TUGAS AKHIR

STUDI PUSTAKA MEKANISME TRANSFER BEBAN PADA "SOIL NAILING" SEBAGAI STRUKTUR PERKUATAN DINDING BASEMEN BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK STUDI KASUS : PROYEK MENARA DEA, JAKARTA

Disusun oleh :

1. Nama : Ery Saptina Yuliati
   No.Mhs. : 91310041
   NIRM : 91005103114120039
2. Nama : Dyan Septita
   No.Mhs. : 91310101
   NIRM : 91005103114120097

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

1996

TUGAS AKHIR

STUDI PUSTAKA MEKANISME TRANSFER BEBAN PADA "SOIL NAILING" SEBAGAI STRUKTUR PERKUATAN DINDING BASEMEN BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK STUDI KASUS : PROYEK MENARA DEA, JAKARTA

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia

untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh

derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun oleh :

1. Nama : Ery Saptina Yuliati
   No.Mhs. : 91310041
   NIRM : 91005103114120039
2. Nama : Dyan Septita
   No.Mhs. : 91310101
   NIRM : 91005103114120097

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

1996

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI PUSTAKA MEKANISME TRANSFER BEBAN
PADA "SOIL NAILING" SEBAGAI STRUKTUR PERKUATAN
DINDING BASEMEN BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK
STUDI KASUS :
PROYEK MENARA DEA, JAKARTA

Disusun oleh :

1. Nama : Ery Saptina Yuliati
   No. Mhs. : 91310041
   NIRM : 91005103114120039
2. Nama : Dyan Septita
   No. Mhs. : 91310101
   NIRm : 91005103114120097

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Luthfi Hasan, MS.
Dosen Pembimbing I

Tanggal : 11 – XI – 96

Ir. Ilman Noor, MSCE.
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 11 – 11 – 96

"...karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,
sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.
Maka apabila kamu telah selesai (dari semua urusan),
kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain,
dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap."
(Q.S. Alam Nasyrah : 5 - 8)

Tengadah jemari ke hadirat Allah SWT,
ucap syukur atas perkenanNya kami menyelesaikan karya ini.

Tugas Akhir ini Ery persembahkan untuk :
Bapak dan ibu tercinta,
kakak-kakak dan keponakan tersayang,
mas Indra terkasih
dan segenap kerabat,
semoga melengkapi kebahagiaan dalam kesederhanaan.

Tugas Akhir ini Dyan persembahkan untuk :
Almarhumah mama (.. even though you're now in heaven,
my love for you still alive in my heart and will never die ..)
Papa tercinta,
dik Adiet tersayang,
mas Yud terkasih
dan segenap kerabat yang telah membangkitkan semangat
kembali dari kedukaan yang amat dalam.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan berkah, rakhmat dan ridhoNya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul *STUDI PUSTAKA MEKANISME TRANSFER BEBAN PADA "SOIL NAILING" SEBAGAI STRUKTUR PERKUATAN DINDING BASEMEN BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK , STUDI KASUS : PROYEK MENARA DEA, JAKARTA* ini ditulis untuk melengkapi persyaratan dalam rangka memperoleh derajat sarjana strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Tugas Akhir dimaksudkan agar mahasiswa dapat mengembangkan ilmu dan penalaran dari pendidikan yang telah diterima selama kuliah serta menerapkannya sesuai dengan kenyataan-kenyataan di lapangan, di mana terkadang perkembangan suatu metode atau teknologi baru di lapangan tidak tercakup dalam materi kuliah sehingga mahasiswa sendirilah yang harus mengejar dan menggali ilmu tersebut. Setelah mahasiswa menyelesaikan Tugas Akhir sebagai sebuah karya ilmiah

diharapkan sedikit banyak dapat memperoleh bekal materi yang benar-benar dikuasai bahkan mengembangkannya di jenjang yang lebih luas.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, kiranya tidak berlebihan jika pada kesempatan ini penulis menghaturkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ir. Susastrawan, MS. , selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. Bambang Sulistiono, MSCE. , selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Ir. Luthfi Hasan, MS. , selaku Dosen Pembimbing Utama.
4. Ir. Ilman Noor, MSCE. , selaku Dosen Pembimbing Kedua.
5. Ir. Tadjuddin BMA, MS. , selaku Dosen Tamu Pendadaran.
6. Ir. Paulus Kurniawan, MBA. , Direktur PT. Pratama Widya, atas kemudahan yang diberikan kepada penyusun.
7. Ir. Rusmiati Wisala, Site Manager PT. Pratama Widya, atas kesempatan berkonsultasi yang diberikan kepada penyusun.
8. Ir. Gunawan Wibisono, pelaksana PT. Pratama Widya pada Menara Dea, atas segala bantuannya yang sangat berarti.
9. Segenap keluarga, kekasih hati dan sahabat setia penyusun, yang tak pernah bosan memberi motivasi untuk menyelesaikan karya ini.

10. Semua pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung telah memberikan bantuan moril maupun materil dari awal hingga detik akhir.

Akhirnya, besar harapan penyusun agar Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan kita semua. Penyusun pun menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu masukan dan saran guna kesempurnaan karya ini sangat penyusun harapkan bagi kemajuan rekayasa sipil di masa yang akan datang.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, November 1996

Penyusun

DAFTAR ISI TUGAS AKHIR

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERSEMBAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii

BAB I. PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan Penelitian 7
1.3 Manfaat Penelitian 8
1.4 Batasan Penelitian 9
1.5 Metodologi 9
1.6 Kerangka Isi 9

BAB II. ELEMEN-ELEMEN "SOIL NAILING" SEBAGAI STRUKTUR PERKUATAN DINDING GALIAN
2.1 Tinjauan Umum 11
2.2 Elemen-elemen "Soil Nailing" 13
2.2.1 Inklusi ("nail") 14
1. "Driven Nails" 14
2. "Grouted Nails" 16
3. "Jet grouted Nails" 20
4. "Corrosion Protected Nails" 21
2.2.2 Lapis Permukaan ("facing") 23
1. "Shotcrete facing" 24
2. "Welded Wire Mesh facing" 25
3. "Cast in Place Concrete facing" 25
4. "Prefabricated Element facing" 26
2.2.3 Drainasi 28
1. "Short tubes" 28
2. "Back facing drain" 29
2.2.4 Pengunci 30

BAB III. MEKANISME TRANSFER BEBAN PADA "SOIL NAILING"
3.1 Tinjauan Umum 31
3.2 Konsep Dasar Perkuatan Tanah Setempat 32
3.3 Prosedur Perencanaan 35
3.4 Analisis Berdasarkan Bidang Kelongsoran Segitiga..... 36
3.4.1 Analisis Stabilitas Eksternal 37
1. Tinjauan terhadap stabilitas geser 38
2. Tinjauan terhadap stabilitas guling 41
3. Tinjauan terhadap daya dukung tanah 41
3.4.2 Analisis Stabilitas Internal 43
1. Analisis berdasarkan "breaking failure" 44
2. Analisis berdasarkan "pull out failure" 45
3. Kontrol kegagalan "nail" berdasarkan analisis batas kinematik (Juran, 1988) 47
3.5 Analisis Berdasarkan Bidang Kelongsoran Bi-linier 49
3.6 Analisis Berdasarkan Bidang Kelongsoran Sirkuler 51
3.7 Efek Pasca Konstruksi 52

BAB IV. DESAIN "SOIL NAILING" MENGGUNAKAN PROGRAM SNAIL 2.11, STUDI KASUS : PROYEK MENARA DEA, JAKARTA
4.1 Tinjauan Umum 54
4.2 Parameter Perencanaan 58
4.2.1 Bentuk geometri dinding 58
4.2.2 Parameter perkuatan 60
4.2.3 Parameter tanah 61
4.2.4 Batas pelacakan 62
4.2.5 Beban tambahan 62
4.2.6 Percepatan gempa 63
4.2.7 Permukaan air tanah 63
4.2.8 Aturan tambahan 63
4.3 Perencanaan Dinding "Soil Nailing" 64
4.3.1 Perhitungan Pendahuluan 65
4.3.2 Analisis kestabilan eksternal 68
4.3.3 Analisis kestabilan internal 70
4.4 Pemasukan Data Pada Program SNAIL 2.11 72
4.4.1 Desain I 73
4.4.2 Hasil Desain I 74
4.4.3 Desain II 81
4.4.4 Hasil Perencanaan Desain II 82
4.5 Evaluasi Perencanaan 82

BAB V. PELAKSANAAN PERKUATAN DINDING GALIAN DENGAN METODE "SOIL NAILING" PADA PROYEK MENARA DEA, JAKARTA
5.1 Tinjauan Umum 86
5.2 Pekerjaan Penggalian 86
5.3 Pekerjaan Pemasangan Elemen Drainasi dan "Wire Mesh" 87
5.4 Pekerjaan Pengeboran 89
5.5 Pekerjaan "Flushing" 90
5.6 Pemasukan Baja Tulangan Berulir 90
5.7 Pekerjaan "Grouting" 92
5.8 Pekerjaan "Shotcrete" 92
5.9 Pekerjaan Finishing 93
5.10 Pekerjaan Monitoring 94
5.10.1 Pemantauan dengan inklinometer 94
5.10.2 Test "pull out" 96

BAB VI. PEMBAHASAN
6.1 Tinjauan Umum 97
6.2 Analisis Hubungan Antara Faktor Keamanan dengan Kemiringan Lereng 97
6.3 Analisis Hubungan Antara Faktor Keamanan dengan Sudut Inklinasi "Nail" 100
6.4 Analisis Hubungan Antara Faktor Keamanan dengan Spasi Horizontal .. 101
6.5 Analisis Hubungan Antara Faktor Keamanan dengan Diameter Baja Tulangan 103
6.6 Analisis Hubungan Antara Faktor Keamanan dengan Diameter Lubang "Grout" 105

BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN
7.1 Kesimpulan 107
7.2 Saran 108
7.3 Rekomendasi 109

DAFTAR PUSTAKA 111
LAMPIRAN-LAMPIRAN 113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Metode struktur penahan tanah konvensional (a)pasangan batu, (b)beton bertulang, (c)sheet pile, (d)soldier pile
Gambar 1.2 Klasifikasi jenis-jenis struktur perkuatan tanah (O'Rouke&Jines,1990)
Gambar 2.1 Perbedaan metode konvensional dengan metode "soil nailing" pada pekerjaan galian terowongan di Austria (Juran, 1990)
Gambar 2.2 "Soil nailing" (a)sebagai struktur dinding penahan tanah dan (b)sebagai perkuatan lereng (Juran,1990)
Gambar 2.3 Detail "soil nailing" (Juran&Elias,1990)
Gambar 2.4 "Grouted Nails" (Juran,1990)
Gambar 2.5 "Jet grouted Nails" (Juran,1990)
Gambar 2.6 "Solrenfor Nails" (Juran,1990)
Gambar 2.7 "Intrafor Color Nails" (Juran,1990)
Gambar 2.8 Lapis permukaan "prefabricated steel panels" menghasilkan penampilan yang estetik (Juran,1990)
Gambar 2.9 Drainasi menggunakan "short tubes"
Gambar 2.10 Drainasi menggunakan "back facing drain" dari lembaran geotekstil
Gambar 2.11 "Nail" yang telah dilengkapi dengan pengunci
Gambar 3.1 Metode perkuatan tanah dengan teknik penggalian atas ke bawah menggunakan "anchor" (Bruce&Abramson,1994)
Gambar 3.2 Pengujian geser langsung untuk tanah yang diperkuat (Jewell,1990)
Gambar 3.3 Uraian komponen gaya tanah tanpa perkuatan
Gambar 3.4 Uraian komponen gaya tanah dengan perkuatan
Gambar 3.5 Bidang kelongsoran segitiga
Gambar 3.6 Stabilitas konstruksi terhadap gaya-gaya eksternal (a)geser, (b)guling (c)daya dukung tanah (Bruce&Abramson,1994)
Gambar 3.7 Gaya-gaya yang bekerja pada dinding basemen
Gambar 3.8 Stabilitas struktur terhadap gaya-gaya internal
Gambar 3.9 Stabilitas internal (a)patah geser, (b)patah tarik (Bruce&Abramson,1994)
Gambar 3.10 Analisis pendekatan dengan metode batas kinematik (Juran&Elias,1990)
Gambar 3.11 Bidang kelongsoran bi-linier
Gambar 3.12 Uraian gaya-gaya pada dua bagian massa tanah (Caltrans,1993)
Gambar 3.13 Bidang kelongsoran sirkuler

Gambar 3.14 Skema deformasi pada dinding "soil nailing" (Yap,1993)
Gambar 3.15 Grafik hubungan antara besarnya pergeseran horizontal pada dinding "soil nailing" dengan ketinggian dinding (Jewell,1990)
Gambar 4.1 Bagan alur perencanaan "soil nailing"
Gambar 4.2 Posisi parameter bentuk geometri dinding
Gambar 4.3 Parameter perkuatan
Gambar 4.4 Contoh penempatan beban tambahan
Gambar 4.5 Geometri dinding basemen yang direncanakan
Gambar 4.6 Uraian diagram tekanan tanah lateral
Gambar 4.7 Grafik deformasi hasil test "pull out" pada profil III row III
Gambar 4.8 Grafik deformasi hasil test "pull out" pada profil IV row III
Gambar 5.1 Penggalian satu lapisan dengan "backhoe"
Gambar 5.2 Susunan pemasangan "wire mesh" dan "core drain"
Gambar 5.3 Alat bor "Soil Mach" SM 301
Gambar 5.4 "Nail" yang dilengkapi "centralizer" dan "drat"
Gambar 5.5 Pemasukan "nail" secara manual
Gambar 5.6 Pekerjaan "shotcrete"
Gambar 5.7 Pemasangan plat penutup "nail"
Gambar 5.8 Hasil monitoring pergerakan horizontal pada sebuah dinding "soil nailing" (Clouterre,1989)
Gambar 5.9 Peralatan test "pull out"
Gambar 6.1 Grafik hubungan antara SF dengan kemiringan lereng
Gambar 6.2 Grafik hubungan antara SF dengan sudut inklinasi nail
Gambar 6.3 Grafik hubungan antara SF dengan spasi horizontal
Gambar 6.4 Grafik hubungan antara SF dengan diameter baja tulangan
Gambar 6.5 Grafik hubungan antara SF dengan diameter lubang "grout"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rangkuman karakteristik berbagai jenis "nail"
Tabel 2.2	Rangkuman karakteristik berbagai lapis permukaan
Tabel 3.1	Koefisien daya dukung tanah Terzaghi (Kumbhojkar,1993)
Tabel 4.1	Uraian perhitungan tekanan-tekanan tanah
Tabel 5.1	Hasil test "pull out" pada profil III row III
Tabel 5.2	Hasil test "pull out" pada profil III row IV
Tabel 6.1	Hubungan antara SF dengan kemiringan lereng
Tabel 6.2	Hubungan antara SF dengan sudut inklinasi "nail"
Tabel 6.3	Hubungan antara SF dengan spasi horizontal
Tabel 6.4	Hubungan antara SF dengan diameter baja tulangan
Tabel 6.5	Hubungan antara SF dengan diameter lubang "grout"

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Input data perencanaan "Soil Nailing" pada program SNAIL
Lampiran 2. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 3. Output optimasi dinding tanpa perkuatan 70^0
Lampiran 4. Output optimasi dinding tanpa perkuatan 75^0
Lampiran 5. Output optimasi dinding tanpa perkuatan 80^0
Lampiran 6. Output optimasi dinding tanpa perkuatan 85^0
Lampiran 7. Output optimasi dinding tanpa perkuatan 90^0
Lampiran 8. Output optimasi dinding dengan perkuatan 70^0
Lampiran 9. Output optimasi dinding dengan perkuatan 75^0
Lampiran 10. Output optimasi dinding dengan perkuatan 80^0
Lampiran 11. Output optimasi dinding dengan perkuatan 85^0
Lampiran 12. Output optimasi dinding dengan perkuatan 90^0
Lampiran 13. Input data optimasi diameter baja tulangan 18 mm
Lampiran 14. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 15. Input data optimasi diameter baja tulangan 24 mm
Lampiran 16. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 17. Input data optimasi diameter baja tulangan 28 mm
Lampiran 18. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 19. Input data optimasi diameter baja tulangan 46 mm
Lampiran 20. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 21. Input data optimasi diameter lubang grout 10 cm
Lampiran 22. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 23. Input data optimasi diameter lubang grout 15 cm
Lampiran 24. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 25. Input data optimasi diameter lubang grout 25 cm
Lampiran 26. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 27. Input data optimasi diameter lubang grout 30 cm
Lampiran 28. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 29. Input data optimasi spasi horizontal 1m
Lampiran 30. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 31. Input data optimasi spasi horizontal 1.25 m
Lampiran 32. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 33. Input data optimasi spasi horizontal 1.75 m
Lampiran 34. Output hasil perhitungan SNAIL

Lampiran 35. Input data optimasi spasi horizontal 2 m
Lampiran 36. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 37. Input data optimasi sudut inklinasi nail 0^0
Lampiran 38. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 39. Input data optimasi sudut inklinasi nail 5^0
Lampiran 40. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 41. Input data optimasi sudut inklinasi nail 10^0
Lampiran 42. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 43. Input data optimasi sudut inklinasi nail 20^0
Lampiran 44. Output hasil perhitungan SNAIL
Lampiran 45. Hasil test "pull out" pada profil III row IV
Lampiran 46. Hasil test "pull out" pada profil III row III
Lampiran 47. Denah lokasi pemasangan "soil nailing" pada proyek Menara Dea
Lampiran 48. Hasil tes sondir untuk mengambil nilai perlawanan konus (qc)
Lampiran 49. Dokumentasi pelaksanaan "soil nailing" pada proyek Menara Dea

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa Pembangunan Jangka Panjang Tahap II ini, Indonesia telah memasuki babakan kemajuan di bidang perekonomian yang cukup berarti. Perkembangan ini menuntut antisipasi dalam penyediaan sarana dan prasarana yang mendukung pertumbuhan perekonomian, berupa perkantoran, pertokoan, perumahan dalam skala besar dan bangunan-bangunan utilitas lainnya.

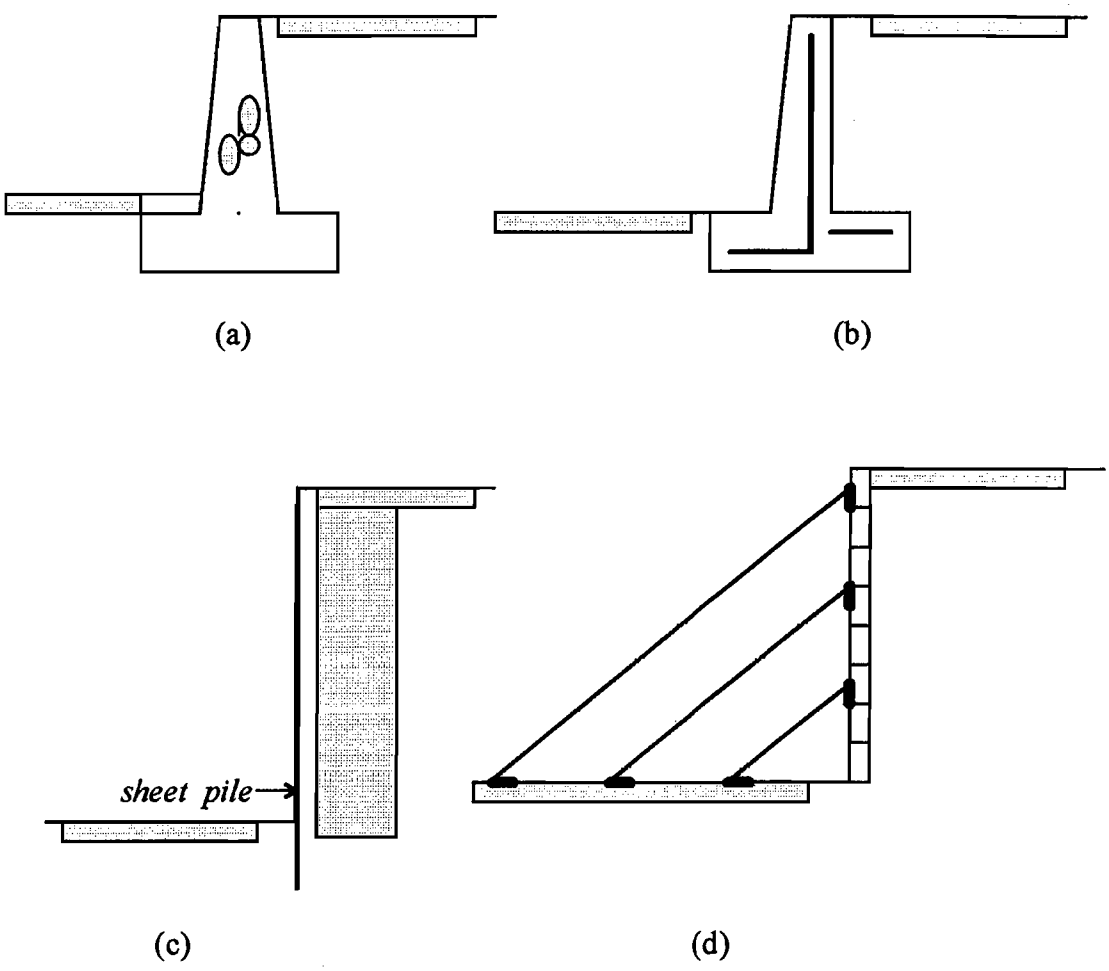
Memenuhi tuntutan tersebut terutama di daerah-daerah perkotaan, tempat kegiatan ekonomi berpusat, dengan karakteristik keterbatasan lahan dan daerah antar bangunan padat maka timbul suatu kecenderungan dibangunnya gedung-gedung bertingkat banyak ("multistorey building"). Pembangunan gedung-gedung tersebut menjadi tantangan tersendiri bagi kalangan ilmuwan, praktisi dan teknisi di bidang konstruksi, karena menuntut pengetahuan struktur yang pelik. Dengan makin tingginya bangunan diatas tanah, untuk kestabilan mekanika suatu bangunan maka diperlukan pula pembangunan bertingkat banyak di bawah tanah (basemen).

Dengan adanya bangunan basemen maka diperlukan suatu struktur perkuatan dinding galian. Struktur perkuatan dinding galian yang telah kita kenal seperti dinding

penahan tanah dari pasangan batu , beton bertulang, "sheet pile", dan"soldier pile". Kehadiran beberapa metode struktur dinding penahan tanah di atas tidak lagi menjadi efisien untuk bangunan "multistorey" karena sifatnya dengan prinsip kantilever sehingga akan menjadi sulit dan mahal untuk bangunan diatasnya. Selain itu kekurangan kekurangan yang dihadapi seperti pada dinding penahan tanah dari pasangan batu kali atau batu bata (gambar 1.1a) , memerlukan dimensi yang relatif besar sehingga memerlukan pembebasan areal yang luas pula. Jika dibuat dari beton bertulang (gambar 1.1 b) memerlukan kecermatan dalam pekerjaan penulangan dan pengecoran. Serta jika dengan "sheet pile" dan "soldier pile" (gambar 1.1c & d) terpaku pada keterbatasan panjang pile dan memerlukan teknologi yang tidak sederhana. Berdasarkan kenyataan-kenyataan tersebut, metode "soil nailing" diperkenalkan dengan menawarkan nilai solusi teknis yang cukup efisien dalam pelaksanaan struktur perkuatan dinding galian.

Metode "soil nailing" diperkenalkan pertama kali di Versailles Perancis tahun 1972 sebagai struktur dinding penahan tanah dengan kemiringan lereng 70 derajat dan kedalaman 18 meter. Metode ini makin berkembang terutama di Perancis, Jerman dan Amerika sebagai struktur perkuatan dinding galian dan stabilitas lereng. Seperti di Amerika pertama kali menggunakan "soil nailing" sebagai perkuatan dinding galian untuk proyek pembangunan hotel Good Samaritan (Portland,Oregon,1976) dengan ketinggian 14 meter dan tahun 1993 di Seattle digunakan sebagai perkuatan dinding

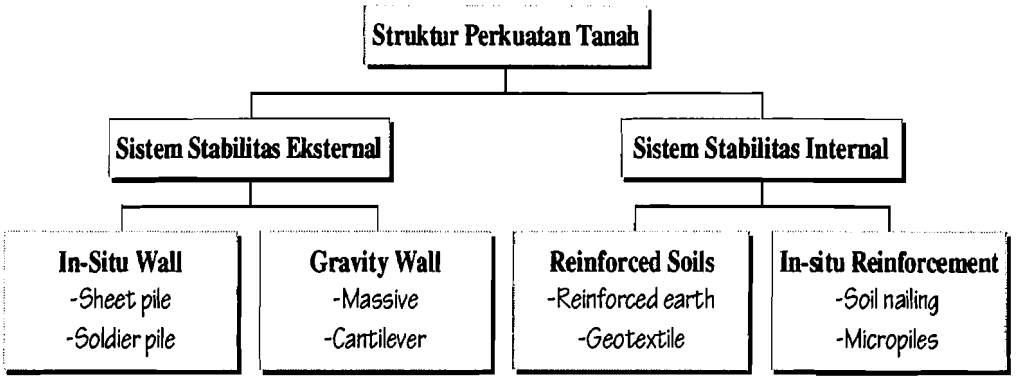
galian dengan ketinggian mencapai 23 meter. Selain itu di Perancis juga digunakan sebagai struktur perkuatan dinding galian permanen dengan ketinggian 28 meter di Lyon (1984).



Gambar 1.1 Metode struktur penahan tanah konvensional (a)pasangan batu, (b) beton bertulang, (c) sheet pile, (d) soldier pile

Konsep dasar "soil nailing" adalah perkuatan tanah dengan memberi inklusi-inklusi pasif dengan jarak tertentu sehingga meningkatkan kuat geser tanah pada bidang longsor dengan adanya tambahan komponen gaya geser dan tambahan tahanan normal, menahan terjadinya pergerakan tanah serta membatasi penurunan tanah selama dan setelah penggalian.

Metode "soil nailing" termasuk jenis perkuatan tanah sistim stabilitas internal, yaitu sistim yang elemen strukturnya berada di dalam tanah. Elemen struktur tersebut menambah kuat geser tanah pada bidang kelongsoran dan kestabilan tanah sehingga struktur tersebut dapat menahan gaya yang besifat meruntuhkan tanah. Sistim ini berbeda dengan sistim stabilitas eksternal yang menggunakan berat strukturnya untuk melawan beban luar yang meruntuhkan tanah. Pengelompokan jenis-jenis struktur perkuatan tanah ke dalam sistim stabilitas internal dan eksternal dilakukan oleh O'Rouke & Jones (1990), seperti tercantum pada gambar 1.2.



Gambar 1.2 Klasifikasi jenis-jenis struktur perkuatan tanah
(O'Rouke&Jones,1990)

"Soil nailing" pada aplikasinya dapat digunakan sebagai perkuatan lereng dan perkuatan dinding galian. Sebagai perkuatan lereng "soil nailing" merupakan metode "low-cost" yang tidak membutuhkan banyak peralatan berat dan ketrampilan kerja yang tinggi dibandingkan dengan metode perkuatan lereng yang lain (Hausmann,1990). Sedangkan sebagai perkuatan dinding galian "soil nailing" memiliki keuntungan-keuntungan utama sebagai berikut (Ilan Juran ,1990.) :

1. Material yang digunakan untuk melaksanakan metode "soil nailing", seperti baja tulangan, material grout (air dan semen) dan perlengkapan facing mudah diperoleh tanpa harus melalui pemesanan khusus.
2. Pelaksanaan konstruksi "soil nailing" tidak membutuhkan teknologi tinggi dan banyak peralatan berat. Misalnya, pemasukan baja tulangan ke dalam lubang bor dilakukan secara manual dengan tenaga manusia (kecuali untuk "driven nail"), pelaksanaan "grouting" dan "shotcrete" dapat dilakukan dengan bantuan peralatan sederhana (pipa tremie) serta pemasangan baut pengunci dilakukan dengan manual.
3. Struktur "soil nailing" bersifat fleksibel, disainnya mudah dimodifikasi ataupun dioptimasi sekalipun pada saat konstruksi berlangsung. Misalnya, apabila pada saat pengeboran menemui hambatan (dapat berupa bongkahan batu yang sangat keras, pipa ataupun saluran umum), maka disain titik "nail" khusus pada lokasi tersebut dapat digeser atau mengubah sudut inklinasi "nail" titik tersebut.

4. "Soil nailing" menggunakan material "nail" dalam jumlah banyak, sehingga jika terjadi kegagalan pada salah satu "nail"-nya, tidak akan mengganggu kestabilan struktur secara umum.
5. Dari keempat hal di atas, dapat dikatakan bahwa metode "soil nailing" relatif ekonomis dalam hal pembiayaan dan pelaksanaan.

Meskipun demikian, seperti pada struktur perkuatan tanah yang lain, "soil nailing" juga mempunyai kerugian serta keterbatasan penerapan. Kerugian dan keterbatasan tersebut diantaranya adalah :

1. Metode ini tidak begitu cocok untuk tanah "very soft cohesive soil" karena tanah tersebut umumnya mempunyai koefisien permeabilitas yang kecil sehingga air tanah akan lama mengalirnya yang akhirnya akan menyebabkan korosi bagi inklusi baja.
2. "Soil nailing" tidak efisien jika digunakan untuk galian yang tidak dalam karena dengan pertimbangan penggalian dan pelaksanannya akan lebih efisien jika digunakan metode lain, seperti dinding penahan tanah dengan pasangan batu dan beton bertulang ataupun kantilever.
3. "Soil nailing" membutuhkan area bebas di belakang dinding galian untuk menempatkan "nail", sehingga keberadaan "existing material" seperti pondasi bangunan tetangga, pipa PAM, saluran drainasi kota dan kabel-kabel utilitas harus dideteksi sejak awal agar tidak terganggu oleh pemasangan "soil nailing".

4. Beberapa jenis "nail" ("driven nail" dan "grouted nail") hanya dapat digunakan untuk "temporary retaining wall" yaitu dinding perkuatan yang difungsikan untuk sementara (biasanya memiliki usia kerja sekitar 2 tahun) mengingat faktor usia ketahanan baja tulangan di dalam tanah. Untuk penggunaan "permanent retaining wall" yaitu dinding perkuatan yang difungsikan terus menerus harus digunakan nail yang tahan karat dan lapis permukaan "prefabricated concrete" atau "steel panels".

Metode "soil nailing" ini telah berkembang pesat selama dua dekade terakhir ini di seluruh dunia, namun baru dikenal di Indonesia pada awal 1990. Sebagai hal yang baru di Indonesia tentu saja banyak permasalahan yang berhubungan dengan metode "soil nailing" ini dengan berbagai kelebihan dan kekurangannya yang menarik untuk dikupas. Kenyataan seperti inilah yang mendasari dilakukan penelitian berdasarkan studi pustaka terhadap "soil nailing" sebagai struktur perkuatan dinding galian.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian berdasarkan studi pustaka yang disertai studi kasus pada tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis mekanisme transfer beban yang terjadi antara "soil nailing" dengan tanah.

2. Mengamati prosedur pelaksanaan "soil nailing"
3. Mencermati aplikasi "soil nailing" di salah satu proyek yang menggunakan metode ini sebagai dinding penahan tanahnya.
4. Melakukan perancangan praktis dengan menjalankan program SNAIL 2.11 dari Caltrans.
5. Melakukan optimasi terhadap pengaruh beberapa elemen struktur dari "soil nailing".

1.3 Manfaat Penelitian

Diharapkan pada penelitian ini akan memberikan manfaat yang berarti, antara lain :

1. Memberikan wawasan baru untuk mendisain suatu struktur dinding penahan tanah dengan metode "soil nailing".
2. Memberikan pengetahuan mengenai parameter-parameter disain "soil nailing" sehingga untuk kelanjutannya disain metode ini dapat dioptimasikan.
3. Memberikan pengetahuan mengenai perilaku struktur "soil nailing" sehingga penerapannya pada kondisi lapangan yang berbeda-beda dapat dianalisis sesuai perilakunya.
4. Merangsang penelitian berikutnya tentang "soil nailing" pada mahasiswa Teknik Sipil terutama di Indonesia khususnya bidang Geoteknik.

1.4 Batasan Penelitian

Tinjauan pengupasan pustaka dan studi kasus di lapangan dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Struktur "soil nailing" yang diteliti merupakan struktur perkuatan dinding basemen bangunan bertingkat banyak.
2. Struktur bersifat "temporary retaining wall".
3. Struktur menggunakan elemen "grouted nail".
4. Lapis permukaan dikerjakan dengan metode "shotcrete".

1.5 Metodologi

Penulisan tugas akhir ini akan dilakukan dengan cara :

1. Studi pustaka dari beberapa buku literatur, jurnal-jurnal dan tulisan-tulisan ilmiah serta manual program SNAIL 2.11.
2. Pengamatan pelaksanaan "soil nailing" di lapangan.
3. Perancangan praktis dengan menggunakan program SNAIL 2.11.
4. Optimasi sederhana terhadap pengaruh beberapa elemen struktur "soil nailing".

1.6 Kerangka Isi

1. Bab I. PENDAHULUAN, berisi latar belakang, manfaat dan tujuan studi literatur dan metodologi pembahasan.

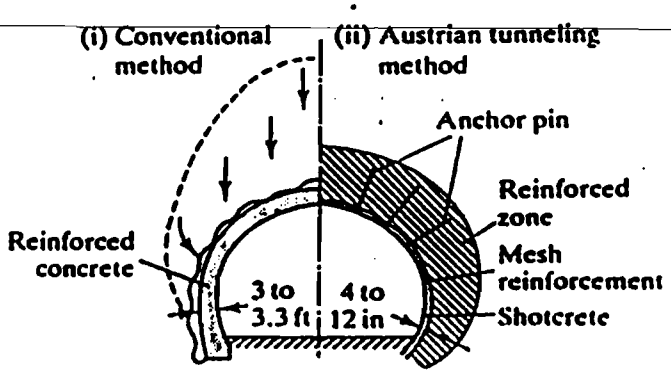
2. Bab II. ELEMEN-ELEMEN STRUKTUR "SOIL NAILING" SEBAGAI STRUKTUR PERKUATAN DINDING GALIAN, berisi tinjauan aplikasi "soil nailing", pengupasan elemen struktur dan non struktur secara umum.
3. Bab III. MEKANISME TRANSFER BEBAN PADA "SOIL NAILING", berisi prosedur perencanaan "soil nailing" beserta metode analisisnya.
4. Bab IV. PERENCANAAN SOIL NAILING PADA SEBUAH PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM SNAIL 2.11, berisi penjelasan mengenai program SNAIL 2.11 dan perencanaan dengan menggunakan parameter disain dari hasil studi kasus.
5. Bab V. PELAKSANAAN "SOIL NAILING" PADA PROYEK MENARA DEA JAKARTA, berisi hasil pengamatan studi kasus.
6. Bab VI. PEMBAHASAN, berisi hasil optimasi beberapa elemen struktur beserta pembahasan pengaruhnya.
7. Bab VII. KESIMPULAN DAN SARAN

BAB II

ELEMEN-ELEMEN "SOIL NAILING" SEBAGAI STRUKTUR PERKUATAN DINDING GALIAN

2.1 Tinjauan Umum

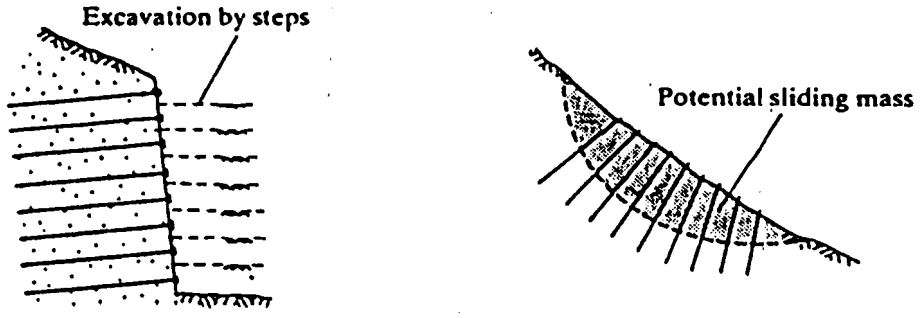
Metode "soil nailing" lahir dari pengembangan sistem kombinasi antara "shotcrete" dan "rockbolting" (gambar 2.1) yang dipakai sebagai sistem penunjang pada galian terowongan yang digunakan pada New Austrian Tunnelling Methode (NATM) . Pada prinsipnya metode ini dapat dikatakan sebagai struktur "reinforced earth" , di mana perbedaan utama keduanya hanya pada masalah pemakaian : "soil nailing" digunakan pada pekerjaan penggalian ("excavation") dan "reinforced earth" pada pekerjaan penanggulan ("embankment").



Gambar 2.1 Perbedaan metode konvensional dengan metode "soil nailing" pada pekerjaan galian terowongan di Austria (Juran,1990)

Pada dasarnya aplikasi metode "soil nailing" ini adalah perkuatan lereng dan struktur perkuatan dinding galian (gambar 2.2). Perbedaan diantara keduanya adalah:

1. Pada "soil nailing" sebagai perkuatan lereng penempatan inklusinya mendekati tegak lurus terhadap bidang kelongsoran, fungsi yang bekerja dominan adalah tegangan geser dan kekakuan dari inklusi tersebut.
2. Pada "soil nailing" sebagai struktur perkuatan dinding galian, penempatan inklusinya cenderung kearah horisontal sedangkan fungsi yang bekerja dominan adalah kuat tariknya (pull out).



Gambar 2.2 "Soil nailing" (a)sebagai struktur dinding penahan tanah dan (b)sebagai perkuatan lereng (Juran,1990)

Nilai ekonomis dan efektif pada metode ini didasarkan pada tingkat pelaksanaannya yang fleksibel serta komponen-komponen utamanya yang mudah diperoleh. Oleh karena itu, sangat diperlukan pengetahuan tentang teknologi pemasangan dan pengetahuan tentang material komponen itu sendiri.

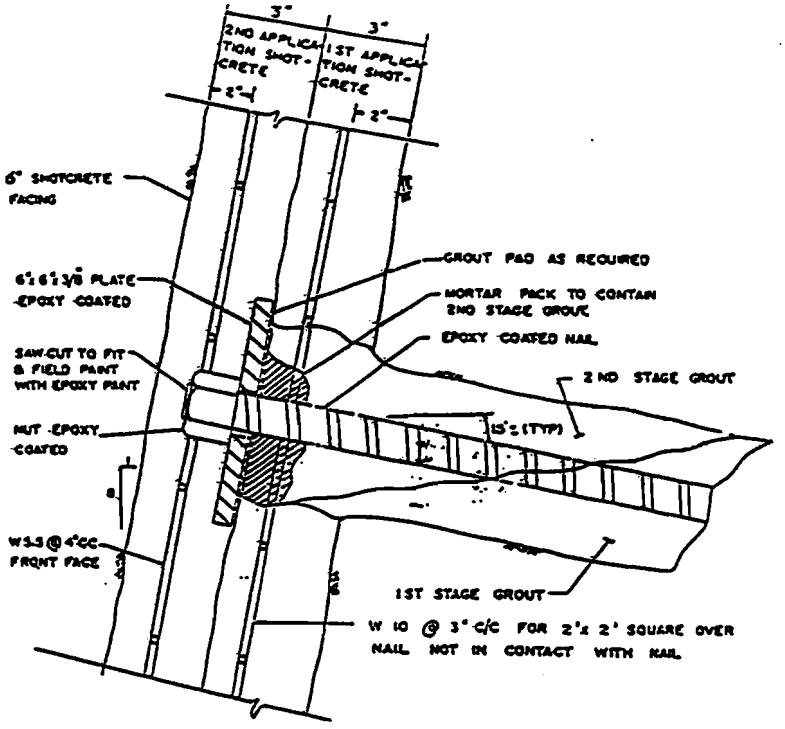
2.2 Elemen-elemen "Soil nailing"

Elemen struktur merupakan bagian struktur yang langsung berhubungan dengan beban yang ditahan dalam hal ini elemen strukturnya berupa inklusi. Sedangkan bagian yang merupakan pelengkap struktur disebut elemen non struktur yaitu berupa "facing", drainasi dan pengunci. Detail elemen-elemen struktur dan non struktur "soil nailing" dapat dilihat pada gambar (2.3).

Inklusi yang biasa digunakan adalah berupa baja tulangan atau baja jenis lainnya yang mampu menahan gaya-gaya tarik, geser dan momen lentur. Inklusi tersebut ditempatkan dalam lubang-lubang bor dan diisi adukan beton cair ("grouting") sepanjang total panjang lubang, atau dipancang kedalam tanah. Penempatan inklusi dilakukan pada jarak yang rapat dan biasanya seragam antara spasi horisontal dan spasi vertikalnya. "Facing" sebagai elemen non struktur berfungsi untuk menjamin kestabilan lokal tanah antar lapis perkuatan dan mencegah erosi permukaan tanah serta pengaruh cuaca. Inklusi dan "facing" dikerjakan segera setelah penggalian tiap lapis selesai untuk mengatasi dekompresi tanah juga mencegah berubahnya karakteristik mekanik tanah tersebut.

"Soil nailing" biasanya digunakan untuk "temporary retaining wall" karena pertimbangan keawetan inklusi baja di dalam tanah dan keawetan "facing". Untuk mengatasi keterbatasan ini, beberapa tahun terakhir perkembangan teknologi

difokuskan pada produksi "nail" yang tahan korosi dan "facing" dari beton fabrikasi juga dari baja panel.



Gambar 2.3 Detail "soil nailing" (Juran&Elias,1990)

2.2.1 Inklusi ("nail")

Inklusi yang digunakan terdiri dari berbagai jenis dengan karakteristik yang berbeda dan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. "Driven nail"

Inklusi jenis ini dipancang langsung ke dalam tanah tanpa tanah dibor terlebih dahulu. Alat yang digunakan adalah "vibropercussion pneumatic" dan "hydraulic

hammer". Pemancangan dengan "vibropercussion pneumatic" memanfaatkan getaran yang dihasilkan mesin untuk memudahkan "nail" terpancang ke dalam tanah akibat bergetarnya struktur tanah. Alat ini mempunyai kelebihan antara lain tidak menimbulkan polusi suara serta getarannya yang lembut tidak menimbulkan gangguan pada bangunan-bangunan di sekitarnya. Sedangkan pemancangan dengan "hydraulic hammer" pada prinsipnya "nail" dipukul dengan hammer yang digerakkan dengan tenaga hidrolik agar dapat masuk ke dalam tanah.

Inklusi yang digunakan biasanya baja mutu sedang dengan kuat leleh 350 Mpa dipasang dengan jarak rapat (2 - 4 buah "nail" permeter persegi) dan dapat berupa:

a) pipa baja ataupun baja tulangan ulir diameter (15 - 46 mm)

b) baja profil siku ukuran 5x50x50 dan 6x60x60 mm

Inklusi semacam ini cocok untuk digunakan pada kondisi tanah granular sebab dengan metode "driven nails" berarti tanah ini menjadi lebih padat sehingga dapat mengikat sepanjang inklusi dan cukup meningkatkan kuat geser tanah pada areal yang diperkuat. Keuntungan menggunakan "driven nails" adalah teknik pemasangannya yang cepat dan ekonomis mencapai 4 - 6 "nail" per jam. Sedangkan kerugiannya, panjang inklusi terbatas pada panjang baja yang tersedia di pasaran (12 meter) dan ketukan yang dilakukan terhadap inklusi dapat menghilangkan lapisan proteksi dan mengurangi batas waktu korosi.

"Driven nail" mempunyai sifat yang mirip dengan tiang pancang, yaitu pertahanan sepanjang inklusi baja dilakukan oleh gesekan dan atau lekatan tanah dengan baja. Untuk tanah dengan nilai sudut gesek dalam tinggi (seperti jenis tanah pasir) maka beban akan ditahan oleh gesekan antara "nail" dengan tanah sekelilingnya (sifat "friction pile"). Sedangkan bila kondisi tanah mempunyai nilai kohesi tinggi, beban akan ditahan oleh pelekatan antara tanah dengan "nail" (sifat "adhesive pile"). Mengingat sifat tersebut, maka penggunaan baja tulangan bersirip akan lebih efektif dibanding dengan penggunaan baja tulangan polos karena daerah pertahanan gesekan dan atau lekatan akan lebih luas pada baja tulangan bersirip selain itu daerah antar sirip pada tulangan bersirip dengan jarak tertentu akan memberikan tahanan pasif yang cukup tinggi.

