

I. 地盤調査の必要性 II. 液状化の判定方法

2022年2月16日

(一社)基礎構造研究会 専務理事
ジャパンパイル(株)技術顧問

工博 小椋仁志(おぐらひとし)

- ・設立: 2012年10月
- ・目的: 「国内・外の建築・土木建造物の基礎構造の設計・施工技術の向上と普及」
→基礎構造の設計は苦手という構造設計者や、基礎構造関係技術者のレベル向上を助け、基礎構造に精通した技術者を増やす。
- ・主な活動
 - ・実務者向けのテキスト「建築基礎構造の設計」の発行
 - ・「建築基礎設計の実技講習会」の開催
 - ・建築基礎設計士・同士補試験の実施、資格の登録
- ・代表理事: 2012.10~2014.12 岸田英明(東京工大名誉教授)
2015.1~現在 杉村義広(東北大名誉教授)
- ・ホームページ(HP): <http://www.kisoken.biz>
- ・eメール: jimukyoku@kisoken.biz

詳しくは、講習の最後で、時間があれば。

I. 地盤調査の必要性

ボーリング

意味: 地盤を掘削すること。 孔径: 66 mm、86 mm、116 mm

種類: ハンドフィード型ロータリーボーリング、ハンドロッキフィード型ロータリーボーリング

サウンディング

意味: 抵抗体を地中に挿入し、貫入・回転・引抜きなどの抵抗から土層の力学的性状を探查すること

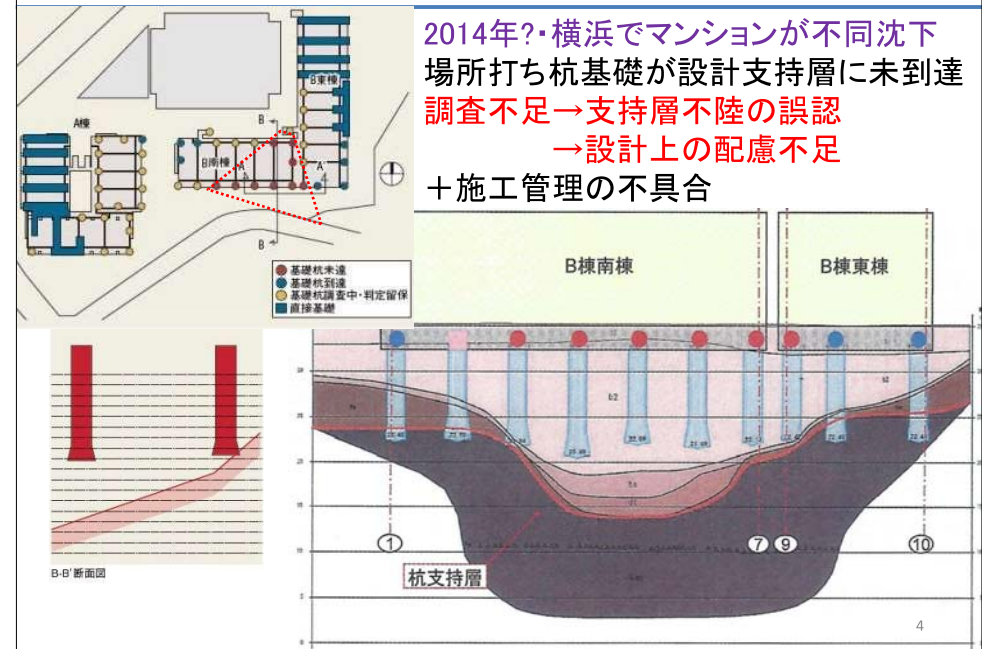
種類: 標準貫入試験、スクリーウエイト貫入試験、オランダ式二重管コーン貫入試験、他

サンプリング

意味: 土質試験等に用いる試料を採取すること。

種類: 固定ピストン式シンウォールサンプラー(軟らかい粘性土)、二重管式サンプラー(中位~堅い粘性土)、凍結サンプリング・ブロックサンプリング(砂質土)、他

地盤調査数が不足すると・・・



地盤工学会：杭基礎のトラブルとその対策(改訂版)



H26年11月発行
地盤調査の不足による
トラブルを多数紹介

例1:

地盤調査数不足による支持層掘削不能

プレボーリング根固め工法・既製杭

①BN0.1(X11)とBN0.7(X4)の結果

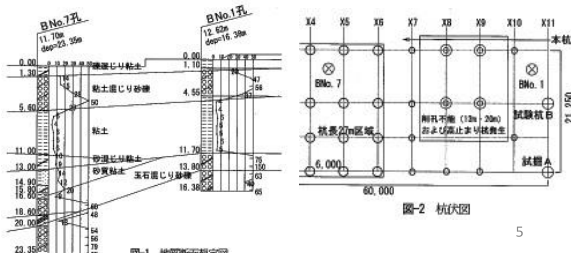
→左図のような支持層の傾斜を想定

②X9の施工中、GL-13~15mで掘削不能に。

③X8も同様。ボーリング時よりも大きな玉石が点在。

④杭が高止まり。→施工を中断。

⑤支持層の傾斜:直線的な傾斜ではなかった。



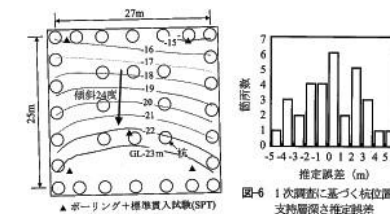
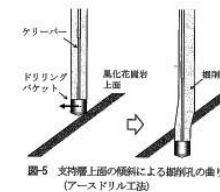
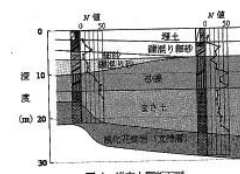
例2: 支持層の不陸・傾斜の調査と掘削工法の変更 (調査数を増やしてトラブルを未然に防いだ例)

場所打ち杭 φ2000-2900~3300

① 1次調査:5点→支持層が大きく傾斜

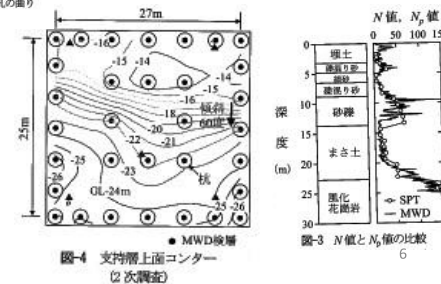
② 花崗岩の上にまさ土→支持層確認が困難

③ 深刻な施工トラブルを予測

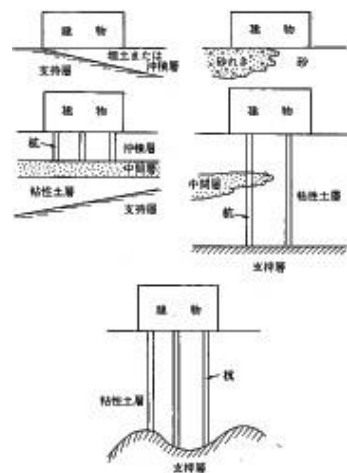


④ 2次調査:全ての杭位置でMWD検層

⑤ トラブルなく、施工完了

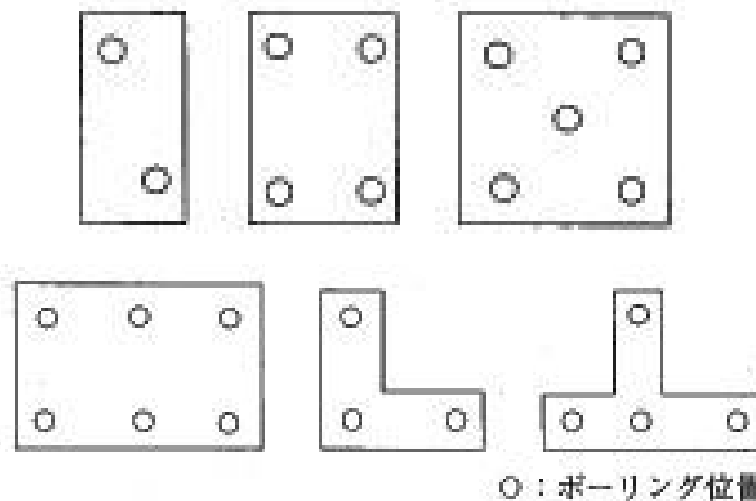


日本建築学会： 建築基礎設計のための地盤調査計画指針



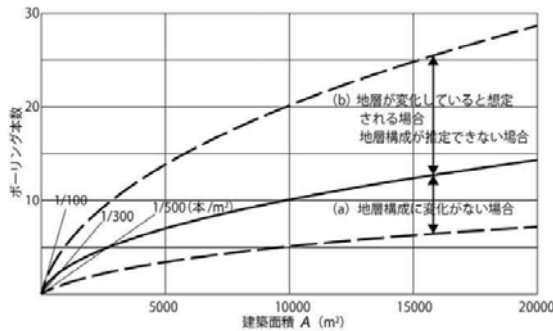
地層が変化している例

建物の形状とボーリング調査配置



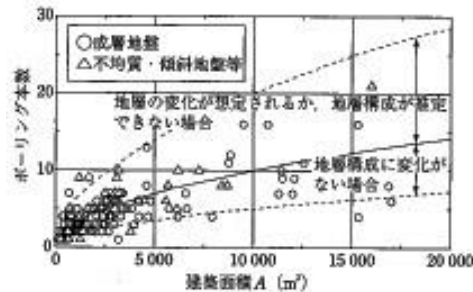
調査数:最低でも2ヶ所は必要

ボーリング本数の目安



建築面積

- 1,000m²→ 1～ 3～ 5本
- 2,000m²→ 1～ 4～ 8本
- 3,000m²→ 2～ 6～ 11本
- 5,000m²→ 3～ 7～ 14本
- 10,000m²→ 5～ 10～ 20本
- 20,000m²→ 7～ 14～ 28本



設計のためのボーリング調査深さの目安

想定する基礎形式	直接基礎	杭基礎
解析条件		
① 一般の場合	<p>支持層として想定される地層が確認できる深さまで、ただし、以深に沈下の原因となる地層が現れることが想定される場合は、当該層の有無が確認できる深さまで。</p> <p>事前に地層構成の想定ができない場合は、べた基礎スラブ短辺長さの2倍以上または建物幅の1.5～2倍程度が目安となる。</p>	<p>沖積層全層かつ支持層として想定される地層が5～10m以上確認できる深さまで。</p> <p>支持杭の場合は、杭先端深さより杭先端径の数倍の深さまで（一般に2～3倍とすることが多いが、採用予定の杭工法の先端支持力の評価方法や形状に留意して設定する必要がある。）、ただし、以深に軟質層が現れることが想定される場合は、当該層の有無が確認できる深さまで。</p>
② 地震応答解析を行う場合 (PS 検層用, 2.3.11 参照)		<p>工学的基礎を5～10m以上確認できる深さまで、ただし、以深に軟質層が現れることが想定される場合は、その下の工学的基礎同等の層が確認できる深さまで。</p>

黄色本での調査深さの規定

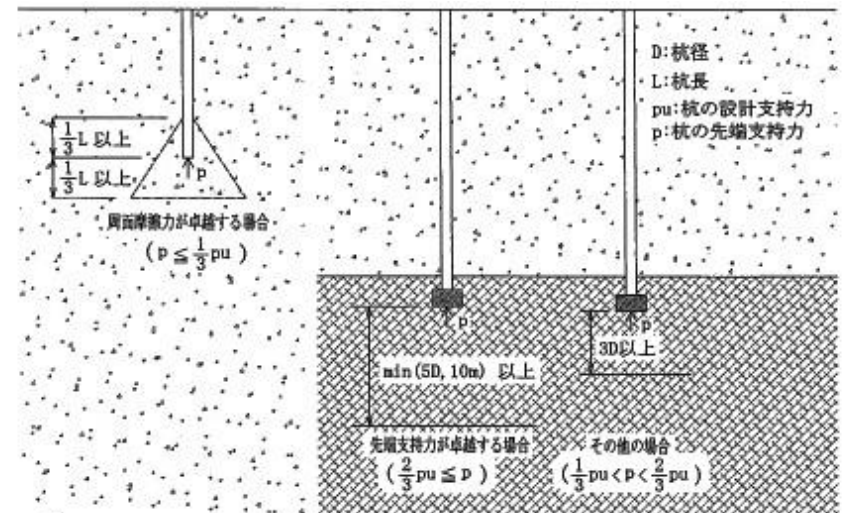
黄色本(建築物の構造関係技術基準解説書)2020年版 p.581

支持力算定式の適用に際しては、くい先端以深に N 値算定区間と同等の地盤が続くことが前提であることから、性能評価等において調査範囲の規定が設けられていない場合は、地盤調査等により、くい先端より下方に $5D'$ (D' : 基礎ぐいの先端の有効断面積を円形とした場合における円の直径) 以上の範囲 (以下、くい先端下部地盤) における地盤情報を把握し、くい先端付近の地盤と同等以上であることの確認を行う必要がある。くい先端下部地盤の N 値が N 値算定区間と同等以上とみなせない場合は、地盤工学の知見等、適切な評価方法を用いて低減した先端支持力を適用することとなる。

