

道路橋基礎基準類の改定と 今後の動向について

国土交通省 国土技術政策総合研究所
構造・基礎研究室

七澤 利明

本日の内容

0. プロローグ
1. 基礎の被害等の実態
2. 道路橋基礎の設計基準における部分係数
設計法の適用
3. 基礎に関する研究・技術開発の展望

0. プロローグ

- 基準の変遷と改定の目的
- 鋼管杭基礎の変遷, 実績と今後

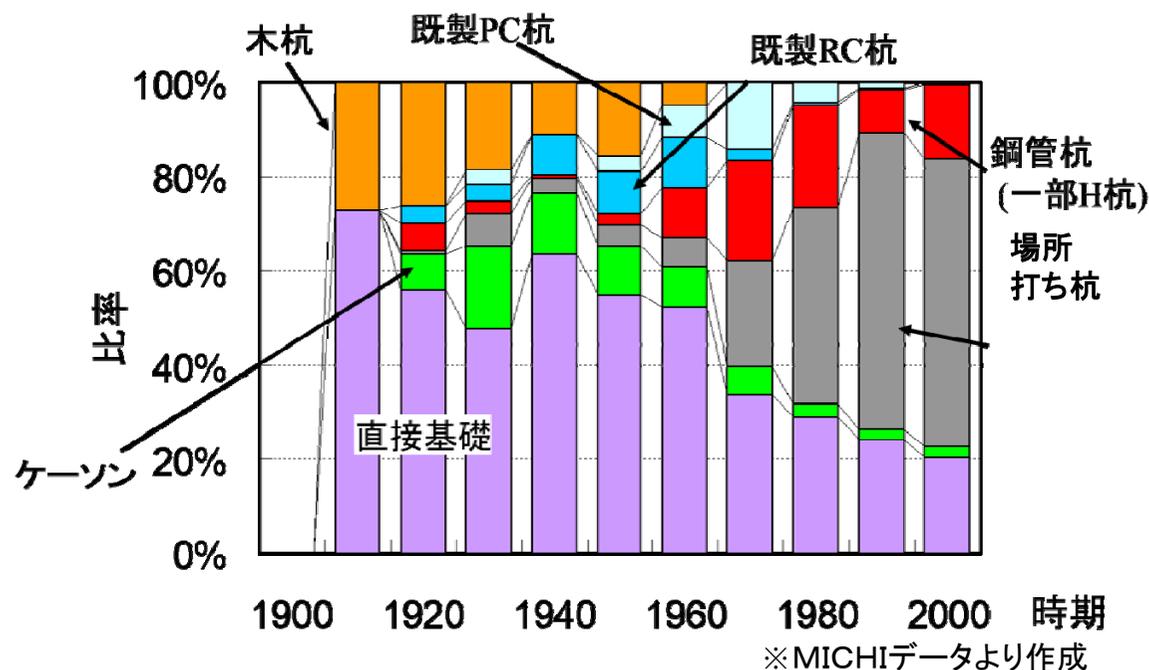
道路橋基礎に関する基準の変遷

昭和39年 (1964)	道路橋下部構造設計指針:くい基礎の設計篇
昭和41年 (1966)	":調査及び設計一般篇
昭和43年 (1968)	":直接基礎の設計篇
":	":杭基礎の施工篇
昭和45年 (1970)	":ケーソン基礎の設計篇
昭和48年 (1973)	":場所打ちくい基礎の設計施工篇
昭和51年 (1976)	":くい基礎の設計篇 改定 → 載荷試験に基づく支持力推定式・変位法の導入
昭和52年 (1977)	":ケーソン基礎の施工篇
昭和55年 (1980)	道路橋示方書IV下部構造編 → 8篇の指針の統合, 中掘り杭工法の追加
昭和59年 (1984)	鋼管矢板基礎設計指針
平成2年 (1990)	":IV下部構造編 改定 → 鋼管矢板基礎の追加
平成3年 (1991)	地中連続壁設計施工指針
平成5年 (1993)	":IV下部構造編 改定 → 活荷重の見直し
平成8年 (1996)	":IV下部構造編 改定 → 基礎のレベル2地震時照査の導入, 地中連続壁基礎の追加
平成13年 (2001)	":IV下部構造編 改定 → 性能規定化, フレボーリング杭工法・鋼管ソイルセメント杭工法・バイブロハンマ工法の追加
平成24年 (2012)	":IV下部構造編 改定 → 回転杭工法・深礎基礎に関する規定の追加
平成29年 (2017)	":IV下部構造編 改定 → 限界状態設計法・部分係数設計法の導入

基準の変遷と改定の目的

- ✓ 我が国の道路橋基礎設計基準は、基礎工法の開発や技術進歩に応じて規定等が充実(下図)。
 - ✓ 一方で、過去より様々な原因で基礎の被害や変状が発生(下写真)。被害等への対応も設計基準の改定に際しての主要な目的に。
- ⇒ さらなる設計・施工の合理化や被害等の防止に着目し、設計法見直しの方法論を明らかにした上で基準を改定することが重要。

道路橋基礎形式選定の変遷



支持層の崩落による被害
(H28熊本地震)



