikisi aynı şey değildir: kaydın tamamını tek bir katsayı ile çarpmak (genlik ölçekleme) ve kaydın frekans içeriğini hedefe oturacak biçimde değiştirmek (spektral uyuşum, wavelet ölçekleme). Birincisi kaydın karakterini korur, hedefe ancak ortalamada yaklaşır, ikincisi hedefe çok yakın oturur, karşılığında kaydın özgün frekans içeriğini değiştirir.

Bu bölüm birinci sekmeden bağımsızdır

Deprem Düzenleme bölümündeki kayıtlar bu bölüme kendiliğinden aktarılmaz. Ölçeklemeye girecek kayıtlar burada yeniden okunur. Bu, ilk bakışta fazladan bir iş gibi görünür, gerekçesi, ölçeklenecek kaydın hangi işlemlerden geçmiş olduğuna müellifin bilerek karar vermesidir.

4.1 Kaynak kayıtların okunması

Kayıtlar tek tek ya da toplu olarak eklenebilir. Toplu eklemede tanımlanan veri yapısı, seçilen bütün dosyalara ortak olarak uygulanır, bu yüzden toplu ekleme aynı kaynaktan, aynı biçimde gelen kayıt takımları içindir. Alanlar ve varsayılanları birinci sekmedekiyle aynıdır. Okunabilen uzantılar burada txt, at2 ve dat ile sınırlıdır.



Şekil 5. Çoklu Deprem Kaydı Yükleme penceresi

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

4.2 Hedef spektrumun tanımlanması

Hedef spektrum iki kaynaktan gelebilir: yönetmelik spektrumu ya da metin dosyasından yüklenen bir spektrum.

Yönetmelik spektrumu

Yönetmelik olarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 sunulur. Girilen büyüklükler kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_S, bir saniye periyot için S_1 ve zemin sınıfıdır, varsayılanlar sırasıyla 1,000, 0,300 ve ZD'dir. Program bunlardan yerel zemin etki katsayıları F_s ve F_1'i yönetmelik çizelgelerinden doğrusal ara değerle okur, tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1}'i hesaplar, köşe periyotları TA ve TB'yi türetir, uzun periyot köşesi TL altı saniyedir. Bu alanlar salt okunurdur: aynı büyüklük için iki ayrı giriş alanı bulundurmak, er ya da geç birbirini tutmayan iki sayı demektir.

S_S ve S_1 elle girilir

Koordinat girilmez, katsayılar deprem tehlike haritasından çekilmez. S_S ve S_1 müellif tarafından girilir ve raporda girilen değer olarak yazılır.

Spektrum bağıntısı yönetmeliğin verdiği dört bölgeli biçimdedir: TA'ya kadar doğrusal yükselen dal, TA ile TB arasında plato, TB ile TL arasında periyotla ters orantılı dal ve TL'den sonra periyodun karesiyle ters orantılı dal. Spektrum sıfırdan on saniyeye kadar yüzde bir saniyelik adımla üretilir, TA ve TB tam değerleriyle ayrıca ağa eklenir, çünkü köşe noktasının ağa denk gelmemesi platonun tepesini kaçırmak demektir.

Yüzde beş dışındaki sönüm

Hedef spektrum için sönüm oranı seçilebilir, varsayılan yüzde beştir. Yüzde beş dışında bir sönüm seçildiğinde spektrum ordinatları Eurocode 8 Bölüm 1'de verilen sönüm düzeltme çarpanı ile çarpılır. Program bu noktada açık bir uyarı yazar: bu çarpan bir TBDY hükmü değildir, yönetmeliğin uygunluk ölçütü yüzde beş sönüm için tanımlı olduğundan farklı bir sönümle yapılan analiz yönetmelik uygunluk beyanı olarak sunulamaz. Düzeltme yalnız spektrum ordinatlarına uygulanır, S_{DS}, S_{D1}, F_s ve F_1 ham değerleriyle kalır ve etkin plato değeri ayrıca yazılır.

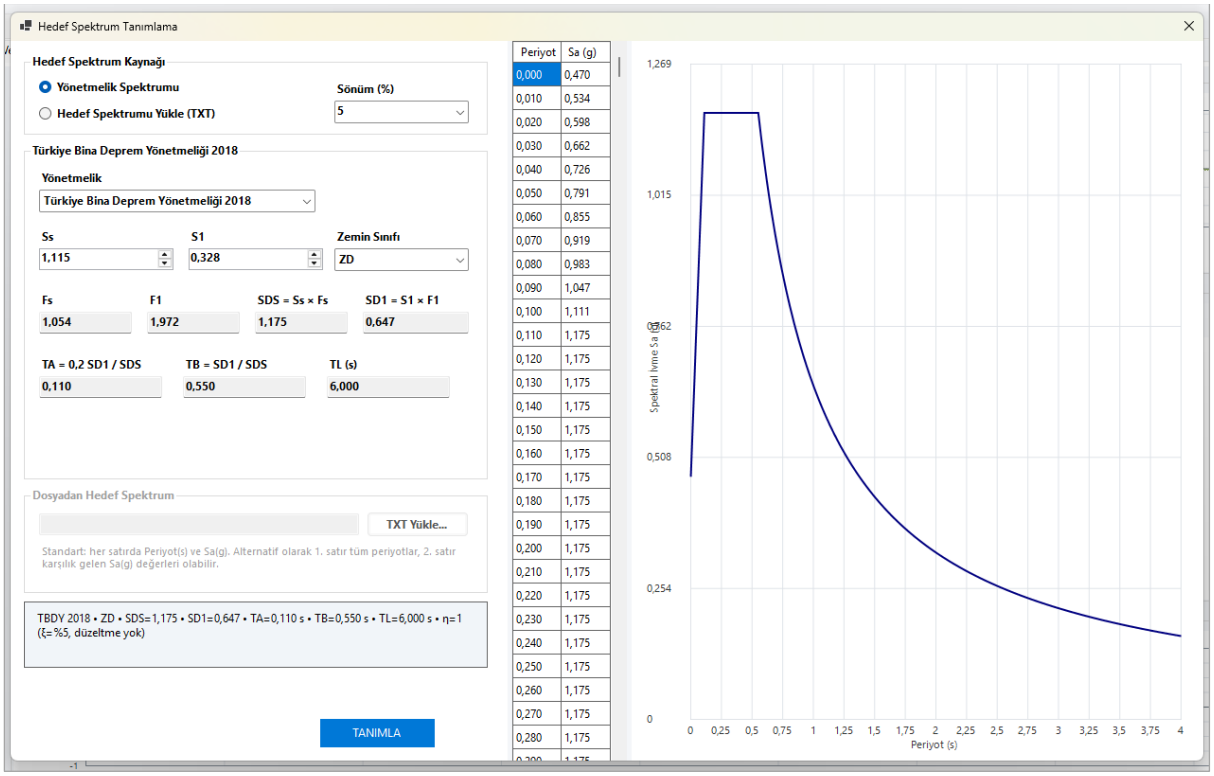
ZF zemin sınıfı

ZF seçildiğinde yönetmelik spektrumu üretilmez, katsayı alanları boş bırakılır ve şu uyarı verilir: ZF zemin sınıfında TBDY 2018'e göre sahaya özel zemin davranış analizi gerekir. Bu, programın kendi yaptığı işe yaptığı atıftır: ZF'de hedef spektrum bu modülün üçüncü sekmesinin çıktısıdır, girdisi değil.

Dosyadan hedef spektrum

Hedef, bir metin dosyasından da yüklenebilir. İki düzen kabul edilir: her satırda periyot ve spektral ivme çiftinin bulunduğu klasik iki sütunlu düzen ve birinci satırda bütün periyotların, ikinci satırda karşılık gelen ivmelerin bulunduğu iki satırlık düzen. Negatif ve sonlu olmayan değerler elenir, noktalar periyoda göre sıralanır ve en az iki geçerli nokta aranır. Hedefin kaynağı raporda dosya adıyla birlikte yazılır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 6. Hedef Spektrum Tanımlama penceresi: TBDY 2018 parametreleri ve hedef spektrum

4.3 Analiz boyutu: düzlemde ve uzayda

Uygunluk ölçütü iki seçenekten biridir. Düzlemde (2B) çalışılıyorsa ölçeklenmiş kayıtların ortalama spektrumu kontrol bandında hedefin altına düşmeyecektir. Uzayda (3B) çalışılıyorsa kayıtlar yatay bileşen takımlarına ayrılır, her takımın iki bileşeninin spektrumlarının karelerinin toplamının karekökü alınır ve bu birleşik spektrumların ortalaması hedefin 1,3 katının altına düşmeyecektir.

Takımlar kendiliğinden eşleştirilebilir. Program dosya adındaki yön belirtecine bakar — derece cinsinden açılar, kuzey-doğu harfleri, H1 ve H2, X ve Y, L ve T gibi — ve aynı gövdeden tam olarak iki farklı belirteçli aday bulursa eşleştirir. Bulamazsa eşleşmeyenleri listeler, bileşenler elle de seçilebilir.

Üç Boyutlu Uzayda çalışırken spektral uyuşum seçilemez

3B uygunluk ölçütü ile wavelet ölçekleme birlikte seçilemez, program bunu engeller ve gerekçesini yazar. Gerekçe iki başlıklıdır. Birincisi: karelerin toplamının karekökü hiçbir zaman serisinin spektrumu değildir, yani benzeştirme ile oturtulabilecek bir hedef değildir. İkincisi: 1,3 çarpanı basit ölçeklemedeki saçılma payıdır, hedefe zaten çok yakın oturan bir benzeştirmede bu payı bir kez daha uygulamak, çifte sayımdır.

Eşleştirilmiş bir çiftin birleşik spektrumu tanı amaçlı gösterilir, 1,3 ölçütüne dayalı uygunluk beyanı bu çiftler için verilmez.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

4.4 Eşleştirme ve kontrol bandı

Yapının hâkim periyodu T_n elle girilir. Programda iki ayrı periyot bandı vardır ve bunlar birbirinden bağımsızdır.

Tablo 8. İki periyot bandı

Bant	Varsayılan	İşlevi
Eşleştirme / ölçekleme bandı	$0{,}2\ T_n – 1{,}5\ T_n$	Ölçek katsayısının ya da dalgacık eklemelerinin hesaplandığı bant. Genlik ölçeklemede T_n'den kendiliğinden türetilir, spektral uyuşumda elle değiştirilebilir ve değiştirildikten sonra üzerine yazılmaz.
Kontrol bandı	$0{,}2\ T_n – 1{,}5\ T_n$	Ortalama spektrum uygunluğunun kontrol edildiği bant. Eşleştirme bandından bağımsızdır ve ayrıca girilir.

Bu ayrımın nedeni şudur: bir kaydı geniş bir bantta hedefe oturtmak ile uygunluğu dar bir bantta kontrol etmek farklı kararlardır ve her ikisi de raporda yazılmalıdır. Eşleştirme ağı yüzde bir saniye adımlıdır, bandın uçları tam değerleriyle ve hedef spektrumun köşe noktaları ağa ayrıca eklenir. Bant, hedef spektrumun periyot sınırları içinde kalmalıdır, kalmazsa uyarı verilir. Yapının hâkim periyodu T_n değiştirildiğinde mevcut ölçekleme sonuçları her tuş vuruşunda silinmez, alandan çıkıldığında değer değişmişse program sorar.

4.5 Otomatik takım seçimi

Kullanıcı ölçekleme sekmesine istediği sayıda kayıt (iki boyutlu çalışmada) ya da yatay bileşen çifti (uzayda çalışmada) yükleyebilir. Birinci adımdaki kayıt listesinin altında yer alan 'OTOMATİK TAKIM SEÇ (11)' düğmesi, hedef spektrum tanımlanmadan ve T_n girilmeden çalışmaz, eksik girdiyi uyarıyla bildirir. Pencere her adayı genlik ölçeklemedeki ile aynı bantta ve aynı en küçük kareler katsayısıyla ölçekler, elle α listesinde değer girilmiş kayıtta o değer kullanılır.

Takım, ortak β'yı en küçük yapacak biçimde seçilir. β, ölçeklenmiş takım ortalamasının hedefe oranının bant içindeki en küçük değerinin tersi olarak (iki boyutlu çalışmada 1,0, uzayda 1,3 çarpanıyla) bulunur, yani ortalama spektrumun hedefe göre en zayıf noktası olabildiğince yukarı çekilir. Olası takımların tümü denenmez, dal-sınır yöntemiyle tam çözüm aranır. Otuz kayda kadar tam çözüm yaklaşık bir saniyede bulunur. Kayıt sayısı elli ve üzerine çıktığında çözümün en iyi olduğu süre sınırı içinde kanıtlanamazsa, eldeki en iyi takım verilir ve bu durum açıkça bildirilir.

Tablo 9. Otomatik takım seçimi ayarları ve varsayılanları

Ayar	Varsayılan	Anlamı
Takımdaki kayıt sayısı K	11	TBDY 2018'in en az on bir kayıt koşuluna göre belirlenmiş başlangıç değeridir, değiştirilebilir.
Aynı depremden en çok	3	Bir depremin takımda en çok kaç kayıtla temsil edileceği. Kapatılabilir, deprem kimliği pencerede düzeltilebilir.
α aralığı	0,5 – 2,0	Ölçek katsayısı bu aralığın dışında kalan kayıt aday olmaz. Kapatılabilir.
Aşım tavanı	Kapalı (açılırsa 1,6)	β uygulandıktan sonra takım ortalamasının $c \cdot S_{ae}$'ye oranının bant içindeki üst sınırı, hedefi aşırı aşan kayıtların seçilmesini engeller.
İkincil ölçüt: β farkı	%1	β değeri en iyi β'nın bu oranı içinde kalan takımlar arasında ortalama spektral uyum hatası (MSE) en küçük olan seçilir.
Süre sınırı	10 s	Süre dolarsa eldeki en iyi takım verilir ve en iyi olduğunun kanıtlanamadığı bildirilir.
Gösterilen alternatif takım	5	Seçilen takıma ek olarak β'ya göre sıralı en iyi alternatifler.

Deprem kimliği PEER .AT2 başlığının ikinci satırından, bulunamazsa dosya adından tahmin edilir, pencerede 'Deprem' sütunu düzenlenebilir. Kayıt üst verisi (büyüklük, uzaklık, V_{s30}) tutulmadığından kayıtlar bu büyüklüklere göre süzülemez.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Pencere seçilen takımı ve en iyi beş alternatifi (β, ortalama MSE, depremlere dağılım) tablo ve grafikle gösterir, grafikte takımın ölçekli spektrumları, ortalama ve c·S_{ae} birlikte çizilir. ‘Seçimi uygula’ yalnız ölçekleme listesindeki işaretleri değiştirir, seçilmeyen kayıtlar silinmez. Ardından ölçekleme ve TBDY ortalama kontrolü her zamanki gibi çalıştırılır. Seçim ölçütü konsola, belgelemeye ve Word raporuna bir paragraf olarak yazılır, seçimden sonra işaretler elle değiştirilmişse rapor bunu açıkça belirtir. Yöntem spektral uyuşum iken seçilen takım bir ön seçim olarak kullanılabilir, seçim ölçütü yine genlik ölçeklemeye göredir.

4.6 Genlik ölçekleme

Genlik ölçeklemede kaydın tamamı tek bir katsayı ile çarpılır. Katsayı, eşleştirme bandında kaydın spektrumu ile hedef spektrum arasındaki farkın karelerini en küçük yapan değer olarak, kapalı biçimde hesaplanır. Kaydın spektrumu bu hesap için hedef spektrumun sönümüyle, Newmark-β çözücüsüyle yeniden hesaplanır, ekranda başka bir sönümle çizilmiş bir spektrum kullanılmaz.

Her kayıt için bandaki bağıl hatalar üç okumayla verilir: karekök-ortalama-kare hata, ortalama mutlak hata ve en büyük mutlak hata, hepsi yüzde olarak. Tek bir uyum sayısı yerine üçünün birden verilmesi bilinçlidir, çünkü ortalamada iyi görünen bir uyum, tek bir periyotta çok kötü olabilir.

Ölçek katsayısının makul bandı

Hesaplanan katsayı 0,25’in altına düşer ya da 4’ün üzerine çıkarsa program konsola açık bir uyarı yazar ve o kaydı band dışı olarak işaretler. Kayıt reddedilmez, analiz devam eder. Gerekçe şudur: çok büyük bir katsayı ile ölçeklenen kayıt, artık ölçüldüğü depremi değil, o katsayıyı temsil eder, bunun kabul edilip edilmeyeceği müellifin kararıdır, programın değil.

Elle ölçek katsayısı

Ayarlar altındaki “Elle α Listesi (Genlik Ölçekleme)...” komutuyla açılan liste, kayıt başına bir katsayı ve bir gerekçe girilmesine izin verir. Kurallar şunlardır: sıfır ya da negatif bir katsayı reddedilir, 0,25 ile 4 arasının dışındaki bir katsayı kabul edilir ama şerh düşülür ve katsayı elle girilse bile program kendi hesabını yine de yapar. Rapora her iki sayı ve aralarındaki yüzde fark birlikte yazılır, yöntemin adı da elle girildiğini belirtecek biçimde değişir. Gerekçe alanı rapora aynen aktarılır.

4.7 Spektral uyuşum: wavelet ölçekleme

Spektral uyuşumda kayda, zaman tanım alanında, seçilen periyotlardaki tepkiyi hedefe yaklaştıracak dalgacıklar eklenir ve işlem yakınsayana kadar yinelenir. İki algoritma sunulur: Al Atik ve Abrahamson (2010) ve Hancock ve diğerleri (2006). İkisi de zaman tanım alanında çalışır, aralarındaki fark, eklenen dalgacığın biçimi ve destek ölçeğidir.

Her yinelemede kaydın o andaki spektrumu bantta Newmark-β ile hesaplanır. Dalgacıklar bandın tamamında, logaritmik aralıklı kontrol periyotlarına eklenir, kontrol ızgarası en küçük periyodu zaman adımının dört katının altına inmez. Yakınsama iki ölçütle birlikte aranır: bantta en büyük bağıl fark en büyük uyuşmazlık toleransının, ortalama bağıl fark ise ortalama uyuşmazlık toleransının altına indiğinde yakınsama ilan edilir. Ölçütü sağlamayan kayıt gizlenmez, sonuç tablosunda ve konsolda ‘Tolerans dışı (maks %x, ort %y)’ etiketiyle, kaç yineleme yapıldığı, ilk ve son en büyük fark ile birlikte yazılır.