支持力算定式の適用条件

くい先端より下方に杭径の5倍以上の範囲の地盤情報を把握する必要がある。

静岡県建築構造設計指針



ボーリング間隔と不陸

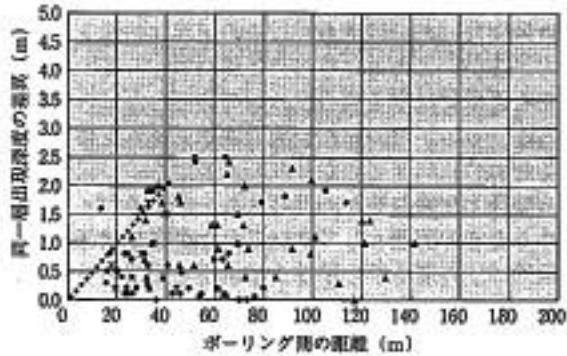


図-1.2 東京圏層のボーリング距離とその出現深度の差異²⁾

ボーリング間隔が20mを超えると、不陸は1m以上になる可能性が増加

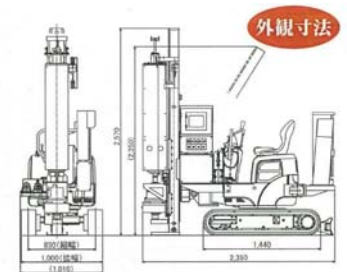
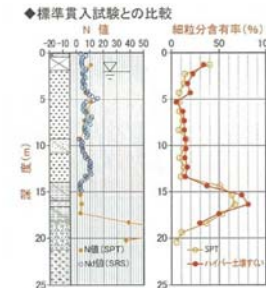


40mの調査間隔以下」でも、1~2mの支持層変化を前提とした設計が必要。

支持層の不陸が予想される地盤での処置

- ・地盤調査(標準貫入試験)を多く行う
- ・支持層確認に特化した地盤調査を追加する。

- ・支持層付近のみの標準貫入試験
- ・簡易なサウンディング試験 (例:動的コーン貫入試験)

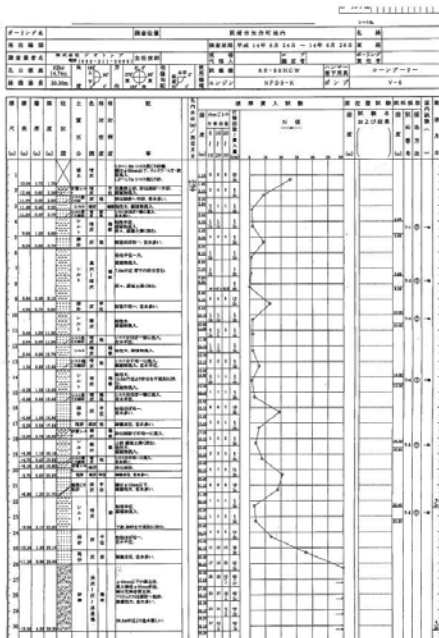


液状化地盤調査にすくいの手
調査機の打撃力を利用し、ハイパー土壌すくい

◆動的コーン貫入試験装置の寸法と質量

動的コーン貫入試験装置	国産	国内基準(記)		ISO(国際規格)
		5M(SRS)	DP5H	DP5H-A
◆打撃装置				
ハンマー質量	m	63.5±0.5	63.5±0.5	63.5±0.5
落下高さ	h	900±10	900±10	900±10
ハンマー外径	Dh	246	---	---
最大打撃量	kg	81	115	---
◆アンビル(フックンブブロック)				
直径	d	120	50<d<Cφ	50<d<C.50h
最大質量	m	17.5	18	18

地盤調査結果(ボーリング柱状図)から読み取る情報

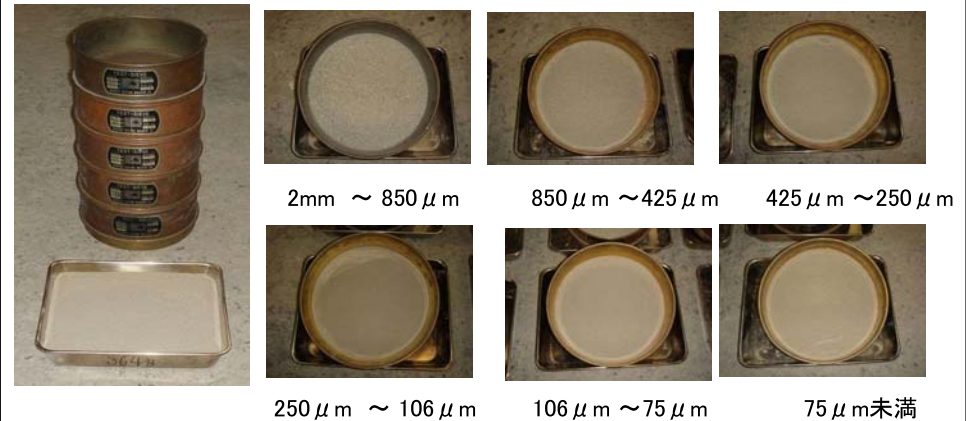


- 主な情報
試験方法、標高、深度、層厚、土質、
相対密度・稠度、記事、
孔内水位・測定日、N値、測定位置、
10cm毎の打撃回数、
土質試験の試料採取位置、他

土質記号

質量構成比	分類記号
15%以上50%未満	○○質
5%以上15%未満	○○まじり
5%未満	特に表記しない

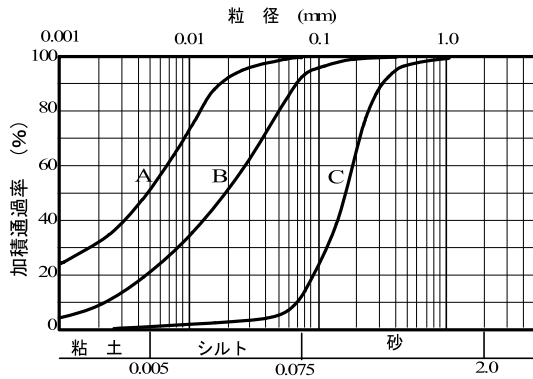
粒度試験(ふるい分け)



粒径(mm)

		0.005	0.075	0.25	0.85	2	4.75	19	75	300	
粘土	シルト	細砂		中砂		粗砂		細礫		中礫	
		砂				礫					
粗礫		粗石(コバル)		巨石(ボルダー)							
細粒分		粗粒分						石分			

粒径加積曲線



均等係数:

$$U_c = D_{60} / D_{10}$$

曲率係数:

$$U_c' = D_{30}^2 / (D_{60} \cdot D_{10})$$

$U_c \geq 10, 1 < U_c' \leq \sqrt{U_c}$
粒度分布が良い

$U_c < 10$
粒度分布が悪い

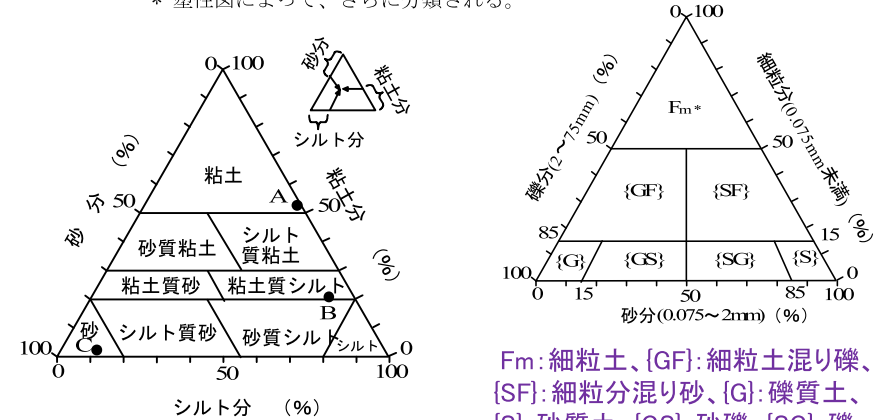
試料	D60 (mm)	D30 (mm)	D10 (mm)	Uc	Uc'	粘土 (%)	シルト (%)	砂 (%)	土質名	地盤工学会の中分類
A	0.0067	0.0017	0.0003	22.3	1.43	51.5	48.4	0.1	粘土	細粒土 Fm*
B	0.028	0.0084	0.0023	12.2	1.10	21.0	71.8	7.2	粘土質シルト	細粒土 Fm*
C	0.185	0.130	0.071	2.6	1.29	0.8	11.1	88.1	砂	砂質土 {S}

* 塑性図によって、さらに分類される。

土の名称

試料	D60 (mm)	D30 (mm)	D10 (mm)	Uc	Uc'	粘土 (%)	シルト (%)	砂 (%)	土質名	地盤工学会の中分類
A	0.0067	0.0017	0.0003	22.3	1.43	51.5	48.4	0.1	粘土	細粒土 Fm*
B	0.028	0.0084	0.0023	12.2	1.10	21.0	71.8	7.2	粘土質シルト	細粒土 Fm*
C	0.185	0.130	0.071	2.6	1.29	0.8	11.1	88.1	砂	砂質土 {S}

* 塑性図によって、さらに分類される。



Fm: 細粒土、{GF}: 細粒土混り礫、
{SF}: 細粒分混り砂、{G}: 礫質土、
{S}: 砂質土、{GS}: 砂礫、{SG}: 礫質砂。
*: 主に観察と塑性図で分類

ボーリング柱状図の留意点

土質の判別

- 標準貫入試験では、25cm/mの土はサンプラーに入らない。
- 土質名は、粒度試験によるものではないのが大半。

- 礫の径 → 記述の2~3倍の礫。

施工法の選択に影響

(中掘り工法、回転貫入工法は要注意)

- 10cmごとの打撃回数値に注意

地下水位

孔内水位は、実際の地下水とは異なることが多い。

- 支持層: 土質、N値、厚さ、下部層の状況を把握する必要
5~10m以上調査する必要がある
(ボーリング全長が10mでは不十分)

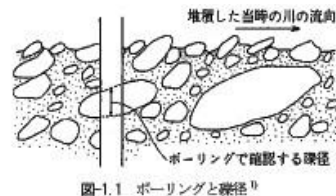
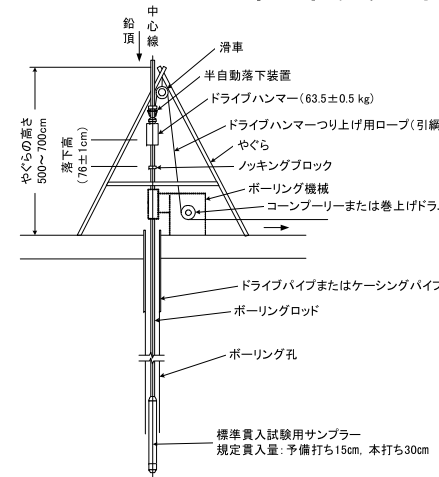
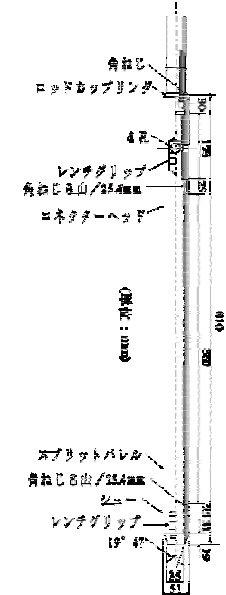


図-1.1 ボーリングと礫径

標準貫入試験: SPT



63.5±0.5kgのドライブハンマーを
76±1cmの高さから落下し、
φ51mmのサンプラーが
30cm貫入する落下回数: N値



N値:標準貫入試験の留意点①

試験方法により、N値が異なる

落下効率

コーンブリー法 ≪ トンビ法

< 半自動落下法

コーンブリー法によるN値

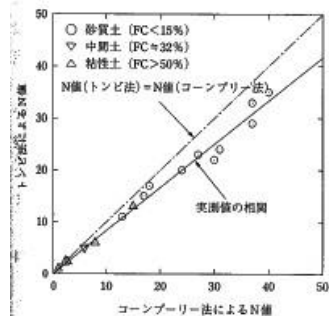
液状化判定には不可

コーンブリー法、トンビ法

技量による差が大

下手な人ほど、大きなN値

→ 危険側



コーンブリー法によるN値は、トンビ法によるN値より、15%くらい大きい。

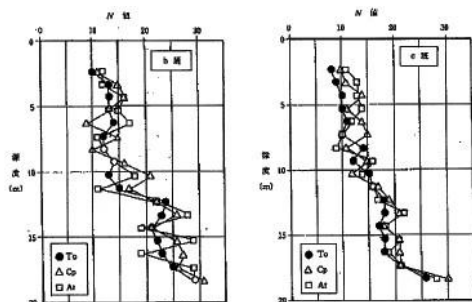


図 2-5-5 落下方法別の N 値のばらつき 21

半自動落下法(現在は主流)

