

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」 の改訂について



国土技術政策総合研究所 港湾研究部
港湾施設研究室 宮田正史

本日の話題

【全体】

A. 「基準・同解説」(H30年版)の全体構成

【改訂の柱】

1. 生産性向上の推進
2. 既存ストックの有効活用の促進
3. 東日本大震災などの教訓を踏まえた防災・減災対策の強化
4. 国際競争力の強化
5. 環境への配慮

【その他】

- B. 改訂の狙いと雑感(担当者として)
- C. 「基準・同解説」の英訳化、港湾基準の海外普及方策

B. 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」の構成 ★約2200頁←約1400頁



【下巻】作用及び材料強度条件編に関する参考技術資料

○第1章 観測・調査および試験

- ・概要：設計条件等を設定するための観測・調査・試験の方法や計画立案時の留意事項を提供
(気象・海象／地盤／地震動／材料／環境等)
- ・背景
 - ⇒ 港湾調査指針(S46発行,S62改訂)の後継
 - ⇒ 近年の調査・観測等の高度化への対応
 - ⇒ 調査・設計・施工・維持の連携強化



○第2章 大規模災害時の調査・試験

- ・概要：大規模地震・津波の発生後に必要とされる調査・試験内容を体系的にとりまとめ(初期調査,緊急復旧調査,本格復旧調査)
- ・背景
 - ⇒ 2011年東日本大震災の教訓を陳腐化させず、次に活かす
 - ⇒ 非常災害時の国交大臣による円滑な港湾施設の管理 (港湾法改正:H29.6.9公布)

平成30年2月2日報道発表資料

改訂の経緯

昭和49年に制定された「港湾の施設の技術上の基準」（技術基準）は、技術的な知見の蓄積や社会的な情勢の変化等を踏まえた改訂を随時行い、平成19年には性能規定を導入する大幅な改訂が行われた。

平成19年改訂（昭和49年制定以来の大幅な改訂）性能規定化、信頼性設計法の導入、国際標準（ISO等）との整合 等

- 
- 【平成24年】・コンテナクレーン逸走事故を受け、逸走防止に関する事項を規定
 - ・超大型コンテナ船の登場を受け、標準船型の見直し
 - ・新たな知見等の蓄積を受け、二重矢板式係船岸等の照査用震度算定手法などを規定
 - 【平成25年】・東日本大震災を受け、粘り強い港湾構造物（防波堤等）を規定
 - 【平成26年】・笹子トンネル崩落事故を受け、維持管理・点検基準の強化
 - ・新たな知見等の蓄積を受け、防食工などの記載を拡充

■平成30年改訂■

1. 生産性向上の推進

今後の建設現場における労働力不足等に対応するため、調査・設計・施工・維持管理の建設生産プロセスの効率化に向けて考慮すべき事項等を規定し、生産性の向上を図る。

2. 既存ストックの有効活用の促進

急速な社会インフラの老朽化を踏まえ、施設の適切な維持管理や既存施設の合理的な改良に向けた考え方等を規定し、既存ストックの有効活用の促進を図る。

3. 東日本大震災などの教訓を踏まえた防災・減災対策の強化

切迫する南海トラフ、首都直下等の巨大地震に対し、東日本大震災や熊本地震等を教訓とした新たな知見を踏まえた基準の改訂を行い、防災・減災対策の推進を図る。

4. 国際競争力の強化

船舶の大型化への対応や安全かつ効率的な港湾機能の確保に関する事項を拡充し、国際競争力の強化を図る。

5. 環境への配慮

環境に関する新たな知見を踏まえた基準の改訂を行い、豊かな海域環境の保全・再生・創出を図る。

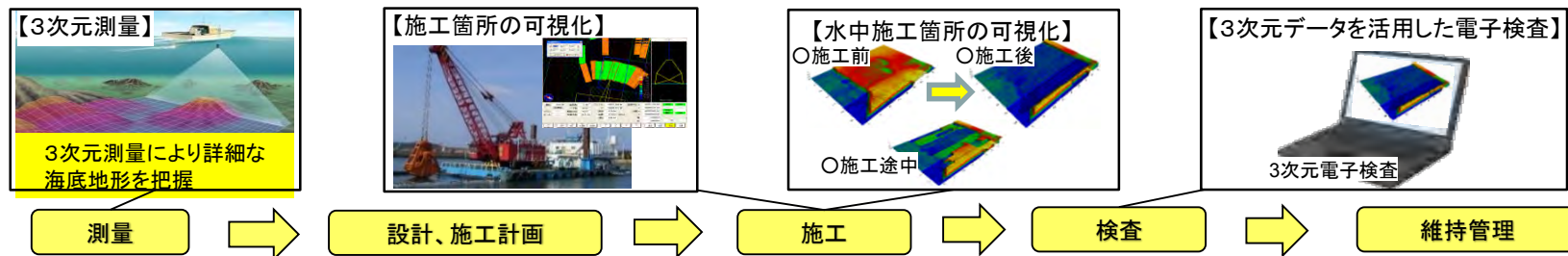
1. 生産性向上の推進に向けた規定の拡充

今後の建設現場における労働力不足等に対応するため、調査・設計・施工・維持管理の建設生産プロセスの効率化に向けて考慮すべき事項を規定するとともに、設計の効率化に関する事項を規定し、生産性の向上を図る。

■建設生産プロセスの効率化に向けた規定

- 調査・設計・施工・維持管理の建設生産プロセスのさらなる効率化を図るため、設計における施工及び維持への配慮事項に「ICT(Information and Communication Technology)の活用や規格化・標準化された部材の活用等による生産性の向上にも配慮することが望ましい」を新たに規定するとともに、測量、観測等の調査に係る内容を拡充。
- 一連の建設生産プロセスにおけるICTの活用や3次元データ等の共有に関する規定を追記し、i-Constructionの推進を図る。

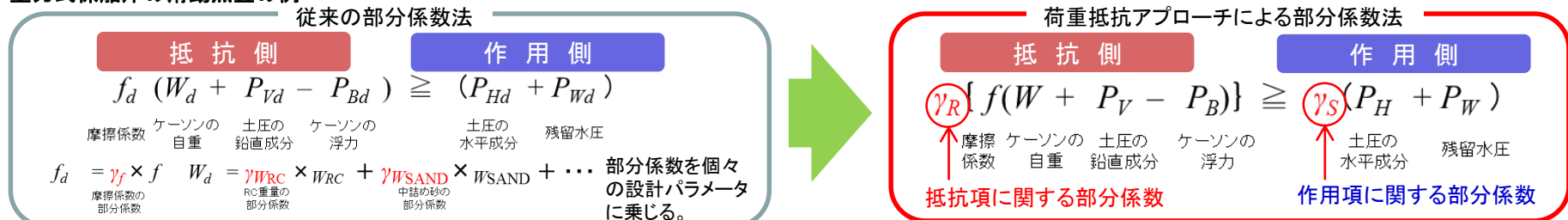
例：ICTの全面的な活用（浚渫工事）



■荷重抵抗係数アプローチによる部分係数法の導入

- 信頼性設計法や新技術等の導入によって設計手法等が高度化された一方で、設計作業が複雑化していることから、従来の部分係数法（個々の設計パラメーターに部分係数を乗じる手法）から、作用の項及び抵抗の項に集約した部分係数を乗じる「荷重抵抗係数アプローチによる部分係数法」を導入し、設計の効率化を図る。

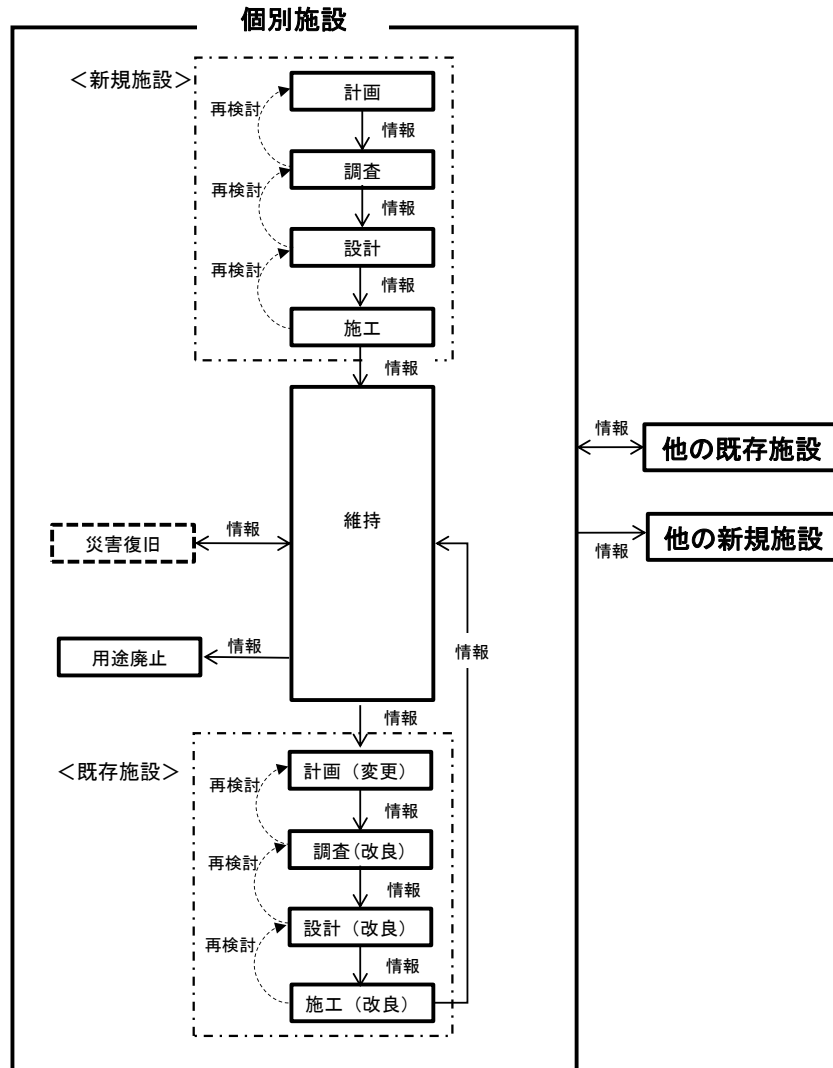
重力式係船岸の滑動照査の例



■「建設生産プロセスの効率化に向けた規定」の事例（その1）

○「基準・同解説」：第2章「技術基準対象施設の建設、改良又は維持」

1 技術基準対象施設の性能確保の流れ > 1.1 性能確保の流れ



■全体最適を意識したプロジェクトへの誘導



○各段階の関係機関・関係者の連携

○各段階間における適切な情報伝達

○必要に応じて、再検討

■「建設生産プロセスの効率化に向けた規定」の事例（その2）

○「基準・同解説」：第2章「技術基準対象施設の建設、改良又は維持」

2 技術基準対象施設の設計＞2.1 設計の基本理念

技術基準対象施設の設計の目的は、新規施設の設計及び既存施設の改良設計に共通して、当該施設の設置目的、重要度、設計供用期間、要求性能、計画条件、利用条件、自然環境条件、材料条件、施工条件、維持に関する条件、設計条件を越える事象への配慮、環境等への配慮、経済性など、施設の置かれる諸条件を適切に設定及び勘案し、設計供用期間中にわたり対象施設の要求性能を満足し続けるように、かつ総合的な観点で最も適切と考えられる構造断面や使用する部材・材料等を決定することにある。

すなわち、設計とは、当該施設の施工中から設計供用期間完了時に至る長い時間軸の中で、設置される空間に最も相応しいと考えられる構造物を描くための技術的な行為である。このため、構造断面の設定や部材・材料選定にあたっては、既存の構造形式、標準的な施工方法や部材・材料に限定せず、当該施設の置かれる諸条件に照らして、少しでも合理的な設計となるように努めるべきである。諸条件に照らして、少しでも合理的な設計となるように努めるべきである。さらに、設計段階における施工方法や使用する部材・材料の検討にあたっては、今後の建設現場における労働力不足等に対応し、建設生産プロセスのさらなる効率化を図る必要がある。このため、ICTや規格化・標準化された部材の活用、工業化・省力化された工法の導入等による生産性の向上にも配慮することが望まれる。性能規定型の本技術基準においては、このような取り組みが期待されている。

■「建設生産プロセスの効率化に向けた規定」の事例（その3）

○「基準・同解説」: (下巻) 作用及び材料強度条件編に関する参考技術資料

第1章観測、調査及び試験＞1総説＞1.4 ICT(情報通信技術)の活用

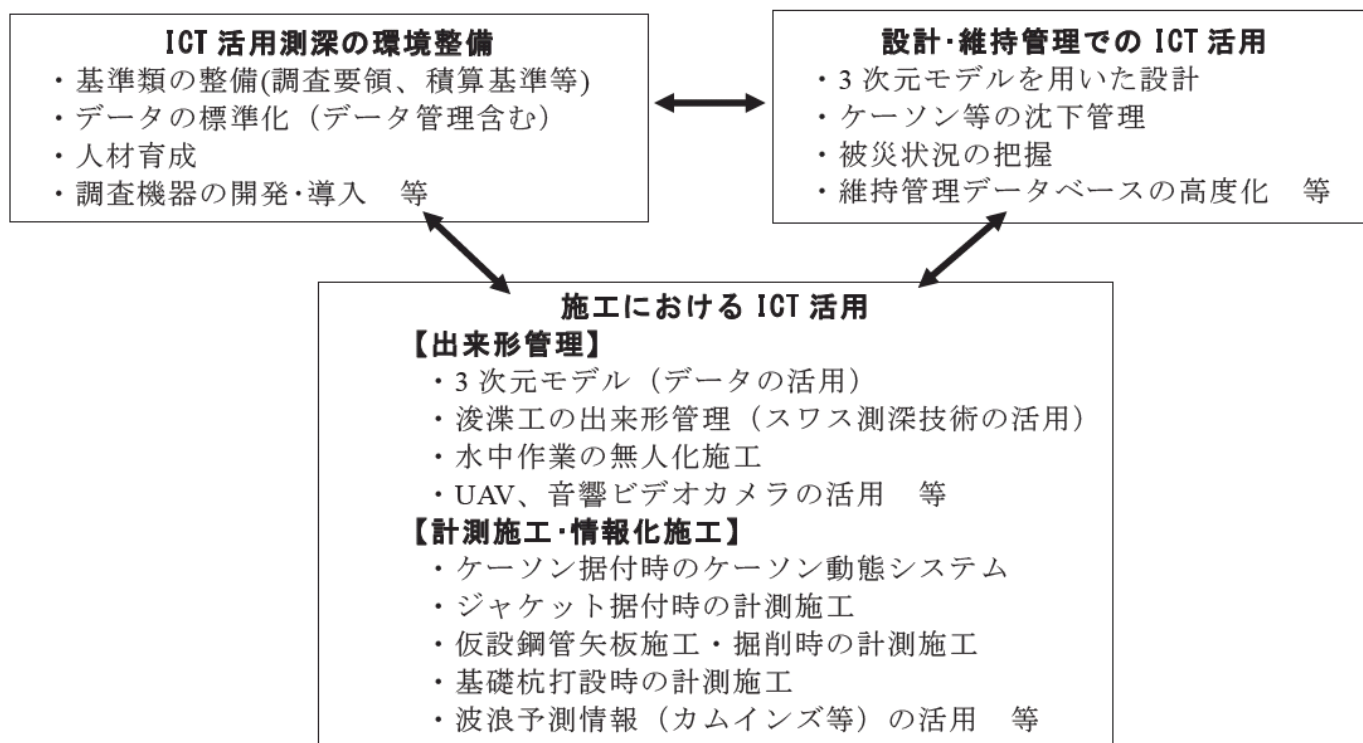


図-1.4.1 港湾分野におけるICTの活用の方向性(イメージ)

○ICTの活用の視点・方向性の明示

⇒調査から維持管理における全体最適、建設生産システム全体の生産性向上を目指す

⇒事業の初期段階で活用範囲を定め、施工品質・安全性及び生産性の向上、を見通す

⇒関係者における共通の環境整備や、基準類の整備、データ標準化、人材育成も重要

■「荷重抵抗係数アプローチによる部分係数法の導入」の背景

○H19基準の部分係数の例 (ケーソン式岸壁の永続状態(常時)に対する照査)

