GeoTalk XIX 22
Zoom Webinar, 11-12 Juli 2022
Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia
Topik :
SOSIALISASI LEBIH DALAM ISI SNI 1726

Aspek Desain Fondasi Dalam SNI 1726:2019

Widjojo A. Prakoso
HATTI / Universitas Indonesia
Juli 2022

1

Presentasi

- Desain Fondasi
- Kombinasi Beban
- Persyaratan Sistem Fondasi
  → Contoh Desain Fondasi Tiang
- Likuifaksi dan Desain Fondasi
  → Contoh Desain Fondasi Tiang

2

Desain Fondasi

3

SNI 1726 : 2012	SNI 1726 : 2019
7.13 Desain fondasi	7.13 Desain fondasi
7.13.1 Dasar Desain	7.13.1 Dasar Desain
7.13.2 Material konstruksi	*7.13.2 Material konstruksi*
7.13.3 Karakteristik beban-deformasi fondasi	7.13.3 Karakteristik beban-deformasi fondasi
7.13.4 Reduksi penggulingan fondasi	7.13.4 Reduksi penggulingan fondasi
7.13.5 Persyaratan untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C	**7.13.5 Kapasitas geoteknik fondasi**
7.13.6 Persyaratan untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D sampai F	7.13.6 Persyaratan untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C
	7.13.7 Persyaratan untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D sampai F
	7.13.8 Persyaratan untuk fondasi di situs mudah likuifaksi

4

SNI 1726 : 2019

7.13.1 Dasar desain

- Dasar desain untuk fondasi harus seperti yang ditentukan dalam 7.1.5.

5

SNI 1726 : 2019

7.1.5 Desain fondasi

- Fondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur dan fondasi oleh gerak tanah seismik desain. Sifat dinamik gaya, gerak tanah yang diperkirakan, dasar desain untuk kekuatan dan kapasitas disipasi energi struktur, serta sifat dinamik tanah harus disertakan dalam penentuan kriteria desain fondasi. Desain dan konstruksi fondasi harus sesuai 7.13.
- …

6

SNI 1726 : 2019

7.1.5 Desain fondasi

- …
- Sistem fondasi tidak boleh gagal terlebih dahulu daripada struktur atas. Agar tujuan ini tercapai, maka kombinasi beban dalam 4.2.3.3 juga harus ditinjau dalam desain fondasi, termasuk faktor kuat lebih sesuai 7.4.3. Desain detail kekuatan struktur fondasi juga harus memenuhi persyaratan beban gempa rencana berdasarkan 4.2.2, termasuk faktor kuat lebih sesuai 7.4.3.

7

SNI 1726 : 2019

7.13.2 Material konstruksi

- Material yang digunakan untuk desain dan konstruksi fondasi harus sesuai dengan persyaratan dan tambahan persyaratan untuk fondasi di tanah yang berpotensi terlikuifaksi dalam 7.13.8.
- Desain dan pendetailan tiang baja harus sesuai dengan peraturan yang berlaku dan tambahan persyaratan dalam 7.13.8 bila terkait.
- Desain dan pendetailan tiang beton harus sesuai peraturan yang berlaku dan tambahan persyaratan dalam 7.13.8 bila terkait.

8

SNI 1726 : 2019

7.13.5 Kapasitas geoteknik fondasi

- SNI 8460 : 2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik
- ASCE/SEI 7-16: Commentaries
- Konsensus TABG-SG DKI Jakarta

9

SNI 8460:2017

9.3.2 Kekuatan struktur dan kemampulayanan

Pada bagian sebelumnya telah disampaikan persyaratan fondasi dari segi geoteknik yang antara lain menyebutkan bahwa daya dukung izin fondasi diambil dari daya dukung ultimit dibagi dengan faktor keamanan. Di samping persyaratan geoteknik, fondasi juga harus memenuhi persyaratan kekuatan dari struktur fondasi tersebut.

Dua buah persyaratan kekuatan struktur fondasi yang harus dipenuhi adalah:

a) Persyaratan kekuatan struktural: Fondasi harus kuat menerima beban yang bekerja padanya. Fondasi yang dibebani melebihi kapasitas strukturnya secara prinsip akan mengalami keruntuhan katastropik.
b) Persyaratan kemampulayanan: Di samping harus kuat memikul beban di atasnya, fondasi juga harus dapat berfungsi dengan baik akibat beban layan *(service loads)* yang bekerja padanya. Persyaratan yang harus dipenuhi mencakup antara lain: penurunan (total dan diferensial), *heave*, *tilt*, pergerakan lateral, getaran, dan durabilitas.

10

SNI 8460:2017

9.2.3.1 Metode rasional

Metode rasional yang digunakan untuk menghitung kapasitas ultimit fondasi harus dilakukan berdasarkan data-data tanah yang diperoleh dari penyelidikan lapangan maupun laboratorium pada lokasi pekerjaan menggunakan:

a) Metode analitik yang sudah baku (misalnya Terzaghi, Meyerhoff, Hansen, Vesic, Reese) yang memperhitungkan kondisi lapisan tanah yang ada serta geometri dari fondasi,
b) Metode empiris yang sudah baku (terbukti).

Daya dukung izin fondasi diperoleh dari daya dukung ultimit fondasi tersebut dibagi dengan suatu faktor keamanan yang besarnya minimum 3 untuk fondasi dangkal atau minimum 2,5 untuk fondasi dalam.

11

SNI 8460:2017

9.7.3.1 Kapasitas lateral izin tiang

Estimasi kapasitas lateral tiang sesuai dengan besar deformasi lateral izin kepala tiang. Besar deformasi lateral izin tiang adalah 12 mm untuk gempa rencana dan 25 mm untuk gempa kuat dalam kondisi tiang tunggal dan *free-head*.

12

SNI 1726 : 2019

7.13.5 Kapasitas geoteknik fondasi berdasarkan metode tegangan ijin

- Kombinasi beban dalam pasal 4.2.3 yang menyertakan beban gempa, E, diijinkan untuk menyertakan reduksi penggulingan fondasi yang diatur dalam pasal 7.13.4. Daya dukung ijin fondasi harus ditentukan berdasarkan tegangan ijin material geoteknik yang ditentukan dalam investigasi geoteknik.

13

SNI 1726 : 2019

7.13.5.1 Daya dukung fondasi

- Daya dukung izin tanah, dimana fondasi tersebut akan dibangun, akibat beban kerja harus diambil yang terkecil dari:

  a) kapasitas ultimit tanah dengan faktor keamanan yang cukup terhadap kemungkinan terjadinya keruntuhan, atau

  b) suatu nilai yang memberikan deformasi fondasi akibat beban yang bekerja masih dalam batas-batas yang diizinkan oleh bangunan tersebut, atau bangunan di sekitarnya.

- Untuk struktur yang didukung oleh lebih dari satu fondasi, metode penentuan daya dukung yang digunakan harus sama.

14

SNI 1726 : 2019

7.13.5.1.1 Parameter kekuatan tanah

- Untuk tanah yang tidak mengalami degradasi kekuatan pada saat pembebanan gempa, parameter kekuatan untuk kondisi pembebanan statik harus digunakan dalam menghitung daya dukung fondasi.
- Untuk tanah kohesif yang sensitif atau tanah non-kohesif yang jenuh air, potensi degradasi kekuatan tanah akibat gempa harus diperhitungkan.
- Daya dukung fondasi harus ditentukan menggunakan prosedur yang terdapat dalam **SNI Persyaratan Perancangan Geoteknik** yang berlaku, dan harus berdasarkan nilai rerata yang representatif.