Uzman ayarları ana ekranda değil, Ayarlar altındaki “Wavelet Ölçekleme Ayarları...” penceresinde tutulur, ana ekranda yalnız eşleştirme bandının sınırları değiştirilir. Günlük kullanımda değiştirilmemesi gereken sayıların günlük ekranda durması, er ya da geç yanlışlıkla değiştirilmeleri demektir. Modülün ayarları üst banttaki Sahaya Özel Davranış Analizleri menüsünün Ayarlar alt menüsündedir. Ana programın tek Ayarlar penceresindeki Sismik sekmesi ayrı bir ayar sayfası açmaz: bu modülün tek sayfa ayarı olmadığını belirtir ve aynı alt menünün

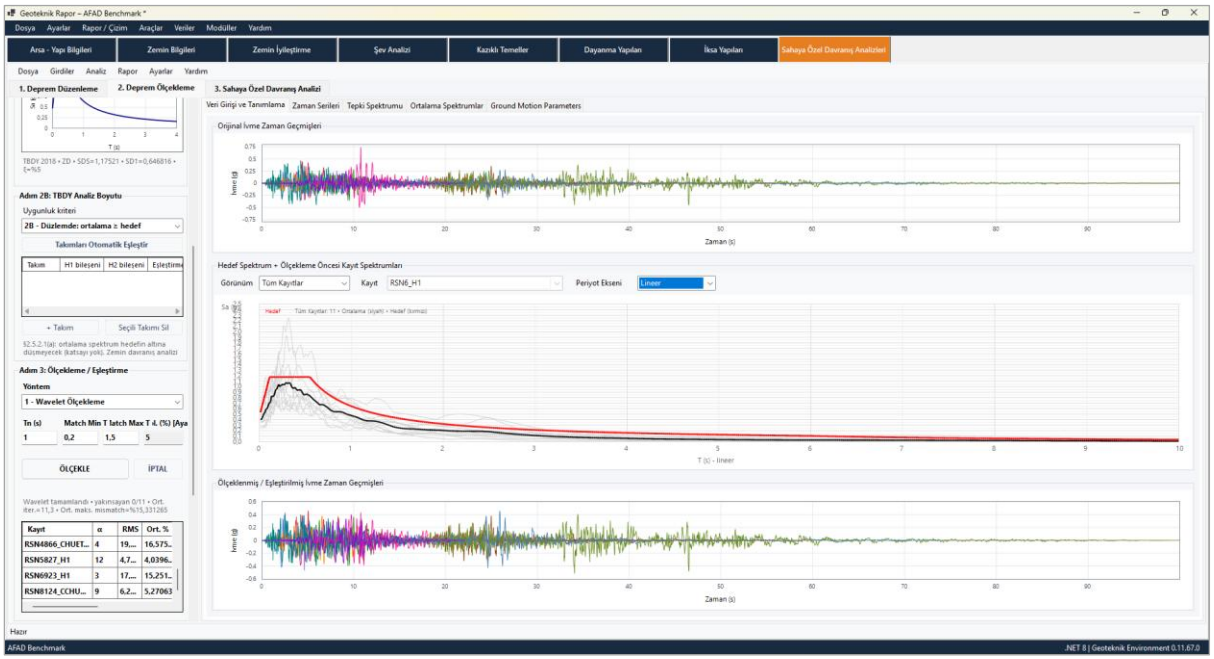
© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

komutlarını (“Wavelet Ölçekleme Ayarları...”, “Elle α Listesi (Genlik Ölçekleme)...”, “Tasarım yönetmeliği...”) düğme olarak sunar.

Tablo 10. Spektral uyuşum ayarları ve varsayılanları

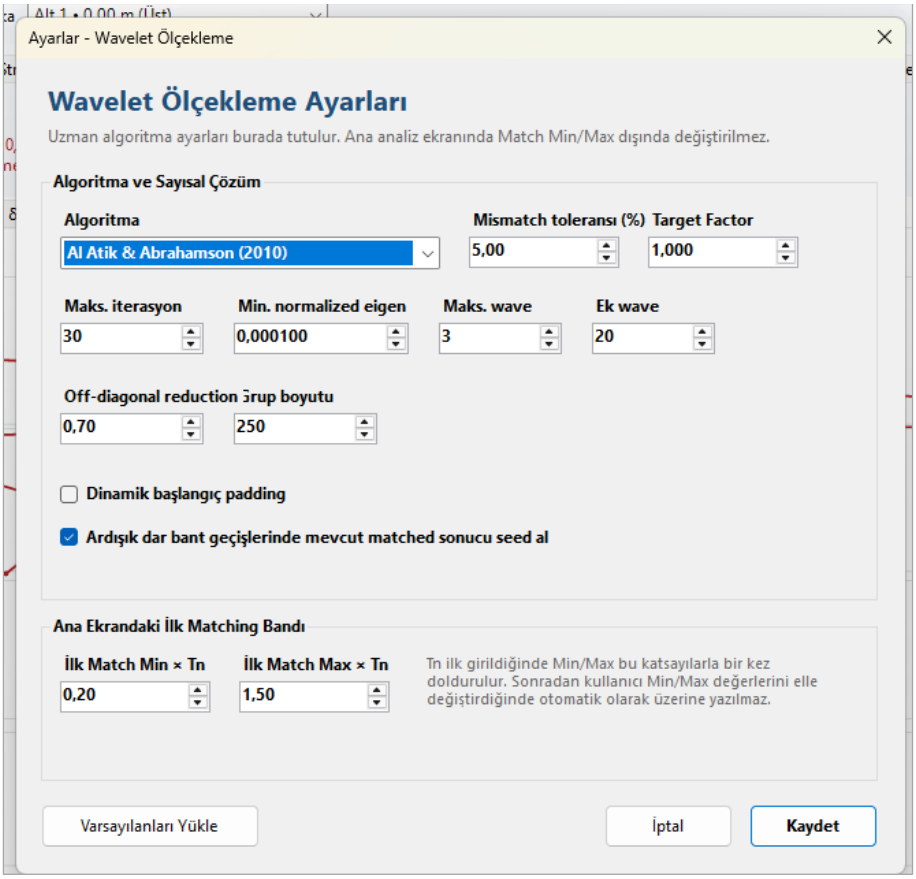
Ayar	Varsayılan	Anlamı
Algoritma	Al Atik & Abrahamson (2010)	Dalgacık biçimi ve destek ölçeği. Diğer seçenek Hancock ve diğerleri (2006).
Uyuşmazlık toleransı	%10,00 (en büyük) / %5,00 (ortalama)	Bantta izin verilen en büyük ve ortalama bağıl fark, yakınsama ölçütü bu ikisidir. Ortalama ölçüt ‘Ort. sapma toleransı’ alanından girilir.
Hedef çarpanı	1,000	Hedefin bir katsayı ile ötelenmesi. Birden farklı bir değer, hedefin kendisini değiştirir ve raporda yazılır.
En çok yineleme	30	Yakınsama sağlanmazsa işlem bu sayıda durur ve ‘Tolerans dışı’ olarak bildirilir.
En çok dalgacık / ek dalgacık	40 / 20	Bir yinelemede düzeltilecek kontrol periyodu sayısı ve ek dalgacık havuzu.
Dinamik başlangıç doldurması	Açık	Gerektiğinde kaydın başına sıfır ivmeli bölüm eklenmesi, toplam doldurma en çok otuz saniyedir.
Ardışık geçişlerde başlangıç değeri aktarımı	Açık	Bir sonraki dar bant geçişinin, önceki geçişin sonucundan başlaması.
En küçük normalleştirilmiş özdeğer	0,01	Dalgacık eşleştirme denkleminin koşullanmasını sınırlayan alt değer.
Köşegen dışı azaltma	1,0	Dalgacıklar arası etkileşim terimlerine uygulanan azaltma katsayısı, 1,0 azaltma yapılmadığı anlamına gelir.

Her geçişin bütün ayarları geçiş geçmişinde saklanır ve dışa aktarılan özet dosyasına yazılır. Bir spektral uyuşum sonucunun hangi ayarlarla üretildiği bilinmiyorsa, o sonuç tekrarlanamaz demektir. Ölçekleme sekmesinin karşılaştırma grafiklerinde ölçekli kayıt, dinamik başlangıç dolgusu kadar t < 0 bölgesine ötelenerek ham kayıtla hizalı çizilir; veri değişmez ve grafikte dolgu notu görünür. Zaman karşılaştırma panellerinin sağ tık menüsündeki “Dolguyu kırp (t<0 bölgesini gizle)” seçeneği bu bölgeyi yalnız gösterimde gizler, kayıt değişmez.



Şekil 7. 2 · Deprem Ölçekleme: wavelet ölçekleme sonrası spektrumlar ve ivme zaman geçmişleri

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 8. Wavelet Ölçekleme Ayarları penceresi

4.8 Ortalama spektrum uygunluğu ve ortak β

Uygunluk denetimi ayrı bir düğme ile, açıkça çalıştırılır. Kontrol bandında, ölçeklenmiş kayıtların ortalama spektrumunun hedefe oranı her periyotta hesaplanır. Bu oranın en küçüğü birin altındaysa, bütün kayıtlara ortak bir ikinci katsayı β uygulanır ve β, en küçük oranın tersidir. Oran bandın her yerinde zaten birin üzerindeyse β bir alınır, yani β yalnız yukarı yönde uygulanır.

Uzayda çalışılırken aynı mantık birleşik spektrumlar üzerinden ve 1,3 çarpanıyla işler: takım başına ölçek katsayısı sade hedefe göre bulunur, takımın iki bileşenine de aynı katsayı uygulanır, ardından ortalamanın hedefe oranı bandın her noktasında 1,3'ün altına düşüyorsa ortak β ile yukarı çekilir. 1,3 çarpanı yalnız uygunluk ölçütünde yer alır.

Spektral uyuşumda β hesaplanır ama kendiliğinden uygulanmaz

Wavelet ölçeklemede ortalama spektrum ölçütü hesaplanır ve iki okumayla — kontrol bandında ve bütün periyotlarda — raporlanır, ancak program β'yı kendiliğinden uygulamaz. Gerekçe: hedefe zaten oturmuş bir takımda β, deprem talebini değil büyük ölçüde benzeştirme toleransını ölçer. Uygulanıp uygulanmayacağına müellif karar verir.

On bir kayıt kuralı

TBDY 2018, zaman tanım alanında yapılan analizler için en az on bir deprem kaydı ya da kayıt takımı ister. Program kayıt sayısını sayar, on birin altındaysa hem ölçekleme hem saha analizi tarafında not düşer ve sayıyı renkle işaretler. Analiz devam eder: bu, bir hesabın değil bir kapsamın kuralıdır ve daha az kayıtla yapılan bir inceleme de geçerli bir mühendislik işidir — yeter ki yönetmelik uygunluk beyanı olarak sunulmasın.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 9. Ortalama Spektrumlar sekmesi: TBDY ortalama kontrolü ve nihai β

4.9 Bu bölümün çıktıları

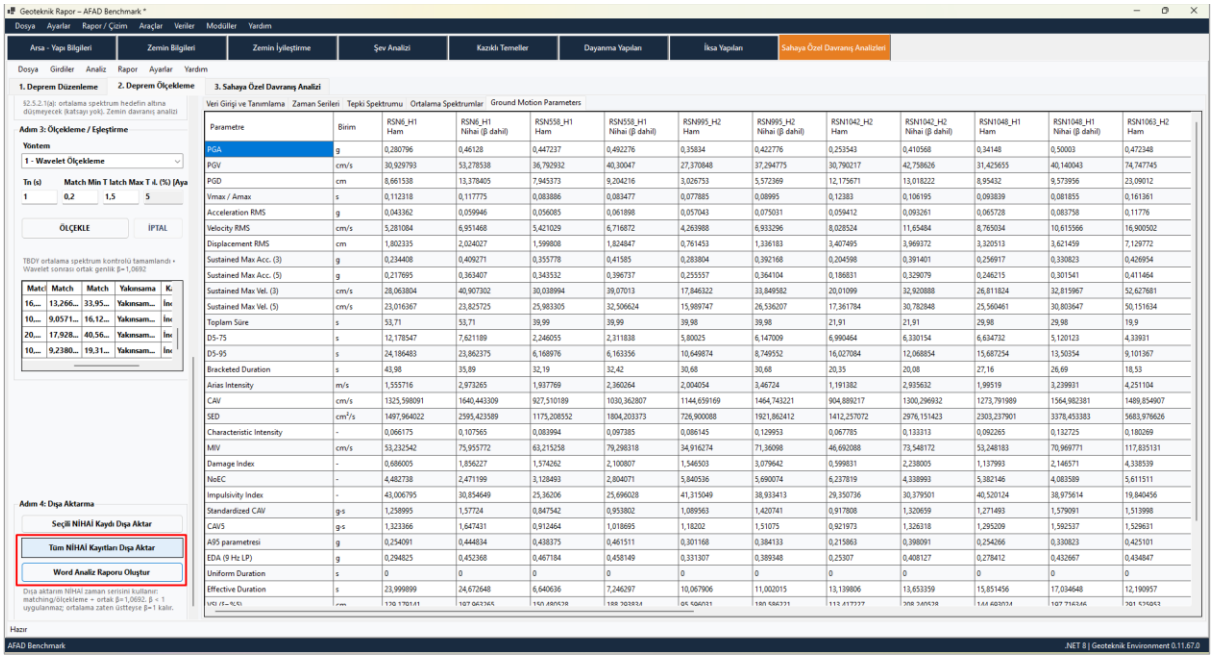
Üç çıktı vardır ve üçü de nihai kayıtları kullanır, yani spektral uyuşumdan sonra bir β uygulanmışsa, dışa aktarılan zaman serilerinde o β içerilmiştir.

Tablo 11. Ölçekleme bölümü çıktıları

Çıktı	İçeriği
Seçili nihai kaydın metin dosyası	Tek kayıt, iki sütun. Dosya adı yöntemi ve katsayıyı taşır, böylece dosya adından hangi işlemden geçtiği okunabilir.
Bütün nihai kayıtlar	Seçilen klasöre kayıt başına birer metin dosyası ve bir özet dosyası. Özet, kayıt sayısını, T_n'yi, referans periyotları, ortak β'yı ve spektral uyuşum kullanıldıysa bütün algoritma ayarlarını ve geçiş geçmişini taşır.
Word analiz raporu	Kayıtlar, hedef spektrum, yöntem ve ayarlar, kayıt başına uyum ölçütleri ve uygunluk denetimi. Üretim ilerleme penceresiyle izlenir ve durdurulabilir, durdurulursa yarım dosya silinir. Otomatik takım seçimi yapıldıysa seçim ölçütü paragrafı da raporda yer alır. Sayılar ve simge alt indisleri 10.1'deki biçimle yazılır.

Excel çıktısı saha analizi bölümünden alınır. Zaman ölçekleme yöntemi bu sürümde kullanılamaz; seçildiğinde program bunu bildirir ve işlem yapmaz.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 10. Ground Motion Parameters sekmesi ve dışa aktarma düğmeleri

5. Zemin Profili ve Hesap Modeli

Üçüncü numaralı sekme, bir boyutlu zemin davranışı analizini yürütür. Sekmenin kendi içinde beş adım vardır ve sıraları ekrandaki numaralarıyla sabittir: zemin profili ve ayarlar, profil oluşturma, kayıt seçimi, analiz ve sonuçlar. Bu bölüm ilk iki adımı anlatır.

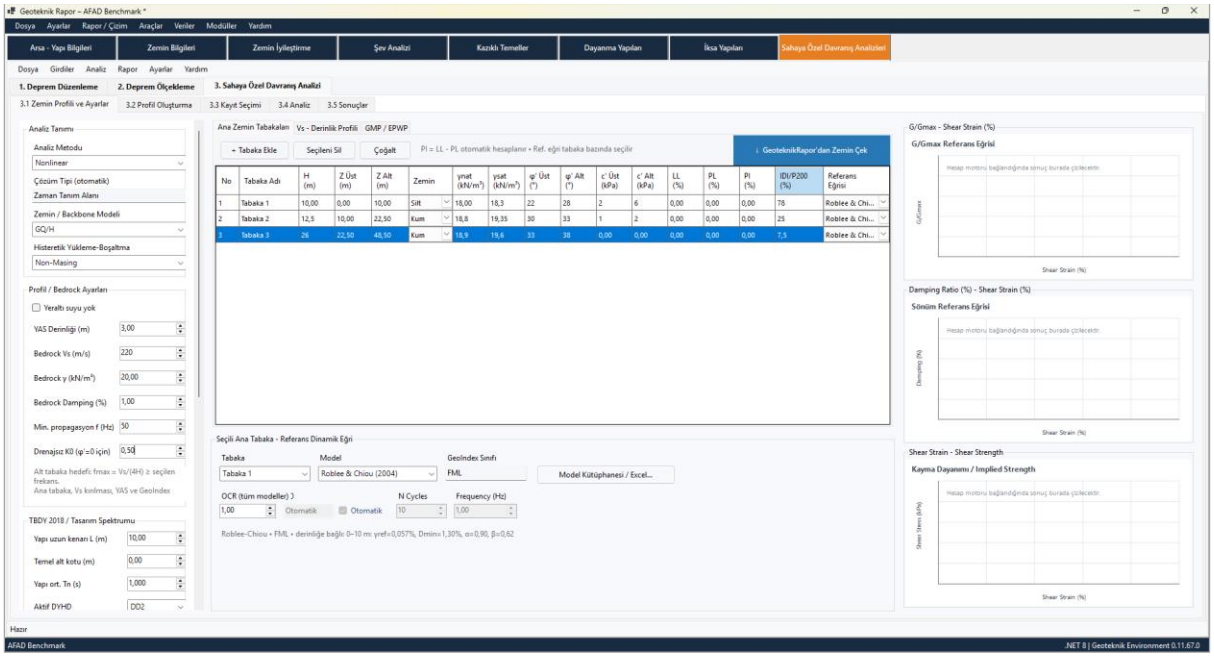
5.1 Ana zemin tabakaları

Profil, mühendisin tanıdığı büyüklüklerle girilir: tabaka adı, kalınlık, zemin türü, doğal ve doygun birim hacim ağırlık, tabaka üstü ve altı için ayrı ayrı içsel sürtünme açısı ve kohezyon, likit limit, plastik limit ve ince dane içeriği. Tabaka üstü ve altı için ayrı dayanım parametresi girilebilmesi, bir tabaka içinde dayanımın derinlikle değişmesine izin verir, ara derinliklerdeki değerler doğrusal olarak türetilir.

Tabaka üst ve alt kotları ile plastisite indisi girilmez, türetilir ve salt okunur görünür. Bunun nedeni, kılavuzun başka bölümlerinde de geçen kuraldır: aynı büyüklük için iki ayrı giriş alanı bulundurmak, er ya da geç birbirini tutmayan iki sayı demektir.

Her ana tabaka için bir referans dinamik eğri modeli de burada seçilir, bu seçim altıncı bölümün konusudur. Zemin türü kum, silt, kil ve çakıl arasından seçilir ve boşluk suyu basıncı üretiminin hangi tabakalarda anlamlı olduğunu belirlerken kullanılır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 11. 3.1 Zemin Profili ve Ayarlar sekmesi: analiz tanımı ve ana zemin tabakaları

5.2 Yeraltı suyu ve anakaya

Yeraltı suyu derinliği girilir ya da su bulunmadığı işaretlenir. Su seviyesinin altında boşluk suyu basıncı hidrostatik olarak hesaplanır ve düşey efektif gerilme buna göre bulunur. Su seviyesi, profil bölünürken zorunlu bir kırılma noktasıdır: efektif gerilmenin eğimi orada değiştiği için, bir hesap alt tabakasının su seviyesini kesmesine izin verilmez.

Anakaya için kayma dalgası hızı, birim hacim ağırlık ve sönüm girilir, varsayılanlar sırasıyla 760 m/s, 22 kN/m^3 ve yüzde ikidir. Bu üç değerin hesaba girip girmediği, yedinci bölümde anlatılan girdi hareketi tipine bağlıdır ve girdi hareketi tipi seçiminde belli olur: hareketin rijit tabana verildiği seçimde bu alanlar devre dışı bırakılır, çünkü o durumda anakaya özellikleri hesaba girmez.

