

平成20年度住宅市場整備等推進事業 建築基準整備促進補助金事業

調査テーマ：基礎及び敷地に関する基準の整備に資する検討

- (イ)建築物の規模等による地盤調査・試験方法の適正化
- (ロ)地震による宅地擁壁被害要因分析と安全性評価の実態調査
- (ハ)新築建築物への既存杭再利用上の留意点等に関する調査
- (ニ)崖地等敷地の安全性に係る技術的基準に関する検討
- (ホ)しろあり防除工事における基礎のはつり工事に係る実態調査

株式会社 東京ソイルリサーチ
財団法人 ベターリビング

(イ)建築物の規模等による地盤調査・試験方法の適正化

実施方針

建築物の規模、構造計算の要求精度、荷重レベルなどに対応した必要な地盤情報の項目と精度、適切な地盤調査・試験の在り方、地盤定数の精度などについて検討する。主に、小規模建築物とそれ以外、保有水平耐力計算(許容応力度計算)と限界耐力計算、沈下計算、杭基礎鉛直支持力の算定、水平抵抗支持力のための調査などから検討を進めるが、本調査においてはその基になる地盤調査結果の精度に着目した検討を行い設計への影響について評価する。



- ・地盤調査の適用範囲
- ・実務設計と地盤調査
- ・既往地盤調査の実態
- ・地盤定数の設定方法

地盤調査(告示1113号)の適用範囲

告示の地盤調査法		想定される調査方法 JISで基準化	調査の目的と特徴・適用範囲
号	名称		
一	ボーリング調査	ボーリングによる掘進作業	各種孔内試験の試験孔の提供、地下水位の確認などを目的
二	標準貫入試験	標準貫入試験	地層種別判定、N値の取得、支持層の判定などを目的
三	静的貫入試験	スウェーデン式サウンディング試験	戸建住宅を対象とした地盤の許容応力度の算定用
四	ベーン試験	原位置ベーンせん断試験	超軟弱粘性土のせん断強度用の試験。 建築では未利用
五	土質試験	物理試験	地盤の判別分類、地震時の液状化判定に用いる
		力学試験(一軸・三軸圧縮試験)	地盤のせん断強度定数(C、 ϕ)、改良体の圧縮強度を目的
六	物理探査	表面波探査	戸建住宅でくいの支持層確認、宅地の地層構成把握を目的
七	平板載荷試験	地盤の平板載荷試験	直接基礎の場合の地盤の許容応力度の算定
八	載荷試験	杭の(鉛直)載荷試験	基礎くいの極限支持力を求めることを目的
九	くい打ち試験	くい打ち試験	建築設計ではほとんど使用されない(施工管理主体)
十	引抜き試験	杭の引抜き試験	基礎くいの極限引抜き力を求めることを目的

課題1) 告示1113号では、地盤の許容応力度および基礎くいの許容支持力(軸方向)を求める地盤調査の方法として提示されている。
液状化試験、孔内水平載荷試験、PS検層等の位置づけ

課題2) 上表には、現在の実務設計ではほとんど使われていない調査法(赤色)、戸建住宅に限定されているもの(黄色)が含まれている。
調査法の適用範囲の明確化と再整理

課題3) 実務設計では、支持層の不陸の把握は重要である。
動的貫入試験(オートマチックラムサ운드試験など)の役割

課題4) 土質試験を行なうためのサンプリングも重要
サンプリングの役割と特徴の整理

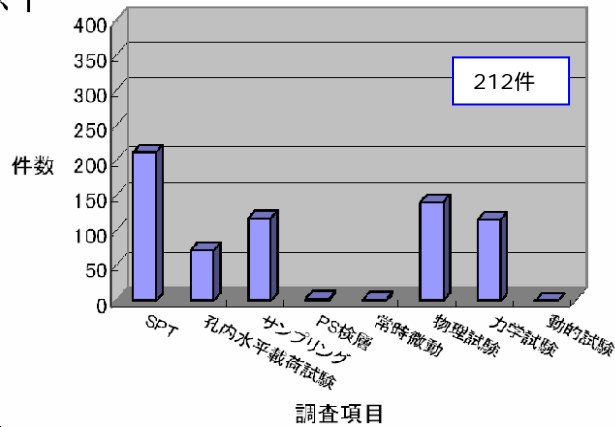
既往地盤調査の実態 (関東地区、関西地区を中心とした556事例)