Satu hal lagi yang perlu diperhatikan adalah dalam pemancangan untuk jenis "nail" ini adalah bahaya tekuk ("buckling") yang mungkin terjadi pada "nail" jika jarak alat pemancangan dengan muka dinding galian terlalu jauh, mengingat pada penampang baja yang kecil akan mudah terjadi tekuk akibat bekerjanya gaya tekan pemancang. Jika hal ini dibiarkan maka sampai pada suatu batas tertentu baja dapat patah akibat tekuk yang terjadi.

2. "Grouted nails"

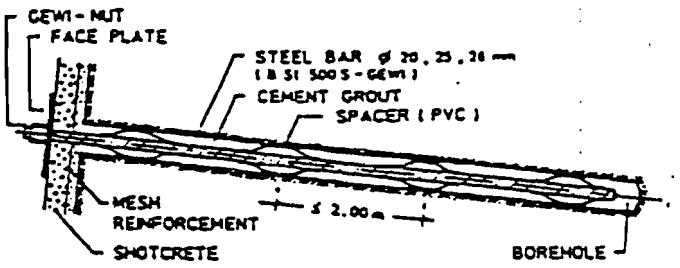
Untuk inklusi jenis ini biasanya digunakan baja tulangan dengan kuat leleh rata-rata 1050 Mpa. Diklasifikasikan sebagai "grouted nail" karena inklusi ini (gambar

2.4) dimasukkan ke dalam tanah yang telah dibor terlebih dahulu (diameter lubang 10-15 cm) kemudian lubang bor tersebut diisi adukan beton cair ("grouting"). Penempatan antar inklusi berjarak sedang 1 - 3 meter dan biasanya dibuat seragam pada arah horizontal ataupun vertikal.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengeboran lubang, yaitu :

1) "rotary wash boring", pengeboran lubang dilakukan dengan cara menekan tanah secara berputar diikuti tekanan air untuk masuknya alat bor ke dalam tanah sekaligus untuk memadatkan tanah di sekeliling lubang Cara ini akan efektif pada tanah granular seperti "medium dense sand" karena karakteristik butiran tanah yang berongga menjadi mungkin dipadatkan dengan digunakannya alat ini.
2) "rotary percussive boring", caranya hampir sama pada metode "rotary wash boring" namun cara ini menggunakan tekanan udara sebagai pendorongnya. Cara ini tidak cocok digunakan pada daerah penduduk padat kaena kebisingan suara mesin sangat mengganggu.
3) "dry auger boring", merupakan cara pengeboran yang memungkinkan pada daerah tanah lempung dan berbatu"soft rock". Karena dengan pengeboran ini tanah akan tetap kering sehingga ketika akan diisi adukan

beton cair lubang bor tetap bersih sehingga dapat mempertahankan kualitas adukan beton cair tersebut.



Gambar 2.4 "Grouted nails" (Juran,1990)

Komponen "grouted nails" yang lain adalah material adukan beton cair yang terdiri dari campuran air dan semen dengan perbandingan berat 1 : 2 . Tujuan pengisian adukan beton cair tersebut adalah untuk menurunkan permeabilitas dan kompresibilitas tanah serta meningkatkan kuat geser tanah (Robert M. Koerner,1984).

Untuk mempercepat pengerasan campuran tersebut dapat dilakukan penambahan zat additive tertentu seperti Conbex 100, Interplast Z dan lain sebagainya. Pengisian adukan beton cair ke dalam lubang bor dilakukan dengan tekanan rendah (kurang dari 150 psi) yang disalurkan dari tempat pencampuran bahan menuju ke lubang bor melalui pipa tremie.

Lekatan antara "nail" dan tanah akan bertambah kuat dengan adanya adukan beton cair yang menyelubungi baja. Hal ini disebabkan luas permukaan gesekan tanah dengan "nail" bertambah akibat pembesaran diameter oleh adukan beton cair tersebut. Sedangkan pada tulangan baja itu sendiri terdapat kekuatan lekat yang dihasilkan oleh adhesi kimiawi dan gesekan mekanis antara adukan beton cair dan tulangan baja tersebut. Oleh karena itu penggunaan tulangan baja bersirip akan lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan tulangan baja polos sebab sirip pada permukaan tulangan akan menekan beton cair disekelilingnya dan memberikan kekuatan lekat yang sangat besar. Berdasarkan percobaan yang dilakukan di Universitas Texas dan pada Biro Standarisasi Amerika (Winter G. & Nilson Arthur, 1993) besarnya gaya lekat batas dapat dicari dengan rumus :

$$Un = 35(f'c)^{1/2} \quad \text{..... (2.1)}$$

di mana : f'c adalah kuat tekan beton karakteristik.

Agar tidak terjadi kegagalan lekat antara tulangan baja dan beton maka gaya tarik yang terjadi sehubungan dengan kekuatan baja tidak boleh melebihi gaya lekat batas, yaitu :

$$U = (As \cdot fy) / L \quad \text{.....(2.2)}$$

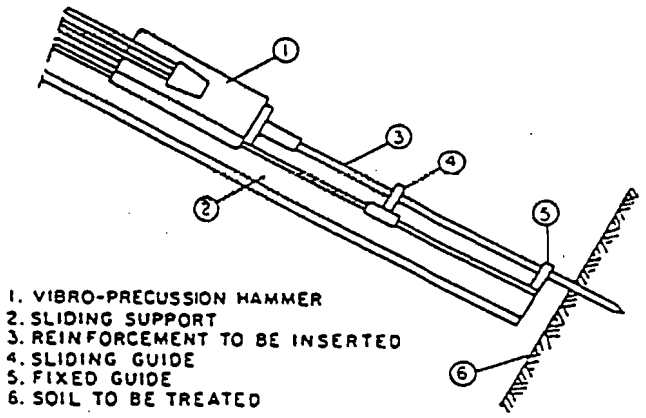
$$Un > U \quad \text{.....(2.3)}$$

di mana : fy adalah tegangan luluh baja, As adalah luas baja tulangan dan L adalah panjang baja tulangan.

Untuk memeriksa apakah kuat tekan adukan beton cair tersebut mencapai kuat tekan rencana maka perlu diadakan pengujian dengan mengambil sampel benda uji kubus untuk adukan beton cair setiap 20 buah "nail".

3. "Jet Grouted nails"

Inklusi ini berupa pipa baja khusus (diameter 30-40 mm) yang dipasang dengan "vibropercussion hammer" (gambar 2.5) berfrekuensi tinggi (mencapai 70 Hz). Pengisian adukan beton cair tersebut dilaksanakan bersamaan pemasangan pipa baja dengan alat khusus ("jet grout") melalui lubang kecil pada ujung pipa baja. Adukan beton cair ini berfungsi sebagai pelumas yang mempercepat pemasangan pipa baja. Pemasangan dengan teknik "jet grouting" cocok untuk tanah berbutir sebab teknik ini dapat lebih memadatkan tanah sekitar dan meningkatkan ketahanan pull-out pada inklusi komposit tersebut.

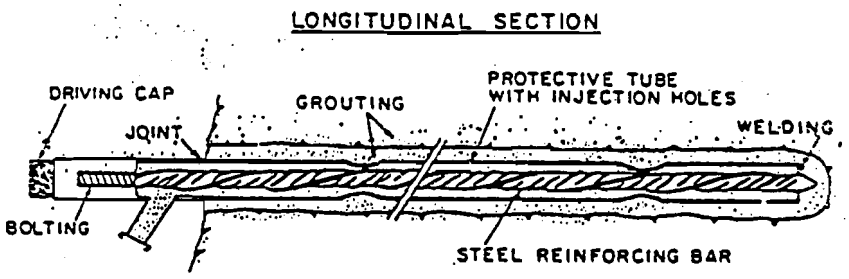


Gambar 2.5 "Jet-grouted nails" (Juran,1990)

4. "Corrosssion Protected nails"

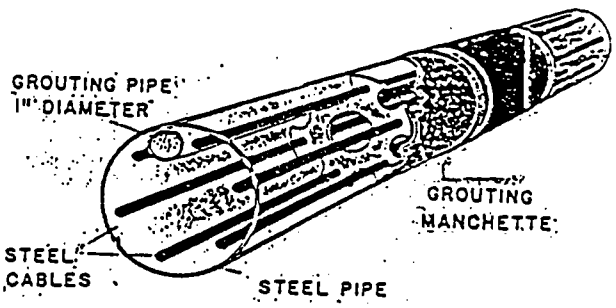
Inklusi ini dikembangkan untuk "soil nailing" sebagai struktur permanen mengingat semakin bervariasinya kebutuhan di lapangan. Inklusi ini merupakan "nail" yang dilapisi oleh lapisan proteksi sehingga mampu melawan tekanan air yang dapat menyebabkan korosi. Ada dua macam tipe inklusi yang dikembangkan oleh para teknisi di Perancis yaitu:

1) "Solrenfor nails" yaitu inklusi berupa baja tulangan dilapisi terlebih dahulu oleh pipa pelindung yang terbuat dari baja atau plastik (hasil fabrikasi), kemudian diisi adukan beton cair (gambar 2.6). Dengan adanya pipa pelindung tersebut keawetan baja tulangan sebagai komponen pokok "nail" akan meningkat karena terlindung dari pengaruh air dan udara dari adukan beton cair maupun dari tanah.



Gambar 2.6 "Solrenfor nails" (Juran,1990)

2) "Intrafor-color nails" yaitu inklusi berupa pipa baja yang dilengkapi beberapa kabel baja di dalamnya. Karena inklusi ini dibuat dengan perilaku layaknya struktur beton prategang, maka sebelum pipa baja tersebut diisi adukan beton cair, kabel-kabel baja yang ada di dalam pipa ditarik terlebih dahulu (pratarik). Dengan adanya prategang ini tekanan pengisian adukan beton cair akan selalu konstan sehingga terjadinya retak-retak kecil ("microcracking") dapat dihindari (gambar 2.7).



Gambar 2.7 "Infra-color nail"(Juran,1990)

Dari uraian di atas dapat diambil suatu rangkuman perihal karakteristik masing-masing "nail" yang ditampilkan dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Rangkuman karakteristik berbagai jenis "nail"

Keterangan	Driven nail	Grouted nail	Jet Grouted nail	Corossion Protected nail
1. Jenis "nail"	a.tulangan baja b.baja profil siku	tulangan baja dengan grouting	pipa baja komposit	a.baja tulangan dilapisi pipa pe lindung(fabrikasi) b.pipa baja pra-tarik
2. Pemasangan	dipancang dengan vibropercussion pneumatic atau hydraulic hammer	tanah dibor dahulu, kemudian "nail" dimasukkan dengan manual	dipasang dengan vibropercussion hammer ber frekuensi tinggi	tanah dibor dahulu kemudian "nail" dimasukkan
3. Keuntungan	a.pemancangan cepat (4-6 /jam) b.cocok untuk tanah berbutir c.dapat meningkat kan kuat geser tanah	a.dapat dipasang pada berbagai jenis tanah b.material grouting memper luas daerah perta hanan	a.cocok untuk tanah berbutir b.dapat memadat kan tanah sekitar c.grouting ber langsung dengan rapi	a.tahan korosi b.dapat mencegah terjadinya micro cracking c.cocok untuk permanent retaining wall
4. Kerugian	a.pemancangan mengurangi lapis proteksi baja. b.kemungkinan bahaya tekuk pada baja	a.perlu pengawas an mutu dan pelak sanaan grouting b.hanya cocok untuk temporary retaining wall	perlu pengawasan pelaksanaan grouting,karena tekanan grouting yang tinggi menyebabkan keretakan tanah sekitar	a.butuh biaya lebih besar b.butuh waktu pemesanan

2.2.2 Lapis Permukaan ("facing")

Fungsi utama dari lapis permukaan adalah untuk untuk melindungi tanah dari erosi dan efek cuaca, menjamin stabilitas tanah lokal antar lapis perkuatan dan membatasi dekompresi segera setelah penggalian. Oleh sebab itu, pelaksanaan lapis

permukaan harus dikerjakan secara terus menerus setelah pelaksanaan pemasangan "nail" selesai. Dari beberapa aplikasi dan tipe tanah, lapis permukaan dapat dibedakan menjadi:

1. "Shotcrete facing"

Lapis permukaan ini diperkuat dengan "welded wire mesh", yaitu jaringan kawat baja yang dilas yang terdiri dari serangkaian kawat-kawat baja yang disusun secara membujur dan melintang dengan arah tegak lurus satu dengan lainnya. Sebagai pengikat antara kawat-kawat arah membujur dan arah melintang tersebut, pada titik pertemuannya dilakukan pengelasan. Jaringan kawat baja tersebut dipasang menempel pada dinding struktur, kemudian diberikan lapisan "shotcrete" yaitu campuran dari air + semen + pasir + kerikil (4-8 mm) dengan perbandingan volume semen : pasir : kerikil = 2 : 5 : 3 dengan fas 0.4 dan nilai slump 5-15 setebal 10 - 25 cm.

Lapis permukaan ini cukup fleksibel untuk menutup lubang atau retak- retak di sekitar tanah dengan cara menyemprotkan bahan shotcrete dengan "sprayer" berupa pipa PVC. Lapis permukaan ini tidak terlalu cocok untuk struktur permanen jika dilihat dari segi keawetan dan keindahannya mengingat mutu "shotcrete" yang digunakan bukan merupakan beton mutu tinggi. Keawetan dari lapis permukaan ini dipengaruhi oleh air tanah, rembesan dan faktor lingkungan seperti perubahan iklim dan juga udara yang sangat dingin dapat menyebabkan retak-retak.

2. "Welded wire mesh facing"

Sama dengan "shotcrete facing", lapis permukaan ini menggunakan jaringan kawat baja dipasang pada dinding strukturnya, namun tidak diikuti dengan pekerjaan "shotcrete". Lapis permukaan ini cocok untuk kondisi tanah "fragmented rock" atau "intermediate soil" seperti tanah kapur dan tanah serpih, di mana kemungkinan kelongsoran pada permukaan dinding struktur tidak begitu besar.

3. "Cast- in- place Concrete facing"

Lapis permukaan ini dibuat dari beton yang dicetak di tempat dan digunakan untuk struktur permanen. Cocok untuk tanah "soft rock" di mana dapat dilakukan penggalian dengan kedalaman lebih dari 2 meter sehingga efisiensi pelaksanaan lapis permukaan ini dapat tercapai.

Urutan pelaksanaan konstruksi dengan menggunakan lapis permukaan ini adalah sebagai berikut:

a) penggalian diikuti dengan pemasangan "nail"

b) pelapisan dinding dengan material shotcrete secara tipis

c) pemasangan bekisting untuk pengerjaan beton

d) pengecoran lapis permukaan

Namun seringkali penggunaan lapis permukaan ini membutuhkan waktu pengerjaan yang lama serta memakan bahan dan biaya yang tidak sedikit. Kelemahan tersebut menjadi dasar dikembangkannya lapis permukaan beton fabrikasi.

4. "Prefabricated Facing Element"

Lapis permukaan ini berupa beton cetakan atau panil baja hasil fabrikasi sehingga bentuknya bisa dibuat lebih artistik (gambar 2.8) dan cocok bagi struktur permanen. Tipe lapis permukaan ini cocok untuk tanah kohesif dan "soft rock " di mana galian vertikal sampai 1.5 meter masih dapat dilakukan tanpa pendukung.

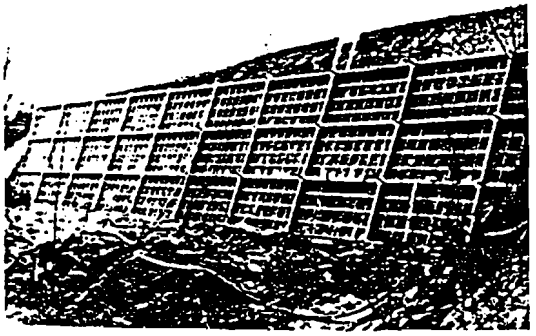
Keuntungan yang dicapai dengan menggunakan elemen fabrikasi ini adalah :

a) mutu beton cetakan dan panel baja lebih terjamin karena dikerjakan dengan ketelitian yang tinggi.

b) memberikan penampilan luar yang artistik

c) penghijauan dan penataan lingkungan dapat diwujudkan

Hal yang harus diperhatikan adalah pemasangan elemen yang berat tersebut secara langsung akan membebani terhadap penggalian selanjutnya sedangkan stabilitas lokal harus tetap terjamin.



Gambar 2.8 Lapis permukaan "Prefabricated Steel Panels" menghasilkan penampilan yang estetik (Juran,1990)

Uraian dari berbagai jenis lapis permukaan di atas, dapat diambil suatu rangkuman di dalam tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Rangkuman karakteristik berbagai lapis permukaan

Keterangan	Shotcrete	Welded Wire Mesh	Cast in Place Concrete	Prefabricated Element
1. Elemen penyusun	a.campuran air + semen + kerikil b.jaringan kawat baja	jaringan kawat baja	bekisting dan adukan beton	a.panel baja b.beton cetakan
2. Pemasangan	jaringan kawat baja dipasang me-nempel dinding, lalu disemprot dengan campuran shotcrete	dipasang menem-pel pada dinding	dicor di tempat	dipasang dalam bentuk hasil fabrikasi
3. Keuntungan	pelaksanaan mu-dah dan cepat	cocok untuk jenis tanah kapur dan serpih	cocok untuk tanah "soft rock"	a.cocok untuk tanah kohesif dan "soft rock" b.mutu terjamin c.penampilan luar artistik d.bisa diikuti penghijauan dan penataan lingkung an
4. Kerugian	a.hanya cocok untuk temporary retaining wall b.dari segi artistik kurang indah	a.hanya cocok untuk temporary retaining wall b.dari segi artistik kurang indah	a.butuh bahan dan biaya yang tidak sedikit b.butuh waktu pelaksanaan lama	a.butuh biaya yang besar b.butuh waktu pemesanan c.berat elemen membebani galian selanjutnya

2.2.3 Drainasi

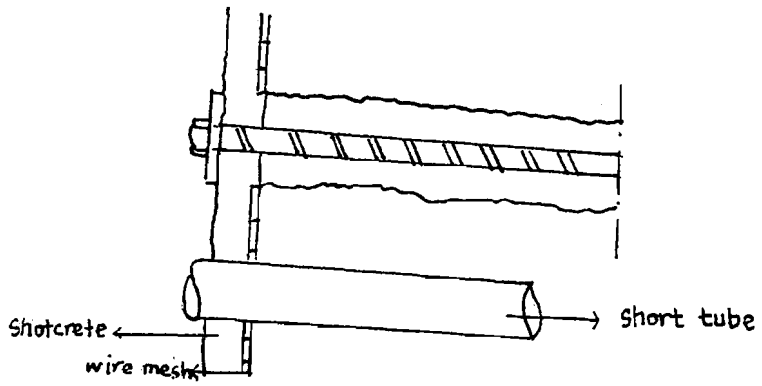
Drainasi adalah sistem penunjang yang penting pada "soil nailing" seperti stuktur perkuatan galian yang lain , sebab pada umumnya struktur perkuatan dinding galian tidak didisain terhadap adanya muka air tanah. Muka air tanah dapat meningkatkan tekanan tanah efektif secara drastis, sehingga suatu struktur perkuatan dinding galian perlu dilengkapi sistim drainasi untuk mencegah naiknya permukaan air tanah di belakang dinding tersebut. Sistim drainasi diletakkan di daerah-daerah bidang luncur berupa pipa buangan atau material yang mudah menyerap air seperti geotekstil. Tergantung dari kondisi lapangan yang ada, berikut ini merupakan tipe-tipe drainasi yang dapat dipertimbangkan untuk dipakai :

1. "short tubes"

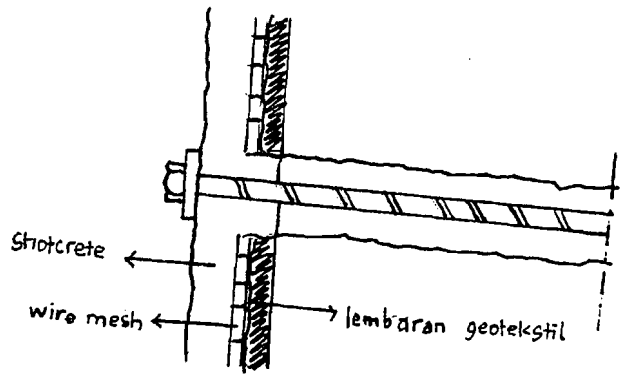
Merupakan pipa pendek (300 mm diameter 50-80 mm) yang mampu mengeluarkan air tanah di belakang lapis permukaan dengan cepat. Pipa ini ditempatkan pada lapis permukaan antar "nail" (gambar 2.9) di mana jumlah dan jarak pemasangannya tergantung dari kondisi air tanah setempat. Yang perlu diperhatikan pada drainasi dengan menggunakan "short tubes" ini adalah aliran air yang keluar dari pipa dapat membekas pada lapis permukaan dinding, sehingga akan mengurangi keindahan lapis permukaan terutama pada lapis permukaan struktur permanen.

2. "back facing drain"

Terdiri dari "vertical strip filter" berupa lembaran geotekstil (setebal 30 mm) atau pipa berlubang yang ditempatkan secara vertikal di belakang lapis permukaan sepanjang tinggi penggalian dengan jarak spasi antara 1.5 - 2 meter (gambar 2.10). Pada akhir penggalian, seluruh "vertical strip filter" dihubungkan dengan pipa memanjang horizontal yang berfungsi mengumpulkan dari seluruh "vertical strip filter" di atasnya.



Gambar 2.9 Drainasi menggunakan "short tubes"

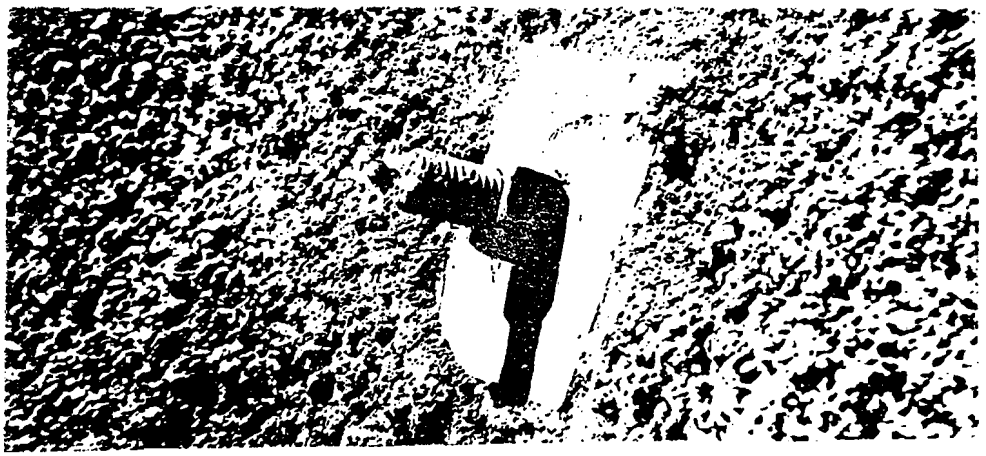


Gambar 2.10 Drainasi menggunakan "back facing drain"
dari lembaran geotekstil

2.2.4 Pengunci

Proses akhir dari pekerjaan "soil nailing" adalah pemasangan plat baja dan baut sebagai pengunci "nail". "nail" yang dipasang menyisakan bagian panjangnya di luar tanah (panjang 20-30 cm) dan pada sisa panjang tersebut telah dipersiapkan ulir ("drat") sebagai tempat memasang baut. Setelah lapis permukaan selesai, telebih dulu dipasang plat baja dengan dimensi 150x150x10 mm (p x l x t) diikuti dengan baut yang kemudian dikencangkan secara manual.

Pekerjaan ini harus dilakukan agar "nail" tidak bergeser dari posisinya dan selama pekerjaan pemasangan "nail" secara keseluruhan (sejumlah desain "nail") belum selesai, dilakukan pengontrolan terhadap penguncian tersebut secara berkala agar baut tetap terpasang dengan kencang. Desain dari kuat geser baut dan plat didasarkan pada kapasitas "punching shear" yaitu (0.58fy x As) agar lebih besar dari gaya tarik yang bekerja pada "nail".



Gambar 2.11 "Nail" yang telah dilengkapi dengan pengunci

BAB III

MEKANISME TRANSFER BEBAN PADA "SOIL NAILING"

3.1 Tinjauan Umum

Pada pembuatan galian untuk basemen, tanah digali secara atau hampir tegak lurus sampai pada kedalaman yang cukup besar. Dalam kondisi tegak lurus demikian, komponen gaya yang bekerja melongsorkan tanah lebih besar dibandingkan dengan komponen gaya pada dinding galian dengan lereng < 90^0. Bila komponen pelongsor ("driving force") tersebut besarnya melampaui komponen pertahanan ("resisting force") yang berasal dari kuat geser tanah maka akan terjadi kelongsoran. Oleh karena itu jika penggalian dilakukan tanpa adanya penyokong maka kemungkinan dicapainya kedalaman yang dimaksud akan terhalangi akibat terjadinya kelongsoran tanah.

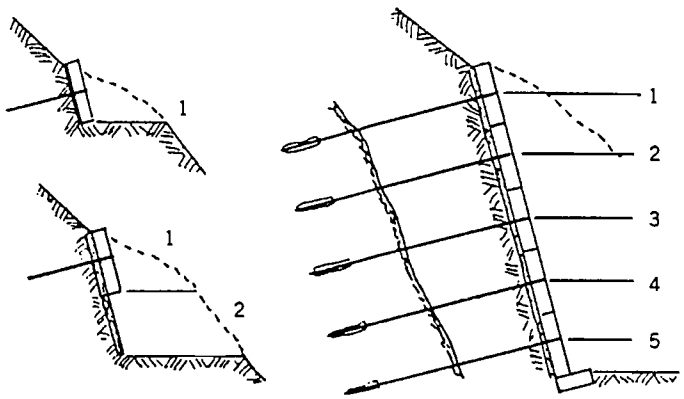
Oleh karena itu untuk dapat membuat dinding galian basemen dengan tegak lurus diperlukan suatu struktur penahan tanah yang direncanakan dengan cermat. Struktur tersebut dapat berupa sistem perkuatan eksternal (seperti "gravity wall", "reinforced concrete wall" dll) dan sistim perkuatan internal (seperti "soil nailing", geotekstil dll).

Khusus untuk dinding perkuatan tanah dengan metode "soil nailing" pertahanan terhadap kelongsoran tanah alami dilakukan oleh "nail" yang dalam hal ini

mampu meningkatkan kuat geser tanah pada bidang kelongsoran dan memberikan tambahan tahanan normal sehingga dapat menahan terjadinya pergerakan tanah dan membatasi kelongsoran tanah selama dan setelah penggalian.

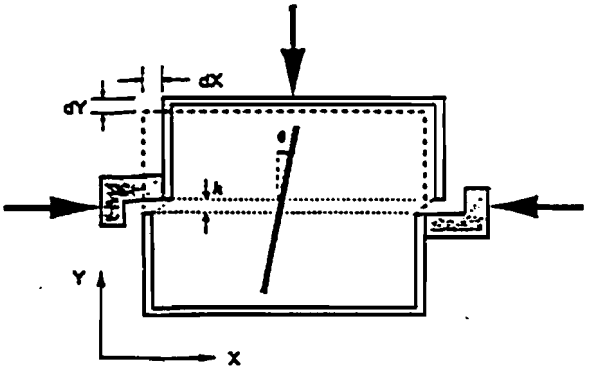
3.2 Konsep Dasar Perkuatan Tanah Setempat

Metode "soil nailing" dikembangkan berdasarkan konsep "in-situ reinforcement" dengan "top to bottom technique" yang telah dikenal sejak 5000 tahun yang lalu di Babilonia (Bruce & Abramson, 1994). Metode ini menggunakan teknik penggalian dari atas ke bawah secara bertahap (gambar 3.1), setiap tahapan tanah yang digali diperkuat dengan inklusi ("anchor") yang berfungsi menahan komponen pelongsor. Dengan metode ini kedalaman yang dimaksud dapat dicapai dengan stabil dan resiko terjadinya kelongsoran menjadi lebih kecil.



Gambar 3.1 Metode perkuatan tanah dengan teknik penggalian atas ke bawah menggunakan "anchor" (Bruce & Abramson, 1994)

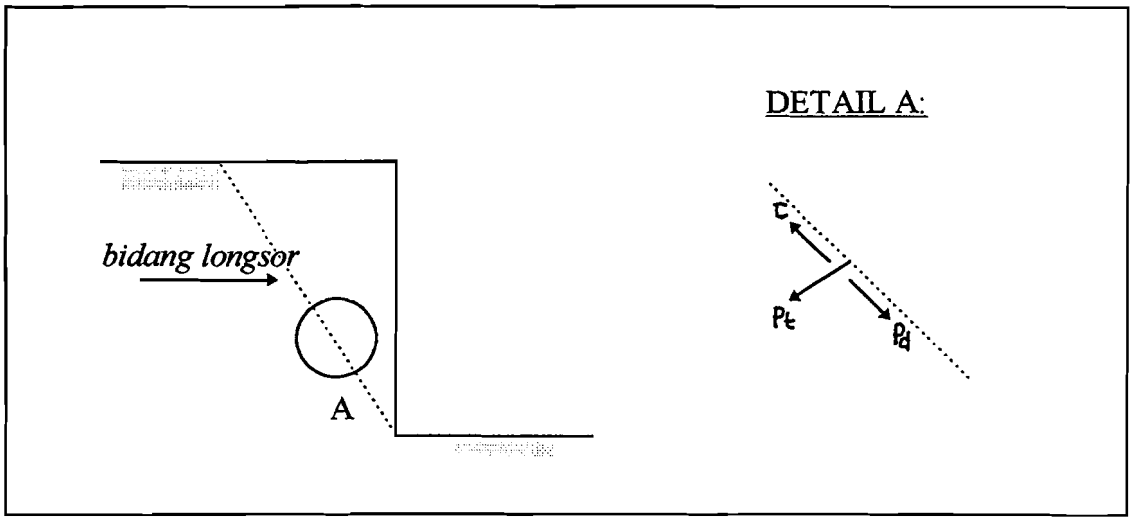
Salah satu pengujian laboratorium untuk mengetahui interaksi yang terjadi antara tanah dengan perkuatannya dapat dilakukan dengan pengujian geser langsung (gambar 3.2). Perkuatan diletakkan menyilang terhadap bidang kelongsoran sehingga efeknya terhadap pusat geser dapat diketahui.



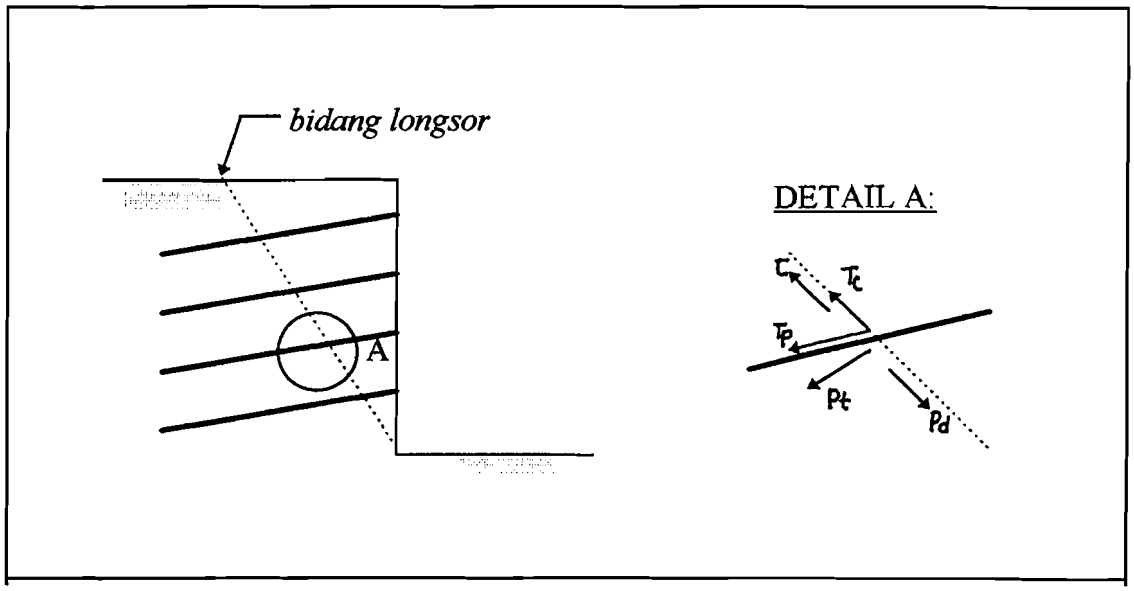
Gambar 3.2 Pengujian geser langsung untuk tanah yang diperkuat (Jewell, 1990)

Efek adanya perkuatan adalah timbulnya gaya tarik (Tp) dan gaya geser (Tc) "nail" yang akan meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan kelongsoran. Pada gambar (3.3) tanah tanpa perkuatan memiliki komponen Pd yang bersifat meruntuhkan serta komponen Pt untuk mempertahankan diri dari kelongsoran. Sementara kemampuan menahan geser sepanjang garis kelongsoran dilakukan oleh komponen τ yang merupakan uraian gaya Pd. Pemakaian "nail" sebagai perkuatan, pada gambar (3.4) akan memberikan kekuatan tarik (Tp) dan kekuatan geser (Tc). Komponen Tp akan bekerja menambah kemampuan pertahanan Pt terhadap

kelongsoran tanah, sementara komponen Tc akan meningkatkan kekuatan geser tanah.



Gambar 3.3 Uraian komponen gaya tanah tanpa perkuatan



Gambar 3.4 Uraian komponen gaya tanah dengan perkuatan

3.3 Prosedur Perencanaan

Dalam melakukan perencanaan "soil nailing" banyak dilakukan pendekatan dengan mengacu kepada analisis perencanaan struktur perkuatan tanah yang memiliki kesamaan perilaku dengan "soil nailing" seperti "reinforced earth" dan "ground anchor".

Prosedur perencanaan yang umum dilakukan adalah dengan urutan sebagai berikut (Juran, 1990 dan Hausmann, 1990) :

1. Penentuan geometri struktur dinding basemen yang akan diperkuat serta data parameter tanah setempat.
2. Penentuan bentuk bidang kelongsoran yang akan digunakan untuk analisis perhitungan perencanaan "soil nailing".
3. Pemilihan jenis perkuatan (tipe, kekuatan dan penampang baja tulangan untuk "nail").
4. Perencanaan pendahuluan berdasarkan tinjauan kegagalan patah tarik ("breakage failure") dan patah geser ("pull out failure") untuk menentukan panjang dan konfigurasi pemasangan "nail".
5. Analisis stabilitas eksternal meliputi tinjauan terhadap geser, guling dan daya dukung tanah.

6. Analisis stabilitas internal tiap level perkuatan meliputi tinjauan terhadap patah tarik, patah geser dan kekakuan "nail" berdasarkan metode batas kinematik.
7. Kontrol "pull out resistance nail"(Tpull) terhadap hasil tes "pull out".

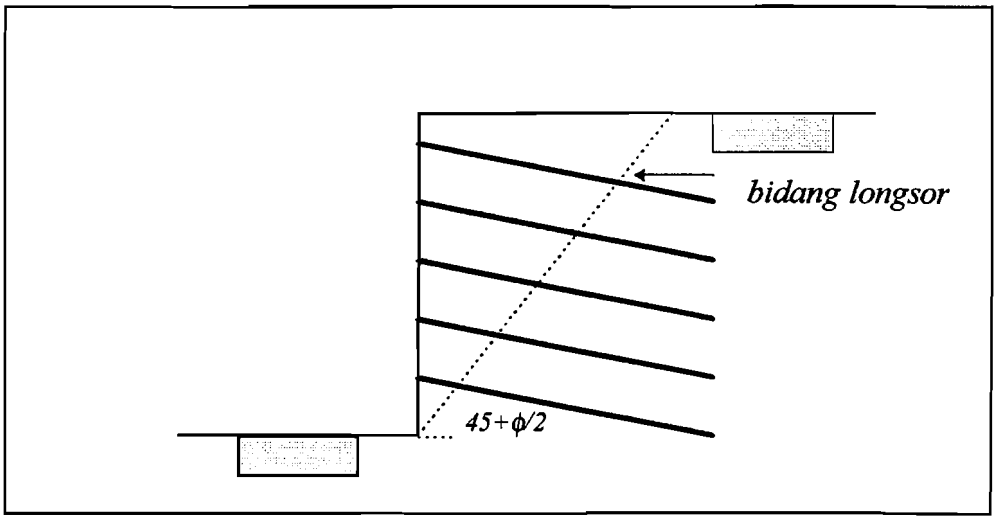
Dalam melakukan perencanaan untuk "soil nailing" pada studi pustaka ini, analisis perhitungan berdasarkan bentuk bidang kelongsoran tanah dilakukan dengan metode keseimbangan batas yang meninjau keseimbangan dinding galian terhadap gaya-gaya luar yang bekerja dan gaya yang ada pada konstruksi itu sendiri. Walaupun bidang kelongsoran tanah cenderung terjadi dalam bentuk bidang sirkuler (Collin, 1946) namun perencanaan dengan asumsi dengan bentuk bidang kelongsoran yang lain (bidang segitiga ataupun bi-linier) juga dapat dilakukan.

3.4 Analisis berdasarkan bidang kelongsoran segitiga

Analisis perhitungan berdasarkan bidang kelongsoran segitiga ini merupakan cara analitis yang paling sederhana, yang dapat dilakukan secara manual dan cenderung digunakan untuk perencanaan dinding galian tegak lurus. Bidang kelongsoran tanah berbentuk segitiga dengan sudut $(45+\phi/2)^0$ dari arah horisontal berdasarkan teori Coulomb dan Rankine (gambar 3.5).

Berdasarkan bidang kelongsoran tanah berbentuk segitiga ini dapat dilakukan perencanaan pendahuluan untuk disain "soil nailing" sekaligus untuk analisis stabilitas

eksternal dan internal struktur tersebut. Stabilitas eksternal dilakukan dengan anggapan bahwa seluruh bagian struktur merupakan satu kesatuan, sedangkan stabilitas internal dihitung dengan anggapan bahwa keandalan struktur didasarkan pada kemampuan tarik dari setiap elemen inklusi.

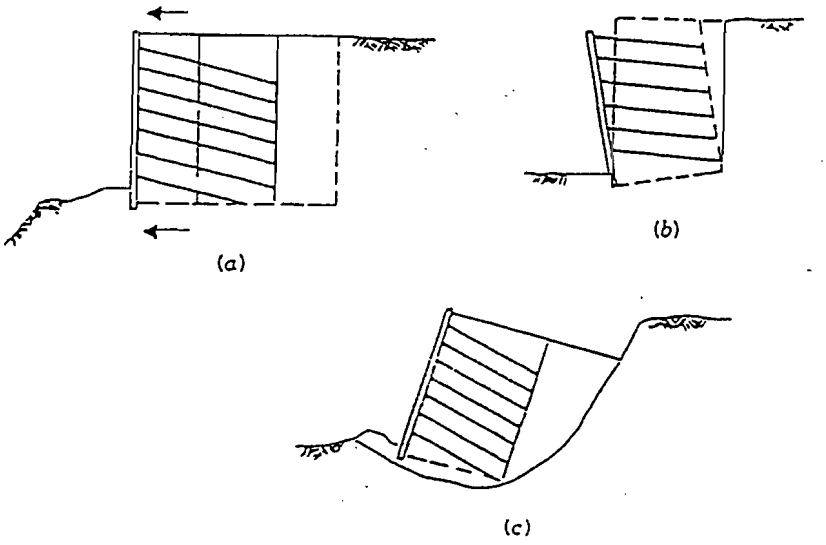


Gambar 3.5 Bidang kelongsoran segitiga

3.4.1 Analisis Stabilitas Eksternal

Sebagaimana lazimnya pada struktur perkuatan/penahan tanah klasik, analisis stabilitas konstruksi selalu didasarkan pada stabilitas terhadap gaya-gaya eksternal, yaitu terhadap bahaya geser, guling dan daya dukung tanah (gambar 3.6). Tinjauan geser perlu dilakukan karena konstruksi akan didorong oleh gaya horisontal yang bekerja antara lain tekanan tanah aktif, tekanan akibat air tanah dan tekanan akibat

beban berguna. Gaya-gaya tersebut bekerja pada jarak tertentu dari dasar galian sehingga menimbulkan momen yang dapat menggulingkan konstruksi oleh karena itu perlu juga dilakukan tinjauan stabilitas terhadap guling. Sementara itu stabilitas terhadap daya dukung tanah penting juga dilakukan karena bilamana daya dukung tanah yang terjadi pada tanah dasar konstruksi melampaui daya dukung ijin maka konstruksi dapat terperosok dan terjadi kelongsoran.



Gambar 3.6 Stabilitas konstruksi terhadap gaya-gaya eksternal (a) geser, (b) guling, (c) daya dukung tanah (Bruce & Abramson, 1994)

1. Tinjauan terhadap stabilitas geser

Stabilitas geser ditentukan oleh gaya penahan yang dibentuk oleh berat kesatuan konstruksi dan oleh gaya pendorong yang terjadi akibat tekanan tanah efektif yang bekerja pada tanah.