5.3 Kayma dalgası hızı profili

Kayma dalgası hızı derinlik–hız çiftleri olarak ayrı bir tabloda girilir. Bu modülde V_s korelasyonla üretilmez: ya elle girilir, ya ana programdan aktarılır ya da ana proje dosyasından okunur. Ölçülmüş bir büyüklüğü korelasyondan üretmek, ölçümü olmayan bir profili ölçülmüş gibi göstermek demektir.

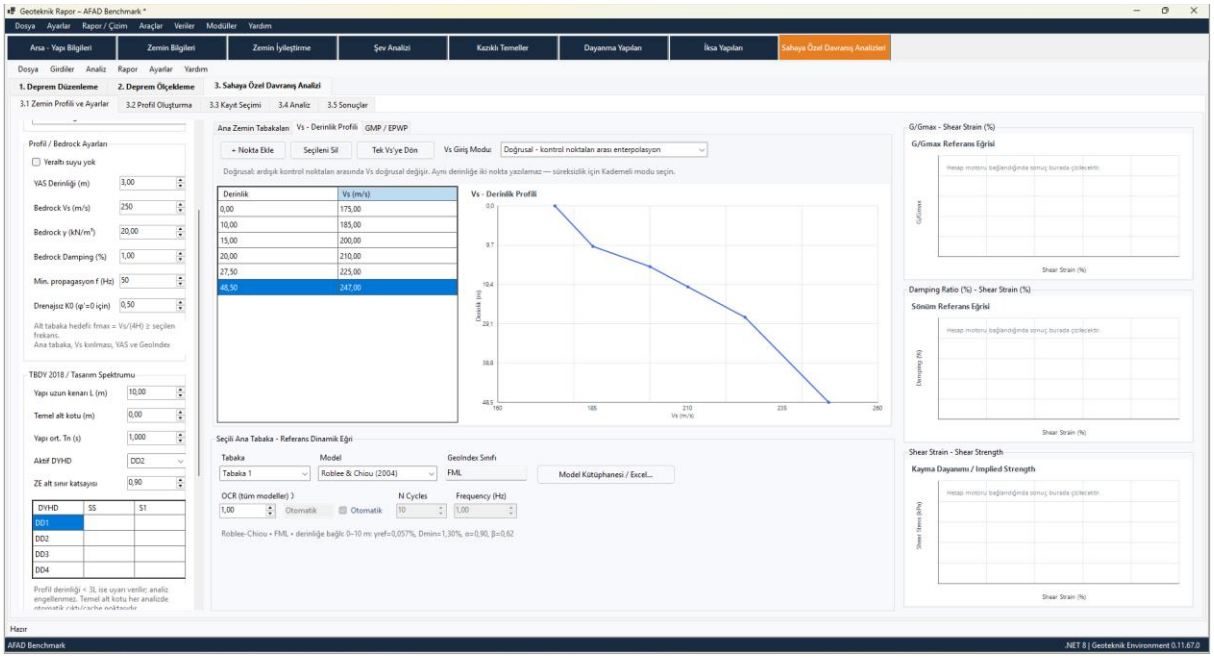
İki giriş kipi vardır ve aralarındaki fark sonucu doğrudan etkiler.

Tablo 12. V_s giriş kipleri

Kip	Anlamı
Kademeli (varsayılan)	Her satır, o derinlikten bir sonraki satırın derinliğine kadar sabit bir V_s demektir, son satırın hızı kullanılmaz. Merdiven biçimli, ölçüm kuyusunun verdiği biçime en yakın gösterimdir. Bu kipte her V_s aralığının sınırı zorunlu bir bölme noktasıdır.
Doğrusal	Kontrol noktaları arasında doğrusal ara değer. V_s kontrol noktaları bölme noktası oluşturmaz.

İki kip aynı veriden farklı profil doğal periyodu verir, program her iki değeri de ekranda gösterir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 12. V_s – Derinlik Profili sekmesi: kontrol noktaları ve profil

5.4 Profilin ana programdan alınması

Modül ana program içinde gömülü çalıştığında, zemin tabakaları ekranının üstünde ayrıca "↓ GeoteknikRapor'dan Zemin Çek" düğmesi belirir. Bu düğme geoteknik rapor modülünde tanımlanmış zemin profilini — tabakalar, dayanım ve indeks parametreleri, V_s kontrol noktaları ve yeraltı suyu bilgisi — bu modülün tablolarına yazar. Aktarım mevcut tabloların üzerine yazar ve geri alınamaz, bu yüzden onay sorulur. Aktarım her tabakaya bir referans eğrisi de yazar; varsayılan model Roblee ve Chiou (2004)'tür. GeoIndex sınıfı PI ve IDI/P200'den seçilir: IDI/P200 ≤ %30 ise PCA, IDI/P200 > %30 ve PI ≤ 15 ise FML, PI > 15 ise FMH; derinlik bandı modülde hesap kotundan seçilir. PI bilinmiyorsa ince daneli zeminde 15 kabul edilir. Zemin sınıfı tanınmazsa ya da USCS/ESCS sınıfı ince daneli olduğu hâlde IDI/P200 ≤ %30 ise (IDI girilmemişse tabaka varsayılanıyla) uyarı verilir; program varsayımsal bir değer üretmez. Seçim ve gerekçesi aktarım özetinde yazılır. Darendeli, Menq ve Vucetic ve Dobry eğrileri "Referans Eğrisi" sütunundan elle seçilebilir; ana programda Cu ve D50 varsa Menq eğrisi için bunlar da taşınır.

Aktarımda birim dönüşümü ana program tarafında yapılır ve gelen veri bu modülün kendi birimlerindedir. Aynı derinlikte iki V_s noktası gelmesi bir hata olarak bildirilir; noktalar kullanıcıya bildirilmeden birleştirilmez. Yeraltı suyu bilgisi gelmiyorsa mevcut alanlara dokunulmaz. Aktarılan V_s her zaman kademeli kipe alınır; jeofizik basamakları doğrusal bir rampaya dönüştürülmez. Ana programın V_s tablosu D_f kotundan başladığı için 0…D_f üst boşluğuna D_f seviyesindeki tabakanın V_s değeri yazılır ve bu, aktarım özetinde açıkça söylenir; değer V_s tablosunun ilk satırından değiştirilebilir. Jeofizik ölçüm sondajdan daha derine iniyorsa "SONDAJ ALTI - YALNIZ JEOFIZIK - PARAMETRELERI DOLDURUN" adlı bir tabaka eklenir, modülün varsayılan değerleriyle doldurulur ve analizden önce bu satırın doldurulması gerektiği uyarısı verilir. V_s profili zemin profilinden kısaysa son değer tabana kadar uzatılır.

5.5 Hesap alt tabakalarının oluşturulması

Girilen ana tabakalar, analizde doğrudan kullanılmaz. Program bunları hesap alt tabakalarına böler. Bölmenin ölçütü fiziksel bir kısıttır: bir alt tabakanın geçirebileceği en yüksek frekans, o tabakadaki kayma dalgası hızının kalınlığın dört katına oranıdır. Kullanıcı hangi frekansa kadar dalga geçirmek istediğini tek bir alanda girer, varsayılan 50 Hz'dir. Program, her aralıkta o aralıktaki en küçük V_s'yi alır, bu frekansı sağlayacak en büyük kalınlığı hesaplar ve aralığı eşit kalınlıkta yeterli sayıda alt tabakaya böler.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

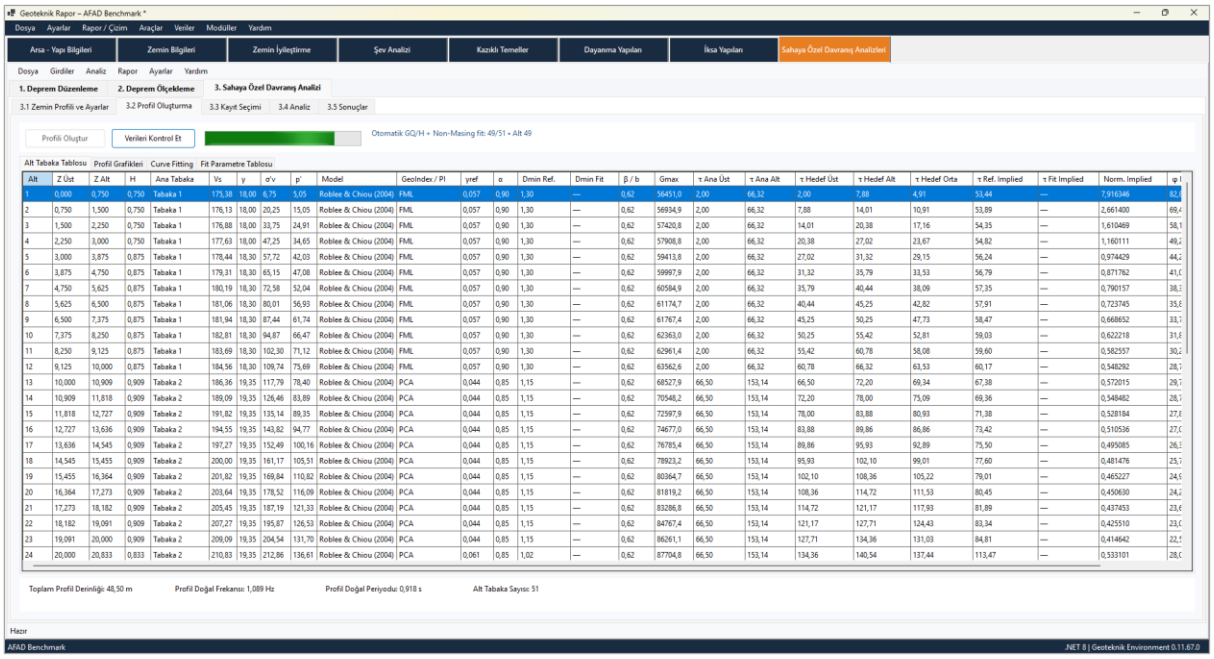
Zorunlu bölme noktaları

Profilin başı ve sonu, her ana tabakanın üst ve alt sınırı, yeraltı suyu seviyesi, kademeli kipte her V_s aralığının sınırı ve derinlik bantlarına dayanan referans eğri modeli kullanılan tabakalarda o modelin bant sınırları.

Bu noktalar, üzerinde bir büyüklüğün süreksiz olduğu noktalardır. Bir alt tabakanın böyle bir noktayı kesmesi, o alt tabakanın iki farklı malzemeyi tek bir malzeme gibi temsil etmesi demektir.

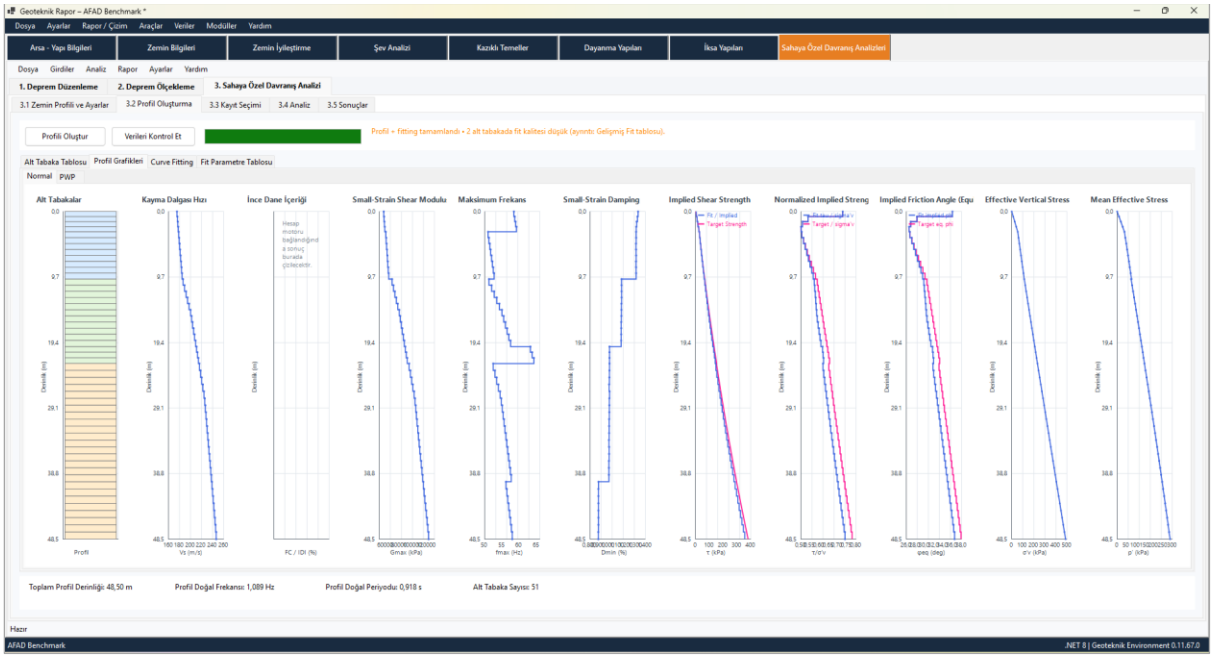
Ayrı bir en büyük alt tabaka kalınlığı alanı yoktur, kalınlık sınırı seçilen frekanstan çıkar. Oluşturma bittiğinde program kaç ana tabakanın kaç alt tabakaya bölündüğünü, elde edilen en küçük geçirilebilir frekansı ve hedefi karşılayıp karşılamadığını tek satırda yazar, ayrıca profilin doğal periyodu ve doğal frekansı gösterilir.

Alt tabaka tablosu, her alt tabaka için girdiyi ve ondan türetilen bütün büyüklükleri yan yana verir: derinlikler, kalınlık, hız, birim hacim ağırlık, düşey ve ortalama efektif gerilme, seçilen model, plastisite sınıfı, referans birim şekil değiştirme, küçük şekil değiştirme kayma modülü ve sönümü, hedef kayma dayanımı ile kalibre edilen eğrinin ima ettiği dayanım ve sürtünme açısı ve o alt tabakanın geçirebildiği en büyük frekans. Profil grafikleri aynı büyüklükleri derinlikle birlikte çizer.



Şekil 13. 3.2 Profil Oluşturma sekmesi: alt tabaka tablosu

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 14. Profil Grafikleri: alt tabakalar boyunca V_s, G_{max}, f_{max}, sönüm ve gerilmeler

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

6. Dinamik Eğriler ve Eğri Kalibrasyonu

Zeminin dinamik davranışı iki eğri ile tarif edilir: kayma modülünün birim şekil değiştirmeyle azalımı ve sönümün birim şekil değiştirmeyle artışı. Program bu eğrileri iki aşamada ele alır. Önce bir referans eğri seçilir, bu, literatürde yayımlanmış bir modeldir ya da laboratuvardan gelen bir veri takımıdır. Sonra bu referans eğriye, çözücünün kullanabileceği bir omurga eğrisi kalibre edilir (ekranda Fit). İkisi ayrı tutulur ve raporda yan yana gösterilir, çünkü kalibre edilen eğri ile referans eğri arasındaki fark, sonucun bir parçasıdır.

6.1 Referans eğri kütüphanesi

Sekiz aile sunulur. Her biri kendi girdilerini kullanır, bir modelin ihtiyaç duyduğu girdi profilde yoksa o model o tabaka için anlamlı sonuç vermez ve kütüphane penceresinde her modelin hangi zemine uygun olduğu ve hangi girdileri kullandığı yazılıdır.

Tablo 13. Referans dinamik eğri aileleri

Model	Kullandığı girdiler	Uygun olduğu zemin
Roblee & Chiou (2004)	PI, ince dane içeriği, derinlik	Genel amaçlı, derinlik bantlı
Darendeli (2001)	PI, OCR, ortalama efektif gerilme, K_0, çevrim sayısı, frekans	Geniş kapsamlı, en yaygın kullanılan
Ishibashi & Zhang (1993)	PI, ortalama efektif gerilme	Kil ve kum için birleşik
Menq (2003)	Üniformluk katsayısı, D_{50}, ortalama efektif gerilme, çevrim sayısı	Daneli zeminler
Vucetic & Dobry (1991)	PI	Plastisiteye göre tasarım eğrileri
Seed & Idriss (1970) — Kum	—	Kum, yayımlanmış ortalama eğri
Seed ve diğerleri (1986) — Çakıl	—	Çakıl, yayımlanmış ortalama eğri
Kullanıcı tanımlı (Excel)	Laboratuvardan gelen nokta nokta eğri	Deneyi olan her zemin

Model ana tabaka bazında seçilir, o tabakanın içindeki her hesap alt tabakası aynı modeli devralır ama modeli kendi derinliğinde, kendi ortalama efektif gerilmesinde ve kendi indeks özellikleriyle değerlendirir. Yani tek bir model seçimi, derinlikle değişen bir eğri ailesi üretir.

Kullanıcı tanımlı eğri için bir Excel şablonu dışa aktarılır, doldurulur ve geri okunur. Okuma sırasında eğri denetlenir: en az dört nokta olmalı, birim şekil değiştirme kesin artan olmalı, modül azalım oranı belirli bir toleransla azalan olmalı, sönüm azalmayan olmalı, son nokta yeterince büyük bir birim şekil değiştirmeye ulaşmalıdır. Bu denetimlerden geçmeyen bir eğri kabul edilmez, çünkü fiziksel olarak tutarsız bir eğriye göre kalibre edilen bir omurga, tutarsızlığı sayıya çevirmekten başka bir şey yapmaz.

6.2 Omurga eğrisinin kalibrasyonu

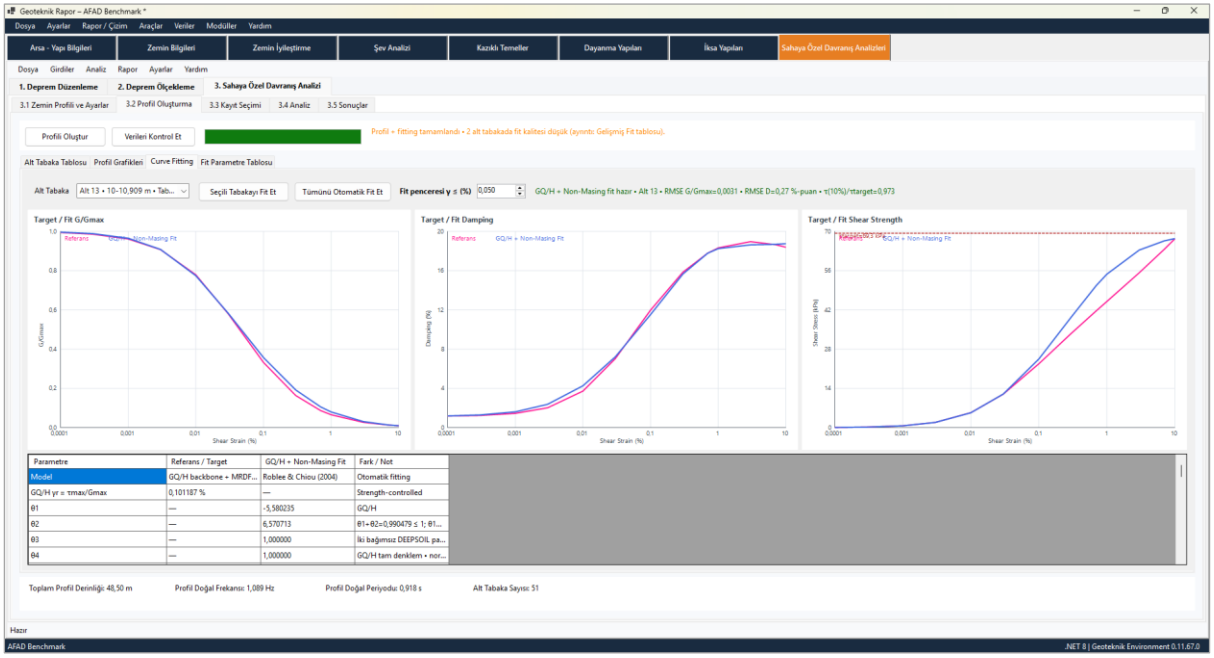
Çözücünün kullandığı omurga, Groholski ve diğerlerinin genelleştirilmiş kuadratik / hiperbolik (GQ/H) biçimidir. Bu biçimin seçilme nedeni tek bir özelliğidir: dayanım denetimli olmasıdır. Klasik hiperbolik modeller büyük birim şekil değiştirmelerde zeminin gerçek kayma dayanımının çok üzerine ya da altına çıkabilir, GQ/H omurgası, kalibrasyon sırasında hedef alınan kayma dayanımına oturtulabilir.