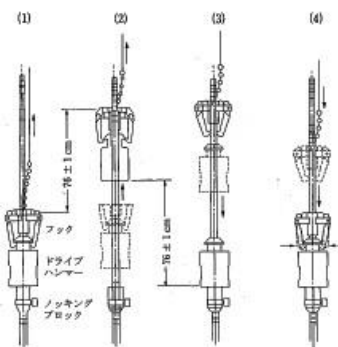


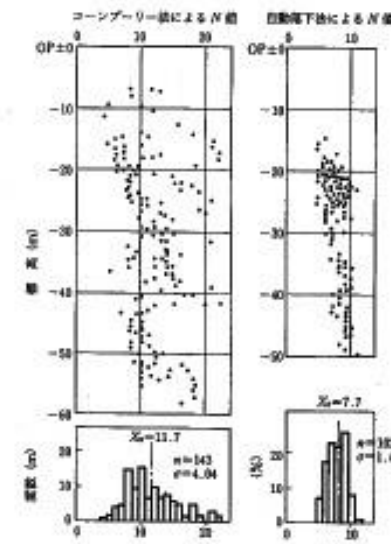
図 2.3.6 自動落下装置の例 23.300 ㎏ 重量の正

落下装置

ハンマーはまっすぐ落ちる

→ 落下効率: 高

N値: 小



b. 天溝粘土層での実測例 23.301

技量による差は小さい

N値:標準貫入試験の留意点②

同じN値でも、土質によって評価が変わる

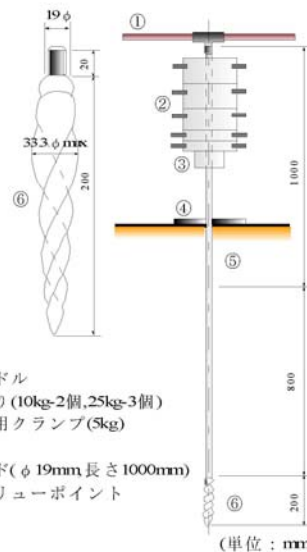
砂質土の 相対密度	N値	粘性土のコンシ ステンシー	qu値 (kN/m ²)	N値
非常に密な	>50	非常に堅い	200~400	15~30
密な	30~50	堅い	100~200	8~15
中位の	10~30	中位の	50~100	4~8
緩い	4~10	軟らかい	25~50	2~4
非常に緩い	0~4	非常に軟らかい	< 25	< 2

すなわち、

N値	砂質土の相対密度	粘性土のコンシステンシー
>50	非常に密な	—
50~30	密な	—
30~15	中位の	非常に堅い
15~10		堅い
10~8	緩い	中位の
8~4		軟らかい
4~2	非常に緩い	非常に軟らかい
2~0	—	非常に軟らかい

スクリーウエイト貫入試験: SWS (旧: スウェーデン式サウンディング試験)

戸建て住宅用サウンディング



- ① ハンドル
- ② おもり (10kg-2個, 25kg-3個)
- ③ 載荷用クランプ (5kg)
- ④ 底板
- ⑤ ロッド (φ 19mm 長さ 1000mm)
- ⑥ スクリューポイント

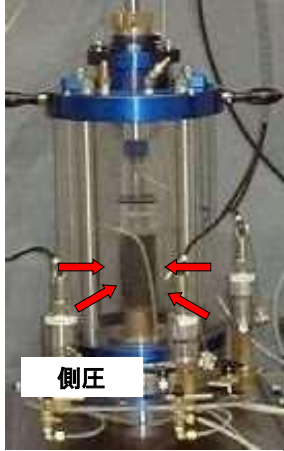
(単位: mm)

- ① 載荷用クランプ (5 kg) に おもり (10 kg のもの 2 個、25 kg のもの 3 個) を順次載せる。
- ② 各荷重段階 (0.05、0.15、0.25、0.50、0.75、1.0 kN) における荷重 W_{sw} (kN) とスクリーウポイント先端の深さを記録する。
- ③ 荷重 1.0 kN で貫入が止った場合、その状態でハンドルをとりつけて水平右回りに回転させ、次の目盛線まで貫入するための半回転数を測定する。
- ④ 以下、25 cm 貫入するのに必要な半回転数を記録する。この場合、半回転数 N_a に対する貫入量を L (cm) として、次式により貫入量 1 m あたりの半回転数 N_{sw} を求める。

$$N_{sw} = 100 N_a / L$$

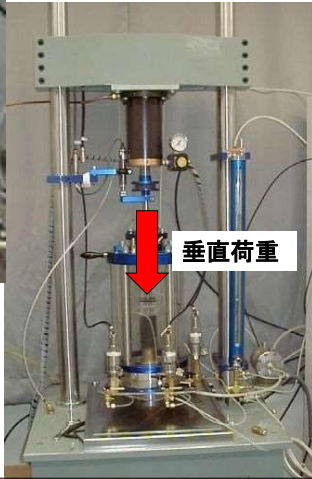
$$L = 25 \text{ cm の場合 } N_{sw} = 4 N_a$$

三軸圧縮試験



側圧

- ・対象: 粘性土、砂質土
- ・地盤中の応力状態を側圧により再現。
- ・圧密・排水条件よって、試験方法が異なる



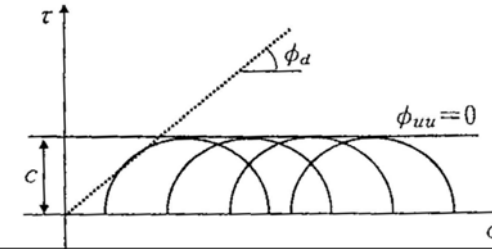
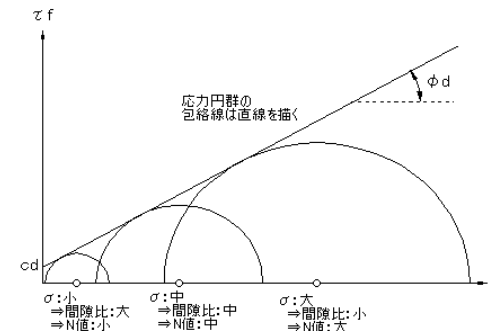
垂直荷重

- ①CD試験 (圧密○、排水○)
- ②CU試験 (圧密○、排水×)
- ③UU試験 (圧密×、排水×)

↓
原位置の状態に近い条件と試験結果の利用目的から①~③を選択

モール・クーロンの破壊規準

側圧を数ケース変えて、三軸圧縮試験を実施



クーロンの破壊理論を適用、その包絡線を破壊規準

モール・クーロンの破壊規準

φ: 内部摩擦角

土の噛み合わせやすべり摩擦・転がり摩擦の影響を受けるので、土粒子が荒いほど大きくなる

c: 粘着力(kN/m²)

土粒子相互間の結合力や間隙水の毛細管張力があるので、土粒子が細かいほど強い

・砂質土:

$$c \doteq 0, 0 < \phi \leq 45^\circ$$

・粘性土: $c > 0, \phi \doteq 0^\circ$

一軸圧縮試験

- ・自立する供試体→対象: 粘性土
- ・側圧がない状態で圧縮
- ・≒三軸圧縮試験(UU試験)
- ・粘性土のせん断強さを調べる簡便な方法



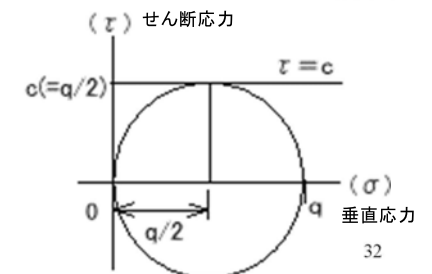
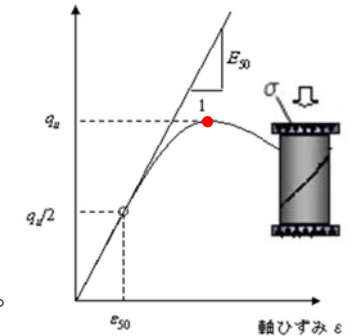
垂直荷重

一軸圧縮試験

- ・鉛直変位(ひずみ)と圧縮応力を測定
→ 圧縮応力のピーク=一軸圧縮強さ q_u
- ・三軸圧縮試験(UU試験)と同じ考え方
→ モールの応力円(側圧はゼロのみ)
- ・一軸圧縮強度 q_u から粘着力 C を求められる。
→ $c = q_u/2$ ($\phi=0$ が前提)

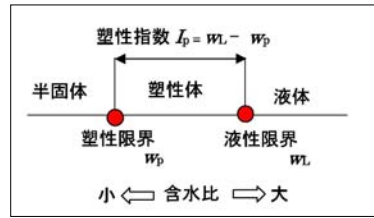
その他

→ 変形係数 E_{50} も求められる。



設計で必要になる主な土質試験②

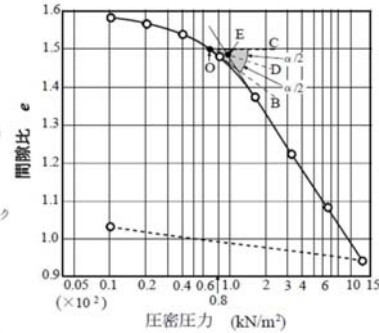
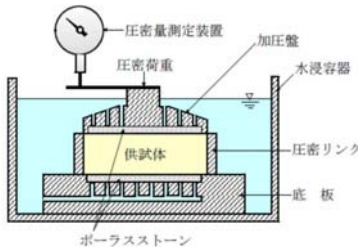
- ・ 塑性限界試験 → 塑性限界 w_p
- ・ 液性限界試験 → 液性限界 w_L



塑性指数 $I_p = w_L - w_p$

→ 液状化判定時の指標

・ 圧密試験



- ・ ↓
- ・ 圧密降伏応力、圧縮指数 → 圧密沈下量

N値からの推定式が使われる地盤定数①

- ・ 一軸圧縮強さ q_u

$q_u = N/8 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 12.5N \text{ (kN/m}^2\text{)}$ **精度悪い!**

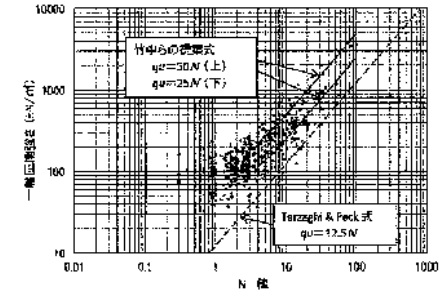
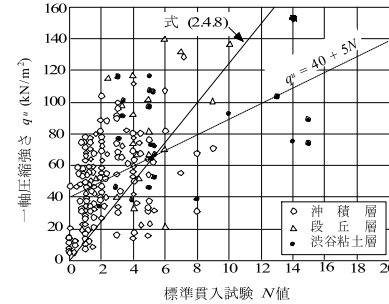


図 3.6.3 N値と q_u の関係 (東京・関西地区) 3.6.4

- ・ 粘着力 c $c = q_u/2 = 6.25N \text{ (kN/m}^2\text{)}$

N値からの推定式が使われる地盤定数②

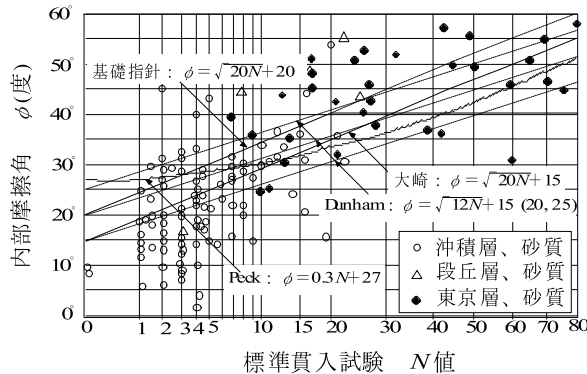
- ・ 内部摩擦角 ϕ

① 大崎の式 $\phi = \sqrt{20N} + 15 \text{ (度)}$

② 畑中の方法 $\phi = \sqrt{20N_1} + 20 \text{ (度)}$

$N_1 = N\sqrt{98/\sigma_{vo}'}$ σ_{vo}' : 有効上載圧

静岡県構造設計指針 $\phi = \sqrt{15N} + 15 \text{ (度)}$



精度悪い!