目標システム信頼性指標 β_T		3.1			
目標システム破壊確率 P_{FT}		1.0×10^{-3}			
γ の計算に用いる目標信頼性指標 β_T'		3.31			
		γ	α	μ/X_k	V
滑動	γ_f	摩擦係数	0.55	0.946	1.06
	γ_{PH}, γ_{PV}	土圧合力	1.15	-0.288	1.00
	γ_{RWL}	残留水位	1.00	-0.024	1.00
	γ_{WRC}	RCの単位体積重量	0.95	0.026	0.98
	γ_{WNC}	NCの単位体積重量	1.00	0.009	1.02
	γ_{WSAND}	中詰め砂の単位体積重量	1.00	0.143	1.02
転倒	γ_a	構造解析係数	1.00	—	—
	γ_{PH}, γ_{PU}	土圧合力	1.35	-0.832	1.00
	γ_{RWL}	残留水位	1.05	-0.092	1.00
	γ_{WRC}	RCの単位体積重量	0.95	0.097	0.98
	γ_{WNC}	NCの単位体積重量	1.00	0.035	1.02
	γ_{WSAND}	中詰め砂の単位体積重量	0.95	0.538	1.02
基礎地盤の支持力	γ_a	構造解析係数	1.00	—	—
	γ_{Pu}	土圧合力	1.15	-0.328	1.00
	$\gamma_{w'}$	基礎地盤の単位体積重量	1.00	0.032	1.00
	γ_q	載荷重	1.00	0.031	1.00
	$\gamma_{tan\phi'}$	地盤強度:せん断抵抗角の正接	0.70	0.903	1.00
	$\gamma_{c'}$	地盤強度:粘着力	0.90	0.252	1.00
円弧すべり	γ_{RWL}	残留水位	1.00	-0.023	1.00
	γ_a	構造解析係数	1.00	—	—
	$\gamma_{c'}$	地盤強度:粘着力	0.90	0.407	1.00
	$\gamma_{tan\phi'}$	地盤強度:せん断抵抗角の正接	0.90	0.330	1.00
	γ_{w_i}	1 海底面より上にある地盤、消波工等	1.10	-0.176	1.00
		2 マウンド、海底面より下にある砂質土	0.90	0.227	1.00
		3 海底面より下にある粘性土	1.00	0.000	1.00
	γ_{w_i}	1 海底面より上にある地盤、マウンド、消波工等	1.10	-0.176	1.00
		2 海底面より下にある砂質土	0.90	0.227	1.00
		3 海底面より下にある粘性土	1.00	0.000	1.00
	γ_q	載荷重	1.80	-0.543	1.00
	γ_{RWL}	残留水位	1.10	-0.014	1.00

■H30基準改訂時の論点 (コードライターの苦悩)

- ① 我々は、本当に不確実性の絶対値・内訳を正確に把握できているのか。
- ② その絶対値・内訳を信じて、部分係数の細分化を進めて良いのか。
- ③ 不確実性の絶対値・内訳を、より正確に把握するように誘導できないか。(現地計測、施工中モニタリング等)
- ④ 信頼性設計を実務設計者に馴染みのあるものにできないか。



●H19基準の部分係数の例

照査モード				荷重項に乗じる係数 (荷重係数 γ_S)	抵抗項に乗じる係数 (抵抗係数 γ_R)
壁体の滑動				1.06	0.87
壁体の転倒				1.23	0.99
基礎地盤の支持力破壊				○.○ (検討中)	○.○ (検討中)
円弧滑り				○.○ (検討中)	○.○ (検討中)

■ 破壊確率の評価事例 (国総研資料No.955, No.900)

○ 問題設定 【修正フェレニウス法に基づく円弧滑り解析】

Fs=1.25の断面

～ 信頼性解析における誤差要因の考え方～

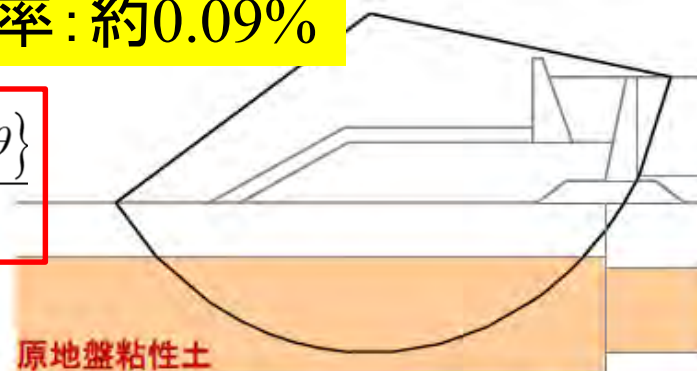
① 照査式の個別の設計パラメータの統計的性質のみを考慮

修正フェレニウス法に基づく

円弧滑りの照査式(安全率法)

破壊確率: 約0.09%

$$Fs = \frac{\sum \left\{ \left[c'_k S + (W'_k + q_k) \cos^2 \theta \tan \phi'_k \right] \sec \theta \right\}}{\sum \left[(W_k + q_k) \sin \theta \right]}$$



② ①に加えて、照査式のモデル化誤差に関する統計的性質を考慮

(安全率に±0.1の誤差があると考え**Matsuo et.al, S&F, Vol.16, No.1, pp.75-90, 1976*)

破壊確率: 約7.8%

※土構造物の場合、照査式自体の誤差も分かっていない例が多い



■ 対応方向性

○目標破壊確率は、部分係数のキャリブレーションの指標として扱う

- ・異なる構造形式や破壊モードにおける破壊確率の絶対値は、相対比較等しない

↓（例：重力式壁体の滑動と転倒破壊 $\Rightarrow P_{f_t}$ = 約9.3%, 約0.4%）

- ・目標破壊確率を前面に打ち出さず、基準本編には部分係数のみ表示。

研究所資料にて、部分係数の設定根拠の詳細を示す。

↓

- ・部分係数のキャリブレーションは、従来どおり

（従来設計法に従い、最小の安全性余裕になる断面を設定し、破壊確率を評価。
目標破壊確率（平均値等）を設定し、部分係数を決定。）

↓

- ・今後の部分係数法の深化に向けて、あえて部分係数の細分化をしない。

（モデル誤差や誤差内訳の評価、実験・実測等の推奨、既存構造物の改良）





■ 部分係数法フォーマットの見直し(国総研資料No.880) ～材料係数アプローチから荷重抵抗係数アプローチへ～

○材料係数アプローチ

性能照査における様々な不確実性を、その源で処理するという考え方。
個々の材料の特性値に部分係数を乗じて設計値を求め、性能照査式に代入して性能照査を行う。

$$R(\gamma_{r1}x_{rk1}, \dots, \gamma_{rm}x_{rkn}, \gamma_{R1'}, \dots, \gamma_{Rn'}) \geq S(\gamma_{s1}x_{sk1}, \dots, \gamma_{sm}x_{skm}, \gamma_{S1'}, \dots, \gamma_{Sm'})$$

○荷重抵抗係数アプローチ

特性値に基づいて計算された荷重または抵抗値に乘じる部分係数を適用することにより、性能照査における安全性余裕の確保を図ろうとする考え方。

$$f_R(\gamma_{R_1}R_{1k}(x_{1k}, \dots, x_{pk}), \dots, \gamma_{R_m}R_{mk}(x_{1k}, \dots, x_{pk})) \geq f_S(\gamma_{S_1}S_{1k}(x_{1k}, \dots, x_{pk}), \dots, \gamma_{S_n}S_{nk}(x_{1k}, \dots, x_{pk}))$$



【土構造物における荷重抵抗係数アプローチの適用性】(コードライターの判断)

○ 実験・計測結果等のデータの反映のしやすさ、その推奨に直接繋がる

- ・ 実構造物に関連する実験・試験・現地測定結果等のDBが存在し、設計モデルの不確実性が明らかとなっている場合、この不確実性は、多くの不確実性が介在した結果として現れる全体の不確実性。

→ DB等があれば、設計における不確実性を直接評価可能。

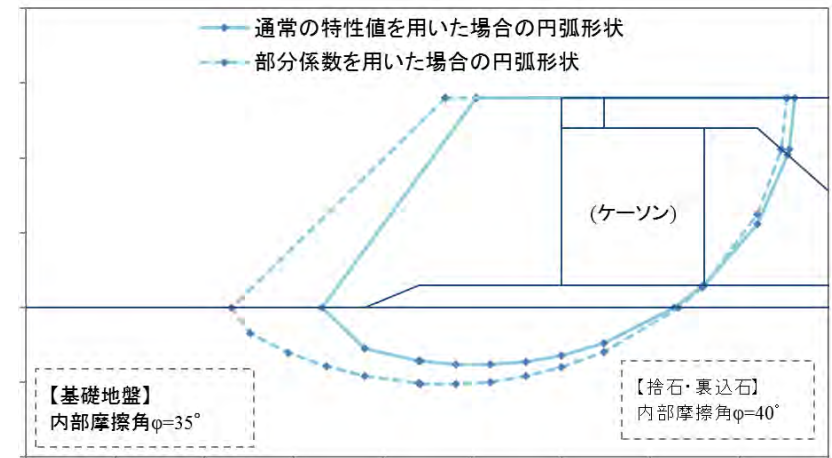
○ 地盤が関連する場合の観点

- ・ 特性値に基づいて設計計算が可能。
設計者が「構造物のもっともありそうな挙動」を、設計の最終段階まで追跡できる。

→ 設計者の工学的判断・経験を尊重

○ 実務者の利便性

- ・ 実務者が慣れ親しんできたフォーマットに近く、導入時の違和感を与えにくい。



★材料係数と荷重抵抗係数アプローチとの得失を検討した上で、
荷重抵抗アプローチによる部分係数法へ変更

■ 照査フォーマットの変更

$$\frac{\sum \left\{ \left[\overset{\text{粘着力}C}{\gamma_{c'}} c'_k S + \left(\overset{\text{重量}W}{\gamma_{W'}} W'_k + \overset{\text{上載荷重}q}{\gamma_q} q_k \right) \cos^2 \theta \overset{\text{せん断抵抗角}\phi}{\gamma_{\tan \phi'}} \tan \phi'_k \right] \sec \theta \right\}}{\sum \left[\left(\gamma_{W'} W'_k + \gamma_q q_k \right) \sin \theta \right]} \geq 1.0$$

現行基準

個別の設計パラメータ（材料）に部分係数をかける、
「材料係数アプローチ」による部分係数

移行

新基準

まとまった荷重項と抵抗項に部分係数をかける、
「荷重抵抗係数アプローチ」による部分係数

（設計パラメータそのまま計算した抵抗項）

$$\frac{\gamma_R \sum \left\{ \left[c'_k S + (W'_k + q_k) \cos^2 \theta \tan \phi'_k \right] \sec \theta \right\}}{\gamma_S \sum \left[(W_k + q_k) \sin \theta \right]} \geq 1.0$$

（設計パラメータそのまま計算した荷重項）

■ H30基準における部分係数の設定フロー

ステップ1. 安全率水準の俯瞰・見直し

- 安全性水準の基準間比較(H11基準, H19基準)
- 目標安全性水準の見直し(必要に応じて)

★運用上、不具合はないか？

ステップ2. 目標破壊確率の設定

- モンテカルロシミュレーションを用いた信頼性解析による破壊確率の計算
- 目標破壊確率の設定(破壊モード別)

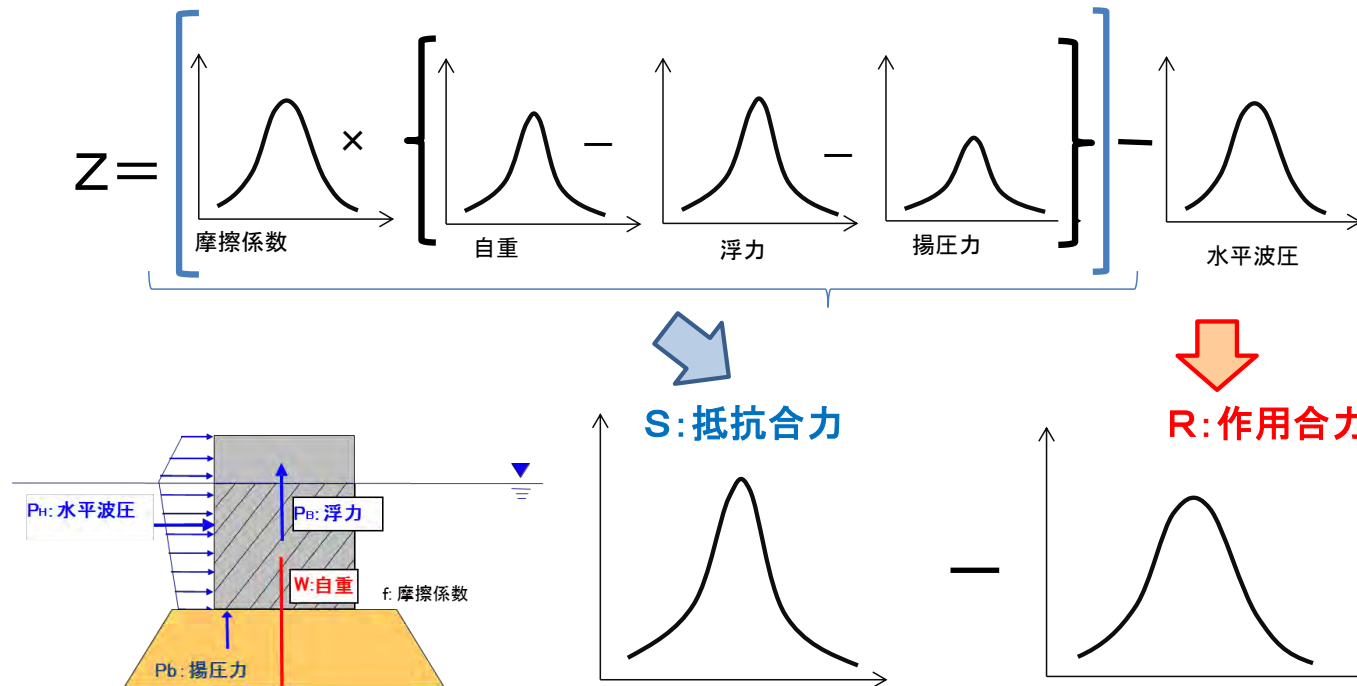
ステップ3. 荷重抵抗係数アプローチによる部分係数の設定

- 部分係数フォーマットの比較検討
 - ⇒ 部分係数の設定数を、多数～2つ、まで試す
- 目標破壊確率との合致度, 設計結果への影響評価(利便性を含む)
 - ⇒ できる限り部分係数の数は減らすフォーマットを採用

MCS(モンテカルロシミュレーション)を用いた 信頼性解析による破壊確率の計算

■MCSを用いた信頼性解析による破壊確率の計算 (防波堤の滑動照査の場合)