Hedef kayma dayanımı, o alt tabakada nokta bazında Mohr-Coulomb ile hesaplanır: kohezyon artı düşey efektif gerilme çarpı içsel sürtünme açısının tanjantı. Kalibrasyon kabul ölçütü de buradan gelir: kalibre edilen omurga, yüzde on birim şekil değiştirmede hedef dayanımın en az yüzde doksan beşine ulaşmalıdır. Ölçüt sağlanmazsa program bunu yazar, kalibrasyonun güvenilir sayılması için ayrıca bütün eğri boyunca hatanın belirli bir eşiğin altında kalması ve hiçbir yedek çözüme düşülmemiş olması aranır.

Kalibrasyon penceresi kullanıcı tarafından girilir: eğrinin hangi birim şekil değiştirme aralığında ağırlıklı olarak kalibre edileceğini belirler, varsayılanı yüzde 0,050'dir. Bu değer değiştirildiğinde mevcut bütün kalibrasyonlar geçersiz sayılır ve analiz, yeniden kalibrasyon yapılana kadar kilitlenir. Program, pencere içindeki hatayı ve

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

pencere dışındaki hatayı ayrı ayrı raporlar, çünkü dar bir pencerede kusursuz görünen bir kalibrasyon, büyük birim şekil değiştirmelerde çok kötü olabilir ve zemin davranışı analizinde ilgilenilen bölge çoğu zaman tam da orasıdır.



Şekil 15. Curve Fitting sekmesi: G/G_{max}, sönüm ve kayma dayanımı için hedef ve kalibre edilen eğriler

6.3 Sönüm: Masing dışı düzeltme

Bir omurga eğrisinden Masing kurallarıyla türetilen histeretik sönüm, büyük birim şekil değiştirmelerde ölçülen sönümün belirgin biçimde üzerine çıkar. Bu, literatürde bilinen ve sayısallaştırılmış bir sapmadır. Program, Masing sönümünü bir azaltma fonksiyonu ile düzelterek referans eğrinin sönümüne oturtan MRDF-UIUC yaklaşımını kullanır, azaltma fonksiyonunun parametreleri her alt tabaka için en küçük kareler ile aranır. Küçük şekil değiştirme sönümü, referans eğrinin en küçük birim şekil değiştirmedeki değerine bağlanır.

Küçük şekil değiştirme sönümü doğrudan girilmez

Zemin sönümü elle girilmez. Sönüm, seçilen referans modelden gelir ve kalibrasyon sırasında yeniden belirlenir hem eşdeğer doğrusal hem doğrusal olmayan çözümde kullanılan değer kalibre edilmiş değerdir. Elle girilen tek sönüm anakaya sönümüdür. Doğrusal olmayan çözüm Rayleigh sönümü yerine frekanstan bağımsız bir sönüm matrisi kurar, bu nedenle hedef frekans ya da mod girişi gerekmez.

6.4 Kullanıcının gördüğü ve kalibrasyonun kapısı

Kalibrasyon, profil oluşturulduktan sonra kendiliğinden yapılır, tek bir tabaka için ya da tümü için elle de tekrarlanabilir. Sonuç üç grafikte gösterilir: referans ile kalibre edilen modül azalım eğrisi, referans ile kalibre edilen sönüm eğrisi ve hedef ile ima edilen kayma dayanımı. Ayrıca her alt tabaka için bütün kalibrasyon (Fit) parametrelerini, referans ve kalibre edilmiş küçük şekil değiştirme sönümlerini, hedef ve ulaşılan dayanımı ve iki eğri için ayrı hata ölçütlerini taşıyan bir tablo verilir.

Kalibrasyon tamamlanmadan analiz başlamaz

Bu bir uyarı değil, sert bir kapıdır: her hesap alt tabakası için kalibrasyon tamamlanmadan analiz düğmesi iş görmez ve kaç alt tabakanın tamamlandığı yazılır. Gerekçe basittir: kalibre edilmemiş bir alt tabaka, malzemesi tanımsız bir alt tabakadır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

7. Kayıt Seçimi ve Analiz

7.1 Kayıt kütüphanesi ve girdi hareketi tipi

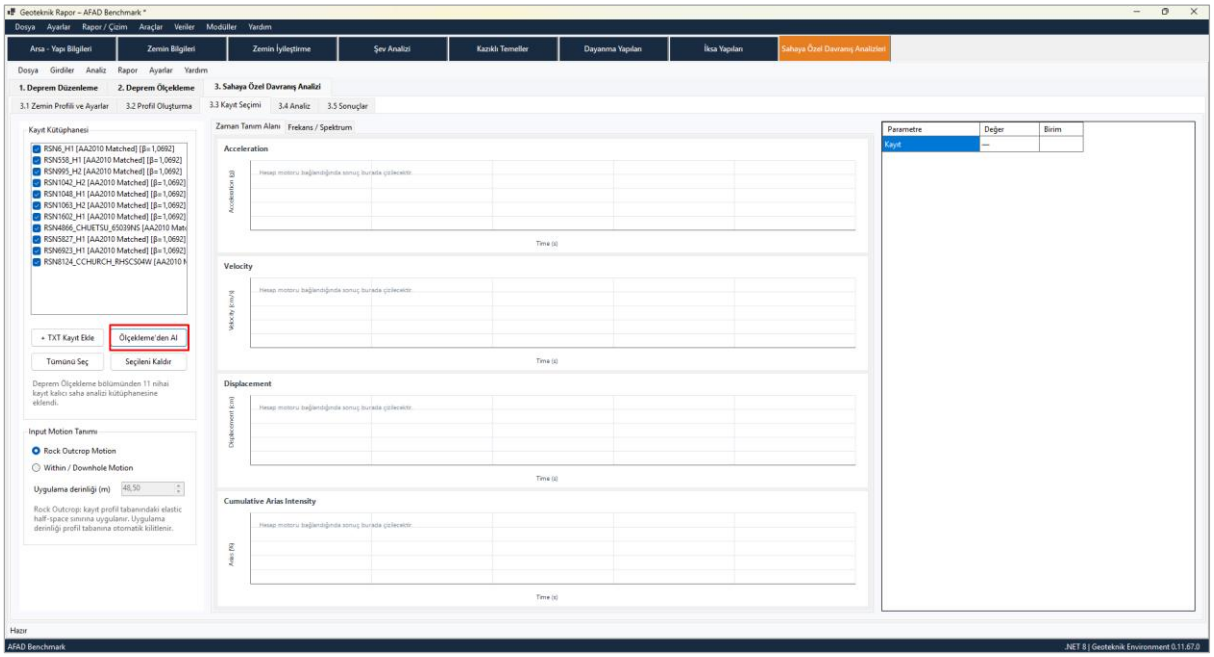
Analize girecek kayıtlar işaretlenerek seçilir. Kayıtlar metin dosyasından eklenebilir ya da ölçekleme bölümünden tek düğmeyle alınabilir, aktarım bellek üzerindendir, ara dosya yazılmaz ve aynı adlı bir kayıt varsa en güncel nihai seriyle güncellenir. Kütüphane kalıcıdır: program genelinde durur, proje açıp kapatmak onu silmez.

Her kayıt için en büyük ivme, hız ve yer değiştirme, Arias şiddeti, anlamlı süre ve baskın frekans bir tabloda gösterilir, zaman serisi, Fourier genlik spektrumu ve yüzde beş sönümlü tepki spektrumu çizilir. Bu, analize girenin ne olduğunu analizden önce görmek içindir.

Tablo 14. Girdi hareketi tipi

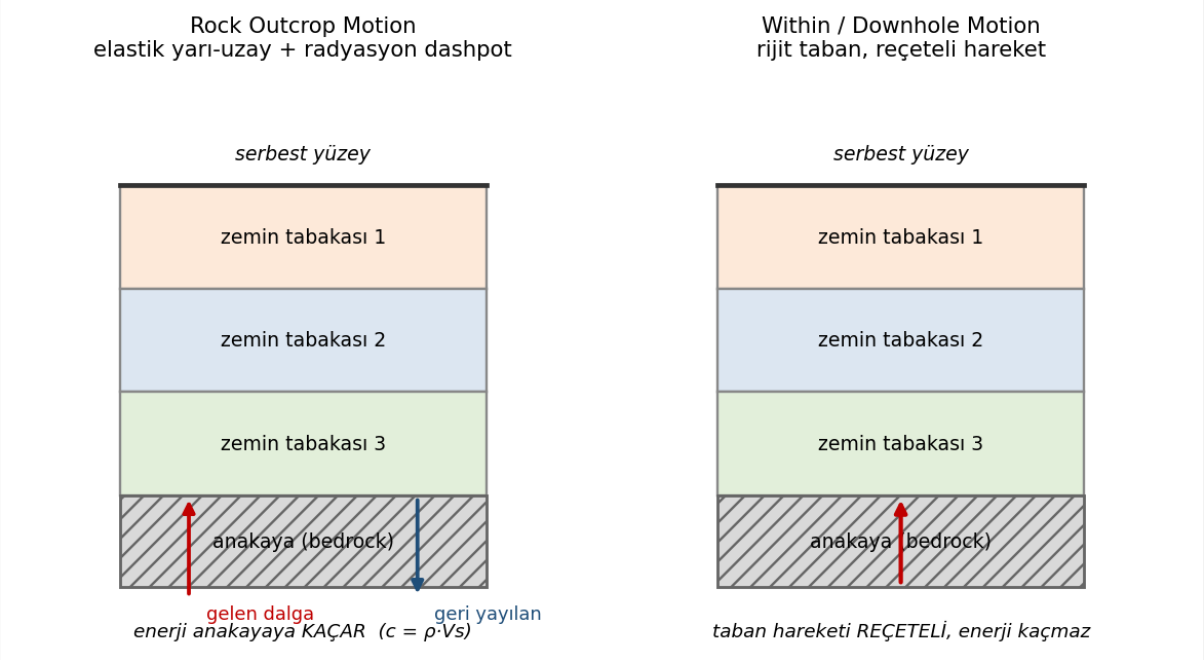
Seçim	Ne demektir
Rock Outcrop Motion (varsayılan)	Kayıt, profil tabanındaki elastik yarı-uzay sınırına uygulanır. Anakayanın hızı, birim hacim ağırlığı ve sönümü yarı-uzay empedansına ve radyasyon sönümüne girer, yani enerjinin bir kısmı aşağı doğru geri gidebilir. Uygulama derinliği profil tabanına kilitlidir.
Within / Downhole Motion	Kayıt, belirtilen derinliğe doğrudan dayatılır ve taban rijit kabul edilir. Bu seçimde anakaya hızı, birim hacim ağırlığı ve sönümü hesaba girmez ve program bu alanları devre dışı bırakır.

İşaretlenen bütün kayıtlar tek tuşla çalıştırılır, kayıtlar art arda çözülür. Bir kayıt sürerken iptal edilirse yalnız o kayıt atılır, önceden tamamlanmış kayıtlar korunur. Analiz sekmesinin üst şeridinde, sağa yaslı olarak soldan sağa “MODELİ OLUŞTUR”, ilerleme çubuğu, “İPTAL” ve “ANALİZİ ÇALIŞTIR” düğmeleri sıralanır, çözüm sürerken son düğme “■ ANALİZİ DURDUR” adını alır. Pencere boyutu ya da ekran ölçeği değişse de düğmeler üst üste binmez.



Şekil 16. 3.3 Kayıt Seçimi sekmesi: kayıt kütüphanesi ve girdi hareketi tanımı

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 17. İki taban sınır koşulunun fiziksel farkı: Rock Outcrop (elastik yarı-uzay) ve Within (rijit taban)

7.2 Eşdeğer doğrusal çözüm

Eşdeğer doğrusal çözüm, varsayılan yöntemdir ve frekans tanım alanında çalışır. Zeminin doğrusal olmayan davranışı, her alt tabakada bir kayma modülü ve bir sönüm ile temsil edilir, bu ikisi, çözümden çıkan birim şekil değiştirmeye göre yinelemeli olarak güncellenir. Etkin birim şekil değiştirme, en büyük birim şekil değiştirmenin bir oranı olarak alınır, varsayılan oran 0,65'tir. Yineleme, bütün tabakalarda modül ve sönüm değişimi verilen toleransın altına indiğinde durur, varsayılan tolerans yüzde bir, en çok yineleme sayısı on beştir. Yineleme bitince son bir gerilme ve birim şekil değiştirme çözümü daima yapılır.

Dalga yayılımı, karmaşık kayma modülü ile kurulmuş bir yayılma matrisi çözümüdür. Program kullandığı karmaşık modül tanımını ekranda açıkça yazar ve yaygın bir başka programın aynı adla farklı bir tanım kullandığını, bu farkın düşük sönümlerde ihmal edilebilir, yüksek sönümlerde ise belirgin olduğunu belirtir. Aynı adı taşıyan iki seçeneğin aynı şey olduğunu varsaymak, iki programın sonucunu karşılaştırırken en sık yapılan hatadır.

Yineleme geçmişi ayrı bir tabloda tutulur: kayıt, yineleme numarası, alt tabaka, en büyük ve etkin birim şekil değiştirme, modül oranı, sönüm ve iki değişim yüzdesi. Yakınsama kontrolü grafiği, etkin birim şekil değiştirmenin yinelemeler boyunca derinlikle nasıl oturduğunu gösterir.

7.3 Doğrusal olmayan çözüm

Doğrusal olmayan çözüm zaman tanım alanında çalışır. Zemin kolonu kayma kirişi olarak ayrıklaştırılır, her zaman adımında malzeme, kalibre edilmiş GQ/H omurgası ve Masing dışı yükleme-boşaltma kuralları ile değerlendirilir. Zaman integrasyonu, ortalama ivme kabullü kapalı Newmark şemasıdır, her adımda denge, artık kuvvet yeterince küçülene kadar Newton yinelemeleriyle sağlanır.

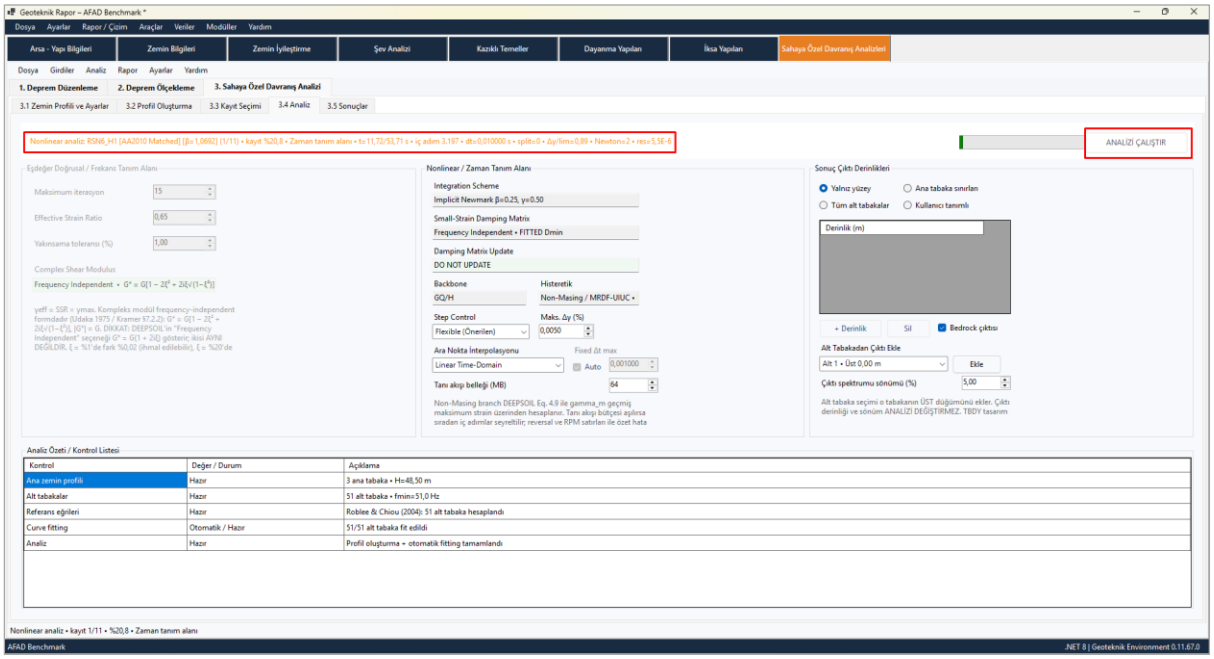
Zaman adımı denetimi kullanıcıya bırakılmıştır. Önerilen ve varsayılan seçim esnek adımdır: program, bir adımda birim şekil değiştirmenin verilen sınırdan fazla artmasına izin vermez ve gerekirse adımı ikiye bölerek ilerler, varsayılan sınır yüzde 0,0050'dir. Sabit adım seçiminde adım süresi ya kendiliğinden belirlenir ya da elle girilir. Ara noktaların nasıl üretileceği de seçilebilir.

Küçük şekil değiştirme sönümü, kalibre edilmiş sönüm değerlerinden kurulan frekanstan bağımsız bir sönüm matrisi ile temsil edilir. Matris başlangıç rijitliğinden bir kez kurulur ve çözüm boyunca güncellenmez, tek istisna,

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

boşluk suyu basıncı geri beslemesinin açık olduğu durumdur — orada rijitlik belirli bir oranın ötesinde bozunduğunda matris yeniden kurulur ve kaç kez kurulduğu tanı tablosunda bildirilir.

Çözümün sayısal davranışı gizlenmez. Ayrı bir tanı tablosu, Newton denemesi sayısını, doğrusal çözüm sayısını, ortalama yineleme sayısını, tavan çıkışlarını, atılan alt-bölünme denemelerini ve zamanın hangi işe harcandığını yüzde olarak verir. Bir sonucun ne kadar zorlanarak elde edildiği, sonucun kendisi kadar bilgi taşır.