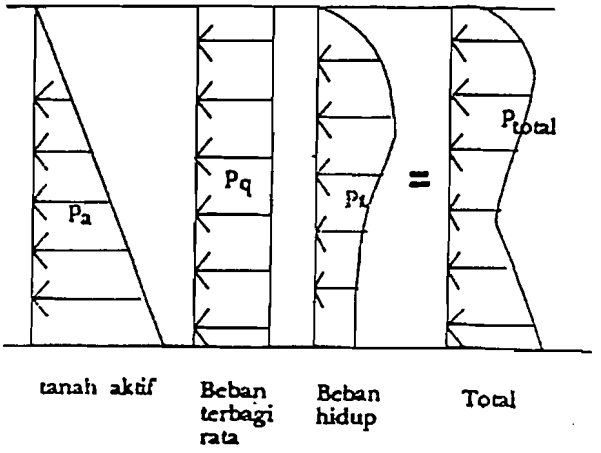
a. Gaya penahan (Pt) = [cd.L + Wtot.η] .....(3.1)

dimana :

cd	=	kohesi disain = 2/3c
L	=	panjang total "nail"
Wtot	=	berat total tanah yang diperkuat
η	=	tg ϕ = komponen tangensial sudut gesek dalam

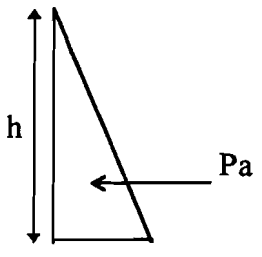
b. Gaya pendorong (Pd)

Gaya ini dapat terjadi akibat tekanan tanah aktif dan tekanan tanah akibat beban-beban tambahan di atas tanah (gambar 3.7), sebagai berikut :



Gambar 3.7 Gaya-gaya yang bekerja yang bekerja pada dinding basemen

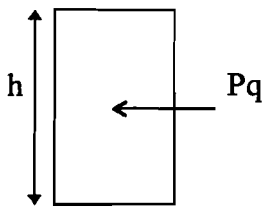
b1. Tekanan tanah aktif



$Pa = 1/2.h^2.\gamma b.Ka$ .....(3.2)

di mana :
γb = berat volume tanah
Ka = koefisien tanah aktif
$= tg^2(45-\phi/2)$
h = tinggi lapisan tanah

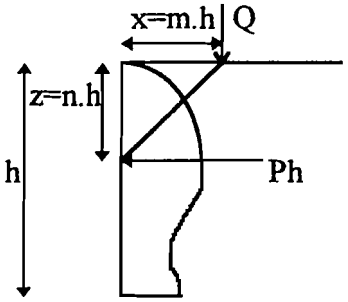
b2. Tekanan tanah akibat beban terbagi rata



$$Pq = q.h.Ka \quad \text{.....(3.3)}$$

di mana :
q = beban terbagi rata
h = kedalaman galian
Ka = koefisien tanah aktif

b3. Tekanan tanah akibat beban titik



untuk m>0,4

$$Ph = \frac{1{,}77Q}{H^2} \cdot \frac{m^2n^2}{(m^2+n^2)^3} \quad \text{.....(3.4)}$$

untuk m<0,4

$$Ph = \frac{0{,}28Q}{H^2} \cdot \frac{n^2}{(0{,}16+n^2)^3} \quad \text{.....(3.5)}$$

di mana :
Q = beban titik
n = koefisien tinggi galian
m = koefisien jarak beban
H = tinggi galian

Sehingga $\Sigma Pd = P1 + P2 + P3 + ... + Pn$

Nilai faktor keamanan stabilitas geser dihitung sebagai :

$$SF = \frac{\Sigma \text{Gaya penahan}}{\Sigma \text{Gaya pendorong}} = \frac{\Sigma Pt}{\Sigma Pd} > 1.5 \quad \text{.....(3.6)}$$

2. Tinjauan terhadap stabilitas guling

Faktor keamanan diperoleh berdasarkan perbandingan antara momen penahan dengan momen pengguling terhadap titik guling yang ditinjau, di mana titik tinjauan biasanya diambil pada bidang kaki struktur.

a. Momen penahan (Mp) merupakan perkalian antara titik berat tanah yang diperkuat dengan lengan momen dari titik guling tinjauan.

$$Mp = Wtot.\ z \quad \text{.....(3.7)}$$

di mana :
Wtot = berat tanah yang diperkuat
z = jarak Wtot dari kaki dinding galian

b. Momen pengguling (Mg) merupakan perkalian antara gaya-gaya horizontal yang bekerja dalam tanah dan tinggi gaya-gaya tersebut terhadap titik guling tinjauan.

$$\Sigma Mg = P1.z1 + P2.z2 + P3.z3 + ... + Pn.zn \quad \text{.....(3.8)}$$

di mana :
P1, P2, P3 = gaya-gaya horizontal yang bekerja dalam tanah
z1, z2, z3 = jarak gaya P dari kaki dinding galian

Nilai faktor keamanan stabilitas guling dihitung sebagai :

$$SF = \frac{\Sigma \text{Momen penahan}}{\Sigma \text{Momen pendorong}} = \frac{\Sigma Mp}{\Sigma Mg} > 2 \quad \text{.....(3.9)}$$

3. Tinjauan terhadap daya dukung tanah

Di dalam menentukan tinggi dinding galian harus dilakukan perhitungan terhadap kemampuan daya dukung tanah ("bearing capacity") yang ada di bawah

tanah yang diperkuat tersebut. Daya dukung ultimit tanah didefinisikan sebagai (Terzaghi & Peck, 1976) dengan anggapan struktur merupakan struktur menerus :

$$\sigma \text{ ult} = c.Nc + q.Nq + 0{,}5.\gamma.B.N\gamma \quad \text{.....(3.10)}$$

di mana :

c	=	kohesi tanah
Nc,Nq,Nγ	=	koefisien tanah
q	=	γ.Df
B	=	lebar struktur bagian bawah
γ	=	berat volume tanah pada lap. bawah struktur

Besar koefisien Nc,Nq dan Nγ dengan menggunakan tabel faktor daya dukung tanah Terzaghi berikut :

Tabel 3.1 Koefisien daya dukung tanah Terzaghi (Kumbhojkar,1993)

ϕ^0	Nc	Nq	Nγ
0	5.70	1.00	0
5	7.34	1.64	0.14
10	9.61	2.69	0.56
15	12.86	4.45	1.52
20	17.69	7.44	3.64
25	25.13	12.72	8.34
30	37.16	22.46	19.13
35	57.75	41.44	45.41
40	95.66	81.27	115.31
45	172.28	173.28	325.34

Nilai faktor keamanan stabilitas daya dukung tanah dihitung sebagai :

$$SF = \frac{\sigma \text{ ult}}{\sigma \text{ terjadi}} > 3 \quad \text{.....(3.11)}$$

3.4.2 Analisis Stabilitas Internal

Tinjauan stabilitas ini perlu dilakukan karena keandalan suatu struktur perkuatan tanah didasarkan pada kemampuan tarik elemen perkuatannya (gambar 3.8). Stabilitas ditinjau pada setiap level elemen, karena secara teoritis elemen-elemen ini sebenarnya berdiri sendiri-sendiri, sehingga harus mampu melawan gaya-gaya yang bekerja. Perhitungan gaya-gaya internal pada "soil nailing" dilakukan berdasarkan pendekatan pada perhitungan struktur "ground anchor", dimana pertahanan angkur dimobilisasi oleh gesekan permukaan selubung angkur. Besarnya tahanan "pull out" ultimit angkur dapat dihitung dengan rumus $P = k.\pi.D.L.\sigma n.tg\ \delta$ di mana k adalah koefisien tekanan tanah pada batang angkur, D dan L adalah diameter dan panjang angkur, σn adalah tekanan tanah vertikal ($\gamma.h$) dan δ adalah sudut gesek antara tanah dan angkur. Berdasarkan rumus tersebut, dapat dianalisis bahwa besarnya tahanan ultimit angkur sebanding dengan kedalaman pemasangan, semakin dalam angkur maka akan semakin besar tahanannya.

Kondisi ini berlaku pula pada "nail" yang terpasang pada beberapa level, semakin ke bawah levelnya maka akan semakin besar pula tahanannya. Tahanan "pull out nail" ("pull out resistance") dapat dicari dengan rumus :

$$Tpull = \pi.D.L.\sigma n.\eta \quad \text{.....(3.12)}$$

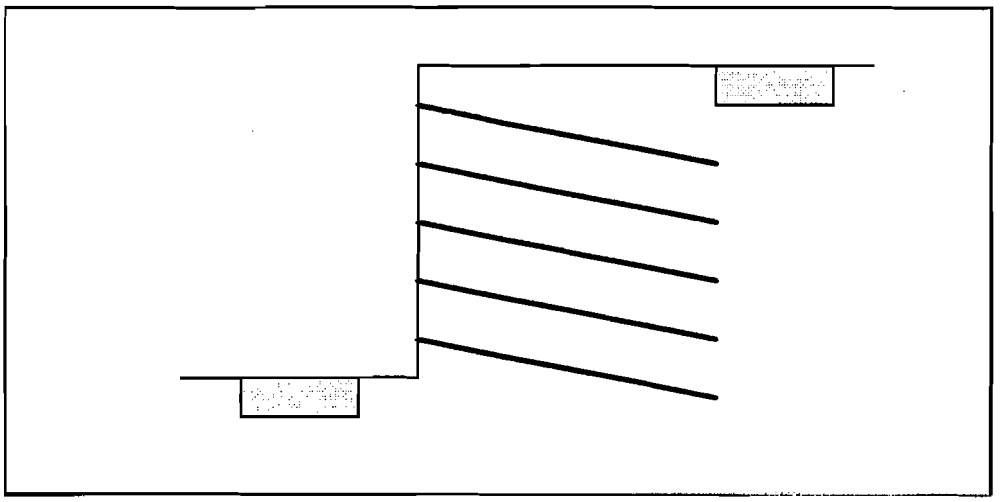
di mana :

D	=	diameter "nail"
L	=	panjang "nail"
σn	=	tekanan tanah normal = $\gamma.h$
η	=	tg $(2/3\phi)$

Sedangkan besarnya beban yang akan ditahan nail pada kedalaman h dengan luas daerah yang diperkuat Sv x Sh adalah :

$$P = \sigma.Sv.Sh \quad \text{.....(3.13)}$$

di mana : P = beban yang ditahan "nail" ("overburden")
$\sigma = \gamma.h.Ka$, maksimum pada kedalaman H (sedalam galian)
Sv = jarak vertikal antar "nail"
Sh = jarak horizontal antar "nail"



Gambar 3.8 Stabilitas struktur terhadap gaya-gaya internal

1. Analisis berdasarkan patah tarik ("breaking failure")

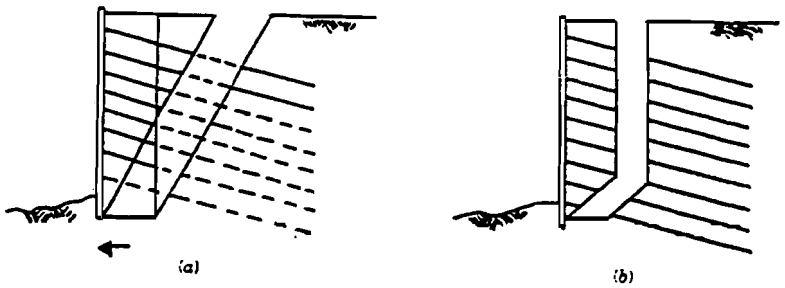
Faktor keamanan (SF) untuk mengatasi "breaking failure"(gambar 3.9a) merupakan rasio kuat tarik baja tulangan (Ta) dengan beban yang ditahan "nail" :

$$SF = \frac{Ta}{P} = \frac{As.fy}{\sigma.Sv.Sh} \quad \text{.....(3.14)}$$

di mana : Ta = kuat tarik baja tulangan
P = beban yang ditahan "nail"
As = luas penampang baja tulangan
fy = kuat leleh baja tulangan
σ = tekanan tanah = γ.h.Ka
Sv = spasi vertikal antar "nail"
Sh = spasi horizontal antar "nail"

Berdasarkan persamaan (3.14) jarak vertikal dan horizontal antar "nail" dapat dicari dengan terlebih dahulu menentukan besarnya nilai faktor keamanan yang dipakai (biasanya diambil 1.5 - 3). Jika Sv = Sh = S, maka dapat diperoleh :

$$S^2 = \frac{As.fy}{SF.\sigma} \quad \text{.....(3.15)}$$



Gambar 3.9 Stabililitas internal (a) patah geser (b) patah tarik
(Bruce&Abramson,1994)

2. Analisis berdasarkan patah geser ("pull-out failure")

"Nail" akan mengalami kegagalan patah geser (gambar 3.9b) apabila tahanan gesek "nail" yang bekerja sepanjang daerah pasif (Tp) lebih kecil dari beban yang

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN

ditahan "nail"(P) atau lebih besar dari beban maksimum yang ditahan "nail" (P.SF=Ta). Besarnya tahanan gesek tersebut adalah :

$$Tp = \pi.D.le.\sigma n.\tan \delta \quad \text{.....(3.16)}$$

di mana : Tp = tahanan gesek "nail"
D = diameter "nail"
le = panjang efektif "nail" = panjang "nail" di daerah pasif
σn = tekanan tanah normal = $\gamma.h$
d = sudut gesek antara "nail" dan tanah = $2/3\phi$

Struktur dalam keadaan seimbang jika :

$$P <= Tp <= Ta \quad \text{.....(3.17)}$$

Faktor keamanan (SF) untuk mengatasi "pull out failure" merupakan rasio antara tahanan gesek "nail" (Tp) dengan beban yang ditahan "nail" (P) :

$$SF = \frac{Tp}{P} = \frac{\pi.D.le.\sigma n.tg\ \delta}{\sigma.Sv.Sh} \quad \text{.....(3.18)}$$

Sehingga dari rumus (3.18) besarnya panjang efektif "nail"(le) dapat dicari :

$$le = \frac{SF.P}{\pi.D.\sigma n.\tan \delta} \quad \text{.....(3.19)}$$

Sementara dengan bentuk bidang kelongsoran segitiga, panjang "nail" di daerah aktif (la) dapat dihitung dengan rumus :

$$la = \frac{H - h}{tg\ (45+\phi/2)} \quad \text{.....(3.20)}$$

di mana : la = panjang "nail" di daerah aktif
H = kedalaman total galian
h = kedalaman level "nail"

ϕ = sudut gesek dalam

Sehingga panjang total "nail" (L) dapat diperhitungkan sebagai :

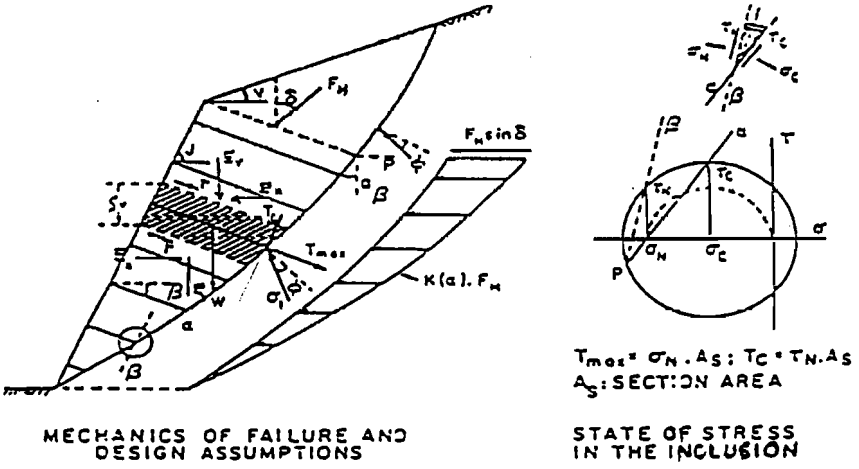
L = le + la .....(3.21)

di mana jika "nail" dipasang dalam sudut inklinasi tertentu (α), maka panjang total "nail" tersebut harus dibagi dengan komponen kosinus α :

L = (L/cos α) .....(3.22)

3. Kontrol kegagalan internal "nail" berdasarkan analisis batas kinematik

Kriteria-kriteria kegagalan ini didefinisikan oleh Juran (1988) untuk menganalisis stabilitas internal pada struktur "soil nailing" dan struktur multi angkur dengan asumsi bidang kelongsoran log-spiral (gambar 3.10). Tiap level perkuatan yang telah direncanakan harus memenuhi kriteria-kriteria berikut :



Gambar 3.10 Analisis pendekatan dengan metode batas kinematik (Juran&Elias,1990)

a) Tinjauan patah geser ("Pull out Failure")

Patah geser terjadi apabila tahanan gesek "nail" pada daerah pertahanan (pasif) lebih kecil dari gaya tarik yang terjadi.

$$\frac{\sigma n.tg\,\phi}{SF} >= \frac{P}{\pi.D.le} \quad \text{.....(3.23)}$$

di mana :

P	=	gaya tarik maksimum yang terjadi
le	=	panjang efektif "nail" = panjang "nail" di daerah pasif
D	=	diameter "nail"
σn	=	tekanan tanah normal
ϕ	=	sudut gesek dalam tanah
SF	=	faktor keamanan

b) Tinjauan patah tarik ("Breakage Failure")

Patah tarik terjadi apabila kuat tarik ijin baja tulangan tidak mampu mendukung kombinasi gaya tarik dan geser yang terjadi pada struktur (gambar 3.9b).

$$\frac{0{,}58fy.As}{Pv} >= Keq \quad \text{.....(3.24)}$$

di mana :

0,58 fy = tegangan tarik ijin baja tulangan

As = luas penampang baja tulangan

Pv = beban normal yang ditahan "nail" = γ.h.Sv.Sh .....(3.25)

$Keq = [(TN)^2 + 4(TS)^2]^{1/2}$ .....(3.26)

= koefisien ekivalensi rasio gaya tarik dan geser normal

$$TN = \frac{Tmaks}{Pv} = \frac{\sigma n.As}{\gamma.h.Sv.Sh} \quad \text{.....(3.27)}$$

= rasio gaya tarik yang terjadi terhadap beban normal

$$TS = \frac{Tc}{Pv} = \frac{(\sigma n.tg\,\phi)As}{\gamma.h.Sv.Sh} \quad \text{.....(3.28)}$$

= rasio gaya geser yang terjadi terhadap beban yang ditahan

c) Tinjauan terhadap kekakuan "nail"

$$\frac{Mp}{SF} > Mmax \quad \text{.....(3.29)}$$

di mana :

Mp = momen lentur plastis "nail"

Mmax = momen lentur yang terjadi

= 0,32 Tc.Lo

Lo = panjang transfer

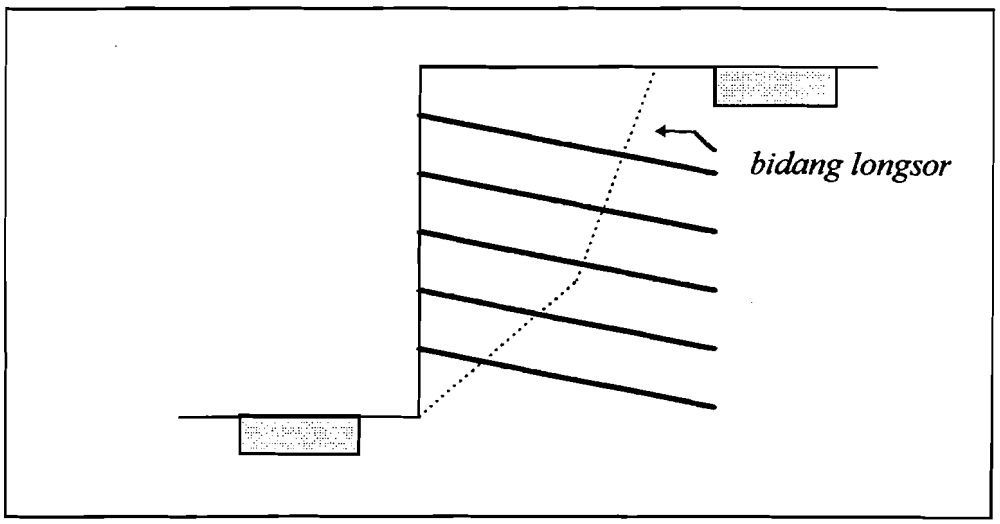
= $[(4EI)/(Kh.D)]^{1/4}$

3.5 Analisis berdasarkan bidang kelongsoran bi-linier

Bentuk bidang kelongsoran bi-linier membagi massa tanah yang potensial mengalami longsor menjadi dua bagian (gambar 3.11). Pembagian dua massa tanah tersebut dilakukan secara iterasi, yaitu dengan menarik garis pertama yang sudut dan panjangnya diubah-ubah dengan teratur kemudian diteruskan dengan penarikan garis kedua yang juga diiterasi. Tiap-tiap bagian diperhitungkan kesetimbangan gayanya berdasarkan metode analisis keseimbangan batas. Hal ini dilakukan terus sampai didapat nilai faktor keamanan minimum.

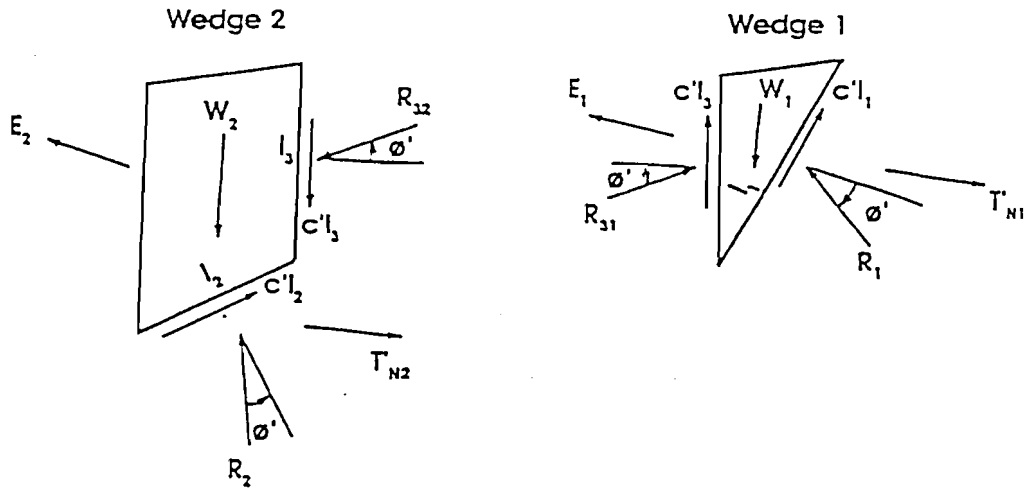
Bentuk bidang kelongsoran bi-linier ini banyak digunakan sebagai analisis hitungan perencanaan "soil nailing" antara lain pada metode perencanaan German Method (Stocker, 1989) dan Caltrans Method (Caltrans, 1993). Pekerjaan untuk

mendapatkan bentuk "two-wedge" ini memerlukan tahapan yang panjang dan sulit jika dilakukan secara manual sehingga harus dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (program) komputer seperti program SNAIL (Caltrans) dan GOLDNAIL (Golder & Asc.).



Gambar 3.11 Bidang kelongsoran bi-linier

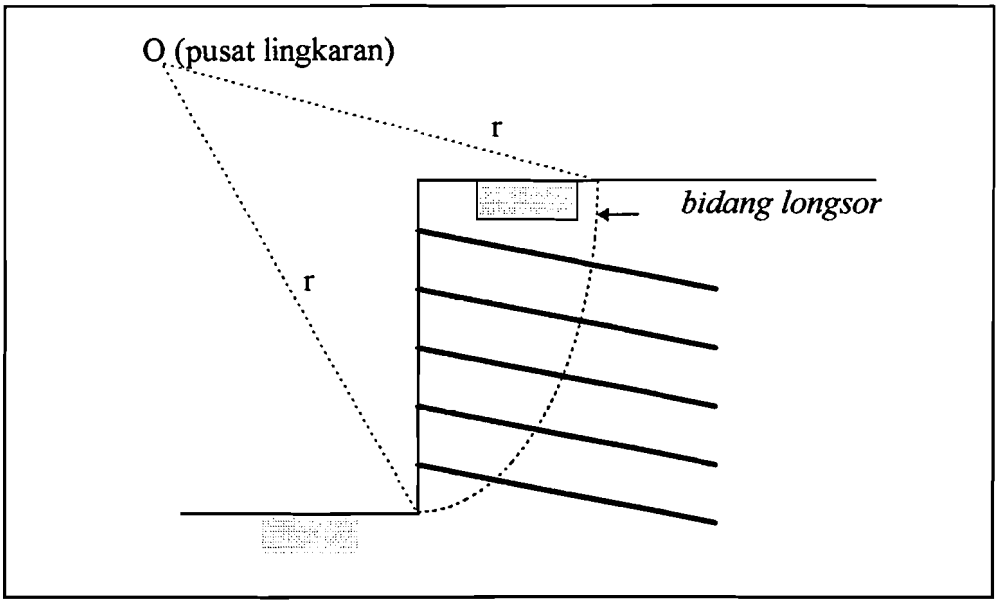
Dalam studi pustaka ini, penyusun menggunakan program komputer SNAIL 2.11 yang dikeluarkan California Department of Transportations (Caltrans). Dengan memasukkan parameter pada struktur yang akan direncanakan ke dalam rangkaian program ini, akan didapatkan bentuk kelongsoran "two-wedge" yang mungkin terjadi pada bentuk struktur tersebut, kemudian kesetimbangan gaya tiap bagian diperhitungkan (gambar 3.12). Dengan program tersebut pula akan diperoleh faktor keamanan yang ada pada struktur sebagai pengotrolan terhadap stabilitasnya.



Gambar 3.12 Uraian gaya-gaya pada dua bagian massa tanah (Caltrans, 1993)

3.6 Analisis berdasarkan bidang kelongsoran sirkuler

Analisis berdasarkan bidang kelongsoran parabolic/sirkuler ini dibentuk berdasarkan metode irisan Bishop (gambar 3.13). Bentuk sirkuler didapatkan dengan menentukan letak pusat lingkaran dengan jari-jari menyinggung kaki dinding. Letak pusat lingkaran diubah-ubah sehingga didapatkan bentuk kelongsoran sirkuler yang berbeda-beda. Bidang kelongsoran tersebut dibagi menjadi beberapa irisan sirkuler dan masing-masing irisan diperhitungkan gayanya berdasarkan metode kesetimbangan batas. Seperti pada bentuk kelongsoran yang lain, faktor keamanan diperoleh berdasarkan rasio gaya-gaya penahan struktur dengan gaya-gaya pendorongnya. Iterasi terhadap bentuk kelongsoran sirkuler dilakukan sampai didapatkan nilai faktor keamanan yang minimum.



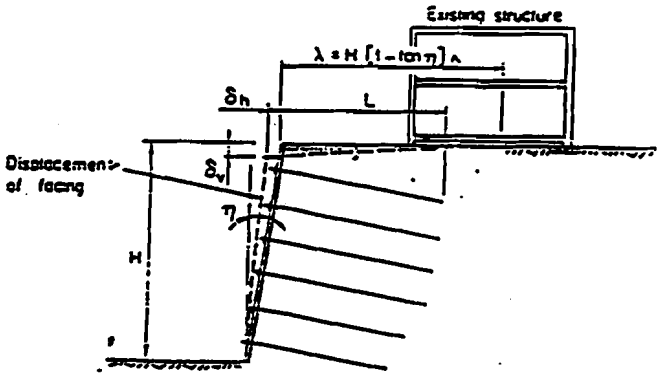
Gambar 3.13 Bidang kelongsoran sirkuler

Dua metode analisis perhitungan "soil nailing" yang dikembangkan dari bentuk bidang kelongsoran ini adalah Davis Method (Shen et al, 1981) dan Juran Method (Juran, 1990). Karena perhitungan untuk mewujudkan bidang kelongsoran sirkuler ini sangat sulit jika dilakukan secara manual, maka analisanya juga selalu dibantu dengan perangkat lunak komputer, seperti dengan program TALREN (Juran), CLOUDIM (French) dan NAILM8 (Davis).

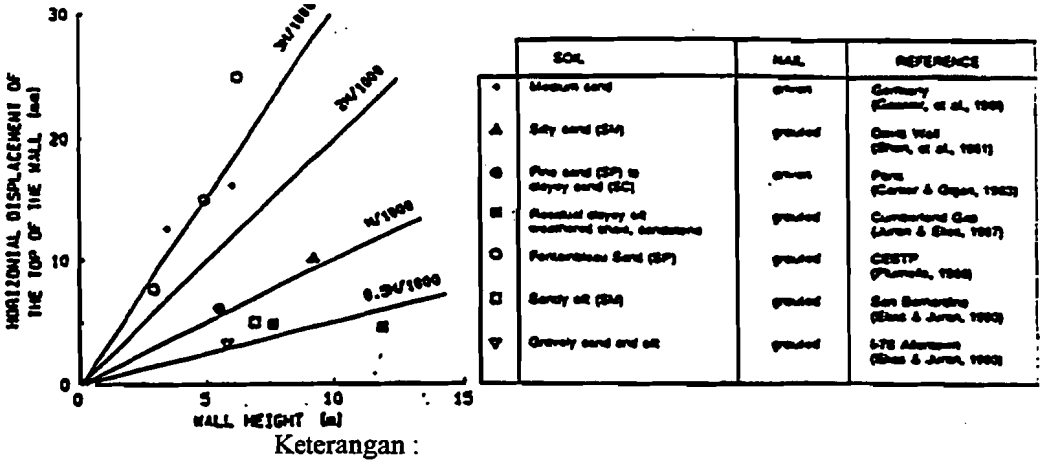
3.7 Efek Pasca Konstruksi

Berdasarkan observasi yang dilakukan Clouterre (1991) terhadap perilaku dinding "soil nailing" (gambar 3.14) bahwa pada masa pasca konstruksi dapat terjadi

pergerakan tanah berupa "facing displacement" yang besarnya tergantung dari beberapa parameter, di antaranya faktor lingkungan, perubahan cuaca, tipe tanah dan aliran air tanah. Observasi tersebut memperlihatkan kecenderungan bahwa besarnya "facing displacement" tidak lebih dari 0.3% dari ketinggian dinding. Besarnya "facing displacement" untuk beberapa jenis tanah dapat diperkirakan dengan menggunankan grafik 3.15.



Gambar 3.14 Skema deformasi pada dinding "soil nailing" (Yap, 1993)



Keterangan :

0.5H/1000 ---> tipe tanah "sandstone"
H/1000 ---> tipe "intermediate soil"
2H/1000 ---> tipe "sand"
3H/1000 ---> tipe "clay"

Gambar 3.15 Grafik hubungan antara besarnya pergeseran horizontal pada dinding "soil nailing" dengan ketinggian dinding (Jewell, 1990)

BAB IV

DESAIN "SOIL NAILING" MENGGUNAKAN PROGRAM SNAIL 2.11 STUDI KASUS : PROYEK MENARA DEA, JAKARTA

4.1 Tinjauan Umum

Dalam perencanaan perkuatan dinding galian dengan metode "soil nailing", parameter-parameter yang digunakan diambil dari proyek pembuatan dinding "soil nailing" sebagai perkuatan dinding galian tanah sementara pada proyek Menara Dea di kawasan terpadu Mega Kuningan Jakarta Selatan.

Untuk meninjau kestabilan global perkuatan dinding "soil nailing" ini meliputi nilai-nilai faktor keamanan struktur serta tegangan yang terjadi pada tiap level perkuatan digunakan bantuan program komputer SNAIL 2.11. Program ini disusun oleh California Departement of Transportasi untuk menganalisis kestabilan global suatu struktur tanah dengan dan tanpa perkuatan serta untuk dinding "tie-backs".

SNAIL 2.11 menggunakan analisa garis keruntuhan bi & tri-linier digabungkan dengan metode kesetimbangan batas untuk mendapatkan faktor keamanan minimum pada suatu sistem struktur. SNAIL mempunyai kemampuan untuk menganalisis struktur yang memiliki :

1.satu sampai dua lapisan tanah

2.beban tambahan pada puncak dan kaki struktur

3.permukaan air tanah

4.beban gempa

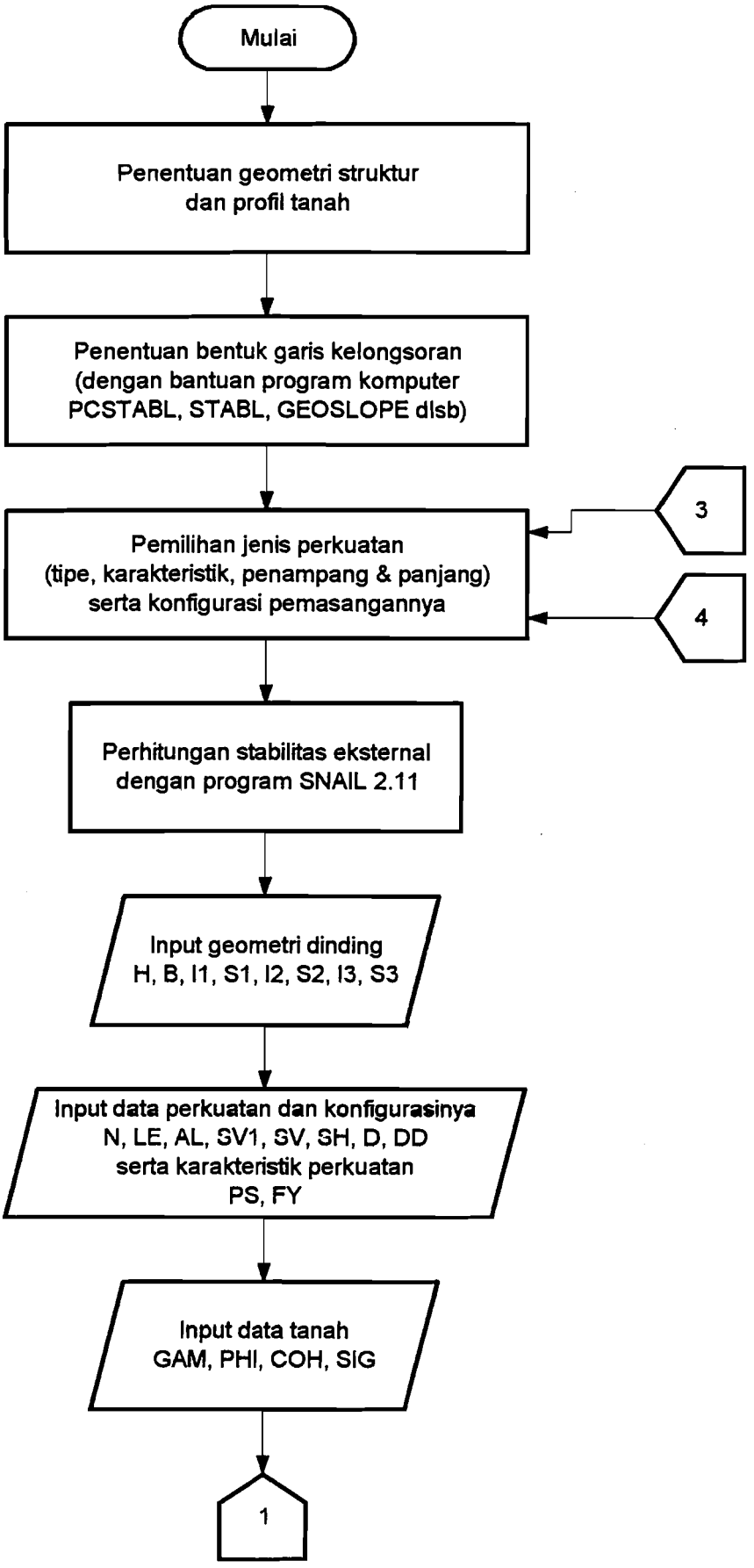
5.lapis permukaan dengan kemiringan tertentu

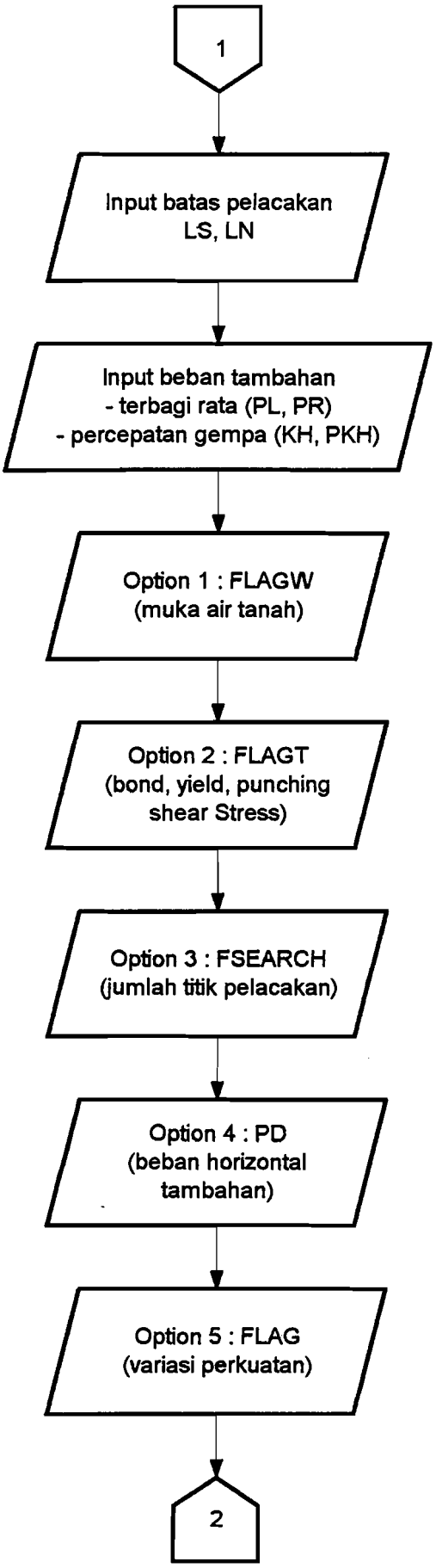
6.tanah berlereng di belakang dan depan dinding

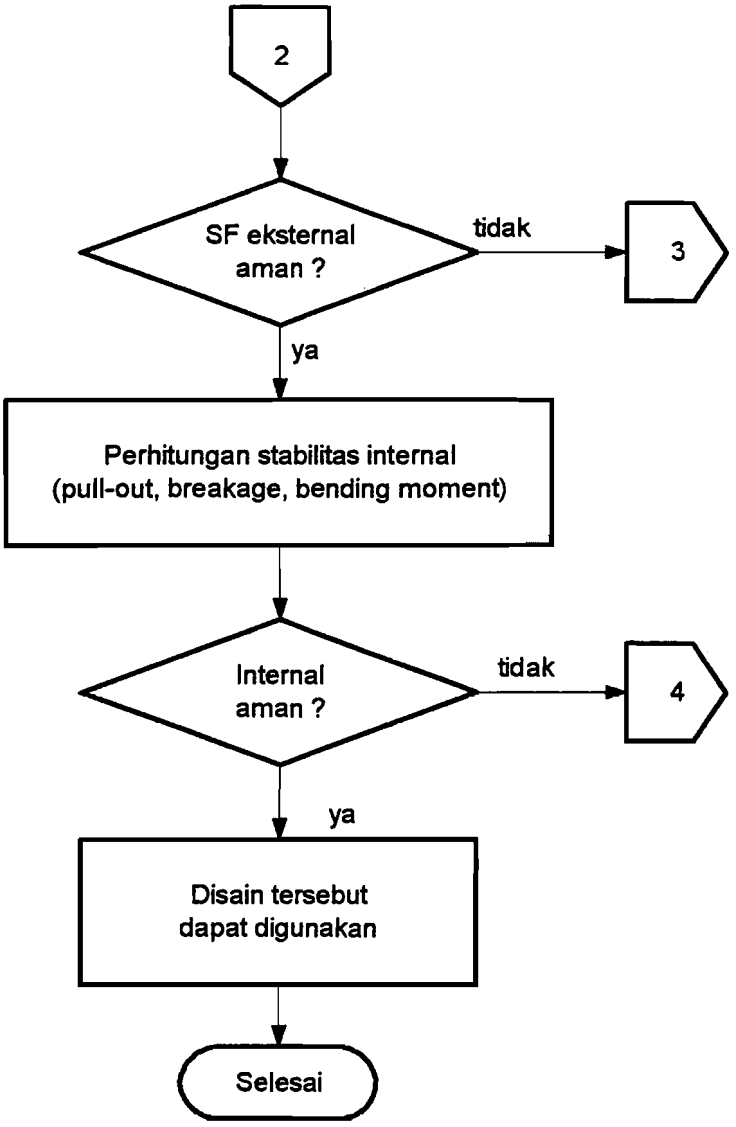
7.parameter "nail" yang bervariasi pada tiap levelnya

Data yang akan dimasukkan harus mengikuti alur pemasukan data yang ada pada program dan dalam satuan yang sama. Dalam hal ini ada dua macam jenis sistem satuan yang digunakan, yaitu sistem Inggris dan Metric. Adapun hasil yang akan diperoleh dengan menjalankan program ini adalah berupa grafik yang mengilustrasikan bentuk geometri dinding dan bentuk garis keruntuhan dengan faktor keamanan minimum serta hasil perhitungan tiap level perkuatan dari titik tinjauan yang diminta.

Urutan perencanaan dinding "soil nailing" dengan menggunakan bantuan program SNAIL 2.11 dapat dilihat pada diagram alur (gambar 4.1) berikut :


Mulai
Penentuan geometri struktur
dan profil tanah
Penentuan bentuk garis kelongsoran
(dengan bantuan program komputer
PCSTABL, STABL, GEOSLOPE dlsb)
Pemilihan jenis perkuatan
(tipe, karakteristik, penampang & panjang)
serta konfigurasi pemasangannya
3
4
Perhitungan stabilitas eksternal
dengan program SNAIL 2.11
Input geometri dinding
H, B, I1, S1, I2, S2, I3, S3
Input data perkuatan dan konfigurasinya
N, LE, AL, SV1, SV, SH, D, DD
serta karakteristik perkuatan
PS, FY
Input data tanah
GAM, PHI, COH, SIG
1


1
Input batas pelacakan
LS, LN
Input beban tambahan
- terbagi rata (PL, PR)
- percepatan gempa (KH, PKH)
Option 1 : FLAGW
(muka air tanah)
Option 2 : FLAGT
(bond, yield, punching
shear Stress)
Option 3 : FSEARCH
(jumlah titik pelacakan)
Option 4 : PD
(beban horizontal
tambahan)
Option 5 : FLAG
(variasi perkuatan)
2



Gambar 4.1 Bagan alur perencanaan "soil nailing"

4.2 Parameter Perencanaan

4.2.1 Bentuk Geometri Dinding

meliputi :

1. Tinggi dinding (H)

2.Sudut kemiringan lereng (B)

3.Sudut lereng pertama (I1)

4.Panjang lereng pertama dari puncak dinding (S1)

5.Sudut lereng kedua (I2)

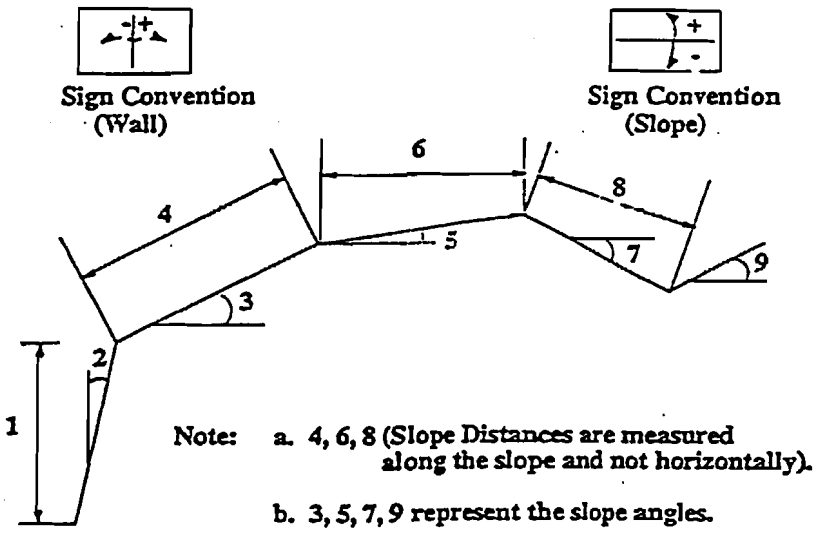
6.Panjang lereng kedua dari puncak dinding (S2)

7.Sudut lereng ketiga (I3)

8.Panjang lereng ketiga dari lereng kedua (S2)

9.Sudut lereng keempat (I4)

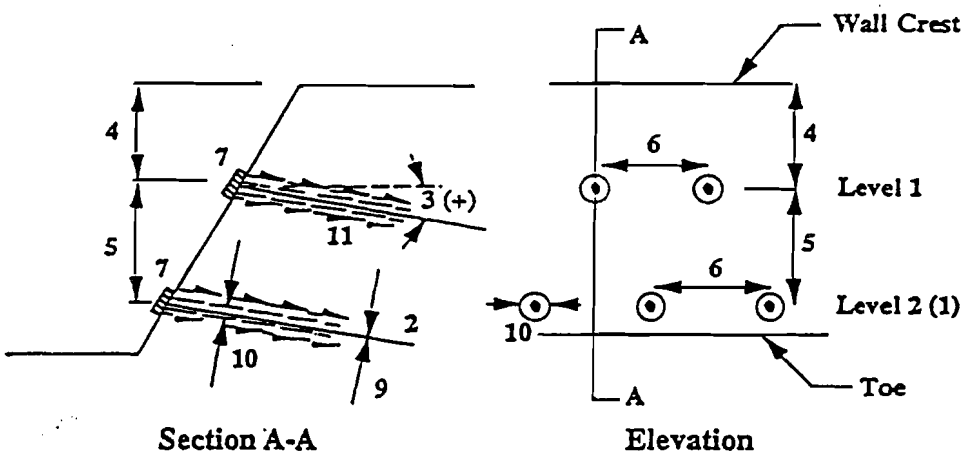
Ilustrasi posisi parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Posisi parameter bentuk geometri dinding

4.2.2 Parameter perkuatan

Ada dua cara pemasukan data yang dilakukan sehubungan dengan parameter perkuatan ini. Pertama jika seluruh level menggunakan jenis perkuatan yang sama, maka pemasukan data dilakukan secara normal. Namun apabila ada perbedaan jenis perkuatan yang digunakan pada tiap-tiap level maka ada data tertentu yang harus dikoreksi terlebih dahulu (akan dijelaskan kemudian).



Gambar 4.3 Parameter perkuatan

Adapun data yang berhubungan dengan perkuatan ini meliputi :

1.Jumlah level perkuatan (N)

2.Panjang perkuatan (LE)

3.Sudut inklinasi perkuatan (AL)

4.Jarak level pertama dari puncak dinding (SV1)

5.Jarak vertikal antar perkuatan (SV)

6.Jarak horizontal antar perkuatan (SH)

7.Kapasitas "punching shear" (PS)

8.Tegangan luluh perkuatan (FY)

9.Diameter elemen perkuatan (D)

10.Diameter lubang grouting (DD)

Ilustrasi posisi parameter perkuatan adalah sebagai berikut :

4.2.3 Parameter tanah

meliputi :

1.Berat jenis tanah (GAM)

2.Sudut geser dalam (PHI)

3.Kohesi tanah (COH)

4."Bond stress" (SIG)

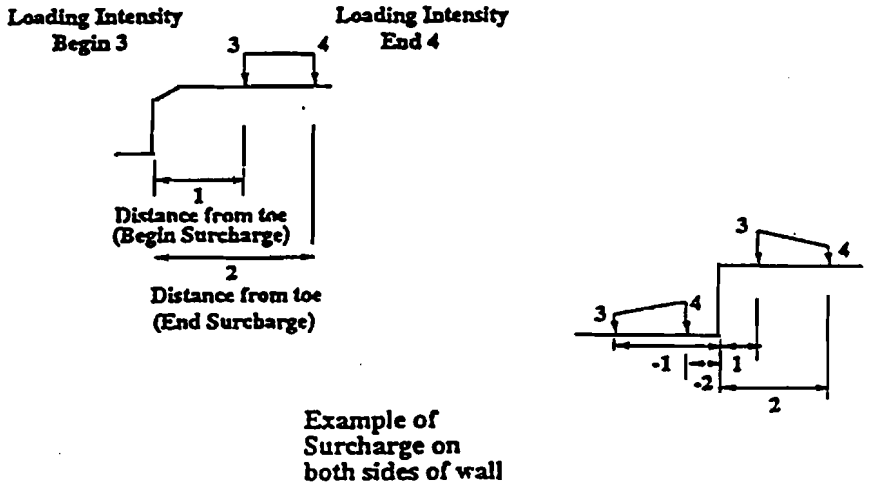
Jika tanah terdiri dari dua lapisan, maka batas lapisan pertama dengan lapisan kedua dapat ditandai dengan memberikan titik koordinat (XS1,YS1) dan (XS2,YS2) pada geometri dinding, di mana koordinat (0,0) terletak pada kaki dinding.