出典:土木研究所資料第4359号, 2017. 5

H29道路橋示方書の改定

✓ 平成29年に道路橋示方書が改定。主な改定内容は以下のとおり。

① 多様な構造や新材料に対応する設計手法の導入

■ 橋の安全性や性能に対しきめ細やかな設計が可能な設計手法を導入

⇒「部分係数設計法」及び「限界状態設計法」を導入

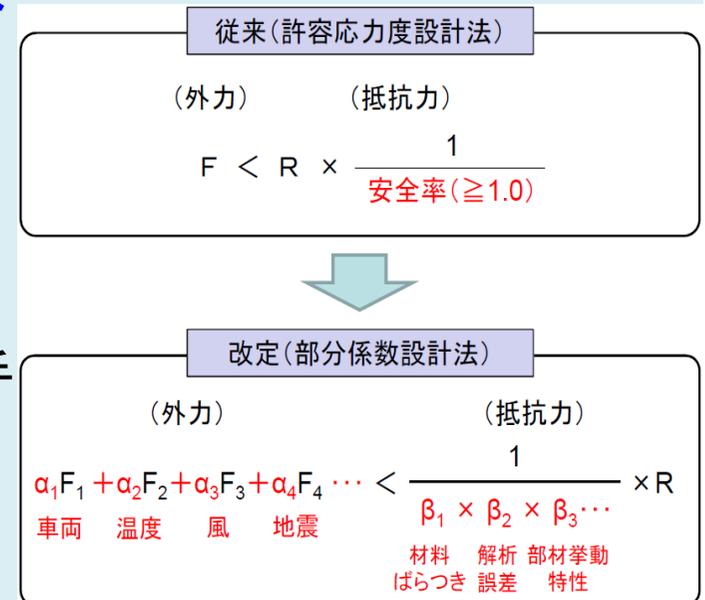
② 長寿命化を合理的に実現するための規定の充実

■ 設計供用期間100年を標準とし、点検頻度や手法、補修や部材交換方法等、維持管理の方法を設計時点で考慮

■ 耐久性確保の具体の方法を規定

③ その他の改定

■ 熊本地震を踏まえた対応等

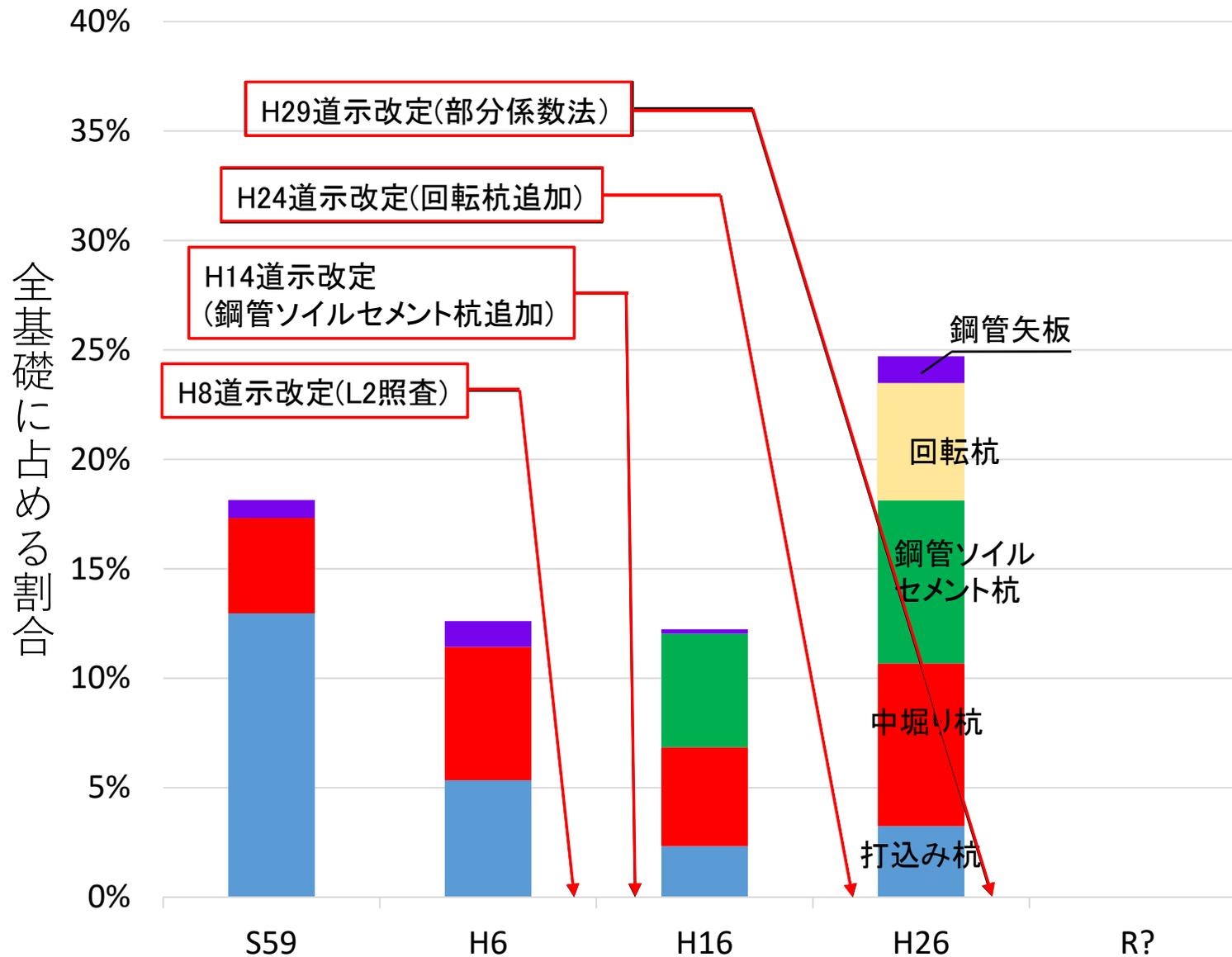


出典:国土交通省,「橋,高架の道路等の技術基準」(道路橋示方書)の改定について,2017.

✓ H29道示に対応して,各種便覧の改定が順次実施。

- 杭基礎設計便覧
 - 杭基礎施工便覧
 - 鋼管矢板基礎設計施工便覧 (改定中) 等
- } 令和2年9月改定

鋼管杭基礎の変遷・実績



(注)・土木研究所資料第2528,3500,4037,4339号より集計。
 ・打込み杭工法にはH鋼杭を含む。

近年開発された鋼管杭工法の特徴

■ 鋼管ソイルセメント杭工法

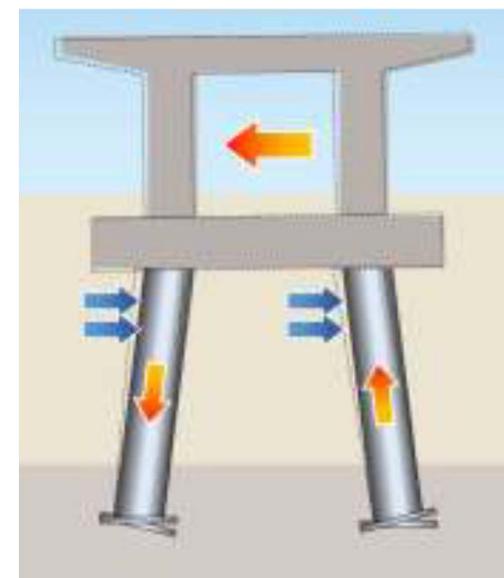
- ✓ リブ付き鋼管とソイルセメントを一体化することにより、高い部材耐力・剛性を発揮。
⇒ 高い水平抵抗力
- ✓ 摩擦杭、被圧条件下での適用が可能。
- ✓ 施工管理装置により、支持層到達管理等を高精度化。



※JFEウェブサイトより

■ 回転杭工法

- ✓ 先端羽根により、高い押し込み／引抜き支持力を発揮。
- ✓ 斜杭での施工が可能。
⇒ 高い水平抵抗力
- ✓ 施工管理装置により、支持層到達管理等を高精度化。



※JASPP提供

鋼管杭基礎の今後？

✓ 騒音・振動規制により打込み杭工法(打撃工法)が減少する一方, 近年の技術開発(鋼管ソイルセメント杭工法, 回転杭工法)により, 鋼管杭基礎の比率は増加。

↑ 騒音・振動規制だけでない, 社会的ニーズ(高い水平抵抗力によりL2地震や軟弱地盤に有利)に対応した技術開発の成果。

✓ 今後の技術開発や技術の展開をどのように進めるべきか？

⇒ 基礎の設計基準改定に関する検討内容を理解したうえで, 今後の展望を考えてみましょう！



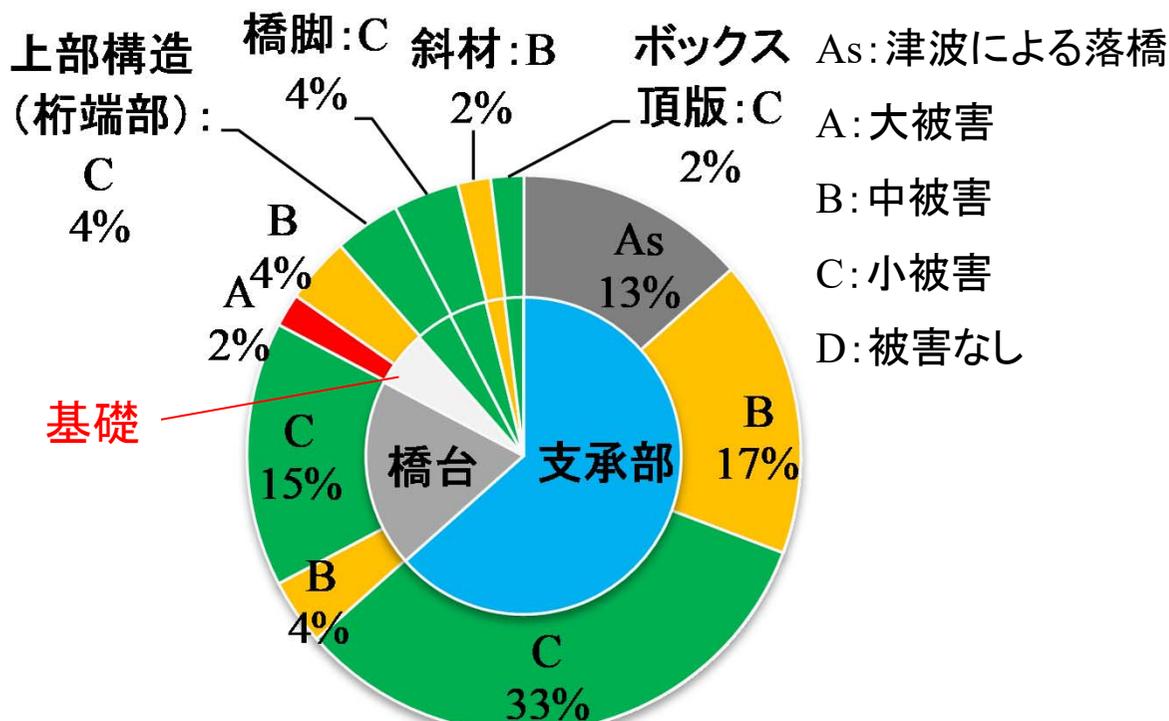
1. 基礎の被害等の実態

- 既設基礎の被害の割合・被災度
- 基礎に関する不具合の要因

被害が生じる既設基礎の割合と被災度

- ✓ 平成23年東北地方太平洋沖地震での仙台市内401橋の被災度判定の結果被害が生じた橋は52橋(13%)、基礎に被害が生じた橋は3橋(0.7%)と限定的。ただし、基礎は被災度が全てAまたはBと被害は大。
- ✓ 熊本地震でも被害は限定的。

地震により被害が生じた道路橋の損傷部位と被災度



出典: 稲積他, 東北地方太平洋沖地震における仙台市内の道路橋の被災度分析, 土木学会論文集A1, 2015.