Şekil 18. 3.4 Analiz sekmesi: doğrusal olmayan çözüm ayarları ve analiz özeti

7.4 Boşluk suyu basıncı üretimi

Boşluk suyu basıncı üretimi isteğe bağlıdır, varsayılan olarak kapalıdır ve yalnız doğrusal olmayan çözümde anlamlıdır. Kullanılan yaklaşım enerji temellidir: bir alt tabakada sönümlenen birim histeretik enerji biriktirilir ve bu birikim, o zeminin sıvılaşma için gereken enerji kapasitesine oranlanarak boşluk suyu basıncı oranına çevrilir. Enerji kapasitesi, rölatif sıkılık ve ince dane içeriğine bağlı yayımlanmış bir bağıntıdan hesaplanır ya da elle girilir.

Boşluk suyu basıncı oranından iki bozunma çarpanı türetilir: rijitlik için basıncın tamamlayıcısının karekökü, dayanım için bir üs bağıntısı. Bu iki çarpan, malzemenin kayma modülünü ve kayma dayanımını doğrudan azaltır, referans birim şekil değiştirme de buna göre yeniden kurulur.

Tablo 15. Boşluk suyu basıncı çözüm kipleri

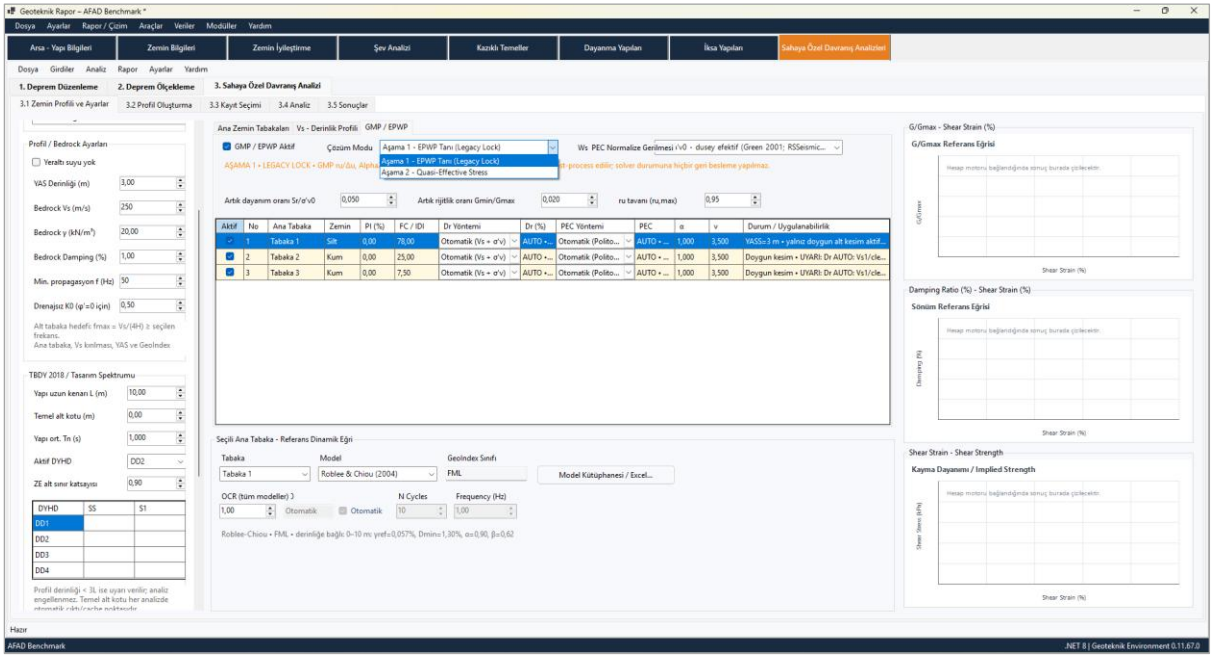
Kip	Ne yapar
Aşama 1 — Tanı (varsayılan)	Boşluk suyu basıncı hesaplanır ve raporlanır, ancak çözücüye geri beslenmez. Toplam gerilme analizinin sonuçları değişmez, kullanıcı, basıncın nerede ve ne zaman oluştuğunu görür.
Aşama 2 — Yarı-efektif gerilme	Bozunma çarpanları bir sonraki kabul edilen adımın malzemesine uygulanır. Basınç oranı bir adımın Newton yinelemeleri boyunca sabit tutulur ve yalnız adım kabul edildikten sonra güncellenir, bu yüzden çözüm tam bağlaşık değil, kademeli (yarı-efektif) bir çözümdür ve program bunu bu adla anar.

Üretim hangi tabakalarda çalışır: kullanıcı tabaka bazında işaretler ve varsayılan işaret yalnız kum ile silt ve düşük plastisite için açıktır. Analiz sırasında ise yalnız işaretli VE su seviyesinin altındaki hesap alt tabakaları hesaba girer, sabit bir derinlik sınırı yoktur. Rölatif sıkılık elle girilebilir ya da yayımlanmış bağıntılar zinciriyle kayma dalgası hızından kestirilebilir, kestirim her alt tabakada kendi yerel hızı ve efektif gerilmesiyle yapılır ve uygulanabilirlik uyarıları tabakanın durum sütununda toplanır.

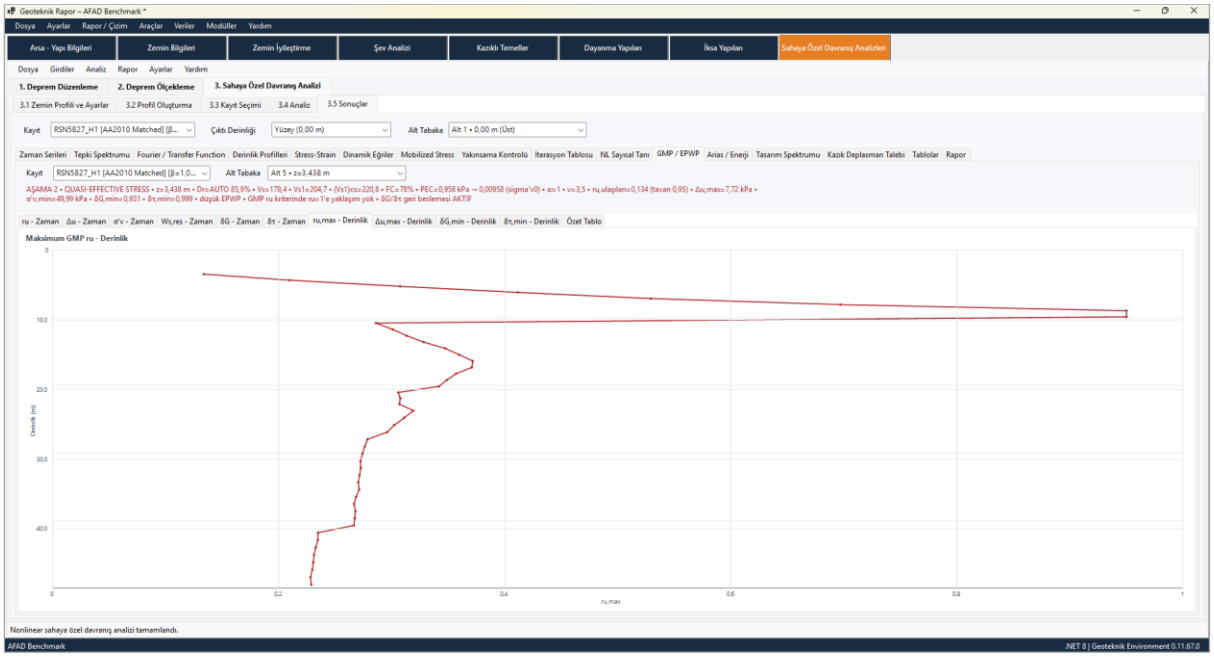
© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Sönümlenme ve oturma

Boşluk suyu basıncı üretilir, konsolidasyon çözülmediği için basınç oranı ve biriken enerji monoton artar. Deprem sonrası oturma kapsama girmez. Basınç oranına konan sayısal tavan bir sıvılaşma eşiği değil, çözümün sayısal korumasıdır.



Şekil 19. GMP / EPWP sekmesi: boşluk suyu basıncı modeli ve tabaka bazında ayarlar



Şekil 20. Sonuçlar, GMP / EPWP: derinlik boyunca en büyük r_u

7.5 Çıktı derinlikleri

Sonuçların hangi derinliklerde saklanacağı seçilir: yalnız yüzey, bütün alt tabakalar, ana tabaka sınırları ya da kullanıcı tanımlı bir liste, anakaya çıktısı ayrıca işaretlenebilir. Çıktı spektrumu için ayrı bir sönüm girilebilir. Ekranda şu not yazılıdır: çıktı derinliği ve çıktı sönümü analizi değiştirmez, tasarım spektrumu her zaman yüzde beş sönümden türetilir. Temel alt kotu, her analizde kendiliğinden bir çıktı noktasıdır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

8. Sonuçlar, Tasarım Spektrumu ve Kontroller

8.1 Sonuç görünümleri

Sonuçlar on altı başlık altında toplanmıştır ve hepsi kayıt, çıktı derinliği ve alt tabaka seçicileriyle süzülebilir.

Tablo 16. Sonuç başlıkları

Başlık	İçeriği
Zaman serileri	İvme, hız ve yer değiştirme zaman geçmişleri ile girdi-çıktı karşılaştırması. İvme toplam değerdir, hız ve yer değiştirme girdi hareketine göre bağıldır ve bu ekranda yazılıdır.
Tepki spektrumu	Yüzey spektrumu ve büyütme birlikte, periyot ekseni doğrusal ya da logaritmik.
Fourier ve transfer fonksiyonu	Genlik spektrumu ve büyütme fonksiyonu, eksenler ayrı ayrı doğrusal ya da logaritmik.
Derinlik profilleri	En büyük ivme, bağıl hız ve yer değiştirme, en büyük birim şekil değiştirme ve kayma gerilmesi, modül oranı, sönüm ve bozunmuş kayma dalgası hızı.
Gerilme–şekil değiştirme	Histerezis döngüleri ve bunların zamanla değişimi, ayrıca sayısal veri tablosu ve dışa aktarımı.
Mobilize gerilme	Mobilize kayma gerilmesi, düşey efektif gerilmeye oranı ve eşdeğer mobilize sürtünme açısı.
Yakınsama ve yineleme	Eşdeğer doğrusal yakınsama grafiği, yineleme tablosu ve doğrusal olmayan sayısal tanı.
Boşluk suyu basıncı	Basınç oranının, fazla basıncın, efektif gerilmenin ve bozunma çarpanlarının zamanla değişimi, derinlik profilleri, eşik zamanlarını taşıyan özet tablo.
Arias ve enerji	Birikimli Arias şiddeti ve süre ölçütleri.
Tasarım spektrumu ve kazık talebi	Aşağıdaki iki alt bölümün konusu.

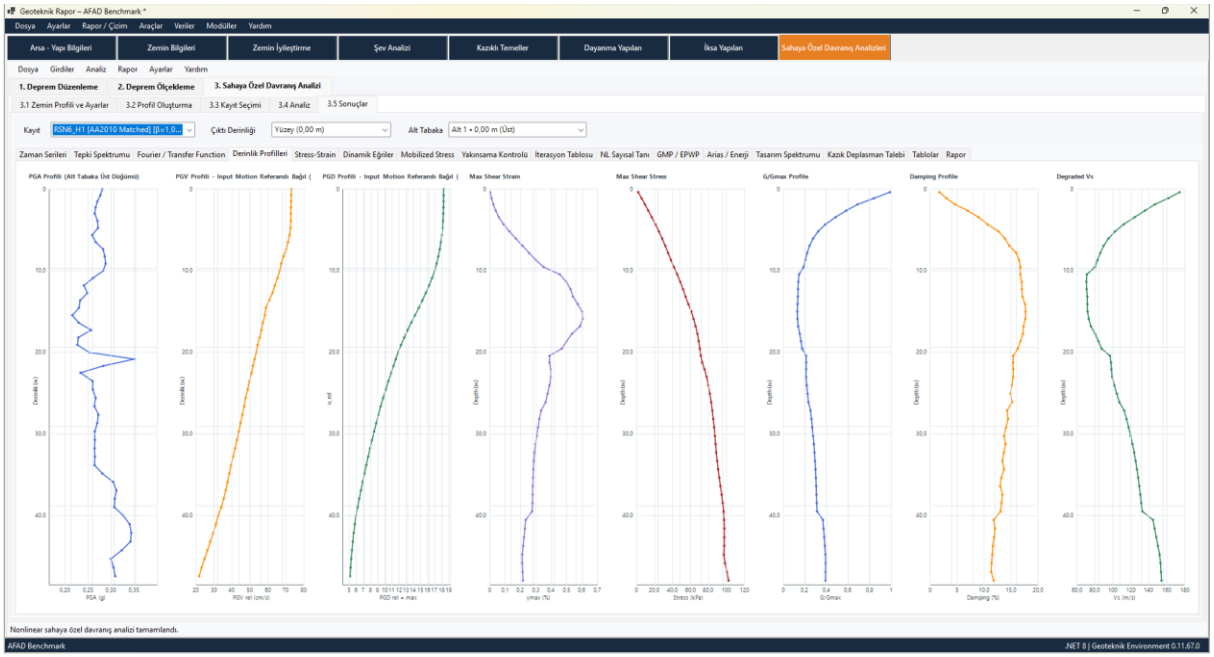
Doğrusal olmayan çözümde modül oranı ve sönüm birer göstergedir

Doğrusal olmayan çözümde zeminin modülü ve sönümü çözücünün doğrudan çıktısı değildir, derinlik profillerinde gösterilen modül oranı, sönüm ve bozunmuş hız, kalibre edilmiş eğrinin en büyük birim şekil değiştirmedeki değerinden okunan göstergelerdir. Program bunu hem ekranda hem raporda belirtir.

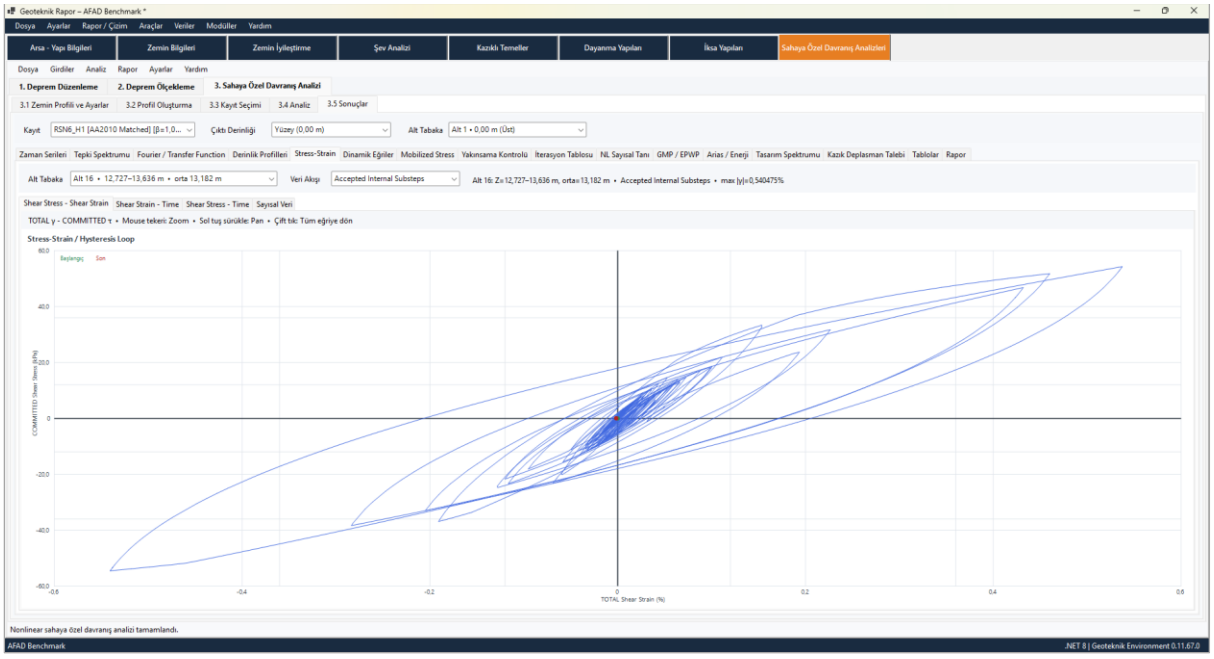


Şekil 21. 3.5 Sonuçlar, Tepki Spektrumu: girdi ve yüzey hareketi

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 22. Derinlik Profilleri: PGA, PGV, PGD, γ_{max}, en büyük gerilme, G/G_{max}, sönüm ve bozulmuş V_s



Şekil 23. Stress-Strain sekmesi: seçili alt tabakanın histerezis döngüleri

8.2 Sahaya özel tasarım spektrumunun kurulması

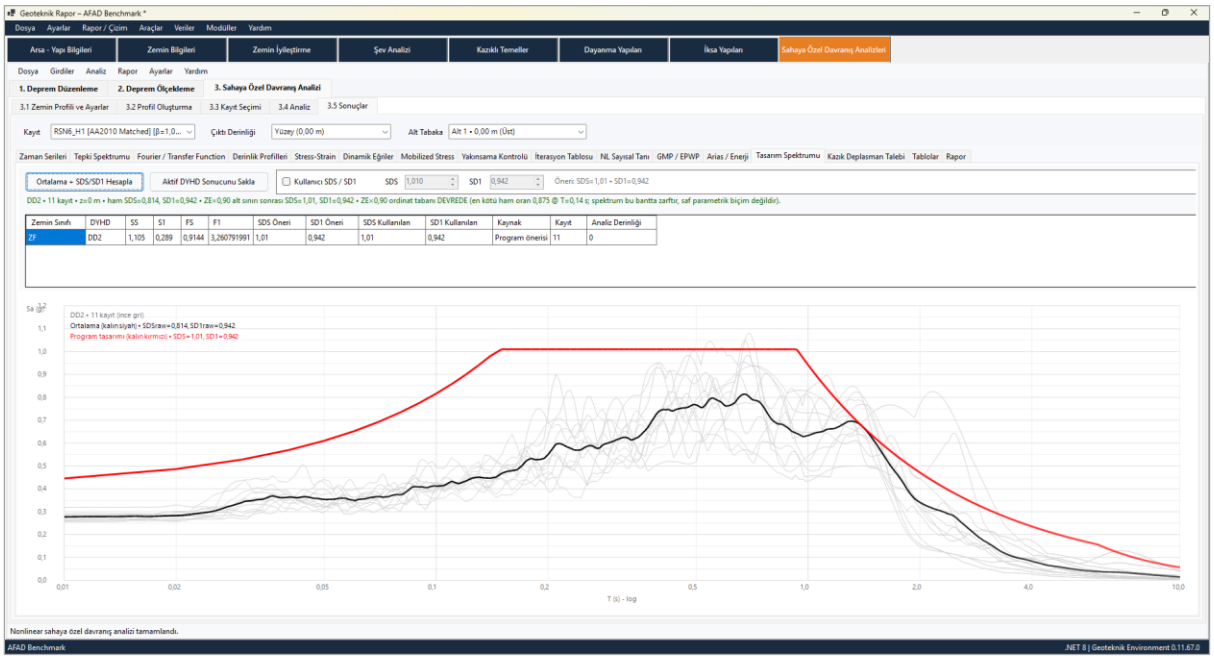
Sahaya özel tasarım spektrumu, analiz sonuçlarından beş adımda kurulur.