15

SNI 1726 : 2019

7.13.5.1.1 Parameter kekuatan tanah

...

c) Tahanan gelincir friksi dan tahanan gelincir kohesi arah horizontal harus dianggap nol untuk fondasi yang didukung fondasi tiang.

16

SNI 1726 : 2019

7.13.5.2 Kriteria Penerimaan

- Untuk prosedur analisis linier sesuai dengan 7.8 dan 7.9, beban-beban termasuk reduksi yang diizinkan dalam 7.13.4, tidak boleh melebihi daya dukung izin fondasi.

17

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

C12.13.5.1.1 Soil Strength Parameters

- If soils are saturated or anticipated to become so, undrained soil properties might be used for transient seismic loading, even though drained strengths may have been used for static or more sustained loading.
- For competent soils that are not expected to degrade in strength during seismic loading (e.g., due to partial or total liquefaction of cohesionless soils or strength reduction of sensitive clays), use of static soil strengths is recommended for determining the nominal foundation geotechnical capacity, Q_{ns}, of foundations.

18

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

C12.13.5.1.1 Soil Strength Parameters

...

- Use of static strengths is somewhat conservative for such soils because rate-of-loading effects tend to increase soil strengths for transient loading. Such rate effects are neglected because they may not result in significant strength increase for some soil types and are difficult to estimate confidently without special dynamic testing programs.
- The assessment of the potential for soil liquefaction or other mechanisms for reducing soil strengths is critical, because these effects may reduce soil strengths greatly below static strengths for susceptible soils.

19

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

C12.13.5.1.1 Soil Strength Parameters (piles)

...

- For piles, the best estimated vertical strength (for both axial compression and axial tensile loading) should be determined using accepted foundation engineering practice. The moment capacity of a pile group should be determined assuming a rigid pile cap, leading to an initial triangular distribution of axial pile loading from applied overturning moments. However, the full expected axial capacity of piles may be mobilized when computing moment capacity, in a manner analogous to that described for a footing.

20

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

C12.13.5.1.1 Soil Strength Parameters (piles)

...

- The strength provided in pile caps and intermediate connections should be capable of transmitting the best estimated pile forces to the supported structure. When evaluating axial tensile strength, consideration should be given to the capability of pile cap and splice connections to resist the factored tensile loads.
- The lateral foundation geotechnical capacity of a pile group may be assumed to be equal to the best estimated passive resistance acting against the face of the pile cap plus the additional resistance provided by piles.

21

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

C12.13.6 Allowable Stress Design for Foundation Geotechnical Capacity.

- In traditional geotechnical engineering practice, foundation design is based on allowable stresses, with allowable foundation load capacities, Q_{as}, for dead plus live loads based on limiting static settlements, which provides a large factor of safety against exceeding ultimate capacities. In this practice, allowable soil stresses for dead plus live loads often are increased arbitrarily by one-third for load combinations that include wind or seismic forces. That approach may be both more conservative and less consistent than the strength design basis prescribed in Section 12.1.5, since it is not based on explicit consideration of the expected strength and dynamic properties of the site soils.

22

Konsensus TABG-SG DKI Jakarta

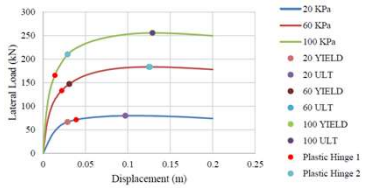
- Daya dukung ijin aksial untuk kombinasi pengaruh beban seismik dapat dinaikkan 1,3 kali dari daya dukung ijin aksial statik.
- Daya dukung ijin aksial untuk kombinasi pengaruh beban seismik dengan kuat lebih dapat dinaikkan 1,56 kali dari daya dukung ijin aksial statik.

- Catatan: Desain daya dukung ijin aksial relatif konservatif + kewajiban uji beban aksial tekan statik

23

Konsensus TABG-SG DKI Jakarta

- Deformasi lateral izin tiang adalah 12 mm untuk gempa nominal/desain dan 25 mm untuk gempa kuat dalam kondisi tiang tunggal dan fixed-head.



Kamal et al. 2022

24

Kombinasi Beban

25

4.2.3.3 Kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik

Apabila pengaruh beban seismik yang dimaksud, E = f(Ev,Eh) (pada 7.4.2) dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya, maka kombinasi beban seismik yang harus digunakan adalah:

8. $1{,}0D + 0{,}7E_v + 0{,}7E_h$
9. $1{,}0D + 0{,}525E_v + 0{,}525E_h + 0{,}75L$
10. $0{,}6D - 0{,}7E_v + 0{,}7E_h$

26

4.2.3.3 Kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik

Apabila pengaruh beban seismik dengan kuat lebih yang ditinjau Em = f(Ev,Emh) (pada 7.4.3) dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya, maka kombinasi beban seismik untuk struktur yang harus digunakan adalah:

8. $1{,}0D + 0{,}7E_v + 0{,}7E_{mh}$
9. $1{,}0D + 0{,}525E_v + 0{,}525E_{mh} + 0{,}75L$
10. $0{,}6D - 0{,}7E_v + 0{,}7E_{mh}$

27

Catatan

7.4.2.1 Pengaruh beban seismik horizontal

Pengaruh beban seismik horizontal, E_h, harus ditentukan sesuai dengan Persamaan (24) sebagai berikut:

$$E_h = \rho Q_E \quad (24)$$

Keterangan:
Q_E adalah pengaruh gaya seismik horizontal dari V atau F_p. Jika disyaratkan dalam 7.5.3 dan 7.5.4, pengaruh tersebut harus dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain;
ρ adalah faktor redundansi, seperti didefinisikan dalam 7.3.4.

7.4.3.1 Pengaruh beban seismik horizontal dengan faktor kuat lebih

Pengaruh beban seismik horizontal dengan faktor kuat lebih, E_{mh}, harus ditentukan sesuai dengan Persamaan (29) sebagai berikut:

$$E_{mh} = \Omega_0 Q_E \quad (29)$$

Keterangan:
Q_E = pengaruh beban seismik horizontal dari V, F_{pt}, atau F_p seperti ditetapkan masing-masing dalam 7.8.1, 7.10 dan 9.2.1. Jika disyaratkan dalam 7.5.3 atau 7.5.4, pengaruh tersebut harus dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain;
Ω_0 = faktor kuat lebih.

Nilai E_{mh} tidak perlu melebihi E_m, dimana E_m adalah efek gaya seismik horizontal yang dibatasi oleh nilai kapasitasnya seperti yang didefinisikan pada 3.58.

7.4.2.2 Pengaruh beban seismik vertikal

Pengaruh beban seismik vertikal, E_v, harus ditentukan sesuai dengan Persamaan (25) berikut:

$$E_v = 0{,}2 S_{DS} D \quad (25)$$

Keterangan:
S_{DS} = parameter percepatan respons spektral desain pada periode pendek yang diperoleh dari 6.3
D = pengaruh beban mati.

28

Catatan

7.5.3 Kategori desain seismik C

Pembebanan yang diterapkan pada struktur bangunan yang didesain untuk kategori desain seismik C minimal harus sesuai dengan persyaratan dalam 7.5.2 untuk kategori desain seismik B dan persyaratan pasal ini.

Struktur yang mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 5 dalam Tabel 13 harus menggunakan salah satu dari prosedur berikut:

a. **Prosedur kombinasi ortogonal.** Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur analisis gaya lateral ekivalen dalam 7.8, prosedur analisis ragam respons spektral dalam 7.9, atau prosedur riwayat respons waktu linier dalam 11.1, seperti diizinkan dalam 7.6, dengan pembebanan yang diterapkan secara terpisah dalam sebarang dua arah ortogonal. Pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya seismik pada struktur dianggap terpenuhi jika elemen struktur dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi beban-beban yang ditetapkan berikut: 100 % gaya untuk satu arah ditambah 30 % gaya untuk arah tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan.