東北地方太平洋沖地震で生じた杭の被害

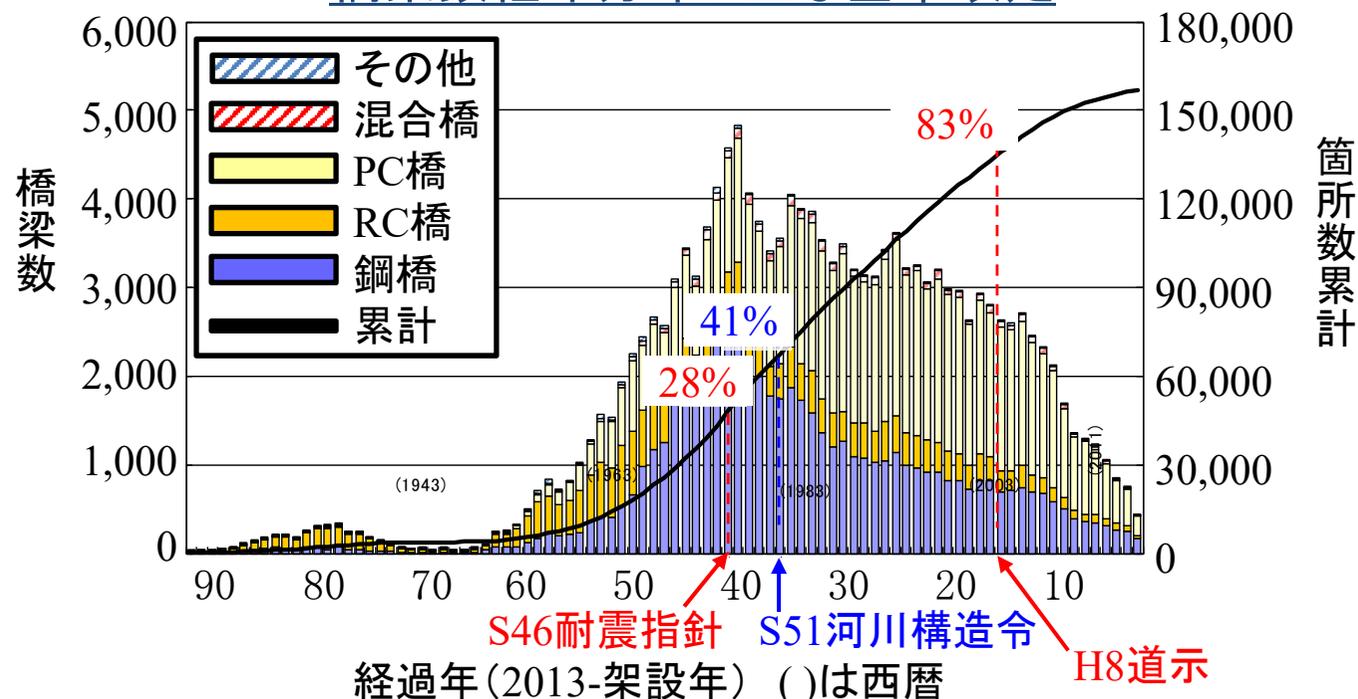


出典: 土木研究所資料第4367号, 2018.

被害等が生じる既設基礎の割合と被災度

- ✓ 液状化設計(S46耐震指針), L2照査(H8道示)導入前の橋梁数は各々全体の約3割, 約8割。一方, 既往の被災割合から, 旧基準で作られた橋の多くは大地震を受けても大きな被害なし。
- ✓ 水害に関しても, S51河川構造令以前の橋梁数は全体の約4割を占めるが, 同様に被害は限定的。
- ✓ ただし, 復旧工事が必要な大被害の多くは基礎の変状により発生。

橋梁数経年分布と主な基準改定



※「国土技術政策総合研究所資料第822号(2015)」に加筆

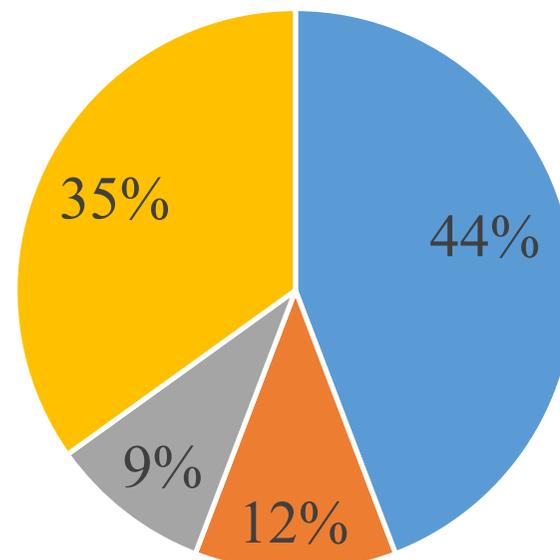
基礎に被害等が生じる要因の分析

- ✓ (国研)土木研究所における技術相談の傾向より、橋梁・上部構造では維持管理段階(供用後)が最多。一方、基礎は施工時の相談事例が最多。
- ✓ 地盤の変動・喪失による変状(水平移動・傾斜, 沈下, 洗掘・浸食)が多く発生。

橋に関する相談事例の内訳(H23-29年度)

相談時点	橋全体	うち	
		上部	基礎
設計時	37	14	9
施工時	47	20	28
供用後	141	69	23

基礎の施工時・供用後の変状事例の内訳



基礎に被害等が生じる要因の分析

- ✓ 既往の基礎の被害・変状事例を対象に、被害等が生じた要因を分析。
 - 施工中の橋台の側方移動
 - 施工中の構造物の沈下
 - 施工中の橋台の傾斜
 - 施工中の橋台・橋脚の沈下
 - 供用中の斜面上の橋台の崩落
 - 施工中の橋台背面盛土の変状
 - 地震時の斜面上の橋台の沈下
 - . . .

基礎に被害等が生じる要因の分析

- ✓ 既往の基礎の被害・変状事例を対象に、被害等が生じた要因を分析。
 - 施工中の橋台の側方移動
 - ...
- ✓ 分析結果から、計算手法の高精度化・地震動の強化など設計法の充実・強化だけで基礎の被害や変状を防ぐことはできず、調査や施工に関する規定の強化や充実が必要。
- ✓ ただし、現場の条件により必要な調査は異なること、従来からの標準的な方法で不具合が生じていない橋も多いことから、調査や施工に関する規定を一律に仕様規定的に強化することは困難。
 - ⇒ 適切な質・量の地盤調査や高精度な施工管理技術の適用等によりメリットが生じる設計法に変えていくことが望まれる。
 - ⇒ 信頼性設計法の適用による検討。

2. 道路橋基礎の設計基準における 部分係数設計法の適用

- 信頼性設計法の適用による効用と課題・
注意点
- 地盤調査と施工の不確実性を考慮した基
礎の部分係数設計法
- 杭基礎の耐荷性能照査における部分係
数の設定例

信頼性設計法の適用による効用

- ✓ 国内外での設計基準への適用実態から、信頼性に基づく部分係数設計法を基準に適用する効用は次のとおり。
 - ①設計基準が国際的な動向に対応
 - ②信頼性が整うことにより各構造物に対する資源配分が適正化
 - ③各要素のばらつきの程度に応じた合理的な部分係数の設定が可能
 - ④データから部分係数を設定でき、新材料・部材の導入が促進
 - ⑤データをもとに部分係数の見直しが可能
- ⇒ ③に関して、地盤調査や施工の条件毎にばらつきを評価し、異なる部分係数を設定することが可能。
- ⇒ ただし、既往の基準導入例では、信頼性に基づく部分係数の適用は死活荷重が支配的な状況など限定的。特に基礎の設計で支配的となる地震時の作用に対する設計については、基本的に従来の安全率相当の設計が踏襲。

信頼性設計法の適用に際しての課題や注意点

- ①信頼性理論は有意な統計データがある範囲でしか適用できない。
基準で示す安全率等の安全余裕は、過去からの設計・施工の積み上げや変状事例への対応等から、必ずしも定量的に評価できない不確実性や設計で考慮できない要素も含んだうえで規定（下表）。この点を考慮して設計方法全体を見直す必要。
- ②前提となる調査・施工管理法等を同時に定める必要。
- ③実務者が理解しやすく、エラーが生じにくいものに。

統計データを有する要素等	<ul style="list-style-type: none">・支持力推定式の推定精度・杭の軸方向ばね定数推定式の推定精度・水平方向地盤反力係数推定式の推定精度・杭・フーチングの剛性および杭頭接合部の剛性・杭体の出来形のばらつき（既製杭）等
統計データの取得がないあるいは困難な要素等	<ul style="list-style-type: none">・地盤の強度・変形特性の空間的ばらつき・地盤抵抗の時間的変化・地下水位の変化・杭体の出来形のばらつき・フーチング周りの地盤抵抗のばらつき・調査・設計・施工時の人為的なばらつき, エラー 等

地盤調査と施工の不確実性を考慮した基礎の部分係数設計法

【基礎の被害等の実態】

- ✓ 一部で社会的影響の大きな被害。
⇒ 要因を分析し、対応が必要。[A]

- ✓ 被害の割合は限定的。
⇒ 一般に安全率に不足なし。[B]

【被害の要因の分析】（[A]への対応）

- ✓ 支持層への未到達。供用中に不安定となる層への支持。
⇒ 安定/不安定な層の確実な把握（調査、施工）。[C₁]
- ✓ 不安定な地盤に対する調査・評価不足。
⇒ 力学特性の正確な評価（調査）。[C₂]

【基準での対応】（[C]への対応）

- ✓ 調査・施工関連規定の強化・充実が必要。
- ✓ ただし、調査・施工規定の一律的な強化は困難。
⇒ **調査・施工の強化・充実がメリットとなる設計法に転換。**[D]

【信頼性設計法の効用】（[D]への対応）

- ✓ 不確実性を評価し、設計法に取り込むことが可能。
⇒ **調査・施工の信頼性を考慮した設計法に。**[E]

【信頼性設計法の課題】

- ✓ データが取得できる範囲でしか評価できない。
- ✓ 従来の基準ではデータがない範囲も含めて安全率等が設定。
⇒ **従来の基準における安全余裕を基本。**（[B]と関連）[F]
- ⇒ **信頼性は条件の違いでの相対評価**に活用。（[D]と関連）[G]

【既往の知見】

- ✓ 実務への適用性から**部分係数設計法が妥当。**[H]

【地盤調査と施工の不確実性を考慮した部分係数設計法の提案】

- ✓ （一律の安全率に代わり）**調査・施工条件に応じて部分係数を変える部分係数設計法を検討・提案。**（[E,G,H]と関連）
- ✓ **従来の基準で標準となる調査・施工での安全余裕を基本として信頼性目標を設定。**（[F]と関連）

【検討対象・方法】

- ✓ **杭基礎の安定・部材照査を対象として部分係数を設定。**
- ✓ 部分係数の設定検討の前に、要求性能に照らした**限界状態の明確化、従来の基準に示す推定式の見直し**検討を実施。