- Her kayıt için temel alt kotundaki yüzde beş sönümlü spektral ivme alınır. Yüzeydeki değil, temelin oturduğu derinlikteki hareket esastır. Geçerli spektrumu bulunmayan bir kayıt kullanıcıya bildirilmeden atılmaz.

Programın önerdiği katsayılar yerine müellifin kendi değerleri kullanılabilir, bunun için ayrı alanlar vardır ve ekranda şu not yazılıdır: önce programın önerisini hesaplayın. Özet tablo, önerilen ve kullanılan değerleri, kaynağını, kayıt sayısını ve analiz derinliğini birlikte gösterir, yani raporu okuyan, hangi sayının nereden geldiğini görür.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Profil derinliğinin yapının uzun kenarına oranı yetersizse program uyarı verir ancak analizi engellemez. Kayıt sayısı on birin altındaysa da uyarılır, engellenmez.



Şekil 24. Tasarım Spektrumu sekmesi: kayıtların yüzey spektrumları, ortalama ve program tasarımı

8.3 TBDY §16.5.2 uygulanabilirlik kontrolleri

Eşdeğer doğrusal bir analiz bittiğinde program iki yönetmelik maddesini denetler ve bulgularını konsola, gerekirse bir bilgi penceresine ve her hâlükârda Word raporuna yazar.

- Kayma birim şekil değiştirmesi sınırı: en büyük birim şekil değiştirmenin yüzde biri aştığı bütün kayıt ve derinlik çiftleri büyükten küçüğe listelenir ve genel en büyük değer, hangi kayıtta ve hangi derinlikte olduğuyla birlikte her zaman bildirilir. Bu sınırın aşılması, eşdeğer doğrusal yaklaşımın o noktada temsil gücünü yitirdiğinin göstergesidir.
- Sıvılaşma potansiyeli olan zeminler: boşluk suyu basıncı üretimi (GMP) tablosunda etkin olan ve yeraltı suyu seviyesinin altında kalan alt tabakalar listelenir. Bu tabakalarda §16.6'ya göre sıvılaşma potansiyeli belirlenirse yönetmelik, eşdeğer doğrusal analiz yerine zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ister (§16.5.2.6). Analizde boşluk suyu basıncı üretimi kapalıysa tabakalar listelenemez ve program bu noktanın kontrol edilmesini ister.

Kontroller bilgilendiricidir

Kontroller analizi durdurmaz; bir yönetmelik maddesinin sağlanıp sağlanmadığına karar vermek, sayıyı üretenin değil onu kullanan mühendisin işidir. Sıvılaşma değerlendirmesinin kendisi bu modülün konusu değildir ve program bunu açıkça yazar.

8.4 Kazık kinematik deplasman talebi

Analizden çıkan ikinci tasarım büyüklüğü, serbest saha kinematik deplasman talebi profilidir. Kazık düğüm noktalarının derinlikleri ve aralığı girilir, program her derinlikte ve her kayıt için, tabana göre bağıl yer değiştirmenin zaman içindeki en büyük değerini alır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

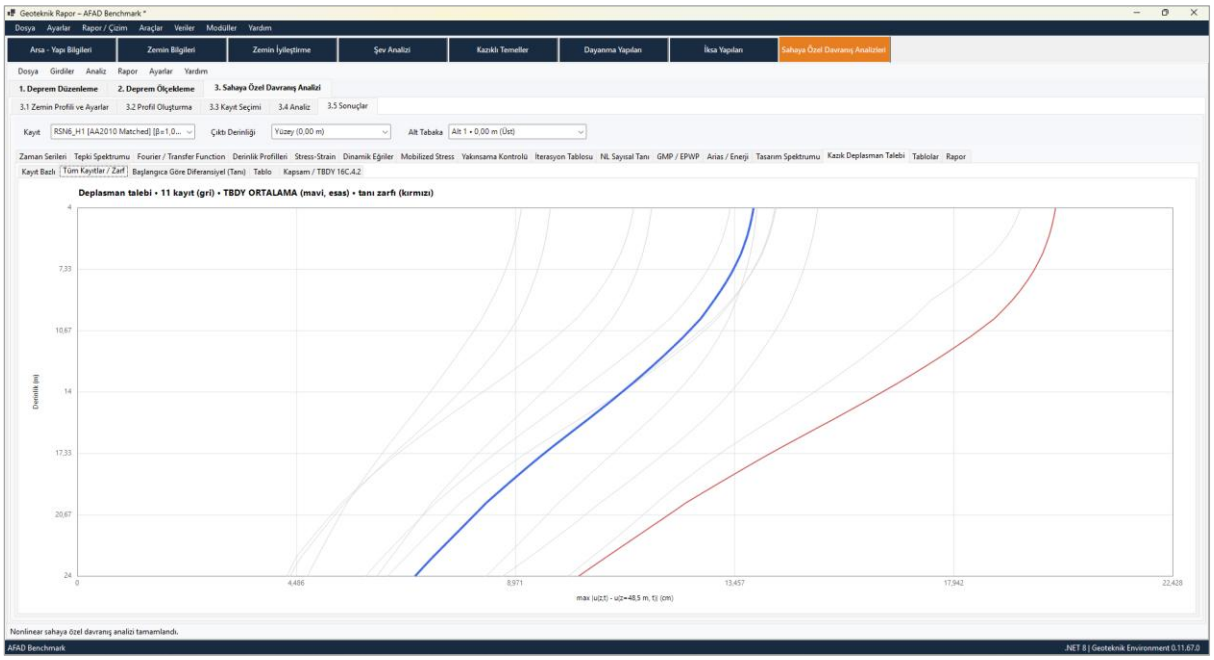
Neden toplam değil, tabana göre bağıl yer değiştirme

Toplam yer değiştirme, taban hareketini de içerir. Taban hareketi bütün derinliklerde aynı anda aynı yönde olduğundan, toplam yer değiştirme profili yassılaşır, kazığın gördüğü eğrilik ve dolayısıyla kinematik moment gerçekte olduğundan küçük çıkar. Tabana göre bağıl yer değiştirme, kazığı zorlayan göreli hareketi temsil eder.

Kayıtlar üzerinden iki toplulaştırma yapılır ve ikisi de her bir derinlik için noktasal olarak kurulur: her derinlikte kayıtların en büyüğü olan zarf ve her derinlikte kayıtların ortalaması. Bunlar toplanmaz. Yönetmeliğin ilgili eki, kayıt sonuçlarının ortalamasını esas aldığı için her iki profil de dışa aktarılır ve hangisinin kullanılacağına kazık modülünde karar verilir.

Kazık modülüyle ilişki

Bu modül serbest saha kinematik deplasman talebini üretir. Kazığın eğilme rijitliği, eğriliği, kinematik momenti ve yatay yatak katsayısı eğrileri kazık tarafında hesaplanır. Üretilen profil, TBDY 2018 Ek 16C.4.2 kapsamındaki Yöntem III kinematik etkileşim hesabının girdisidir. Aynı bilgi programın ilgili ekranında da yazılıdır.



Şekil 25. Kazık Deplasman Talebi sekmesi: kayıtlar, TBDY ortalaması ve tanı zarfı

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

9. Doğrulama ve Karşılaştırmalar

Bu bölüm, modülün hangi büyüklüğünün neyle karşılaştırıldığını ve karşılaştırmanın sonucunu olduğu gibi verir. Bölümde yalnız karşılaştırması bulunan büyüklükler yer alır.

9.1 Karşılaştırmaların üç düzeyi

Tablo 17. Doğrulama düzeyleri

Düzey	Ne kanıtlar
Yayımlanmış kayıt ölçütleriyle karşılaştırma	Kayıt işleme bölümünün, yaygın bir kayıt işleme yazılımının aynı kayıt için yayımladığı büyüklükleri ürettiğini gösterir.
Başka bir zemin davranışı programıyla karşılaştırma	Aynı profil, aynı eğri parametreleri ve aynı kayıtla iki programın sonuçlarının ne kadar ayrıldığını gösterir.
Kapalı çözüm ve iç tutarlılık	Doğrusal bölgede kuramsal çözümle ve aynı büyüklüğün farklı yollardan aynı çıkmasıyla.

9.2 Kayıt işleme büyüklükleri

Program içinde gömülü bir doğrulama kaydı bulunur ve içe aktarma penceresinden tek tuşla yüklenir. Yüklendiğinde program, en büyük ivme, hız ve yer değiştirme, en büyük artımsal hız, darbesellik göstergesi, standartlaştırılmış kümülatif mutlak hız, etkin çevrim sayısı ve hasar göstergesi için yayımlanmış hedef değerleri ve kendi hesabını konsola yan yana yazar. Etkin çevrim sayısı ve hasar göstergesinde yayımlanmış değerlere göre küçük farklar bulunur; bu farklar çevrim sayımının kalıntı ve yarım çevrim ayrıntısından gelmektedir ve bir düzeltme katsayısıyla kapatılmamıştır. Bu iki büyüklüğü ihtiyatla kullanın.

9.3 Zemin davranışı çözümü

Bu alt bölüm, zemin kolonu çözümünün iki bağımsız programla yapılmış karşılaştırmalarını sayılarıyla verir: DeepSoil ile iki profil (Kıyas 1 ve Kıyas 2) ve RSSeismic ile bir profil, iki kayıt ve iki analiz (Kıyas 3). Bütün karşılaştırmalar aşağıdaki ilkelerle kurulmuştur:

- Önce girdiler birebir eşitlenir. Alt tabaka sayısı, kalınlıklar, her alt tabakanın V_s değeri, düşey efektif gerilme profili ve anakaya parametreleri iki programda satır satır karşılaştırılır. Çıktı karşılaştırması, girdilerin aynı olmasına dayanır.
- Sonra çıktılar karşılaştırılır. Yüzey tepki spektrumu, derinlik profilleri (γ_{maks}, τ/σ'_v, PGA, yer değiştirme) ve tepe değerler nokta nokta karşılaştırılır.
- Sayılar referansa eşitlenmemiştir; farklar olduğu gibi verilir.
- Karşılaştırma birden çok bağımsız profilde tekrarlanır. Tek profilde uyum tesadüf olabilir, farklı zemin, farklı derinlik ve farklı tabakalanmada tekrarlanan uyum tesadüf değildir.

Kıyas 1 — DeepSoil, Benchmark 1: 40 m kum profili

Kırk metre derinliğinde, otuz dört alt tabakaya bölünen bir profil, DeepSoil ile aynı kayıt için karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma altı derinlikte en büyük ivme ve yer değiştirme üzerinden yapılır, program bu karşılaştırmayı o kayıt için raporuna da ekler ve derinlik başına yüzde farkı yazar. Bu karşılaştırmaya bir geçti/kaldı eşiği konmamıştır: fark yazılır, yorum okuyana bırakılır.

DeepSoil karşılaştırmalarının ikisinde de aynı deprem kaydı kullanılmıştır: DeepSoil'in kendi kütüphanesindeki ChiChi kaydı, 11.800 nokta, Δt = 0,005 s, PGA = 0,1829 g, profil tabanına Rock Outcrop olarak uygulanmıştır. Her iki analizde de boşluk suyu basıncı modülü kapalıdır ve yeraltı suyu yoktur.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Tablo 18. Benchmark 1 — genel profil ve analiz parametreleri

Parametre	GeoteknikPro	DeepSoil
Toplam profil derinliği	40 m	40 m
Ana tabaka sayısı	4	4
Hesap alt tabakası sayısı	34	34
Yeraltı suyu	Yok	Yok
Anakaya V_s	300 m/s	300 m/s
Anakaya birim hacim ağırlığı	19,00 kN/m³	19,00 kN/m³
Anakaya sönümü	%1,00	%1,00
Taban sınır koşulu	Elastik yarı-uzay (Outcrop)	Elastic Halfspace
Profil doğal frekansı f_0	1,5789 Hz	1,5789 Hz
Profil doğal periyodu T_0	0,6333 s	0,6333 s
Analiz yöntemi	Doğrusal olmayan, GQ/H + Masing dışı	Nonlinear, GQ/H + MRDF

Zemin tabakalarının dördü de kumdur: γ_n = 18 kN/m³, γ_{doy} = 19 kN/m³, Roblee ve Chiou (2004) eğrileri, OCR = 1, K_0 = 0,50.

Tablo 19. Benchmark 1 — zemin tabakası tanımları (iki programda aynı)

Tabaka	Derinlik	ϕ′ üst → alt	c′	V_s üst → alt	R&C γ_{ref} / a / D_{min} / B
Tabaka 1	0 – 10 m	30° → 32°	1 kPa	200 → 230 m/s	0,032 % / 0,85 / 1,30 % / 0,62
Tabaka 2	10 – 20 m	32° → 34°	0	230 → 260 m/s	0,044 % / 0,85 / 1,15 % / 0,62
Tabaka 3	20 – 30 m	34° → 36°	0	260 → 290 m/s	0,061 % / 0,85 / 1,02 % / 0,62
Tabaka 4	30 – 40 m	36° → 38°	0	290 → 290 m/s	0,061 % / 0,85 / 1,02 % / 0,62

Girdi doğrulaması: DeepSoil'in ürettiği 34 alt tabakalı profil dışa aktarılmış ve programın alt tabaka tablosuyla satır satır karşılaştırılmıştır.

Tablo 20. Benchmark 1 — girdi doğrulama sonuçları

Girdi büyüklüğü	Karşılaştırma	Sonuç
Alt tabaka sayısı	34 / 34	Aynı
Alt tabaka kalınlıkları	34 satır (1,0000 / 1,1111 / 1,2500 / 1,4286 m)	34/34 birebir
Alt tabaka V_s değerleri	34 satır (201,500 … 290,000 m/s)	34/34 birebir
Düşey efektif gerilme σ'_v	34 alt tabaka orta noktası	Fark %0,00
Üretilen profilin doğal frekansı	Σ H/V_s üzerinden	1,5789 Hz — ikisinde de aynı

Tablo 21. Benchmark 1 — tepe değer karşılaştırması

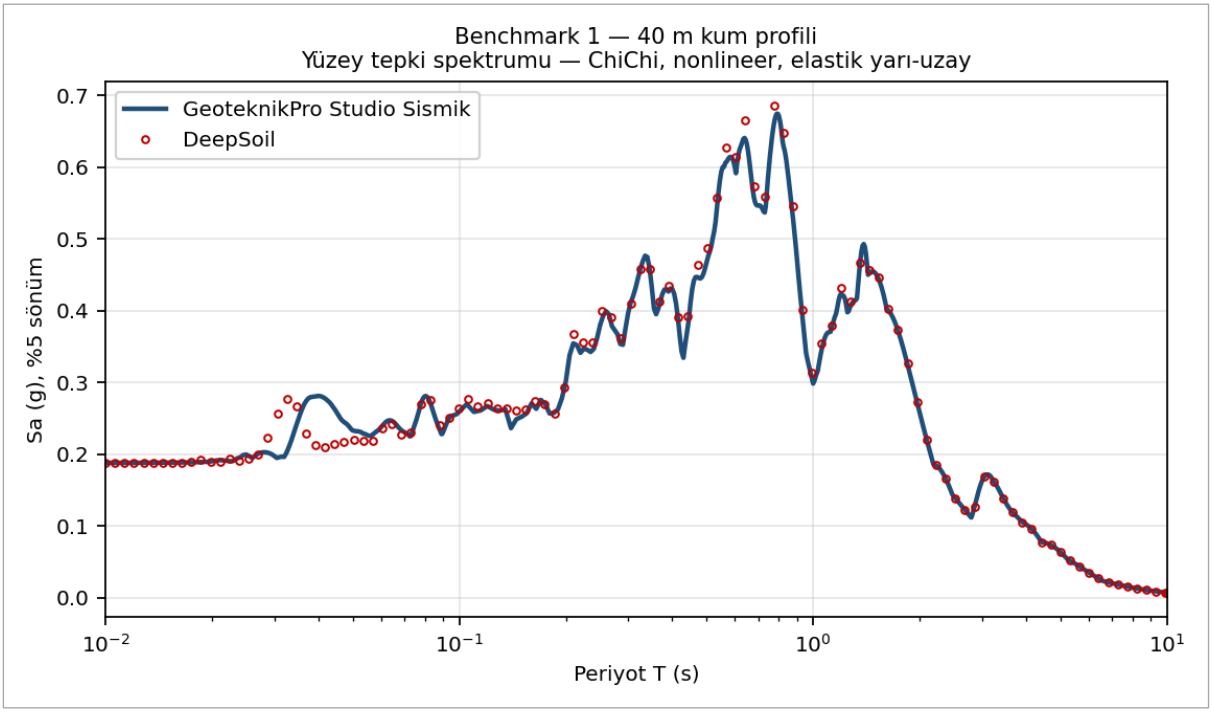
Büyüklük	GeoteknikPro	DeepSoil	Fark
Yüzey PGA	0,187747 g	0,187444 g	+0,16 %
Tepe spektral ivme S_a	0,674699 g @ 0,790 s	0,685427 g @ 0,775 s	−1,57 %
En büyük kayma birim şekil değiştirmesi γ_{maks}	0,13407 % @ 39,29 m	0,12752 % @ 39,29 m	+5,14 %
γ_{maks} tepe derinliği	39,286 m	39,286 m	Aynı
Yüzey bağıl yer değiştirmesi	6,8825 cm	6,6627 cm	+3,30 %
Yüzey bağıl hızı PGV	28,53 cm/s	—	—

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Tablo 22. Benchmark 1 — derinlik profilleri ve spektrum istatistikleri (34 nokta)

Profil	Ortalama fark	RMS	En büyük fark
Düşey efektif gerilme σ'_v	+0,00 %	0,00 %	0,00 %
En büyük kayma birim şekil değiştirmesi γ_{maks}	+0,18 %	1,48 %	5,14 %
En büyük gerilme oranı τ/σ'_v	+0,12 %	0,91 %	3,48 %
En büyük ivme PGA	−1,23 %	2,29 %	5,33 %
En büyük bağıl yer değiştirme	+3,96 %	4,01 %	5,08 %
Yüzey tepki spektrumu (T ≥ 0,05 s)	−1,04 %	2,16 %	5,68 %

Yüzey spektrumunun korelasyon katsayısı r = 0,99487'dir. T < 0,05 s bandındaki büyük yüzdesel sapmalar DeepSoil'in kaba periyot ızgarasının salınımlı bölgeyi seyrek örneklemesinden kaynaklanır, bu bantta DeepSoil'in kendi eğrisi komşu noktalar arasında ±%10 sıçramaktadır.