N値からの推定式が使われる地盤定数③

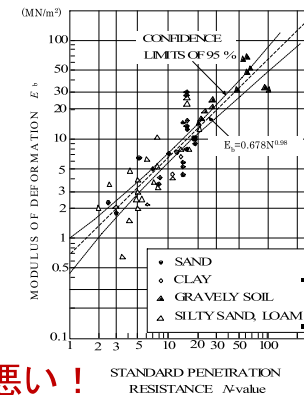
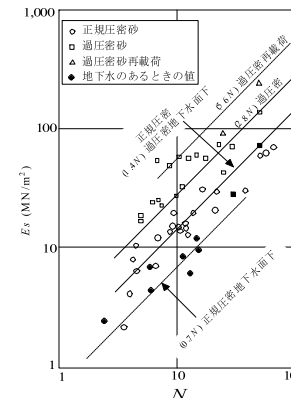
- ・ 地盤の変形係数 E

- ・ 鉛直方向

$E = 1.4N \sim 2.8N \text{ (MN/m}^2\text{)}$

- ・ 水平方向

$E = 700N \text{ (kN/m}^2\text{)}$



→ 水平地盤
反力係数 k_h

精度悪い!

既存建物の有無

- ・既存建物: 無 → 通常の地盤調査
- 有 → 既存建物の基礎杭(既存杭)の調査
+ 通常の地盤調査

既存杭: 有

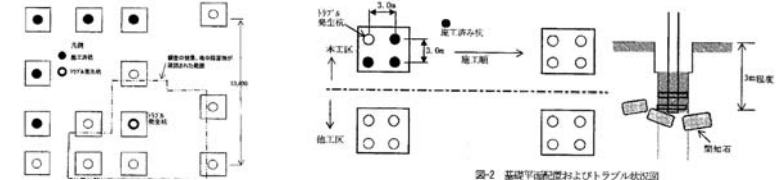


残置・撤去・再利用を検討
追加調査

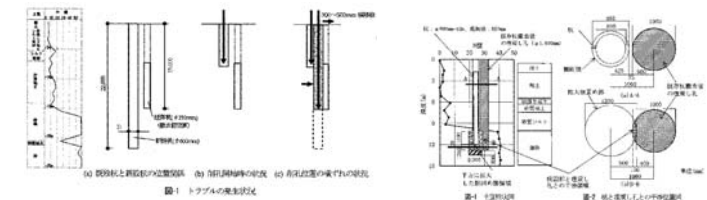
既存の基礎が新しい施工の障害に

JGS「杭基礎のトラブルとその対策(第1回改訂版)2014.11

- ・事前情報のない既存基礎が、施工の障害になった例



- ・撤去後の埋戻しの不良等のために、障害がおきた例



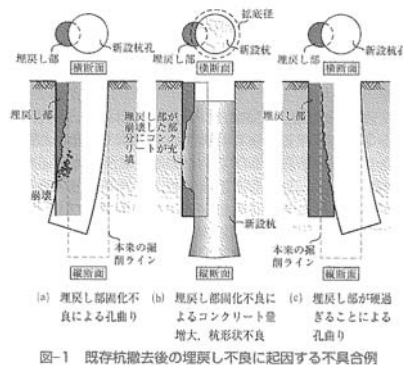
事前情報のある場合でも、処理方法には問題が山積。

・残置する:

既存杭は産廃扱いになることが多い。
新設杭の杭配置等に制約が生じる。
新設杭の施工の障害になる。

・撤去し埋戻す

新設杭の施工の障害になる。
軟らかい → 新設杭が寄る。
堅すぎる → 新設杭が離れる



JGS関東支部(2018~2022)

「新設杭に干渉する既存杭の撤去に関する研究委員会」

委員長: 桑原文夫@日本工大名誉教授

・再利用する

経済面、環境面で大きなメリット

「既存杭利用の手引き」

2003.2建築業協会(BCS)地盤基礎専門部会

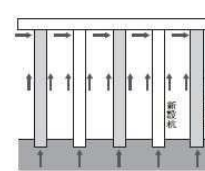
「既存杭利用の手引き—現在と将来の利用に向けて—」

2018.11日本建設業連合会地盤基礎専門部会

杭の再利用促進WGが改定

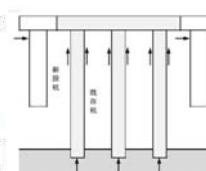
再利用の例

図1 | 新設杭と同等



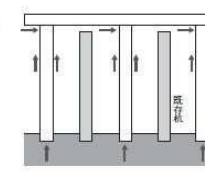
既存杭の性能などが明確に分かっていない場合に、新設杭と同じように既存杭の鉛直支持力や水平耐力を期待する使い方ができる。

図2 | 主に鉛直支持力を期待



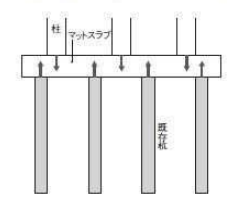
既存杭が鉛直支持力は満足しているが水平耐力は不足している場合に、水平耐力は期待せず鉛直支持力のみを期待する使い方ができる。

図3 | 敷地地盤の余力



明確には分からないが既存杭の鉛直支持力や水平耐力などがある程度は期待できる場合に、構造物としては期待せず敷地地盤の余力として残す方法がある。

図4 | 偏心の処理(マットスラブの例)



既存杭と柱位置が一致しない場合に生じる偏心力への対処として、基礎スラブの剛性を大きくするためにマットスラブとした例

しかし、再利用にも大きなハードルあり

検査済み証があることが前提

設計・施工当時の記録

→杭の施工年代、杭種、杭配置、杭径・長さ、設計基準強度、配筋・かぶり厚さ、鉛直支持力、水平力の検討の有無など

抜き取り調査

→杭頭での目視確認、耐久性調査(強度・中性化)、健全性調査

記録がないor既存建物より大きな荷重を作用

→杭の鉛直支持力(載荷試験)

注意点:パイルキャップ撤去時に損傷しやすい

杭頭切断時に、杭頭部のプレストレスが減少する

建築確認などの手続きは、新設杭と同じ。

構造設計者が、再利用する既存杭にも責任を持つ必要あり。

41

まとめ: I.地盤調査の必要性

- ・地盤調査数の不足→施工不同沈下等のトラブル
- ・調査数:最低でも2ヶ所は必要、建築面積5,000m²→3~7~14本
- ・調査深さ:杭先端より、下方に5D以上かつ10m以深
- ・不陸が大きい支持層→支持層確認に特化した地盤調査を追加する
- ・地盤調査結果の留意点
 - ・土質の判別:粒度試験によるものではないのが大半。
 - ・10cmごとの打撃回数値に注意
- ・標準貫入試験 N値:試験方法や土質によって評価が変わる
- ・スクリーウエイト貫入試験 N_{SW} : 試料採取・液状化判定は無理
- ・他の地盤調査・土質試験の活用:孔内水平載荷試験、PS検層、粒度試験、三軸・一軸圧縮試験、塑性・液性限界試験、圧密試験
- ・N値からの推定:一軸圧縮強さ q_u 、粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ 、地盤の鉛直・水平方向の変形係数 E →精度悪い
- ・既存杭:残置・撤去・再利用

42

II. 地盤の液状化

地盤が振動・衝撃などによりせん断抵抗を失い、液体のような現象



2011. 3. 11
東京ディズニー
ランドの駐車場
(千葉県浦安)

43

地盤が液状化すると

新潟地震(1964)



北海道南西沖地震(1993)



44

阪神大震災(1995)



鳥取県西部地震(2000)



45

東日本大震災(2011)



46

液状化のメカニズム

土のせん断強度 s

$$s = c + \sigma' \tan \phi$$

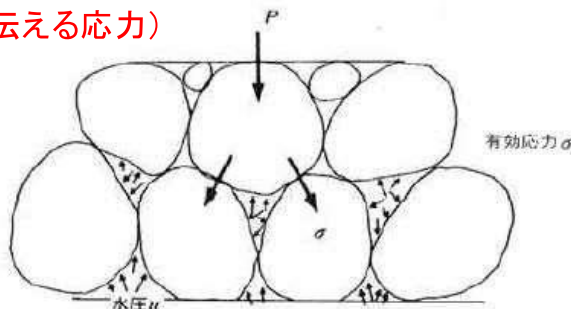
c : 粘着力 ϕ : 内部摩擦角

σ' : 有効応力 (土粒子が伝える応力)

$$\sigma' = \sigma - u$$

σ : 全応力

u : 間隙水圧



砂では $c \doteq 0$

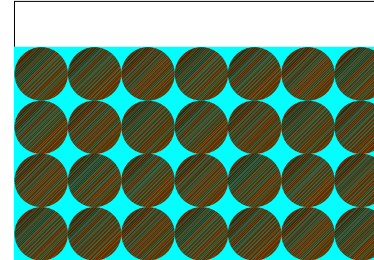
$$s = \sigma' \tan \phi = (\sigma - u) \tan \phi$$

間隙水圧が全応力と等しくなると、有効応力はゼロになる。

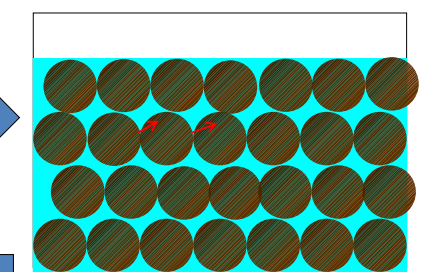
→せん断強度が失われる。

47

①地震前 (間隙水圧 = 静水圧)

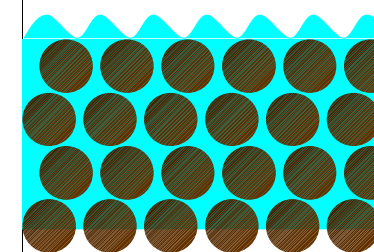


②地震 → 間隙水圧 u が上昇 (過剰間隙水圧が発生)

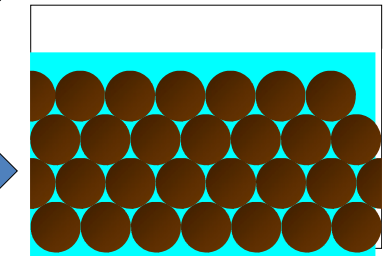


③地震中 or 直後

$u = \sigma$ に → 有効応力 $\sigma' = 0$
→ せん断強度 $s = 0$: 液状化



④地震後



48

どんな地盤が液状化するか

大きなせん断力によって、間隙水圧が上昇し、
地盤のせん断強度がゼロになる。

→ 緩い飽和砂地盤

なぜ、中小地震では、液状化しないか？

なぜ、締まった砂は、液状化しないか？

なぜ、飽和していない地盤は、液状化しないか？

なぜ、粘性土地盤は、液状化しにくいのか？
(建築基礎設計士2015年度試験の出題問題)

49

緩い飽和砂地盤は、どこにあるか



阪神大震災(1995)



鳥取県西部地震(2000)

東日本大震災(2011)



内陸: 河川敷き、
池等の埋立地
海岸: 埋立地 → 浦安

50

浦安: 若年埋立地



1948年: 元町 (漁師町・陸の孤島) (1967) (1970)
1964~1975第一期埋立事業



(1975) (1980) (1985)
1972~1981第二期埋立事業(新町造成)

51

主な層序

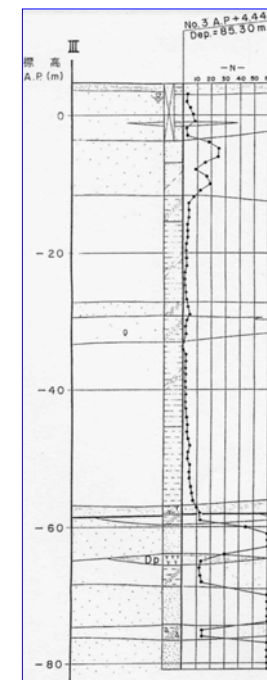
埋立土 (浚渫土)

↓
沖積砂層

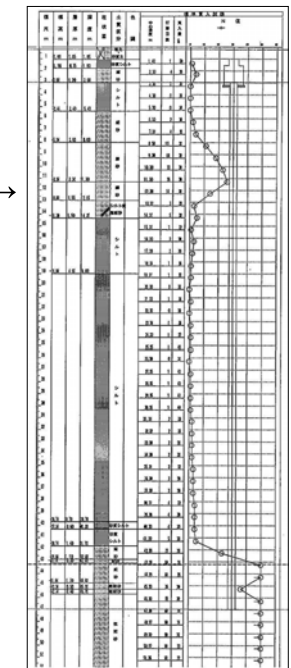
↓
沖積粘土層

↓
洪積砂礫層

液状化層は
埋立土層か？



← 舞浜
今川 →



52

小椋

兵庫県西宮市(右のマンション)



1990年転勤、91年転居

千葉県浦安市

・人口約16.1万人

・TDL、TDS



- ・市域の3/4は埋立地 → 圧密沈下、液状化が問題。
(NFによる不同沈下が初めて注目されたのは、浦安の小学校。)

転居の理由

- ・通勤が楽(都心に近い・京葉線は混雑度小)、生活が便利。
- ・地盤的に興味深い土地。
- ・地震時に安全(液状化が直接の原因で死んだ人はいない)。
- ・液状化時に砂が噴き上がっているところを、ビデオに収めたい。
→が、しかし...