検討項目	結果の概要等
既往地盤調査の調査対象と目的	建築物は、共同住宅、事務所ビル、工場、個人住宅（木造除く）などである。 建物規模は、1～2階建て程度のものから、100mを超えるような超高層建築物まで多様である。 地形で区分すると、低地が半数を占め、台地・丘陵地を含めると、全体の9割以上である。 表層地盤は低地に分布する沖積地盤が約5割で洪積地盤が約4割を占め、約1割が埋土・盛土地盤である。
ボーリング本数と建築面積の関係	ボーリング本数と建築面積の関係は、過去に報告されている関係と大きな差異は無い。 建築面積が5,000㎡以下の建築物では全体の約8割がボーリング3本以下である。建築面積が1,000㎡以下の建築物では約半数がボーリング本数1本であり、2本まで加えると86%近くを占める。
建物規模別の地盤調査の現状	建物の高さを 20m以下、20m超31m以下、31m超60m以下、60m超に分けて地盤調査の調査項目を整理した。調査項目は標準貫入試験、孔内水平載荷試験、サンプリング、PS検層、常時微動測定、土質試験（物理試験、力学試験、動的試験）である。 標準貫入試験は全ての調査で行われており、孔内水平載荷試験とサンプリングは建物高さが高くなると実施する割合が増加する傾向にある。また、60m超の建物では、31m以下の建物で実施することが少ないPS検層、常時微動測定、及び動的な土質試験の実施割合が高い。
基礎種別で区分した地盤調査の現状	杭基礎の場合、孔内水平載荷試験は、建物高さが低い20m以下を除けば、全体の72%～88%の調査で実施している。土質試験に供するためのサンプリングも同じく、20m以下を除けば、全体の76%～92%の調査で実施している。 直接基礎の場合、孔内水平載荷試験の実施頻度は低くなり、60m超の超高層建築物の調査事例を除けば、15%～26%となっている。サンプリングは、支持力と沈下を検討するために実施しており、建物高さが低い20m以下の建物にあっても半数で実施している。
建築面積1,000㎡以下、高さ20m以下の建物の地盤調査の現状	調査事例の半数は標準貫入試験(N値)のみであり、残り半数の調査ではN値に加えサンプリングと土質試験を実施している。また、孔内水平載荷試験も全体では約1/4の調査で実施しているが、関西地区では調査例の1割程度の実施頻度となっている（関東地区では5割強で実施）。関東地区では杭基礎を採用した時にはほぼ9割程度の頻度で孔内水平載荷試験を実施している。
地盤調査の地域性	建築面積とボーリング本数の関係については、関東地区と関西地区の地域性の違いは見られない。 地域毎の調査項目の実施状況を整理すると、孔内水平載荷試験の実施頻度に差が見られる以外は、両者に大きな差は無く、調査項目に地域性は認められないようである。土質試験の力学試験の実施頻度は20m超の建物の調査例では関東地区、関西地区ともほとんど変わらないが、20m以下の建物では関東地区で力学試験を実施する割合が多くなっている。

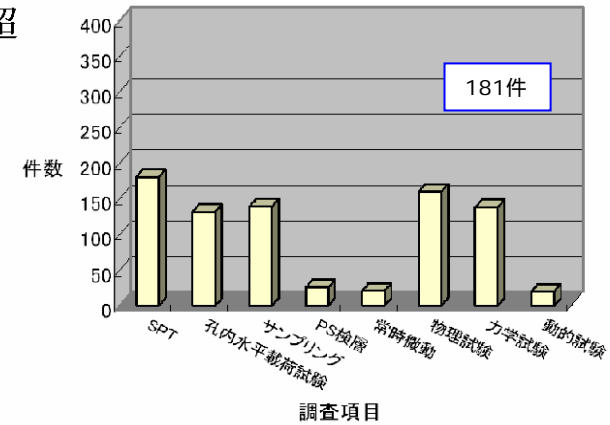
地盤調査における各調査項目の実施状況

建物高さ 区分	調査例 の数	調査項目の実施率 (%)							
		標準貫 入試験	孔内水 平載荷	サンプ リング	P S 検 層	常時微 動測定	物 理 試 験	力 学 試 験	動 的 試 験
20m 以下	212	100	34.0	55.7	1.4	0.9	66.5	54.7	0
20m 超 31m 以下	131	100	58.0	69.5	4.6	3.8	83.2	66.4	2.3
31m 超 60m 以下	181	100	72.9	76.8	14.4	11.6	88.4	76.2	11.0
60m 超	32	100	84.4	90.6	93.8	81.3	90.6	84.4	65.6
全 体	556	100	55.2	67.8	11.7	9.7	79.0	66.2	7.9