Şekil 26. Benchmark 1 — yüzey tepki spektrumu karşılaştırması

Kıyas 2 — DeepSoil, Benchmark 2: 30 m kil / kum / kil profili

Tablo 23. Benchmark 2 — genel profil ve analiz parametreleri

Parametre	GeoteknikPro	DeepSoil
Toplam profil derinliği	30 m	30 m
Ana tabaka sayısı	3	3
Hesap alt tabakası sayısı	29	29
Yeraltı suyu	Yok	Yok
Anakaya V_s	320 m/s	320 m/s
Taban sınır koşulu	Elastik yarı-uzay (Outcrop)	Elastic Halfspace
Profil doğal frekansı f_0	2,068 Hz	2,068 Hz
Analiz yöntemi	Doğrusal olmayan, GQ/H + Masing dışı	Nonlinear, GQ/H + MRDF

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Tablo 24. Benchmark 2 — zemin tabakası tanımları (iki programda aynı)

Tabaka	Derinlik	Zemin	γ_n / γ_{doy}	Dayanım	PI / FC	R&C sınıfı ve γ_{ref}
Tabaka 1	0 – 10 m	Kil	18,0 / 19,0	c′ = 60 → 105 kPa	20 / 75	FMH, γ_{ref} = 0,085 %
Tabaka 2	10 – 20 m	Kum	18,5 / 19,1	ϕ′ = 30° → 33°	0 / 10	PCA, γ_{ref} = 0,044 %
Tabaka 3	20 – 30 m	Kil	19,1 / 20,0	c′ = 175 → 290 kPa	20 / 88	FMH, γ_{ref} = 0,111 %

V_s profili derinlikle doğrusal değişmektedir: 0 m'de 180, 5 m'de 220, 10 m'de 235, 15 m'de 255, 20 m'de 268, 25 m'de 300 ve 30 m'de 300 m/s. Bütün tabakalarda OCR = 1 ve K_0 = 0,50 kullanılmıştır.

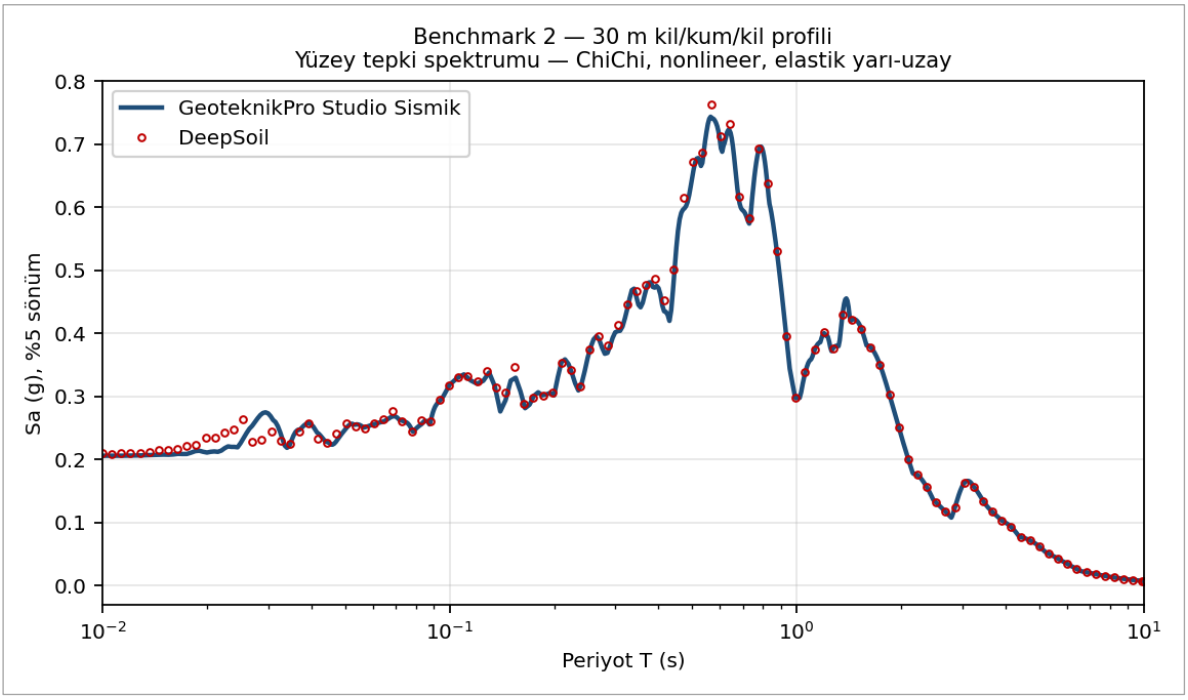
Tablo 25. Benchmark 2 — tepe değer karşılaştırması

Büyüklük	GeoteknikPro	DeepSoil	Fark
Yüzey PGA	0,204572 g	0,206644 g	−1,00 %
Tepe spektral ivme S_a	0,743800 g @ 0,565 s	0,762709 g @ 0,568 s	−2,48 %
En büyük kayma birim şekil değiştirmesi γ_{maks}	0,11442 % @ 13,89 m	0,11632 % @ 13,89 m	−1,63 %
γ_{maks} tepe derinliği	13,889 m	13,889 m	Aynı
Yüzey bağıl yer değiştirmesi	4,7066 cm	4,5293 cm	+3,91 %
Yüzey bağıl hızı PGV	24,45 cm/s	—	—

Tablo 26. Benchmark 2 — derinlik profilleri ve spektrum istatistikleri (29 nokta)

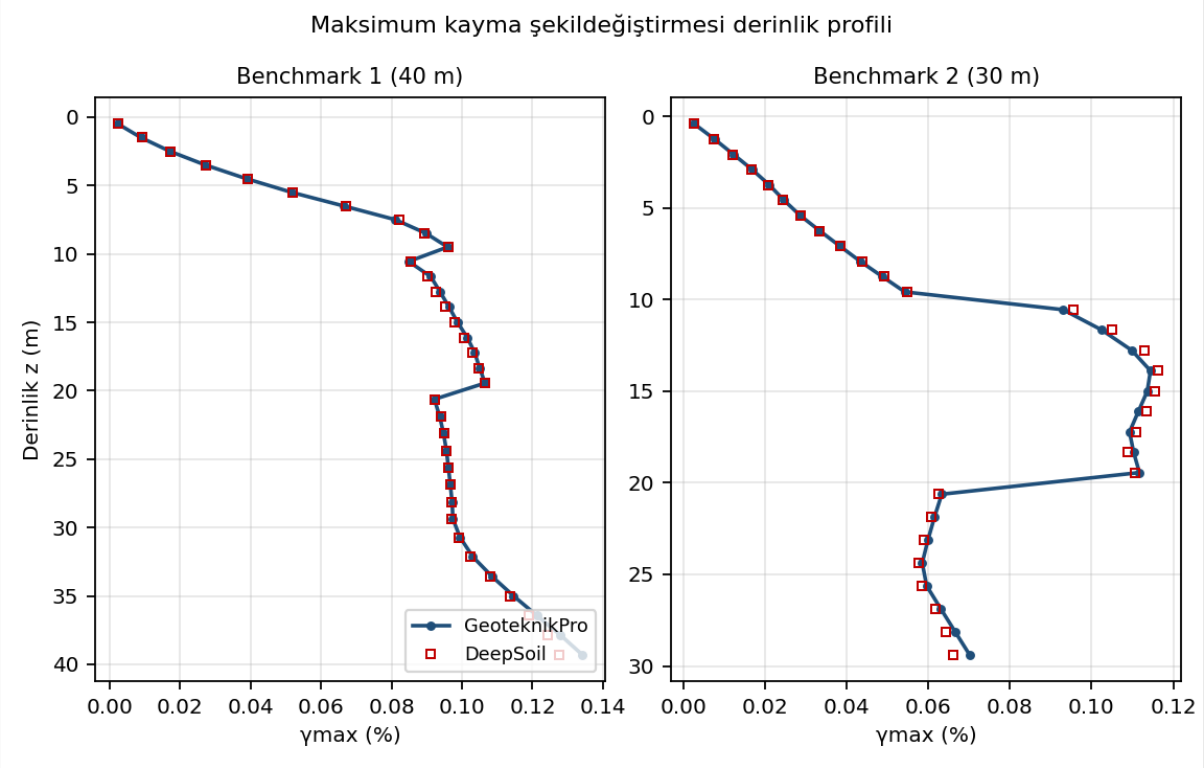
Profil	Ortalama fark	RMS	En büyük fark
Düşey efektif gerilme σ'_v	+0,00 %	0,00 %	0,00 %
En büyük kayma birim şekil değiştirmesi γ_{maks}	+0,44 %	1,99 %	5,99 %
En büyük gerilme oranı τ/σ'_v	+0,32 %	1,28 %	3,53 %
En büyük ivme PGA	−1,39 %	1,73 %	2,70 %
En büyük bağıl yer değiştirme	+4,42 %	4,45 %	5,08 %
Yüzey tepki spektrumu (T ≥ 0,05 s)	−0,79 %	1,49 %	5,06 %

Yüzey spektrumunun korelasyon katsayısı r = 0,99871'dir.

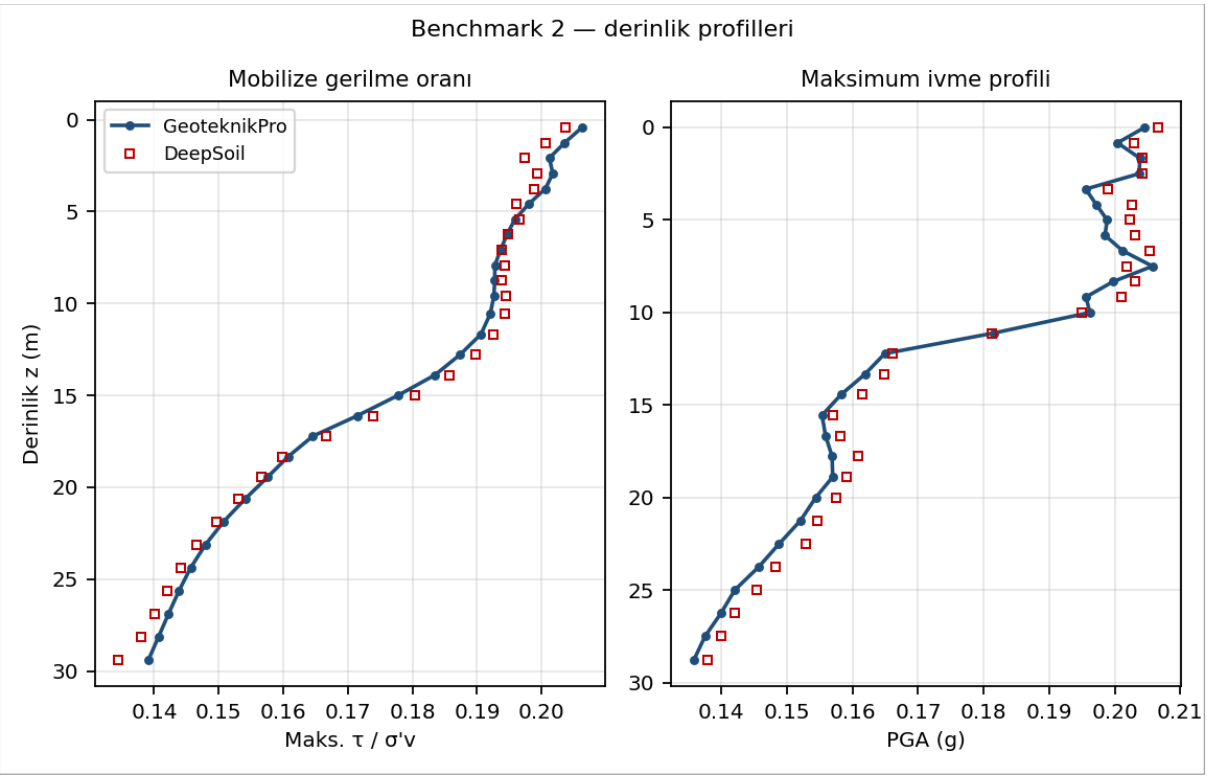


Şekil 27. Benchmark 2 — yüzey tepki spektrumu karşılaştırması

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 28. Her iki benchmark için en büyük kayma birim şekil değiştirmesinin derinlik profili, tepe derinliği iki programda da aynıdır



Şekil 29. Benchmark 2 — mobilize gerilme oranı ve en büyük ivme derinlik profilleri

Kıyas 3 — RSSeismic, Benchmark 3: 20 m üç tabakalı profil, toplam ve efektif gerilme

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Üçüncü karşılaştırma, yirmi metrelik üç tabakalı bir profilde RSSeismic ile yapılmıştır. RSSeismic'in omurga ve sönüm parametreleri (θ_1–θ_5, D_{min}, P_1–P_3) aynen alınmıştır, parametreler ortak olduğu için kalan fark yalnızca çözücü farkıdır. Kobe ve ChiChi kayıtlarıyla, önce toplam gerilmede, sonra boşluk suyu basıncı üretimi açıkken yürütülmüştür.

Tablo 27. Kıyas 3 sonuçları

Analiz	Bildirilen fark
Toplam gerilme	Yüzey en büyük ivmesi yaklaşık yüzde iki, en büyük yer değiştirme yaklaşık yüzde iki, en büyük birim şekil değiştirme yüzde altıya kadar, gerilme oranı yaklaşık yüzde bir buçuk.
Boşluk suyu basıncı üretimi	Bir kayıtta basınç oranı yüzde altı bandında, ivme ve yer değiştirme yüzde altıya kadar uyuşmaktadır; diğer kayıtta derin tabakalarda basınç oranı RSSeismic'e göre ortalama yüzde dokuz yüksek çıkmaktadır. Derin tabakalardaki boşluk suyu basıncı sonuçlarını ihtiyatla kullanın.

İki program arasındaki bir yöntem farkı

Karşılaştırılan iki program, bir alt tabakanın kayma dayanımını farklı kurar: RSSeismic ana tabaka uçları arasında doğrusal ara değer alır, bu program dayanımı her noktada yerel efektif gerilmeden hesaplar. Bu yöntem farkından kaynaklanan küçük fark sonuçlarda kalır; program kendi yöntemini korur.

Tablo 28. Benchmark 3 — model

Büyüklük	Değer (iki programda aynı)
Ana tabakalar	Kil 0–5 m · Kum-1 5–10 m · Kum-2 10–20 m
Alt tabaka	f_{maks} = 50 Hz → 9 × 0,5556 + 8 × 0,625 + 14 × 0,7143 m = 31 alt tabaka
Birim hacim ağırlık	Kil 18 · Kum 18,8 kN/m³ · γ_w = 9,807 kN/m³
Yeraltı suyu	5,0 m (Kum-1 tepesi)
V_s	120→130 · 130→150 · 150→170 (10–15 m) · 170→210 m/s (15–20 m)
Dayanım	Kil c = 40→70 kPa · Kum ϕ = 28°→30° ve 30°→33°
Eğri ve model	Roblee ve Chiou (2004), doğrusal olmayan, zaman tanım alanı, GQ/H + MRDF-UIUC, Masing dışı, frekanstan bağımsız sönüm
Taban	Elastik yarı-uzay, V_s = 210 m/s, γ = 19 kN/m³, ξ = %1
Girdi	Outcrop. Kobe: 2400 nokta, Δt = 0,02 s, PGA = 0,821 g · ChiChi: 11.800 nokta, Δt = 0,005 s, PGA = 0,183 g
Analizler	Analiz A: boşluk suyu basıncı kapalı (toplam gerilme) · Analiz B: GMP ile boşluk suyu basıncı üretimi açık

19,64 m'deki σ'_v iki programda 221,68 / 221,7 kPa'dır.

Tablo 29. Benchmark 3, Analiz A — toplam gerilme sonuçları

Büyüklük	GeoteknikPro	RSSeismic	Fark
Kobe yüzey PGA	0,4974 g	0,508 g	−2,1 %
Kobe yüzey PGD	21,36 cm	20,9 cm	+2,2 %
Kobe γ_{maks} @ 5,31 m	2,873 %	3,05 %	−5,8 %
Kobe γ_{maks} @ 6,56 m (tepe)	3,162 %	3,245 %	−2,6 %
Kobe γ_{maks} @ 19,64 m	0,896 %	0,874 %	+2,5 %
Kobe τ/σ'_v @ 7,19 m	0,4706	0,478	−1,5 %
ChiChi yüzey PGA	0,1808 g	0,185 g	−2,2 %
ChiChi γ_{maks} @ 9,69 m	0,2500 %	0,251 %	−0,4 %

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Tablo 30. Benchmark 3, Analiz B — boşluk suyu basıncı açık, ChiChi

z (m)	r_u GeoteknikPro	r_u RSSeismic	γ_{maks} GeoteknikPro	γ_{maks} RSSeismic
5,31	0,310	0,315	0,205 %	0,210 %
9,69	0,373	0,374	0,262 %	0,265 %
14,64	0,313	0,310	0,263 %	0,272 %
19,64	0,195	0,184	0,214 %	0,202 %

Kıyas 4 — Bünye yasası

Bu karşılaştırma bir çözücü doğrulaması değildir ve öyle sunulmaz. Tek bir tabakanın bünye yasası, başka bir programın kendi birim şekil değiştirme geçmişi ve kendi parametreleriyle beslenmiş, çıkan gerilme geçmişi karşılaştırılmıştır. Bildirilen uyum, geçmişin tamamında yüksek korelasyon ve birkaç kPa mertebesinde ortalama fark, dış dönüş noktalarında ise sayısal olarak ihmal edilebilir farktır. Bu, yükleme-boşaltma kurallarının doğru kurulduğunu gösterir, zemin kolonunun çözümünü göstermez.

Doğrulama beyanı

Zemin kolonu çözümü, üç bağımsız profilde iki ayrı programla karşılaştırılmıştır. DeepSoil ile yapılan iki karşılaştırmada girdi büyüklükleri (alt tabaka bölme, V_s profili, düşey efektif gerilme, anakaya parametreleri) birebir eşitlenmiş, çıktı büyüklüklerinde (kayma birim şekil değiştirmesi, mobilize gerilme, en büyük ivme, yüzey tepki spektrumu) ortalama fark %1,5'in, RMS fark %2,5'in altında kalmıştır. Şekil değiştirmenin yoğunlaştığı derinlik iki programda da aynı bulunmuştur.

DeepSoil karşılaştırmaları toplam gerilme yolunu kapsar. Boşluk suyu basıncı üretimi (GMP) RSSeismic ile yapılan Kıyas 3'te, iki kayıtla karşılaştırılmıştır. Eşdeğer doğrusal yol düşük genlikte kontrol edilmiştir.

Kapalı çözüm

Doğrusal bölgede, tek tabakalı bir kolon ve elastik yarı-uzay için kuramsal transfer fonksiyonunun tepe değeri ile programın hesabı binde iki mertebesinde uyuşmaktadır. Bu modülün hesapları bağımsız doğrulama örnekleri ve el hesaplarıyla kontrol edilmiştir.

Neyle karşılaştırılmamıştır

Modül, saha ölçümleriyle (kuyu içi kayıt çiftleriyle) karşılaştırılmamıştır, iki boyutlu ya da üç boyutlu sonlu eleman çözümleriyle karşılaştırılmamıştır. Deprem sonrası oturma ya da sıvılaşma sonrası davranış için karşılaştırma yoktur, modül bu büyüklükleri hesaplamaz.

Karşılaştırmaların bir kısmı, Analiz menüsündeki 'Kıyaslamaları çalıştır...' penceresinde tek düğmeden çalıştırılabilir (bkz. 9.4). DeepSoil ve RSSeismic karşılaştırmalarının tamamı bu pencerede yer almaz; bunların sonuçları yukarıdaki tablolarda verilmiştir.

9.4 Kıyaslamaları çalıştır penceresi

Analiz menüsündeki 'Kıyaslamaları çalıştır...' komutu, programda saklı referans değerlerle programın kendi hesaplarını tek pencerede karşılaştırır. Her satırda büyüklük, referans, hesap, hata yüzdesi, tolerans ve kaynak yazılır, sonuç CSV ya da metin dosyası olarak kaydedilebilir. Tolerans bağıl yüzdedir. Toleransı olmayan satır İZLENİYOR olarak işaretlenir: sayı yazılır, geçti ya da kaldı hükmü verilmez. Referansı programda bulunmayan ya da bu pencerede henüz çalıştırılamayan kıyaslar EKSİK olarak, sebebiyle birlikte listelenir, çalıştırılmış gibi gösterilmez.