4.2.4 Batas pelacakan ("Search Limit")

Batas pelacakan merupakan acuan untuk melakukan analisis dari suatu titik awal (LS) sampai suatu titik pada jarak tertentu (LN). Program akan membagi jarak yang diminta tersebut ke dalam 10 bagian yang sama.

4.2.5 Beban tambahan

Dinding yang dianalisis dapat dilengkapi dengan beban tambahan terbagi rata (psf/feet) , maksimum dua jenis beban tambahan. Beban tambahan dapat diletakkan di depan (-x) dan di belakang (+x) dinding atau bahkan pada keduanya. Posisi awal dan akhir beban tersebut diperhitungkan dari kaki dinding, sebagaimana terilustrasi pada gambar berikut :



Gambar 4.4 Contoh penempatan beban tambahan

4.2.6 Percepatan gempa

Terdiri dari koefisien horizontal (KH) dan koefisien vertikal (PKH). Koefisien vertikal merupakan persentase dari koefisien horizontal, yang pada pemasukannya harus diberikan dalam bentuk desimal. Koefisien vertikal ini harus dicoba dalam nilai positif (+) dan negatif (-), hasil yang digunakan adalah yang memiliki nilai faktor keamanan yang terkecil.

4.2.7 Permukaan air tanah

Untuk menempatkan permukaan air tanah pada struktur, digunakan tiga titik koordinat (x,y) dengan posisi (0,0) terletak pada kaki dinding.

4.2.8 Aturan tambahan

Selain parameter-parameter yang telah dipaparkan di atas, ada beberapa aturan tambahan yang harus dilakukan sehubungan dengan kondisi struktur yang dianalisis, yaitu :

1. Option 1 (FLAGT) : mendefinisikan kekuatan maksimum perkuatan yang digunakan. FLAGT=0 jika harga "bond stess", "yield stress" dan "punching shear stress" adalah ultimit. FLAGT=1 jika harga ketiga parameter tersebut "allowable" dan FLAGT=2 hanya untuk struktur "tie-back wall" menggunakan "soldier pile".

2. Option 2 (FSEARCH) : menentukan daerah pelacakan antara LS dan LN. Jika FSEARCH=0 maka pelacakan terhadap bidang keruntuhan dilakukan dari titik 1 sampai 10. Jika FSEARCH=1 maka pelacakan dilakukan pada titik tertentu LA dan LB. Jika FSEARCH=2 maka faktor keamanan diperhitungkan dari bidang keruntuhan tertentu yang ditandai oleh II dan JJ.

3. Option 3 (FLAG) : menentukan bentuk kaki dinding. FLAG=0 jika kaki dinding tidak berlereng (datar terhadap dasar galian). FLAG=1 jika kaki dinding memiliki tambahan lereng tertentu, yang bentuknya harus digambarkan dengan memasukkan data pada format yang ada di Option 3.

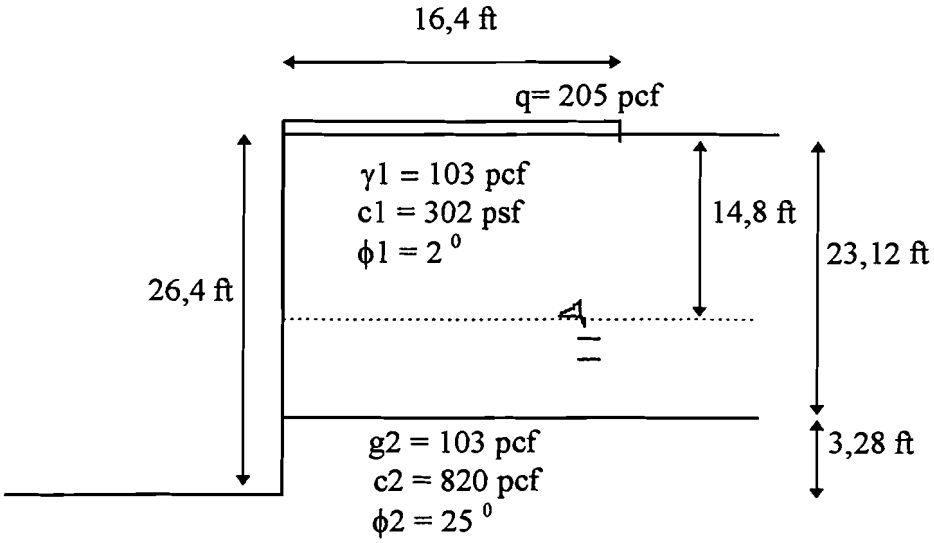
4. Option 4 (PD) : dilakukan jika terdapat gaya horizontal eksternal bekerja pada dinding. Nilai positif (+) diberikan jika gaya bekerja ke arah dalam dinding dan nilai negatif (-) diberikan jika gaya bekerja menjauhi dinding.

5. Option 5 (FLAGN) : jika jenis perkuatan yang digunakan pada seluruh level tidak bervariasi maka nilai FLAGN=0. Namun jika terdapat variasi jenis perkuatan, nilai FLAGN=1 dan format data yang ada di option ini harus diisi.

4.3 Perencanaan dinding "soil nailing"

Direncanakan dinding dengan perkuatan "soil nailing" dengan menggunakan parameter pada proyek Menara Dea Jakarta. Dinding yang direncanakan merupakan dinding section 3 (ada pada lampiran) yang memiliki karakteristik sebagai pada

gambar (4.4). Beban tambahan yang diperhitungkan (q rencana) = 1 t/m^2 pada jarak 5 meter sepanjang tepi galian. Faktor keamanan yang disyaratkan sebesar 1,6 sampai 1,8.



Gambar 4.5 Geometri dinding basemen yang direncanakan

4.3.1 Perhitungan pendahuluan

Perhitungan pendahuluan ini dilakukan dengan mengambil bentuk garis keruntuhan linier sehingga perhitungan dapat dilakukan secara praktis.

1. Mencari jarak vertikal dan jarak horizontal antar "nail"

Perhitungan pendahuluan dilakukan untuk menentukan konfigurasi parameter perkuatan yang akan dipakai. Dengan menggunakan baja d32 berkuat leleh (fy) = 60 ksi dengan kapasitas "punching shear" diambil 40 kips (<0,58.fy.As) dan

menggunakan nilai SF = 1,5 - 3, dicari jarak vertikal dan horizontal antar "nail" dengan menggunakan rumus (3.15).

* jika SF = 3

$$S^2 = \frac{As.fy}{SF.\sigma} = \frac{(\pi x 1,3^2/4)\ 60}{3.(103x26,4x0,405)} = \frac{79,8}{3,303} = 24,16$$

$Sv = Sh = S^{1/2} = 4,9$ ft

* jika SF = 1,5

$$S^2 = \frac{As.fy}{SF.\sigma} = \frac{(\pi x 1,3^2/4)\ 60}{1,5(103x26,4x0,405)} = \frac{79,8}{1,651} = 48,36$$

$Sv = Sh = S^{1/2} = 6,9$ ft

---> Sv = Sh bisa digunakan antara 4,9 - 6,9 ft ---> dicoba Sv = Sh = 6,9 ft

Maka jumlah level (n) = 26,4/6,9 ~ 4 level

2. Mencari panjang efektif "nail"

Panjang efektif "nail" (le) didapatkan dengan rumus (3.19) dengan menggunakan nilai SF = 1,5 - 3 :

* jika SF = 3

$$le = \frac{3\ P}{\pi.D.\sigma n.\tan\delta} = \frac{3 \times 52,43}{\pi \times (7,87/12) \times (103x26,4) \times \tan(50/3)} = 93,8 \text{ ft}$$

* jika SF = 1,5

$$le = \frac{1,5\ P}{\pi.D.\sigma n.\tan\delta} = \frac{1,5 \times 52,43}{\pi \times (7,87/12) \times (103x26,4) \times \tan(50/3)} = 46,9 \text{ ft}$$

---> digunakan le = 46,9 ft

kemudian dicari panjang total "nail" dengan rumus (3.21)

Level	h (ft)	le (ft)	la (ft)	L (ft)
1	3,3	46,9	14,7	61,6
2	10,2	46,9	10,3	57,2
3	17,1	46,9	5,9	52,8
4	24	46,9	1,5	48,4

Jika pemasangan "nail" dilakukan dengan inklinasi 15^0 maka :
L dapat digunakan (61.6/cos 15) = 63,2 ft

3. Mencari perkiraan "bond stress"

Tahapan ini dilakukan karena pada program SNAIL 2.11 disyaratkan untuk memasukkan nilai taksiran "bond stress" atau tegangan lekat antara tanah dengan "nail". "Bond stress" dapat dicari dengan rumus :

$$\sigma b = \frac{qc}{A} \quad \text{.....(4.1)}$$

dengan $A = qc/\tau$ ult .....(4.2)

di mana :

σb	=	"Bond stress"
qc	=	perlawanan konus, diperoleh dari hasil sondir
τ ult	=	tegangan geser lateral ultimit
A	=	rasio perlawanan konus terhadap tegangan geser lateral

* dari hasil sondir diketahui :

Lapisan tanah 1 :	qc1	=	99,47 psi
(τult = 6,27 psi)	qc2	=	404,99 psi
	qc3	=	689,21 psi
Lapisan tanah 2 :	qc4	=	426,31 psi
(τult = 3,23 psi)	qc5	=	426,31 psi

* diperoleh nilai :	A1	=	15,86
	A2	=	64,59
	A3	=	111,36

A4 = 131,99
A5 = 131,99

* untuk lapisan tanah 1 ---> σb1 = 99,47/63,77 = 1,56 psi
= 689,21/63,77 = 10,8 psi
---> diambil σb1 = 4,12 psi

* untuk lapisan tanah 2 ---> σb2 = 426,31/131,99 = 3,23 psi
---> diambil σb2 = 2,15 psi

4.3.2 Analisis kestabilan eksternal

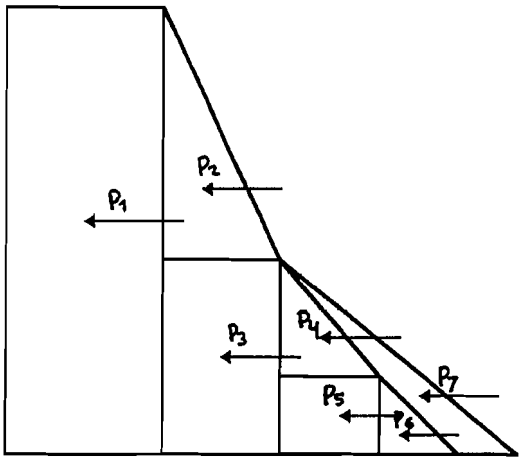
Berdasarkan hasil perhitungan pendahuluan, dilakukan kontrol stabilitas ekstenal dengan tinjauan sebagai berikut :

1. Tinjauan kestabilan geser tanah

a. Gaya pendorong (Pd): tekanan tanah lateral setinggi galian

$Ka1 = tg^2(45-\phi/2) = tg^2(45-2/2) = 0.935$

$Ka2 = tg^2(45-25/2) = 0.405$



Gambar 4.6 Uraian diagram tekanan tanah lateral

Tabel 4.1 Uraian perhitungan tekanan-tekanan tanah

Notasi	Uraian	Rumus	Perhitungan
P1	Tekanan tanah akibat beban terbagi rata	q.H.Ka1	= 205.26,4.0,933 = 5049,396 lbs
P2	Tekanan tanah akibat lapisan tanah 1 di atas mat	$0,5\gamma.h1^2.Ka1$	$= 0,5.103.14,8^2.0,933 = 10524,763$ lbs
P3	Tekanan tanah akibat berat tanah lapisan 1 di atas mat	γ.h1.h2.Ka1	= 103.14,8.11,6.0,933 = 16498,276 lbs
P4	Tekanan tanah akibat lapisan tanah 1 di bawah mat	$0,5\gamma.h3^2.Ka1$	$= 0,5.103.8,32^2.0,933 = 3326,102$ lbs
P5	Tekanan tanah akibat berat tanah lapisan 1 di bawah mat	γ.h3.h2.Ka2	= 103.8,32.3,28.0,405 = 1138,386 lbs
P6	Tekanan tanah akibat lapisan tanah 2	$0,5\gamma.h2^2.Ka2$	$= 0,5.103.3,28^2.0,405 = 224,393$ lbs
P7	Tekanan tanah akibat tekanan air tanah	$0,5\gamma w.h4^2$	= 0,5.62,42.11,62 = 4119,6 lbs
			+
			Pd total = 40880,926 lbs

b. Gaya penahan (Pt)

$Pt = [cd.L + Wtot.tg\ \phi]$

$= (2/3.308.61) + (103.26,4.61)\ tg\ 25$

$= 92,35$ kips

$$* SF = \frac{\Sigma Pt}{\Sigma Pd} = \frac{92350}{40880,926} = 2,25 > 1,5 \text{ -----> Ok.}$$

2. Tinjauan kestabilan guling tanah

a. Momen pengguling (Mg) = Pd x z

$Mg = P1.z1 + P2.z2 + P3.z3 + ... + P7.z7$
$= (5049,396.13,2) + (10524,763.16,5) + (16498,276.5,8) +$
$(3326,102.6,05) + (1138,386.1,64) + (224,393.1,09) +$
$(4119,6.3,87)$
$= 374,53$ kip-ft

b. Momen penahan (Mt) = Pt x z

Mt = Wtot.z

= (103.26,4.61) 30,5 = 5059,07 kip-ft

$$* SF = \frac{\Sigma Mt}{\Sigma Mg} = \frac{5059,07}{374,53} = 13,51 > 2 \text{ -----> Ok.}$$

3. Tinjauan kestabilan daya dukung tanah

a. Daya dukung tanah : $\sigma ult = c.Nc + q.Nq + 0.5\gamma.L.N\gamma$

$\sigma ult = (308.25,13) + (103.0.12,72) + (0,5.103.61.8,34)$

= 33940,15 psf

b. Daya dukung yang terjadi : $\sigma t = \gamma H + q$

$\sigma t = (103.26,4) + 205 = 2924,2$ psf

$$* SF = \frac{\sigma ult}{\sigma t} = \frac{33940,15}{2924,2} = 11,6 > 3 \text{ -----> Ok.}$$

4.3.3 Analisis Kestabilan Internal

1. Tinjauan terhadap patah geser (rumus 3.23)

$$\frac{\sigma n.tg\,\phi}{SF} >= \frac{P}{\pi.D.le}$$

perhitungan :

$$\frac{1267,9}{1,5} >= \frac{52430}{\pi.(7,87/12).46,9}$$

845,27 >= 542,87 -----> Ok.

2. Tinjauan terhadap patah tarik (rumus 3.24)

$$\frac{0,58fy.As}{\gamma.H.Sv.Sh} >= Keq$$

perhitungan :

$$\frac{0,58.fy.As}{\gamma.H.Sv.Sh} = \frac{0,58.60.1,33}{103.26,4.6,9.6,9} = \frac{39800}{129461,1} = 0,3$$

$Keq = [TN^2 + 4(TS^2)]^{1/2}$

(rumus 3.26) :

$$TN = \frac{(103.26,4.)1,33}{129461,1} = 0,03$$

(rumus 3.27) :

$$TS = \frac{[820+(103.26,4.tg25)]1,33}{129461,1} = 0,02$$

$Keq = [0,06^2+4.0,01^2]^{1/2} = 0,05$

$0,3 > 0,05$ -----> Ok.

4. Tinjauan terhadap kekakuan "nail" (rumus 3.29)

$Mp/ SF >= Mmax$

perhitungan :

$Mp = fy.z$

$$= 60 \text{ x } \frac{\pi 7.87^2}{32} = 364.84 \text{ kips-in.}$$

Mmax = 0.32 x Tc x lo

= 0,32 x 2,777 x 28,8 = 25,59 kips-in.

sehingga :

364,84/3 > 25,59

121,6 > 25,59 -----> Ok.

4.4 Pemasukan data pada program SNAIL 2.11

Setelah melalui tahapan perencanaan pendahuluan tersebut, maka perencanaan dengan menggunakan program SNAIL 2.11 dapat dilakukan dengan menggunakan parameter yang telah ditinjau pada perencanaan pendahuluan. Karena perencanaan ini dilakukan secara trial & error, maka setelah pemasukan data selesai dilakukan dan program dijalankan, pengechekan dilakukan dengan menijau nilai faktor keamanan minimum global yang dihasilkan pada output program SNAIL 2.11. Jika faktor keamanan tersebut tidak memenuhi persyaratan atau belum memuaskan maka dapat dilakukan perencanaan kembali sampai didapatkan hasil yang diinginkan.

4.4.1 Desain I

Data dimasukkan dengan satuan Inggris dengan urutan sebagai berikut :

1. H = 26.4 f
2. B, I1, S1, I2, S2, I3, S3 = 0 (dinding tegak lurus dan tidak terdapat lereng pada puncak dinding)
3. N = 4 level
4. LE = 63,2 ft
5. AL = 15^0

6. SV1 = 3.3 ft
7. SV = 6.9 ft
8. SH = 6.9 ft
9. PS = 40 kips
10. FY = 60 ksi
11. D = 1.3 in
12. DD = 7.87 in (DD diambil >D+5 in)
13. NS = 2 (dua jenis lapisan tanah)
14. GAM1 = 103 pcf
15. PHI1 = 2^0
16. COH1 = 820 psf
17. SIG1 = 4.12 psi
18. GAM2 = 103 pcf
19. PHI2 = 25^0
20. COH2 = 308 psf
21. SIG2 = 2.15 psi
22. XS1 = 0 ft, YS1 = 3.28 ft
23. XS2 = 100 ft, YS2 = 3.28 ft
24. LS = 0, LN = 100
25. XL = 0 ft (titik awal beban = pada puncak dinding)
26. XR = 16.4 ft (titik akhir beban)
27. PL = 205 psf/ft (besar beban pada titik awal)
28. PR = 205 psf/ft (besar beban pada titik akhir)
29. KH, OKH = 0 (tidak ada beban gempa)
30. FLAGW = 1 (ada permukaan air tanah)
31. XW1 = 0, YW1=0
32. XW2 = 90 ft, YW2=11.6 ft
33. XW3 = 100 ft, YW3 = 11.65 ft
34. FLAGT = 0 (dipakai bond, yield & punching shear stress ultimit)
35. FSEARCH = 0 (titik 1 s/d 10)
36. LA = 0, LB = 10
37. FLAG = 0 (tidak ada slope pada kaki dinding)
38. PD = 0 (tidak ada gaya horizontal eksternal)
39. FLAGN = 0 (option 5 tidak berlaku)

4.4.2 Hasil perencanaan desain I

Hasil perencanaan desain I dengan menggunakan progam SNAIL 2.11 menunjukkan nilai faktor keamanan global sebesar 1,57 (outpout program ada pada halaman 75-80). Ternyata nilai ini lebih kecil dari faktor keamanan yang disyaratkan sehingga perlu dilakukan perencanaan kembali (desain II) dengan mengubah nilai beberapa parameter, dalam hal ini yang akan diganti adalah panjang nail, jumlah level "nail" serta besar spasi horizontal dan spasi vertikal antar "nail", diambil Sh = Sv = 4,9 ft dengan jumlah nail 5 buah serta panjang nail 39,4 ft (masih memenuhi hasil perencanaan pendahuluan).

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-12-1996          Time: 11:31:55     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

Project Identification - MENARA DEA
Page - 2

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels	=	4
Horizontal Spacing	=	6.90 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	1.30 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	7.87 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	63.20 ft
Reinforcement Inclination	=	15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	6.90 ft

Project Identification - MENARA DEA
Page - 3

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
Toe	1.568	10.0	55.7	16.0	85.7	13.2

Reinf. Stress at Level 1 = 25.030 Ksi (Punching Shear controls..)
2 = 24.719 ksi (Punching Shear controls..)
3 = 22.480 ksi (Punching Shear controls..)
4 = 18.932 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 2	1.632	20.0	49.1	24.4	63.2	8.9

Reinf. Stress at Level 1 = 26.228 Ksi (Pullout controls...)
2 = 25.115 ksi (Punching Shear controls..)
3 = 22.282 ksi (Punching Shear controls..)
4 = 18.096 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 3	1.789	30.0	41.3	40.0	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 21.807 Ksi (Pullout controls...)
2 = 24.363 ksi (Punching Shear controls..)
3 = 21.160 ksi (Punching Shear controls..)
4 = 16.394 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 4	1.898	40.0	33.4	47.9	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 18.165 Ksi (Pullout controls...)
2 = 21.901 Ksi (Pullout controls...)
3 = 13.378 Ksi (Pullout controls...)
4 = 15.328 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 5	2.075	50.0	27.8	56.5	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 14.715 Ksi (Pullout controls...)
2 = 18.698 Ksi (Pullout controls...)
3 = 11.836 Ksi (Pullout controls...)
4 = 13.915 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 6	2.269	60.0	23.7	65.6	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 11.940 Ksi (Pullout controls...)
2 = 16.035 Ksi (Pullout controls...)
3 = 10.505 Ksi (Pullout controls...)
4 = 12.642 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 7	2.474	70.0	20.7	74.8	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 9.725 Ksi (Pullout controls...)
2 = 13.847 Ksi (Pullout controls...)
3 = 9.377 Ksi (Pullout controls...)
4 = 11.528 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 8	2.687	80.0	18.3	84.2	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 7.953 Ksi (Pullout controls...)
2 = 12.048 Ksi (Pullout controls...)
3 = 8.424 Ksi (Pullout controls...)
4 = 10.560 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 9	2.836	90.0	16.3	93.8	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 6.687 Ksi (Pullout controls...)
2 = 5.647 Ksi (Pullout controls...)
3 = 7.803 Ksi (Pullout controls...)
4 = 9.960 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE10	3.062	100.0	14.8	103.4	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 5.487 Ksi (Pullout controls...)
2 = 4.971 Ksi (Pullout controls...)
3 = 7.079 Ksi (Pullout controls...)
4 = 9.187 Ksi (Pullout controls...)

* FOLLOWING IS LOCATION WHERE MAX. REINFORCEMENT FORCE OCCURS *

LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	DISTANCE BEHIND THE WALL TOE (ft)	FACTOR OF SAFETY F.S.
55.7	16.0	85.7	13.2	10.0	1.568

Maximum Average Reinforcement Working Force = 26.228 Kips/level

4.4.3 Desain II

Data dimasukkan kembali dengan hanya mengubah nilai N, LE, Sv dan Sh, dengan urutan sebagai berikut :

1. H = 26.4 ft
2. B, I1, S1, I2, S2, I3, S3 = 0 (dinding tegak lurus dan tidak terdapat lereng pada puncak dinding)
3. N = 5 level
4. LE = 39.4 ft
5. AL = 15^0
6. SV1 = 3.3 ft
7. SV = 4.9 ft
8. SH = 4.9 ft
9. PS = 40 kips
10. FY = 60 ksi
11. D = 1.3 in
12. DD = 7.87 in (DD diambil >D+5 in)
13. NS = 2 (dua jenis lapisan tanah)
14. GAM1 = 103 pcf
15. PHI1 = 2^0
16. COH1 = 820 psf
17. SIG1 = 4.12 psi
18. GAM2 = 103 pcf
19. PHI2 = 25^0
20. COH2 = 308 psf
21. SIG2 = 2.15 psi
22. XS1 = 0 ft, YS1 = 3.28 ft
23. XS2 = 100 ft, YS2 = 3.28 ft
24. LS = 0, LN = 100
25. XL = 0 ft (titik awal beban = pada puncak dinding)
26. XR = 16.4 ft (titik akhir beban)
27. PL = 205 psf/ft (besar beban pada titik awal)
28. PR = 205 psf/ft (besar beban pada titik akhir)
29. KH, OKH = 0 (tidak ada beban gempa)
30. FLAGW = 1 (ada permukaan air tanah)
31. XW1 = 0, YW1=0
32. XW2 = 90 ft, YW2=11.6 ft
33. XW3 = 100 ft, YW3 = 11.65 ft
34. FLAGT = 0 (dipakai bond, yield & punching shear stress ultimit)

35. FSEARCH = 0 (titik 1 s/d 10)
36. LA = 0, LB = 10
37. FLAG = 0 (tidak ada slope pada kaki dinding)
38. PD = 0 (tidak ada gaya horizontal eksternal)
39. FLAGN = 0 (option 5 tidak berlaku)

4.4.4 Hasil perencanaan desain II

Dengan menggunakan program SNAIL 2.11, hasil perencanaan desain II menunjukkan faktor keamanan minimum global sebesar 1,67 dan gaya kerja perkuatan rata-rata sebesar 18,417 kips tiap level (output terdapat pada halaman lampiran). Kemampuan internal "nail" ini akan diuji di lapangan dengan pelaksanaan test "pull out", yang hasilnya akan mengindikasikan apakah kapasitas "pull out nail" yang ada sesuai dengan yang direncanakan.

4.5 Evaluasi Perencanaan

Mengacu pada pelaksanaan test "pull out" pada proyek Menara Dea, diberikan beban "pull out" sebesar 16 ton pada "nail" yang diuji di lapangan. Pada test "pull out" tersebut didapatkan hasil antara lain sebagai berikut :

1. Pengamatan pada profil III row III

Tabel 4.2 Hasil test "pull out" pada profil III row III

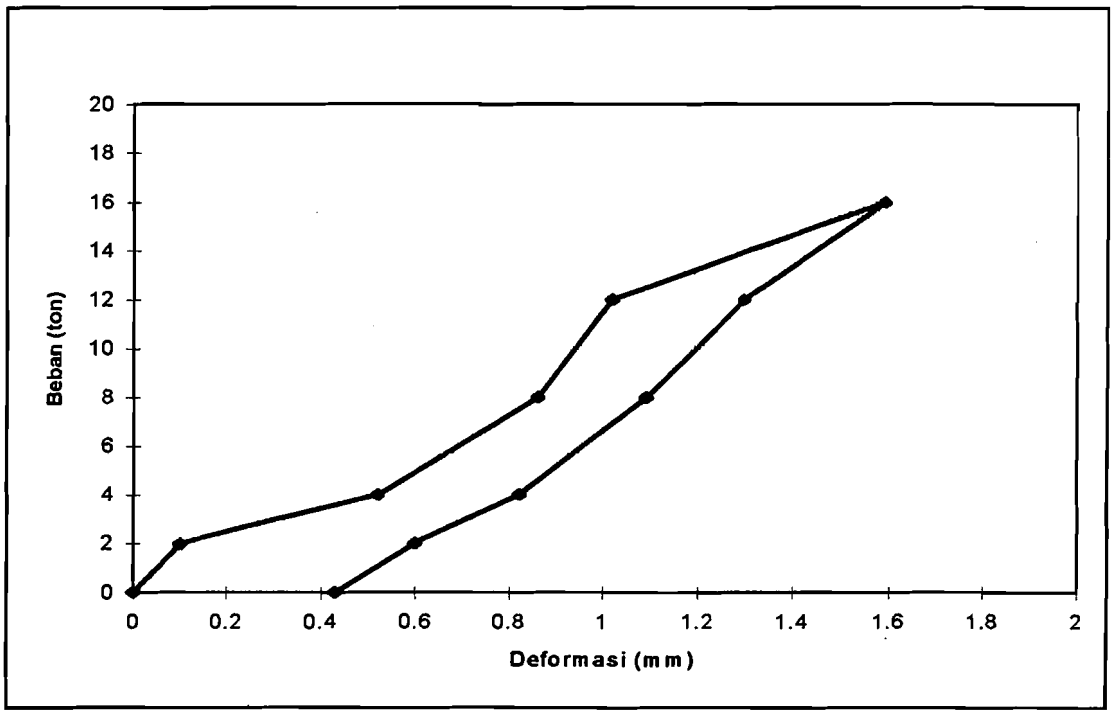
No.	Pressure reading kg/cm2	Load (ton)	Load (%)	Time (minutes)	Dial Reading mm
1	30,08	2	12,5	1	0,1
2	60,17	4	25	1	0,52
3	120,34	8	50	1	0,86
4	180,52	12	75	1	1,02
5	240,69	16	100	1	1,59
6				10	1,62
7				10	1,64
8				10	1,65
9	180,52	12	75	1	1,30
10	120,34	8	50	1	1,08
11	60,17	4	25	1	0,815
12	30,08	2	12,5	1	0,60
13	0	0	0	1	0,425

2. Pengamatan pada profil III row IV

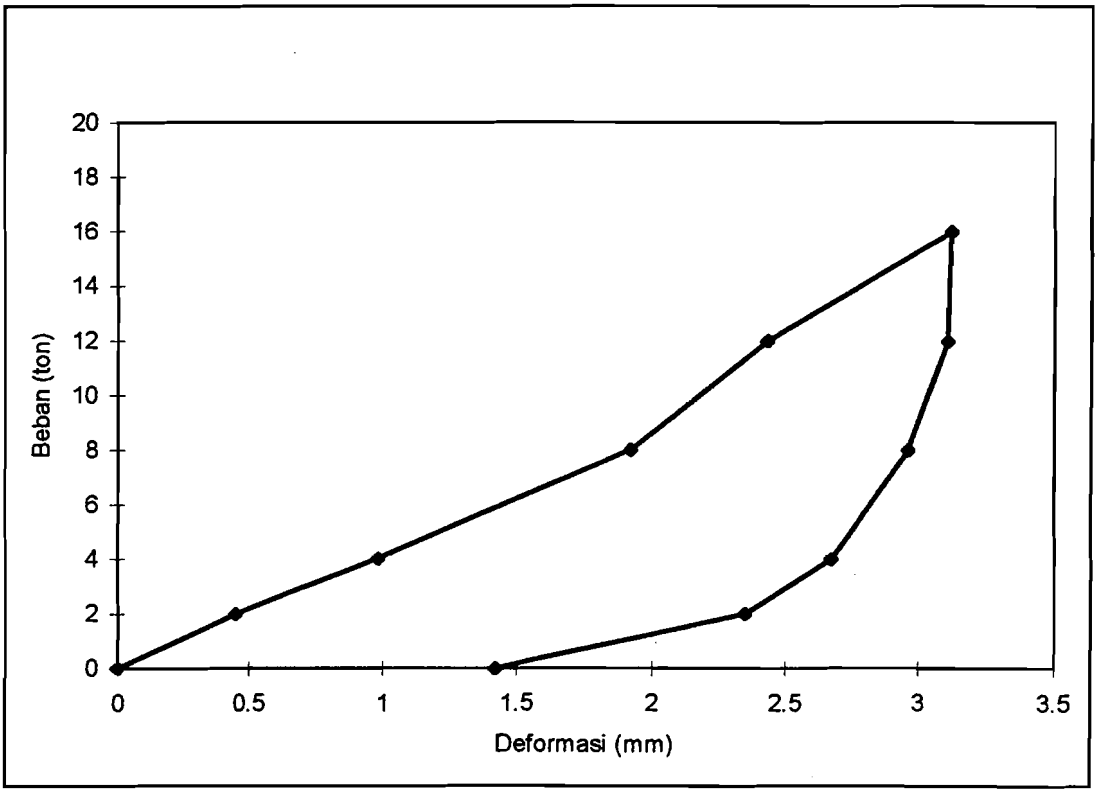
Tabel 4.3 Hasil test "pull out" pada profil III row IV

No.	Pressure reading kg/cm2	Load (ton)	Load (%)	Time (minutes)	Dial Reading mm
1	30,08	2	12,5	1	0,45
2	60,17	4	25	1	0,98
3	120,34	8	50	1	1,92
4	180,52	12	75	1	2,43
5	240,69	16	100	1	3,12
6				10	3,19
7				10	3,22
8				10	3,24
9	180,52	12	75	1	3,11
10	120,34	8	50	1	2,96
11	60,17	4	25	1	2,67
12	30,08	2	12,5	1	2,35
13	0	0	0	1	1,42

Hasil pengamatan pada tabel 4.2 dan 4.3, jika ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara deformasi terhadap beban "pull out" akan tampak seperti grafik 4.7 dan 4.8. Beban maksimum yang dikerjakan pada "nail" sebesar 16 ton dan diberikan secara bertahap mulai dari 12,5% sampai 100%, kemudian berangsur-angsur diturunkan sampai keadaan 0%. Tiap-tiap beban dikerjakan selama 1 menit, kecuali pada beban maksimum didiamkan selama 30 menit untuk melihat deformasi yang terjadi pada beban maksimum. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa "nail" tersebut berperilaku plastis di mana jika beban dikembalikan sampai keadaan 0%, maka "nail" tidak kembali ke posisi sebagaimana sebelum beban dikerjakan.



Gambar 4.7 Grafik deformasi hasil test "pull out" pada profil III row III



Gambar 4.8 Grafik deformasi hasil test "pull out" profil III row IV

Berdasarkan hasil test tersebut, dikontrol apakah "bond stress" yang direncanakan sebelumnya memenuhi "bond stress" yang terjadi, yaitu sebesar :

$\sigma b = P/(\pi.D.L) = 35{,}24$ kips/(π.7,87.39,4x12) = 3,015 psi

σb rencana untuk row III dan row IV = 2,15 psi

Ternyata σb terjadi lebih besar (memenuhi) σb rencana, maka artinya disain yang sudah dilaksanakan tersebut telah memenuhi syarat dan tidak perlu direvisi lagi.

BAB V

PELAKSANAAN PERKUATAN DINDING GALIAN DENGAN METODE "SOIL NAILING" PADA PROYEK MENARA DEA

5.1 Tinjauan Umum

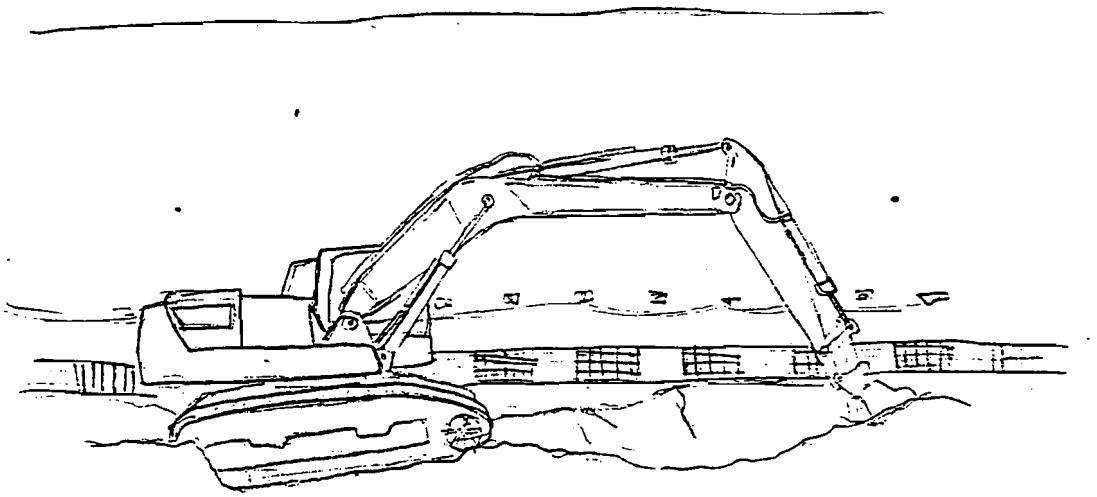
Proyek Menara Dea merupakan proyek pembangunan "multistorey building" di kawasan terpadu Mega Kuningan Jakarta Selatan dengan ciri khas proyek di metropolitan : bertingkat 12 lantai, basemen 3 lantai dan kondisi tapak bangunan terbatas. Pemilihan metode "soil nailing" sebagai dinding perkuatan galian basemen proyek ini lebih kepada pertimbangan kemudahan pekerjaan serta efisiensi waktu pelaksanaan.

Adapun prosedur pelaksanaan pekerjaan "soil nailing" di Menara Dea meliputi pekerjaan penggalian, pemasangan elemen drainasi dan "wire mesh", pengeboran, pencucian lubang, pemasangan "nail", "grouting", "shotcrete" dan pekerjaan finishing.

5.2 Pekerjaan Penggalian

"Soil nailing" dilaksanakan bersamaan dengan pelaksanaan galian. Pelaksanaan diselesaikan lapisan demi lapisan (layer to layer) mengikuti pekerjaan

galian. Dalam proyek Menara Dea ini penggalian dilaksanakan tiap-tiap 3 meter dalam dengan menggunakan "backhoe" (gambar 5.1). Dinding galian kemudian dirapikan dengan cara manual sebelum pekerjaan selanjutnya dilaksanakan. Mengingat cara kerja tersebut maka koordinasi dengan pekerjaan galian mutlak diperlukan.

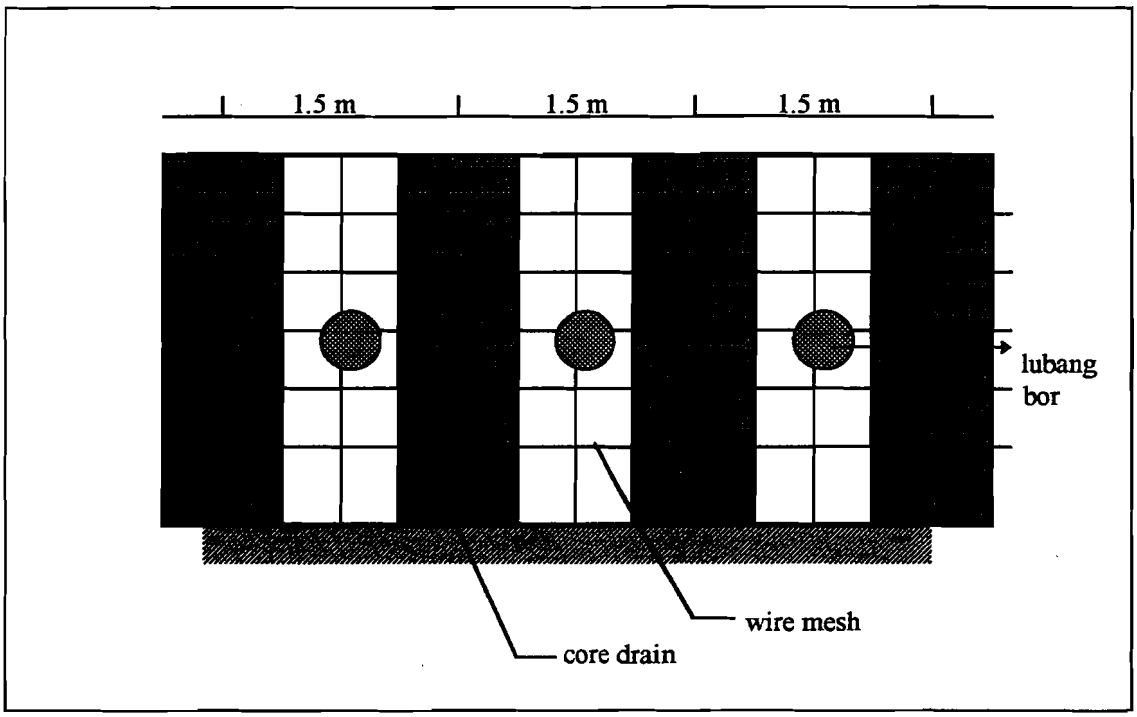


Gambar 5.1 Penggalian satu lapisan dengan "backhoe"

5.3 Pekerjaan Pemasangan Elemen Drainasi dan "Wire Mesh"

Pada pekerjaan "soil nailing", lazimnya pemasangan elemen drainasi dan wire mesh dilakukan setelah pengeboran dan pemasangan "nail". Namun pada kasus proyek Menara Dea ini, pada beberapa sisi galian (yaitu sisi Selatan) urutan pekerjaan tersebut dibalik mengingat kondisi tanah kurang menguntungkan. Tanah di lapangan

merupakan tanah hasil timbunan yang kurang padat (tidak "compact" dengan tanah aslinya) sehingga untuk mengantisipasi terjadinya keruntuhan, dinding galian perlu disokong dengan "wire mesh" (gambar 5.2).

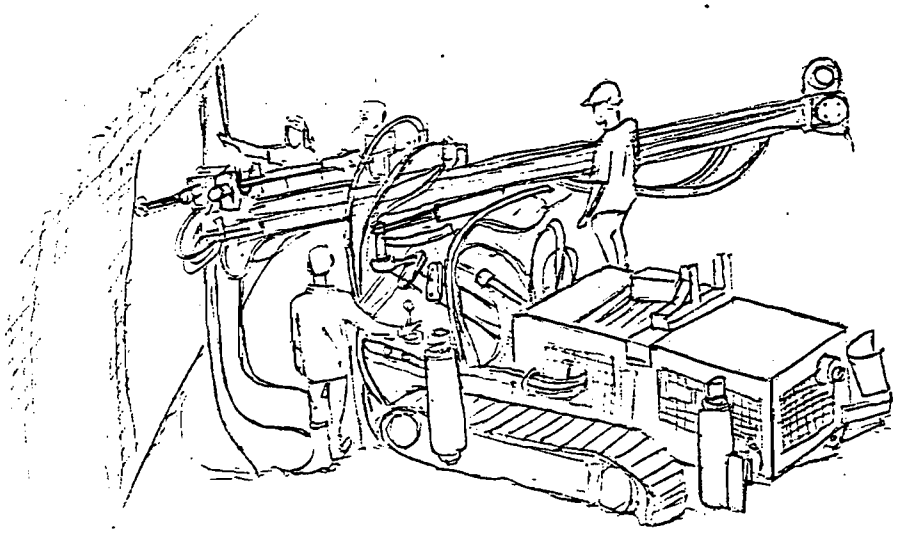


Gambar 5.2 Susunan pemasangan "wire mesh" dan "core drain"

Sedangkan elemen drainasi yang dipasang di belakang "wire mesh" adalah berupa "core drain" yang diletakkan pada jarak setiap 1.5 meter horizontal. Selain berfungsi sebagai drainasi, "core drain" juga berfungsi sebagai tempat melekatnya "shotcrete".

5.4 Pekerjaan Pengeboran

Dengan menggunakan alat "Soilmach" (gambar 5.3), pengeboran dilaksanakan dengan sudut 15^0 dari arah horizontal dengan sistem "wash boring". Alat "soilmach" mampu mengerjakan 3 - 4 lubang bor perjam.



Gambar 5.3 Alat bor "Soil Mach" SM 301

Kedalaman bor adalah 12 meter dengan diameter lubang 20 cm. Adapun cara pengeboran tersebut adalah sebagai berikut :

1) "Soilmach" ditempatkan di depan titik yang akan dibor, arah pipa pengeboran diatur sesuai sudut yang dikehendaki.

2) Pipa pertama sepanjang 3 m mulai dimasukkan ke dalam tanah sedalam panjang pipa kemudian pipa ditarik lagi keluar sehingga ujung belakangnya berada pada "soilmach".

3) Pipa kedua (3 m) disambung pada ujung belakang pipa pertama. Tempat penyambungan pada kedua pipa ini seperti baut dengan mur. Setelah terpasang, kedua pipa tersebut (6 m) dimasukkan kembali sampai sedalam panjang dua pipa.

4) Demikian seterusnya, pipa ketiga dan keempat disambung sampai lubang sedalam 12 m yang dikehendaki terbuat.

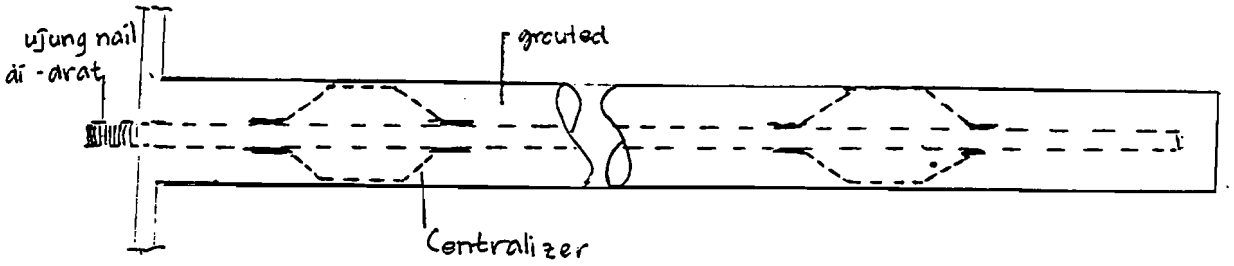
5.5 Pekerjaan "Flushing"

Pada pelaksanaan di proyek Menara Dea ini, setelah pengeboran selesai lubang bor dicuci dengan memompakan air ke dalam lubang bor melalui pipa PVC diameter 3/4". Dengan pencucian ini diharapkan semua lumpur sisa pengeboran keluar dari lubang sehingga memperlancar pekerjaan selanjutnya.