① 要求性能に照らした限界状態の明確化

■ 安定照査

✓ 従来基準での照査意図・解釈から，下表に示す照査体系に。

照査	照査内容	照査項目
<u>杭基礎の変位の制限に関する照査</u>	永続的に作用する荷重によって生じる変位を抑制するための照査と位置づけ，変位を抑制するための制限値を定め，これを超えないことを照査。	・沈下量 ・引抜き量 ・水平変位
<u>耐荷性能に関する照査</u>	基礎の応答の可逆性を確保するための照査と位置づけ，地盤抵抗の弾性限界点に対して所要の安全余裕度を確保した制限値を定め，これを超えないことを照査。 安全性を確保するための照査を追加。	・押し込み支持力 ・引抜き抵抗力 ・水平抵抗力

■ 部材照査

✓ 従来基準での照査意図・解釈から，以下の照査体系に。

(i) 耐荷性能に関する照査(弾性限界点, 最大強度点)

(ii) 耐久性能に関する照査

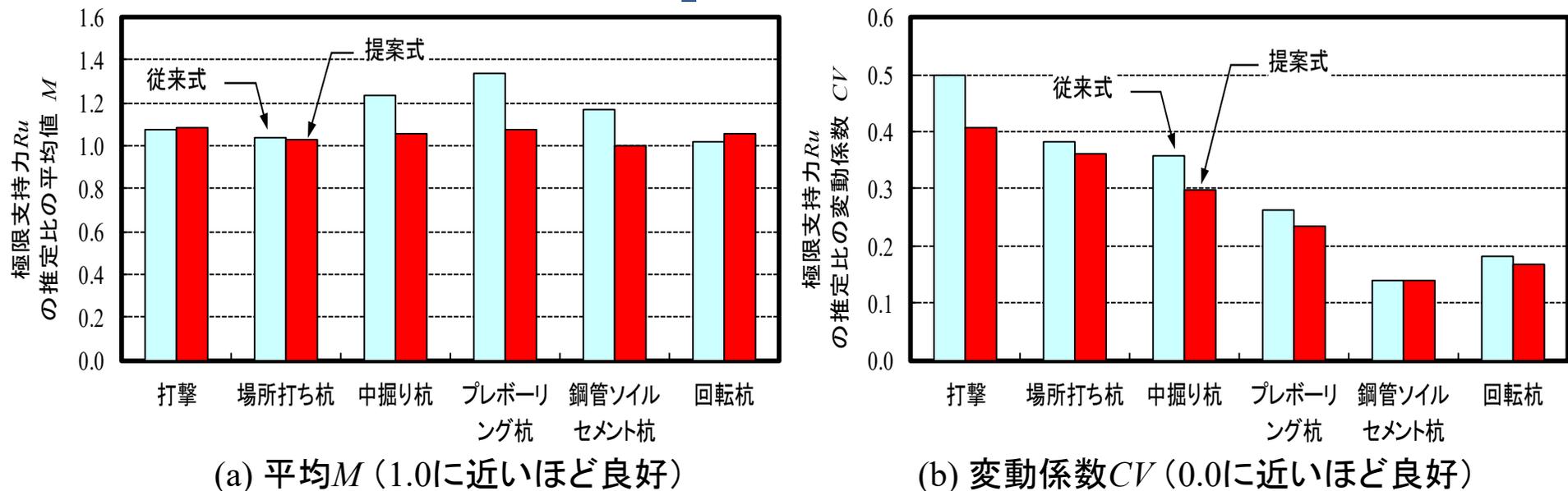
(iii) その他の照査 ((i),(ii)以外, 破壊形態を制御するための照査など)

⇒ 上記のうち，耐荷性能に関する照査を対象に部分係数を設定。

② 従来の基準に示す推定式の見直し ～ 杭の軸方向の押し込み支持力推定式 ～

- ✓ 従来式では概ね下限値となるよう設定。最新の载荷試験データで推定式を見直し、特性値は平均的な値として部分係数で安全余裕を確保。
- ⇒ 推定比(=実測値/推定値)を比較すると、従来式に比べて提案式の推定精度が概ね向上(下図)。(回転杭は従来式が良好。)

極限支持力 R_u の推定精度(従来式・提案式)

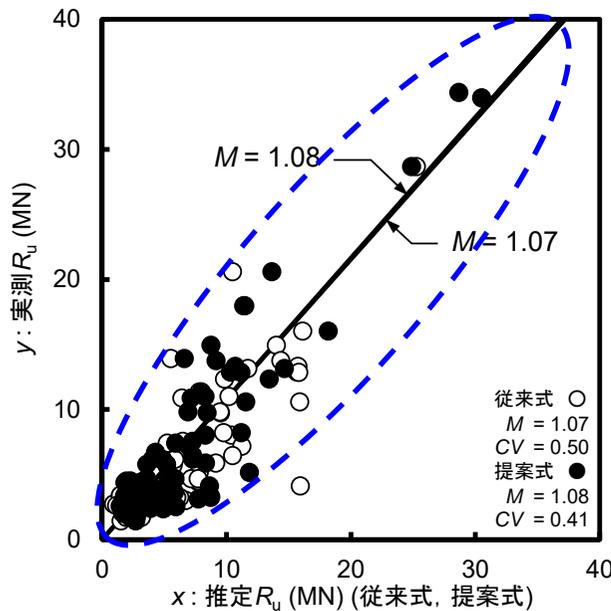


② 従来の基準に示す推定式の見直し ～ 杭の軸方向の押し込み支持力推定式 ～

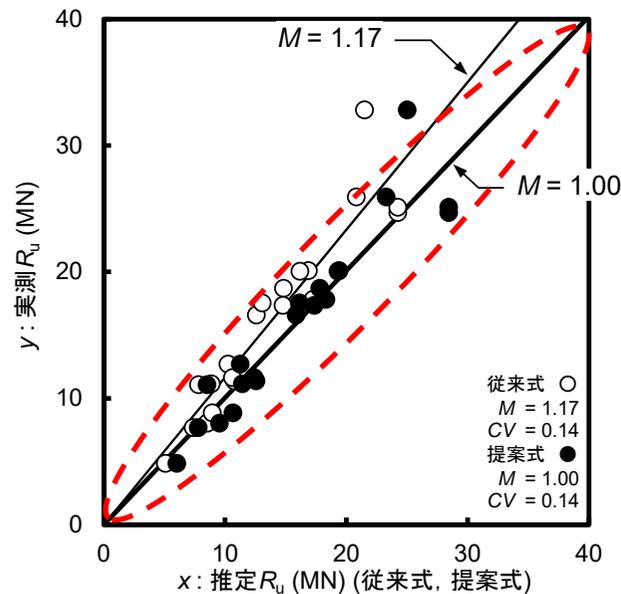
✓ 鋼管杭系では、鋼管ソイルセメント杭工法や回転杭工法の推定精度が良好。

↑ 施工管理装置による支持層到達管理等の高精度化等が寄与。

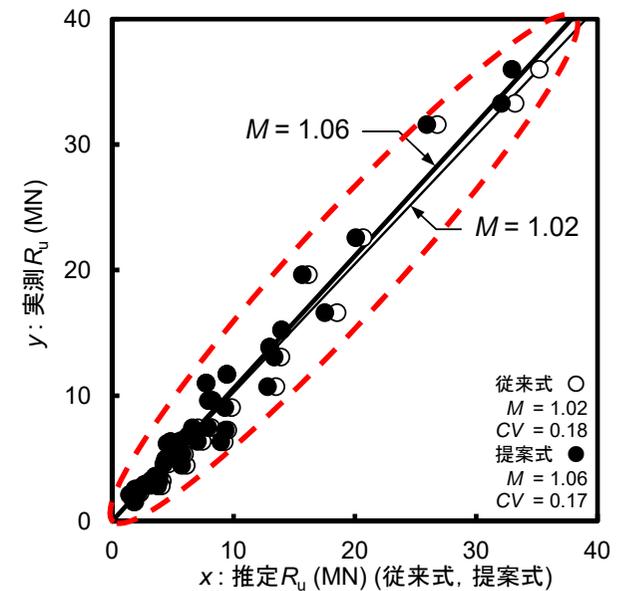
極限支持力 R_u の実測値-推定値関係 (従来式・提案式)



(a) 打撃工法



(b) 鋼管ソイルセメント杭工法



(c) 回転杭工法

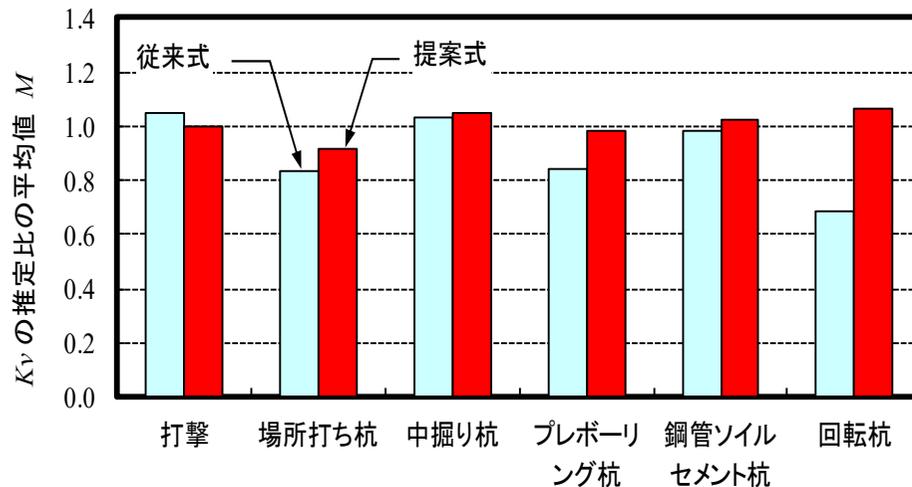
② 従来の基準に示す推定式の見直し ～ 杭の軸方向のばね定数 K_v 推定式 ～