富岡 京成サノーポ浦安(パイプφ8m+杭φ500、600 L43~56m 打込み)

(浦安の26団地の管理組合中、大規模半壊2、一部損壊19組合)



3/12 富岡

富岡 京成サノーポ浦安	
区分	面積(㎡)
1区画	1,000.00
2区画	1,000.00
3区画	1,000.00
4区画	1,000.00
5区画	1,000.00
6区画	1,000.00
7区画	1,000.00
8区画	1,000.00
9区画	1,000.00
10区画	1,000.00
11区画	1,000.00
12区画	1,000.00
13区画	1,000.00
14区画	1,000.00
15区画	1,000.00
16区画	1,000.00
17区画	1,000.00
18区画	1,000.00
19区画	1,000.00
20区画	1,000.00
21区画	1,000.00
22区画	1,000.00
23区画	1,000.00
24区画	1,000.00
25区画	1,000.00
26区画	1,000.00

←り災証明書

義援金を
15,000円 頂く

↓
復興市場に寄付

浦安の液状化: 2011.3.12の朝の状況



今川2丁目



今川2丁目



明海・日の出



総合公園(明海)

時間	地震	確認された現象		画像
		クラック	噴水・噴砂	
14:45				
14:46	本震			①
14:49				
14:50				
14:52			波動あり	②
14:54				
14:55				③
15:00				
15:05			沈静化	
15:10				
15:16	余震			
15:17			波動あり	
15:20			活発	④
15:25			噴出によって徐々に沈静化	⑤
15:30			沈静化	

① 地震前の状況

2011/03/11 14:45:15

② 本震によりクラックが発生

2011/03/11 14:52:08

③ 本震により液状化が発生

2011/03/11 14:57:57

④ 余震後に液状化が発生

2011/03/11 15:20:19

⑤ 余震後の液状化で浸水範囲が拡大

2011/03/11 15:27:24

入船中学校及び日の出中学校 防犯カメラの画像 (右画像は入船中学校)



3/12朝



4/2



12/28



9/3

57



3/12 明海:ト-ヨ-カ- (支持杭基礎)



3/12



10/22



4/2

58



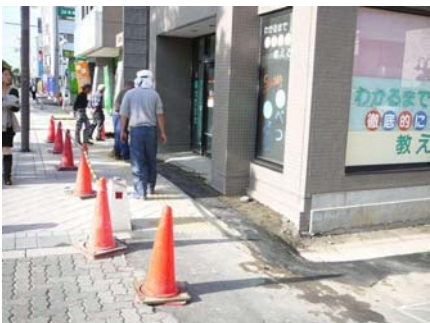
3/19

入船:RC?3F造(直接基礎)

3/19



↓



11/12



10/8

59

液状化による戸建て住宅の被害 (浦安)



今川



海楽



高洲



日の出



60

沈下修復工事の状況



入船 8/11



高洲 9/3



今川 10/8



弁天 11/3

61

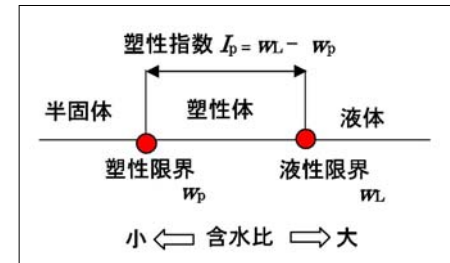
液状化の判定方法

建築分野の判定方法

日本建築学会「建築基礎構造設計指針(2019)」

対象とする土層

- ・地表から20m程度以浅の飽和状態の沖積層
- ・細粒分(シルト・粘土)含有率が35%以下の土
- ・粘土分が10%以下、または塑性指数15%以下の埋立、盛土地盤
- ・埋立地のシルト、透水性の低い土層に囲まれた礫



62

建築分野の判定方法(学会基礎指針)

F_L : 液状化発生に対する安全率

$$F_L = \frac{\text{液状化に対する地盤の抵抗力}}{\text{液状化時に地盤に作用する力}}$$

$$= \frac{\text{液状化抵抗比} [\tau_l / \sigma'_z]}{\text{等価な繰返しせん断応力比} [\tau_d / \sigma'_z]}$$

$F_L > 1$: 液状化発生の可能性が小さい

$F_L < 1$: 液状化発生の可能性が大きい

Tokimatsu・Yoshimi(1983)

63

液状化抵抗比[τ_l / σ'_z]

$$F_L = \frac{\text{液状化抵抗比} [\tau_l / \sigma'_z]}{\text{等価な繰返しせん断応力比} [\tau_d / \sigma'_z]}$$

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = r_n \frac{\alpha_{max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d$$

τ_d : 水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力

σ'_z : 検討深さにおける有効上載圧

r_n : 等価な繰返し回数に関する補正係数 $r_n = 0.1(M-1)$

M : 地震のマグニチュード

α_{max} : 地表面の設計用水平加速度

損傷限界150~200gal、終局限界350gal

g : 重力加速度 980gal

σ_z : 検討深さにおける鉛直全圧力

r_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数 $r_d = (1-0.015z)$

64

液状化抵抗比 $[\tau_l / \sigma'_z]$

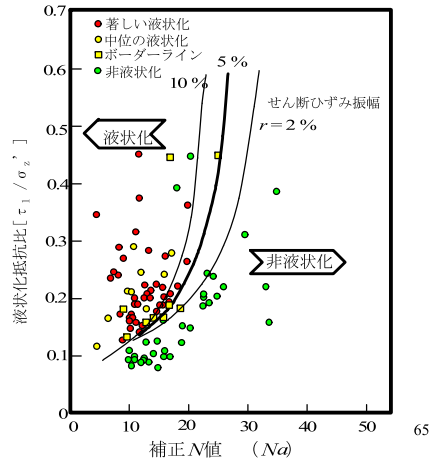
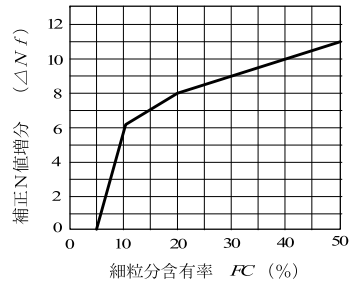
$$F_L = \frac{\tau_l / \sigma'_z}{\text{等価な繰返しせん断応力比} [\tau_d / \sigma'_z]}$$

①有効上載圧からN値を補正 ③下図から液状化抵抗比を求める

$$N_1 = N \times \sqrt{100 / \sigma'_z}$$

②細粒分含有率からN値を割り増し

$$\text{補正} N \text{ 値 } N_a = N_1 + \Delta N_f$$



解答

$$\text{低減係数 } r_d = 1 - 0.015z = 1 - 0.015 \times 5.3 = 0.921$$

$$\text{補正係数 } r_n = 0.1(M-1) = 0.1 \times (7.5-1) = 0.65$$

$$\begin{aligned} \tau_d / \sigma'_z &= r_n \times \alpha_{max} / g \times \sigma'_z / \sigma'_z \times r_d \\ &= 0.65 \times (2.0/9.8) \times (87.8/64.8) \times 0.9205 = 0.165 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= N \times \sqrt{100 / \sigma'_z} \\ &= 7 \times \sqrt{100 / 59.8} = 8.70 \end{aligned}$$

細粒分含有率 $F_c = 10\%$ より

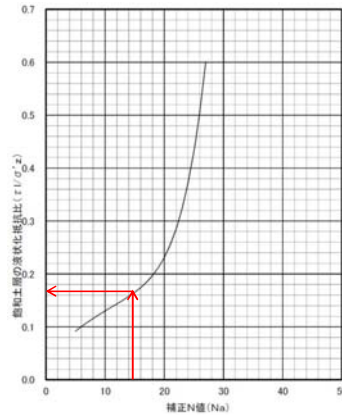
$$\text{補正} N \text{ 値増分 } \Delta N_f = 6$$

$$\text{補正} N \text{ 値 } N_a = N_1 + \Delta N_f = 8.70 + 6 = 14.7$$

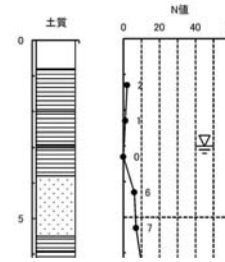
$$\text{液状化抵抗比 } \tau_l / \sigma'_z = 0.163$$

$$\begin{aligned} F_L &= (\tau_l / \sigma'_z) / (\tau_d / \sigma'_z) \\ &= 0.163 / 0.165 = 0.98 < 1 \end{aligned}$$

F_L が1より少し大きくても、判定精度を考えると安心はNG!!



計算演習 GL-5.3mの深さでの F_L を計算しなさい。



層番号	深度 (GL-m)	土質区分	単位体積重量 γ (kN/m ³)	細粒分含有率 F_c (%)
1	0.0~0.8	表土	16	50
2	0.8~2.0	粘土	16	100
3	2.0~3.8	シルト	16	90
4	3.8~5.5	砂	18	10
5	5.5~6.5	シルト	16	90

建築基礎設計の実技講習会
演習問題

マグニチュード：7.5

地表面加速度：200gal = 2.0m/s²

地下水位：GL-2.0m

下表の空欄を埋めてください。

計算条件		等価繰返しせん断応力比				液状化抵抗比				安全率	
深度 (GL-m)	N値	細粒分含有率 F_c (%)	全応力 σ_z (kN/m ²)	有効応力 σ'_z (kN/m ²)	低減係数 r_d	繰返しせん断応力比 τ_d / σ'_z	換算N値 N_1	N値増分 ΔN_f	補正N値 N_a	液状化抵抗比 τ_l / σ'_z	F_L
1.3	2	100	20.8	20.8	0.981	-	-	-	-	-	-
2.3	1	90	36.8	36.8	0.966	-	-	-	-	-	-
3.3	0	90	52.8	49.8	0.951	-	-	-	-	-	-
4.3	6	10	69.8	56.8	0.936	0.152	7.96	6	14.0	0.157	1.03
5.3	7	10	87.8	64.8							
6.3	10	90	104.2	71.2	0.906	-	-	-	-	-	-

液状化検討結果を見るときにチェックすべき点①

細粒分含有率は測定値か

表-3.5 土質分類と単位体積重量、平均粒径、細粒分含有率の代表値 (文献17)を参照して文献12)の表に加算)

土質分類	地下水面以上の単位体積重量 (t/m ³)	地下水面以下の単位体積重量 (t/m ³)	平均粒径 D_{50} (mm)	細粒分含有率 F_c (%)
表土	1.7	1.5	0.02	~100
粘土	1.5	1.4		100
シルト	1.75	1.55	0.025	90
砂質シルト	1.8	1.6	0.04	70
シルト質細砂	1.8	1.6	0.07	~50
微細砂またはシルトまじり細砂	1.85	1.65	0.1	20
細砂	1.95	1.75	0.15	10
中砂	2.0	1.8	0.35	5
粗砂	2.0	1.8	0.6	0
砂礫	2.1	1.9	2.0	0

表-3.6 土質分類と単位重量、平均粒径、細粒分含有率の概略値

土質分類	地下水面下の単位重量 γ_s (kN/m ³)	地下水面上の単位重量 γ_t (kN/m ³)	平均粒径 D_{50} (mm)	細粒分含有率 F_c (%)
表土	17.0	15.0	0.02	80
シルト	17.5	15.5	0.025	75
砂質シルト	18.0	16.0	0.04	65
シルト質細砂	18.0	16.0	0.07	50
微細砂	18.5	16.5	0.1	40
細砂	19.5	17.5	0.15	30
中砂	20.0	18.0	0.35	10
粗砂	20.0	18.0	0.6	0
砂礫	21.0	19.0	2.0	0

液状化対策の調査・設計から施工まで (JGS)

道路橋示方書・同解説 (道路協会)

V耐震設計編 H14 →現在は削除

日本建築学会

「建築基礎構造設計のための地盤評価・Q&A」(2015)

F_c を土質名で精度よく評価するのは、きわめて困難。

→粒度試験を行って求めるのが基本

困難な場合は、 $F_c \leq 5\%$ とすべき。

液状化検討結果を見るときにチェックすべき点②

検討すべき地盤を見逃してないか

N値が20以上の地盤でも $F_L < 1$ になることがある。

例: $N=21$ 、深さ $z=GL-18.0m$ 、地下水位 $GL-2.0m$ 、
 $F_c < 5\%$ 、 $\alpha_{max}=2.0m/s^2$ 、 $M=7.5$
 $\rightarrow F_L=0.93$