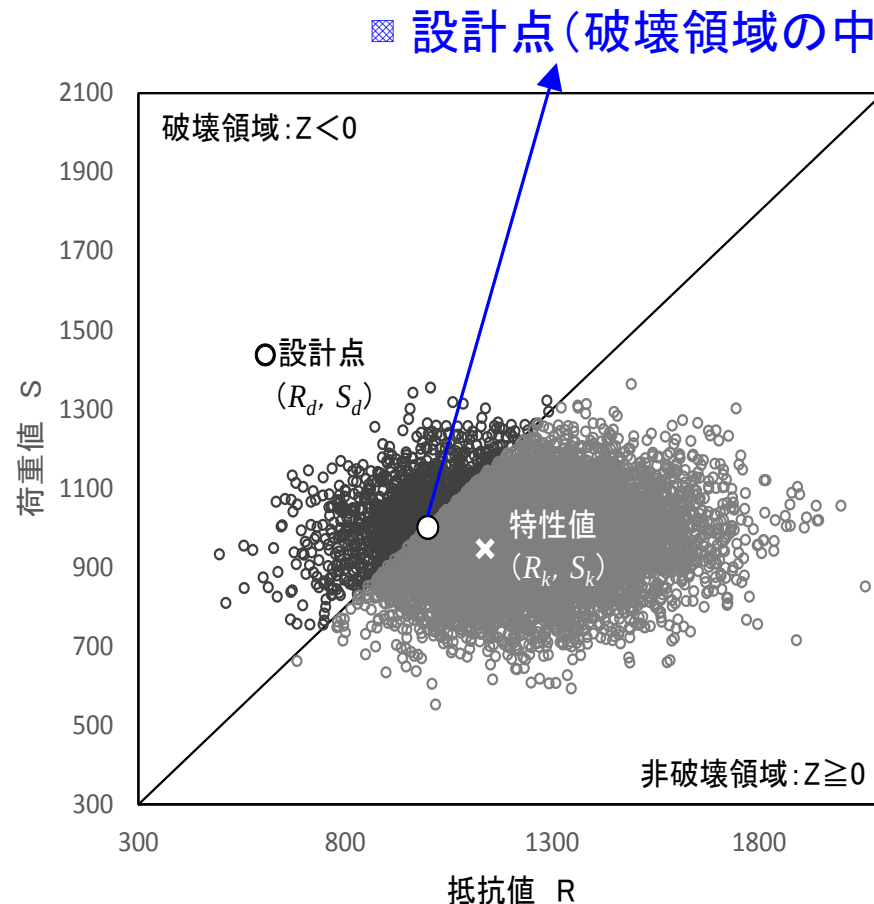
★各設計因子の統計的性質を全て反映した上で荷重側と抵抗側に大きく分けて評価



★破壊確率: 性能関数 Z が、ゼロを下回る($Z < 0$)確率

MCSを用いた部分係数の計算方法(1)

■破壊確率の計算 および 部分係数の評価(イメージ)



■ 破壊確率

= 破壊回数 / 全試行回数

■ 部分係数

$$\gamma_S = S_d / S_k$$

$$\gamma_R = R_d / R_k$$

S_k : 荷重の特性値

R_k : 抵抗の特性値

S_d : 荷重の設計点における値

R_d : 抵抗の設計点における値

γ_S : 荷重 S_k に対する部分係数

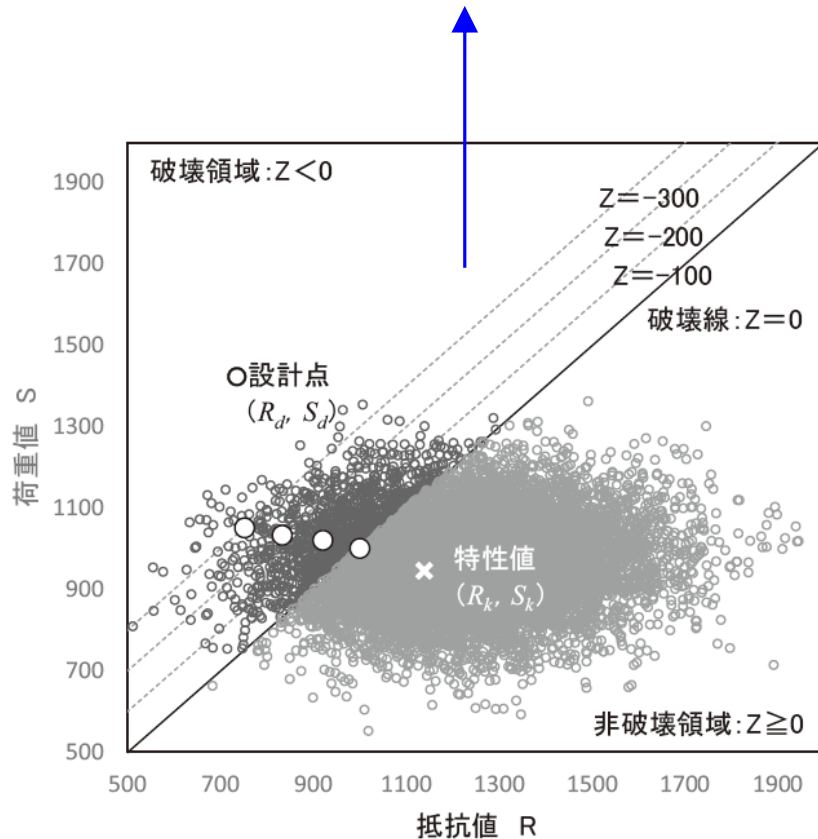
こ こ γ_R : 抵抗 R_k に対する部分係数である。

S_k : 荷重の特性値

MCSを用いた部分係数の計算方法(2)

■ 任意の目標破壊確率に対応した部分係数の評価(イメージ)

▣ 破壊線を移動させて
破壊確率と設計点を評価



▣ 任意の破壊確率に対応した
部分係数を評価可能

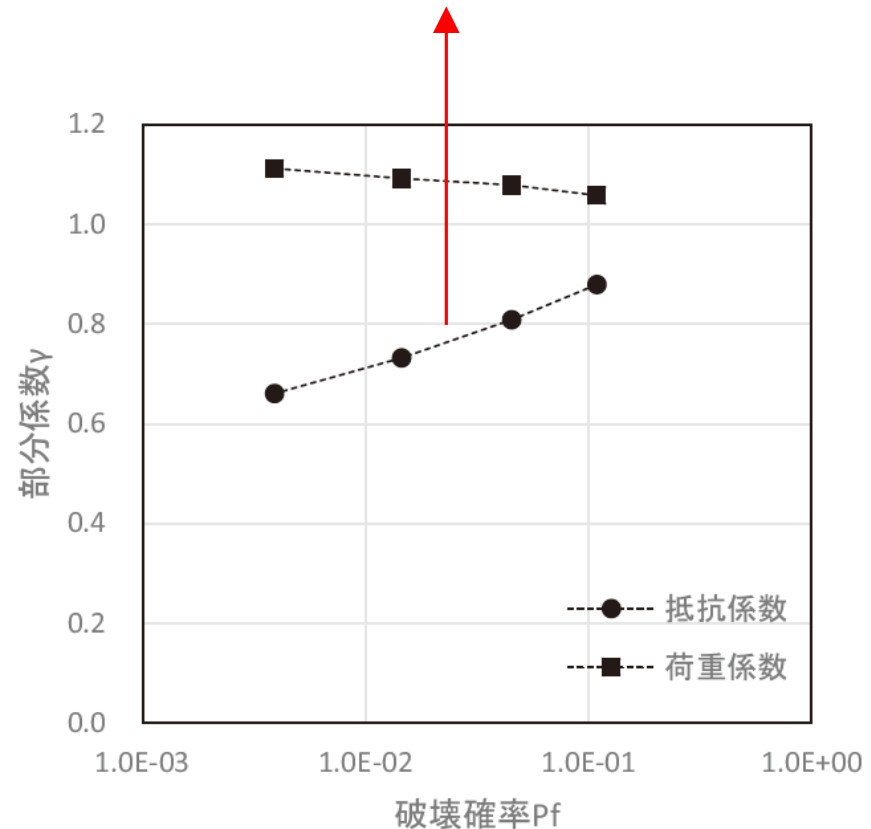


図-4.12 破壊線と設計点の移動状況 (滑動照査)

図-4.13 破壊確率と部分係数の関係 (滑動照査)

部分係数のフォーマット比較

■ 部分係数のフォーマット比較の例（ケーソン式岸壁の永続状態（滑動・転倒））

荷重抵抗係数法A

☞ 特性値で計算した荷重項と抵抗項に部分係数を考慮

$$\text{滑動)} \quad \gamma_R \cdot R \geq \gamma_S \cdot S$$

$$\text{転倒)} \quad \gamma_R \cdot R \geq \gamma_S \cdot S$$

荷重抵抗係数法B

☞ 特性値で計算した代表的な合力に部分係数を考慮

$$\begin{aligned} \text{滑動)} \quad \gamma_\mu \cdot \mu \times & \left(\gamma_W \cdot W - \gamma_U \cdot U + \gamma_{P_v} \cdot P_v \right) \\ & \geq \left(\gamma_{P_H} \cdot P_H + \gamma_{P_{wH}} \cdot P_{wH} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{転倒)} \quad \gamma_{W \times x_1} \cdot W \times x_1 - & \gamma_{U \times x_2} \cdot U \times x_2 + \gamma_{P_v \times x_3} \cdot P_v \times x_3 \\ & \geq \left(\gamma_{P_H \times y_1} \cdot P_H \times y_1 + \gamma_{P_{wH} \times y_2} \cdot P_{wH} \times y_2 \right) \end{aligned}$$

材料係数法

☞ 特性値に部分係数を考慮

$$\begin{aligned} \text{滑動)} \quad \mu[\mu] \times & \left(W[\gamma_c] - U[RWL] + P_v[\gamma_{sat1}, \gamma_{t1}, \gamma_{t2}, RWL, K_a \cdot \cos\delta] \right) \\ & \geq \left(P_H[\gamma_{sat1}, \gamma_{t1}, \gamma_{t2}, RWL, K_a \cdot \cos\delta] + P_{wH}[RWL] \right) \end{aligned}$$

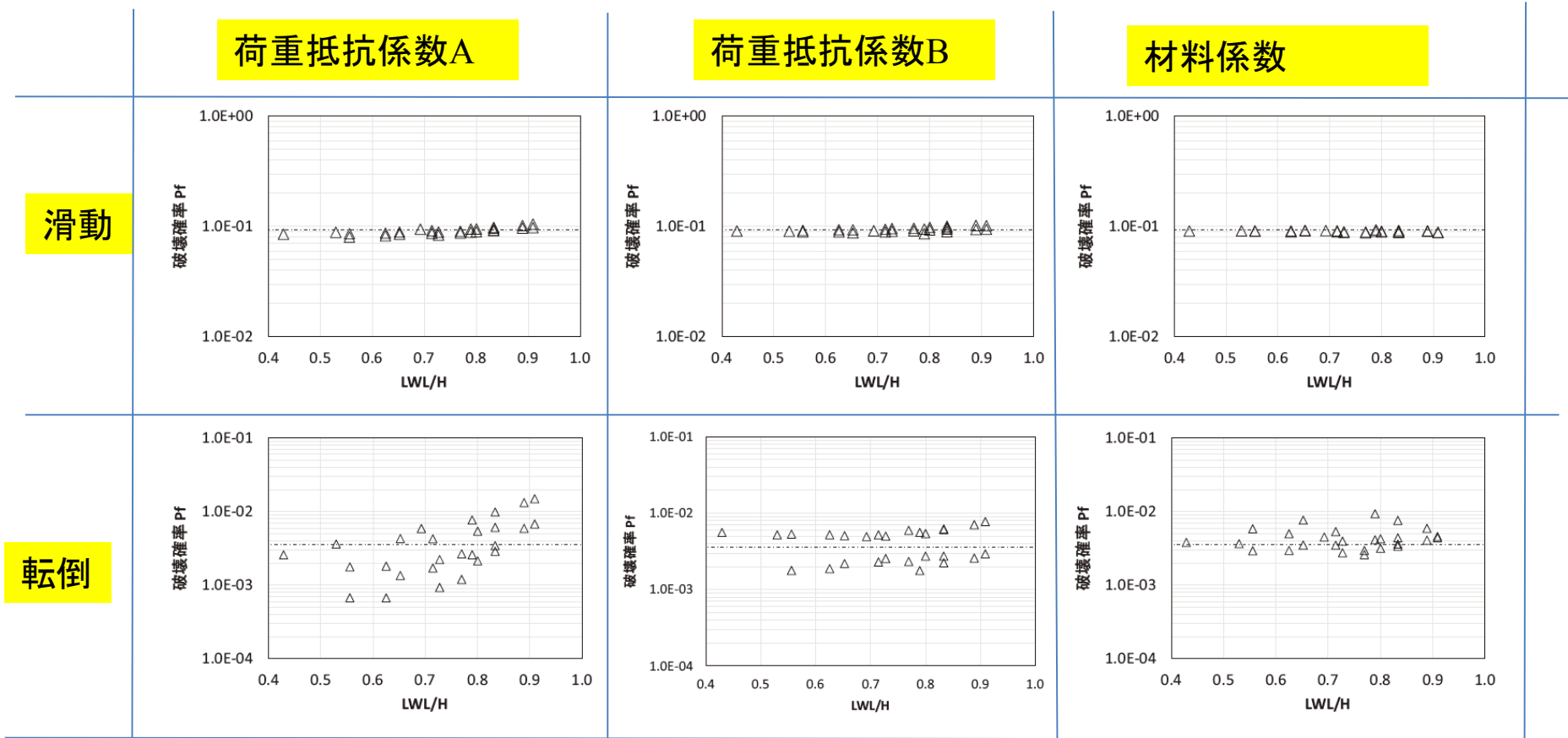
$$\begin{aligned} \text{転倒)} \quad W \times x_1[\gamma_c] - & U \times x_2[RWL] + P_v \times x_3[\gamma_{sat1}, \gamma_{t1}, \gamma_{t2}, RWL, K_a \cdot \cos\delta] \\ & \geq \left(P_H \times y_1[\gamma_{sat1}, \gamma_{t1}, \gamma_{t2}, RWL, K_a \cdot \cos\delta] + P_{wH} \times y_2[RWL] \right) \end{aligned}$$

※感度の高い設計因子にモデル化誤差や計算式の誤差が集約されてしまう

※現行基準はこれに近い方法

照査フォーマットの相違による目標破壊確率への一致度

■ 3つの部分係数フォーマットによる破壊確率(ケーソン式岸壁の永続状態(滑動・転倒))



■ フォーマットによる破壊確率の目標破壊確率に対する変動係数)

		荷重抵抗 A		荷重抵抗 B		材料係数	
		Pf	β	Pf	β	Pf	β
変動係数	滑動	0.066	0.027	0.044	0.019	0.016	0.007
	転倒	0.846	0.102	0.433	0.060	0.367	0.042

⇒ 細分化したフォーマットの方が一致度は高い

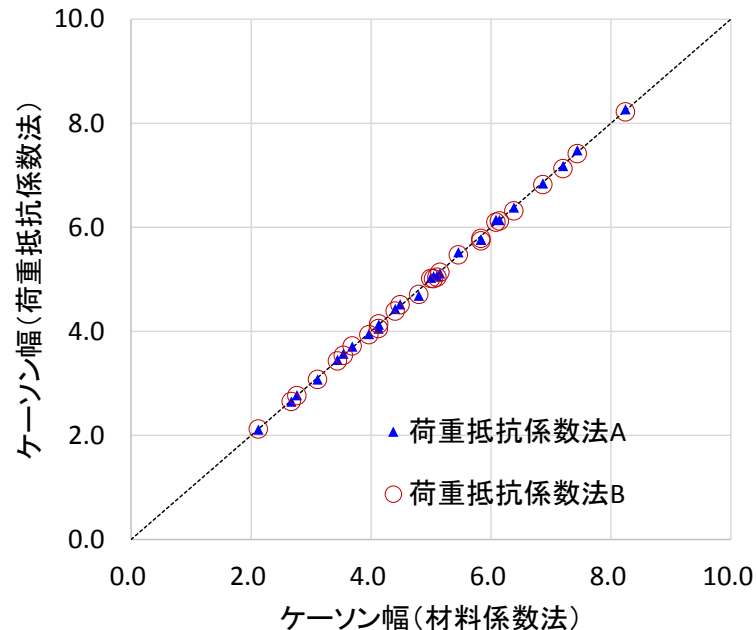
採用フォーマットの違いによる設計結果への影響確認

ステップ3. 荷重抵抗係数アプローチによる部分係数の設定

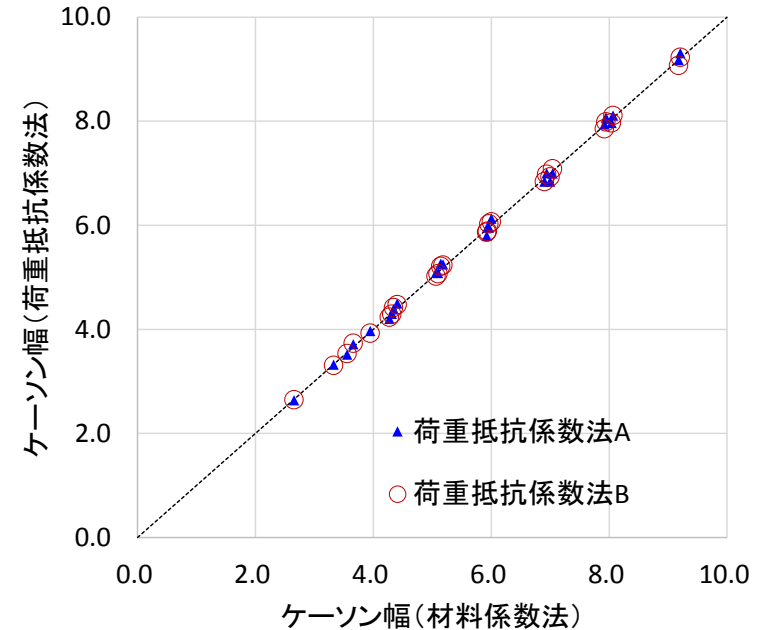
- 部分係数フォーマットの比較検討
 - 目標破壊確率との合致度, 設計結果への影響(利便性を含む)の評価
- ⇒ できる限り部分係数の数は減らす部分係数フォーマットを採用