5.6 Pemasukan Baja Tulangan Berulir

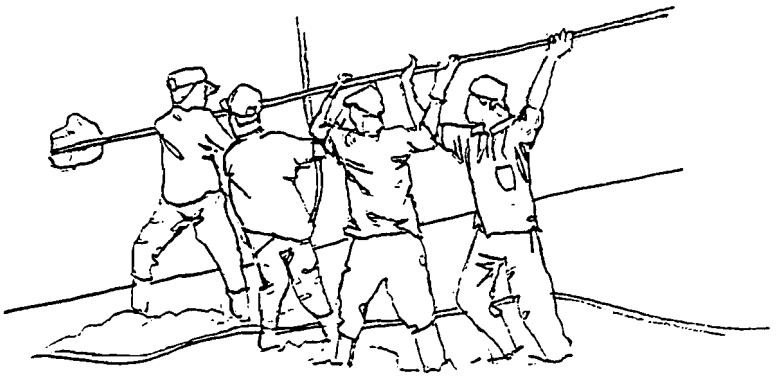
Digunakan "nail" berupa baja tulangan D32 grade U40. Sebelum baja tulangan tersebut dimasukkan ke dalam lubang, terlebih dahulu masing-masing baja tulangan tersebut dilengkapi dengan "centralizer" dan "draat" (gambar 5.4). "Centralizer" tersebut berfungsi untuk menjamin posisi baja tulangan ada di tengah-tengah lubang

bor, untuk "nail" sepanjang 12 m ini dipasang 5 buah "centralizer". Sedangkan "draat" dipersiapkan pada ujung luar "nail", berfungsi sebagai tempat melekatnya plat baja dan baut pengunci nantinya.



Gambar 5.4 "Nail" yang dilengkapi dengan "centralizer" dan "draat"

Pemasukkan baja tulangan dilakukan secara manual, biasanya dilakukan oleh 4-5 orang pekerja (gambar 5.5). Pada kondisi khusus di mana "nail" tidak dapat dimasukkan karena terbentur / terhalang sesuatu di dalam lubang, pemasangan akan dibantu dengan "soil mach".



Gambar 5.5 Pemasukan "nail" secara manual

5.7 Pekerjaan "grouting"

"Grouting" yaitu pengisian adukan beton cair ke dalam lubang bor dilaksanakan dengan campuran air dan semen yang menghasilkan beton K 225 dengan perbandingan berat 1 : 2. Additive Conbex 100 ditambahkan sekitar 0,5% dari berat semen untuk mempercepat pengerasan. Agar bahan adukan beton cair yang dimasukkan ke dalam lubang bor tidak tumpah kembali ke luar, maka lubang tersebut terlebih dahulu ditutup dengan beton cetakan setengah lingkaran pada sisi bawah lubang. Bahan adukan beton cair tersebut dimasukkan dengan media pipa PVC diameter 3/4".

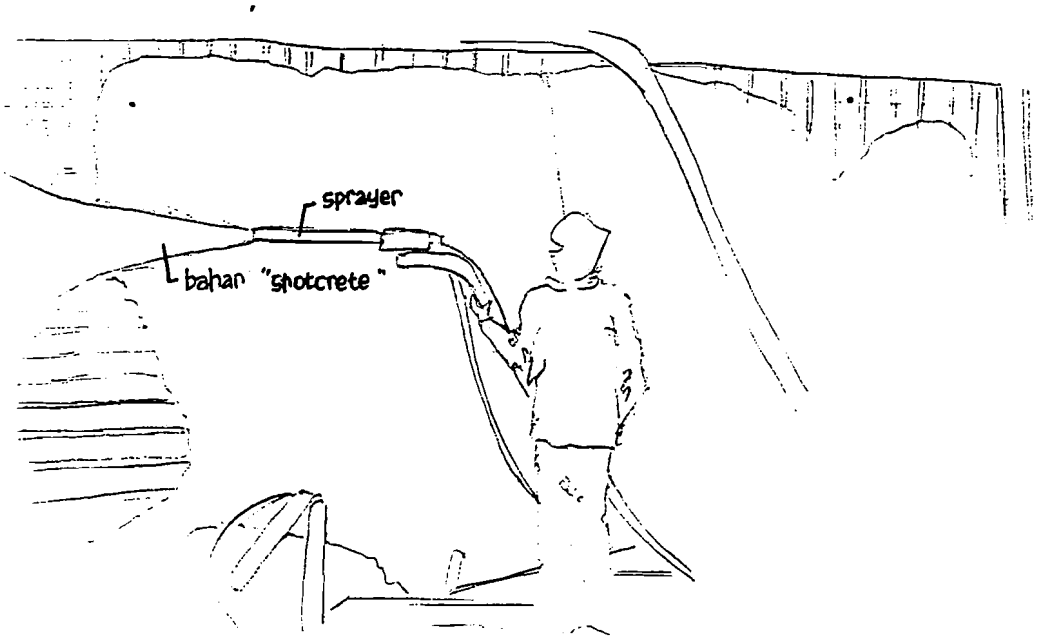
Karena bahan adukan beton cair berupa campuran air dan semen maka terjadinya susut tidak bisa dihindari. Oleh sebab itu pengulangan pengisian air semen ke dalam lubang bor terus dilakukan sampai dua hari berikutnya.

5.8 Pekerjaaan "shotcrete"

Pekerjaan "shotcrete" dilaksanakan setelah beberapa "nail" selesai digrouting. Material "shotcrete" berupa campuran air + semen + pasir + kerikil dengan perbandingan volume semen : pasir : kerikil = 2 : 5 : 3 dan perbandingan air-semen maksimum 0,4 serta nilai slump 5 - 15 cm menghasilkan beton mutu K175.

Pencampuran material ini dengan menggunakan molen, untuk mencampur pasir kasar dan halus serta semen kemudian adukan ini dicampur dengan air pada

suatu tempat yang dilengkapi dengan selang PVC 3/4 inchi dan dibangkitkan oleh mesin pembangkit. Lapisan "shotcrete" disemprotkan dengan alat berupa "sprayer" (gambar 5.6) setebal 15 - 20 cm, di mana untuk melapisi daerah seluas 6 x 3 m dibutuhkan waktu 2 - 3 jam.

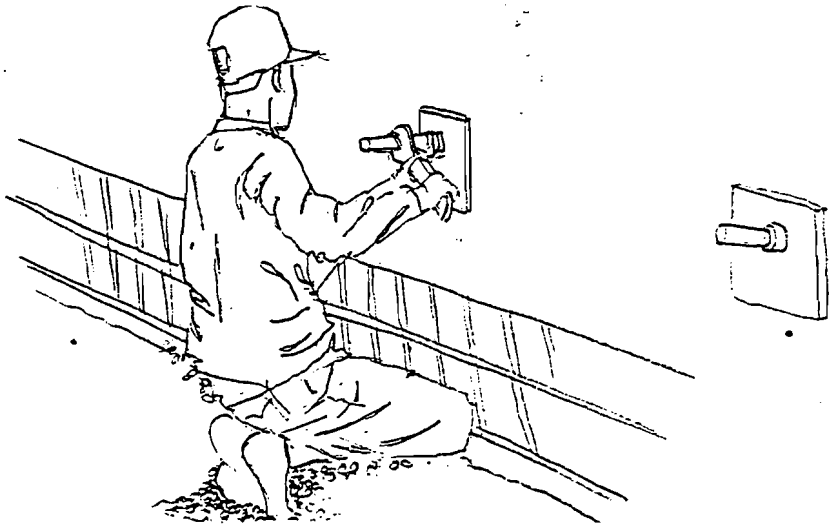


Gambar 5.6 Pekerjaan "shotcrete"

5.9 Pekerjaan finishing

Setelah "shotcrete" selesai dilaksanakan, tahapan terakhir yang dilakukan adalah pemasangan plat dengan ukuran 150 x 150 x 10 mm serta pengencangan baut pada ujung baja tulangan (gambar 5.7).

Monitoring pada tiap titik "nail" dilakukan dengan melakukan chek terhadap kencang atau tidaknya baut yang terpasang. Ini dilakukan terus menerus sampai menjelang pelaksanaan test "pull out".



Gambar 5.7 Pemasangan plat penutup "nail"

5.10. Pekerjaan Monitoring

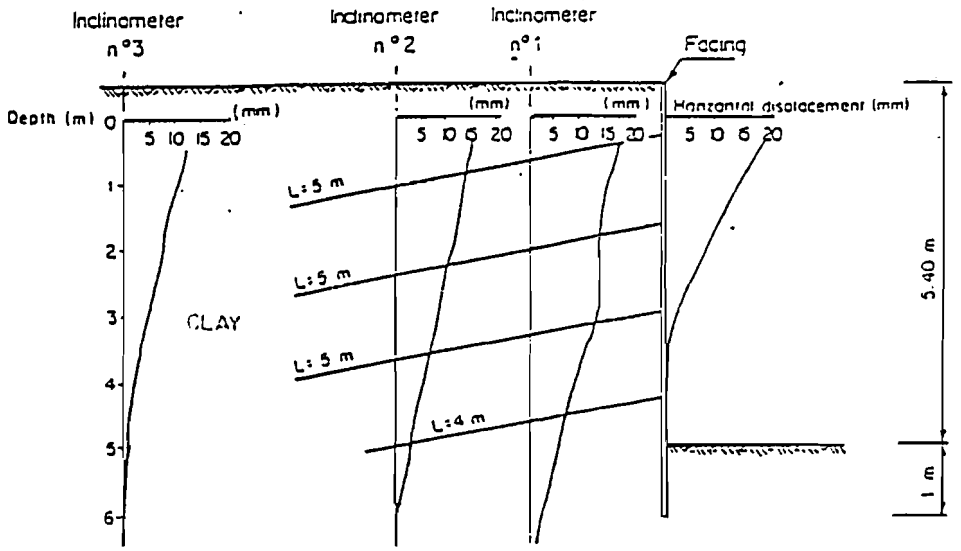
Setelah struktur "soil nailing" selesai dikerjakan, pekerjaan berikutnya yang tak kalah penting adalah monitoring terhadap perilaku struktur paska konstruksi yaitu pemantauan pergerakan horizontal struktur dengan alat inklinometer serta pelaksanaan tes "pull-out".

5.10.1 Pemantauan dengan inklinometer

Untuk memonitor perilaku struktur paska konstruksi, dipasang alat berupa pipa inklinometer pada sisi permukaan dinding dan beberapa titik kontrol di

permukaan tanah. Titik kontrol tersebut biasanya berjarak 2, 4 dan 8 meter dari dinding galian.

Melalui inklinometer tersebut akan tampak besarnya pergerakan horizontal pada tiap titik kontrol. Pergerakan tersebut sesungguhnya menunjukkan bahwa "nail" yang dipasang telah bekerja. Hasil pembacaan inklinometer akan memperlihatkan bahwa pergerakan horizontal yang terbesar akan terjadi pada sisi permukaan dinding. Gambar 5.8 menunjukkan hasil monitoring pergerakan horizontal pada sebuah dinding "soil nailing" di Viezon yang dilakukan oleh Cofiroute, Sacaso, CEBTP (Clouterre, 1989).

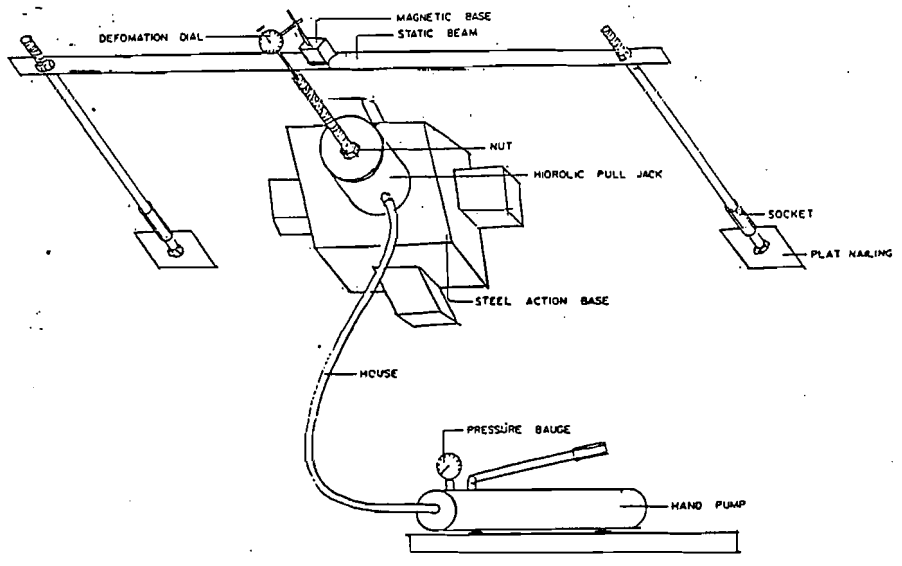


Gambar 5.8 Hasil monitoring pergerakan horizontal pada sebuah dinding "soil nailing" (Clouterre, 1989)

5.10.2 Test "Pull out"

Test "pull out" merupakan pengujian terhadap kapasitas rencana "pull out", apakah "nail" mampu menahan gaya tarik yang diijinkan. Pengujian ini dilaksanakan setelah mencapai umur beton grout rencana. Test dilakukan pada beberapa "nail" secara acak pada "nail"-"nail" yang dianggap kritis.

Gaya yang diberikan pada "nail" adalah sebesar 50% dari gaya "nail" tersebut. Alat untuk melaksanakan test ini terdiri dari 4 macam (gambar 5.9), yaitu hidrolik "pull jack", pompa tangan, manometer serta "dial gauge". Pada "nail" yang akan ditest dipasang pipa yang akan menghubungkannya dengan hidrolik "pull jack" berkapasitas 50 ton. Pada saat dipompa, hidrolik "pull jack" akan menekan plat yang ada di belakangnya. Penggeseran plat tersebut akan terbaca pada "dial gauge" yang dipasang di ujungnya.



Gambar 5.9 Peralatan test "pull out"

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Tinjauan Umum

Dalam perencanaan dinding "soil nailing" dengan menggunakan program SNAIL Ver.2.11, faktor keamanan (SF) dihitung dengan iterasi. Pemasukan data perencanaan dilakukan secara "trial and error" dengan mengacu kepada SF minimum yang dihasilkan dari rangkaian data parameter yang dimasukkan. Jika hasil yang didapatkan belum memenuhi SF yang disyaratkan, maka data parameter tersebut dapat diberi nilai baru sampai diperoleh hasil yang dianggap telah aman dan efisien.

Berdasarkan parameter perencanaan yang terdapat pada kasus "soil nailing" di proyek Menara Dea Kuningan, penyusun mencoba mengadakan beberapa variasi terhadap sejumlah parameter disain untuk mengetahui kecenderungan perilaku dinding "soil nailing" dan optimasi terhadap disain yang telah dilakukan.

6.2 Analisis hubungan antara faktor keamanan dengan kemiringan lereng (β)

Dinding galian yang diperkuat sudah pasti memiliki kestabilan terhadap longsor yang jauh lebih besar dengan dinding galian tanpa perkuatan. Untuk meninjau sebesar apa pengaruh perkuatan tersebut, dilakukan perbandingan nilai faktor

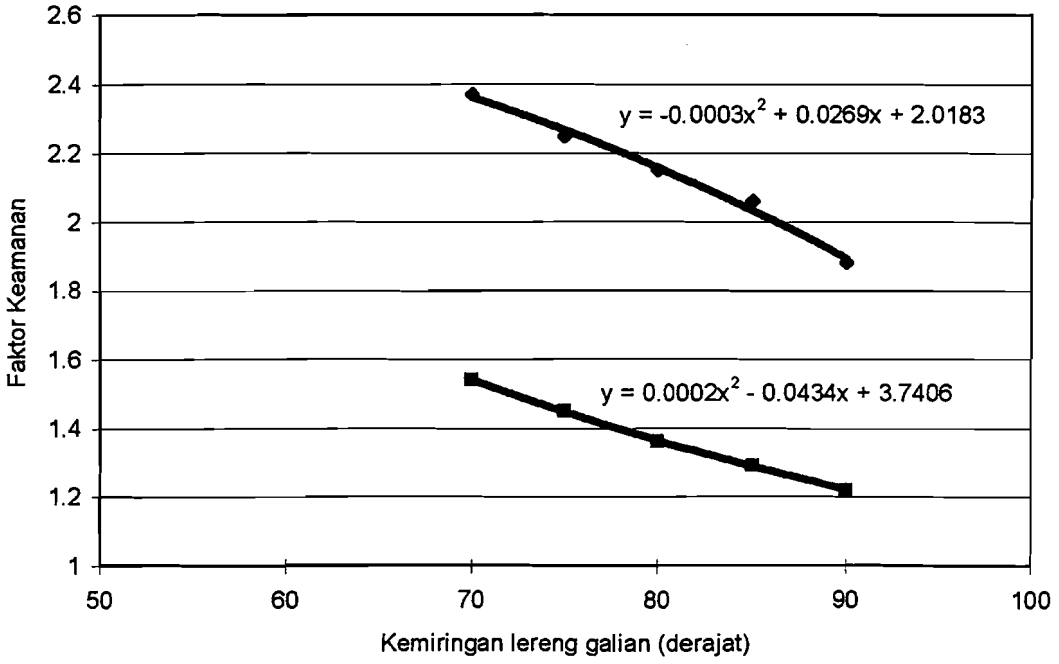
keamanan pada dinding galian tanpa perkuatan dengan dinding yang menggunakan 'soil nailing", dalam hal ini perubahan yang dilakukan adalah terhadap parameter kemiringan lereng ("wall batter from vertical line" = B) pada program SNAIL 2.11. Dengan keadaan tinggi dinding (H)=8 meter, panjang "nail" (LE)=12 meter, inklinasi "nail" (AL)=15^0, spasi (Sh/Sv)=1.5 meter, kapasitas kuat geser (PS)= 40 kips, tegangan luluh "nail" (FY)=60 ksi dan diameter "nail" (D)=32 mm, didapatkan berbagai nilai faktor keamanan seperti tercantum pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Tabel hubungan antara nilai SF
dengan sudut kemiringan lereng (^{0})

Sudut kemiringan lereng	70	75	80	85	90
SF dinding tanpa perkuatan	1.54	1.45	1.36	1.29	1.22
SF dinding dengan perkuatan	2.37	2.25	2.15	2.06	1.88

Dari hasil optimasi tersebut, terlihat bahwa perkuatan memberikan pengaruh yang besar terhadap kestabilam dinding galian. Untuk besar sudut kemiringan yang sama, penggunaan perkuatan pada dinding galian dapat meningkatkan faktor keamanan sampai 59,69%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan ""nail"" mampu menaikkan "resisting force" untuk mencegah kelongsoran struktur. Dengan

digunakannya perkuatan, kemungkinan untuk membentuk dinding galian secara atau hampir tegak lurus dapat direalisasikan.



Gambar 6.1 Grafik hubungan antara faktor keamanan dengan kemiringan lereng

Baik pada dinding tanpa perkuatan dan pada dinding dengan perkuatan bila sudut kemiringan lereng galian diperkecil maka akan terjadi peningkatan nilai faktor keamanan. Pada dinding tanpa perkuatan, pengecilan sudut lereng dari 90^0 sampai 70^0 akan meningkatkan faktor keamanan sebesar 26.22 %. Pada dinding dengan

perkuatan, faktor keamanan juga mengalami peningkatan jika kemiringan lereng diperkecil dari lereng 90^0 sampai 70^0 sebesar 26.06%.

6.3 Analisis hubungan antara faktor keamanan dengan sudut inklinasi "nail"

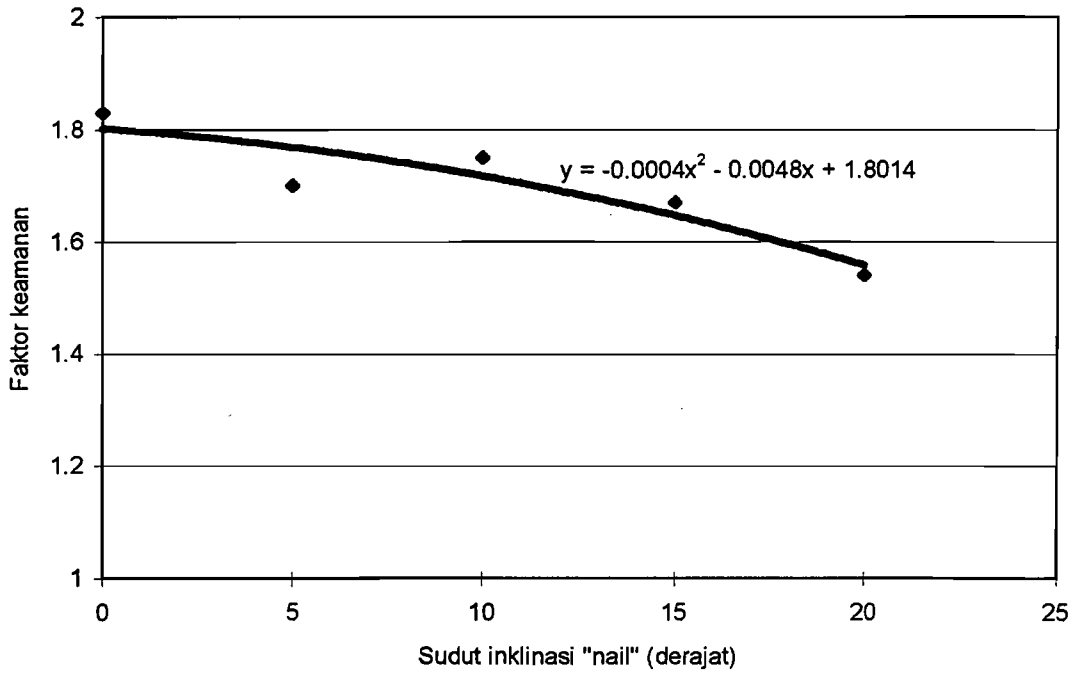
Untuk melihat pengaruh sudut inklinasi "nail" terhadap faktor keamanan, parameter sudut inklinasi "nail" (AL) divariasikan tanpa mengubah parameter disain yang lain. Hasil optimasi tersebut menunjukkan beberapa nilai faktor keamanan yang tercantum pada tabel 6.2 :

Tabel 6.2 Hubungan antara SF dengan sudut inklinasi "nail"

Sudut inklinasi "nail"	0^0	5^0	10^0	15^0	20^0
Safety Factor	1.83	1.70	1.75	1.67	1.54

Pada tabel 6.2 terlihat bahwa pembesaran sudut inklinasi "nail" akan menurunkan nilai faktor keamanan. Hal ini terjadi karena pada keadaan berinklinasi, gaya yang bekerja merupakan uraian dari komponen gaya tersebut (komponen kosinusnya). Namun jika pemasangan "nail" horizontal itu diterapkan di lapangan, akan terjadi kesulitan dalam pelaksanaan grouting mengingat material grouting tidak

dapat mengalir dengan baik jika lubang grout datar. Untuk kemudahan pelaksanaan grouting tersebut, maka "nail" dipasang dengan kemiringan antara 15^0-20^0.



Gambar 6.2 Grafik hubungan antara faktor keamanan dengan sudut inklinasi "nail"

6.4 Analisis hubungan faktor keamanan dengan spasi horizontal (Sh)

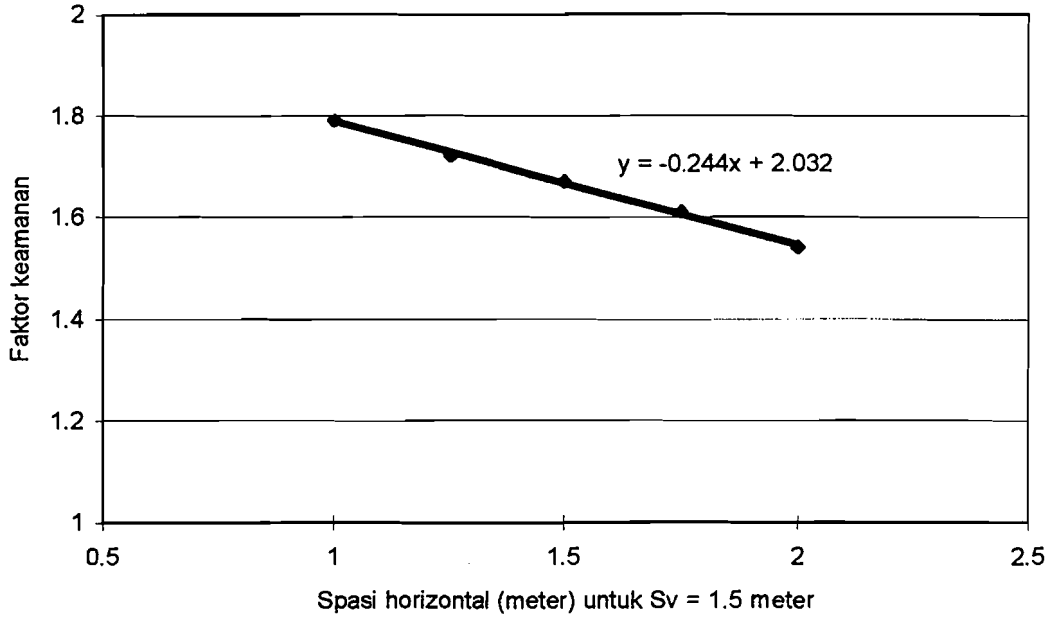
Ciri khas struktur "soil nailing" dan yang membedakannya dari struktur "ground anchor" adalah pemasangan inklusi dalam jarak yang rapat (antara 1-2 meter) . Pengambilan spasi biasanya dilakukan seragam antara arah vertikal dengan

horizontal. Untuk mengetahui pengaruh perubahan spasi terhadap nilai faktor keamanan dilakukan variasi pada spasi horizontal (Sh). Pemilihan parameter Sh dilakukan karena jika yang diubah adalah Sv, maka akan mempengaruhi jumlah inklusi yang digunakan. Oleh karena itu, perubahan hanya dilakukan pada parameter Sh dan parameter yang lain tetap menggunakan nilai semula. Nilai faktor keamanan yang dihasilkan untuk beberapa variasi Sh tercamtum pada tabel 6.3 berikut:

Tabel 6.3 Hubungan antara SF dengan spasi horizontal

Sv/Sh (meter)	1.5/1	1.5/1.25	1.5/1.5	1.5/1.75	1.5/2
Safety Factor	1.79	1.72	1.67	1.61	1.54

Pada tabel tersebut terlihat pembesaran spasi horizontal terhadap spasi vertikal 1.5 meter, akan menyebabkan penurunan faktor keamanan. Ini menunjukkan semakin kecil luas area (Sv x Sh) yang diperkuat maka akan semakin aman struktur tersebut. Dan sebaliknya semakin besar luas area yang diperkuat, maka faktor keamanannya akan menurun. Hal tersebut berhubungan dengan stabilitas internal "nail", di mana jika area perkuatan kecil maka pengaruh kuat tarik "nail" akan lebih besar dibandingkan dengan apabila area perkuatannya lebih besar. Pengecilan spasi horizontal dari 2 meter menjadi 1 meter dapat meningkatkan faktor keamanan sebesar 16.23%.



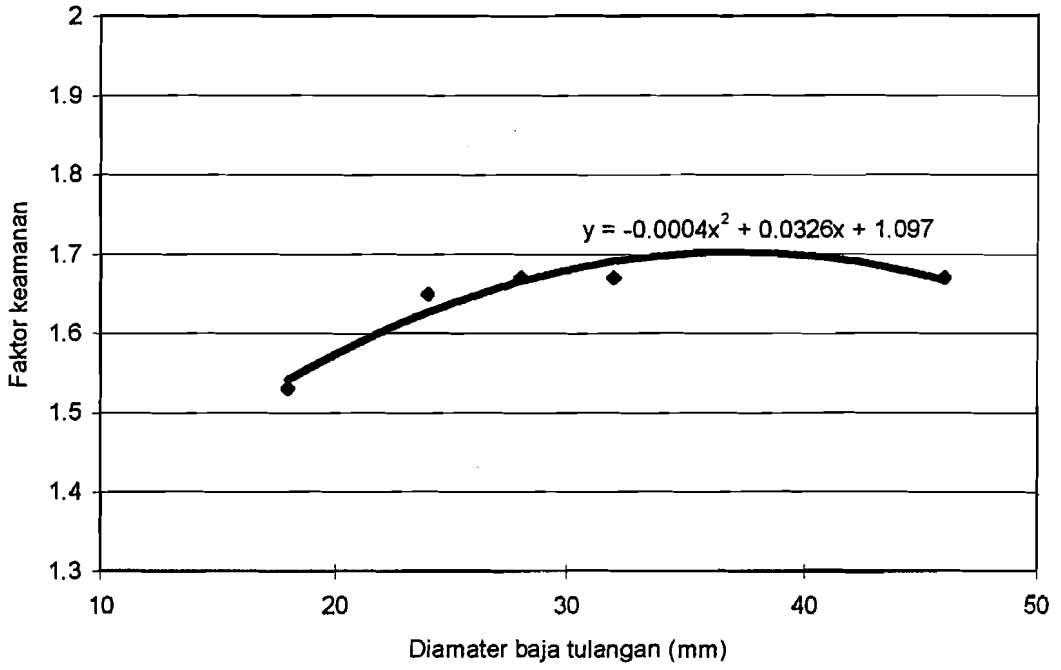
Gambar 6.3 Grafik hubungan antara faktor keamanan dengan spasi horizontal

6.5 Analisis hubungan antara faktor keamanan dengan diameter baja tulangan

Baja tulangan ("deformed bar") yang digunakan sebagai elemen "nail" dalam struktur "soil nailing" tersedia dalam bermacam-macam ukuran. Untuk mengetahui pengaruh besar penampang baja tulangan terhadap faktor keamanan, dilakukan variasi terhadap beberapa ukuran baja tulangan dengan kuat luluh yang sama (60 ksi) dan didapatkan nilai dalam tabel 6.4 berikut :

Tabel 6.4 Hubungan antara SF dengan diameter baja tulangan

Diameter Baja Tulangan (mm)	d18	d24	d28	d32	d46
Safety Factor	1.53	1.65	1.67	1.67	1.67



Gambar 6.4 Grafik hubungan antara faktor keamanan dengan diameter baja tulangan

Dari hasil optimasi tersebut, terlihat bahwa pembesaran diameter baja tulangan akan meningkatkan nilai faktor keamanan sampai suatu kondisi optimum di mana setelah kondisi tersebut, pembesaran ukuran baja tulangan yang dilakukan tidak akan

mempengaruhi faktor keamanan. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran diameter baja tulangan tidak memberikan pengaruh besar terhadap struktur, karena baja tulangan tersebut terselubungi oleh beton cair ("grouting") di mana yang selalu diperhitungkan pada analisis kestabilan adalah ukuran diameter lubang "grout". Untuk melihat pengaruh diameter lubang "grout" terhadap faktor keamanan, dilakukan optimasi berikutnya.

6.6 Analisis hubungan antara faktor keamanan dengan diameter lubang "grout"

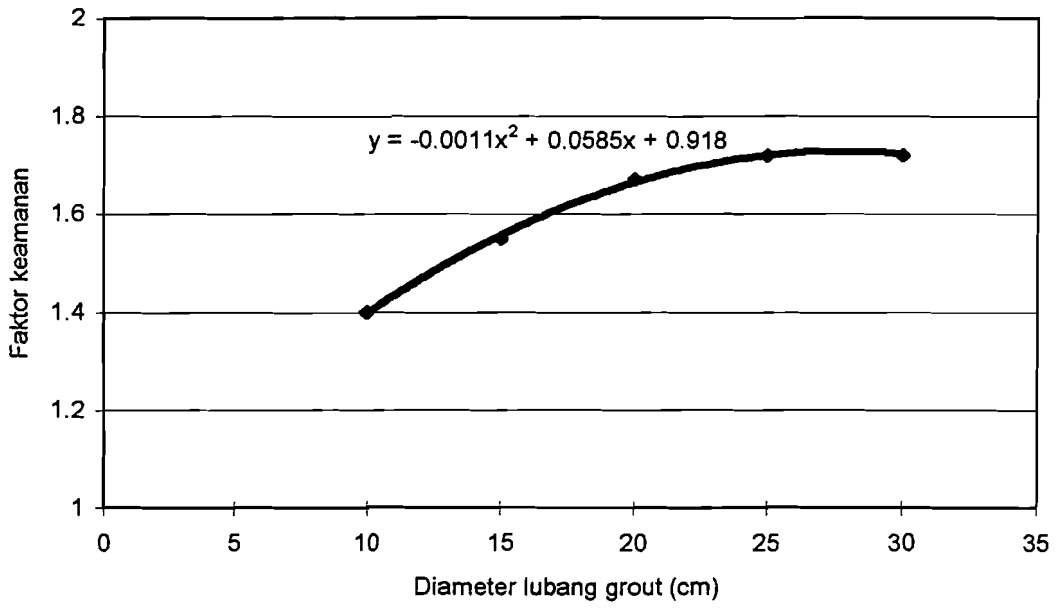
Lubang "grout" merupakan elemen yang membungkus baja tulangan dengan adukan beton cair. Dengan melakukan variasi pada besar lubang grout yang membungkus baja tulangan, akan diperoleh nilai faktor keamanan yang berbeda-beda seperti tercantum pada tabel 6.5.

Tabel 6.5 Hubungan antara SF dengan diameter lubang grout

Diameter Lubang Grout (cm)	10	15	20	25	30
Safety Factor	1.40	1.55	1.67	1.72	1.72

Hasil optimasi menunjukkan peningkatan nilai faktor keamanan diperoleh dengan pembesaran lubang "grout". Daerah yang diselubungi adukan beton cair merupakan daerah pengikat elemen "nail" penguat dengan tanah yang diperkuat. Jika

penampang elemennya diperbesar (dalam mutu bahan yang sama) maka otomatis daerah gesekan antara tanah dan "nail" akan menjadi lebih luas dan memberikan tambahan nilai faktor keamanan yang cukup berarti. Pembesaran dari diameter 10 cm menjadi 25 cm akan menaikkan nilai faktor keamanan sampai 22,85%.



Gambar 6.5 Grafik hubungan antara faktor keamanan dengan diameter lubang "grout"

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan studi kasus pada proyek Menara Dea serta hasil optimasi beberapa parameter disain struktur perkuatan dinding galian "soil nailing" yang telah dibahas pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Fenomena dasar mekanisme transfer beban pada "soil nailing" terletak pada pertahanan yang ditimbulkan oleh gesekan tanah dan "nail" sepanjang permukaan selubung "nail".
2. Keunggulan metode "soil nailing" terletak pada material strukturnya yang mudah diperoleh serta pada teknik pengerjaannya yang sederhana. Kedua komponen tersebut membuat metode ini dapat dilaksanakan dengan lebih cepat dan relatif ekonomis dalam pembiayaan dibanding dengan metode perkuatan dinding galian dalam lainnya.
3. Disain dinding "soil nailing" merupakan disain yang fleksibel, dapat dilakukan evaluasi atau optimasi jika pada pelaksanaan konstruksi terdapat hambatan untuk melaksanakan disain yang telah dibuat.

4. Pengawasan pelaksanaan merupakan suatu hal yang mutlak dilakukan seperti penggalian pada batas aman, pemasangan "nail" segera setelah penggalian, pengerjaan lapis permukaan segera setelah pekerjaan pemasangan baja tulangan selesai serta pengawasan terhadap adanya "existing material" yang ada di sekitar daerah pemasangan "nail".
5. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa sekalipun kemiringan dinding galian sangat curam, namun keamanan struktur yang ditunjukkan oleh angka aman masih terjamin. Sehingga metode "soil nailing" ini memberikan solusi untuk perkuatan dinding basemen bagi suatu proyek bangunan bertingkat banyak.
6. Penggunaan "nail" sebagai perkuatan pada dinding galian dapat meningkatkan faktor keamanan lereng sampai 59,69%.
7. Dari hasil optimasi yang dilakukan untuk melihat hubungan antara faktor keamanan dengan parameter elemen struktur, cara yang paling efektif untuk meningkatkan faktor keamanan pada suatu dinding dengan "soil nailing" adalah dengan merapatkan jarak antar "nail" (16,23%) dan dengan memperbesar lubang bor yang diisi adukan beton cair (22,85%).

7.2 Saran

1. Mengingat kebutuhan penggunaan "soil nailing" semakin meningkat, maka analisis perencanaan juga harus lebih digali untuk mendekati

perilaku struktur yang paling relevan. Hal ini dapat dilakukan dengan menghubungkembangkan metode-metode analisis yang telah ada.

2. Karena "soil nailing" baru diterapkan di Indonesia, maka perlu juga dilakukan penyesuaian dengan kondisi tanah yang ada di Indonesia. Karena kendati sudah biasa diterapkan di luar negeri, sifat tanah yang ada di sana tentu berbeda dengan sifat tanah di Indonesia.
3. Mengingat pekerjaan "soil nailing" beriringan terus dengan pekerjaan penggalian lapangan, maka harus diatur agar penggalian bisa dilakukan secepat mungkin khususnya pada lokasi yang akan dipasang "soil nailing" karena keterlambatan pekerjaan "soil nailing" karena menunggu galian selesai sering dijumpai.
4. Penggunaan perhitungan komputer dalam perencanaan harus ditunjang dengan pengetahuan mekanisme struktur dan pengalaman dalam melaksanakan metode "soil nailing".

7.3 Rekomendasi

Materi penulisan Tugas Akhir ini masih dapat dikupas lebih dalam untuk kemajuan dan perkembangan sehingga metode ini lebih dikenal bukan hanya bagi dunia praktisi teknik sipil namun juga bagi lingkungan ilmiah di Perguruan Tinggi.

Materi penulisan Tugas Akhir ini masih dapat dikupas lebih dalam untuk kemajuan dan perkembangan sehingga metode ini lebih dikenal bukan hanya bagi dunia praktisi teknik sipil namun juga bagi lingkungan ilmiah di Perguruan Tinggi.

Adapun hal-hal yang dapat dilanjutkan pada periode mendatang:

1. Variasi bentuk geometri dinding galian yang diperkuat, dilengkapi dengan adanya lereng pada sisi atas dan bawah struktur.
2. Penggunaan program komputer untuk perencanaan "soil nailing" selain program SNAIL 2.11 seperti program Reinforced Earth Analysis.
3. Pengupasan mekanika transfer beban pada "soil nailing" sebagai "slope stability".

DAFTAR PUSTAKA

California Department of Transportation Division of New Technology, Materials & Research Office of Geotechnical Engineering, - , **SNAIL PROGRAM Version 2.11.** , A User's Manual.

Coduto, Donald P., 1994, **Foundation Design : Principles and Practices**, Prentice Hall International Editions.

Das, Braja M., 1994, **Principles of Geotechnical Engineering**, 3rd Edition, PWS Publishing Company.

Das, Braja M., 1995, **Principles of Foundation Engineering**, 3rd Edition, PWS Publishing Company.

Glasser, G., 1990, **In-situ techniques of reinforced soil**, Journal of Performanced of Reinforced Soil Structures, British Geotechnical Society.

Guilloux, A. & Schlosser, F., 1982, **Soil Nailing : Practical Applications**, Symposium on Recent Developments in Ground Improvement Techniques, Bangkok 29 Nov-3 Dec 1982.

Hausmann, 1990, **Engineering Principles of Ground Modification**, McGraw-Hill New York.

Jewell, R.A., 1990, **Review of theoretical models for soil nailing**, Journal of Performanced of Reinforced Soil Structures, British Geotechnical Society.

Jewell, R.A., 1990, **Soil Nailing**, Journal of Performanced of Reinforced Soil Structures, British Geotechnical Society.

Juran, Ilan, 1990 , **Nailed-Soil Retaining Structures Design and Practice**, Transportation Research Record 1119.

Juran, Ilan & Elias, Victor, 1990, **Ground Anchors dan Soil Nails in Retaining Structure**, Foundation Engineering Handbook, Chapter 26.

Liu, Cheng & Evett, Jack B., 1987, **Soils and Foundations**, Prentice-Hall Inc.

Nielsen, Arthur H., 1991, **Design of Concrete Structures**, 11th Editions, McGraw-Hill International Editions.

Powell, G.E & Watkins, T., 1990, **Improvement of Marginally Stable Existing Slopes by Soil Nailing in Hongkong**, Journal of Performanced of Reinforced Soil Structures, British Geotechnical Society.

Pratama Widya, PT., 1994, **Technical Proposal for Soil Nailing Shoring System for Pondok Indah Office Project**.

Pratama Widya, PT., 1994, **Proposal Pull Out Test Proyek Pondok Indah Office Tower Jakarta.**

Pratama Widya, PT., 1996, **Technical Proposal Pada Menara Dea Kuningan**.

Rakhidin, 1995, **Perkuatan Tanah dengan Metode Soil Nailing**, Majalah Konstruksi no.212- Oktober 1998.

Suryolelono, K. Basah, 1993, **Teknik Pondasi bagian I**, Penerbit Nafiri.

Yap, Hadi J., 1994, **Soil Nailing Overview**, Geotechnical Group Technical Workshop, San Francisco Section of ASCE, Oackland California 15 February 1994.

Xanthakos, Petros P. & Abramson, Lee W. & Bruce, Donald A. , 1994, **In-Situ Reinforcement**, Ground Control and Improvement, Chapter 3, A.Willey Interscience Publication.

LAMPIRAN

lampiran 1

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 18:18:30     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate =	0.00 ft	Y(1)-Coordinate =	0.00 ft
X(2)-Coordinate =	90.00 ft	Y(2)-Coordinate =	11.60 ft
X(3)-Coordinate =	100.00 ft	Y(3)-Coordinate =	11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels	=	5
Horizontal Spacing	=	4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	1.30 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	7.87 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	39.40 ft
Reinforcement Inclination	=	15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	4.90 ft

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
Toe	1.668	10.0	49.6	13.9	86.4	15.9

Reinf. Stress at Level 1 = 16.245 Ksi (Pullout controls...)
2 = 16.419 Ksi (Pullout controls...)
3 = 16.593 Ksi (Pullout controls...)
4 = 18.417 Ksi (Pullout controls...)
5 = 10.625 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 2	1.689	20.0	41.3	8.0	56.5	25.3

Reinf. Stress at Level 1 = 12.943 Ksi (Pullout controls...)
2 = 14.500 Ksi (Pullout controls...)
3 = 16.057 Ksi (Pullout controls...)
4 = 17.613 Ksi (Pullout controls...)
5 = 10.311 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 3	1.733	30.0	41.3	40.0	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 9.867 Ksi (Pullout controls...)
2 = 12.216 Ksi (Pullout controls...)
3 = 14.564 Ksi (Pullout controls...)
4 = 8.826 Ksi (Pullout controls...)
5 = 10.051 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 4	1.847	40.0	33.4	47.9	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 6.794 Ksi (Pullout controls...)
2 = 9.520 Ksi (Pullout controls...)
3 = 12.245 Ksi (Pullout controls...)
4 = 7.813 Ksi (Pullout controls...)
5 = 9.235 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 5	1.992	50.0	27.8	56.5	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 4.324 Ksi (Pullout controls...)
2 = 7.271 Ksi (Pullout controls...)
3 = 10.217 Ksi (Pullout controls...)
4 = 6.869 Ksi (Pullout controls...)
5 = 8.407 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 6	2.100	60.0	23.7	65.6	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 2.464 Ksi (Pullout controls...)
2 = 5.606 Ksi (Pullout controls...)
3 = 4.565 Ksi (Pullout controls...)
4 = 6.205 Ksi (Pullout controls...)
5 = 7.845 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 7	2.283	70.0	20.7	74.8	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 0.939 Ksi (Pullout controls...)
2 = 4.111 Ksi (Pullout controls...)
3 = 3.801 Ksi (Pullout controls...)
4 = 5.456 Ksi (Pullout controls...)
5 = 7.112 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 8	2.480	80.0	18.3	84.2	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 0.000 Ksi
2 = 2.930 Ksi (Pullout controls...)
3 = 3.173 Ksi (Pullout controls...)
4 = 4.818 Ksi (Pullout controls...)
5 = 6.462 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 9	2.697	90.0	16.3	93.8	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 0.000 Ksi
2 = 1.991 Ksi (Pullout controls...)
3 = 2.650 Ksi (Pullout controls...)
4 = 4.261 Ksi (Pullout controls...)
5 = 5.871 Ksi (Pullout controls...)