7.13.4 Reduksi gaya guling fondasi

Pengaruh gaya guling di muka-kontak antara tanah dan fondasi diizinkan untuk direduksi sebesar 25 % untuk fondasi struktur yang memenuhi kedua kondisi berikut:

a. Struktur didesain sesuai dengan analisis gaya lateral ekivalen seperti ditentukan dalam 7.8, dan;
b. Struktur bukan merupakan pendulum terbalik atau struktur tipe kolom kantilever.

Pengaruh gaya guling di muka-kontak tanah-fondasi diizinkan untuk direduksi sebesar 10 % untuk fondasi struktur yang didesain sesuai dengan persyaratan analisis ragam yang dipersyaratkan pada 7.9.

29

No.	D[1]	L_{NR}[8] & L[9]	EQx[5]	EQy[5]
1-4	1+0.14S_{DS}	-	±0.63 ρ	±0.189 ρ
5-8	1+0.14S_{DS}	-	±0.189 ρ	±0.63 ρ
9-12	*1+0.14S_{DS}*	-	*±0.63 ρ*	*±0.189 ρ*
13-16	*1+0.14S_{DS}*	-	*±0.189 ρ*	*±0.63 ρ*
17-20	*1+0.105S_{DS}*	*0.75*	*±0.4725 ρ*	*±0.1418 ρ*
21-24	*1+0.105S_{DS}*	*0.75*	*±0.1418 ρ*	*±0.4725 ρ*
25-28[4b]	*0.6*	-	*±0.63 ρ*	*±0.189 ρ*
29-32[4b]	*0.6*	-	*±0.189 ρ*	*±0.63 ρ*

No.	D[1]	L_{NR}[8] & L[9]	EQx[5]	EQy[5]
1-4	1+0.14S_{DS}	-	±0.63 Ω_0	±0.189 Ω_0
5-8	1+0.14S_{DS}	-	±0.189 Ω_0	±0.63 Ω_0
9-12	1+0.14S_{DS}	-	±0.63 Ω_0	±0.189 Ω_0
13-16	1+0.14S_{DS}	-	±0.189 Ω_0	±0.63 Ω_0
17-20	*1+0.105S_{DS}*	*0.75*	*±0.4725 Ω_0*	*±0.1418 Ω_0*
21-24	*1+0.105S_{DS}*	*0.75*	*±0.1418 Ω_0*	*±0.4725 Ω_0*
25-28[4b]	*0.6*	-	*±0.63 Ω_0*	*±0.189 Ω_0*
29-32[4b]	*0.6*	-	*±0.189 Ω_0*	*±0.63 Ω_0*

30

Persyaratan Sistem Fondasi

31

SNI 1726 : 2019

- 7.13.6 Persyaratan untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C
- 7.13.7 Persyaratan untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D sampai F

32

SNI 1726 : 2019

7.13.7.3 Persyaratan umum desain tiang

- Tiang harus didesain dan dibangun untuk menahan deformasi dari pengerakan tanah akibat gempa dan respons struktur. Deformasi harus termasuk regangan tanah tanpa struktur (freefield) dan deformasi yang ditimbulkan oleh tahanan lateral tiang terhadap gaya gempa struktur. Pengaruh kedua deformasi tersebut sesuai dengan hasil modifikasi dari interaksi tanah-tiang.

33

SNI 1726 : 2019

7.13.7.7 Interaksi tiang-tanah

- Momen, geser dan defleksi lateral tiang yang digunakan untuk desain harus ditentukan dengan mempertimbangkan interaksi tiang dan tanah. Jika rasio kedalaman pembenaman tiang terhadap diameter atau lebar tiang kurang dari atau sama dengan 6 (enam), tiang diizinkan untuk diasumsikan kaku secara lentur terhadap tanahnya.

34

SNI 1726 : 2019

7.13.7.8 Pengaruh kelompok tiang

- Pengaruh kelompok tiang dari tanah pada tahanan lateral tiang harus diperhitungkan bila jarak antar pusat-ke-pusat tiang dalam arah gaya lateral kurang dari delapan diameter atau lebar tiang.
- Pengaruh kelompok tiang terhadap daya dukung vertikal harus disertakan bila jarak antar pusat-ke-pusat tiang kurang dari tiga kali diameter atau lebar tiang.

35

SNI 1726 : 2019

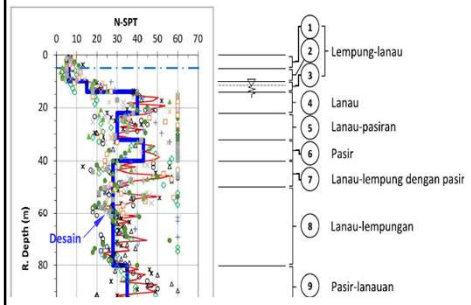
- Pengikat fondasi (*tie-beams*)
- Persyaratan pengangkuran tiang (*anchorage*)
- Sambungan lewatan bagian tiang (*splices)*

36

Contoh Desain Fondasi Tiang

37

Contoh Kasus Tiang Bor

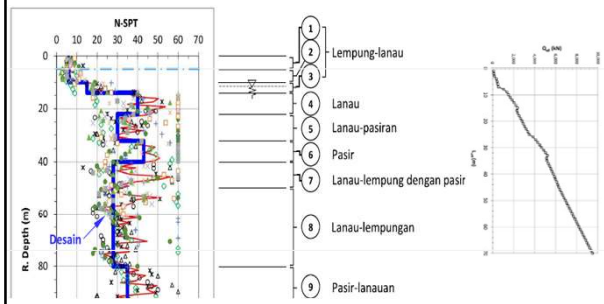


- Tower > 50 lantai
- Tiang bor diameter = 1.2 m
- Panjang efektif = 39, 60, 68 m

Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

38

Contoh Kasus Tiang Bor: Aksial



Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

39

Contoh Kasus Tiang Bor: Cek Aksial

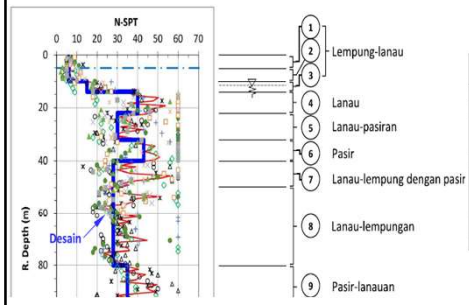
Tipe Pile	Dia (m)	L_{eff} (m)	P_{maks} (kN)	$\eta \times n \times P_1 \times 130\%$ (kN)	FK -
P2-A-1	1.2	39	9,618	42,204.4	4.39
P2-A-2	1.2	60	11,642	60,365.2	5.19
P3-A	1.2	39	11,708	63,155.9	5.39
P3-B	1.2	39	11,405	65,169.2	5.71
P3-C	1.2	60	21,140	91,022.5	4.31
P4-A-1	1.2	39	13,143	84,838.7	6.46
P4-A-2	1.2	39	15,960	93,206.9	5.84
P4-A-3	1.2	60	28,437	118,428.5	4.16
P4-A-4	1.2	60	23,876	125,709.2	5.27
P4-A-5	1.2	60	30,202	128,834.8	4.27
P5	1.2	39	14,289	105,795.6	7.40
P8	1.2	60	48,573	234,371.2	4.83
P10	1.2	68	65,618	320,259.9	4.88
P16	1.2	39	63,939	367,814.7	5.75
P64	1.2	60	393,733	1,879,944.5	4.77
P112	1.2	68	877,316	3,247,316.9	3.70
P222	1.2	68	1,680,528	6,328,629.1	3.77