□各アプローチによる試設計の結果

■ 滑動で決まる堤体幅の比較



■ 転倒で決まる堤体幅の比較



要 点

○ どの部分係数法を採用しても、必要なケーソン断面幅の差は（両者の差は**最大でも15cm**）

部分係数の設定フロー～重力式岸壁の例に～

□部分係数の設定事例（ケーソン式岸壁の永続状態（滑動・転倒））

分類	項 目		記号	部分係数	滑動	転倒
荷重抵抗係数 アプローチA	抵抗		R	γ_R	0.87	0.99
	荷重		S	γ_S	1.06	1.23
荷重抵抗係数 アプローチB	摩擦係数		μ	γ_μ	0.86	-
	壁体重量		W	γ_W	1.00	0.96
	浮力		U	γ_U	1.00	1.00
	鉛直土圧		P_v	γ_{PV}	1.06	1.27
	水平土圧		P_H	γ_{PH}	1.06	1.26
	残留水圧		P_{wH}	γ_{PwH}	1.00	1.02
材料係数 アプローチ	壁体平均単位体積重量		γ_c	$\gamma_{\gamma c}$	1.00	0.95
	摩擦係数		μ	γ_μ	0.86	-
	裏込石飽和単位体積重量		γ_{sat1}	$\gamma_{\gamma sat}$	1.03	1.03
	裏込材湿潤単位体積重量		γ_{t2}	γ_{t2}	1.02	1.04
	裏込石湿潤単位体積重量		γ_{t1}	γ_{t1}	1.02	1.03
	残留水位	R.W.L.		γ_{RWL}	1.00	1.02
	土圧係数	$Ka \cdot \cos\delta$		γ_{Ka}	1.04	1.22

⇒採用（総合的な判断）

※本表に示す部分係数は、各アプローチで計算された部分係数を、キャリブレーションの対象とした各27断面から得られた部分係数を平均して得られたもの

【事例】重力式防波堤の変動波浪に関する堤体の滑動照査

②堤体の滑動に対する検討

(a)変動波浪に対する堤体の滑動に対する安定性の検討には、式(3.1.2)を用いることができる。なお、以下において、添字 k 及び d はそれぞれ特性値及び設計用値を示し、当該式中における部分係数は表-3.1.2に示す数値を用いることができる。表-3.1.2において「-」と示された部分に関する値は、便宜上、()内の数値を用いて照査できることを示す。

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1.0 \quad R_d = \gamma_R R_k \quad S_d = \gamma_S S_k$$
$$R_k = \{f_k (W_k - P_{B_k} - P_{U_k})\}$$
$$S_k = P_{Hk} \tag{3.1.2}$$

ここに、

f : 壁体底面と基礎との摩擦係数
 W : 堤体の重量 (kN/m)
 P_B : 浮力 (kN/m)
 P_U : 揚圧力 (kN/m)
 P_H : 水平波力 (kN/m)
 R : 抵抗項 (kN/m)
 S : 荷重項 (kN/m)

γ_R : 抵抗項に乗じる部分係数
 γ_S : 荷重項に乗じる部分係数
 m : 調整係数

$\gamma_S / \gamma_R = 1.08 / 0.83 \doteq 1.3$

表-3.1.2 堤体の滑動照査に用いる部分係数

照査対象	抵抗項に乗じる 部分係数 γ_R	荷重項に乗じる 部分係数 γ_S	調整係数 m
堤体の滑動 (変動波浪による変動状態)	0.83	1.08	- (1.00)

部分係数表の改訂(ケーソン式岸壁の永続状態(常時)に対する照査)

		耐震強化施設					耐震強化施設以外					新しい部分係数(H30基準)		
目標システム信頼性指標 β_T		3.1					2.7							
目標システム破壊確率 P_T		1.0×10^{-3}					4.0×10^{-3}							
γ の計算に用いる目標信頼性指標 β_T'		3.31					2.89							
滑動	γ_i	摩擦係数	γ	α	μ/X_k	V	γ	α	μ/X_k	V	照査モード		荷重項に乗じる係数 (荷重係数 γ_S)	抵抗項に乗じる係数 (抵抗係数 γ_R)
	γ_{PH}, γ_{PV}	土圧合力	0.55	0.946	1.06	0.15	0.60	0.935	1.06	0.15	壁体の滑動		1.06	0.87
	γ_{RWL}	残留水位	1.15	-0.288	1.00	0.12	1.15	-0.316	1.00	0.12	壁体の転倒		1.23	0.99
	γ_{WRC}	RC の単位体積重量	1.00	-0.024	1.00	0.05	1.00	-0.027	1.00	0.05	基礎地盤の支持力破壊		〇. 〇 (検討中)	〇. 〇 (検討中)
	γ_{WNC}	NC の単位体積重量	0.95	0.026	0.98	0.02	0.95	0.028	0.98	0.02	円弧滑り		〇. 〇 (検討中)	〇. 〇 (検討中)
	γ_{WSAND}	中詰め砂の単位体積重量	1.00	0.009	1.02	0.02	1.00	0.011	1.02	0.02				
	γ_a	構造解析係数	1.00	0.143	1.02	0.04	1.00	0.157	1.02	0.04				
転倒	γ_{PH}, γ_{PU}	土圧合力	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—				
	γ_{RWL}	残留水位	1.35	-0.832	1.00	0.12	1.30	-0.842	1.00	0.12				
	γ_{WRC}	RC の単位体積重量	1.05	-0.092	1.00	0.05	1.05	-0.101	1.00	0.05				
	γ_{WNC}	NC の単位体積重量	0.95	0.097	0.98	0.02	0.95	0.094	0.98	0.02				
	γ_{WSAND}	中詰め砂の単位体積重量	1.00	0.035	1.02	0.02	1.00	0.034	1.02	0.02				
	γ_a	構造解析係数	0.95	0.538	1.02	0.04	0.95	0.521	1.02	0.04				
	γ_q	載荷重	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—				
基礎地盤の支持力	γ_{PH}	土圧合力	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—				
	$\gamma_{w'}$	基礎地盤の単位体積重量	1.15	-0.328	1.00	0.12	1.15	-0.345	1.00	0.12				
	γ_q	載荷重	1.00	0.032	1.00	0.03	1.00	0.033	1.00	0.03				
	$\gamma_{\tan \phi'}$	地盤強度: せん断抵抗角の正接	1.00	0.031	1.00	0.04	1.00	0.032	1.00	0.04				
	$\gamma_{c'}$	地盤強度: 粘着力	0.70	0.903	1.00	0.10	0.70	0.894	1.00	0.10				
	γ_{RWL}	残留水位	0.90	0.252	1.00	0.10	0.90	0.257	1.00	0.10				
	γ_a	構造解析係数	1.00	-0.023	1.00	0.05	1.00	-0.024	1.00	0.05				
円弧すべり	$\gamma_{c'}$	地盤強度: 粘着力	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—				
	$\gamma_{\tan \phi'}$	地盤強度: せん断抵抗角の正接	0.90	0.407	1.00	0.04	0.90	0.406	1.00	0.04				
	γ_{wi}	マウンドが海底面より下にある場合	0.90	0.320	1.00	0.04	0.90	0.320	1.00	0.04				
		1 海底面より上にある地盤、消波工等	1.10	-0.176	1.00	0.03	1.10	-0.173	1.00	0.03				
		2 マウンド、海底面より下にある砂質土	0.90	0.227	1.00	0.03	0.90	0.227	1.00	0.03				
		3 海底面より下にある粘性土	1.00	0.000	1.00	0.03	1.00	0.000	1.00	0.03				
	γ_{wi}	マウンドが海底面より上に位置する場合	1.00	0.000	1.00	0.03	1.00	0.000	1.00	0.03				
		1 海底面より上にある地盤、マウンド、消波工等	1.10	-0.176	1.00	0.03	1.10	-0.173	1.00	0.03				
		2 海底面より下にある砂質土	0.90	0.227	1.00	0.03	0.90	0.227	1.00	0.03				
		3 海底面より下にある粘性土	1.00	0.000	1.00	0.03	1.00	0.000	1.00	0.03				
円弧すべり	γ_q	載荷重	1.80	-0.543	1.00	0.40	1.70	-0.551	1.00	0.40				
	γ_{RWL}	残留水位	1.10	-0.014	1.00	0.05	1.10	-0.015	1.00	0.05				

○荷重抵抗係数アプローチによる部分係数
 ⇒部分係数の数は、目標とする破壊確率の
 コントロールと設計結果への影響程度等を
 勘案した上で、できる限り少なくする

簡単ではあるが

- 全ての設計因子のばらつきを考慮
- 目標破壊確率も考慮
- 設計の簡便さ、ミス防止にも寄与
- 拡張性が高い
 - ・任意の確率分布に対応可能
 - ・部分係数の設定が容易

【参考】信頼性設計の枠組みによる合理的な設計体系

同一の安全率で設計された、ある構造物の信頼性解析結果

設計条件A

(例えば岸壁の設計水深)

設計条件B

発生頻度

荷重S

抵抗R

発生頻度

荷重S

抵抗R

例: 安全率が同一(≡荷重と抵抗の平均値の比は同じ)でも、荷重と抵抗の分布形状が異なる
⇒ 破壊確率は異なる

(荷重 > 抵抗 ⇒ 破壊)

両者の破壊確率を合致させるように調整

設計条件A

(例えば岸壁の設計水深)

設計条件B

発生頻度

荷重S

抵抗R

発生頻度

荷重S

抵抗R

例えば抵抗Rの平均値を低減して設計
⇒ RとSの比(≡安全率)も低減することが出来る

設計条件によって破壊確率が変化
⇒ ある目標水準に破壊確率をコントロール可能。
⇒ 安全率相当値を合理的に操作できる。

破壊確率を合致させるように調整

2. 既存ストックの有効活用の促進等に向けた規定の拡充

急速な社会インフラの老朽化を踏まえ、施設の適切な維持管理や、既存施設の改良設計に係る考え方等を規定するとともに、施工時の配慮事項等を規定し、既存ストックの有効活用の促進及び施工のさらなる安全確保を図る。

■施設の適切な維持管理や施工の安全確保に係る記載の拡充

○設計段階における施工や維持管理への配慮事項など、設計・施工・維持管理の連携強化に係る記載を拡充させ、施設の適切な維持管理や施工の安全確保を図る。



維持管理を容易にする点検歩廊の設置事例



耐久性向上のためエポキシ樹脂塗装鉄筋を適用



施工時の安全確保事例

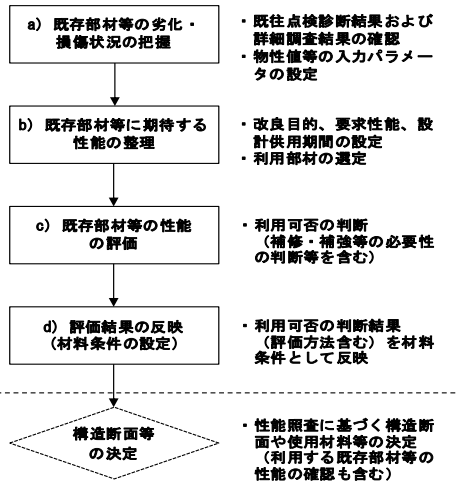
大型起重機船3隻相吊り作業管理システム(吊り荷重・高度・起重機船位置、トラス吊上時管理モニター等)を構築し、側径間トラスの大ブロックを架設

■既存施設の改良設計（効率的な更新、長寿命化・延命化）に係る考え方の明確化

○既存施設の用途変更や設計条件の変更等により施設を改良する際の全体手順、基本事項などの考え方を明確化し、既存ストックの有効活用を促進する。



既存ケーソンを新設防波堤の一部に転用



既存部材等の性能評価の手順

■ 既存施設の改良設計に係る考え方の明確化

○「基準・同解説」：第2章「技術基準対象施設の建設、改良又は維持」

2 技術基準対象施設の設計＞ 2.4 改良設計の基本事項

■ 背景と課題

- ・既存構造物を対象とした多種多様な設計案件（増深、ケーソン転用、耐震補強等）の増加。
- ・一方で、これまでの基準・同解説は、主に新設施設を対象としていた。
- ・設計実務者から、既設構造物の設計に対する基本的考え方の提示が強く求められていた。



■「基準・同解説」における対応 ⇒ ★「改良設計」に関する基本事項を新たに追加

2.4 改良設計の基本事項

2.4.1 総論

2.4.2 既存施設の改良目的

2.4.3 既存施設の改良の全体手順

2.4.4 改良設計の留意事項



★今後も延々と続く、既設構造物に対する改良設計や延命化等への対応を、一定の共有認識に基づき、均質かつ円滑に行うことができる枠組みへ（「**維持管理時代に相応しい基準**」へ）。

1.2 技術基準への適合

港湾法第五十六条の二の二に基づき、技術基準対象施設は、技術基準対象施設に必要とされる性能に関して基準省令に適合するように、建設、改良、または維持されなければならない。なお、技術基準対象施設に必要とされる性能とは、当該施設が保有すべき最低限の性能のことである。

技術基準対象施設の建設、改良、または維持とは、技術基準との関係において、一般に以下に示す行為をいう。

①建設：技術基準対象施設を新たに設置する行為をいう。対象施設は、設置時点における基準省令、基準告示及び施工告示への適合が求められる。

②改良：既存の技術基準対象施設に対して、用途変更や設計条件等の変更により、既存施設の一部または全部を利用し、以下の目的を達成するための行為をいう。対象施設は、改良時点における基準省令、基準告示及び施工告示への適合が求められる。

- 1)既存の施設の用途を変更する。(例：係留施設から護岸への用途変更、その他)
- 2)既存の施設の性能を変更する。(例：係留施設の増深・耐震化、その他)
- 3)既存の施設の供用期間を延長する。

③維持：建設または改良された既存の施設に対して、点検等を行い、供用期間にわたって、施設の性能を満足するよう、適切に保持する行為をいう。対象施設は、施設の建設または改良時点における基準省令及び基準告示、施設の維持時点における維持告示への適合が求められ、一般に、以下の行為が含まれる。