深さ20m以深の地盤でも $F_L < 1$ になることがある。

例: $N=10$ 、深さ $z=GL-25.0m$ 、地下水位 $GL-5.0m$ 、
 $F_c=10\%$ 、 $\alpha_{max}=2.0m/s^2$ 、 $M=7.5$
 $\rightarrow F_L=0.94$

69

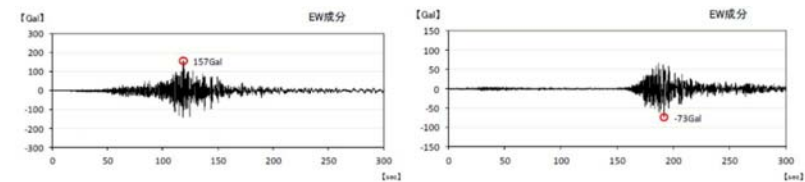
液状化検討結果を見るときにチェックすべき点③

地震のマグニチュード M の値

等価な繰り返し回数に関する補正係数 $r_n=0.1(M-1)$ に使用
 基礎指針2019: $M=7.5$ を推奨

東日本大震災(2011)での浦安

最大加速度: 200gal未満(157gal)では $F_L > 1$ but 液状化が発生
 \therefore 継続時間が長かった $\rightarrow M=9.0$ にすると $F_L < 1$ になる



黄色本のQ&A(2021.10)

想定する地震の規模に応じて設定する

一次設計: 中小地震を想定して $M=6.5\sim 7.0$ とする。←NGでは

70

液状化検討結果を見るときにチェックすべき点④

液状化抵抗比 $\tau_1/\sigma_z' \sim$ 補正N値 N_a 関係の式は正しいか

吉見・時松(1983) Soils & Foundations

$$\tau_1/\sigma_z' = aCr[16\sqrt{(N_a)/100} + \{16\sqrt{(N_a)/C_s}\}^n]$$

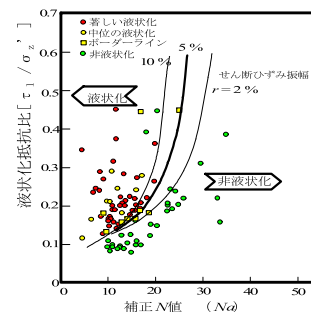
ここに、 $a=0.45$ 、 $Cr=0.57$ 、 $n=14$ 、

$$C_s = 94 - 19 \cdot \log \gamma$$

$\gamma=5\%$ のときは

$$\tau_1/\sigma_z' = 0.041[\sqrt{(N_a)} + 0.00903(N_a/10)^7]$$

市販のソフトには、上の式によらないものもある
 ので、要注意。



71

液状化検討結果を見るときにチェックすべき点⑤

F_L の計算結果(例)

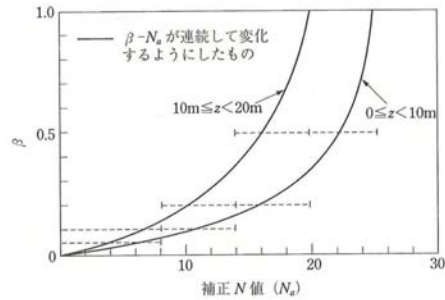


\rightarrow 1、2点だけ $F_L < 1$ の場合は、 P_L 法等も参考にする。

72

「液状化する」と判定された場合

- ・直接基礎の戸建て住宅→修復しやすいべた基礎にする。
- ・杭の周面摩擦力を低減する
液状化層とその上の層→杭の周面摩擦力をゼロとする
- ・水平地盤反力係数を低減する
補正N値と深度によって低減する。



深度 (m)	補正 N 値 Na	安全率 F_s	低減係数 β_1
4.30	11.0	0.95	0.11
5.30	12.2	0.96	0.13
9.30	9.4	0.81	0.09

73

F_L 法以外の検討

A コーン貫入試験による液状化判定

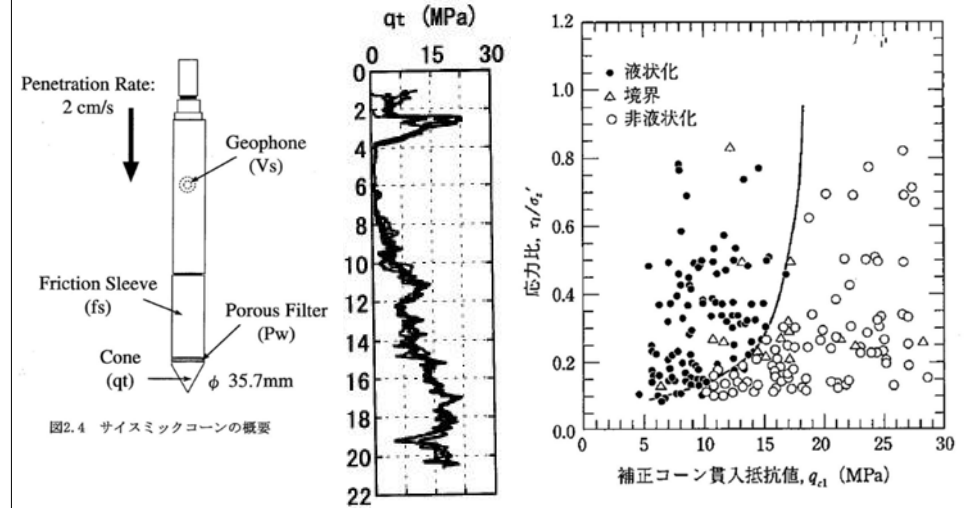


図2.4 サイスマックコーンの概要

74

B 地盤の変位量の予測 液状化程度の判定

- ①補正M値 N_a
→せん断ひずみ γ_{cy}

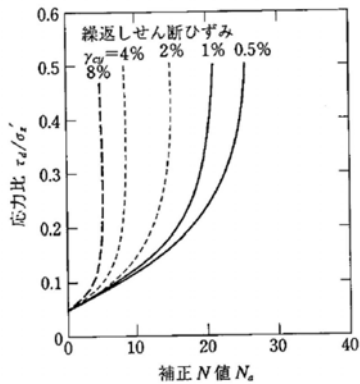


図 4.5.7 補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係^(4.5.2)

- ② γ_{cy} を積分
→最大水平変位
- ③地表面変位 D_{cy}
沈下量 S

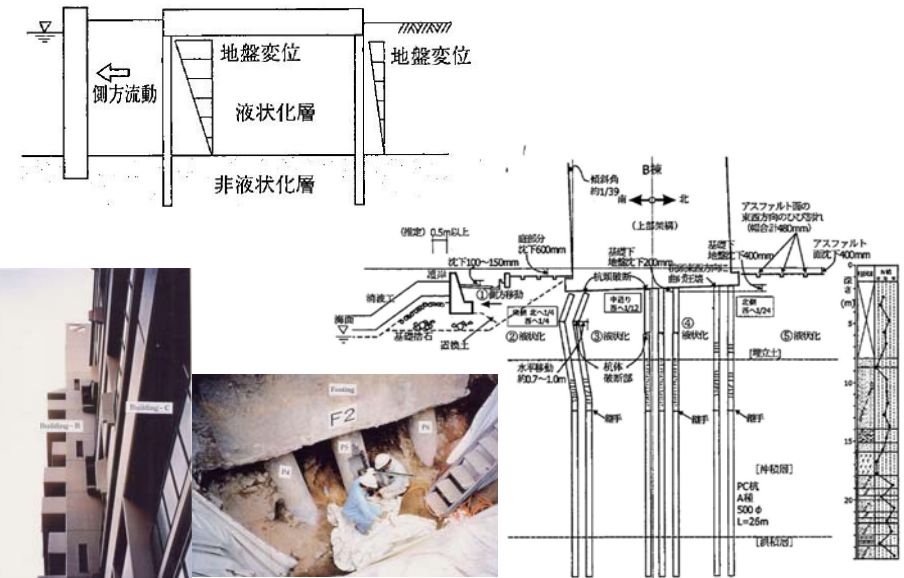
- ④ D_{cy} →液状化の程度

表 4.5.1 D_{cy} と液状化の程度の関係

D_{cy} (cm)	液状化の程度
0	なし
-05	軽微
05-10	小
10-20	中
20-40	大
40-	甚大

75

C. 側方流動の可能性と流動量の予測



阪神大震災(1995)で傾斜した芦屋市のマンション

76

①補正M値Na

→残留せん断

ひずみ γ_{max}

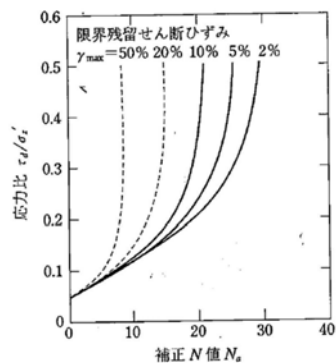


図 4.5.8 補正 N 値と限界残留せん断ひずみの関係^(4.5.3)

② γ_{max} を積分

→限界残留水平変位 Dmax

③ Dmax

≒護岸付近の地盤変位 D_0

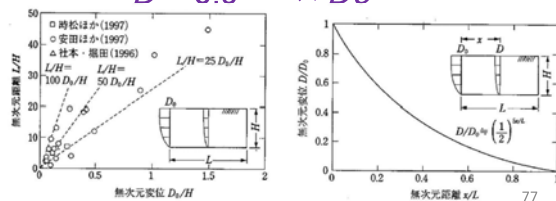
≒護岸変位 DW

(護岸の耐震性が低い場合)

④ 影響範囲 $L \approx 50D_0$

⑤ 護岸からの距離 x と流動量 D

$$D = 0.5^{x/L} \times D_0$$



D. 地盤剛性の低下

下図から各層のせん断

ひずみに対応して、

地盤剛性Gを下げる。

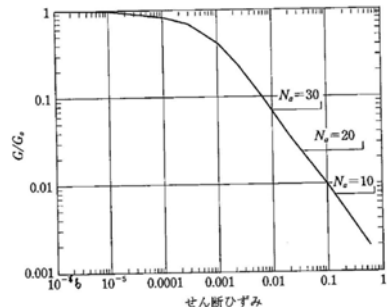
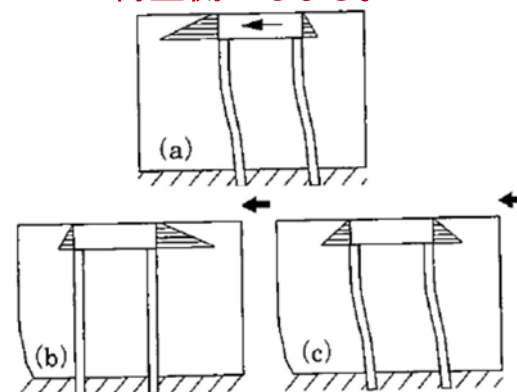


図 4.5.11 補正 N 値と剛性低下率の関係^(4.5.3)

E. 基礎根入れ部の土圧

地盤が抵抗側だけでなく、

荷重側にもなる。



E. 浮き上がりに対する対策

見かけの比重が1.9以下の地中構造物では必要

土木分野の判定法

道路橋示方書(2012年版)

判定を行う必要がある土層

- ・地下水位が地表面から10m以内
かつ、地表面から20m以内の飽和土層
- ・細粒分含有率が35%以下の土層
または、塑性指数が15以下の土層
- ・平均粒径が10mm以内で、
かつ、10%粒径が1mm以下の土層

判定方法

液状化に対する抵抗比率 $F_L = R/L$

$F_L \leq 1.0$ では液状化が生じる

R: 動的せん断強度比(抵抗側)

$$R = c_w R_L$$

c_w : 地震動特性による補正係数

$c_w = 1.0$ (レベル1地震動、プレート境界型地震のレベル2地震動)

$c_w = 1.0 \sim 2.0$ (内陸型地震のレベル2地震動) R_L により決まる

R_L : 繰返し三軸強度比 N_a (粒度を考慮した補正M値)により決まる

L: 地震時せん断応力比(荷重側)

$$L = r_d k_{hgL} \sigma_v / \sigma_v'$$

(以下、略)

地盤の液状化ポテンシャル: P_L

地層全体の液状化可能性を判定

地表から20 m までの表層に対して F_L を積分

$$P_L = \int_0^{20} F \times W(z) dz$$

$$F: F=0 \quad (F_L \geq 1.0)$$

$$F=1-F_L \quad (F_L < 1.0)$$

$$W(z): W(z)=10-0.5z$$

z : 地表面からの深度(m)