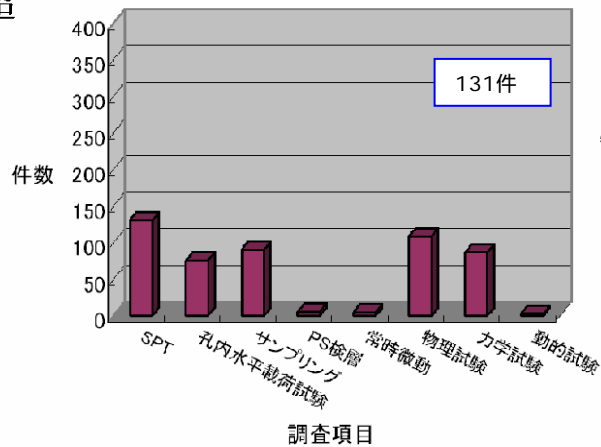
高さ20m以下



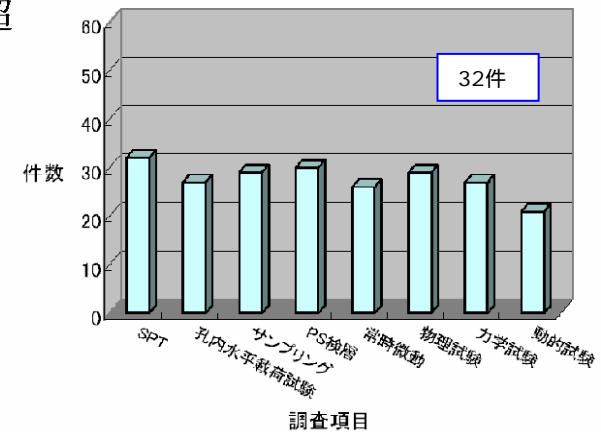
高さ31m超
60m以下



高さ20m超
31m以下



高さ60m超

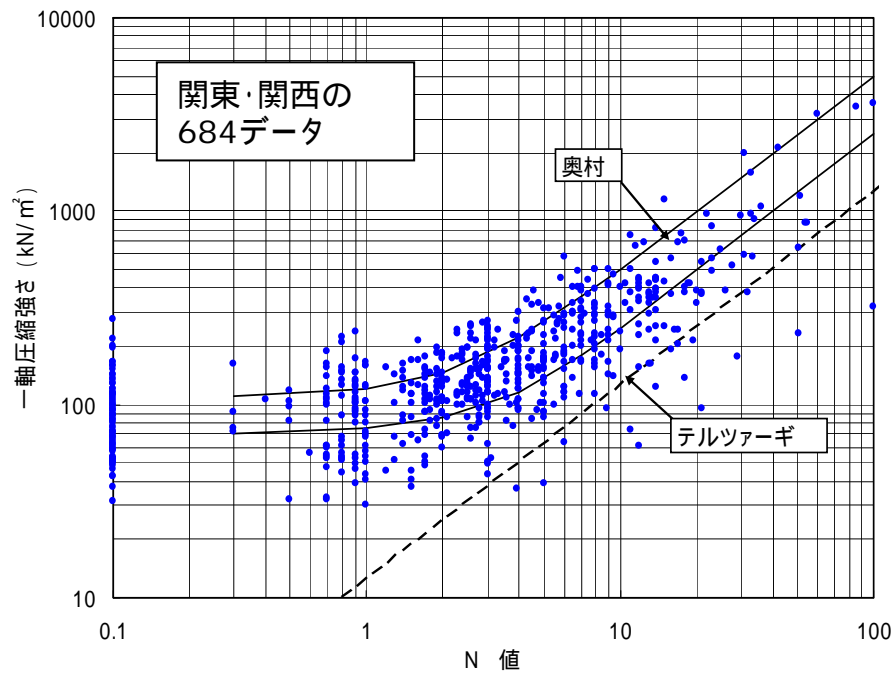


実務設計と地盤調査(主に範囲等について)