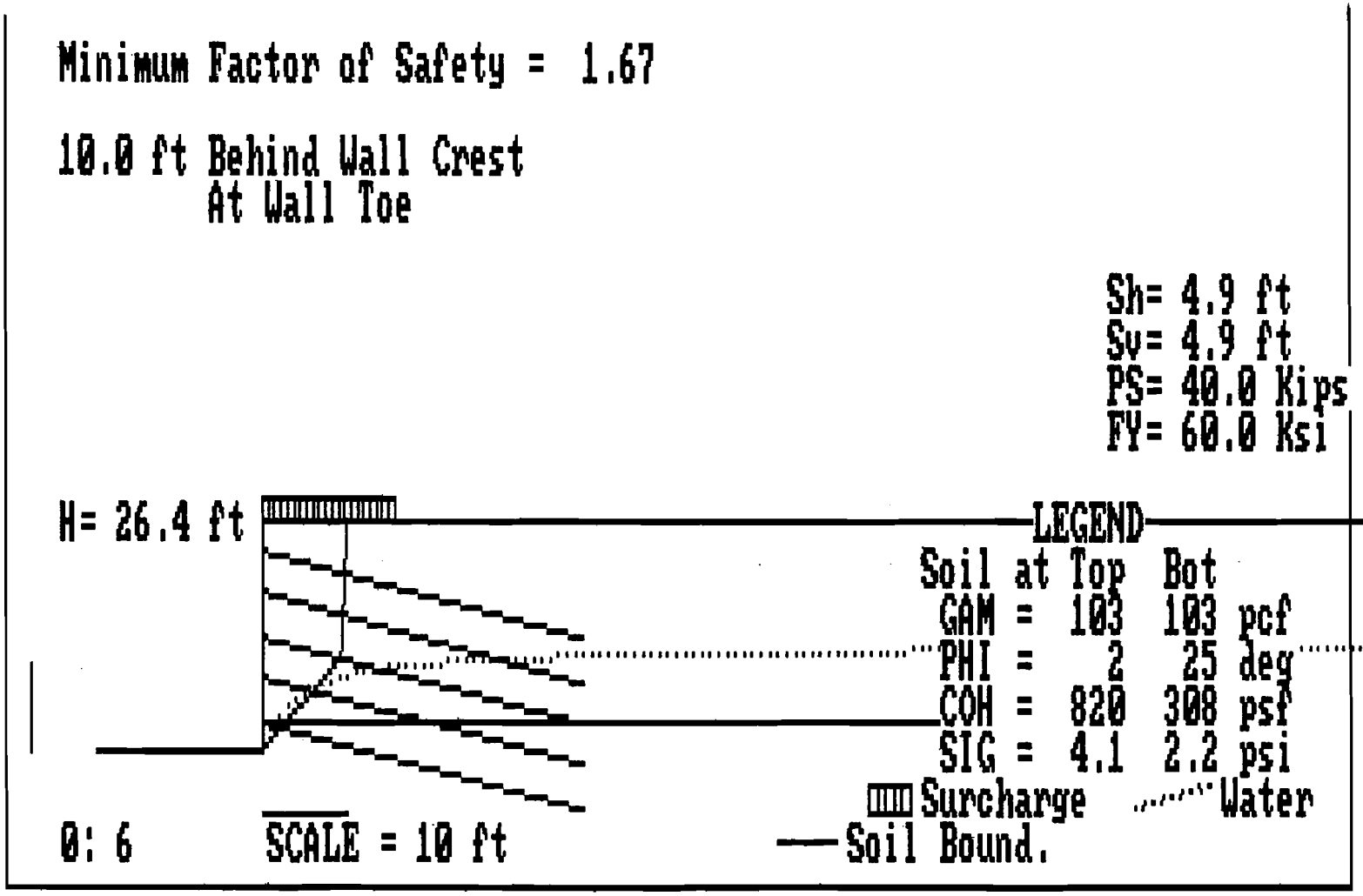
	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE10	2.918	100.0	14.8	103.4	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level 1 = 0.000 Ksi
2 = 1.256 Ksi (Pullout controls...)
3 = 2.226 Ksi (Pullout controls...)
4 = 3.796 Ksi (Pullout controls...)
5 = 5.367 Ksi (Pullout controls...)

* FOLLOWING IS LOCATION WHERE MAX. REINFORCEMENT FORCE OCCURS *

LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	DISTANCE BEHIND THE WALL TOE (ft)	FACTOR OF SAFETY F.S.
55.7	16.0	85.7	13.2	10.0	1.812

Maximum Average Reinforcement Working Force = 18.417 Kips/level

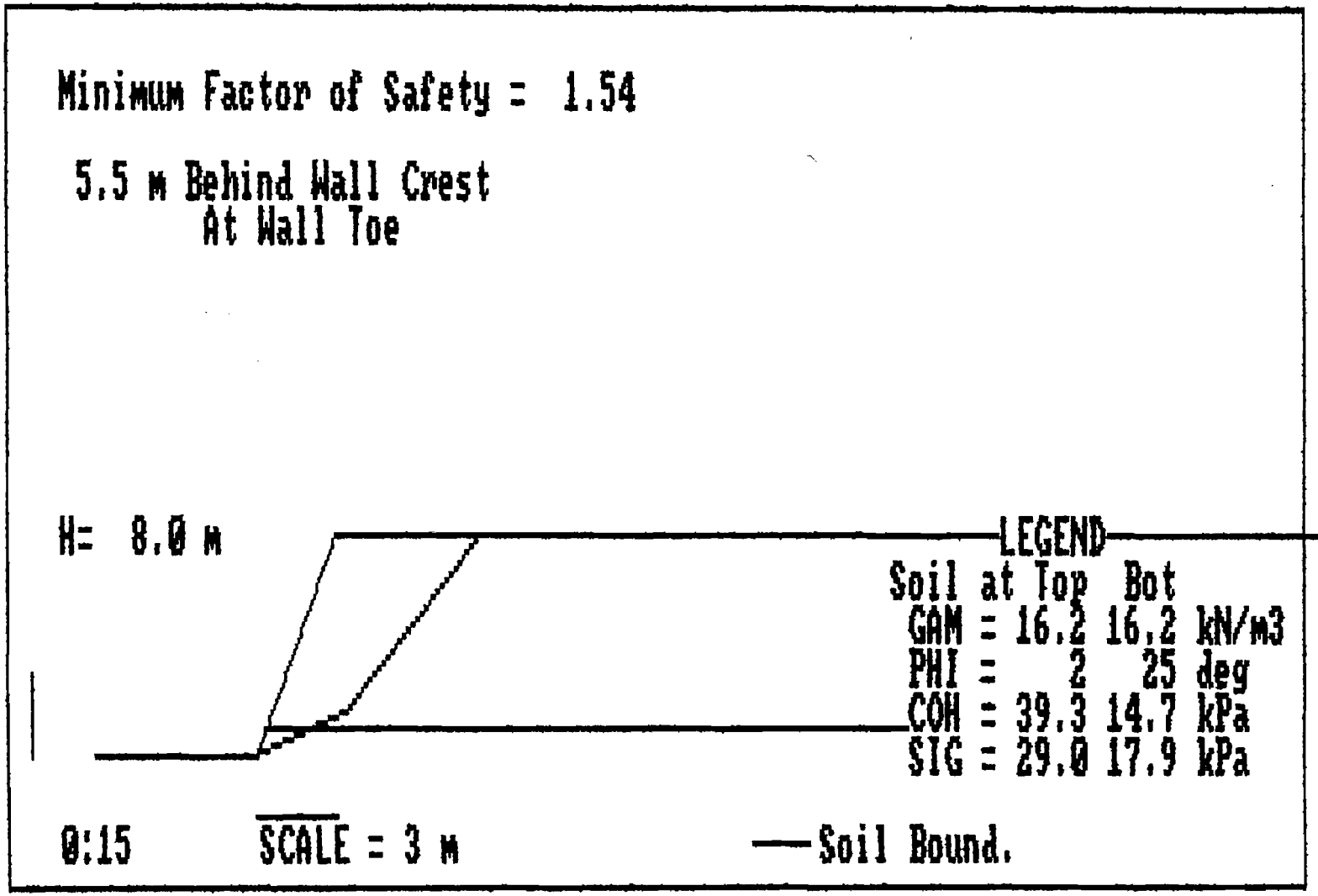


Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PROJECT TITLE : MENARA DEA

* DINDING TANPA PERKUATAN , $\alpha = 70°$ *

Date: 10-15-1996

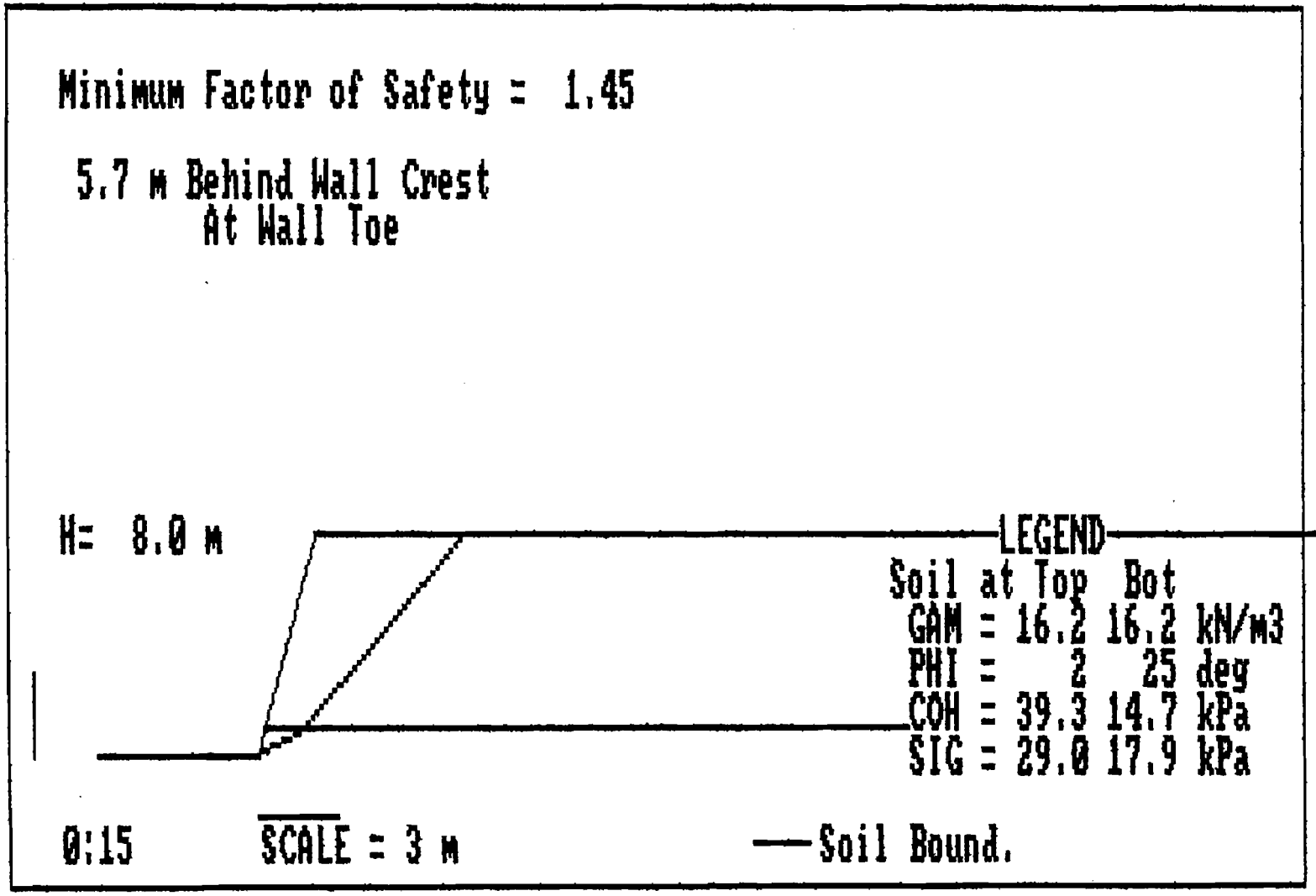


Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PROJECT TITLE : MENARA DEA

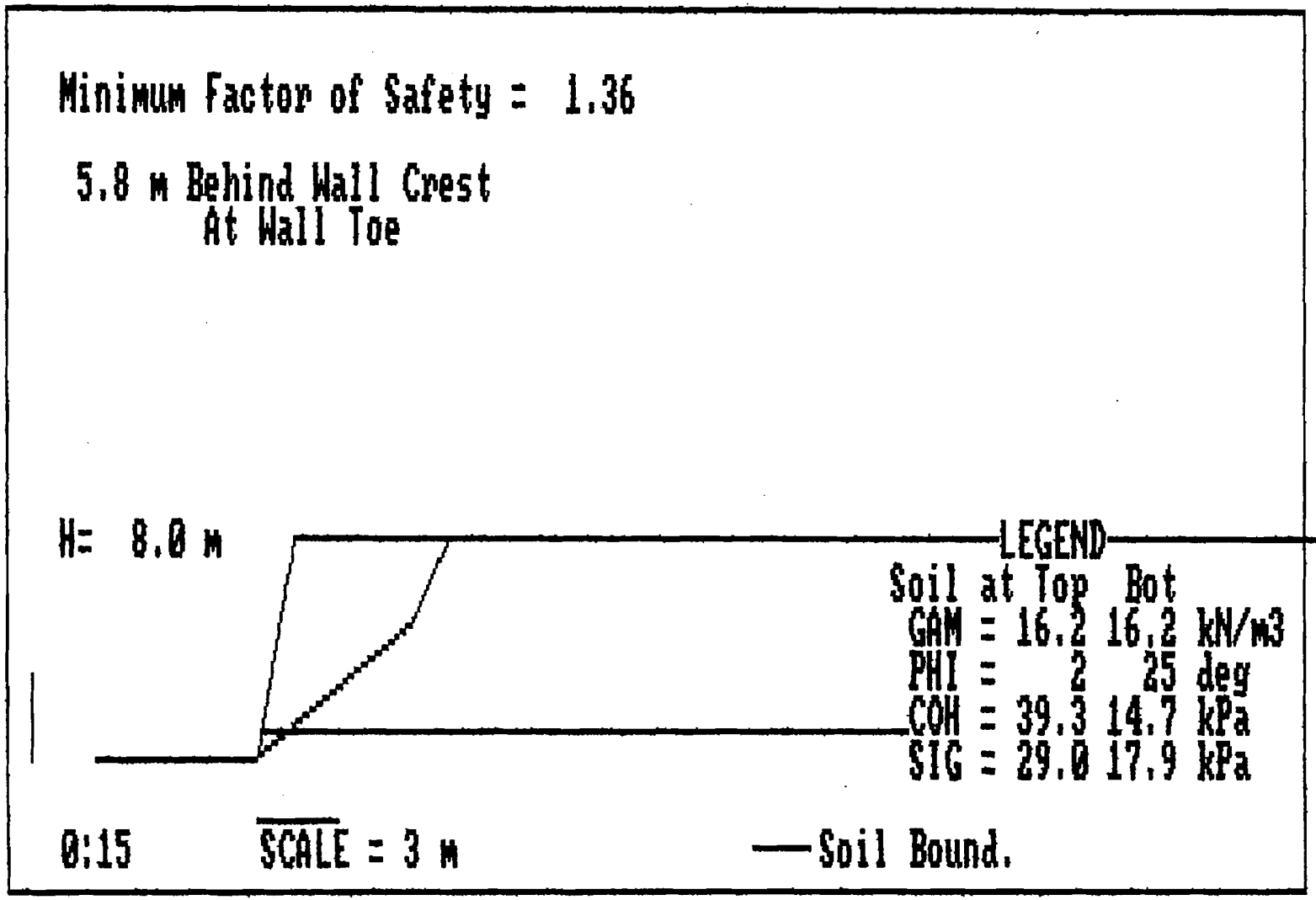
* DINDING TANPA PERKUATAN , $\alpha = 75°$ *

Date: 10-15-1996



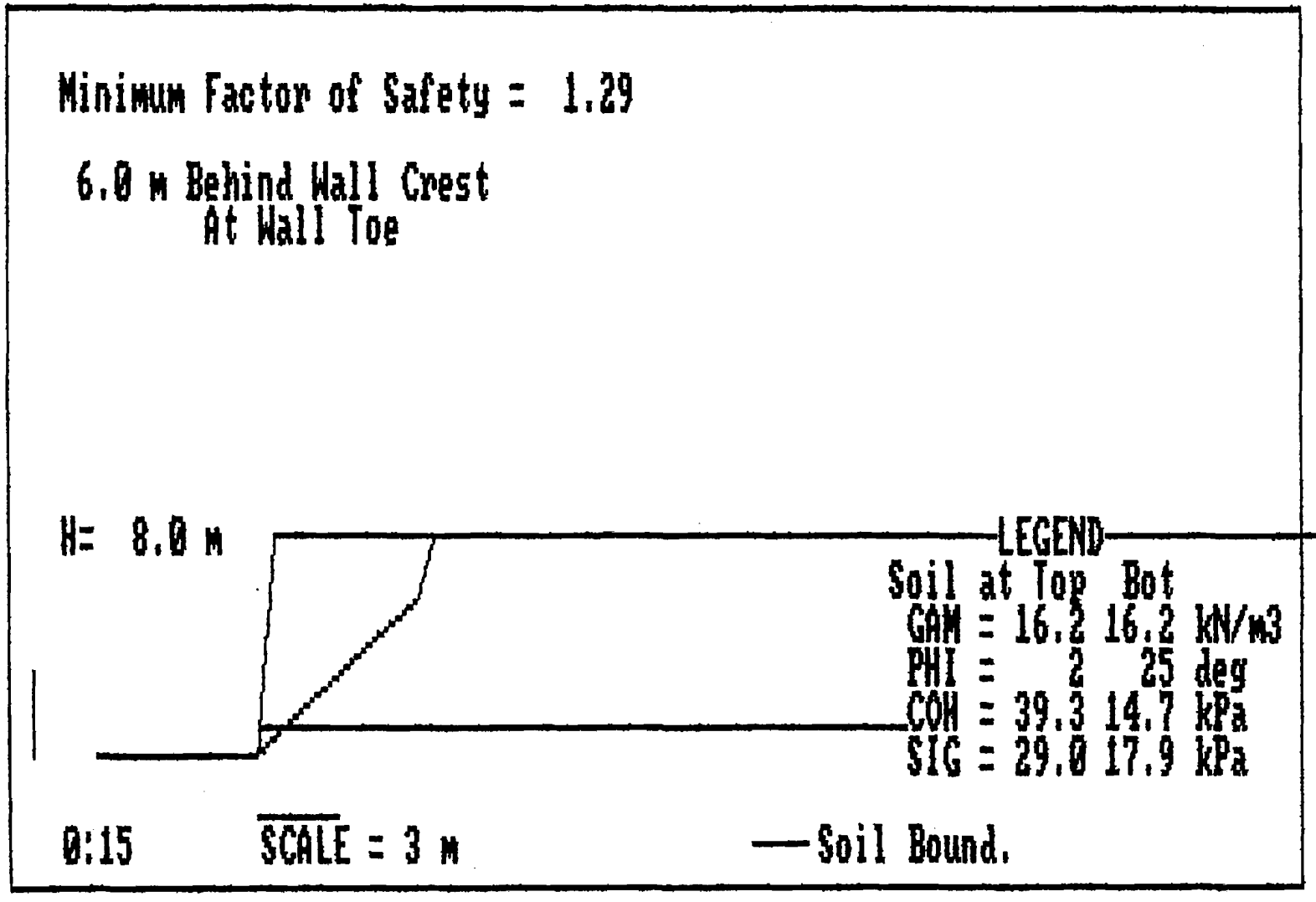
Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PROJECT TITLE : MENARA DEA * DINDING TANPA PERKUATAN, $\alpha = 80°$ * Date: 10-15-1996



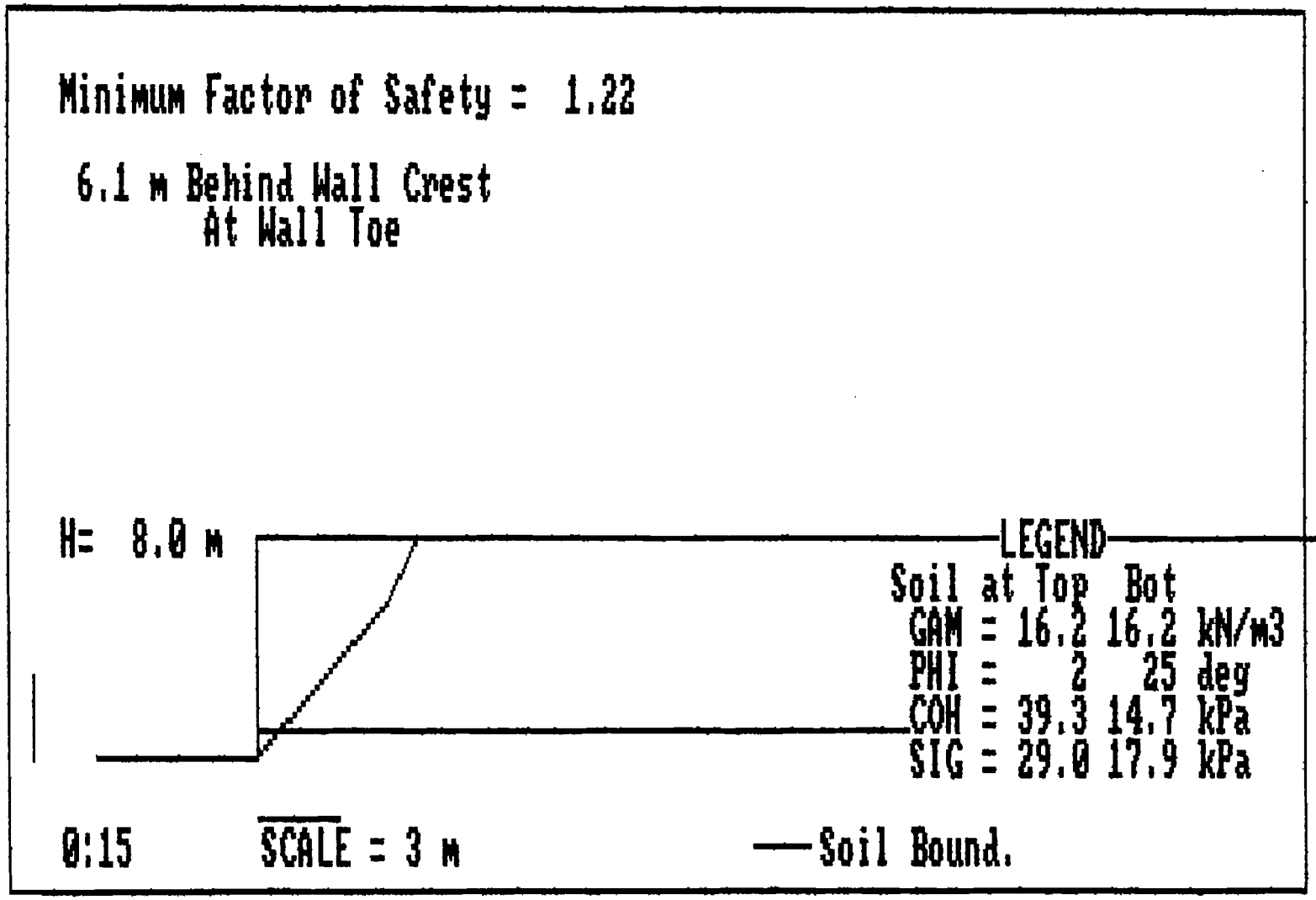
Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PROJECT TITLE : MENARA DEA * DINDING TANPA PERKUATAN, $\alpha = 85°$ * Date: 10-15-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PROJECT TITLE : MENARA DEA * DINDING TANPA PERKUATAN , $\alpha = 90°$ * Date: 10-15-1996

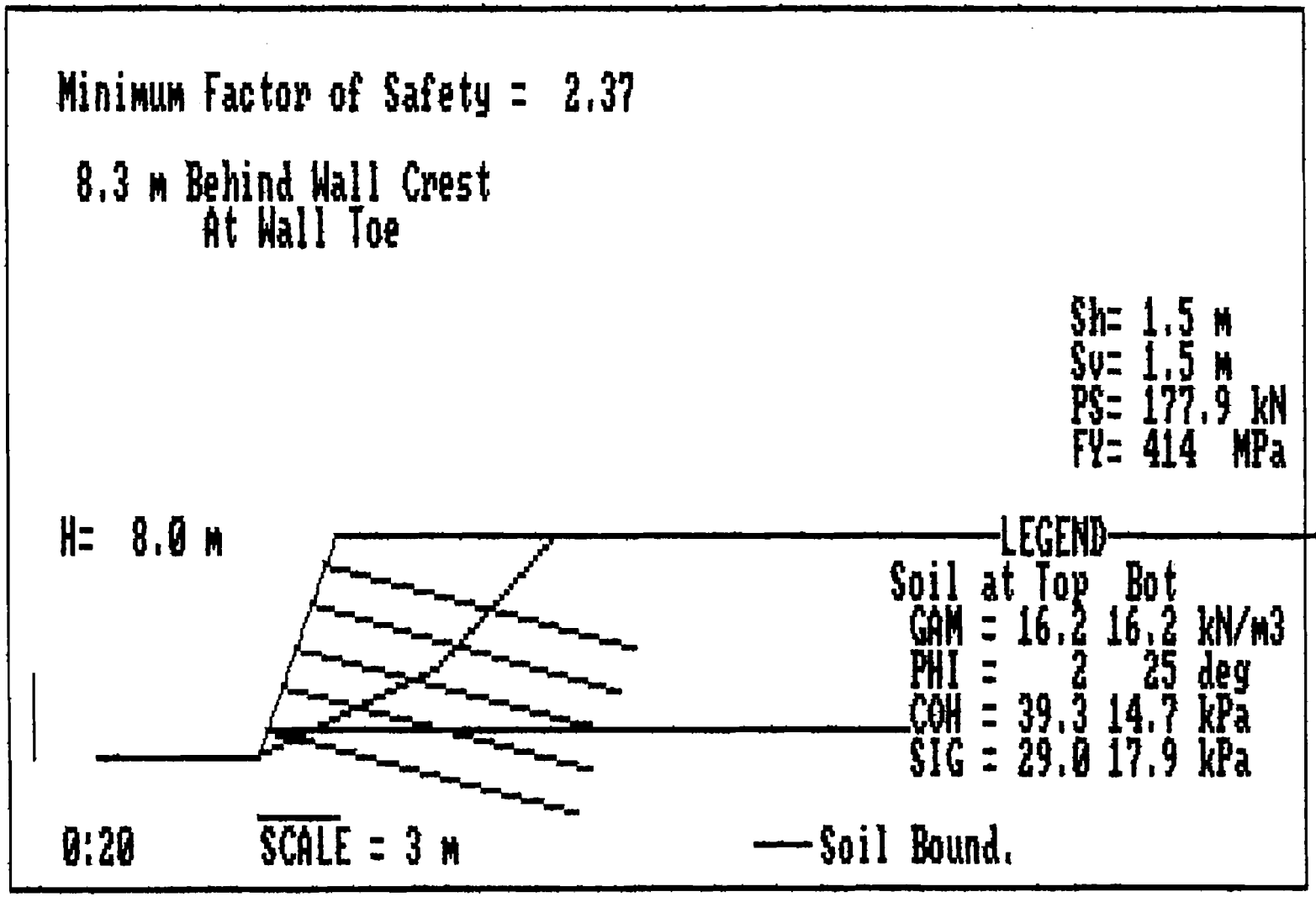


Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PROJECT TITLE : MENARA DEA

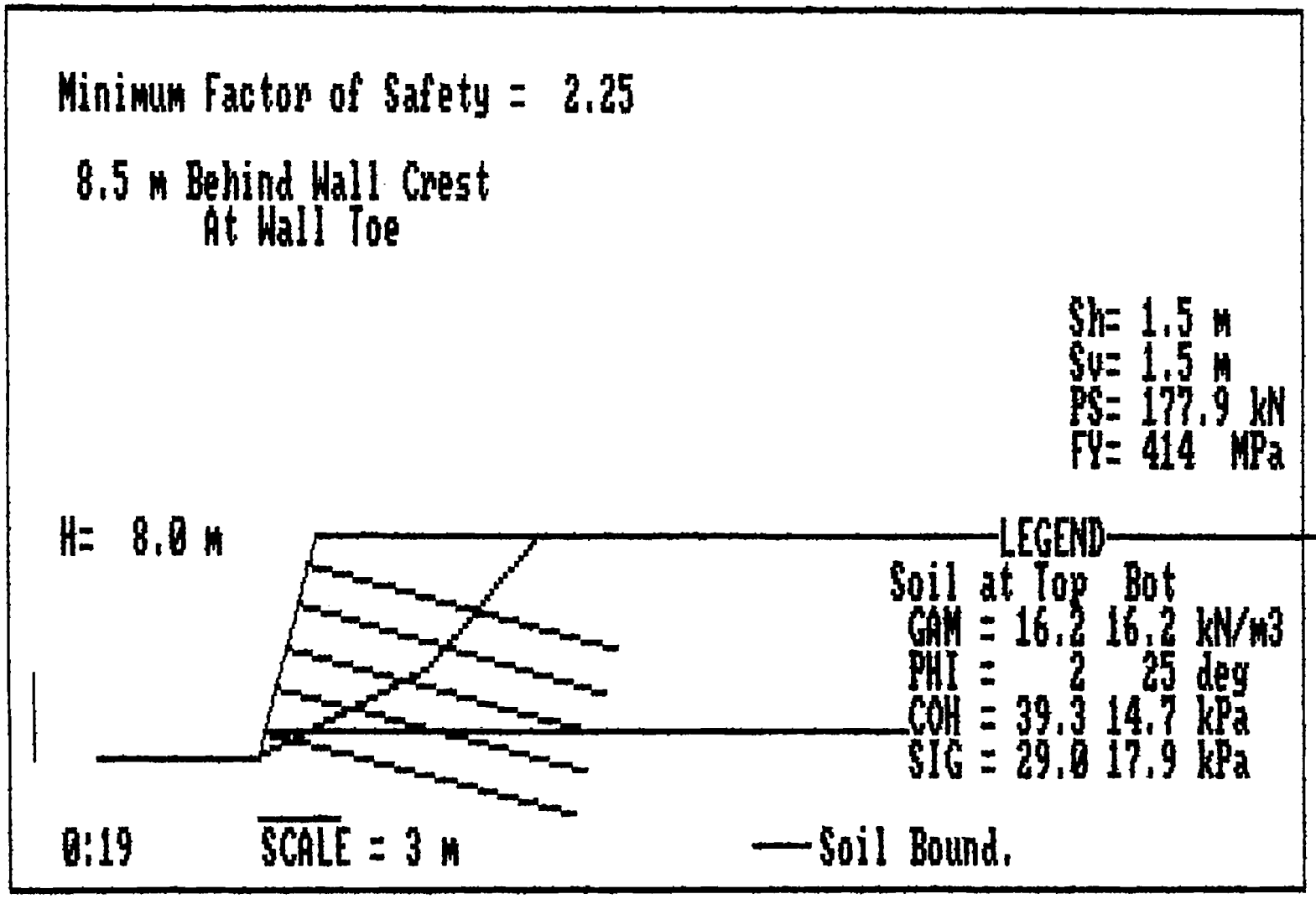
DINDING DENGAN PERKUATAN, $\alpha = 70°$

Date: 10-15-1996



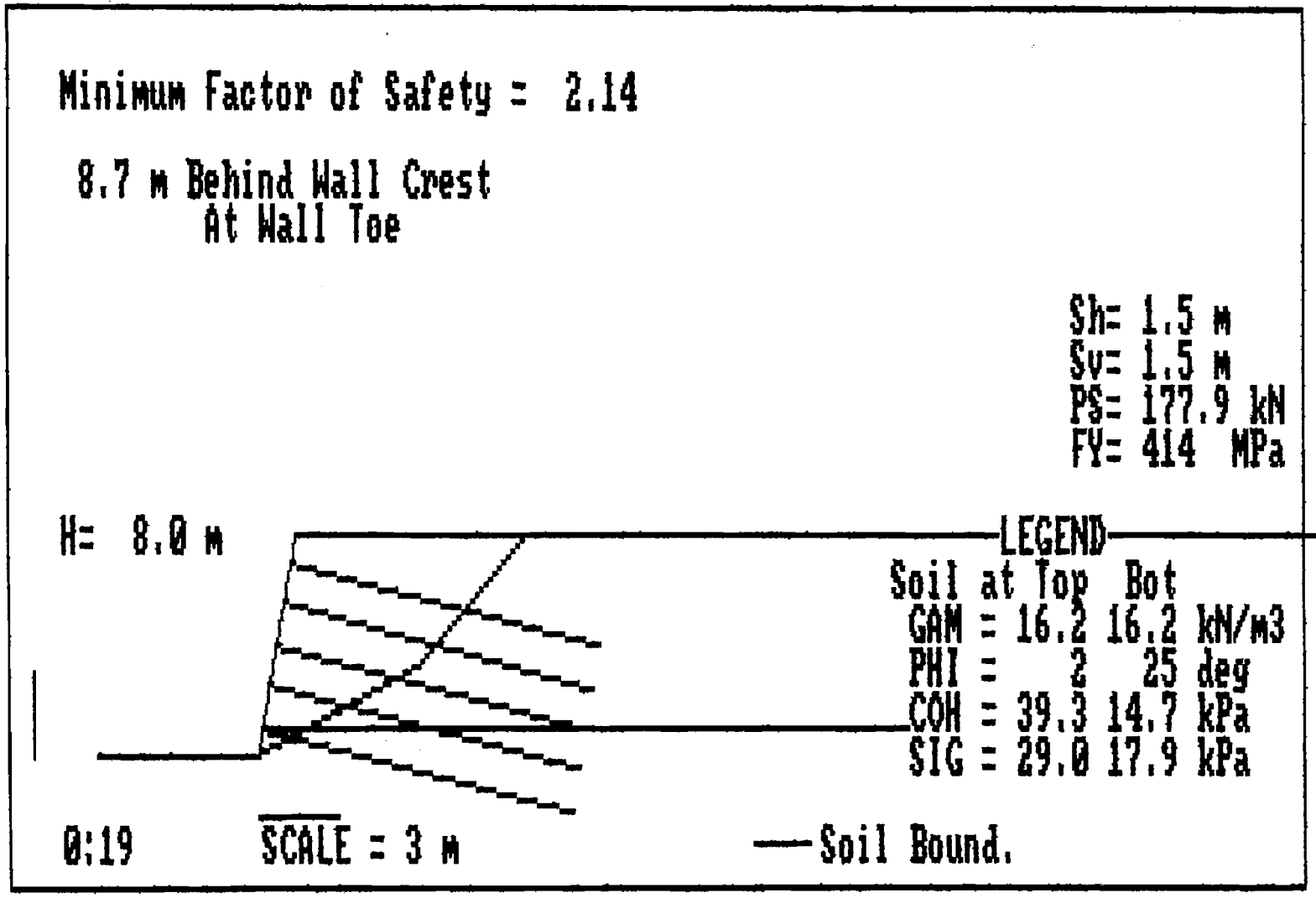
Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PROJECT TITLE : MENARA DEA *DINDING DENGAN PERKUATAN, $\alpha = 75°$* Date: 10-15-1996



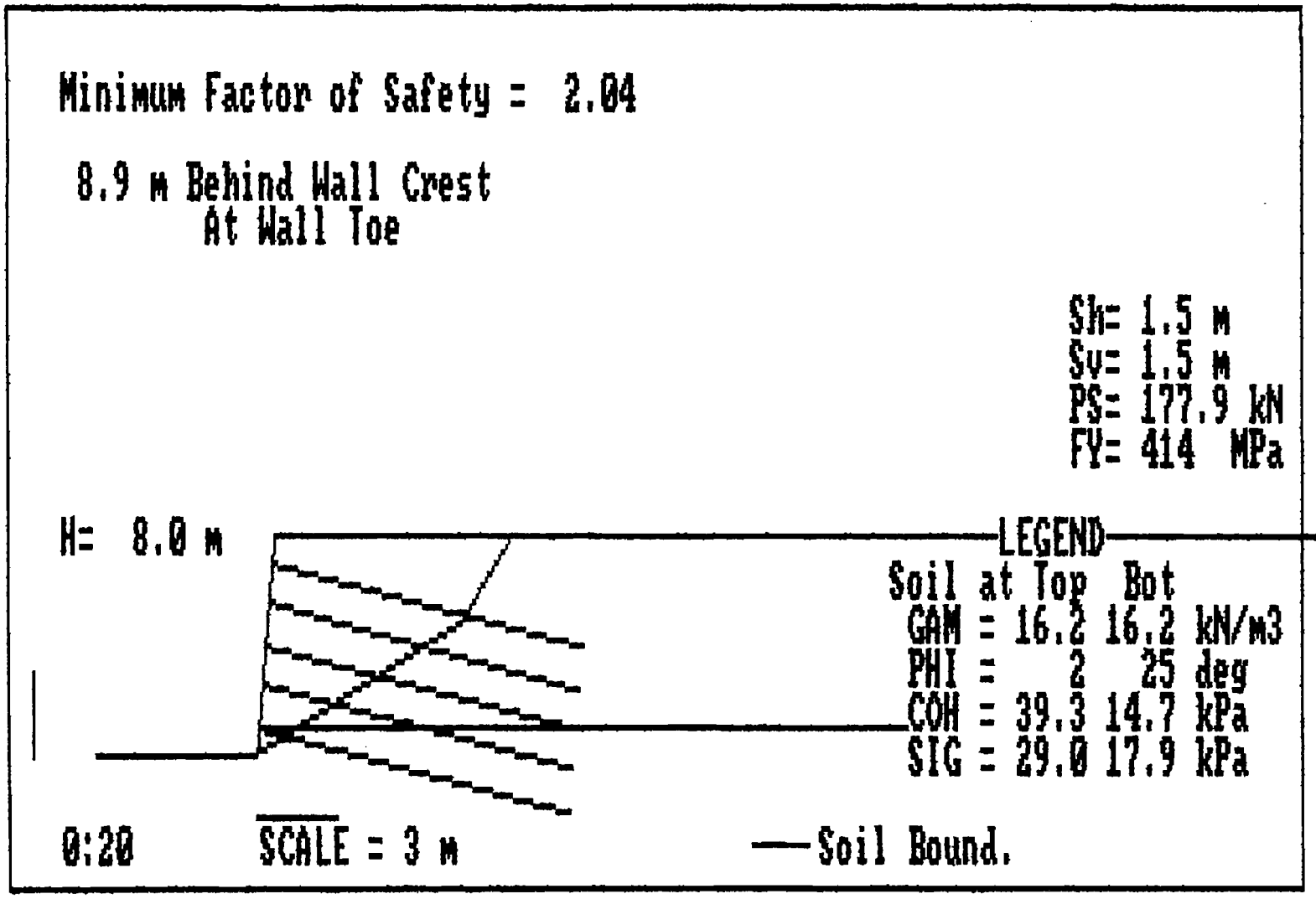
Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PROJECT TITLE : MENARA DEA * DINDING DENGAN PERKUATAN, $\alpha = 80°$ * Date: 10-15-1996



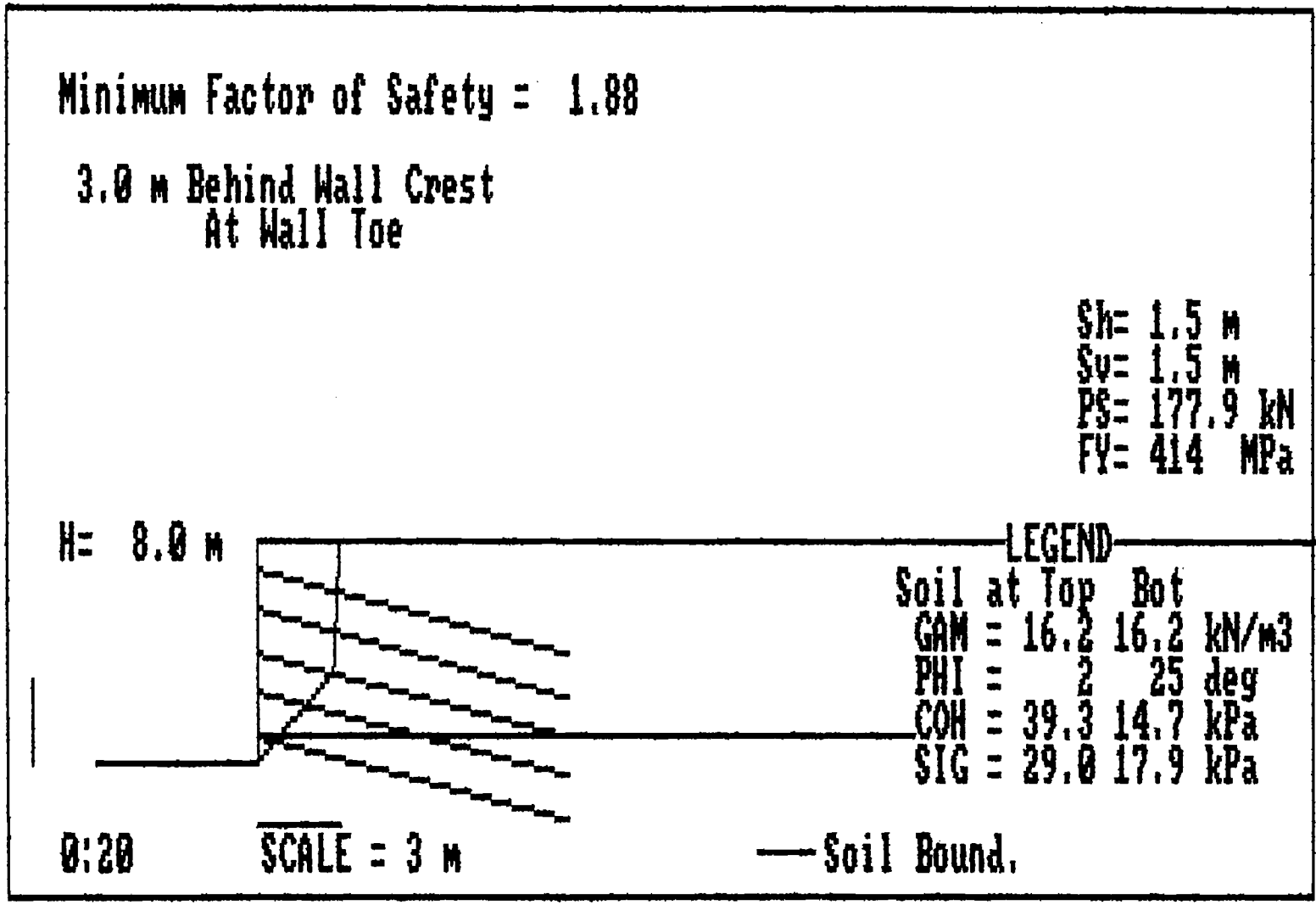
Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PROJECT TITLE : MENARA DEA * DINDING DENGAN PERKUATAN, $\alpha = 85°$ * Date: 10-15-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PROJECT TITLE : MENARA DEA * DINDING DENGAN PERKUATAN, $\alpha = 90°$ * Date: 10-15-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

Project Identification - MENARA DEA
Page - 1

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 20:49:08     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