- ✓ 従来式では、杭先端地盤の特性が推定値に反映されない点が課題。杭体部分だけでなく杭先端の影響を考慮できる K_v 推定式を提案。

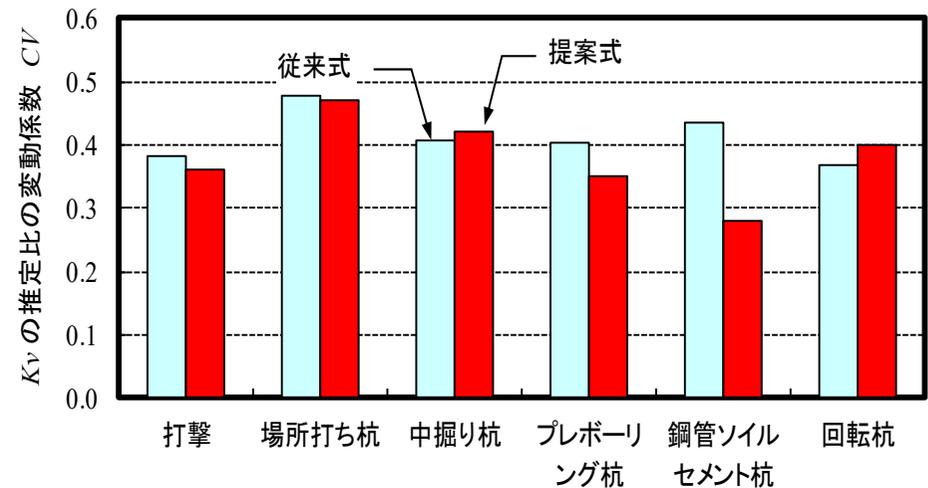
$$K_v = \frac{P_{oy}}{S_{oy}} = \frac{\overset{\text{杭頭降伏荷重}}{P_{oy}}}{\underset{\text{杭体変形量}}{\Delta L_y} + \underset{\text{杭先端変位}}{S_{py}}}$$

- ⇒ 推定比(=実測値／推定値)を比較すると、従来式に比べて提案式の推定精度が概ね向上(下図)。

K_v の推定精度(従来式・提案式)



(a) 平均 M (1.0に近いほど良好)



(b) 変動係数 CV (0.0に近いほど良好)

杭基礎の耐荷性能照査における部分係数の設定例

- ✓ 部分係数設計法 (LRFD) の基本式は以下のとおり。

$$\Sigma P_i (\gamma_i L_i) = \phi R$$

ここに、

P_i : 作用効果 (作用の特性値に対して算出される応答値)

γ_i : 作用に関する部分係数

L_i : 作用の特性値

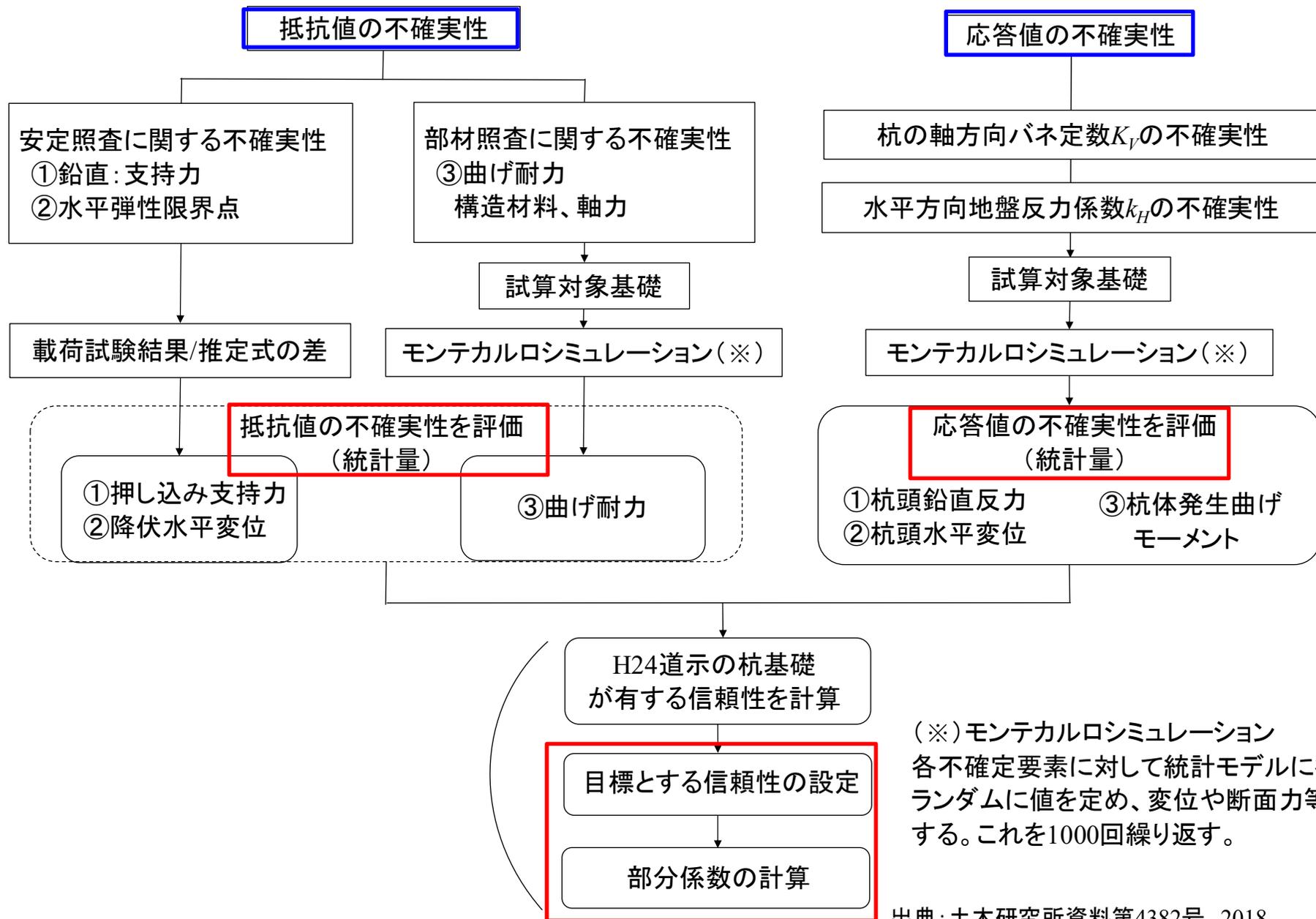
ϕ : 抵抗に関する部分係数

R : 抵抗の特性値

- ✓ ここでは、抵抗側に関係する不確実性 (抵抗値や応答値の算出に関する不確実性) を検討対象とし、荷重は確定値として扱う (γ_i は検討対象外)。
- ✓ $\Sigma P_i = P$ と表し、以下の式における抵抗側の部分係数 ϕ を検討。