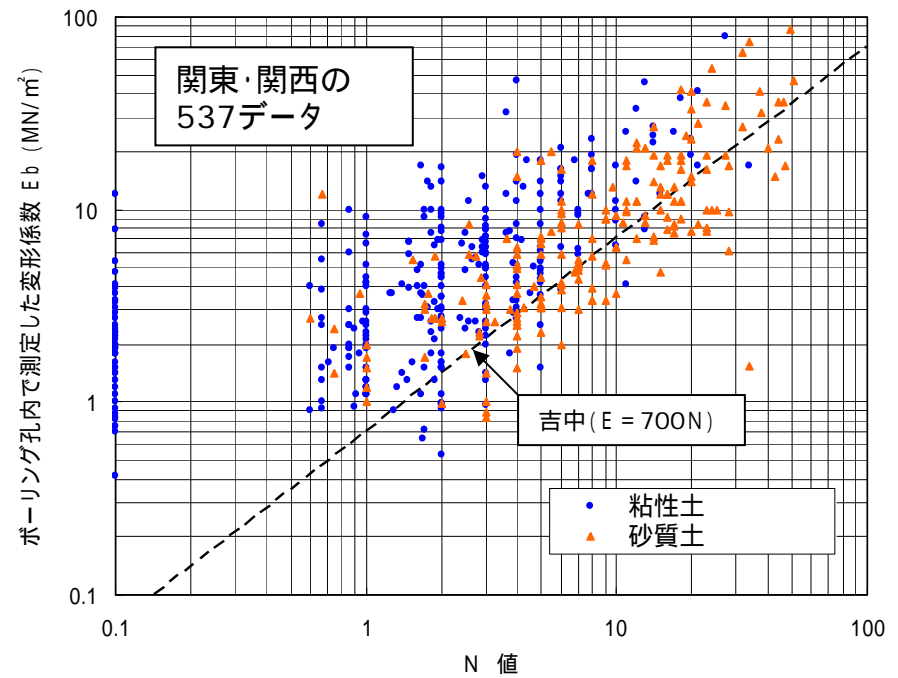
- ・基礎形式別の地盤調査の深さと範囲
 - 直接基礎:鉛直支持力は基礎幅の5倍以上
 - くい基礎:鉛直支持力はくい径の5倍以上(但し根固め杭は根固め径)、水平は杭頭部から $L \times 2.5$
- ・支持地盤の不陸を考慮した設計(調査)の考え方
 - 水平成層地盤の不陸は通常に地盤調査では $\pm 1\text{m}$ から 2m 程度の変化を前提
- ・支持層に傾斜あるいは不陸の激しい地盤での設計の考え方
 - ボーリングなどの地盤調査だけでなく、支持層確認用のサウンディングを併用してその変化の確実な把握が必要
- ・層状地盤での設計(調査)の考え方
 - 基礎幅(くい径)の5倍以内に地層の変化がある場合は、その影響を考慮した検討が必要

N値を指標とした設計用土質定数の推定(確認)

検討事項	確認・検討結果
N値と圧縮強さの関係	関東地区、関西地区における既存の684データについてN値と一軸圧縮強さの関係を調べた。沖積層、洪積層ともに両者の関係は、Terzaghi and Peckの式 ($q_u = 12.5N$) の上方にあり、奥村らが示した分布範囲に一致した。
N値と孔内水平載荷試験で求めた変形係数の関係	関東地区、関西地区における既存の537データについてN値と孔内水平載荷試験で求めた変形係数の関係を調べた。砂質土層では、沖積層、洪積層ともに両者の関係は、吉中が提案した式 ($E = 700N$) にほぼ沿う形で分布する。粘性土層では、吉中が提案した式 ($E = 700N$) の上方に位置し、特にN値4以下では顕著である。粘性土層において杭の水平抵抗に関する変形係数を設定する場合は、孔内水平載荷試験を実施することが有効である。
洪積地盤のN値とS波速度の関係	今回の洪積地盤でPS検層から確認したS波速度と、N値より深度、土質、堆積年代を指標として太田・後藤式より推定したS波速度を比較した。両者には最大50%の相違が認められる他、全体に太田・後藤式の方が大きめのS波速度を与える結果となった。



N値と一軸圧縮強さの関係

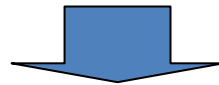


N値と変形係数(孔内水平載荷試験)の関係

(八)新築建築物への既存杭再利用上の留意点等に関する調査

実施方針

建築物の再建設の際に、**既存の杭基礎を再利用**することは、資源の有効利用、敷地の安全性の確保、経済性などの大きなメリットがある反面、新設基礎と比較して、必要な情報が得にくい事情がある。事前調査、建築確認、本調査、評価(必要に応じて再建築確認)、着工(杭の補強を含む)の流れにそって、実施に際して問題となった事項、その解決方法、設計上の留意点、運用上の問題点や今後期待する点などについて、ヒアリング等を通して明らかにし、そのとりまとめを行う。



- 既存くい再利用の実施状況の整理
- 再利用上の技術課題の整理
- 運用上の問題と今後検討すべき点

既存杭再利用の実施状況の整理

再利用検討事例の収集(42例)と分析

- 設計上の考え方

- 1) 多くの事例(26 / 42)で再利用されている。
- 2) 利用方法(鉛直、水平、新設くいと併用など)の設計詳細は不明

- 実施上の問題点と解決策

- 1) 耐久性(中性化)に関してはほぼ問題ない(更なるデータの集積は必要)
- 2) 利用されない場合の主な理由
必要な調査(事前調査、本調査など)の内容に関する理解不足
古い杭(ペデスタルくい、三角節くい)は現状の要求性能を満足できにくい。