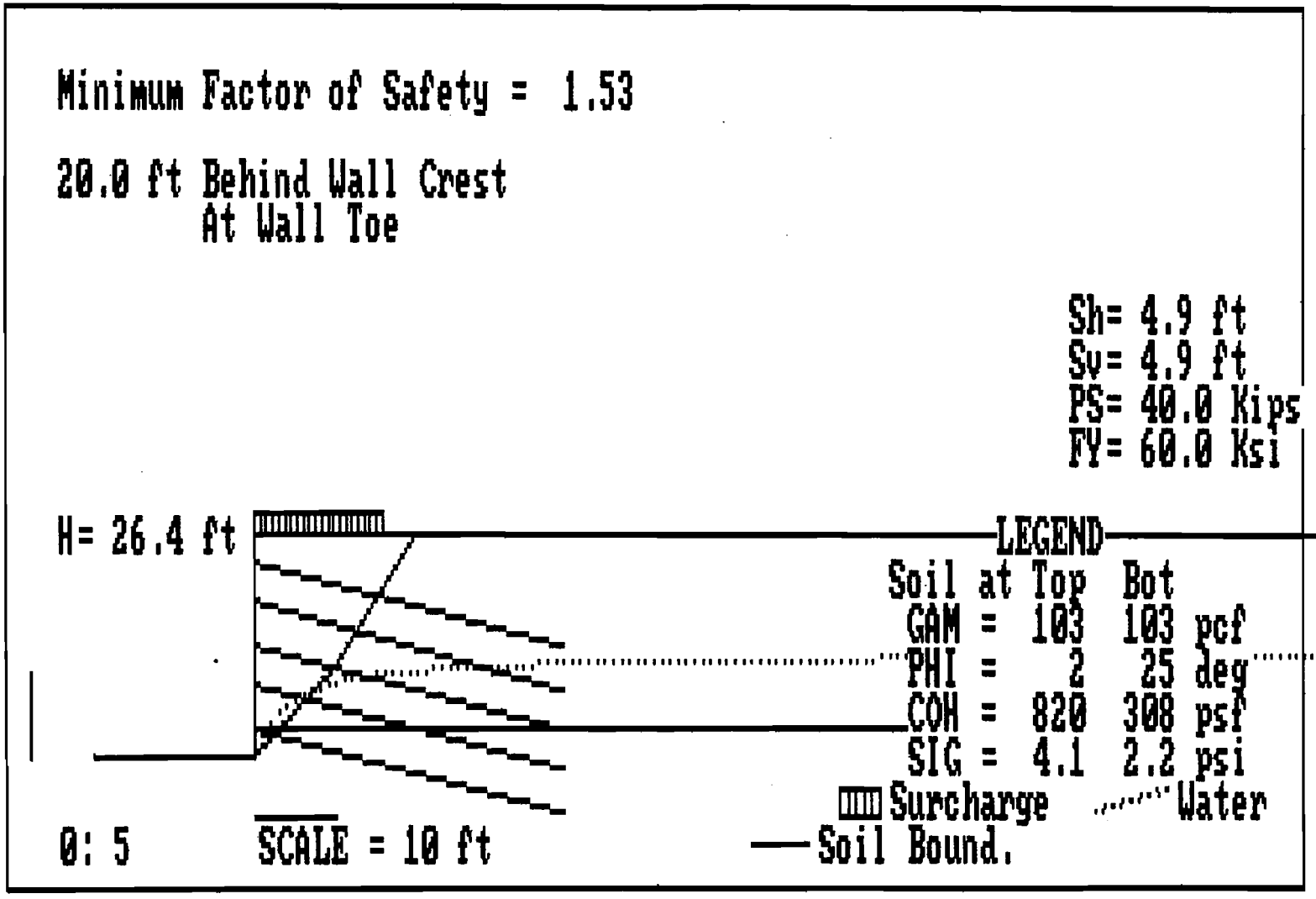
--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels	=	5
Horizontal Spacing	=	4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	0.70 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	7.87 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	39.40 ft
Reinforcement Inclination	=	15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

Project Identification - MENARA DEA
Page - 1

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 20:54:56     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

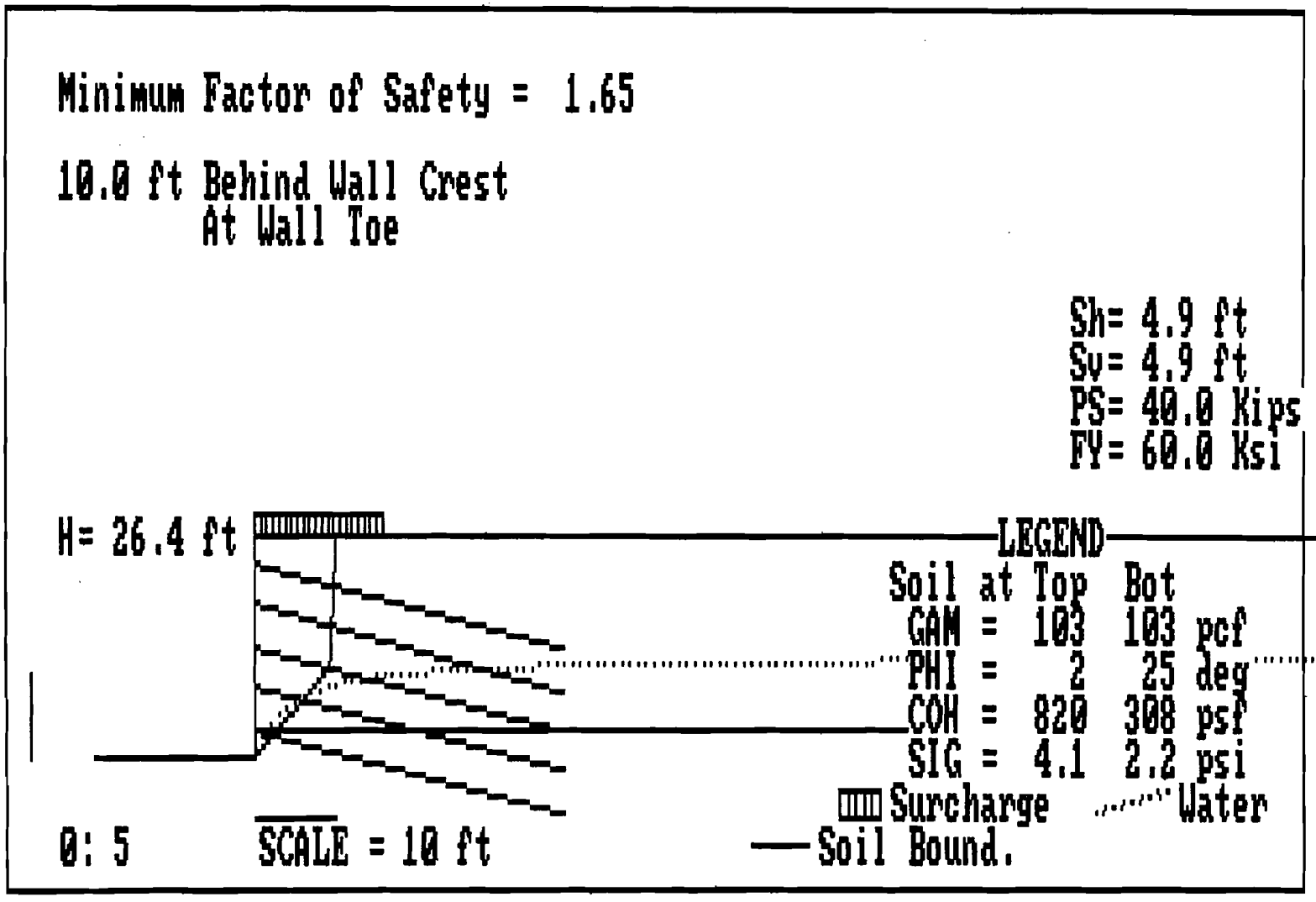
--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels	=	5
Horizontal Spacing	=	4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	0.90 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	7.87 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	39.40 ft
Reinforcement Inclination	=	15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

Project Identification - MENARA DEA
Page - 1

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:05:54     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

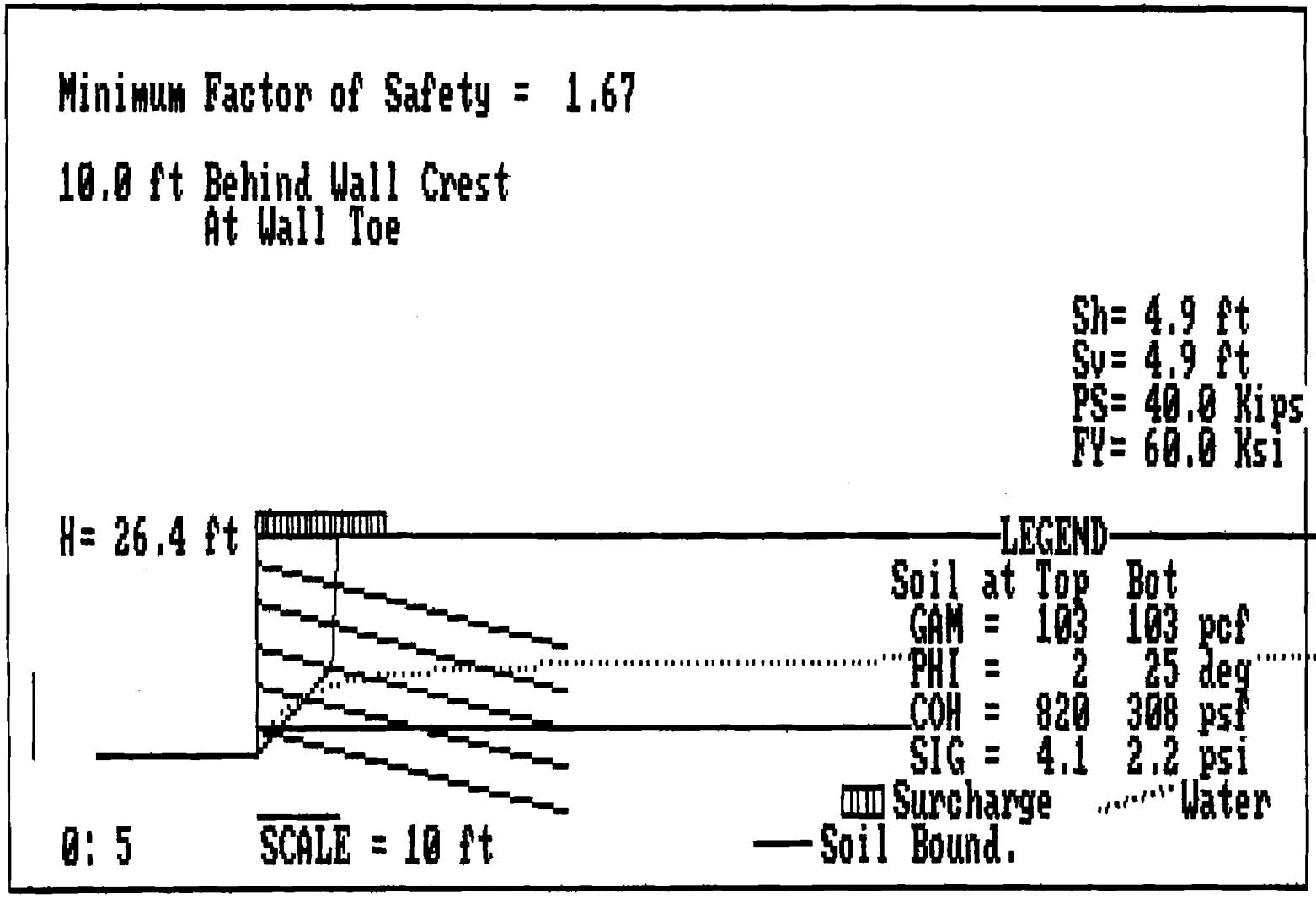
Number of Reinforcement Levels = 5
Horizontal Spacing = 4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element = 1.10 in
Yield Stress of Reinforcement = 60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole = 7.87 in
Punching Shear Capacity = 40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths = 39.40 ft
Reinforcement Inclination = 15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level = 3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels = 4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA

Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

Project Identification - MENARA DEA
Page - 1

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:13:02     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

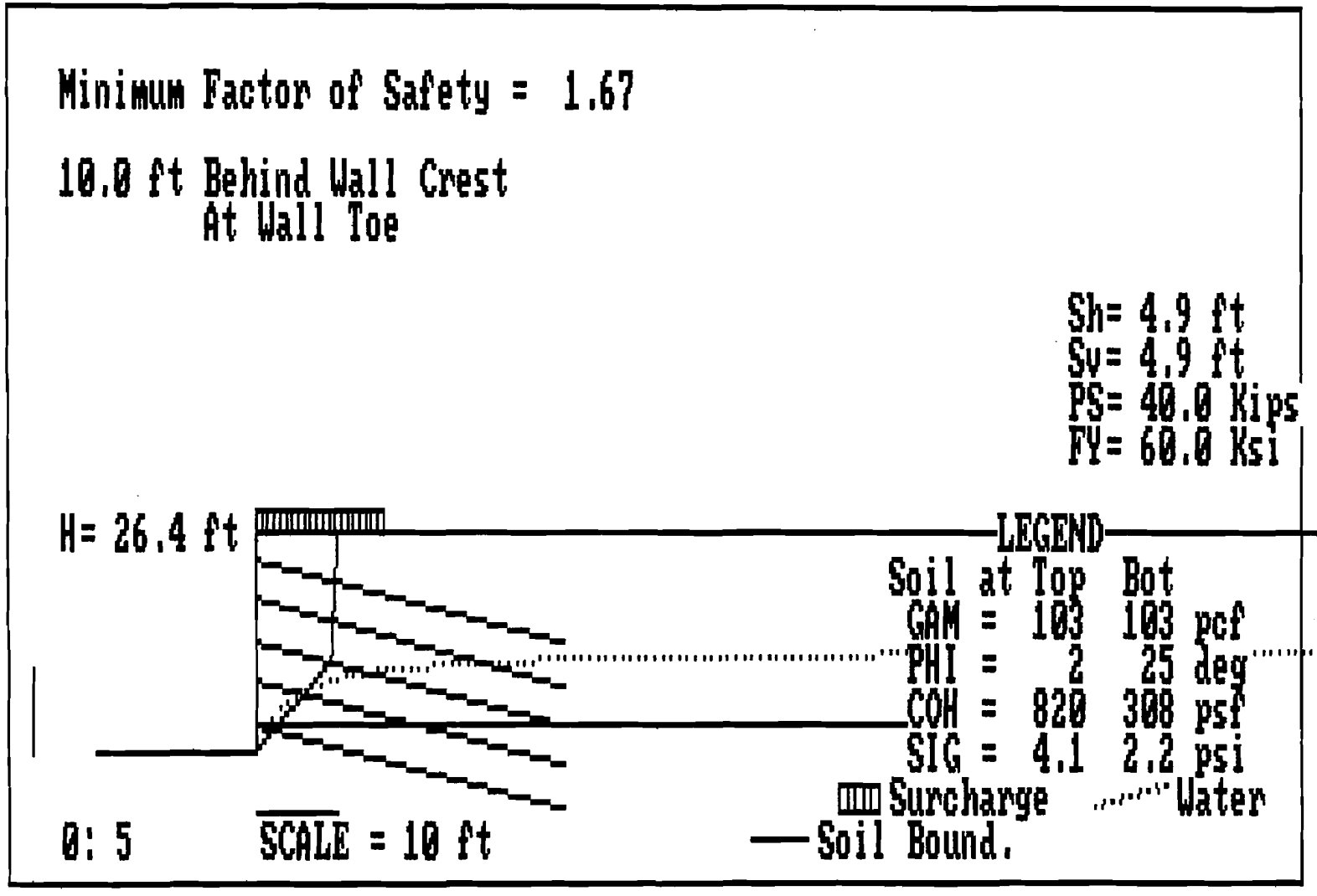
--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels = 5
Horizontal Spacing = 4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element = 1.80 in
Yield Stress of Reinforcement = 60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole = 7.87 in
Punching Shear Capacity = 40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths = 39.40 ft
Reinforcement Inclination = 15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level = 3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels = 4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

Project Identification - MENARA DEA
Page - 1

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:15:09     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

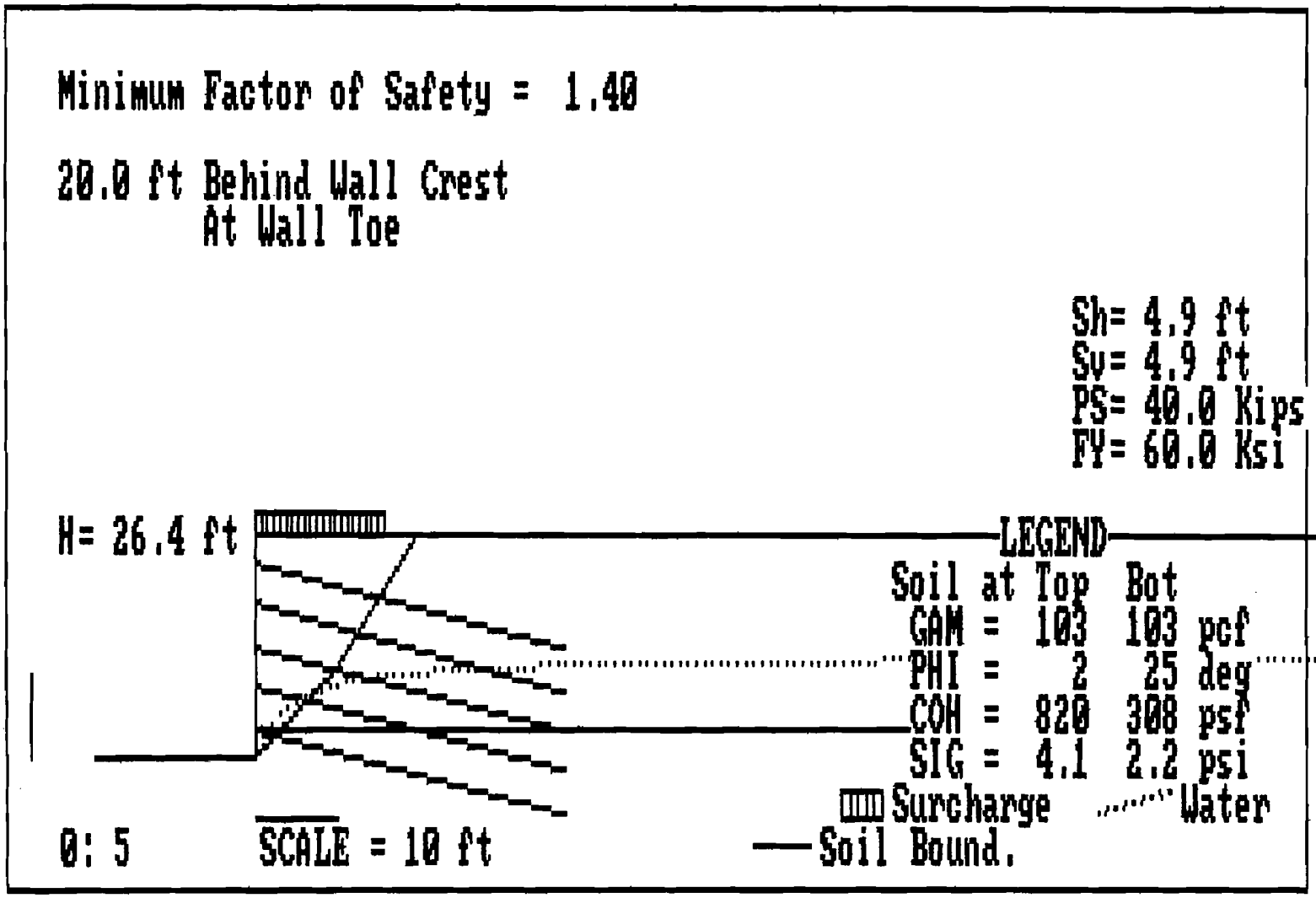
--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels = 5
Horizontal Spacing = 4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element = 1.30 in
Yield Stress of Reinforcement = 60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole = 3.94 in
Punching Shear Capacity = 40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths = 39.40 ft
Reinforcement Inclination = 15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level = 3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels = 4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

Project Identification - MENARA DEA
Page - 1

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:19:58     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate =	0.00 ft	Y(1)-Coordinate =	0.00 ft
X(2)-Coordinate =	90.00 ft	Y(2)-Coordinate =	11.60 ft
X(3)-Coordinate =	100.00 ft	Y(3)-Coordinate =	11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

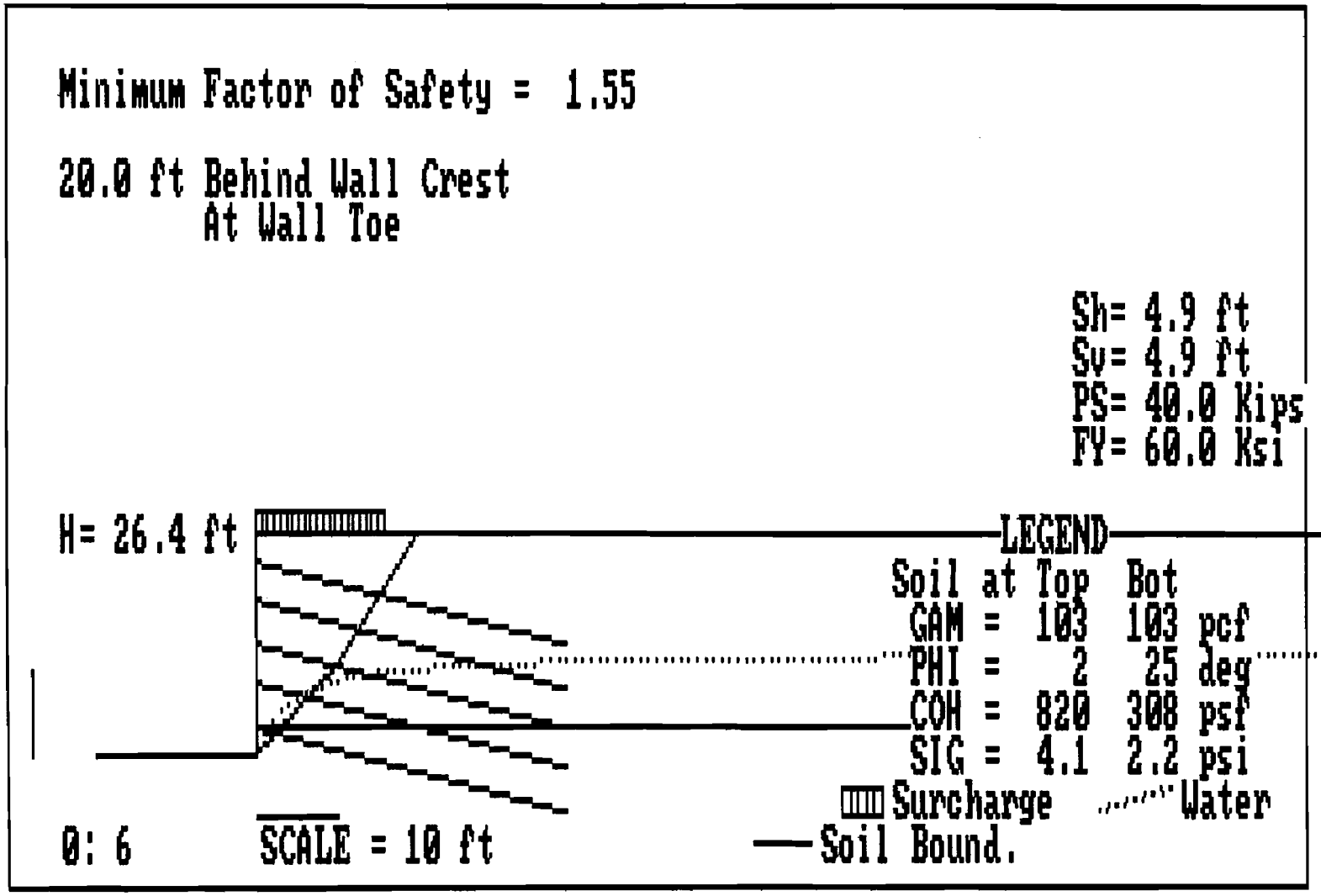
--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels	=	5
Horizontal Spacing	=	4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	1.30 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	5.90 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	39.40 ft
Reinforcement Inclination	=	15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:24:02     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate =	0.00 ft	Y(1)-Coordinate =	0.00 ft
X(2)-Coordinate =	90.00 ft	Y(2)-Coordinate =	11.60 ft
X(3)-Coordinate =	100.00 ft	Y(3)-Coordinate =	11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

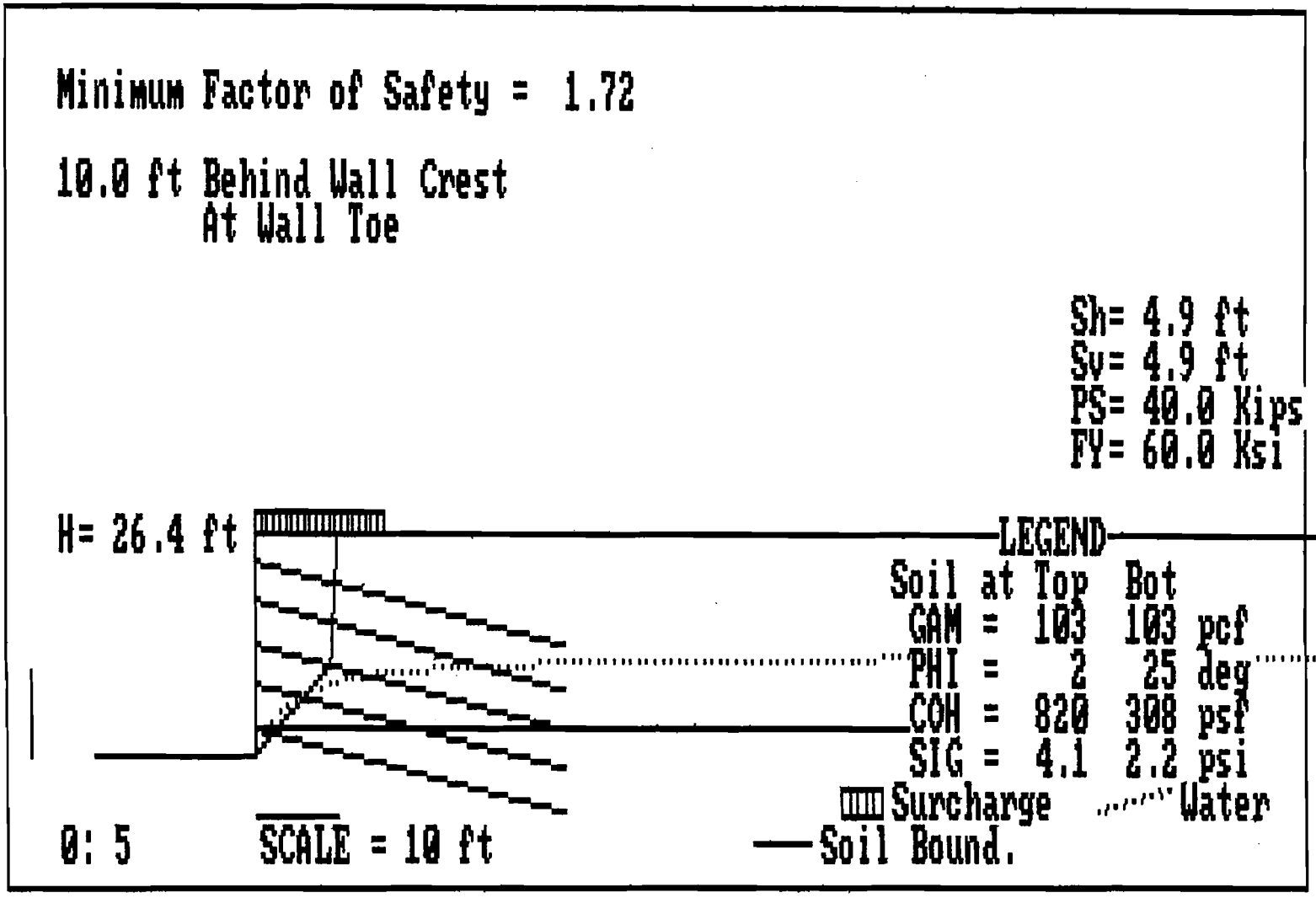
Number of Reinforcement Levels	=	5
Horizontal Spacing	=	4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	1.30 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	9.84 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	39.40 ft
Reinforcement Inclination	=	15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA

Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

lampiran 7

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:29:15     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

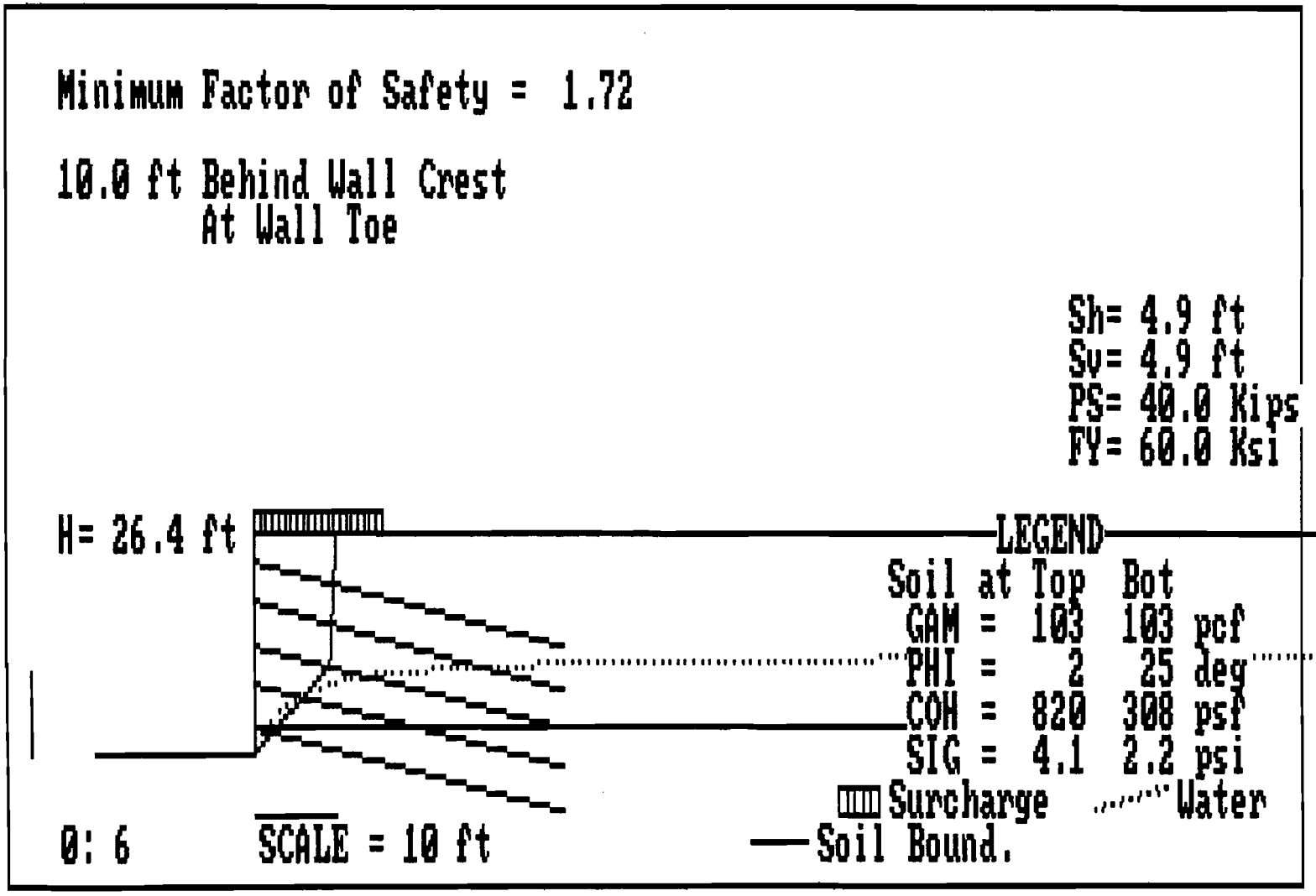
--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels = 5
Horizontal Spacing = 4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element = 1.30 in
Yield Stress of Reinforcement = 60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole = 11.81 in
Punching Shear Capacity = 40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths = 39.40 ft
Reinforcement Inclination = 15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level = 3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels = 4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:36:14     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate =	0.00 ft	Y(1)-Coordinate =	0.00 ft
X(2)-Coordinate =	90.00 ft	Y(2)-Coordinate =	11.60 ft
X(3)-Coordinate =	100.00 ft	Y(3)-Coordinate =	11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

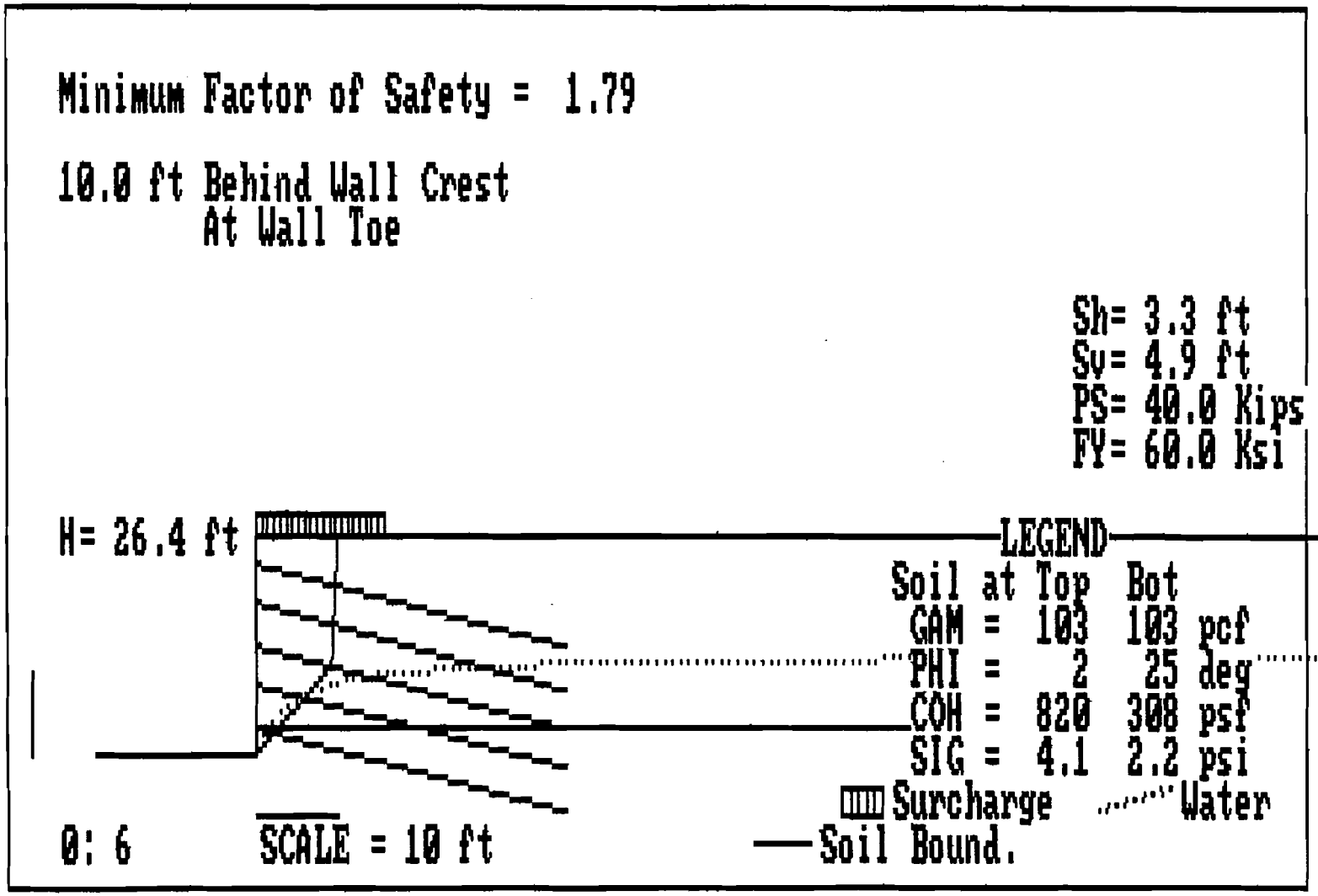
--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels	=	5
Horizontal Spacing	=	3.30 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	1.30 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	7.87 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	39.40 ft
Reinforcement Inclination	=	15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:40:38     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate =	0.00 ft	Y(1)-Coordinate =	0.00 ft
X(2)-Coordinate =	90.00 ft	Y(2)-Coordinate =	11.60 ft
X(3)-Coordinate =	100.00 ft	Y(3)-Coordinate =	11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

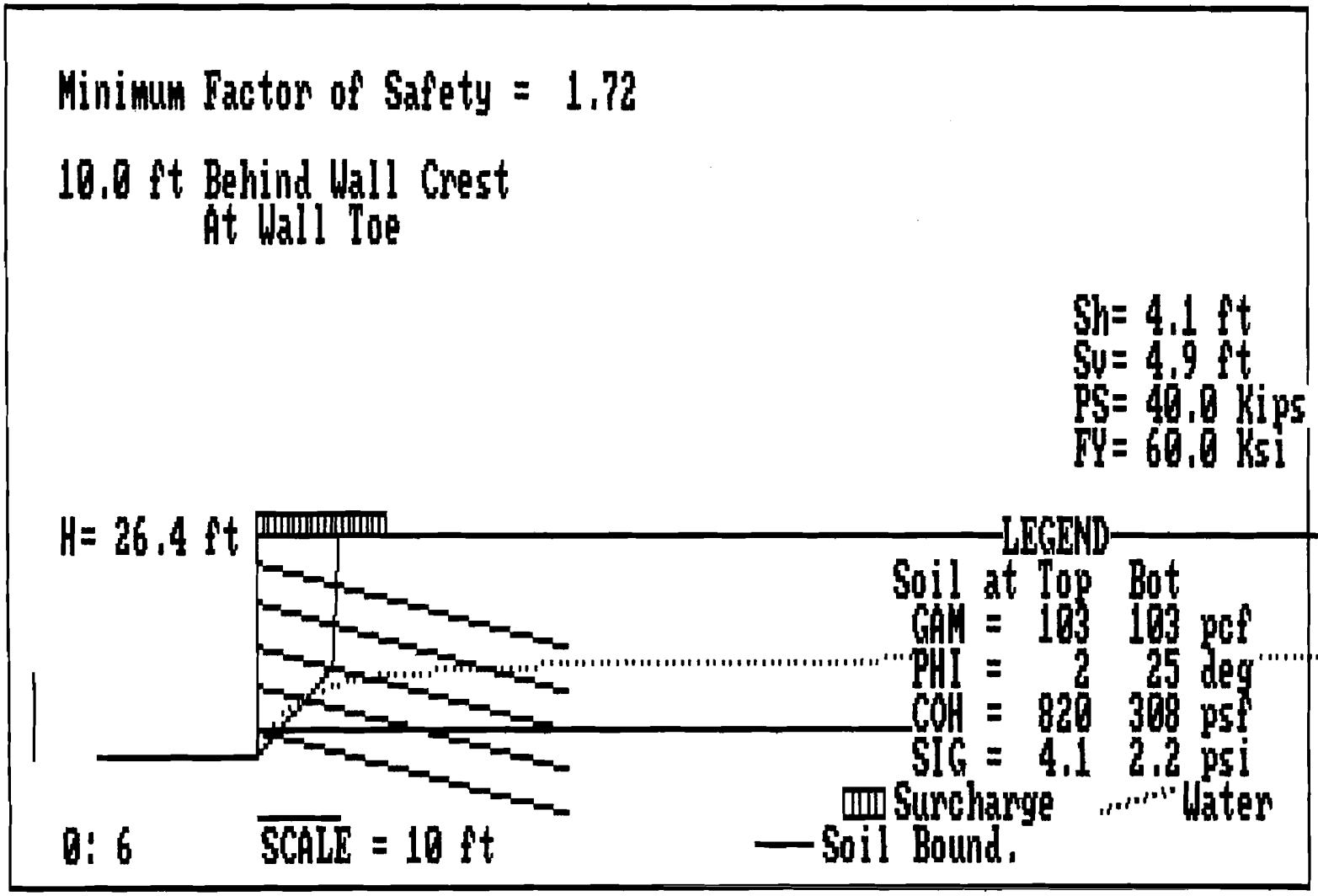
Number of Reinforcement Levels	=	5
Horizontal Spacing	=	4.10 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	1.30 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	7.87 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	39.40 ft
Reinforcement Inclination	=	15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA

Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 22:13:03     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

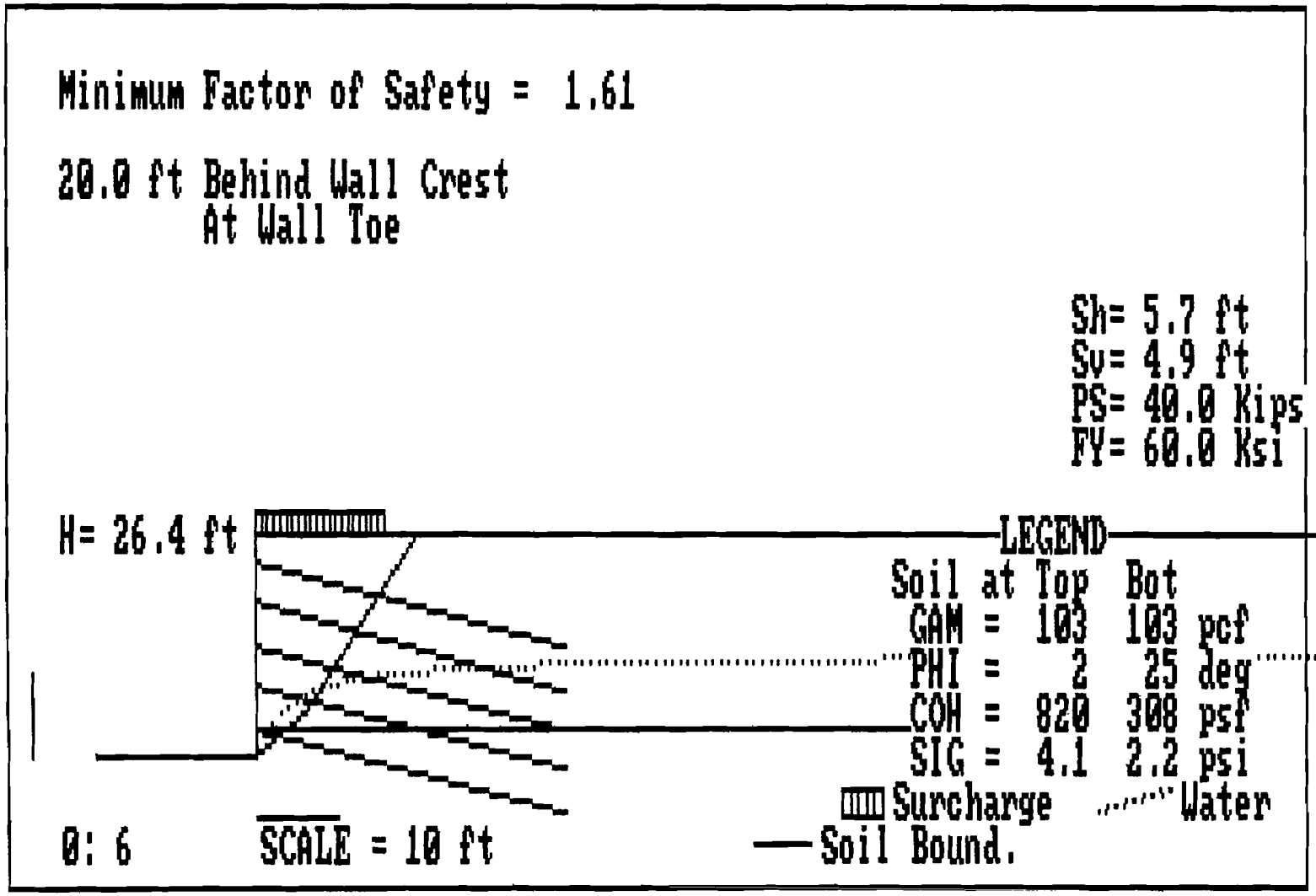
Number of Reinforcement Levels = 5
Horizontal Spacing = 5.70 ft
Diameter of Reinforcement Element = 1.30 in
Yield Stress of Reinforcement = 60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole = 7.87 in
Punching Shear Capacity = 40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths = 39.40 ft
Reinforcement Inclination = 15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level = 3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels = 4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA

Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:46:47     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