Tipe Pile	Dia (m)	L_{eff} (m)	P_{maks} (kN)	$\eta \times n \times P_1 \times 156\%$ (kN)	FK -
P2-A-1	1.2	39	10,167	65,838.9	6.48
P2-A-2	1.2	60	12,351	94,169.8	7.62
P3-A	1.2	39	11,918	98,523.3	8.27
P3-B	1.2	39	12,191	101,663.9	8.34
P3-C	1.2	60	24,910	141,995.1	5.70
P4-A-1	1.2	39	13,443	132,348.4	9.84
P4-A-2	1.2	39	19,917	145,402.7	7.30
P4-A-3	1.2	60	32,847	184,748.5	5.62
P4-A-4	1.2	60	26,019	196,106.4	7.54
P4-A-5	1.2	60	37,389	200,982.3	5.38
P5	1.2	39	15,040	165,041.2	10.97
P8	1.2	60	53,889	365,619.1	6.78
P10	1.2	68	71,778	499,605.5	6.96
P16	1.2	39	91,056	573,791.0	6.30
P64	1.2	60	469,286	2,932,713.5	6.25
P112	1.2	68	1,070,800	5,065,814.4	4.73
P222	1.2	68	2,008,742	9,872,661.5	4.91

Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

40

Contoh Kasus Tiang Bor: Cek Lateral

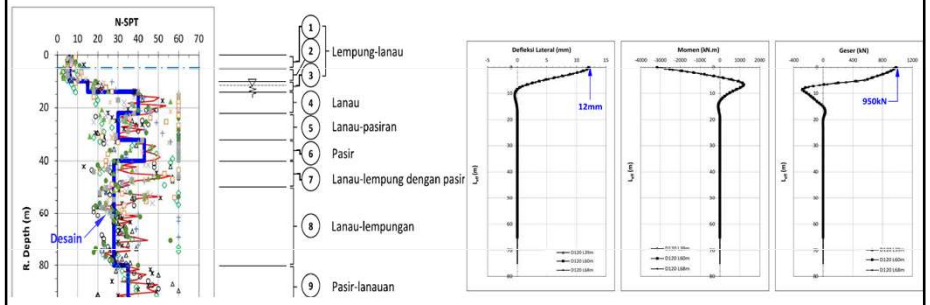


No.	L_{eff} (m)	Jenis tanah	N_{SPT} (bl/ft)	c_u (kPa)	ϕ (°)	γ' (kN/m³)	ε_{50} (-)	D_r (%)	K_{single} (kN/m³)	K_{cyclic} (kN/m³)
2	0 ~ 5	Lempung-lanau	6	30	-	5.5	0.017	-	54,000	22,000
3	5 ~ 9	Lanau-lempung	15	90	-	5.5	0.007	-	162,000	66,000
4	9 ~ 17	Lanau cemented	40	-	38	6.5	-	-	32,000	32,000
5	17 ~ 27	Lanau-pasiran	30	180	-	5.5	0.005	-	234,000	132,000
6	27~ 35	Pasir	43	-	39	7.5	-	77	34,000	34,000
7	35 ~ 45	Lanau-lempung dan pasir	28	-	30	8.5	-	-	30,000	30,000
8	45 ~ 75	Lanau-lempung	28	170	-	8.5	0.005	-	306,000	124,000
9	75 ~ 91	Pasir-lanau	35	-	37	8.5	-	-	33,000	33,000

Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

41

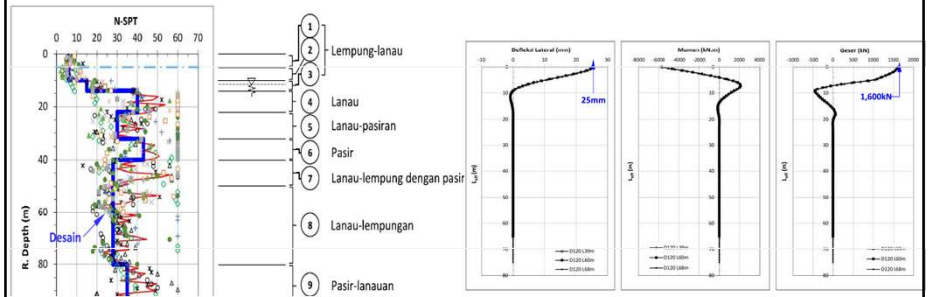
Contoh Kasus Tiang Bor: @ Defleksi Lateral = 12 mm



Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

42

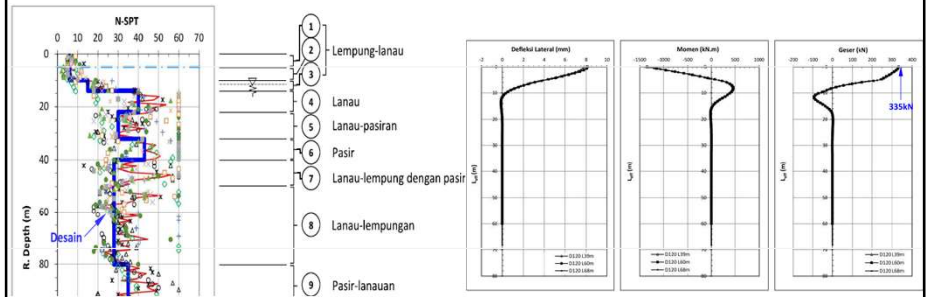
Contoh Kasus Tiang Bor: @ Defleksi Lateral = 25 mm



Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

43

Contoh Kasus Tiang Bor: Group @ 335 kN



Beban lateral saat gempa rencana & Ω → 335 kN
Faktor reduksi kurva p-y siklik
Faktor reduksi kurva p-y terkait efisiensi kelompok tiang

Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

44

Contoh Kasus Tiang Bor: Cek Lateral

Boredpile (m)	L_{eff} (m)	Kondisi	$\delta_{m\text{-}maks}$ (mm)	H (kN)	Mmaks (kN.m)	Keterangan
1.2	39	Tunggal	**12**	969	-3,136	H_{ijin}, gempa rencana
			25	1,606	-5,678	H_{ijin}, gempa rencana x Ω
		Kelompok	7.79	**335**	-1,332	H_{kerja}, gempa rencana x Ω
	60	Tunggal	**12**	985	-3,160	H_{ijin}, gempa rencana
			25	1,631	-5,720	H_{ijin}, gempa rencana x Ω
		Kelompok	8.17	**335**	-1,352	H_{kerja}, gempa rencana x Ω
	68	Tunggal	**12**	985	-3,155	H_{ijin}, gempa rencana
			25	1,631	-5,706	H_{ijin}, gempa rencana x Ω
		Kelompok	8.17	**335**	-1,354	H_{kerja}, gempa rencana x Ω

Tipe Pilecap	Diam. (m)	L_{eff} (m)	Jumlah pilecap	Jumlah tiang (n)	Efisiensi lateral (%), η		Σn × η × H_{all}	
					Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
P1A	1.2	39	17	17	100	100	16,150	16,150
P1B	1.2	60	5	5	100	100	4,750	4,750
P2-A-2	1.2	60	18	36	88.88	85.29	30,398	29,169
P3B	1.2	39	2	6	85.59	80.34	4,879	4,579
P16	1.2	39	1	16	59.46	61.32	9,038	9,321
P222	1.2	68	1	222	27.98	28.16	59,015	59,390
Keterangan : H_{all} G. Rencana = 950kN				**302**	**H_{all} seluruh tiang (kN) :**		**124,229**	**123,359**