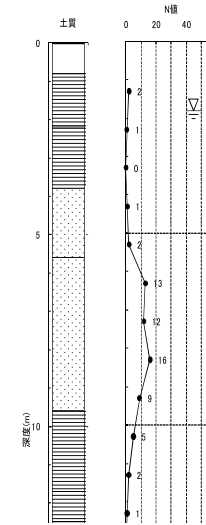
$0 < P_L \leq 5$: 液状化の危険度はかなり低い

$5 < P_L \leq 15$: 液状化の危険度は高い

$15 < P_L$: 液状化の危険度はかなり高い

81

P_L での検討例



深度 Z (m)	N値	細粒分含有率 $FC(\%)$	F_L	$(P_L)dz$
1.30	2	100	-	0.000
2.30	1	90	-	0.000
3.30	0	90	-	0.000
4.30	1	35	0.95	0.428
5.30	2	35	0.96	0.326
6.30	13	5	1.15	0.000
7.30	12	5	1.02	0.000
8.30	16	5	1.23	0.000
9.30	9	5	0.81	1.009
10.30	5	90	-	0.000
11.30	2	90	-	0.000
				$\Sigma = 1.763$

$0 < P_L \leq 5$ → 液状化の危険度はかなり低い

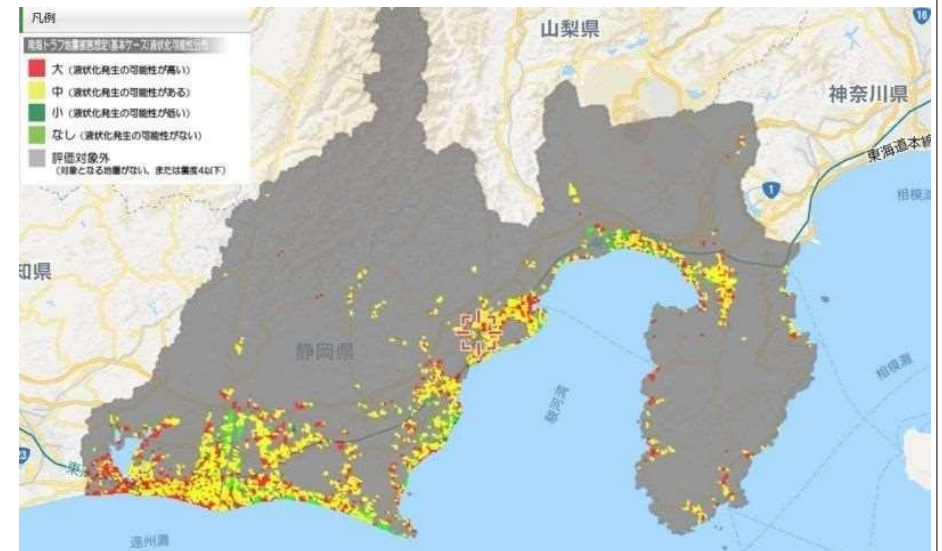
82

深さの影響

- 2021.11.26の建築学会近畿支部基礎構造部会での議論
(安田進 名誉教授@東京電機大の講演後)
- 建築(基礎指針)も土木(道路橋示方書)も、検討する深さはGL-20mまで。
- 建築:新潟地震で液状化した層は、GL-20m以浅だった。
土木:20m以深でも液状化したことはあるが、深い層が液状化しても構造物への影響は小さいと考えられるので、そのままにした。

83

液状化予測→液状化マップ 静岡県



84

液状化予測図作り直し 自治体、批判受け急ぐ

「マップと違う」被害多発

東日本大震災を受けて、自治体による液状化予測の見直しが行われている。従来の想定と違った場所が頻りに報告され、世間は相次いだため、自治体側は「液状化マップ」への見直しが必要とされている。

東日本大震災で液状化が「液状化なんて考えもしなかった」と驚かされた東京都江戸川区の西葛西駅が、今も改修工事が進んでいる。即代女性住むを希望して、液状化で基礎部分が沈んだ。被害は約100戸に及んだ。だが都府庁で購入した家のローン半が「発生がなかった」として、公団も連帯を切らさず、住みかから「予測と違う」と訴えている。東京都庁は「予測と違う」と訴えている。東京都庁は「予測と違う」と訴えている。

日本大震災では、南海部の立て地に加え、内陸の川沿いで液状化が頻りに報告された。関東学院大学の若松江教授（地盤地盤工学）は「地盤を調査する際、昔の地盤図を参照することは非常に重要」と話す。若松教授は「予測マップシミュレーションで、絶対に液状化を避けることは不可能」と話す。若松教授は「予測マップシミュレーションで、絶対に液状化を避けることは不可能」と話す。

新旧の液状化マップ(浦安)

液状化危険度予測図

東日本大震災以前

浦安市浦安市液状化対策技術検討調査委員会作成 (安田教授@東京電機大)

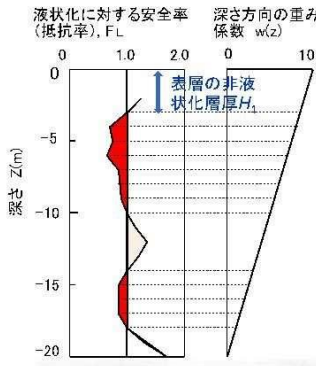
レベル2地震動プレート境界型相模トラフ沿いの地震

・311地震以降に実施した室内試験で得られた液状化強度(R_{120})を考慮

液状化マップの見直し例

宅地の液状化危険度マップ

液状化指数PLによる従来の判定 宅地の危険度に対して出された判定方法

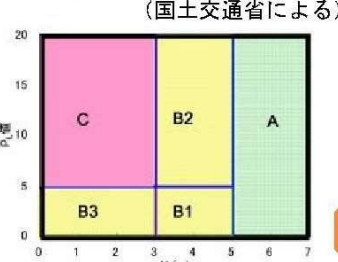


$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) (10 - 0.5Z) dZ$

P_L 値だけを用了た構造物の被害の判断:
 $P_L < 5$: 液状化による被害は受けないと判断
 $P_L > 15$: 液状化による甚大な被害を受けると判断

表-4.3(b) $H_1 - P_L$ 判定図の数値表

判定結果	H_1 の範囲	P_L の範囲	液状化被害の可能性
C	3m以下	5以上	顕著な被害の可能性が高い
B3	3mを超え	5未満	顕著な被害の可能性が比較的低い
B2	3mを超え	5以上	
B1	5m以下	5未満	顕著な被害の可能性が低い
A	5mを超える	—	



(国土交通省による)

2種類のマップの比較

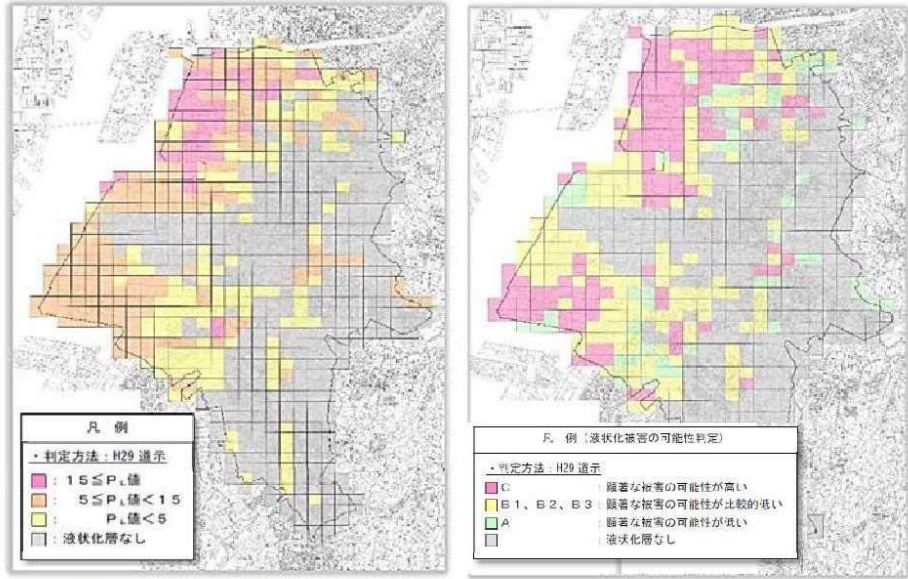
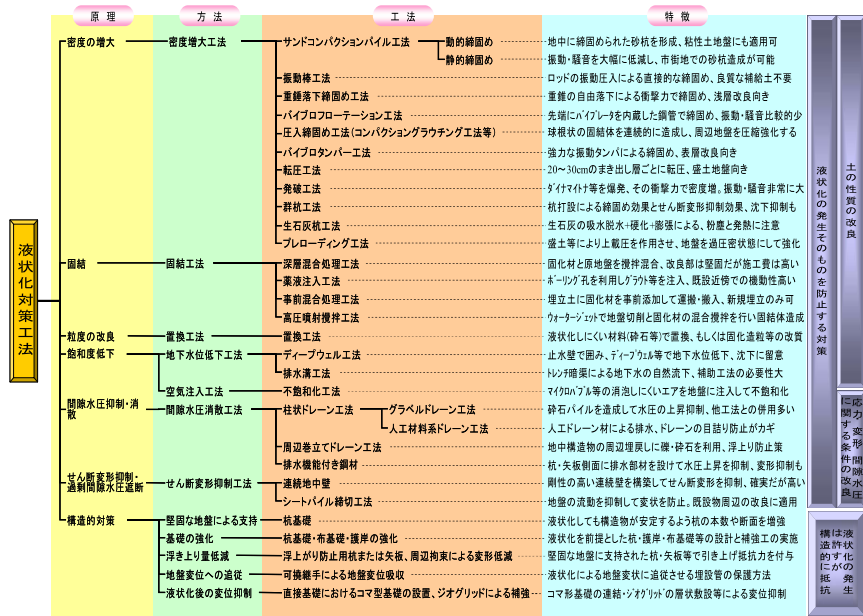


図-4.4.6 P_L 分布図 (B市)

図-4.4.10 $H_1 - P_L$ 分布図 (B市)

(国土交通省による)

液状化対策工法

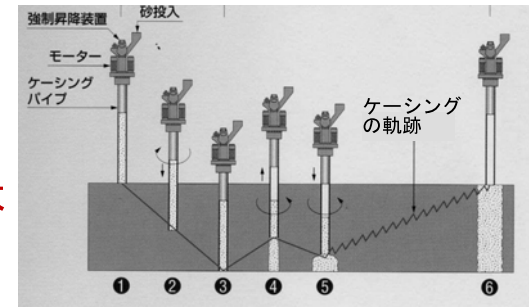


※JGS関東「造成住宅の耐震対策に関する研究会」メディア懇談会資料、液状化対策工法設計・施工マニュアル(案)、TF4セミナーからの意見に基づき再構成

地盤改良

締固め工法

→地盤の密度を増大



静的締固め砂杭工法の施工手順

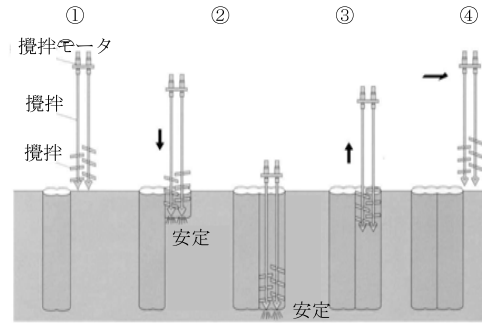


図 8.2.3 固化工法の施工手順

固化工法

(深層混合処理工法)

→地盤を固結

戸建て住宅の液状化対策工法(新築時)

柱状地盤改良工法と小径鋼管杭の回転埋設工法が多い

柱状地盤改良工法

更地の状態で、セメント系の固化剤で地中に複数本の強固な柱を造成して地盤を固め、建物の沈下を抑制する工法

概要・問題点

- 戸建住宅の新築・建て替え時に多数の施工実績があり、沈下対策として効果が実証済
- 建て替え時に地盤調査を行い、支持層を確認した上で実施
- 下水管など地下埋設管対策、液状化による噴出土砂の抑制は、別途対策が必要

概算費用 (個人負担)

- 柱状地盤改良工法=約300万円/戸
- 地盤調査・埋設管対策=100~200万円/戸

鋼管杭基礎回転埋設工法

更地の状態で、地中に鋼管杭を貫入し、建物の沈下を抑制する工法

概要・問題点

- 戸建住宅の新築・建て替え時に多数の施工実績があり、沈下対策として効果が実証済
- 建て替え時に地盤調査を行い、支持層を確認した上で実施
- 下水管など地下埋設管対策、液状化による噴出土砂の抑制は、別途対策が必要

概算費用 (個人負担)

- 鋼管杭基礎回転埋設工法=約800万円/戸
- 地盤調査・埋設管対策=100~200万円/戸



JSCA(日本建築構造技術者協会)基礎地盤系部会

杭基礎工法データ集

JSCA杭基礎工法のデータベース(2011年改定版)