Bu modülün hesapları bağımsız doğrulama örnekleri ve el hesaplarıyla kontrol edilmiştir. Pencerede kayıt işleme büyüklükleri (SeismoSignal referansları), DeepSoil profil bölme ve eğri kalibrasyonu karşılaştırmaları yer alır; programın hesapladığı değerler pencerede satır satır görülür.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Kayıt işleme referansları SeismoSignal'in aynı kayıt için bildirdiği değerlerdir (ham kayıt, işlem yok). Hasar göstergesi ve etkin çevrim sayısında SeismoSignal'e göre küçük farklar bulunur; bu farklar çevrim sayımının kalıntı ve yarım çevrim ayrıntısından gelmektedir. Bu iki büyüklüğü ihtiyatla kullanın.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

10. Çıktılar, Proje Kaydı ve Köprüler

10.1 Seçmeli dışa aktarım

Word, Excel ve resim çıktıları tek bir içindekiler penceresinden geçer. Bu pencere iki gruba ayrılmıştır: ana rapor kapsamı ve isteğe bağlı ağır ekler. Ana kapsamda proje ve profil girdileri, referans eğri ve kalibrasyon özetleri, kayıt ve sonuç tabloları, kayıt başına derinlik grafikleri, boşluk suyu basıncı özetleri ve tasarım spektrumu ile kazık deplasman talebi yer alır, önerilen ön ayarda bunların hepsi açıktır. Ağır ekler — bütün derinliklerin zaman serileri, bütün yineleme satırları, bünye yasası tanı noktalarının tamamı — varsayılan olarak kapalıdır. Sismik Word raporu düzenlenebilir bir şablondan değil, doğrudan programdan kurulur; bu yüzden Rapor / Çizim › Rapor şablonları… penceresinde Sismik yer almaz ve pencere bunu belirtir.

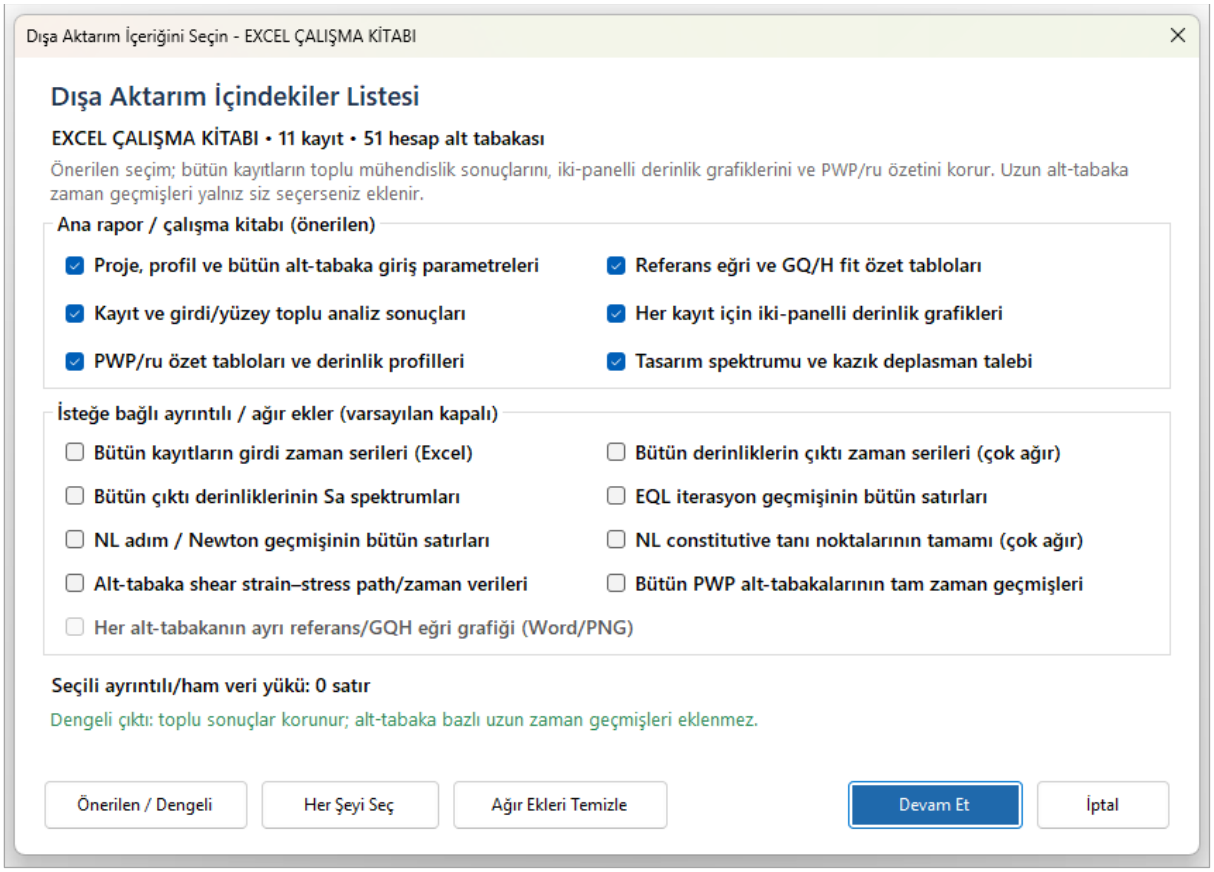
Pencere, seçime göre kaç satır üretileceğini canlı olarak tahmin eder ve seçim belirli bir büyüklüğü aştığında uyarısını kırmızıya çevirir. Bir belgenin niçin yarım saat sürdüğünü sonradan açıklamak yerine, üretilmeden önce söylemek tercih edilmiştir.

Rapor tablolarındaki sayılar tek bir biçimle yazılır. Dört anlamlı basamak esas alınır: 0,1 ve üzerindeki değerlerde en çok üç, 1000 ve üzerinde bir, 10 000 ve üzerinde sıfır ondalık verilir. Bilimsel gösterim yalnız çok küçük (10^{-6}'dan küçük) ya da çok büyük (10^{7} ve üzeri) değerlerde kullanılır. Yüzde değişimler iki ondalıkla yazılır, ham ve nihai değer arasındaki fark yalnız sayısal gürültü düzeyindeyse değişim '0%', oran '1' olarak gösterilir. Başlıklardaki simgeler (T_F, T_p, T_m, $D_{5\text{-}75}$, $D_{5\text{-}95}$, CAV_5, S_{ae} gibi) gerçek alt indisle yazılır, ekran ve Excel etiketleri değişmemiştir.

Tablo 31. Saha analizi çıktıları

Çıktı	İçeriği
Word raporu	Analiz tanımı ve ayarlar, ana zemin profili, hesap alt tabakaları, referans eğriler ve kalibrasyon ekleri, kullanılan kayıtlar, kayıt bazında sonuçlar, kayıt takımı ortalamaları, tasarım spektrumunun belirlenmesi, kazık kinematik deplasman talebi profili, yönetmelik uygulanabilirlik kontrolü, mühendislik kontrol notları. Son dört başlık yalnız uygulanabilir olduklarında görünür ve numaraları buna göre kayar.
Excel çalışma kitabı	Aynı kapsamın sayısal hâli, ağır ekler seçildiğinde zaman serileri ve yineleme geçmişleri de buraya yazılır.
Resim dosyaları	Grafiklerin ayrı ayrı kaydedilmesi.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 30. Dışa Aktarım İçindekiler Listesi penceresi

10.2 Proje kaydı

Saha analizi verisi ayrı bir dosyaya yazılmaz, ana programın tek proje dosyasına (*.geos) bir bölüm olarak girer. Kayıt ve açılış ana programın Dosya menüsünden yapılır. Modülün menüsünde yalnız “Yeni Proje (yalnız bu modül)” komutu vardır: bu komut yalnız bu modülün verisini sıfırlayıp modülü baştan kurar, ana projenin öteki modüllerine dokunmaz. Menüler üstteki ortak bantta durur ve bu modülün sekmesi açıkken görünür.

Ayarlar altındaki “Tasarım yönetmeliği...” komutu ortak yönetmelik penceresini açar, hesabın hangi yönetmeliğe göre yapıldığı buradan seçilir ve ana proje dosyasıyla birlikte kaydedilir. Yalnız programda uygulanmış (Etkin) yönetmelikler seçilebilir; diğerleri gri görünür ve yanında “Bu sürümde kullanılamaz.” notu yer alır. Bu modülde varsayılan ve bugün tek seçenek TBDY 2018’dir. Seçim ana proje dosyasına ve girdi kaydına girer ve rapordaki ayar tablosuna yazılır.

Ayarlar alt menüsünün sonunda “Dil / Language” alt menüsü de bulunur (Türkçe, English, Español, Русский). Seçim programın ortak dilini de değiştirir. Bu modülün kendi metinleri Türkçe ve İngilizcedir; Español ya da Русский seçildiğinde modül İngilizce metinlerle çalışır, ortak sözlükte karşılığı bulunan metinler seçilen dilde görünür. Dil değişikliği yalnız ekrandaki metinleri yeniler, girdilere ve sonuçlara dokunmaz.

Deprem kayıtları, zaman serileriyle birlikte ana proje dosyasında taşınır. Bunun yanında program genelinde kalıcı bir kayıt kütüphanesi de tutulur, projeyi açıp kapatmak ya da “Yeni Proje (yalnız bu modül)” komutunu kullanmak bu kütüphaneyi silmez.

10.3 Kazık temelleri modülüne köprü

Serbest saha kinematik deplasman talebi profili, bütün sonuçlar dışa aktarılırken ayrı bir metin dosyası olarak da yazılır. Dosyanın birinci sütunu derinlik, sonraki sütunları her kayıt ve ek olarak ortalama profildir, başlık satırlarında hangi yönetmelik maddesinin girdisi olduğu, düğüm aralığı ve birimler yazılıdır. Dışa aktarma

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

bittiğinde program, kaç kaydın yazıldığını ve bu dosyanın kazık modülünde nereden seçileceğini söyler. Analiz yapılmamışsa dosya yazılmaz ve bu da söylenir — boş bir dosya, olmayan bir sonucu var gibi gösterir.

Kazık modülü bu dosyayı okuduğunda, yönetmeliğin ilgili ekindeki kinematik etkileşim yolu açılır ve grup azaltma bağıntısı devreye girer. İki modül ayrı çözümler olarak çalıştığı için aktarım dosya üzerindendir; gömülü kullanımda aktarım ayrıca bellek üzerinden de yapılır.

10.4 Ana programa köprü

Modül ana program içinde gömülü çalıştırıldığında iki yönlü bir bağ kurulur. Gelen yönde, geoteknik rapor modülünde tanımlanmış zemin profili bu modülün tablolarına yazılabilir. Giden yönde, bütün saha analizi verisi sıkıştırılmış tek bir metin olarak ana programın proje dosyasına (*.geos) yazılır ve oradan geri okunur, böylece kullanıcı tek dosya taşır. Uzun sayı dizileri kayıpsız ve sıkıştırılmış biçimde yazılır. Bu sürümle kaydedilmiş bir proje dosyası programın eski sürümlerinde açılmaz.

10.5 Sonuçların güncelliği

Analiz başlarken projenin bütün girdisinin bir kaydı alınır ve sonuçla birlikte saklanır. Girdi sonradan değişirse (su tablası, anakaya, kayıt verisi, eşdeğer doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm ayarları, çıktı derinlikleri, tasarım ve kazık parametreleri, tasarım yönetmeliği) sonuç silinmez, ekranda ‘ESKİMİŞ SONUÇ — model değişti, yeniden analiz edin’ uyarısı görünür. Word, Excel ve tam paket çıktısı alınmadan önce program sorar: Evet yeniden analiz yapar, Hayır eski sonuçla devam eder, İptal çıktı almaz. Kayıt listesindeki işaretler, açık sekme ve kayıt rengi bu kayda girmez. Hiç analiz yapılmamış bir sonuç eskimiş sayılmaz.

10.6 PLAXIS 2D saha tepkisi betiği

Analiz menüsündeki ‘PLAXIS 2D saha tepkisi betiği...’ komutu, güncel hesap profilinden (alt tabaka kalınlığı, birim hacim ağırlık, V_s ve küçük şekil değiştirme sönümü) PLAXIS 2D’de dar bir zemin kolonu kuran bir komut betiği üretir. Pencerede üç sekme vardır: ‘Yalnız komutlar’ (panoya kopyalanan metin, açıklama satırı içermez), ‘Açıklamalı’ (bölüm başlıkları, türetmeler ve doğrulanmamış satırların işaretleri) ve ‘Notlar’ (varsayımlar ve doğrulanmamış satırların listesi).

Poisson oranı, kolon genişliği, en yüksek frekans, f_2/f_1 oranı, yan sınır (bağlı serbestlik ya da serbest alan) ve taban türü (kaya mostrası kaydında esnek taban, kuyu içi kayıtta rijit taban) değiştirilip ‘Yenile’ ile betik yeniden üretilir. Zemin modeli varsayılan olarak doğrusal elastiktir ve Rayleigh sönümü ile birlikte kullanılır, G_0, birim hacim ağırlık ve V_s’den türetilir. Rayleigh katsayıları, her tabakanın küçük şekil değiştirme sönümünü profilin doğal frekansı f_1 ve $f_2 = n \cdot f_1$ (varsayılan $n = 5$) frekanslarında sağlayacak biçimde hesaplanır. Eleman boyunun en küçük dalga boyunun sekizde birini aşmaması ölçütü raporlanır.

Dinamiğe özgü satırlar (Rayleigh katsayıları, dinamik faz türü ve zaman aralığı, sınır koşulları, taban deplasmanı ve çarpan tablosu) bir PLAXIS oturumunda henüz denenmemiştir; açıklamalı ön izlemede ‘DOĞRULANMADI’ ile işaretlenir ve Notlar sekmesinde tek tek listelenir. Bu satırları PLAXIS’te kullanmadan önce kontrol edin. Betik bir hesap çözümü değil, PLAXIS’te kurulacak modelin başlangıç betiğidir; PLAXIS sonuçları bu programın eşdeğer doğrusal ya da doğrusal olmayan çözümüyle karşılaştırılmamıştır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

11. Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Aşağıdakiler, bu modülde yanlış sonuca en çok yol açan noktalardır. Hiçbiri programın kusuru değildir, hepsi, bir kararın kullanıcıya ait olmasından doğar.

- Kaydın birimi. İvme birimi yanlış seçilirse her şey doğru görünür, yalnız büyüklük ölçeği yanlış olur. İlk denetim, içe aktarma ön izlemesinde hesaplanan en büyük ivmeye bakmaktır.
- Spektral uyuşumda ‘Tolerans dışı’ etiketi. Etiket, kaydın yakınsama ölçütünü sağlamadığını ve ulaşılan en büyük ve ortalama sapmayı bildirir, kayıt gizlenmez. Kullanılıp kullanılmayacağı müellifin kararıdır.
- Otomatik takım seçimi. Seçim yalnız genlik ölçeklemenin ölçütüne (ortak β’nın en küçüklenmesi) göre yapılır, kayıtların süre ve frekans içeriğini ya da saha koşullarına uygunluğunu değerlendirmez. Deprem kimliği dosya başlığından tahmin edilir, yanlışsa pencerede düzeltilmelidir.
- Eskimiş sonuç uyarısı. Girdi değiştikten sonra ekranda duran sonuç eski girdinin sonucudur. Rapor ya da Excel alınmadan önce programın sorduğu yeniden analiz sorusu, girdi bilerek değiştirilmediyse ‘Evet’ ile yanıtlanmalıdır.

12. Kapsam ve Sınırlar

Modül bir boyutlu, yatay tabakalı saha tepkisi analizi yapar. Aşağıdaki konular kapsamının dışındadır, ilgili ekranlarda bunlara ait bir sayı üretilmez.

- İki ve üç boyutlu zemin davranışı, havza etkisi, topoğrafik büyütme, eğimli tabaka ve düşey dalga dışındaki yayılım biçimleri. Çözüm bir boyutludur ve yatay tabakalıdır.
- Kazık rijitliği, eğrilik, kinematik moment ve yanal yay hesabı. Bu modülün ürettiği serbest saha profili, kinematik etkileşim yönteminin girdisidir, yöntem kazıklı temeller tarafında yürütülür.
- Boşluk suyu basıncının sönümlenmesi, buna bağlı konsolidasyon ve deprem sonrası oturma.
- Çevrim sayısına bağlı bünye bozuşması. Ekrandaki çevrim sayısı girdisi yalnız referans eğrinin sönüm katsayısını etkiler, omurga ve bozuşma çevrim sayısından bağımsızdır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

13. Kaynaklar

Aşağıdaki kaynaklar, modülde uygulanan yöntemlerin dayandığı yayınlardır. Bu liste, hangi yöntemin nereden geldiğini göstermek içindir, yöntemlerin katsayı takımları ve uygulama ayrıntıları bu kılavuzun konusu değildir.

Yönetmelikler ve standartlar

- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) — özellikle Bölüm 2 (deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklenmesi), Bölüm 16 ve Ek 16C (sahaya özel zemin davranışı ve kazık kinematik etkileşimi).

Kayıt işleme ve yer hareketi ölçütleri

- Arias, A. (1970). A measure of earthquake intensity.

Ölçekleme ve spektral uyuşum

- Al Atik, L. ve Abrahamson, N. (2010). An improved method for nonstationary spectral matching.

Dinamik zemin özellikleri ve bir boyutlu davranış

- Darendeli, M. B. (2001). Development of a new family of normalized modulus reduction and material damping curves. Doktora tezi, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, The University of Texas at Austin.
- Groholski, D., Hashash, Y., Kim, B., Musgrove, M., Harmon, J. ve Stewart, J. (2016). Simplified model for small-strain nonlinearity and strength in 1D seismic site response analysis. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 142(9), 04016042. DOI: 10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001496.
- Kramer, S. L. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- Menq, F.-Y. (2003). Dynamic properties of sandy and gravelly soils. Doktora tezi, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, The University of Texas at Austin.
- Park, D. ve Hashash, Y. M. A. (2004). Soil damping formulation in nonlinear time domain site response analysis. Journal of Earthquake Engineering, 8(2), 249–274.
- Phillips, C. ve Hashash, Y. M. A. (2009). Damping formulation for nonlinear 1D site response analyses. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 29, 1143–1158.
- Roblee, C. ve Chiou, B. (2004). A proposed geoindex model for design selection of non-linear properties for site response analyses. Caltrans Geo-Research Group, Sacramento, CA.
- Schnabel, P. B., Lysmer, J. ve Seed, H. B. (1972). SHAKE: A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites. Report No. EERC 72-12, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- Seed, H. B. ve Idriss, I. M. (1970). Soil moduli and damping factors for dynamic response analyses. Report No. EERC 70-10, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.

Boşluk suyu basıncı üretimi

- Green, R. A., Mitchell, J. K. ve Polito, C. P. (2000). An energy-based excess pore pressure generation model for cohesionless soils. Proceedings: John Booker Memorial Symposium, Melbourne, Australia, 16–17 Kasım 2000.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.