Gempa Rencana: 44.63 MN

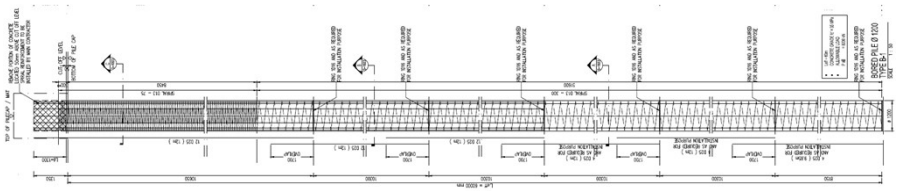
Tipe Pilecap	Diam. (m)	L_{eff} (m)	Jumlah pilecap	Jumlah tiang (n)	Efisiensi lateral (%), η		Σn × η × H_{all}	
					Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
P1A	1.2	39	17	17	100	100	27,200	27,200
P1B	1.2	60	5	5	100	100	8,000	8,000
P2-A-2	1.2	60	18	36	88.88	85.29	51,196	49,127
P3B	1.2	39	2	6	85.59	80.34	8,216	7,712
P16	1.2	39	1	16	59.46	61.32	15,222	15,699
P222	1.2	68	1	222	27.98	28.16	99,394	100,025
Keterangan : H_{all} G. Kuat = 1,600kN				**302**	**H_{all} seluruh tiang (kN) :**		**209,228**	**207,763**

Gempa Rencana Faktor Kuat Lebih: 70.18 MN

Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

45

Contoh Kasus Tiang Bor:



Top Bottom

Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

46

Likuifaksi dan Desain Fondasi

47

SNI 8460:2017

12.2.4.3 Efek likuifaksi pada perancangan fondasi

Untuk kebutuhan perancangan, likuifaksi diperkirakan untuk terjadi bersamaan dengan beban puncak pada struktur (tidak dilakukan pengurangan perpindahan energi seismik akibat likuifaksi dan pelunakan tanah). Efek likuifaksi pada fondasi meliputi:

a) Pengurangan kapasitas lateral dan aksial serta kekakuan fondasi dalam;
b) Lateral spreading;
c) Penurunan tanah dan kemungkinan efek *downdrag*.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perancangan fondasi adalah sebagai berikut.

a) Penggunaan fondasi dangkal/fondasi telapak tidak direkomendasikan pada tanah dengan potensi likuifaksi tinggi, kecuali dilakukan metode perbaikan tanah untuk menghilangkan kondisi likuifaksi tersebut.

b) Untuk fondasi tiang, tahanan friksi pada lapisan tanah dengan potensi likuifaksi harus diabaikan atau tidak diperhitungkan dalam perhitungan daya dukung aksial ataupun *uplift*.

c) Penggunaan pengurangan kekuatan geser (kondisi residual) digunakan untuk mengevaluasi kapasitas lateral fondasi menggunakan metode *liquified p-y curve* dengan kriteria mengacu pada R Seed & L Harded (1990).

d) Gunakan modifikasi PL/AE pada kurva T-Z dengan pertimbangan, bila zona likuifaksi mereduksi tahanan friksi hingga kurang dari 50% daya dukung ultimitnya, maka gunakan kondisi daya dukung ujung pada evaluasi perhitungan daya dukung tiang. Jika sebaliknya, gunakan evaluasi daya dukung dengan memperhitungkan daya dukung friksi tiang.

e) Penggunaan tiang miring (*battered piles*) dan tiang beton prategang tidak direkomendasikan pada tanah dengan potensi likuifaksi tinggi. Penggunaan tiang baja direkomendasikan dengan mempertimbangkan kelenturan dan daktiltas sistem fondasi.

Penurunan tanah akibat densifikasi tanah tanah yang mengalami likuifaksi dapat mengakibatkan *down drag* pada tiang, oleh karenanya maka penurunan fondasi harus dievaluasi dan analisis *down drag* harus dilakukan. Faktor keamanan (FK > 1,1) harus dipenuhi daya dukung tiang pada kondisi *down drag* tersebut.

48

SNI 1726 : 2019

6.7.2 Ketentuan laporan investigasi geoteknik untuk kategori desain seismik C hingga F

Laporan investigasi geoteknik yang sesuai dengan pasal ini, harus dipersiapkan untuk struktur dengan kategori desain seismik C hingga F. Suatu investigasi harus dilakukan dan laporan yang meliputi evaluasi potensi bahaya geologis dan seismik seperti di bawah ini harus dimasukkan:

a. ...;

b. Likuifaksi;

c. ...

49

SNI 1726 : 2019

6.7.2 ...

c. ...;

d. Perpindahan permukaan akibat sesar/patahan atau serakan lateral (lateral spread) atau aliran lateral (lateral flow) akibat getaran seismik.

Laporan harus berisi rekomendasi untuk desain fondasi atau langkah-langkah penanggulangan lainnya untuk mitigasi bahaya yang dijelaskan di atas.

PENGECUALIAN. Apabila disetujui oleh pihak berwenang, laporan geoteknik spesifik situs tidak diperlukan jika telah ada suatu evaluasi yang dilakukan sebelumnya pada situs di sekitarnya dengan kondisi tanah yang memiliki kemiripan memberikan pedoman atau arahan terhadap konstruksi yang diusulkan.

50

SNI 1726 : 2019

6.7.3 Persyaratan tambahan laporan investigasi geoteknik untuk kategori desain seismik D hingga F

Laporan penyelidikan geoteknik untuk struktur dengan kategori desain seismik D, E, atau F harus mencakup semua hal yang berlaku di bawah ini:

1. ...
2. ...

51

SNI 1726 : 2019

6.7.2 ...

2. Potensi likuifaksi dan kehilangan kekuatan tanah yang dievaluasi terhadap percepatan tanah puncak pada situs, magnitudo gempa, dan karakteristik sumber yang konsisten dengan percepatan puncak gempa maksimum yang dipertimbangkan (MCEG). Percepatan tanah puncak harus ditentukan dengan (1) kajian spesifik-situs dengan mempertimbangkan pengaruh amplifikasi yang secara spesifik, yang dijelaskan dalam 6.9 atau (2) percepatan tanah puncak PGAM, dari persamaan (15).

$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA \qquad (15)$$

Keterangan:
PGA_M = MCE_G percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs
PGA = percepatan tanah puncak terpetakan yang ditunjukkan pasal 15 pada Gambar 17
F_{PGA} = koefisien situs dari Tabel 10.

Jika kelas situs *SE* digunakan sebagai kelas situs berdasarkan 6.1.3, maka nilai F_{PGA} tidak boleh kurang dari 1,2.

52

SNI 1726 : 2019

6.7.2 ...

3. Kajian konsekuensi potensi likuifaksi dan kehilangan kekuatan tanah, termasuk, tetapi tidak terbatas pada, estimasi penurunan total dan beda penurunan, pergerakan lateral tanah, beban lateral tanah pada fondasi, reduksi daya dukung tanah fondasi dan reaksi lateral tanah, friksi negatif (downdrag), reduksi reaksi aksial dan lateral tanah pada fondasi tiang, peningkatan tekanan lateral pada dinding penahan, dan pengapungan (flotation) struktur-struktur tertanam;

4. Diskusi mengenai langkah-langkah mitigasi seperti, tetapi tidak terbatas pada, pemilihan tipe dan kedalaman fondasi yang sesuai, pemilihan sistem struktur yang sesuai untuk mengantisipasi perpindahan dan gaya-gaya, stabilitasi tanah, dan kombinasi perhitungan- perhitungan ini dan bagaimana perhitungan tersebut harus dipertimbangkan dalam desain struktur.