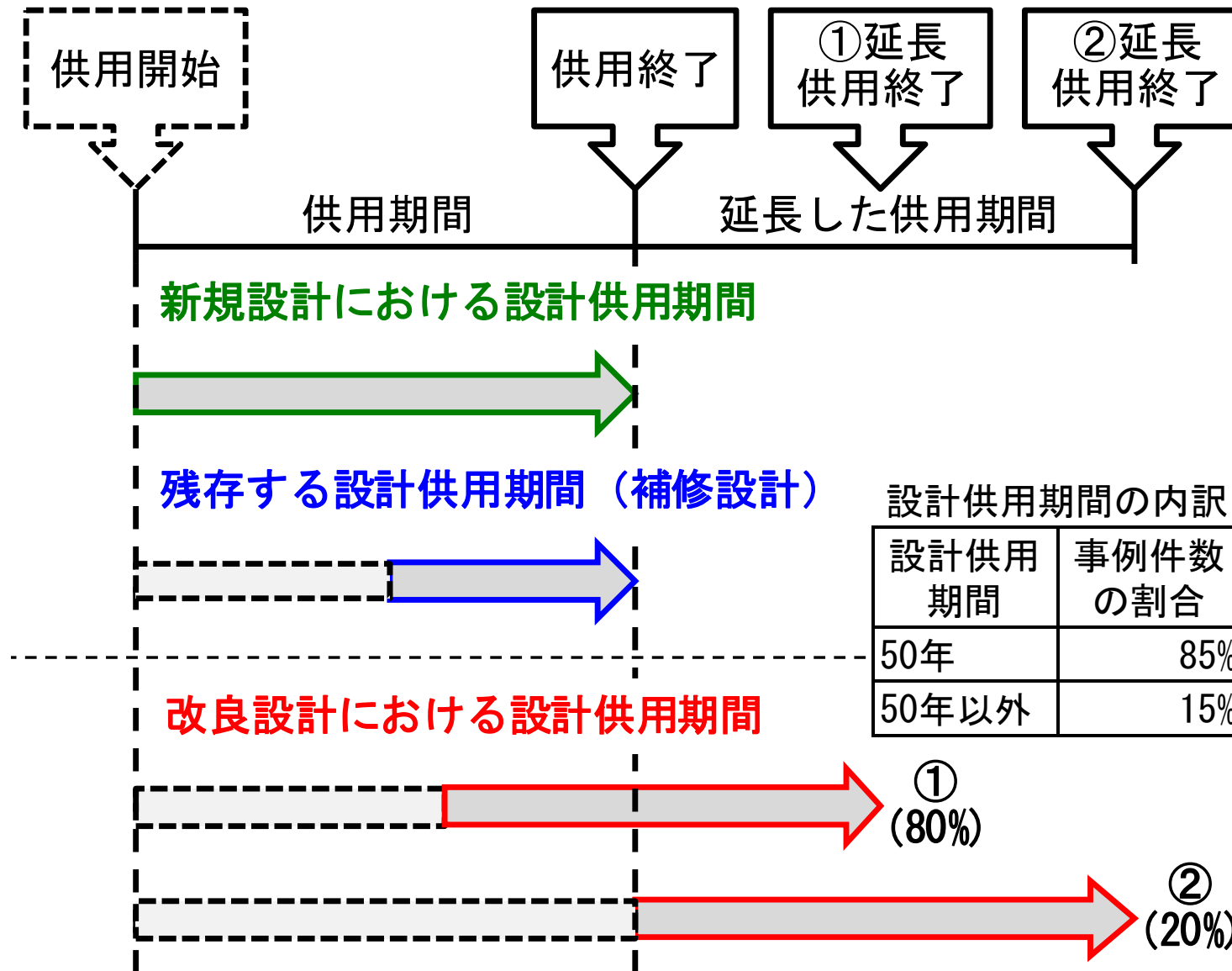
- 1)施設の点検、清掃、破損した箇所の修理など、日常的な管理を行う行為。
- 2)施設を良好な状態で保持するために、供用期間中における劣化・損傷等による施設の性能の低下への対応として、構造部材等に対して補修または補強を施し、既存施設の性能を保持する行為。

■改良の定義

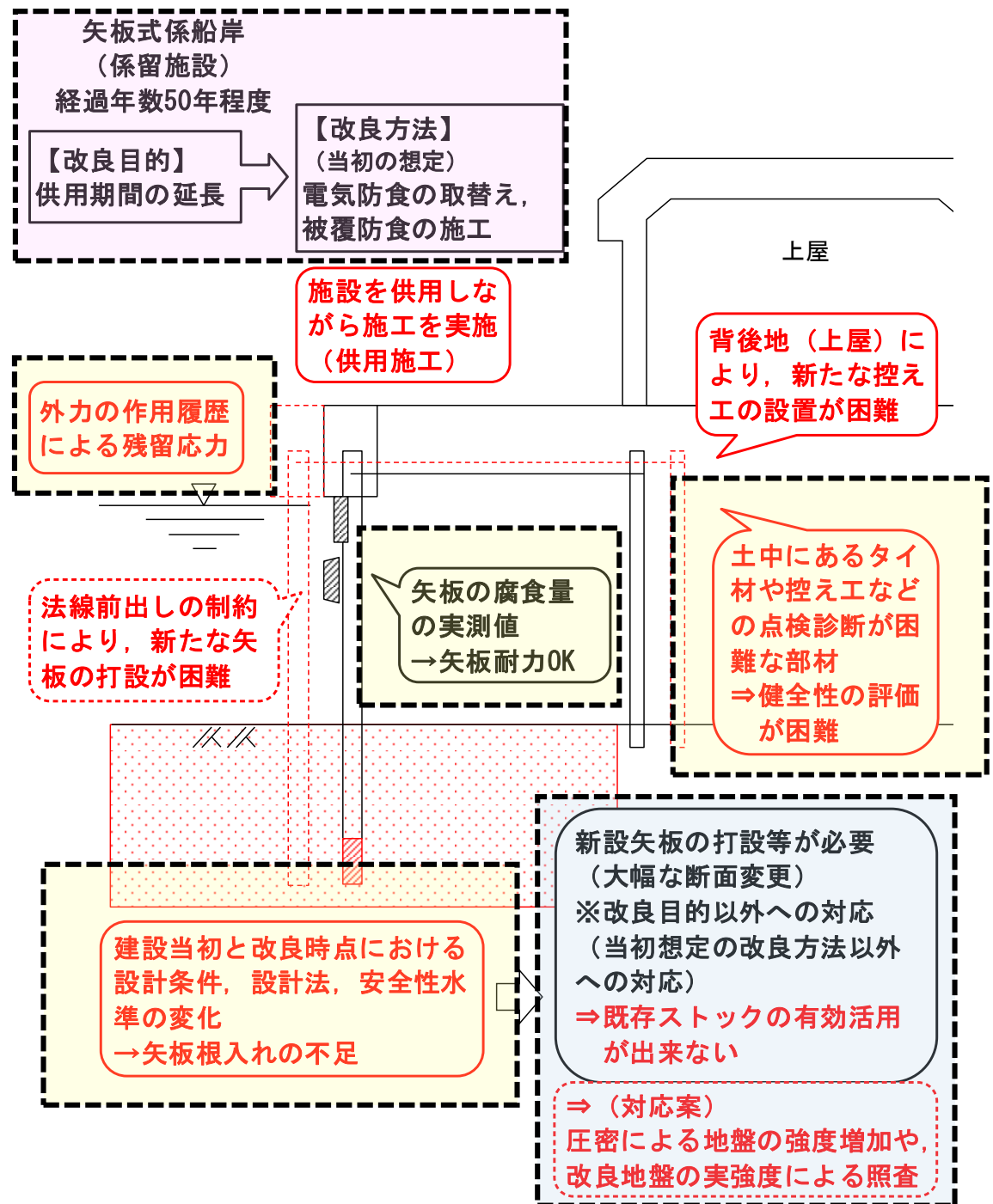
⇒ 既存施設に対して、用途変更や設計条件等の変更により、既存施設の一部または全部を利用し、以下の目的を達成するための行為。

改良目的	説明	内容等	代表的な事例
①用途の変更	既存施設の設置目的や用途（機能）を変更させる場合	設置目的・用途の変更	・防波堤から護岸への変更 ・護岸から岸壁等への変更 ・岸壁等から護岸への変更
②性能の変更	既存施設の設置目的や用途（機能）に変更はないが、要求性能を変更し、性能や能力を変更（向上、または低下）させる場合	設計波の見直し 設計津波の見直し 対象船舶の変更 設計入力地震動の見直し 荷役機械の変更 利便性への対応 親水性への対応 船舶航行、停泊の安全性向上	・防波堤または護岸の嵩上げ ・防波堤または護岸の耐津波化 ・岸壁等の増深・減深 ・岸壁等の耐震化 ・岸壁等への荷役機械の導入、荷役機械の大型化への対応 ・岸壁等の天端高の変更 ・防波堤または護岸の波浪防護方法の変更 ・航路、泊地の増深
③供用期間の延長	設計供用期間の終了を迎える施設に対して、供用期間を大幅に延長する場合。（設計供用期間の途中の変更も含む）	新たな設計供用期間の設定	・防食工の取替え ・栈橋上部工や下部工 の取替え

改良設計時における設計供用期間

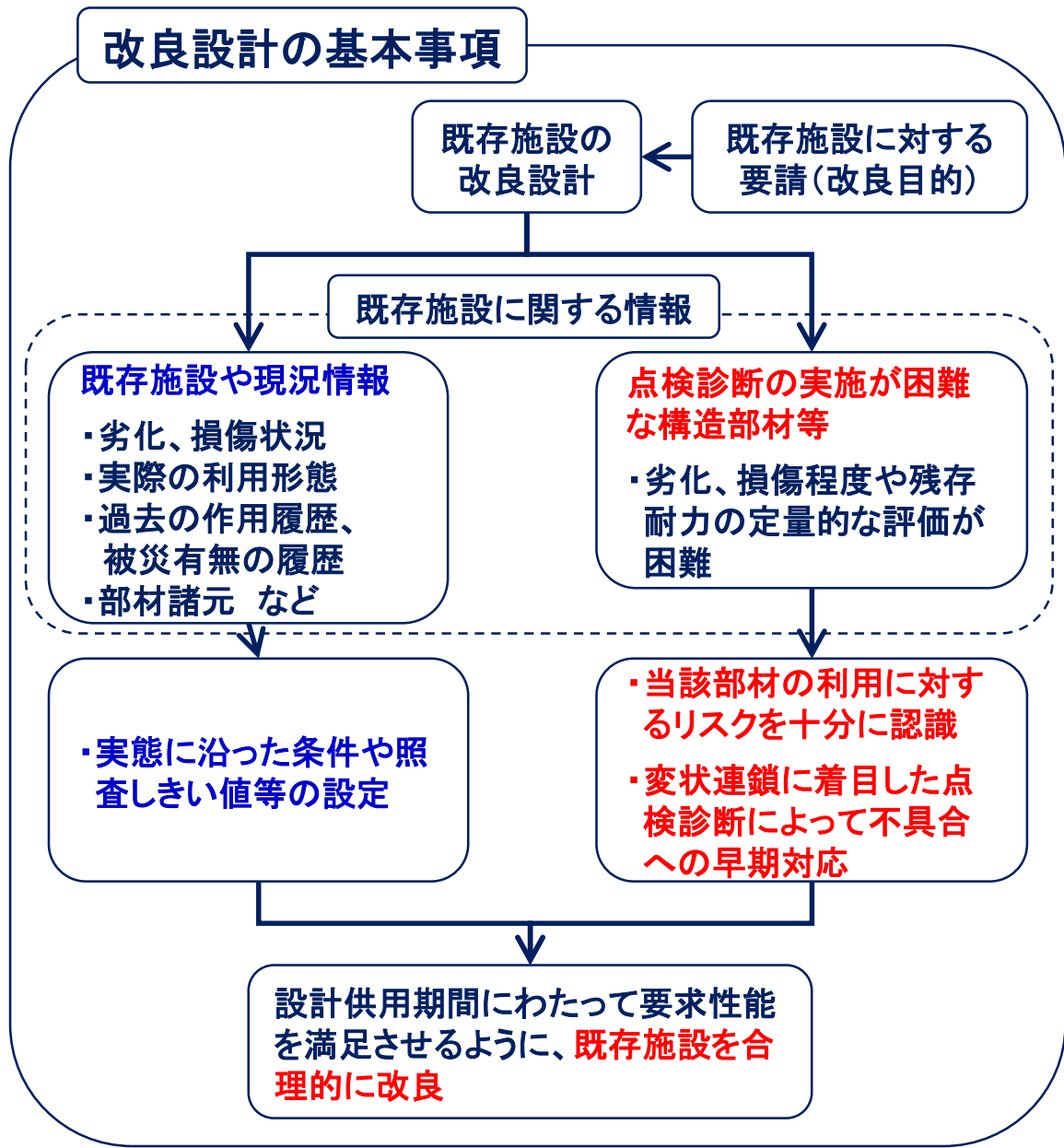


改良設計における 課題例(矢板式岸壁)



出典: 高野ら:事例分析に基づく既存港湾施設の改良設計の現状と課題, 土木学会論文集 B3 (海洋開発) 73.2 (2017): I_426-I_431.

■改良設計の基本事項 ⇒ 新規設計と異なる視点 + 柔軟な対応



既存施設に関する情報の取り扱いの重要性を明示

- 既存施設に関する様々な情報
↓
・実態に沿った条件等が設定
↓
★合理的な設計に繋がる可能性
- 点検診断が困難な構造部材等
↓
・定量的な評価が困難
↓
★リスクを十分に認識した対応
↓
★リスク残置の場合、維持管理における継続的な確認必要。

■電気防食工法の防食率(平均干潮面以下)の設定

(e) 平均干潮面以下の防食率(一般に、式(1.3.1)で定義)としては、一般に90%が用いられることが多い。ただし、適切に維持管理され、防食電位以下に保たれている場合については、防食率は一般に90%を大きく上回っている^{28) 29) 30)}。防食率の設定については、対象環境での防食率の実態を踏まえ、適切な値を設定してもよい。

$$\text{防食率} = \frac{\text{不通電試片の質量減} - \text{通電試片の質量減}}{\text{不通電試片の質量減}} \times 100 (\%)$$

○既存構造物の防食率の評価の推奨

- ・実測データの蓄積
- ・各港湾・各施設ごとの、合理的な改良設計や延命化
- ・将来的には、新規設計にも反映

**★長期間、構造物が設置・利用されていたことを最大限活用し、
設計改善に繋がるデータを蓄積し、より合理的な設計に繋げる**

3. 防災・減災対策の強化に係る規定の拡充

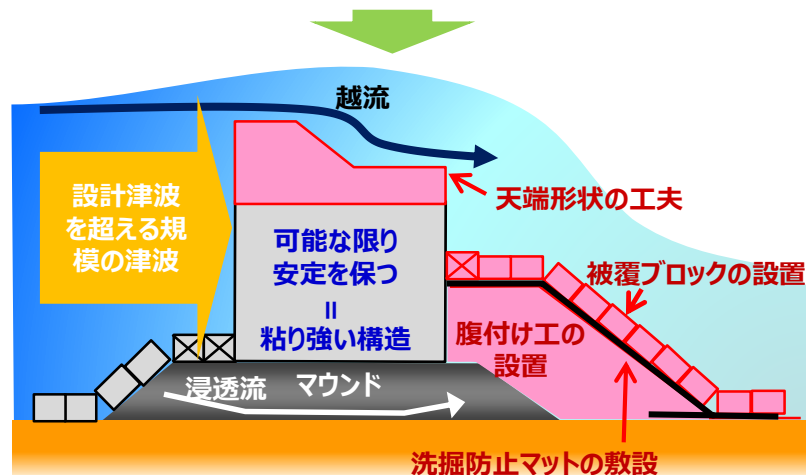
南海トラフ地震、首都直下地震等の大規模地震の切迫性が指摘されている中、東日本大震災や熊本地震等を教訓とした新たな知見を踏まえた基準の改訂を行い、防災・減災対策の推進を図る。

■ 耐津波設計・粘り強い構造の高度化

- 東日本大震災における被災事例の分析・検討を踏まえ耐津波設計における粘り強い構造等の記載を拡充。
- 腹付工・洗掘防止工の効果の確認手法を明確化。



東日本大震災の津波により倒壊した防波堤の事例

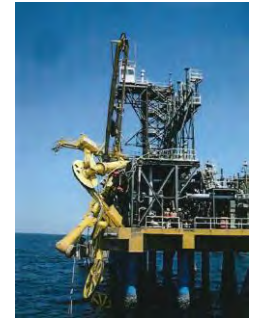


図：耐津波設計における粘り強い構造のイメージ

■ 石油・LPG・LNG荷役機械における緊急離脱に係る措置

- 石油、LPG、LNGを取り扱う荷役機械について、緊急離脱を可能とする措置の導入に関する事項を規定し、震災時の被害拡大の防止並びに安全かつ効率的な荷役の確保を図る。