- 検討事例の分析(建築用途、地域(場所)、くい種、くい長、くい径)を行った。

- 1) 用途は事務所が主体(約5割)、集合住宅(約2割)もある。
- 2) 事例は大都市圏に多い。特に首都圏で約3 / 4を占める。
- 3) コンクリート杭が多く、くい長さは20m以内が約6割を占める。

再利用上の技術課題の整理

- ・既存杭基礎の耐久性評価
耐久性(主に中性化)については問題なし(但し事例の集積は必要)
- ・鉛直支持力、水平抵抗の評価
設計図書(設計式含む)による確認あるいは載荷試験による確認
水平抵抗は再計算が必要になり場合がある。
- ・施工実態に伴う不具合処理
設計図書との不整合は要検討
事前解体調査結果に基づいた設計
- ・新設杭との併用における性能の相違
既存くいの性能評価(鉛直、水平)
既存くいの利用における設計方針の明確化(鉛直のみ、鉛直・水平、水平のみ)
- ・検討フロー(案)の提案
新設杭との併用の有無を含めた設計図書での確認項目
再利用方法(鉛直・水平、鉛直のみ、水平のみ)の検討項目
既存建物を解体しての杭頭部調査の位置づけ

運用上の問題と今後検討すべき点

既存杭再利用上の運用要領・留意点について

- 構造設計者への設計詳細の課題と問題のヒヤリング
- 再利用の手順の明確化と周知
- 解体前のくい体調査方法(今回2方法の性能確認)の整理と評価
- 新設時に再利用を配慮した高品質くい(施工品質保証データ付き)に対する優遇措置

(口)地震による宅地擁壁被害要因分析と安全性評価の実態調査

地震等による宅地擁壁被害の要因分析

調査概要:

既往の地震及び豪雨における被害調査報告等を基に、机上調査及び現地調査を実施し、宅地擁壁被害の要因分析を行った。

擁壁と住宅の離間距離に関する実態調査

調査目的:

建築物が擁壁に近接する場合の評価基準が明確でないため、擁壁の安定性が損なわれた場合、建築物に安全上の支障を生ずる恐れがあることから、全国の宅地に設置されている**擁壁の種類**や**擁壁と住宅との水平方向の離れ(離間距離)**等に関する実態を把握すること。

調査概要:

全国47都道府県における概ね30戸以上の住宅を有する造成宅地を対象に、設置された宅地擁壁について現地踏査を行った。調査箇所 の総数は、1,842(有効調査数:1,825)、調査した擁壁の総数は、**2,618**であった。

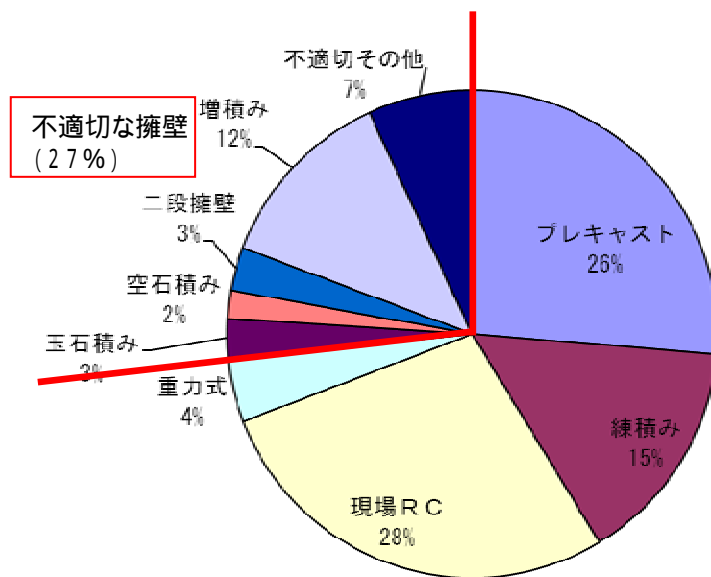
調査結果:

変状が生じやすいと思われる不適切な構造の擁壁の占める割合は、調査擁壁全体の**約3割**を占めた。

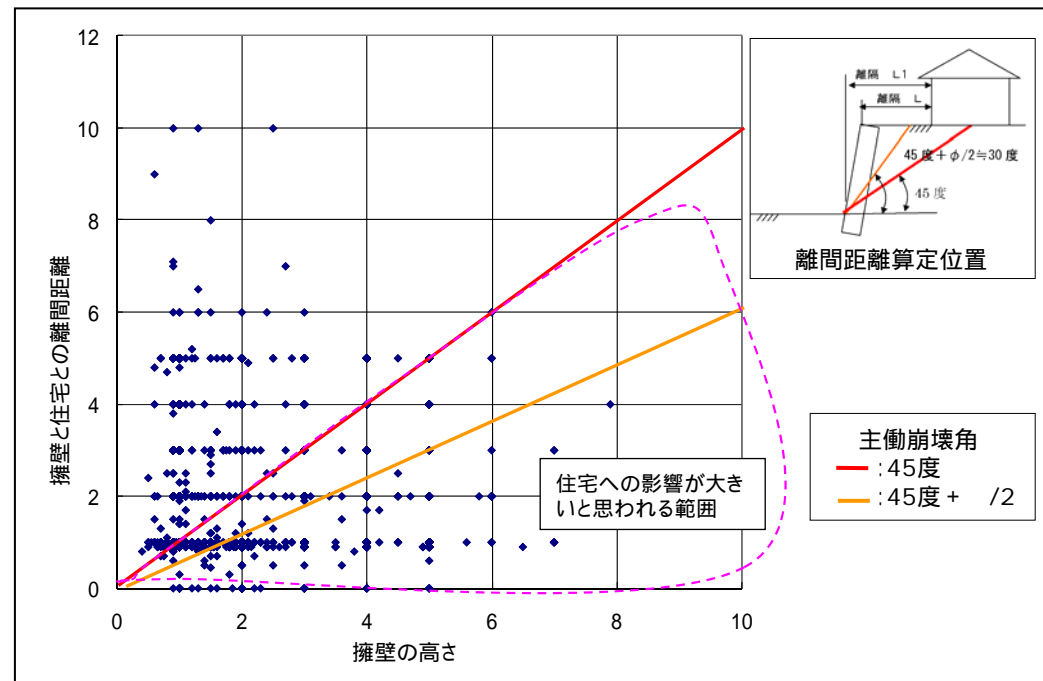
宅地擁壁と住宅との離間距離については、擁壁の高さ等と間に有意な関係は見られない。