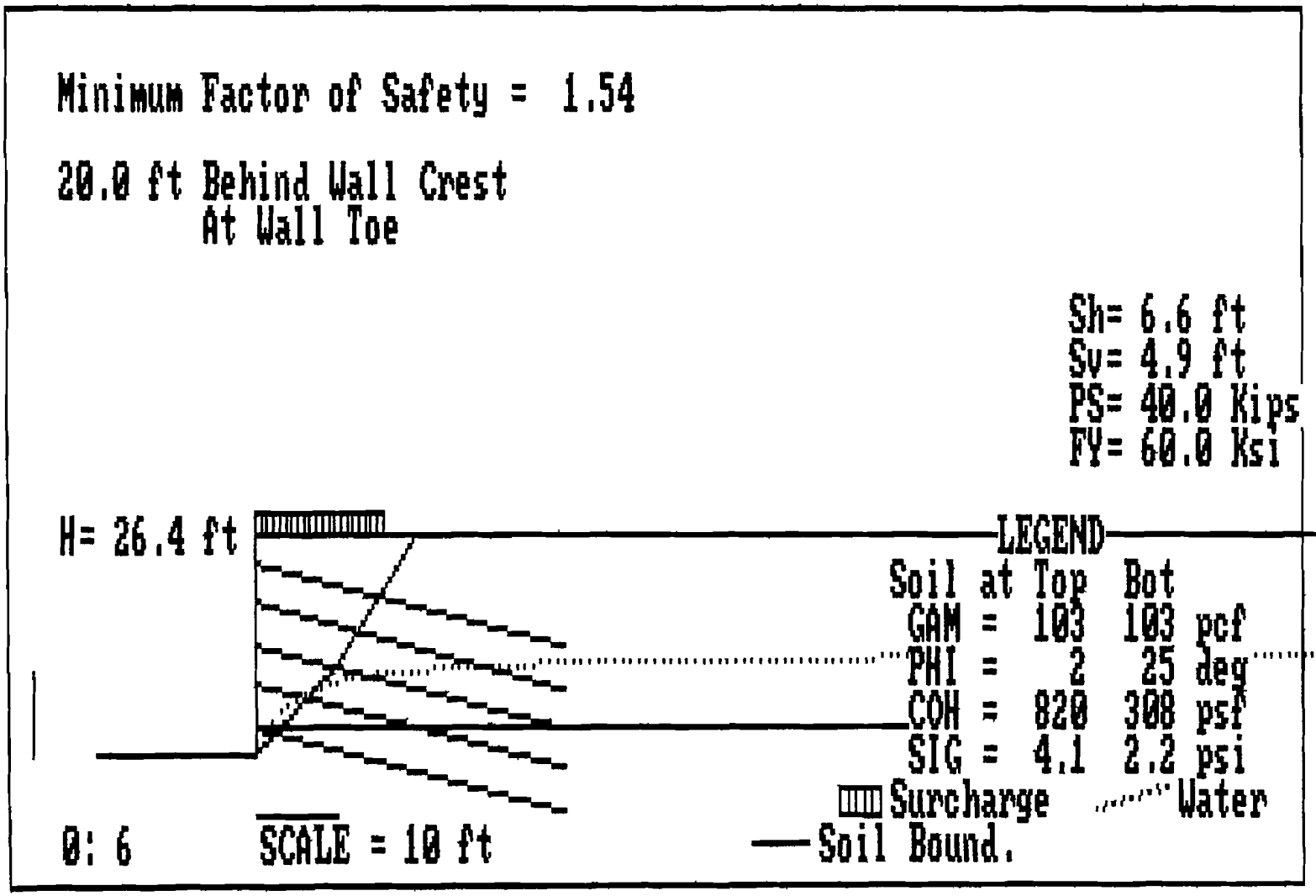
--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels	=	5
Horizontal Spacing	=	6.60 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	1.30 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	7.87 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	39.40 ft
Reinforcement Inclination	=	15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

lampiran 3

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:51:57     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

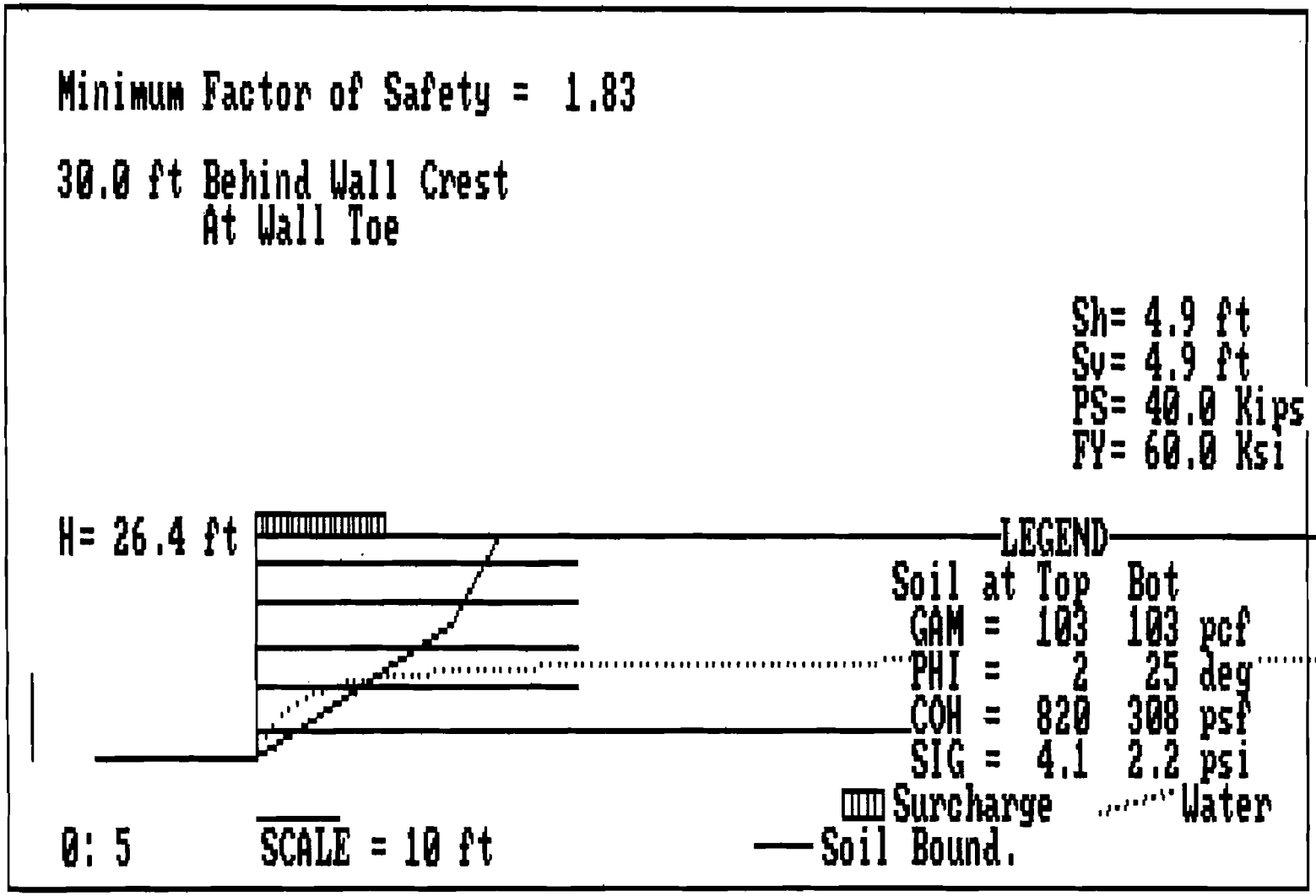
--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels = 5
Horizontal Spacing = 4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element = 1.30 in
Yield Stress of Reinforcement = 60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole = 7.87 in
Punching Shear Capacity = 40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths = 39.40 ft
Reinforcement Inclination = 0.0 degrees
Vertical Spacing to First Level = 3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels = 4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

Project Identification - MENARA DEA
Page - 1

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 21:55:53     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate =	0.00 ft	Y(1)-Coordinate =	0.00 ft
X(2)-Coordinate =	90.00 ft	Y(2)-Coordinate =	11.60 ft
X(3)-Coordinate =	100.00 ft	Y(3)-Coordinate =	11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

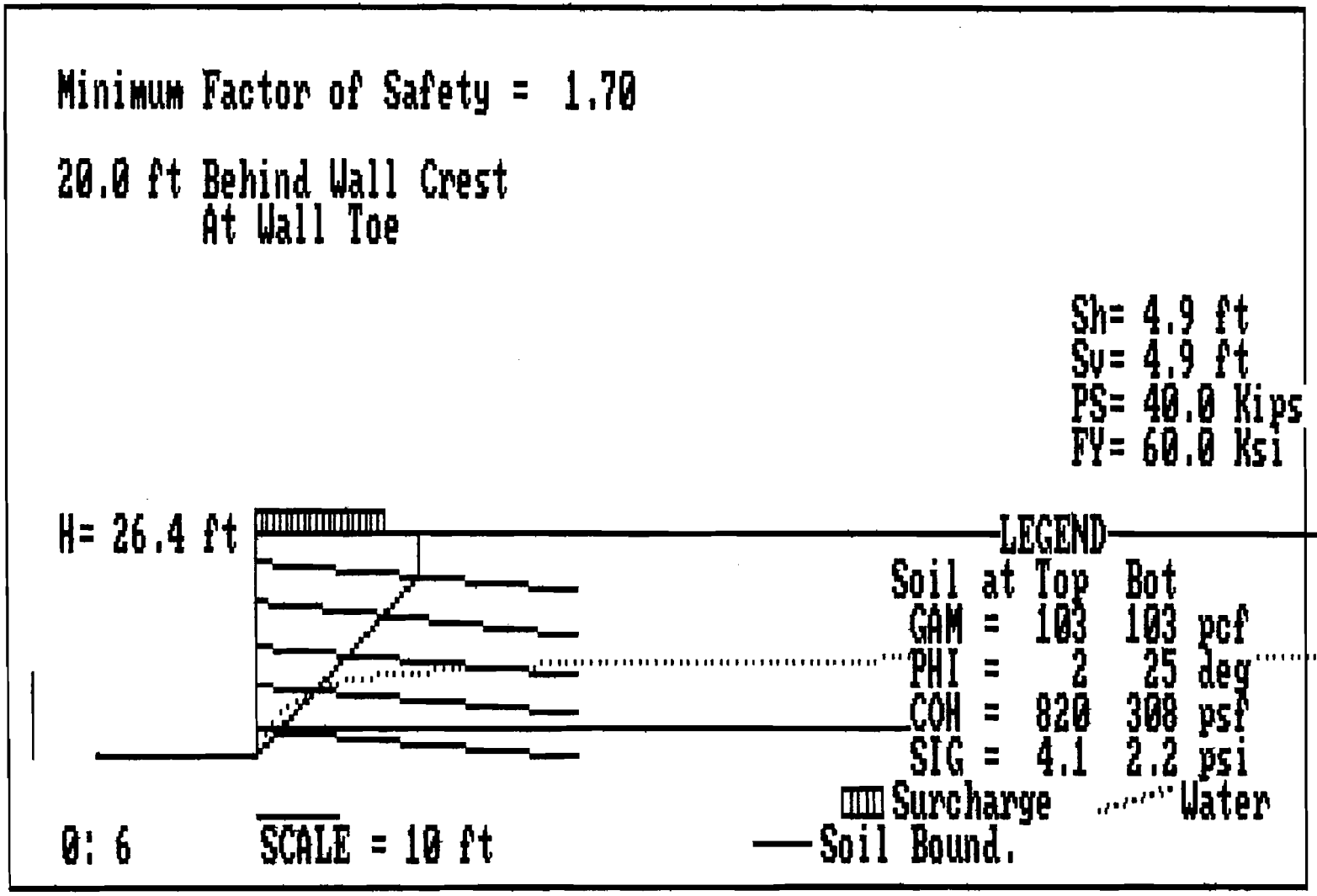
Number of Reinforcement Levels	=	5
Horizontal Spacing	=	4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	1.30 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	7.87 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	39.40 ft
Reinforcement Inclination	=	5.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA

Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 22:00:55     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

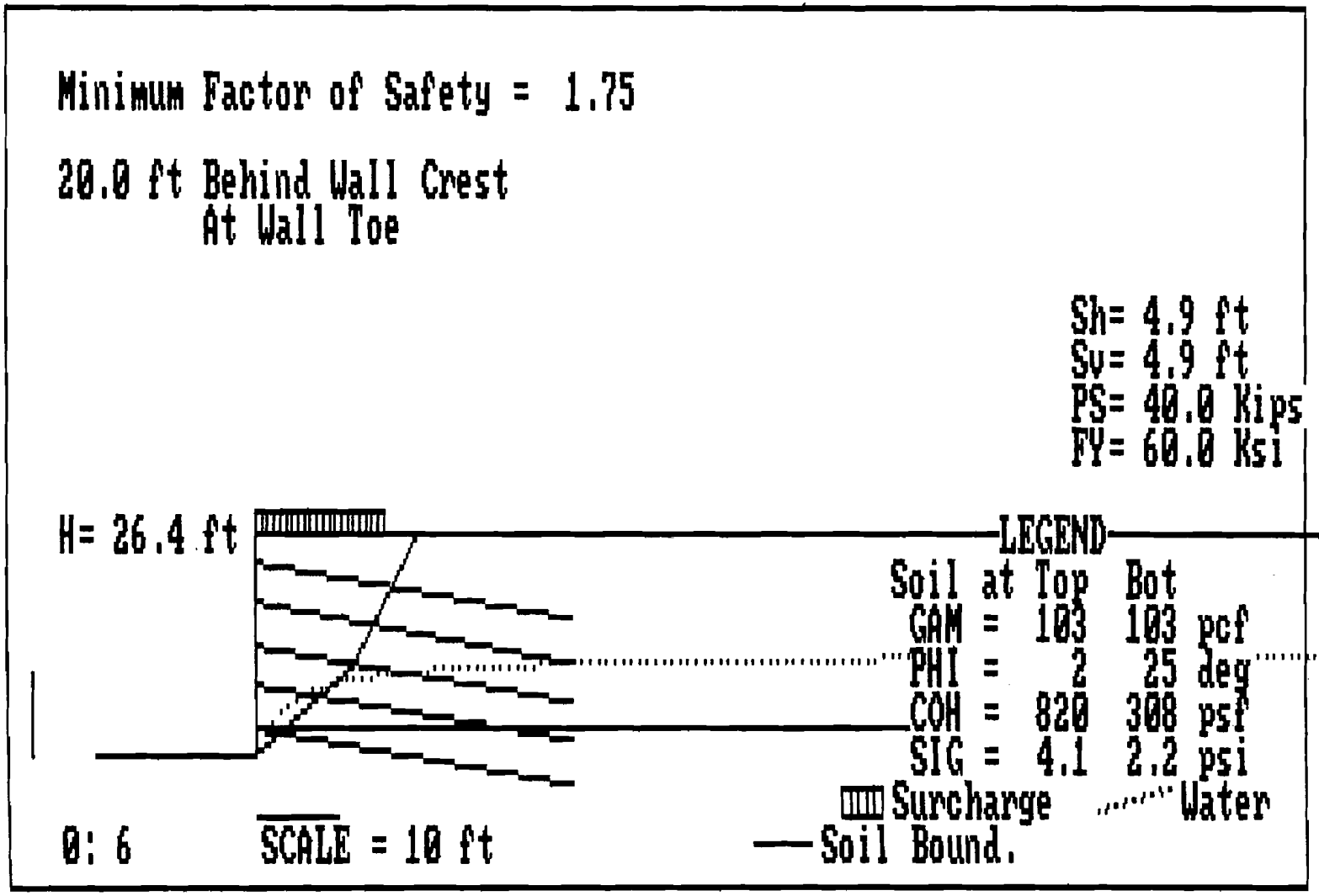
--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels = 5
Horizontal Spacing = 4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element = 1.30 in
Yield Stress of Reinforcement = 60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole = 7.87 in
Punching Shear Capacity = 40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths = 39.40 ft
Reinforcement Inclination = 10.0 degrees
Vertical Spacing to First Level = 3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels = 4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS& RESEARCH *
*       OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING       *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
*    Date: 11-01-1996          Time: 22:06:26     *
**************************************************
```

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	26.40 ft
Wall Batter	=	0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall	=	0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest	=	0.00 ft
Second Slope Angle	=	0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope	=	0.00 ft
Third Slope Angle	=	0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope	=	0.00 ft
Fourth Slope Angle	=	0.0 degrees

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

--------- SURCHARGE ---------

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe	=	0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe	=	16.4 ft
Loading Intensity - Begin	=	205.0 psf/ft
Loading Intensity - End	=	205.0 psf/ft

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

---------- SOIL PARAMETERS ----------

Unit Weight, GAM1	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI1	=	2.0 degrees
Cohesion, COH1	=	820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG	=	4.12 psi
Unit Weight, GAM2	=	103.00 pcf
Friction Angle, PHI2	=	25.0 degrees
Cohesion, COH2	=	308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2	=	2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

--------- EARTHQUAKE ACCELERATION ---------

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

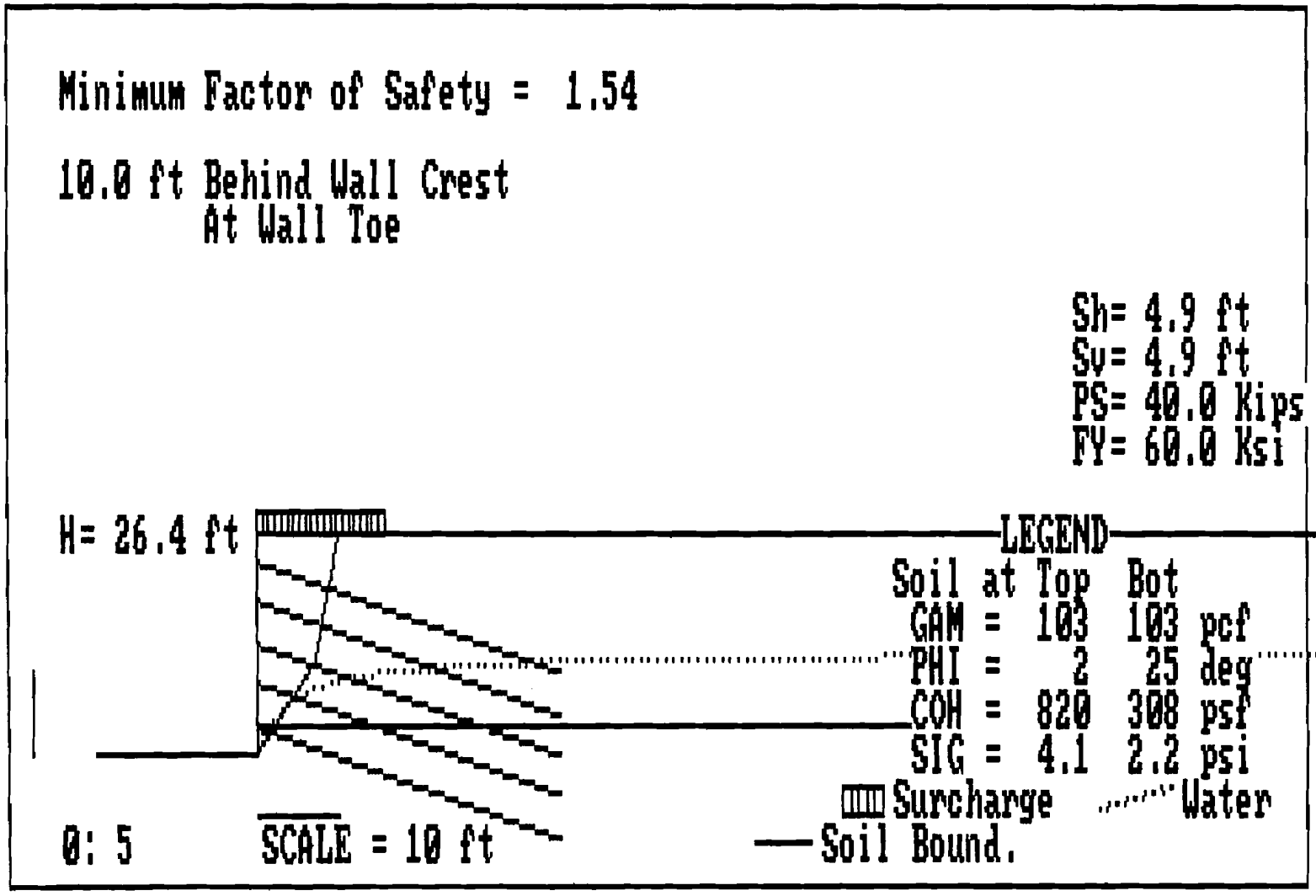
Number of Reinforcement Levels	=	5
Horizontal Spacing	=	4.90 ft
Diameter of Reinforcement Element	=	1.30 in
Yield Stress of Reinforcement	=	60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	7.87 in
Punching Shear Capacity	=	40.00 kips

--------- (For ALL Levels) ---------

Reinforcement Lengths	=	39.40 ft
Reinforcement Inclination	=	20.0 degrees
Vertical Spacing to First Level	=	3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels	=	4.90 ft

PROJECT TITLE : MENARA DEA

Date: 11-01-1996



Press: N for new Node. S for Screen mode. Z for Zoom. R for Results

PULL OUT TEST

PROJECT : Menara .DEA

Fax 02745626/2
Up. Dian

No. : P.04.
Location : profil III Row IV.
Date : 30/08/96
Time : 14:30

No.	PRESSURE READING (kg/cm2)	LOAD (TON)	LOAD (%)	T I M E	DIAL READING		REMARKS
					0.01 mm	m m	
1	30.08	2	12,5	1 menit	45,00		
2	60.17	4	25	1 menit	98.00		
3	120,34	8	50	1 menit	192.00		
4	180,52	12	75	1 menit	243.00		
5	240,69	16	100	1 menit	312.00		
6				(I) 10 menit	319,00		
7				(II) 10 menit	322.00		
8				(III). 10. menit	324,00		
9	180,52	12	75	1 menit	311.00		
10	120,34	8	50	1 menit	296,00		
11	60,17	4	25	1 menit	267.00		
12	30,08	2	12,5	1 menit	235,00		
13	0	0	0	1 menit	192,00		

Witnessed by.
S. Gultom

Tested by.
Rahmat

lampiran 45

PULL OUT TEST

PROJECT : Menara DEA

Fax : 0274562612

Brian

No. : P.[illegible]

Location : Proyek Pcp. III

Date : 31/08/96.

Time : 15:0[illegible]

No.	PRESSURE READING (kg/cm2)	LOAD (TON)	LOAD (%)	T I M E	DIAL READING		REMARKS
					0.01 mm	m m	
1	30,08	2	12,5	1 menit	10.00		
2	60.17	4	25	1 menit	52.00		
3	120,34	8	50	1 menit	86.00		
4	180,52	12	75	1 menit	102.00		
5	240,69	16	100	1 menit	159,00		
6				(I) 10 menit	162.00		
7				(II) 10 menit	164,00		
8				(III) 10 menit	165,00		
9	180,52	12	75	1 menit	130.00		
10	120,34	8	50	1 menit	108.50		
11	60.17	4	25	1 menit	81,50		
12	30,08	2	12,5	1 menit	60,00		
13	0	0	0	1 menit	47,50		

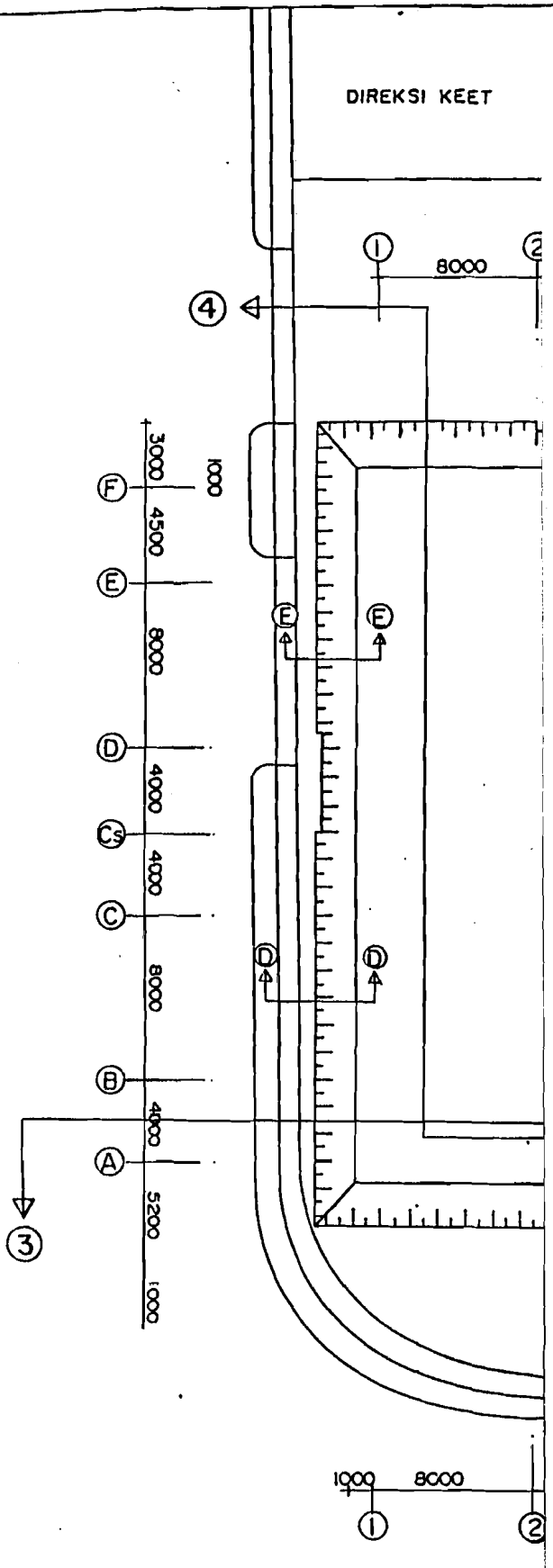
witnessed by

(S. Gultom)

tested by

(Simanjuntak)

lampiran 46



U

PROYEK

MENARA DEA JAKATA

JUDUL

DENAH LOKASI

PRATAMA WIDYA PT.
CONSULTING ENGINEERING
SERVICES JAKARTA

DIGAMBAR OLEH HARTATMO

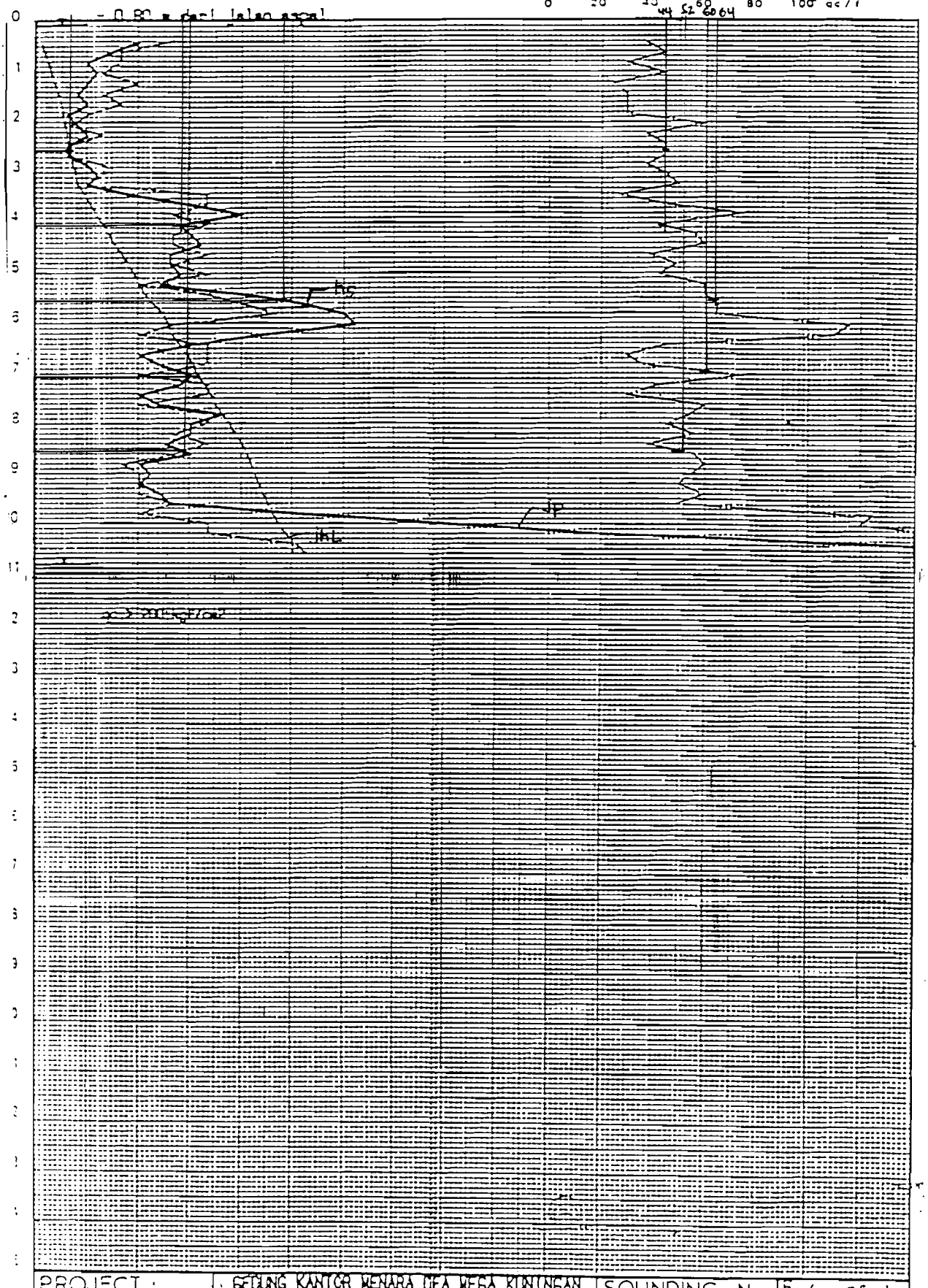
DIPERIKSA OLEH JAROT

DISETUJUI OLEH RUSMIATI .W

SKALA

No.GAMBAR. 0.1

lampiran 48



PROJECT	GEDUNG KANTOR MENARA BEA MEGA KUNINGAN	SOUNDING No	6 (S6)
LOCATION	GRAND KUNINGAN E 4.3 - JAKARTA SELATAN	DATE of TEST	8 JULI 1996

NOTE: ——— qc — — — — tf — · — · — f ——— qc/f

P.T. SOLEFOUND SAKTI
JAKARTA

(53)

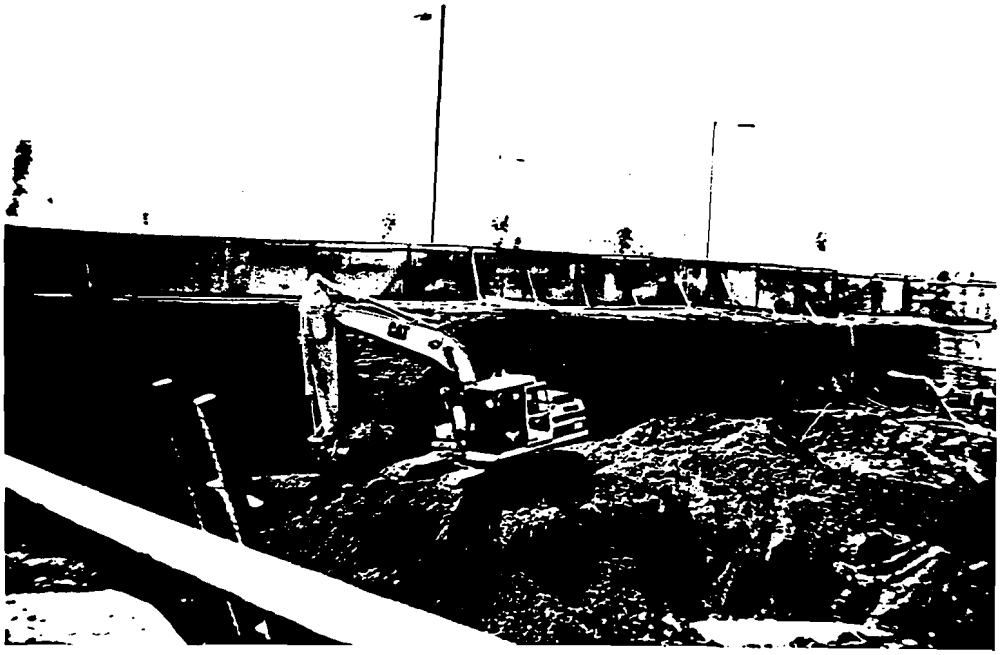


Foto 1. Penggalian dinding basemen sekaligus pembukaan lahan

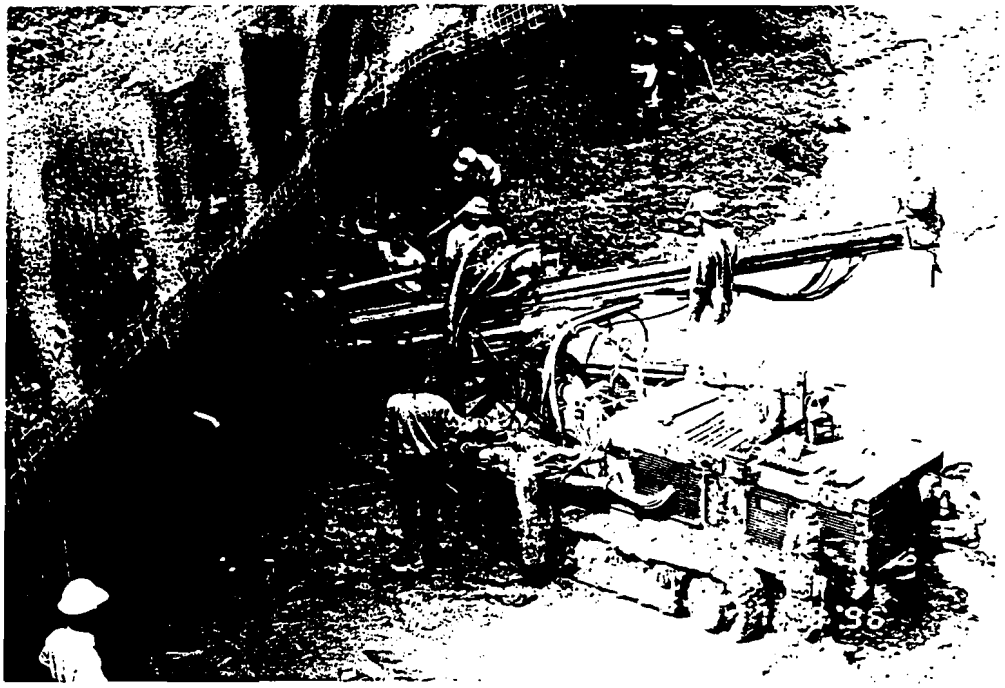


Foto 2. Alat bor "Soil Mach" yang sedang bekerja

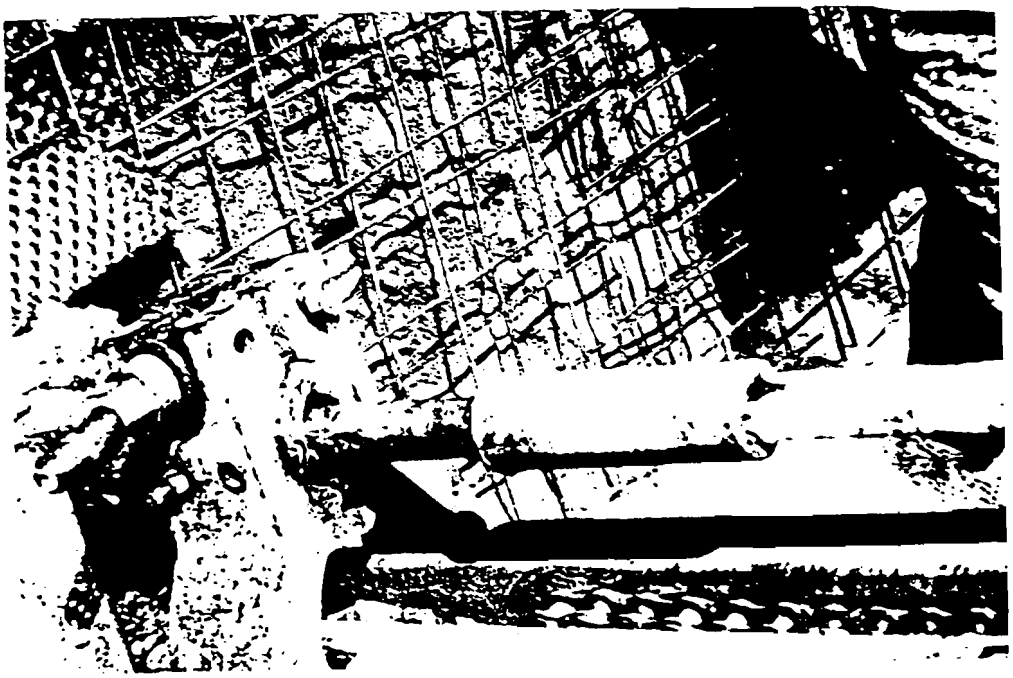


Foto 3. Bagian penyambungan pipa bor



Foto 4. Pembersihan lubang bor ("flushing")



Foto 5. Pemasukan baja tulangan berulir pada lubang bor



Foto 6 . Kondisi lubang bor yang siap diisi adukan beton cair

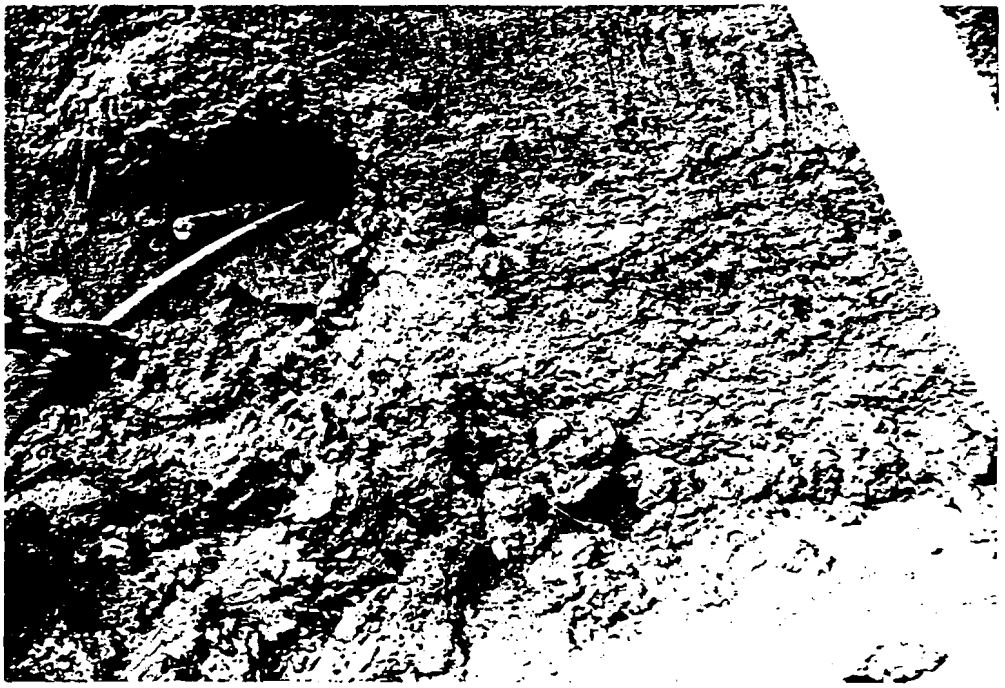


Foto 7. Pengisian adukan beton cair

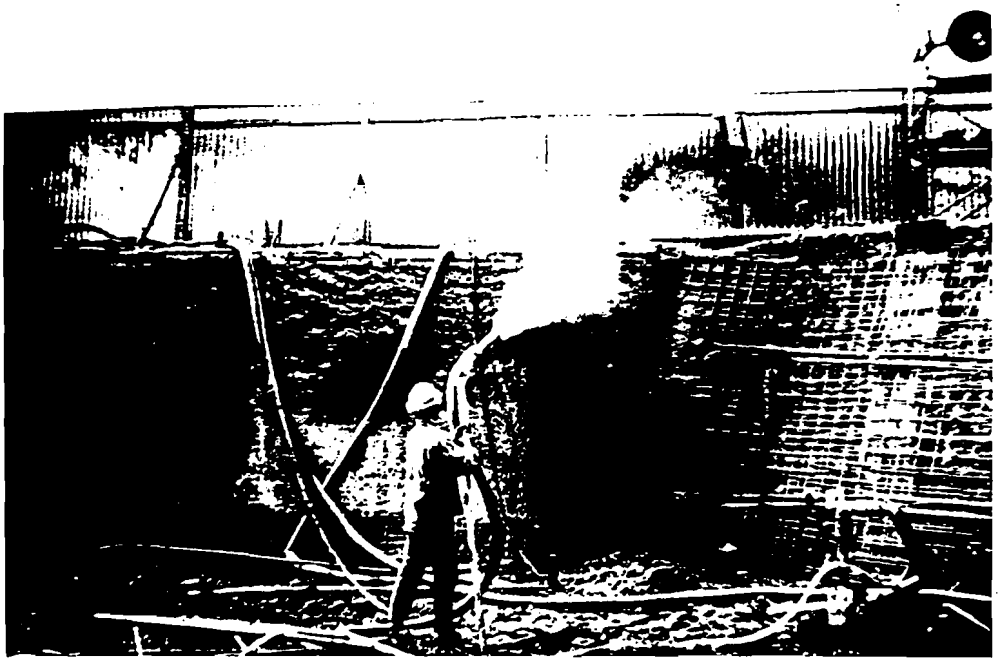


Foto 8. Penyemprotan "shotcrete"

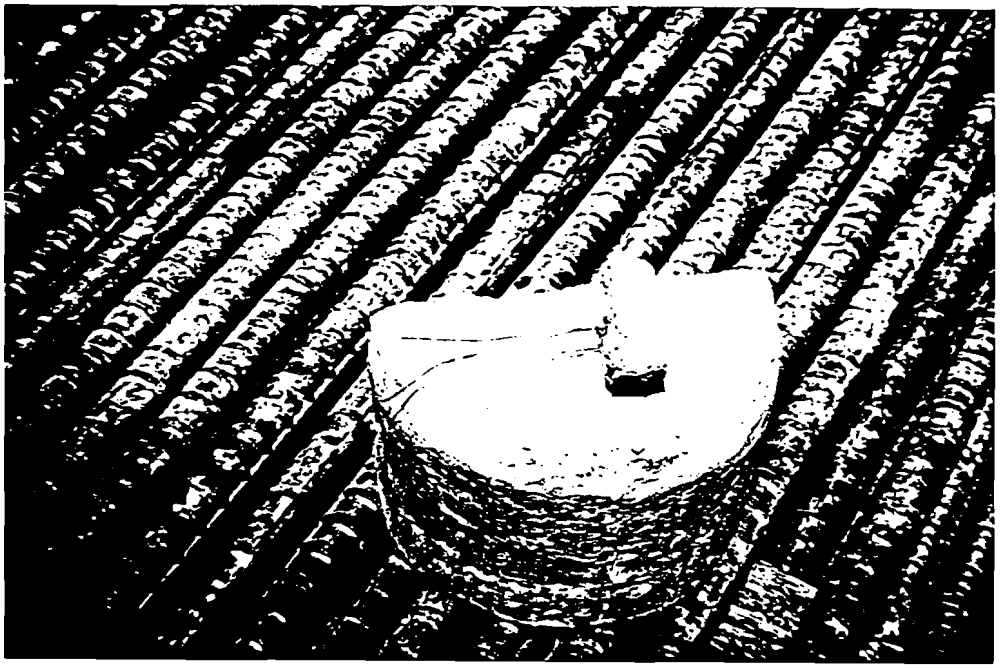


Foto 9. Cetakan beton setengah lingkaran untuk menutup sisi depan lubang bor sebelum lubang diisi adukan beton cair ("grouting")



Foto 10. Penyambungan "centralizer" pada baja tulangan

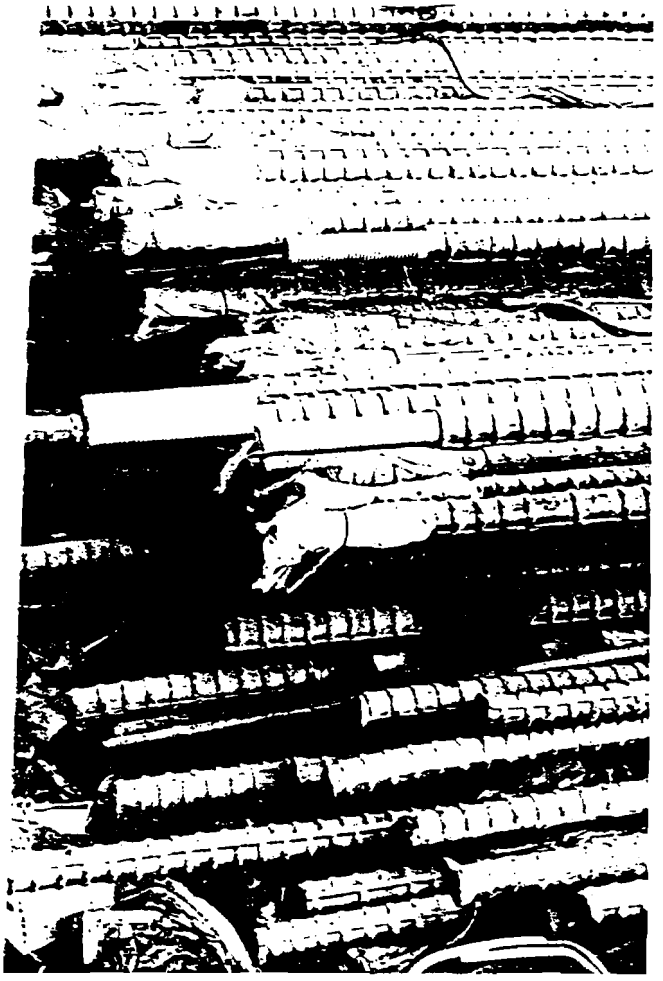


Foto 11. "Draat" pada ujung tulangan baja berulir