(平成29年12月26日 国土交通省令第72号、告示第1195号)
東日本大震災時に船舶が離脱できずに破損したローディングアームの事例



■ 設計条件（波、耐震）の見直し



被災事例（岸壁のはらみ出し）

- 知見の蓄積を踏まえ、設計に用いる波浪に「うねり性波浪」を新たに規定。
- 重力式岸壁について多数の被災事例に基づく検証により、レベル1地震動に関する照査用震度式の運用を一部見直し。

■ 熊本地震による被災を踏まえた対応



可動橋被災箇所

- 熊本地震において、フェリー埠頭の可動橋に地盤の変形に起因した被害が生じたことを踏まえ、ある程度の地盤変形に対応できる構造とするための留意点を明記。

■ 耐津波設計・粘り強い構造の高度化

○主要改訂事項

(防波堤)

- ・津波作用時の波力式
- ・マウンド透過波力と目地内波力
- ・消波ブロック被覆堤の洗掘量推定式
- ・防波堤腹付工の設計法見直し
- ・津波浸透流を考慮したマウンド支持力照査法

(防潮堤)

- ・L1地震動に対する胸壁の照査用震度

(係留施設)

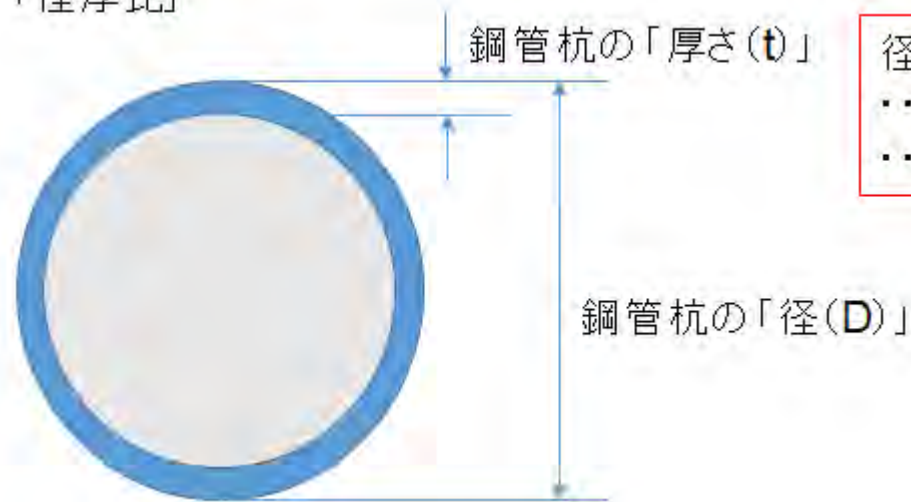
- ・L1地震動に対する栈橋の照査用震度の設定ルール変更
- ・L2地震動に対する鋼管部材の耐力特性の見直し

■ 鋼管杭の構成則の運用見直し (レベル2地震動に対する耐震設計)

大矢陽介, 塩崎禎郎, 小濱英司, 川端雄一郎: 耐震性能照査における鋼管部材のモデル化法の提案, 港湾空港技術研究所報告, Vol.56, No.2, pp.3-33, 2017.

大矢陽介, 塩崎禎郎, 小濱英司, 川端雄一郎: 径厚比を考慮した鋼管部材のモデル化法の各種港湾施設への適用, 港湾空港技術研究所資料, No.1338, 2017.

○ 「径厚比」



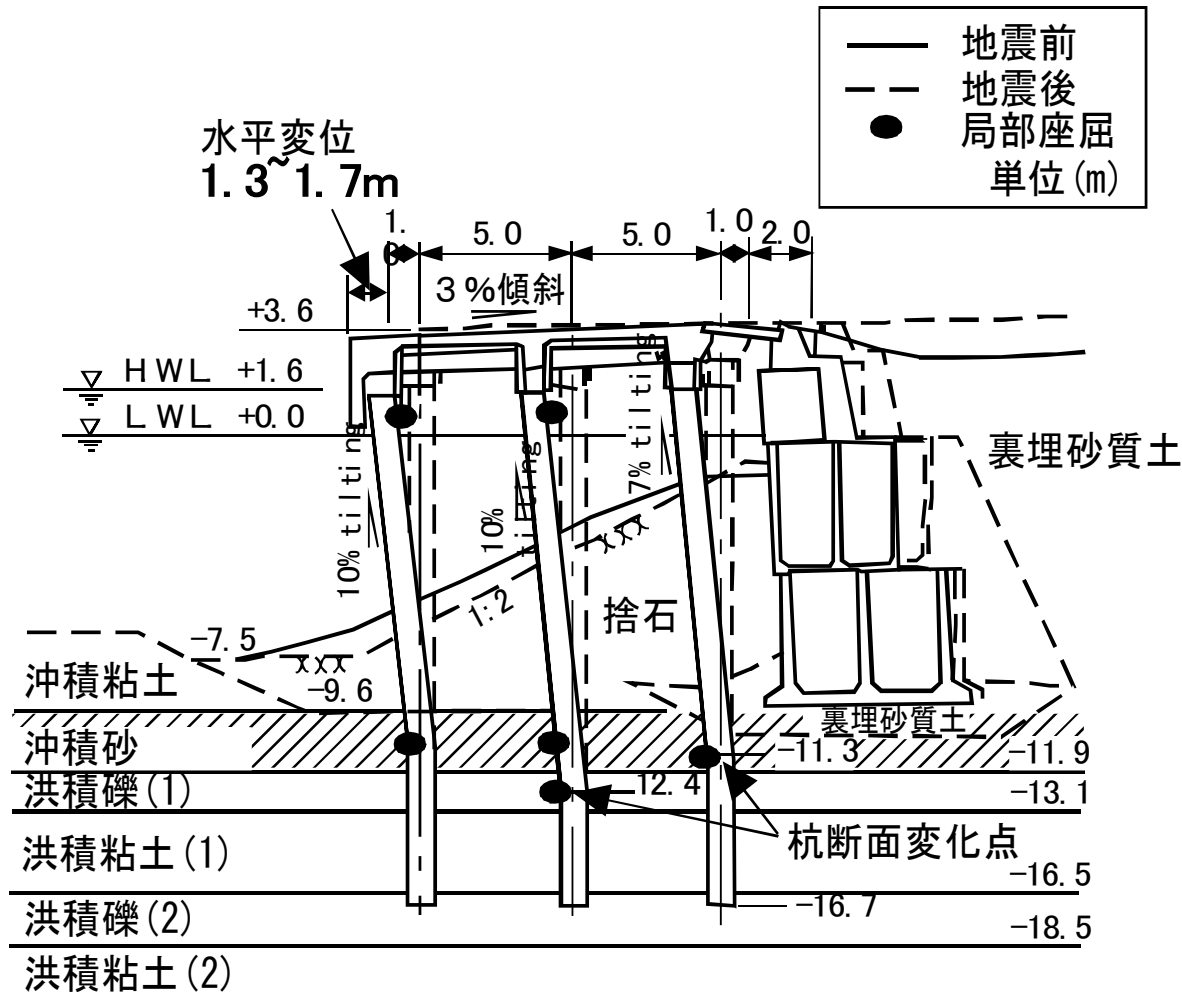
径厚比 = (D/t)

・・・ D/t が大きい $\Rightarrow$ 直径に対する肉厚が小さい

・・・ D/t が小さい $\Rightarrow$ 直径に対する肉厚が大きい

★ 鋼管部材の耐力特性の評価に、径厚比の影響(鋼管部材の粘り強さ)を考慮

■大地震時の栈橋の被害形態



杭式横栈橋の杭の被害(神戸港高浜埠頭、現場にて引き抜き調査の状況)

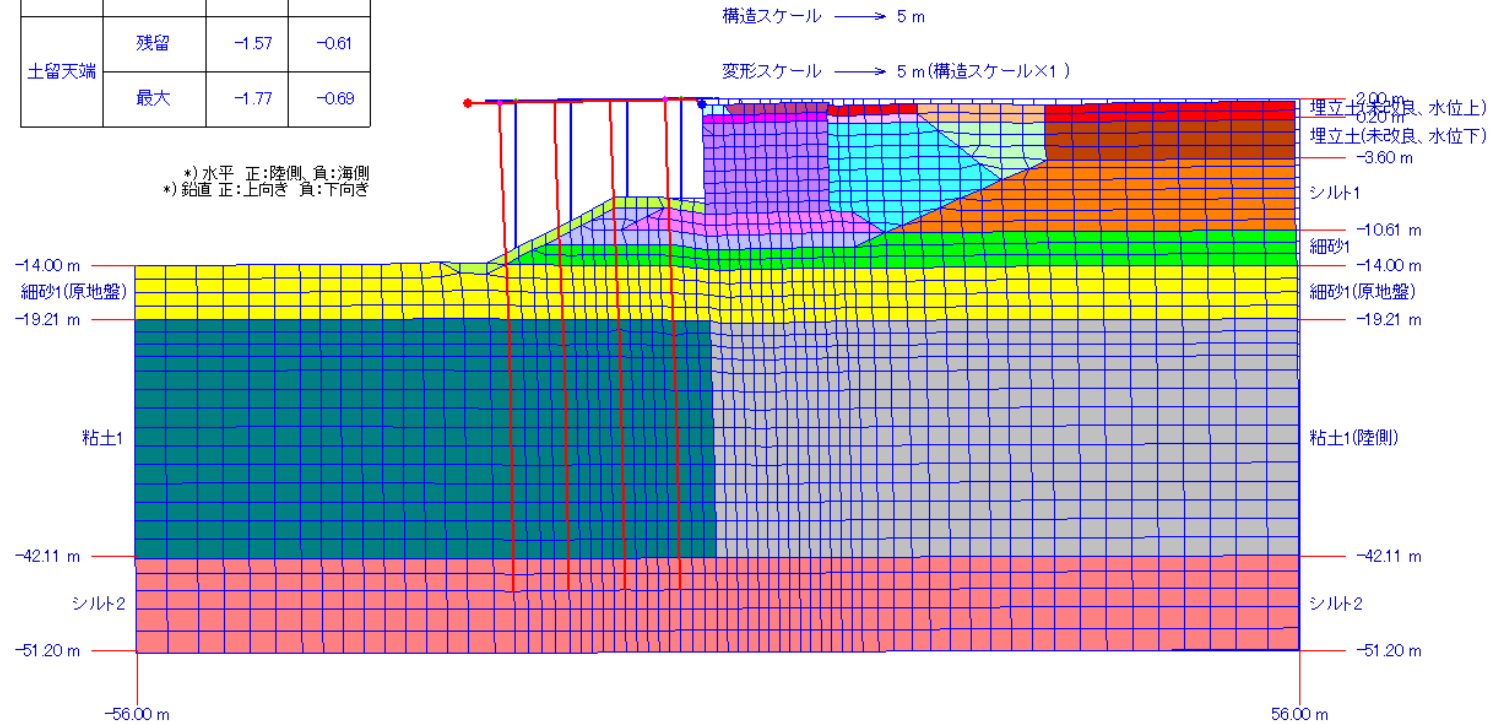
- 栈橋背後の土留めの海側への移動
- 渡版を介して栈橋床版が海側へ移動
- 杭が座屈

栈橋の被害例(神戸港高浜栈橋、1995年兵庫県南部地震)

○地盤の側方流動等により、鋼管杭(杭頭、土中)に大きな曲げが作用

■レベル2地震動に対する地震応答解析の事例(栈橋式)

位置	変位(m)	水平	鉛直
岸壁天端	残留	-1.57	-0.26
	最大	-1.77	-0.28
土留天端	残留	-1.57	-0.61
	最大	-1.77	-0.69

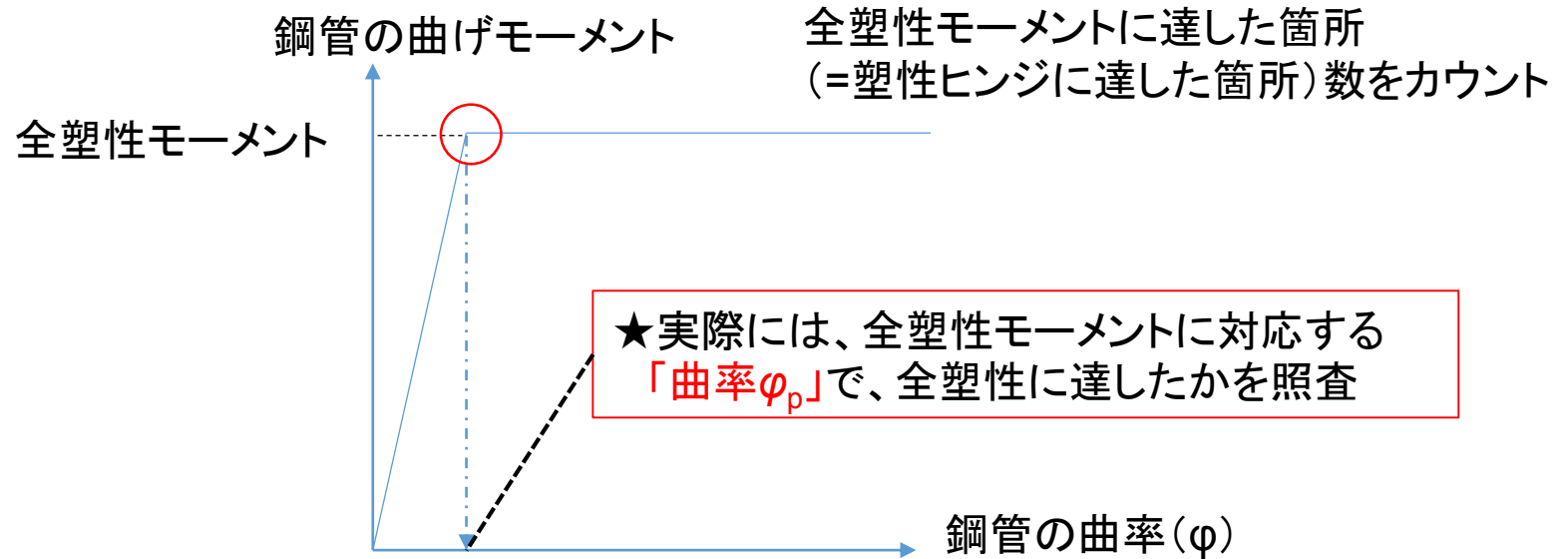


○地震応答解析でも、実際の被災形態と同様の傾向

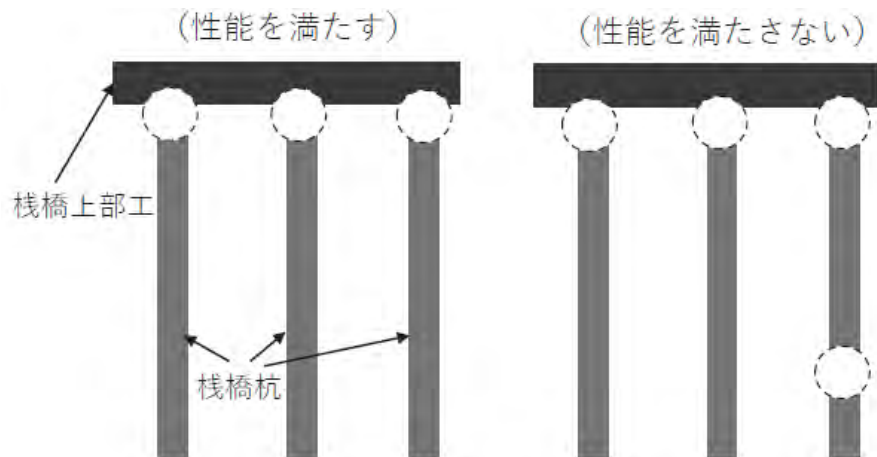
○変形モードと基礎杭(鋼管杭)の損傷程度の評価が重要

【従来】L2地震動に対する鋼管杭の照査

■塑性ヒンジ発生有無の確認



■栈橋全体系での確認(耐震強化岸壁(特定))