53

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

C12.13.5.1.1 Soil Strength Parameters

...

- Use of static strengths is somewhat conservative for such soils because rate-of-loading effects tend to increase soil strengths for transient loading. Such rate effects are neglected because they may not result in significant strength increase for some soil types and are difficult to estimate confidently without special dynamic testing programs.
- The assessment of the potential for soil liquefaction or other mechanisms for reducing soil strengths is critical, because these effects may reduce soil strengths greatly below static strengths for susceptible soils.

54

SNI 1726 : 2019

7.13.2 Material konstruksi

- Material yang digunakan untuk desain dan konstruksi fondasi harus sesuai dengan persyaratan 7.14 dan tambahan persyaratan untuk fondasi di tanah yang berpotensi terlikuifaksi dalam 7.13.9.
- Desain dan pendetailan tiang baja harus sesuai dengan 7.14.1 dan tambahan persyaratan dalam 7.13.9 bila terkait.
- Desain dan pendetailan tiang beton harus sesuai dengan 7.14.2 dan tambahan persyaratan dalam 7.13.9 bila terkait.

55

SNI 1726 : 2019

7.13.8 Persyaratan untuk fondasi di situs mudah likuifaksi

- Jika laporan investigasi geoteknik disyaratkan pasal 6.7 mengidentifikasi potensi kehilangan kekuatan tanah yang diakibatkan oleh likuifaksi pada **gerak gempa MCE_G**, struktur harus didesain untuk mengakomodasi pengaruh likuifaksi sesuai dengan pasal 7.13.8.1 hingga 7.13.8.3.
- Struktur juga harus didesain untuk menahan pengaruh beban gempa dalam pasal 7.4 berdasarkan anggapan tidak terjadi likuifaksi.

56

SNI 1726 : 2019

7.13.8 Persyaratan untuk fondasi di situs mudah likuifaksi

…

- Jika laporan investigasi geoteknik mengindikasikan potensi kegagalan aliran lateral, maka pasal 7.13.8 tidak berlaku dan kondisi tersebut harus dimitigasi.

57

SNI 1726 : 2019

- … struktur harus didesain untuk mengakomodasi pengaruh likuifaksi sesuai dengan pasal 7.13.8.1 … .

  Fondasi harus didesain untuk memikul beban-beban gravitasi dan gempa desain berdasarkan kombinasi beban dalam pasal 7.4, menggunakan daya dukung yang direduksi sebagaimana disebutkan dalam laporan investigasi geoteknik yang meninjau pengaruh likuifaksi akibat **gerakan gempa MCE_G.**

- Struktur juga harus didesain untuk menahan pengaruh beban gempa dalam pasal 7.4 berdasarkan anggapan tidak terjadi likuifaksi.

58

ASCE/SEI 7-16 Commentaries: MCE_G

- The reason that the change to MCE ground motions for liquefaction evaluations was made in ASCE 7-10 (2010) was to make the ground motions used in the evaluations consistent with the ground motions used as the basis for the design of structures.

59

ASCE/SEI 7-16 Commentaries: MCE_G

- They require mitigation of significant liquefaction-induced risks, either through ground improvement or structural measures, aimed at preventing liquefaction-induced building collapse and permitting the structure and its nonstructural system to satisfy the Section 1.1 performance goals.
- With the exception of Risk Category IV Essential Facilities, the provisions do not seek to control non-life-threatening damage to buildings that may occur as a result of liquefaction-induced settlement.
- For Risk Category IV Essential Facilities, the provisions seek to limit damage attributable to liquefaction to levels that would permit post-earthquake use.

60

SNI 8460:2017

Peruntukan	Umur rencana (tahun)	Probabilitas terlampaui (%)	Periode ulang (tahun)	Kriteria keamanan	Referensi
Bangunan gedung dan non-gedung	50	2	2.500	-	SNI 1726:2012
Jembatan konvensional	75	7	1.000	-	SNI 2833:201x AASHTO (2012)
Dinding penahan Abutmen Jembatan	75	7	1.000	FK>1,5 (terhadap geser saat mengalami beban statik) FK>2 (terhadap guling saat mengalami beban statik) FK>1,1 (terhadap beban pseudostatik)	WSDOT, FHWA-NJ-2005-002
Timbunan oprit				FK>1,1	
Bendungan	100 100	1 50	10.000, *Safety Evaluation Earthquake* (SEE) 145 *Operating Basis Earthquake* (OBE)	• Tidak terjadi aliran air yang tidak terkendali • Deformasi tidak melebihi 0,5 dari tinggi jagaan • Deformasi pada filter tidak boleh melebihi 0,5 tebal filter • *Spillway* tetap berfungsi setelah terjadi gempa rencana Kerusakan minor setelah terjadi gempa rencana	ICOLD No 148, 2016,
Bangunan pelengkap bendungan	50	2	2500	-	
Terowongan	100	10	1.000 tahun		

61

ASCE/SEI 7-16 Commentaries: Design Cases

- … it is stated that the foundation must also be designed to resist the effects of design earthquake seismic load effects assuming that liquefaction does not occur. This additional requirement is imposed since maximum seismic loads on a foundation during an earthquake can occur before liquefaction.
- This additional requirement provides assurance that the foundation will be adequate regardless of when liquefaction occurs during the seismic event.

62

AASHTO LRFD (2020) – C10.5.4.2

- There is currently no consensus on how to address this issue of timing of seismic acceleration and the development of full liquefaction and its combined impact on the structure without resorting to more rigorous analyses, such as by using nonlinear, effective stress methods.
- In general, the larger the earthquake magnitude (e.g., M > 8), the longer the period of time over which strong shaking acts, and the more likely the strong shaking and liquefaction effects will be acting concurrently.
- The smaller the earthquake magnitude, the more likely that these two effects will not be concurrent, in which case the peak inertial response of the bridge may occur before much, if any, reduction in soil support from liquefaction occurs.

63

SNI 1726 : 2019

7.13.8.1 Desain fondasi

- Fondasi harus didesain untuk memikul beban-beban gravitasi dan gempa desain berdasarkan kombinasi beban dalam pasal 7.4, menggunakan daya dukung yang direduksi sebagaimana disebutkan dalam laporan investigasi geoteknik yang meninjau pengaruh likuifaksi akibat **gerakan gempa MCE_G.**
- Pengaruh mitigasi dari rencana perbaikan tanah situs pada serakan lateral, beda penurunan dan desain fondasi diijinkan untuk dimasukkan dalam desain.

64

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

- Foundations are not allowed to lose the strength capacity to support vertical reactions after liquefaction. This requirement is intended to prevent bearing capacity failure of shallow foundations and axial load failure of deep foundations. Settlement in the event of such failures cannot be accurately estimated and has potentially catastrophic consequences.
- Such failures can be prevented by using ground improvement or adequately designed deep foundations.

65

SNI 1726 : 2019

7.13.8.2 Fondasi dangkal

Struktur gedung tidak direkomendasikan untuk dipikul fondasi dangkal pada tanah dengan potensi likuifaksi tinggi. Struktur gedung diizinkan untuk dipikul fondasi dangkal jika fondasi didesain dan didetailkan sesuai 7.13.8.2.1 dan kondisi dalam butir berikut terpenuhi.

a. Laporan investigasi geoteknik mengindikasikan bahwa perpindahan tanah horizontal permanen akibat dari serakan lateral dari gerak gempa MCE_G tidak melebihi nilai dalam Tabel 21.

b. ...