離間距離に関わらず**高さ2m程度**の擁壁が多く、擁壁の高さに関わらず**離間距離が1~2m程度**の擁壁が多い。

主働崩壊角が45度の場合の影響線よりも内側に建てられている住宅は多く、その割合は調査擁壁全体の**7割以上**である。



擁壁の構造種別



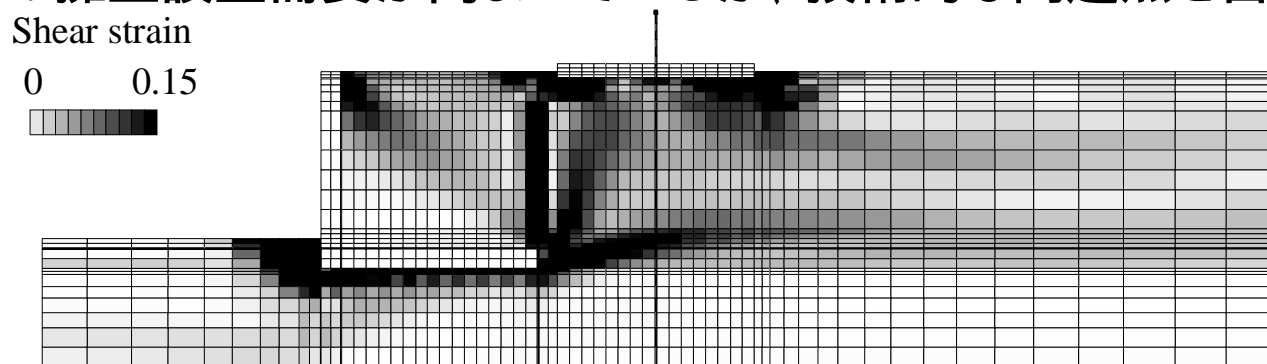
擁壁の高さと住宅との離隔距離分布

擁壁基礎に杭を用いる場合における検討課題

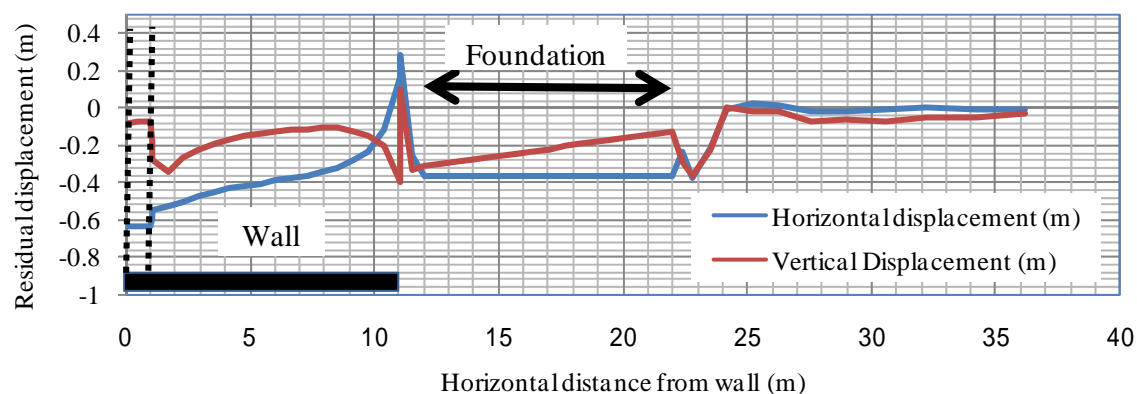
- 水平力を杭で負担する場合の水平変位が住宅に及ぼす影響を無視できないが、**杭の横抵抗に関する基準**が設けられていない。

高い擁壁の設置に関する検討

- 既存の宅地擁壁の高さは、**5m以下**が大半を占めている。
- 5m超の擁壁設置需要が高まっているが、技術的な問題点を含む。



地震後の残留せん断ひずみ



地表面上の残留変位量の分布

(二)崖地等敷地の安全性に係る技術的基準に関する検討

建築基準法(以下、法)第19条(敷地の衛生及び安全)に基づく、崖地等敷地の安全に関する問題点を、法第19条各項の要求事項と検討事項に整理して表1に示す。

法第19条第2項の「湿潤な土地、出水のおそれの多い土地又はごみその他これに類する物で埋め立てられた土地」に建築物を建築する場合には、盛土、地盤の改良その他衛生上又は安全上必要な措置」に対して「ごみ地盤」、同第4項の「建築物ががけ崩れ等による被害を受けるおそれのある場合においては、擁壁の設置その他安全上適当な措置」に対して「待受け擁壁」について行った技術基準に関する調査・検討を行った。

表1 法第19条の要求事項と検討が必要な事項

項	要求事項	検討事項
1	敷地は周囲の土地、道の境より高い (斜面地は周囲が高いことがある)	構造基準の設置 (周辺地形などによる要求条件)
	排水のための措置	具体的な要求性能、技術基準等
	防湿の必要のない場合(用途)	対象建物(用途)、技術基準等
2	盛土	構造基準(土質、層厚等要求条件)
	地盤の改良	要求性能、構造基準、構造方法等
	衛生上又は安全上必要な措置	構造基準、構造方法等
3	雨水排出	構造基準、敷地内排水基準 (雨水浸透:地盤の安定に影響)
	汚水排出・処理のための施設	要求性能、構造基準、構造方法等
4	擁壁の設置	構造基準、適用基準(高さ等)
	安全上適当な措置	具体的な要求事項、技術基準等

調査・検討を行った項目

ごみ地盤

- ごみ地盤関係の文献調査
- ごみ地盤の調査技術及び同対策技術の実態調査

崖地の安全上適当な措置(待受け擁壁)

- 崖地条例の制定実態調査と同条例の整理
- 崖地(斜面)の自然災害記録の整理
- 崖地(斜面・既存擁壁)の調査方法及び対策
- 崖地(斜面)の自然災害記録に基づく待受け擁壁の設置寸法(高さ)の検討

ごみ地盤

ごみ地盤の文献調査に用いた主な文献

- 地盤工学ハンドブック:朝倉書店(2007.9)
- ごみ埋立土地利用と基礎工の課題:基礎工(1992.8)
- 東京湾のごみ埋立地盤の安定化調査について:東京都港湾局(H13.5)

ごみ地盤の地盤調査と主な調査項目

- 工学的特性調査(力学、物理:組成・成分分析)
- 化学的特性調査(強熱減量、鋼材等の腐食性)
- 環境要因特性調査(地盤沈下、発生ガス等)

ごみ地盤の安定化指標(判定基準の目安の一例)

- 地盤沈下:ごみ層10m当たり年間沈下量10mm以下
- 地中温度:20 以下
- メタンガス濃度:5%以下
- 二酸化炭素濃度:10%以下

その他(ごみ地盤に関する注意事項)

- メタンガスの発生濃度と爆発事故の危険性
- 高濃度硫化水素の発生(石膏ボード等の埋立て)