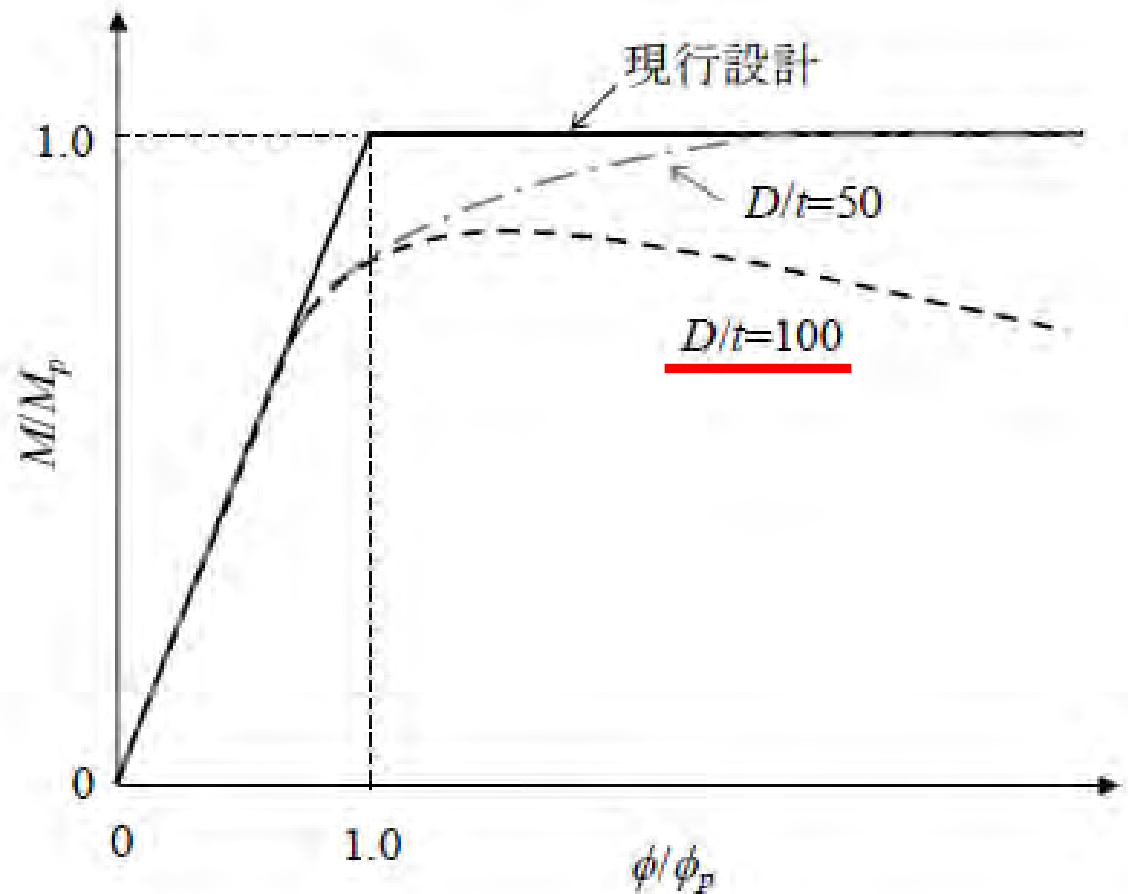
- 土中部で塑性ヒンジが発生した場合の課題
- ↓
- 杭径の増加で対応 (曲率 ϕ_p 未満とする)
- ↓
- 径厚比の大きい断面 (製品規格中) が選定
- ↓
- ★設計バランスが悪くなる

○は限界曲率に達した箇所を概念的に示したもの

鋼管部材の取り扱いの問題点（大矢・塩崎他，2017，港空研報告）

★経済設計の追及により，径厚比 $D/t=100$ といった薄肉大径の鋼管杭が採用される機会が増えている。

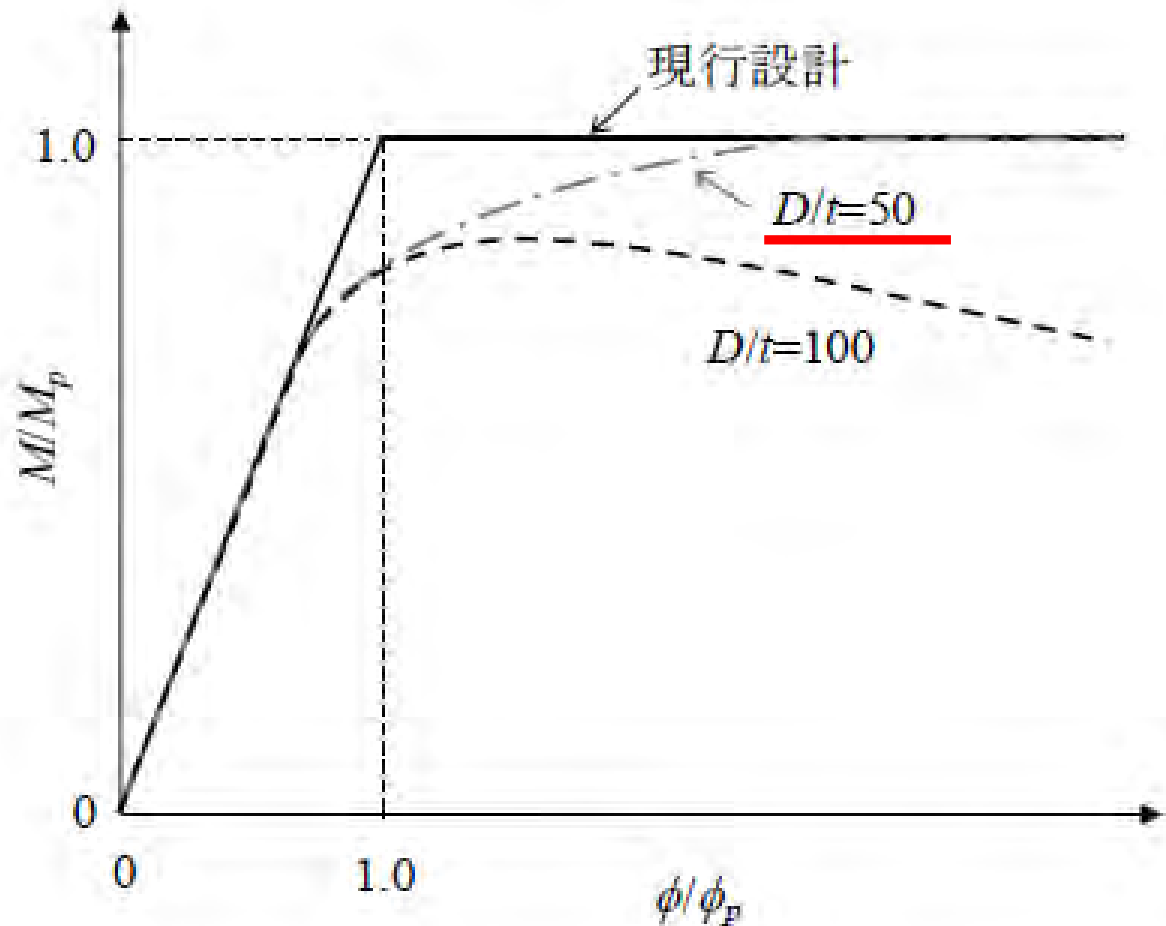
★栈橋を対象とした非線形地震応答解析（FLIP等）では，梁要素の材料非線形性として，全塑性モーメントを折れ曲がり点とするバイリニア型の $M-\phi$ 関係が用いられることが多いが， D/t の大きな鋼管杭は，実際には全塑性モーメントに到達する前に局部座屈が生じて耐力低下が生じる危険性が高い（課題1）。



径厚比が異なる鋼管杭の耐力特性の概念図

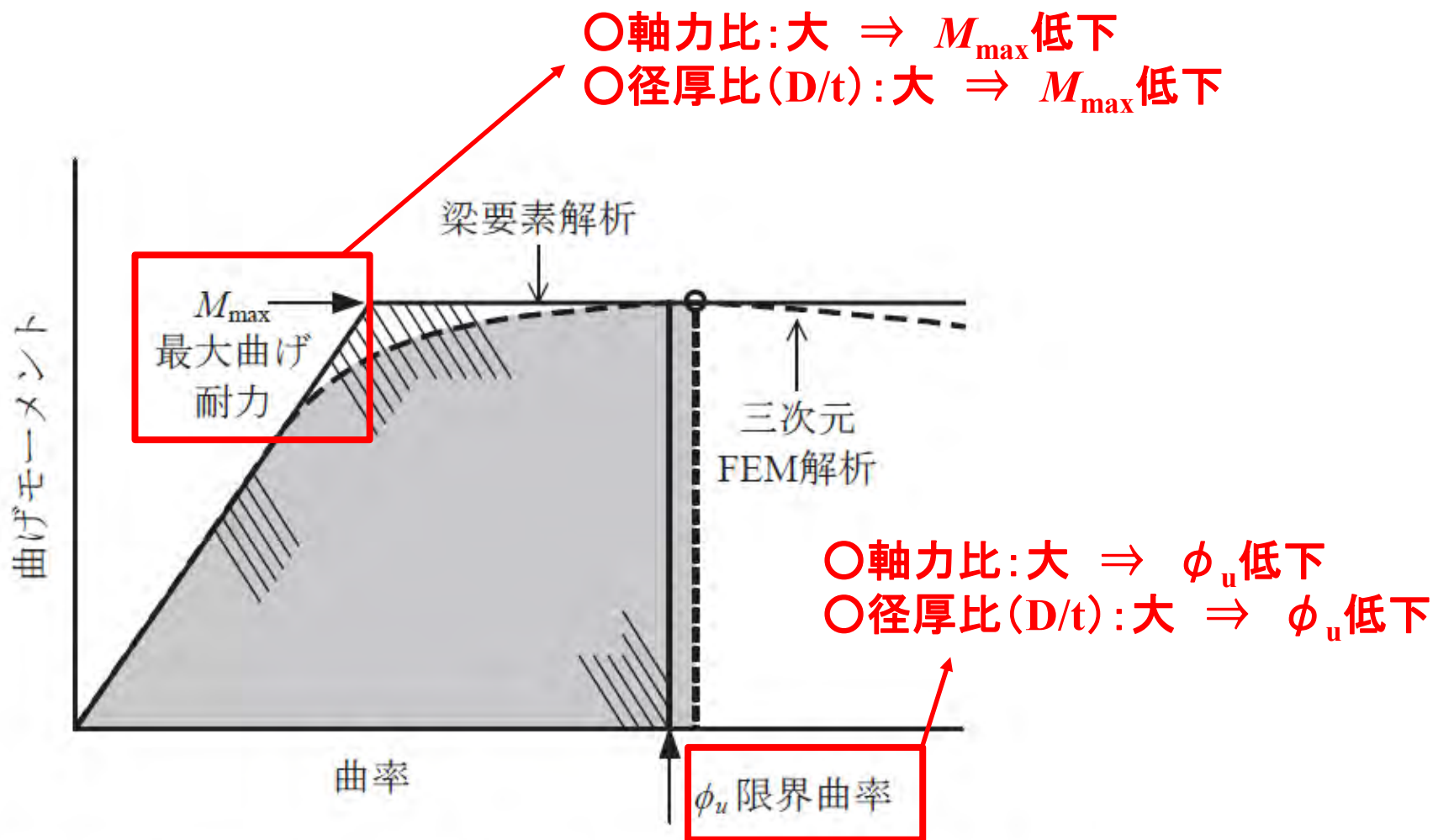
鋼管部材の取り扱いの問題点（大矢・塩崎他，2017，港空研報告）

★一方， D/t の小さな鋼管杭は局部座屈による耐力低下が起こりにくく，変形が進んでも耐力を保ち続けることができるが，その変形性能は現行設計法では十分に考慮されていないという問題点もある（課題2）。



径厚比が異なる鋼管杭の耐力特性の概念図

【H30基準】 L2地震動に対する鋼管杭の照査（限界曲率 ϕ_u ）



図－5.2.13 梁要素（バイリニア型）の限界曲率の求め方

■鋼管部材の構成モデルの見直しの効果

○以下の評価精度が向上し、照査精度も向上する。

ア) 最大曲げ耐力の評価

・鋼管部材の径厚比及び軸力比に応じた、実耐力の評価が可能となる。

イ) 最大曲げ耐力発現時の曲率の評価(ここが実際の塑性ヒンジ)

・鋼管部材の径厚比及び軸力比に応じた、最大耐力発生時の曲率の評価が可能となる。

■想定される実務設計への影響

(2) レベル2地震動に対する設計(鋼管部材の規格選定)

・鋼管部材の規格選定において、性能に重きを置いた選定が可能となる。

i) 径厚比が大きい(例:100程度)場合や軸力比が大きい場合(例:0.2程度以上)、現行手法より耐力は大幅に小さく評価されるため、肉厚を増加させる(径厚比を低下)などの対応が必要。

ii) 一方で、径厚比が小さい(例:50程度)場合や軸力比が小さい場合(例:0.2程度以下)は、現行手法から耐力はそれほど低下しないが、最大曲げ耐力発現時の曲率(塑性ヒンジ化に至るか否かの閾値に相当)は現行手法より大きく評価されるため、許容される範囲内で肉厚を減少させるとともに、鋼管部材が有する変形性能(粘り強さ)を評価することが可能となる。

課題の解決に向けた研究（大矢・塩崎他，2017，港空研報告）

★課題の解決に向けた研究 ⇒ 港空研と鋼管杭・鋼矢板協会の共同研究

（手順）

シェル要素を用いた3次元FEM解析により耐荷性能を把握。
なお，解析の妥当性については実験で確認。

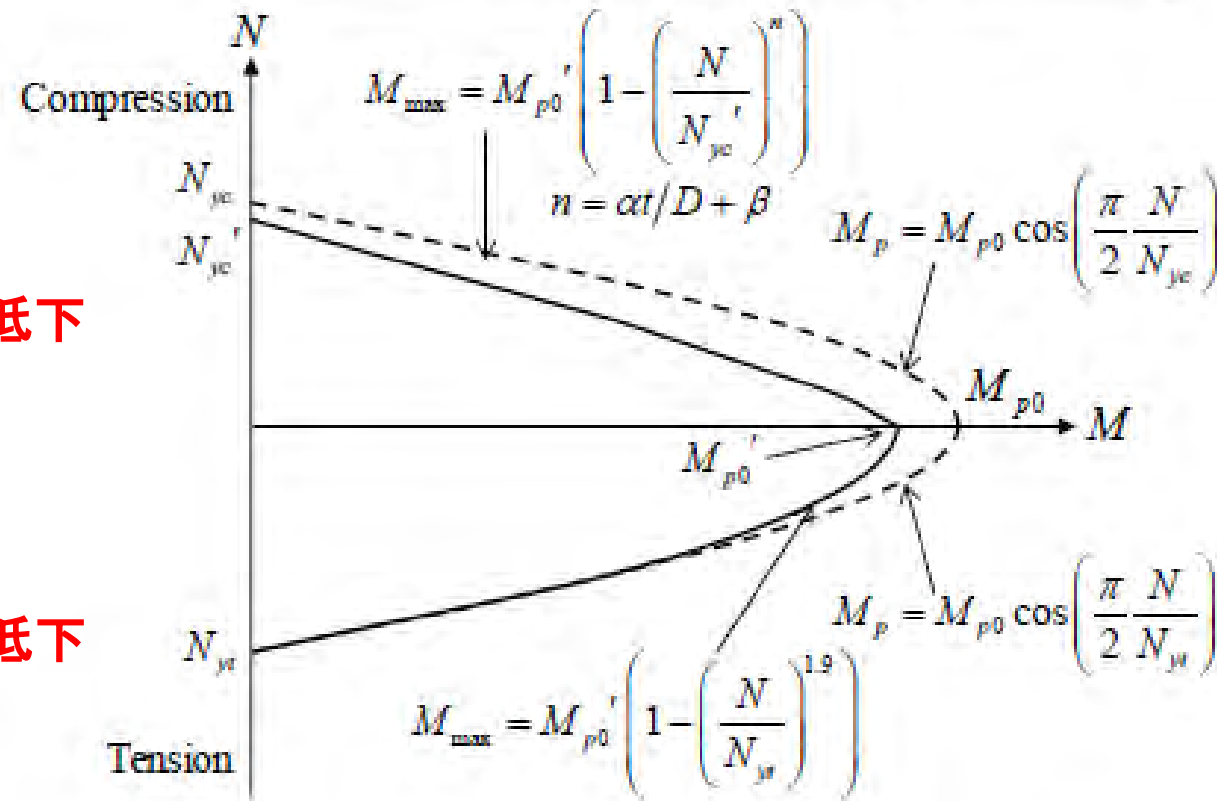


3次元FEM解析の結果を設計で用いられている一般の梁要素で表現するための
パラメタ設定方法を新たに提案。

最大曲げモーメントのモデル(H30基準)