66

SNI 1726 : 2019

7.13.8.3 Fondasi tiang

- Fondasi tiang harus didesain untuk memikul beban-beban vertikal berdasarkan kombinasi beban dalam pasal 7.4

  dan dikombinasikan dengan momen dan gaya geser akibat deformasi lateral elemen fondasi tiang respons dari beban-beban inersia lateral.
- Daya dukung aksial fondasi tiang dan tahanan lateral tanah harus direduksi untuk memasukkan pengaruh likuifaksi.
- Fondasi tiang harus memenuhi persyaratan desain dan detailing dalam pasal 7.13.8.3.1 hingga 7.13.8.3.5.

67

AASHTO LRFD (2020) – 10.5.4.2

- The structure as designed in nonliquefied configuration above should be reanalyzed assuming that the layer has liquefied and the liquefied soil provides the appropriate residual resistance for lateral and axial deep foundation response analyses consistent with liquefied soil conditions (i.e., modified P-y curves, modulus of subgrade reaction, or t-z curves).

68

SNI 1726 : 2019

7.13.8.3.1 *Downdrag*

- Desain fondasi tiang harus memasukkan pengaruh downdrag akibat likuifaksi.
- Untuk desain geoteknik, downdrag akibat likuifaksi harus ditentukan berdasarkan tahanan friksi ke arah bawah pada dan di atas daerah terlikuifaksi.

  Daya dukung ultimit geoteknik dari fondasi tiang adalah daya dukung ultimit di bawah daerah terlikuifaksi dikurangi oleh gaya downdrag.
- Untuk desain struktural, gaya downdrag akibat likuifaksi harus diperhitungkan sebagai beban gempa dan menggunakan faktor yang sesuai.

69

AASHTO LRFD (2020) – C10.5.4.2

- This timing issue also affects liquefaction-induced downdrag, in that settlement and downdrag generally does not occur until the pore pressures induced by ground shaking begin to dissipate after shaking ceases.

70

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

- Pile foundations are intended to remain elastic under axial loadings, including those from gravity, seismic, and downdrag loads.
- The downdrag is considered as a load for the pile structure to resist, … the downdrag is considered as a seismic axial load, to which a factor of 1.0 would be applied for design.
- The ultimate geotechnical capacity of the pile should be determined using only the contribution from the soil below the liquefiable layer. The net ultimate capacity is the ultimate capacity reduced by the downdrag load.

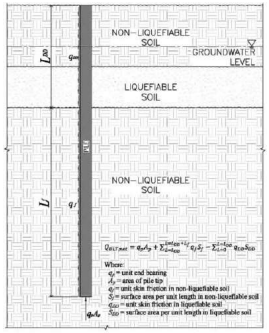


FIGURE C12.13-2 Determination of Ultimate Pile Capacity in Liquefiable Soils

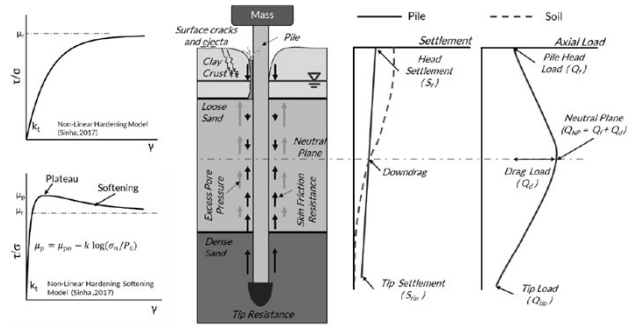
71

AASHTO LRFD (2020) – 3.11.8 Downdrag

- Liquefaction of loose sandy soil can occur.
- For Extreme Event I limit state, downdrag induced by liquefaction settlement shall be applied to the pile or shaft in combination with the other loads included within that load group. Liquefaction-induced downdrag shall not be combined with downdrag induced by consolidation.
- The neutral plane method may also be used to determine downdrag.

72

neutral plane method for liquefaction



Sinha et al. 2019
[CGM @ UCD]

73

SNI 1726 : 2019

7.13.8.3.2 Tahanan lateral

- Tekanan pasif dan friksi tereduksi oleh pengaruh likuifaksi yang termobilisasi pada dinding, pur tiang, dan balok pengikat bersama fondasi tiang diijinkan untuk menahan beban-beban inersia lateral.
- Tahanan yang tersedia dari kombinasi fondasi tiang, tekanan pasif, dan friksi harus ditentukan berdasarkan kompatibilitas pergerakan lateral.

74

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

- Lateral resistance of the foundation system includes resistance of the piles as well as passive pressure acting on walls, pile caps, and grade beams. Analysis of the lateral resistance provided by these disparate elements is usually accomplished separately. In order for these analyses to be applicable, the displacements used must be compatible. Lateral pile analyses commonly use nonlinear soil properties.
- Geotechnical recommendations for passive pressure should include the displacement at which the pressure is applicable, or they should provide a nonlinear mobilization curve.

75

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

- Liquefaction occurring in near-surface layers may substantially reduce the ability to transfer lateral inertial forces from foundations to the subgrade, potentially resulting in damaging lateral deformations to piles.
- Ground improvement of surface soils may be considered for pile-supported structures to provide additional passive resistance to be mobilized on the sides of embedded pile caps and grade beams, as well as to increase the lateral resistance of piles.
- Otherwise, the check for transfer of lateral inertial forces is the same as for structures on nonliquefiable sites.

76

SNI 1726 : 2019

7.13.8.3.3 Detail fondasi tiang beton

- Fondasi tiang beton termasuk fondasi tiang bor dan tiang pracetak harus didetailkan sesuai dengan pasal 18.7.5 pada SNI 2487 yang berlaku dari bagian atas tiang hingga kedalaman terdalam tanah terlikuifaksi ditambah sedikitnya 7 kali dimensi penampangan elemen fondasi.

77

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

- Concrete pile detailing includes transverse reinforcing requirements for columns in ACI 318-14 (2014). This is intended to provide ductility within the pile similar to that required for columns.

78

SNI 1726 : 2019

7.13.8.3.4 Serakan lateral

- Jika laporan investigasi geoteknik mengindikasikan bahwa pergerakan tanah permanen akibat serakan lateral akan terjadi pada saat gerakan tanah MCE_G, desain fondasi tiang harus berdasarkan analisis detail yang memasukkan deformasi lateral yang diperkirakan dan perilaku non linier fondasi tiang.
- Jika perilaku non linier fondasi tiang terjadi akibat dari pergerakan tanah permanan dari serakan lateral, deformasi tiang tidak boleh mengakibatkan hilangnya kemampuan fondasi tiang untuk menahan beban-beban gravitasi, atau kekuatan lateral tiang yang rusak tidak boleh kurang dari 67% kekuatan nominal tanpa kerusakan.

79

SNI 1726 : 2019

7.13.8.3.4 Serakan lateral

…

- Sebagai tambahan, persyaratan berikut harus dipenuhi:

1. Tiang baja H struktural harus memenuhi batasan lebar-tebal untuk elemen tiang H sangat daktail dalam ANSI/AISC 341.

2. Tiang baja pipa tanpa pengisi harus memenuhi batasan lebar-tebal untuk elemen tiang H sangat daktail dalam ANSI/AISC 341.

3. Tiang beton harus didetailkan didetailkan sesuai dengan SNI 2847 yang berlaku dari bagian atas tiang hingga kedalaman terdalam tanah rentan terhadap serakan lateral ditambah sedikitnya 7 kali diameter tiang. Kuat geser nominal harus melebihi gaya-gaya maksimum dihasilkan deformasi tiang yang ditentukan dalam analisis detail.