課題:建築の基礎に適用するための詳細な検討

待受け擁壁

待受け擁壁の計算仮定を図1に、待受け擁壁の設置モデルを図2に示す。

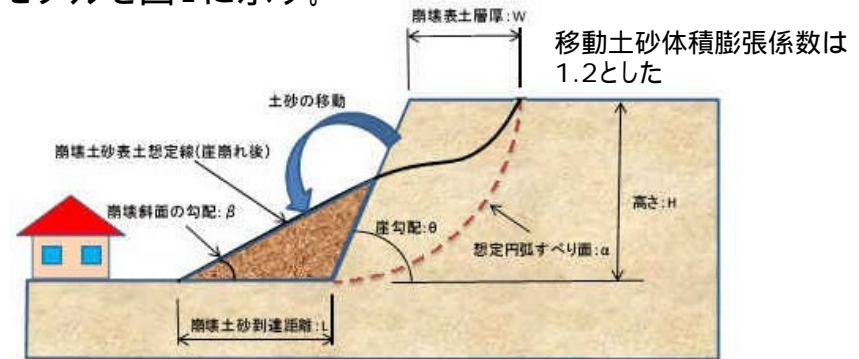


図1 待受け擁壁計算仮定

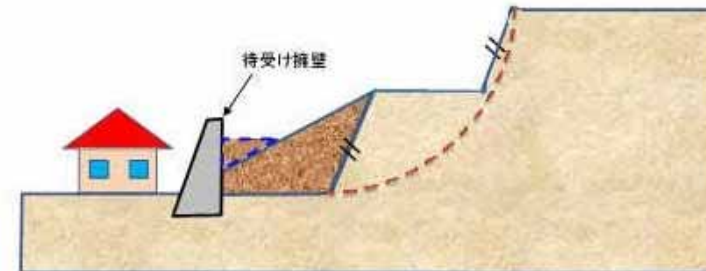


図2 待受け擁壁設置モデル

待受け擁壁の必要高さ検討パラメータと結果概要

- 崖の高さ: H (3,5,8,10m)
- 崖の勾配: (30,45,60°) 結果: (20,25,30°)以下
- 円弧すべり面の角度: (30,45,60°)

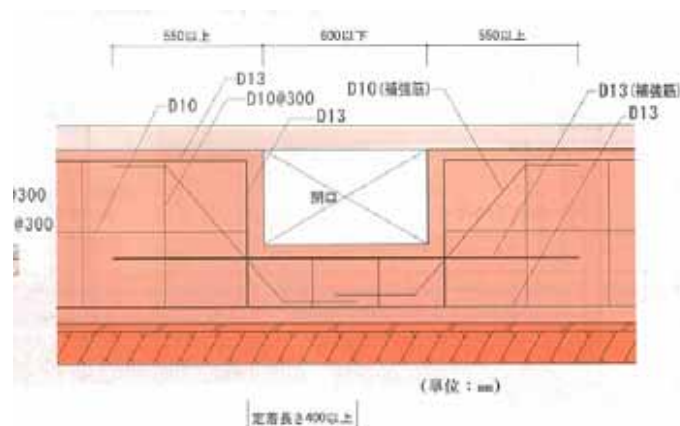
課題:静岡県建築構造設計指針・同解説の待受け擁壁(防土壁)と直線すべりを想定した待受け擁壁の検討

(ホ)しるあり防除工事における基礎のはつり工事に係る実態調査

しるあり防除工事など**木造住宅の床下工事^{*1}**において、**人が通れる基礎開口**を設けるために、既存木造住宅の布基礎の立ち上がりの**一部をはつる事例**があることが報告されている。基礎のはつり工事は、木造住宅の構造耐力への影響が懸念される。そこで**シロアリ防除工事**における基礎はつり工事に関する**実態調査**を行う。

*1:住宅リフォームにおける水回り工事や床暖房設置工事などでも配管、排水工事は床下での工事を伴うため、注意が必要となる。

新築の基礎



人通口の仕様が記載

住宅金融支援機構:木造住宅工事仕様書
平成20年版より人通口記載追加



新築住宅は、床下人通口の設置が標準となっている。

既存住宅の中には、床下人通口の設置が不十分な建物も存在する可能性がある。

社団法人日本しるあり対策協会
登録企業にアンケート実施

アンケートによる実態調査

対象: しろあり対策協会
登録企業
全国792社 回答率 29.4%



<http://www.hakutaikyo.or.jp/index.html>

- ・床下への**進入、床下移動で苦勞する建物は約3割**となった。
- ・しろあり防除工事を実施する建物は、**築年数は20年を超えるものが約6割**となった。
- ・床下移動で苦勞する建物3割のうち、**内部間仕切部基礎をはつり、人通口を設けるものが約半数**となった。
- ・はつり位置は建物の構造性能に**影響しない部分**とするとの回答が**7割**であった。