$$P = \phi R$$

杭基礎の耐荷性能照査における部分係数の設定例



杭基礎の耐荷性能照査における部分係数の設定例

(1)部材の強度・変形特性に関する不確実性

✓ 鋼構造・コンクリート構造の検討に準じて設定。

(2)地盤抵抗に関する不確実性 1)鉛直地盤抵抗

✓ 新たな推定式の統計量により設定。

(2)地盤抵抗に関する不確実性 2)水平地盤抵抗

✓ 水平方向地盤反力係数 k_H の特性値は, H24道示IVに準じて設定。

✓ 不確実性の統計量は, 既往の知見に基づき5つのCaseを設定。

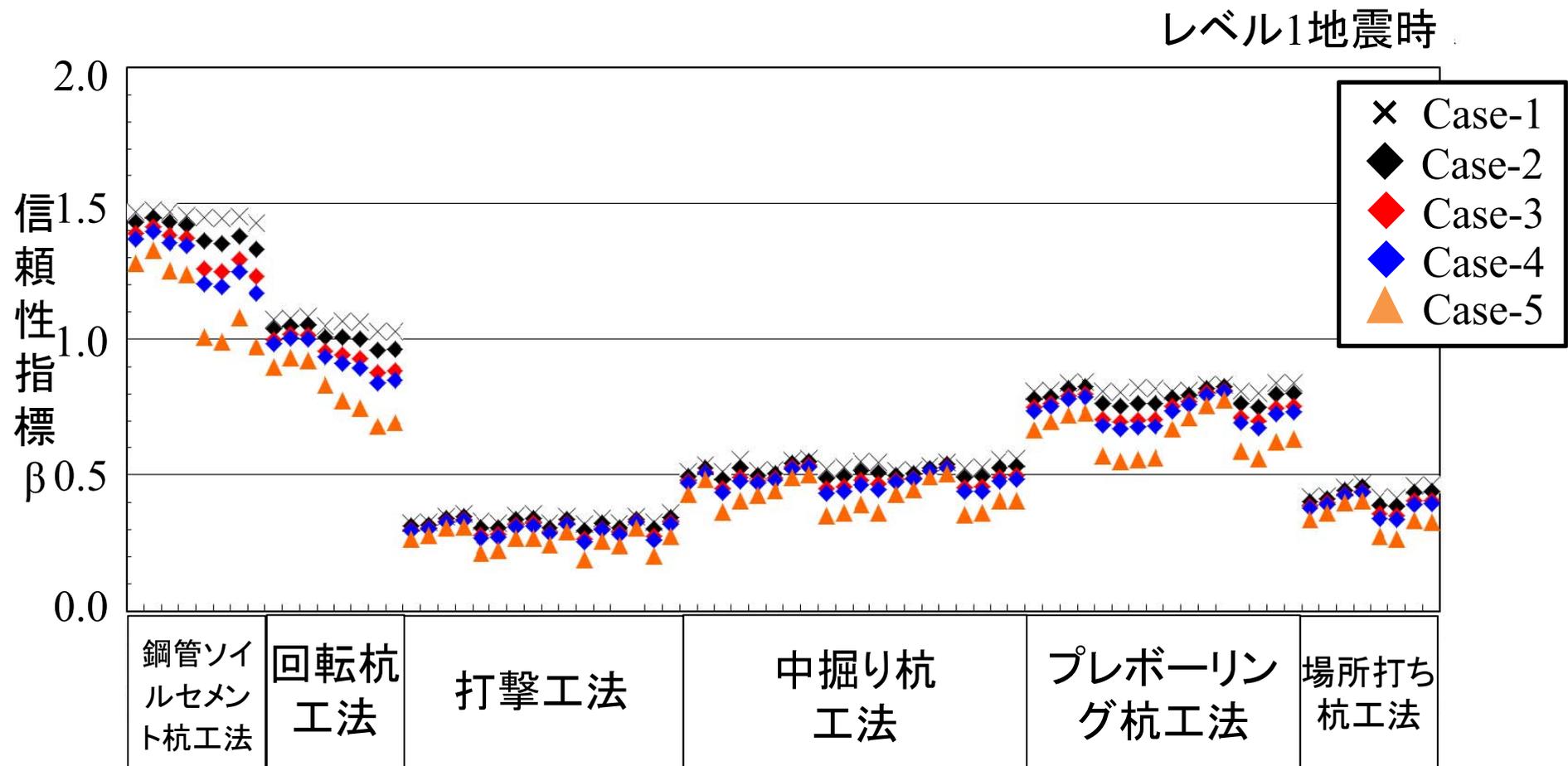
k_H の不確実性の統計量(対数正規分布)

検討ケース	水平方向地盤反力係数(変形係数)の推定方法	平均	変動係数	
Case-1	<u>杭の水平載荷試験</u> から水平方向地盤反力係数を推定	1.00	0.25	
Case-2	標準貫入試験に加えて <u>室内試験または孔内水平載荷試験</u> を行って変形係数を推定		0.45	
Case-3	<u>標準貫入試験のN値</u> のみから変形係数を推定		N値が5以上の砂質土	0.60
Case-4			N値が5以上の粘性土	0.70
Case-5			N値が5未満	1.00

杭基礎の耐荷性能照査における部分係数の設定例

～ 軸方向押込み力に対する安定照査 ～

- ✓ H24道示IVで設計された杭基礎の降伏支持力の信頼性を計算。
- ✓ 地盤調査法等による違い: 最大でも0.03と小 (Case 5を除く)。
- ✓ 杭工法による違い: 0.88から0.71の範囲でばらつく結果に。



試算対象基礎

出典: 土木研究所資料第4382号, 2018.

杭基礎の耐荷性能照査における部分係数の設定例 ～ 軸方向押込み力に対する安定照査 ～

- ✓ 目標とする杭基礎の抵抗に関する信頼性指標 β_T^R に対応する抵抗側の部分係数 ϕ について、影響が支配的となる杭工法の違いに応じた部分係数を計算。
- ⇒ 推定精度の違いによらず同等の信頼性確保が可能に。
- ⇒ 精度の高い杭工法を適用した場合、合理的な設計を行うことが可能に。

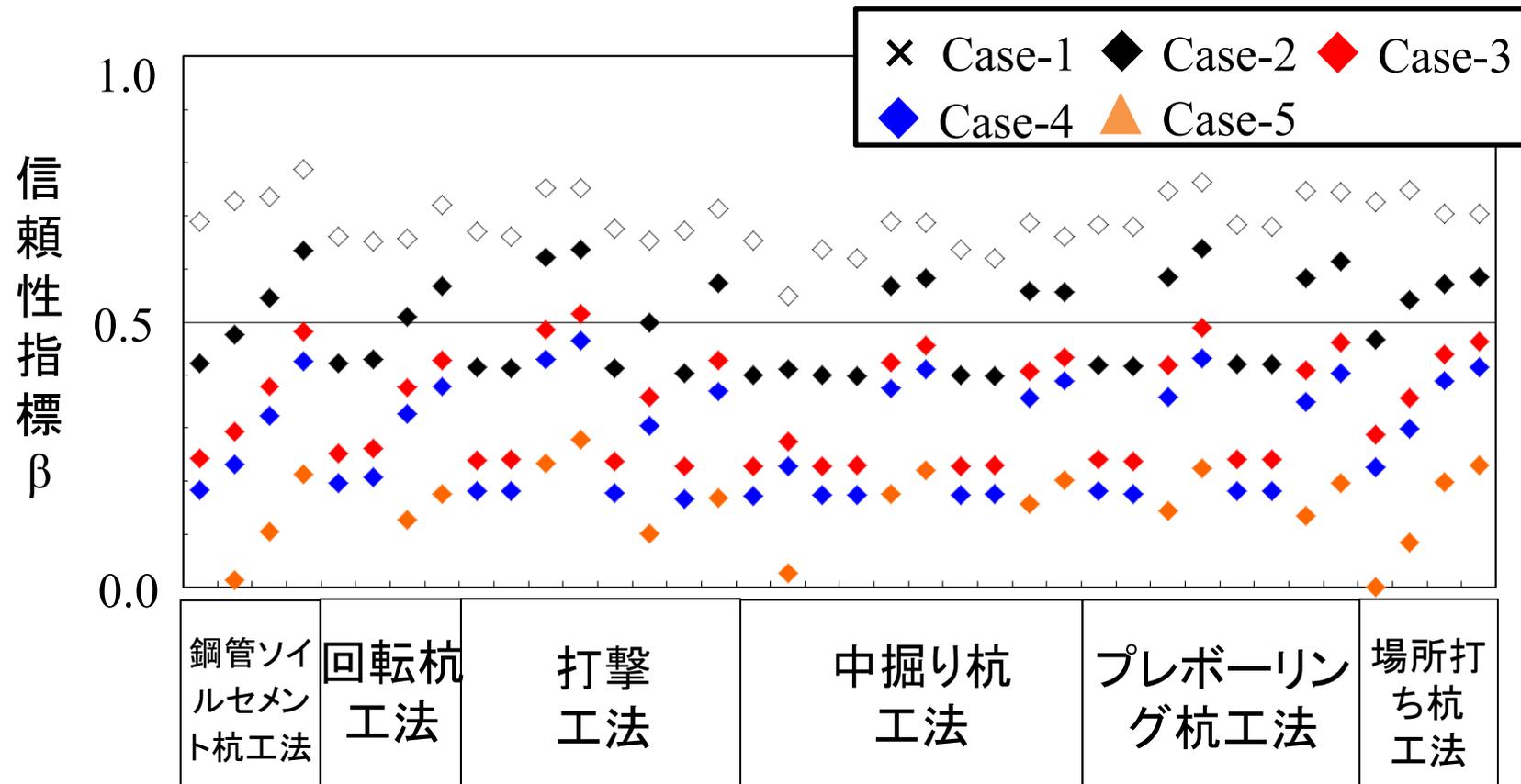
軸方向押込み力に対する杭の降伏支持力の照査に関する部分係数 ϕ と比の計算結果

杭工法		部分係数 ϕ		比
従来工法	打撃	0.71	0.74 (平均 値)	0.96
	場所打ち杭	0.74		1.00
	中掘り杭	0.77		1.04
新工法	プレボーリング杭	0.82	—	1.11
	鋼管ソイルセメント杭	0.88		1.19
	回転杭	0.85		1.15

注) 土木研究所の研究成果(土木研究所資料第4382号)であり、基準に示される部分係数とは異なる。

杭基礎の耐荷性能照査における部分係数の設定例 ～ 水平荷重に対する安定照査 ～

- ✓ H24道示IVで設計された杭基礎の降伏水平変位の信頼性を計算。
- ✓ 地盤調査法等による違い: Case 1とCase 4の差は0.16と大きい。
- ✓ 杭工法による違い: 杭工法による差ではなく同一杭工法内で試算対象基礎により差があり(差別化は困難)。



杭基礎の耐荷性能照査における部分係数の設定例 ～ 水平荷重に対する安定照査 ～

- ✓ 目標とする杭基礎の抵抗に関する信頼性指標 β^R_T に対応する抵抗側の部分係数 ϕ について、地盤調査法等の違いに応じた部分係数を計算。
- ⇒ 推定精度の違いによらず同等の信頼性確保が可能に。
- ⇒ 精度の高い地盤調査法等を適用した場合、合理的な設計を行うことが可能に。