認証内容	工法の分類	工法数			
		2011年版	2008年版	2005年版	
鉛直支持力	埋込み杭工法	プレボーリング最終打撃工法	2	3	3
		プレボーリング根固め工法(節杭工法)	13	15	15
		プレボーリング拡大根固め工法	16	16	16
		α=250	21	21	12
		α=250以外	10	12	12
	圧入杭工法	中掘り拡大根固め工法	8	7	2
		α=250	2	2	2
		α=250以外	2	2	2
		鋼管ソイルセメント杭工法	7	2	-
		押込み工法	38	23	14
引抜き抵抗力	埋込み杭工法	最大杭径φ500未満	3	3	4
		最大杭径φ500以上	4	1	-
	場所打ち杭工法	節付き拡底杭工法	2	-	-
		プレボーリング拡大根固め工法	1	-	-
		回転貫入工法	2	-	-
		地盤改良併用工法	1	-	-
		節付き拡底杭工法	2	-	-
		アースドリル式拡底杭工法	18	14	10
		オールケーシング式拡底杭工法	4	-	-
		リハース式拡底杭工法	2	-	-
形状等	場所打ち杭工法	低排土工法	14	14	14
		場所打ち鋼管コンクリート杭工法	2	-	-
		場所打ち鋼管コンクリート杭工法	3	5	4
		無溶接継手等	4	-	-
			179	138	108

公的認証を受けた杭工法179工法のデータを網羅

既存住宅の液状化対策工法

格子状地中壁工法

液状化しやすい砂の地盤にセメント系の固化剤で宅地を著盤の目のように囲む地中壁を造成し、地盤の液状化を起こしにくくする工法

概要・問題点

- 液状化被害を軽減するために、一区画1戸（パターンA）または4戸（パターンB）ごとに地中壁を設置する
- 地盤条件が悪い場合はパターンAまたはパターンB+追加対策が必要
- 道路上、宅地境界上への壁の設置に当たり、埋設管処理、外構の処理が必要
- 家屋が相互に近接するエリアでの施工が困難
- 既成市街地に適用可能な小型施工機械の開発が必要

概算費用（公・個人双方負担）

- パターンA＝約100～125億円/地区
- パターンB＝約50～75億円/地区
- ※1地区500戸で算出。個人の負担額は地盤の状況などにより異なる

地下水位低下工法

事業区域を止水壁で囲み、揚水井戸を設置して地下水を継続して汲み上げ、地下水位を低下・維持させることにより、液状化被害を軽減する工法

概要・問題点

- 地下水位を地表面からマイナス5mまで低下させる。その場合、地盤沈下量は5年間でおよそ20cm、20年間でおよそ25cm
- 20年程度で施設の更新が必要
- 揚水井戸の間隔が広い場合、事業区域内で不同沈下が発生する恐れがある。また、地盤の不均一性から家屋などが傾斜する可能性がある
- 事業区域外でも地盤沈下が発生する可能性があり、埋設管などの対策が必要

概算費用（公・個人双方負担）

- 初期費用：約25～45億円/地区
- 維持管理：4000～5000万円/年
- ※1地区500戸で算出。個人負担額は地盤の状況などにより異なる

「液状化対策を行わず、傾斜沈下が生じたら修復すればよい」
 対策費用、液状化の発生確率、修復費用等
 →合理的な考え方

まとめ：Ⅱ.液状化の判定方法

- ・液状化：地盤が振動・衝撃などによりせん断抵抗を失い、液体のようになる現象→噴砂、不同沈下、抜け上がり、側方流動、他
- ・メカニズム：大きなせん断力によって、間隙水圧が上昇し、地盤のせん断強度がゼロになる。→ 緩い飽和砂地盤
- ・建築分野の判定方法：日本建築学会「建築基礎構造設計指針」

$$F_L = \frac{\text{液状化に対する地盤の抵抗力}}{\text{液状化時に地盤に作用する力}}$$

F_L が1より少し大きくても、判定精度を考えると安心はNG!!

- ・液状化検討結果のチェック点：細粒分含有率の値、検討すべき地盤を見逃していないか： $N > 20$ ・深さ $> 20m$ の地盤 マグニチュード M の値、 $\tau // \sigma z' \sim Na$ 関係の式は正しいか
- ・ $F_L < 1$ の場合： P_L 法等による検討、べた基礎にする、杭の周面摩擦力・水平地盤反力係数を低減する
- ・液状化マップ： P_L 法による→見直し
- ・液状化対策工法 新築時：杭、地盤改良(締固め・固化工法)、他 既存住宅：格子状地中壁、地下水位低下

(一社)基礎構造研究会

「建築基礎構造の設計 (建築基礎設計士テキスト2015年度版)」

建物の設計にすぐに必要な基礎構造を第I編に、建築技術者が理解しにくい土質力学を第II編に分けて編集した実務に役立つ手引き書。

目次

第I編 建築基礎構造に関する知識	第II編 土質力学に関する一般知識
第1章 土の分類	第1章 土の物理的性質
第2章 地盤調査	第2章 地下水
第3章 基礎の設計計画	第3章 土の圧縮性
第4章 地盤の動的解析	第4章 土の圧密
第5章 直接基礎	第5章 土のせん断強さ
第6章 杭基礎	第6章 土圧
第7章 杭基礎の設計	第7章 地中応力
第8章 地盤改良	第III編 設計例・計算例
第9章 擁壁	第IV編 参考資料



A4版 300ページ
 頒価：5,500円
 (税・送料込み)

建築基礎設計の実技講習会

関連事項の説明→演習→解答→質疑

演習の時間

関数電卓による手計算を行う
 (建築基礎設計士が個別説明)

↓
 「実際に自分の手で計算することにより、計算式や定数などの根拠・背景・問題点などがよく理解できた。」と好評

ディスカッションの時間 (現在はコロナにより休止)

日ごろ、基礎設計について疑問に思っていることについて討論する。

杉村代表理事のミニ講演 (現在はコロナにより休止)

建築基礎設計の実技講習会のプログラム(例)

2020年「建築基礎設計の実技講習会in名古屋」 プログラム				
時間(予定)	項目		講師	演習時の説明
10:00 ~ 10:05	進め方、講師の紹介、他		小椋	—
10:05 ~ 12:00	説明・演習・ 解答・質疑	○地盤の有効上載圧 ○液状化判定 ○圧密沈下量 ○直接基礎の支持力(単層地盤、2層地盤)	小椋	寺前、小椋
12:00 ~ 13:00	昼食		—	—
13:00 ~ 13:30	説明・演習・ 解答・質疑	○即時沈下量、・相対沈下量・変形角	小椋	寺前、小椋
13:30 ~ 15:00	〃	○杭の鉛直支持力 ○杭の水平抵抗：PHC杭のN-M関係 ○杭に作用する水平力 (水平地盤反力係数、特性値β、杭頭曲げモーメント、地中部最大曲げモーメント、同発生深さ、第一不動点深さ)	寺前	小椋、寺前
15:00 ~ 15:10	休憩		—	—
15:10 ~ 16:25	説明・演習・ 解答・質疑	○杭の水平抵抗の分担率 ○場所打ち杭の配筋計算 ○地盤改良：改良体の必要強度 ○換算断面積、換算断面2次モーメント	寺前	小椋、寺前
16:25 ~ 16:30	建築基礎設計士・同土補試験の紹介		小椋	—

97

建築基礎設計士試験・同土補試験の実施

建築基礎設計士試験

・土質力学や基礎構造に関する知識を十分に持ち、与条件下で最適な基礎工法を設計する技術検討や、施工可否・コスト比較等を独力で行うことができる。

・試験：一次試験 基本試験：基礎設計に必要な詳細な知識
実技試験：基礎構造の最適な設計、コスト管理等
二次試験(面接)：顧客への提案・説明、トラブル対処法等



建築基礎設計士補試験

・土質力学、基礎構造に関する知識を持ち、技術検討や簡単なコスト計算等を行うことができる。

・試験 基本試験：基礎設計に必要な一般的な知識
実技試験：基礎構造の正しい設計等

98

基本問題

時間：2時間

持ち込み可：テキスト、関数電卓

構成(2019年度試験)

建築基礎設計士一次試験

A1 ○×問題(10問)

(×とした場合は、正しい語句を答える)

A2 穴埋め問題(10問)

A3 記述問題(2問)

B1 穴埋め問題(9問)

B2 記述問題(2問)

建築基礎設計士補試験

建築基礎設計士一次試験のA1～A3と同じ

99

実技問題

時間：2.5時間

持ち込み可：テキスト、関数電卓

構成(2019年度試験)

建築基礎設計士一次試験

A1 地盤調査計画

A2 直接基礎・地盤改良の設計

A3 杭基礎の設計、顧客への説明

B 記述問題(必須2問、選択6問中4問)

建築基礎設計士補試験

A1 杭の断面算定

A2 基礎の設計計算

1. 杭基礎、2. 直接基礎、3. 地盤改良

B 記述問題(必須2問、選択4問中2問)

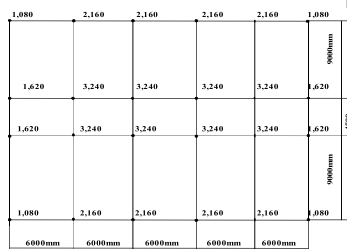
100

設計問題の例(建築基礎設計士一次試験)

3. 図-1の地盤に、図-2に示す値の1階柱脚荷重が作用する建物を杭基礎によって建てる。この場合、最適と考えられる杭基礎を設計しなさい。ただし、杭の鉛直支持力は国土交通省告示1113号第5または第6の算定式に、水平力の検討はChang式によるものとする。また、地震時荷重の組合せは概算軸力の±60%、検討用水平力は $Q=7,200\text{kN}+W_f \times 0.1$ (W_f : パイルキャップ重量)、杭天端位置は設計GL-1.90m、パイルキャップ下端位置はGL-2.00mとし、杭の軸力 N ～曲げモーメント M 関係等は別紙の資料によるものとする。

設計方針を述べなさい
杭基礎を設計しなさい

4. 問1～3の基礎のうち、コストを含めて最適と考える基礎を選んで顧客に提案する。選んだ基礎と、その理由を述べなさい。



101

計算問題の例(建築基礎設計士補試験)

杭径φ1000、C種、コンクリート強度105N/mm²のPHC杭について、短期許容軸力および軸力が0kN時の短期許容曲げモーメントと短期許容せん断力を求めなさい。

図-1のボーリング柱状図の敷地に、図-2の形状の建物をべた基礎で設計する。

1. 長期許容支持力を求めなさい。
2. GL-4.0～9.0mの粘性土層の圧密沈下量を求めなさい。
3. 図-1の地盤で、GL-3.0m位置での液状化の判定を行いなさい。
4. 地盤改良により改良後の設計用地耐力を250kN/m²としたときの、設計基準強度 F_c と改良体の本数を求めなさい。

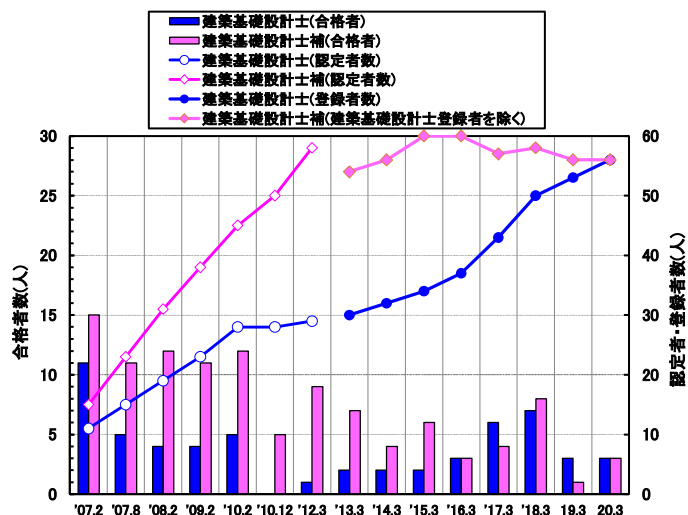
記述問題の例

(2) 支持層に不陸が予測される地盤において杭を設計する際に、発注者または設計者へ説明・提案する事項について述べなさい。

過去の出題問題はホームページに掲載しています。

102

合格者・認定者・登録者数の推移



合格率 建築基礎設計士 約5～15%
建築基礎設計士補 20～30%

103

2021年度試験の日程・会場

・受験申込み(ホームページから)

2021年11月26日(金)～2022年3月31日

・建築基礎設計士一次試験・同士補試験

2022年4月 日()
東京、大阪、仙台、福岡

・建築基礎設計士二次試験(一次試験合格者)

2022年5月 日()
東京(予定)

ぜひ、チャレンジしてください

104