80

AASHTO LRFD (2020) – C10.5.4.2

- This issue is especially important when determining how to combine the inertial response of the structure and the response to lateral movement of the soil against the foundations and other substructure elements due to lateral spreading, slope instability, and flow failure.
- Current practice is to consider these two mechanisms to be independent, and therefore, the analyses are decoupled; i.e., the analysis is first performed to evaluate inertial effects during liquefaction following the same guidance as for level-ground sites, and then the foundation is evaluated for the moving ground, but without the inertial effects of the bridge superimposed.

81

ASCE/SEI 7-16 Commentaries

- Where permanent ground displacement is indicated, piles are not required to remain elastic when subjected to this displacement. The provisions are intended to provide ductility and maintain vertical capacity, including flexure-critical behavior of concrete piles.

82

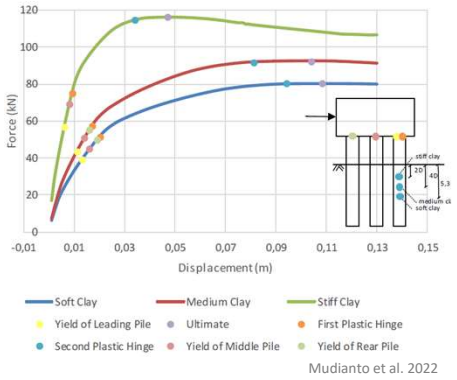
AASHTO LRFD (2020) – C10.5.4.2

- The intent of these Specifications is to limit inelastic deformations under seismic loading to above-ground locations that can be inspected …

  Permitting inelastic behavior below the ground implies that the shaft or piles will be damaged, possibly along with other parts of the bridge, and may need to be replaced.
- Design options range from (a) an acceptance of the movements with significant damage to the piles and columns if the movements are large (possibly requiring demolition but still preserving the no-collapse philosophy) to (b) designing the piles to resist the forces generated by lateral spreading.

83

pile plastic hinges



Mudianto et al. 2022

84

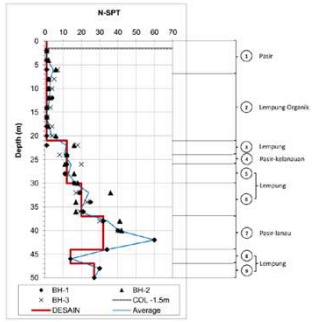
SNI 1726 : 2019

7.13.8.3.5 Pengikat fondasi

- Pur tiang (pile cap) individual harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat sesuai dengan pasal 7.13.7.2. Jika laporan investigasi geoteknik mengindikasikan pergerakan tanah permanen akibat serakan lateral, gaya untuk desain pengikat fondasi harus memasukkan tambahan tekanan yang terjadi pada elemen fondasi akibat dari pergerakan tanah sesuai dengan rekomendasi laporan investigasi geoteknik. Pengaruh-pengaruh ini harus dikombinasikan dengan pengaruh-pengaruh beban dari beban desain gempa lateral.

85

Contoh Kasus Tiang Pancang: Cek Lateral



- PC □ = 500mm, L_{eff} = 36m

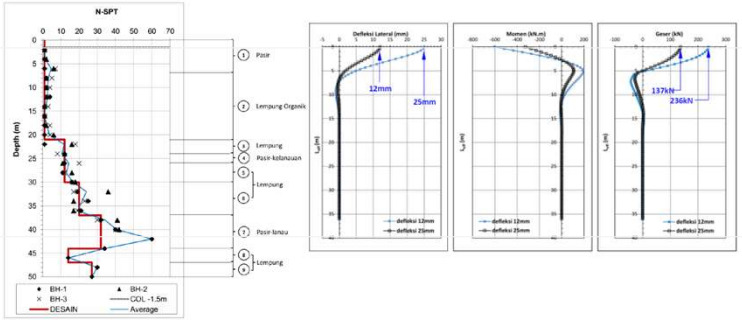
No.	L_{eff} (m)	Jenis tanah	N_{SPT} (bl/ft)	c_u (kPa)	ϕ (°)	γ' (kN/m³)	ε_{50} (-)	K_s (kN/m³)
1	0 ~ 5.5	Pasir - Likuefaksi	1	-	-	-	-	-
		Pasir - Tidak Likuefkasi			28	4.5	-	5,400
2	5.5 ~ 19.5	Lempung Organik	1	10	-	5.5	0.02	-
3	19.5 ~ 22.5	Lempung	12	60	-	6.5	0.009	44,000
4	22.5 ~ 24.5	Pasir-kelanauan	12	-	31	6.5	0.005	12,000
5	24.5 ~ 28.5	Lempung	12	60	-	6.5	0.009	44,000
6	28.5 ~ 35.5	Lempung	20	100	-	7.5	0.005	72,000
7	35.5 ~ 42.5	Pasir-lanau	32	-	36	8.5	-	21,600

- Tidak Likuefaksi: Reese et al. 1974
- Likuefaksi: Rollins et al. 2004

Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

86

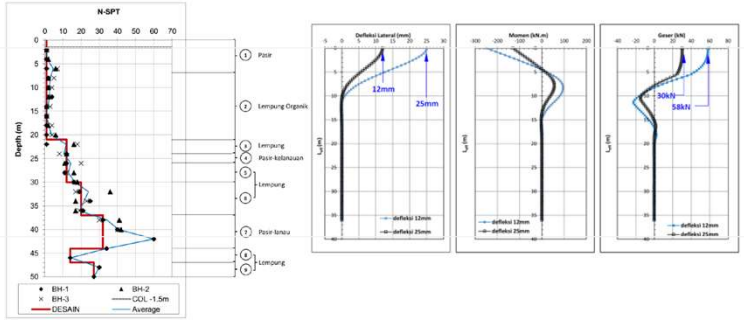
Contoh Kasus Tiang Pancang: Single – ① Tidak Terlikuefaksi



Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

87

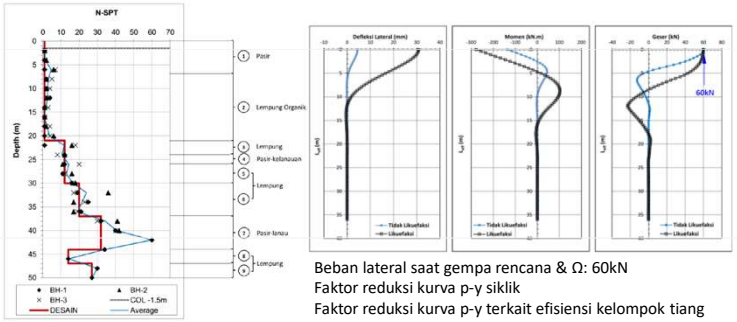
Contoh Kasus Tiang Pancang: Single – ② Terlikuefaksi



Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

88

Contoh Kasus Tiang Pancang: Group @ 60 kN



Beban lateral saat gempa rencana & Ω: 60kN
Faktor reduksi kurva p-y siklik
Faktor reduksi kurva p-y terkait efisiensi kelompok tiang

Courtesy of PT. DAVYSUKAMTA KONSULTAN

89

Presentasi

- Desain Fondasi
- Kombinasi Beban
- Persyaratan Sistem Fondasi
  → Contoh Desain Fondasi Tiang
- Likuifaksi dan Desain Fondasi
  → Contoh Desain Fondasi Tiang

90

GeoTalk XIX 22
Zoom Webinar, 11-12 Juli 2022
Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia
Topik :
SOSIALISASI LEBIH DALAM ISI SNI 1726

Aspek Desain Fondasi Dalam SNI 1726:2019

Widjojo A. Prakoso
HATTI / Universitas Indonesia
Juli 2022

91