水平荷重に対する杭の降伏水平変位の照査に関する部分係数 ϕ と比の計算結果

水平方向地盤反力係数(変形係数)の推定方法	部分係数	比
Case 1: 杭の水平載荷試験から水平方向地盤反力係数を推定	0.76	1.09
Case 2: 標準貫入試験に加えて室内試験または孔内水平載荷試験を行って変形係数を推定	0.70	1.00
Case 3: 標準貫入試験のN値のみから変形係数を推定(N値が5以上の砂質土)	0.63	0.90
Case 4: 標準貫入試験のN値のみから変形係数を推定(N値が5以上の粘性土)	0.60	0.86
Case 5: 標準貫入試験のN値のみから変形係数を推定(N値が5未満)	0.49	0.70

注) 土木研究所の研究成果(土木研究所資料第4382号)であり、基準に示される部分係数とは異なる。

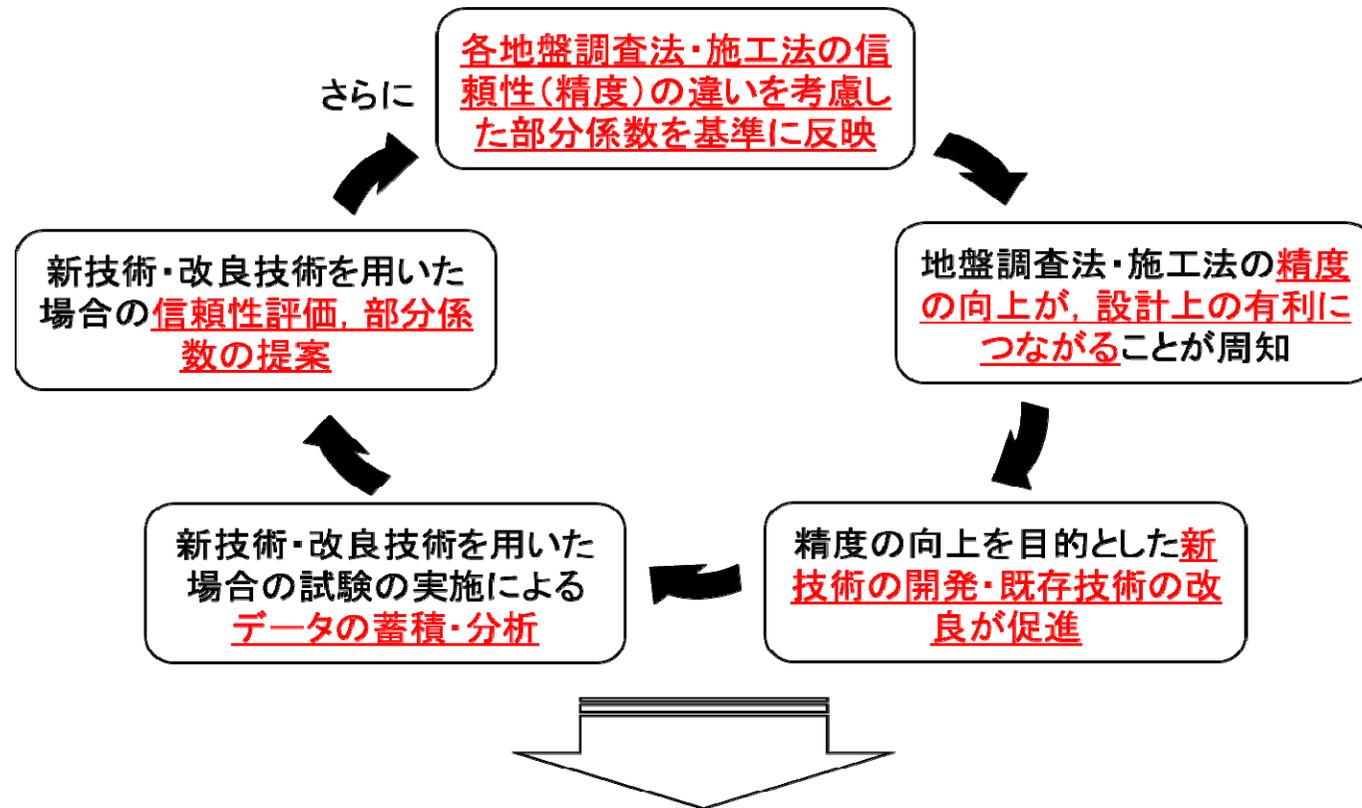
3. 基礎に関する研究・技術開発の 展望

- (1) 技術開発と信頼性向上の“正のサイクル”
- (2) リスクはコスト
～地質・地盤リスクへの対応～
- (3) 基礎の技術のイノベーション

(1) 技術開発と信頼性向上の“正のサイクル”

- ✓ 技術の信頼性を反映できる部分係数設計法の導入により、今後、信頼性の高い技術の開発・改良を行うことで、さらなる設計の合理化や信頼性の向上が可能に。

⇒ 技術開発と信頼性向上の“正のサイクル”



さらなる設計の合理化・信頼性の向上

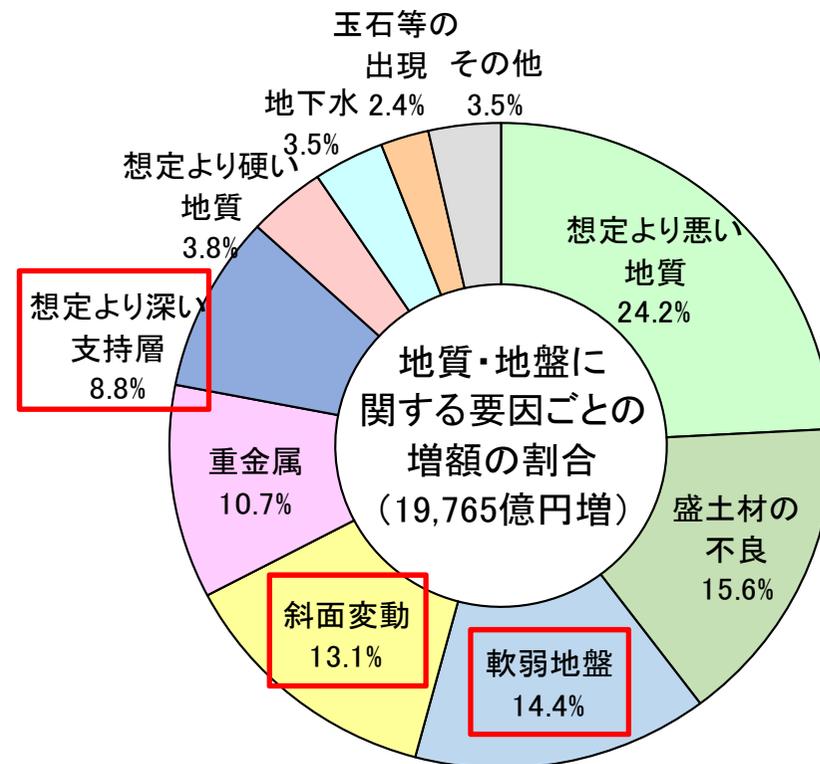
(2) リスクはコスト ～地質・地盤リスクへの対応～ (1/3)

- ✓ 近年、地質・地盤リスクが大きな社会的損失を招いている。
- ✓ 基礎関連でも、想定より深い支持層等による不具合が散見。

事業再評価における増額
(H26～R1合計:国土交通省)

	全事業	
		うち道路
地質・地盤に起因する 事業費増額(円)	2.0兆	1.8兆
地質・地盤に起因する 増加率	39.5%	50.9%

増額の地質的要因の内訳



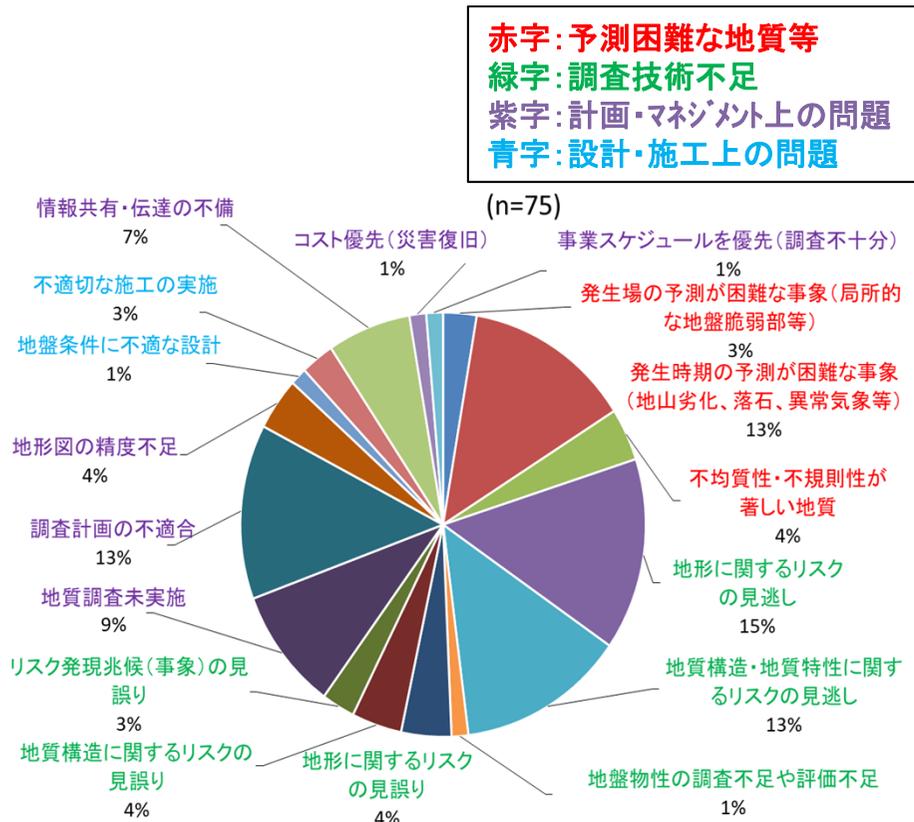
出典:佐々木靖人「土木事業における地質・地盤リスクマネジメント技術」, 土木技術資料 63-1, 2021.

(2) リスクはコスト ～地質・地盤リスクへの対応～ (2/3)

✓ 顕在化した地質・地盤リスクの8割は改善が可能 (調査技術不足, 情報伝達不足, 設計・施工上の課題等)。(地質リスク学会分析)

⇒ 事業を通じてのリスクマネジメントの導入が重要。

リスク事例における主なリスク発生要因



地質・地盤リスクマネジメント技術の開発体系



(2) リスクはコスト ～地質・地盤リスクへの対応～ (3/3)

✓ 前出のリスクマネジメントに加え、リスク対応を可能とする各フェイズでの技術開発・進展が抜本的な改善に寄与。

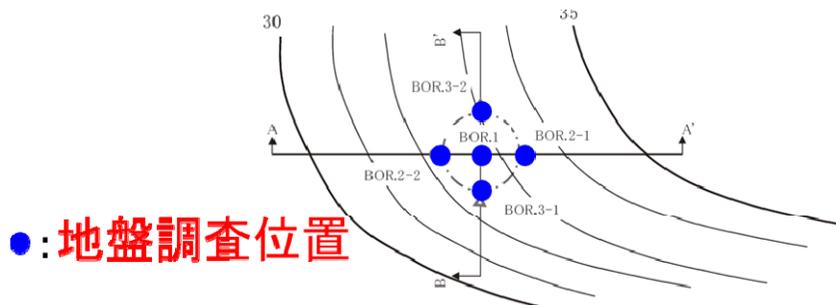
(例) a) 調査～・地形条件に応じた調査種類・数量の標準化

b) 設計～・a)による信頼性評価と設計法への反映((1)参照)

・斜面変状のリスクを考慮した基礎構造の設計法

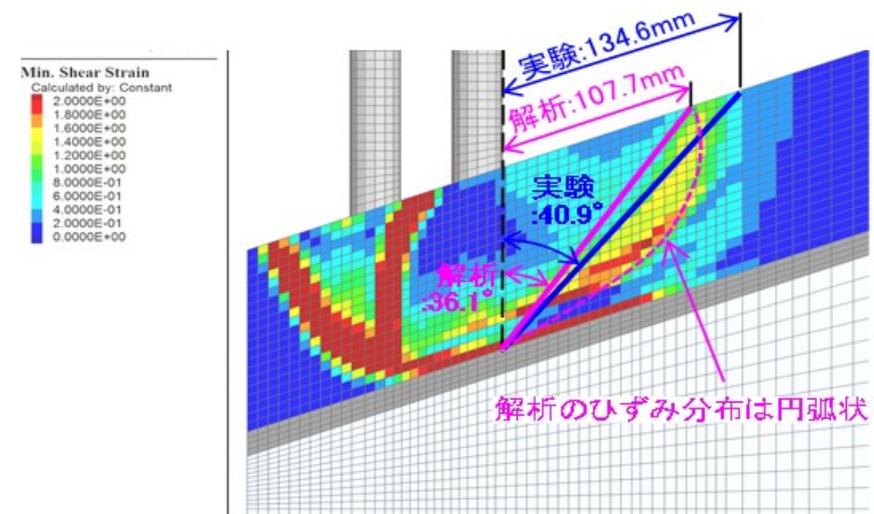
c) 施工～・施工管理の高度化、特に支持層到達管理の高度化

三次元的に地層が変化する場合の調査例



出典: 日本道路協会「斜面上の深礎基礎設計施工便覧」, 2012.

斜面のすべりに対する解析例 (有限差分解析: せん断ひずみコンター図)



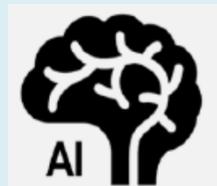
<https://www.pwri.go.jp/jpn/results/report/report-program/2017/report-program2017.html>

(3) 基礎の技術のイノベーション (1/4)

✓ 現代における、イノベーションの源は？

① 情報“量”の技術革新

- ✓ 取得・処理できる情報量が爆発的に増加。
- ✓ AIは情報量の申し子。
⇒ “定性”の“定量化”が可能に。



参考文献: 内田誠「AIとは何か? ー入門編ー」,
土木学会誌, Vol.106 No.1, 2021.

② システム化

- ✓ 要素技術を組み合わせたシステムが、価値を生み出す。
- ✓ 発明は、既存知の組み合わせ。
(経済学者シュンペーター)

⇒ 2つのハイブリッドが、基礎の技術にイノベーションをもたらす！

(3) 基礎の技術のイノベーション (2/4)

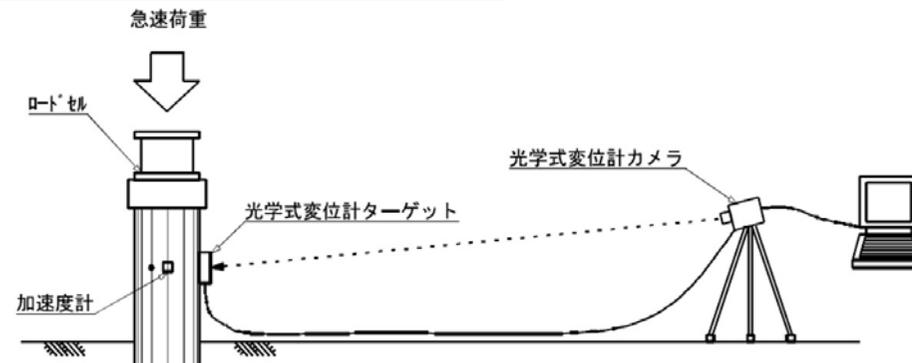
[アイデア1] 打込み杭の支持層到達管理の高度化と活用

- ✓ 元々、貫入抵抗により支持力管理が可能と言われていたが、現実にはセットアップの影響等により、施工時の動的支持力と静的載荷試験での支持力は合わない。
- ✓ そもそも、紙と鉛筆を打撃中の杭に押しつける方法は、あまりに前時代的。



- ⇒ 最新の計測・情報技術を取り入れた施工管理方法にすべきでは？
- ⇒ 得られたデジタルデータをAIで分析することにより、支持力推定法の改善など設計の合理化に繋げられるのでは？

(例) 急速載荷試験での変位計測



(3) 基礎の技術のイノベーション (3/4)

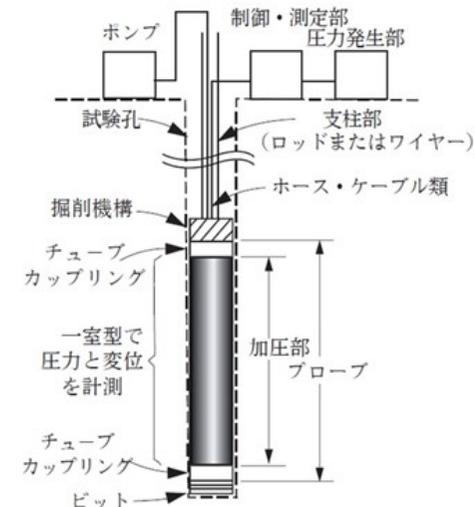
[アイデア2] 海外展開を見据えた技術のパッケージ化

- ✓ 我が国では厳しい自然条件(大地震+軟弱地盤等), 稠密な土地利用など, 世界有数の厳しい条件で設計・施工技術が発達。(条件付き世界一。)
- ✓ 海外でも同様の厳しい条件にある地域では, 我が国の技術を適用するメリットが大きいはずだが, 実体は?
- ✓ 個々の技術(調査技術, 設計技術, 施工技術)をばらばらに売り込んでも, メリットが生じづらい?

回転杭工法による斜杭の施工



セルフボーリング型プレッシャーメータ試験



出典: 日本道路協会「杭基礎設計便覧」, 2020.

(3) 基礎の技術のイノベーション (4/4)

[アイデア2] 海外展開を見据えた技術のパッケージ化

⇒ 厳しい条件でも高い信頼性を有する調査技術と施工技術を組み合わせ、信頼性に応じた合理的設計(信頼性設計法)とセットで、

みなさんも、各々の立場で何が問題となっているか、
どんな技術の開発・組合せがイノベーションに繋がる
か、考えてみてください！

(例)・**軟弱地盤**

調査技術: セルフボーリング式PMT 等

施工技術: 斜杭基礎, 鋼管杭基礎 等

・ **都市部**

+ 信頼性設計法

よい連携アイデアがあれば、お声かけください！