参考

Conventional method - - - - - Proposal - - - - -



○軸力比:大

↓
最大曲げモーメント:低下

○径厚比(D/t):大

↓
最大曲げモーメント:低下

最大曲げモーメント(横軸)と軸力(縦軸)の関係

実線:提案法(H30基準)

破線:従来法

最大曲げモーメントのモデル(H30基準)

○軸力比:大

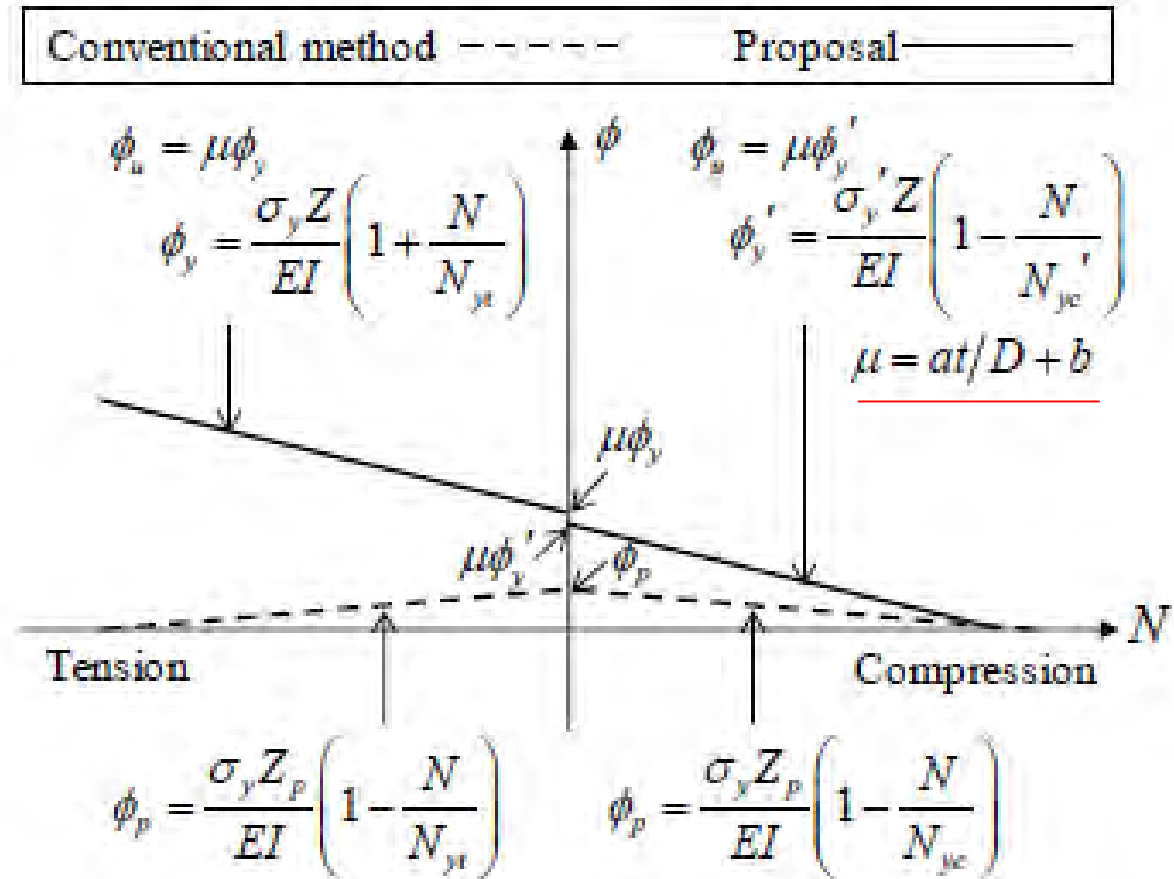


限界曲率:低下

○径厚比(D/t):大



限界曲率:低下



限界曲率(縦軸)と軸力(横軸)の関係

実線:提案法(H30基準)

破線:従来法

【下巻】作用及び材料強度条件編に関する参考技術資料

○第2章 大規模災害時の調査・試験

- ・概要：大規模地震・津波の発生後に必要とされる調査・試験内容を体系的にとりまとめ(初期調査,緊急復旧調査,本格復旧調査)
- ・背景
 - ⇒ 2011年東日本大震災の教訓を陳腐化させず、次に活かす
 - ⇒ 非常災害時の国交大臣による円滑な港湾施設の管理 (港湾法改正：H29.6.9公布)

第2章 大規模地震・津波後の調査・試験

1 総論

1.1 本章の位置づけ

本章は、津波を伴う大規模な地震（以下、「大規模地震・津波」という。）によって複数の港湾が同時に被災を受けた後に、被災状況の全体把握、係留施設等の利用可否の判断、港湾啓開など緊急的な対応、及びその後の災害復旧事業を円滑に進めるために必要とされる調査について、2011年東日本大震災における対応¹⁾を踏まえ取りまとめたものである。なお、本章の内容は、津波を伴わない地震や高潮・高浪災害においても参考とすることができる。

〔参考文献〕

1) 国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所：地震・津波被災調査実施要領,平成26年3月.

HP上で公開

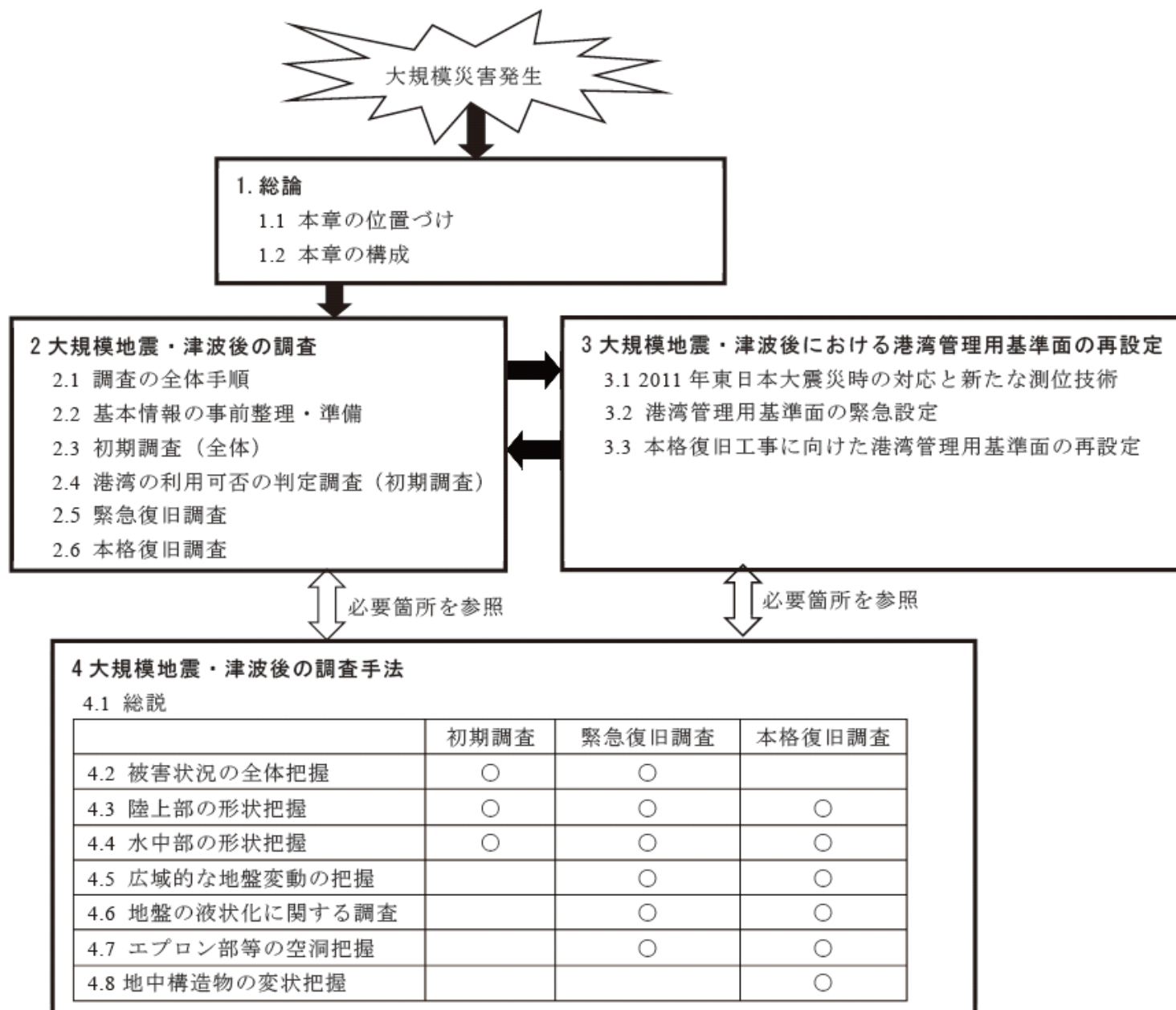


図-1.2.1「大規模地震・津波後の調査・試験」の全体構成

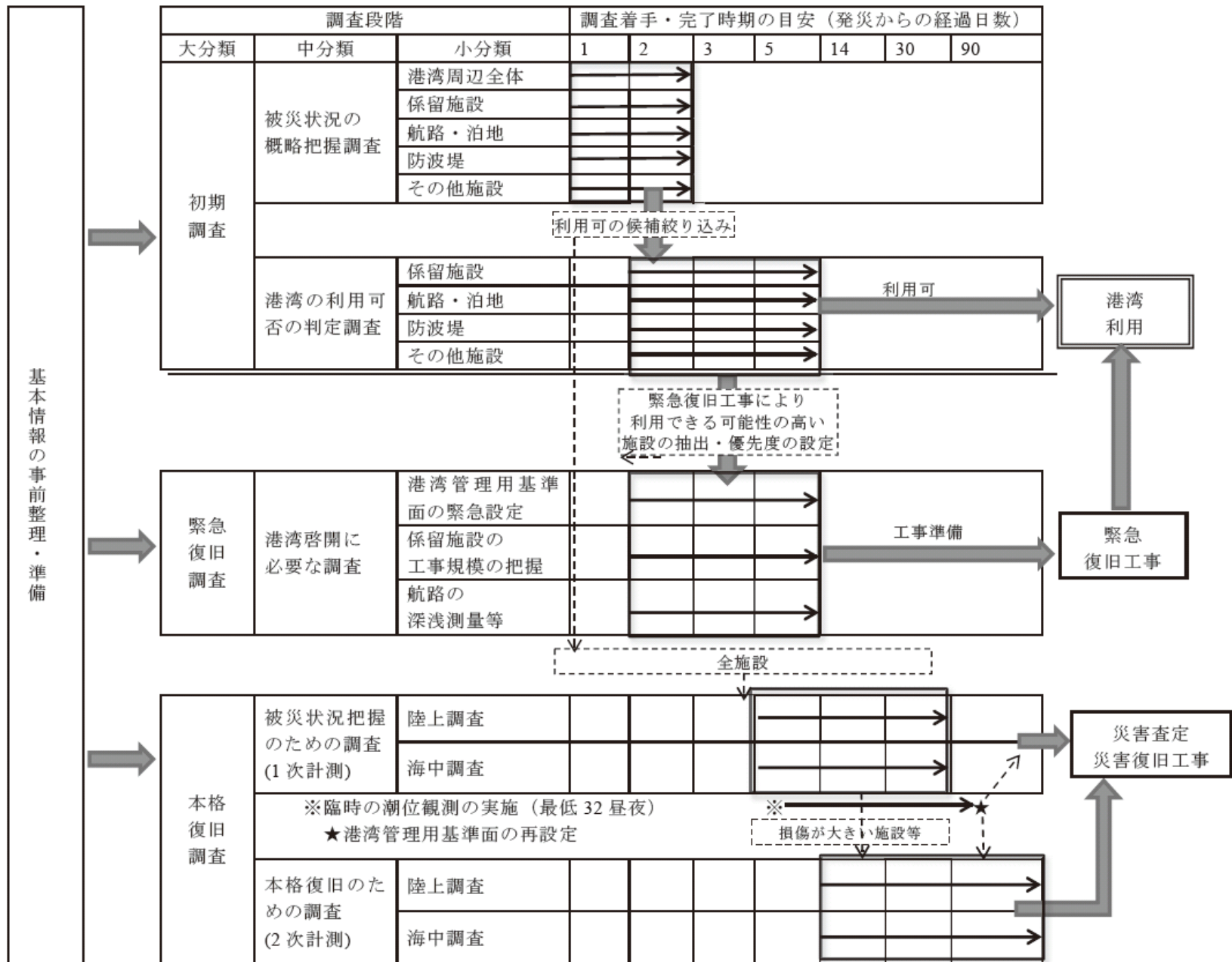


図-2.1.1 大規模地震・津波後の被災調査の全体手順

4. 国際競争力の強化及び基準の国際化に係る規定の拡充

船舶の大型化への対応や安全な港湾荷役に関する事項を拡充し、国際競争力の強化を図る。また、基準の海外展開を念頭においた内容を拡充し、日本企業の海外港湾インフラビジネスを支援する。

■船舶の大型化への対応

- コンテナ船やクルーズ船の大型化を踏まえ、標準船型の船舶諸元を見直し。それに伴い、係船柱などの附帯設備の設計に関する記載を拡充。
- クルーズ船寄港の急速な増加を踏まえ、専門ふ頭「クルーズふ頭」として関連事項を明確化。

大型化が進むクルーズ船



旅客船の船舶諸元の標準値

総トン数 GT(トン)	全長 L _{oa} (m)	垂線間長 L _{pp} (m)	型幅 B (m)	満載喫水 d (m)
3,000	94	81	16.5	4.2
5,000	112	96	18.5	4.8
10,000	143	122	21.8	5.7
20,000	183	155	25.5	6.4
30,000	211	178	28.0	6.9
50,000	252	213	32.3	7.6
70,000	284	239	32.3	8.0
100,000	294	270	35.6	8.4
130,000	325	297	38.5	8.8
160,000	345	311	41.0	9.1

※標準値を超える大型船については就航中及び建造中の船舶諸元を紹介
 : 更新箇所 : 追加箇所

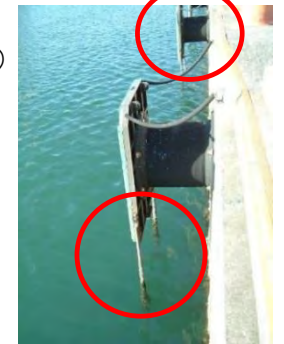
■荷役作業の高度化及び安全確保

- 遠隔操作化された移動式荷役機械を技術基準対象施設に追加(平成29年9月27日 政令第253号)し、安全かつ効率的な港湾機能を確保するための要求性能、性能規定及び危険防止に関する対策を新たに規定。

(平成29年12月26日 国土交通省令第72号、告示第1195号)

- 施設設計時において、繫離船作業の安全確保に向けた配慮が必要であることを明文化し、安全性の向上を図る。

荷役作業の危険防止対策として、防舷材への係留ロープの引っ掛かりを防止する対策を考慮



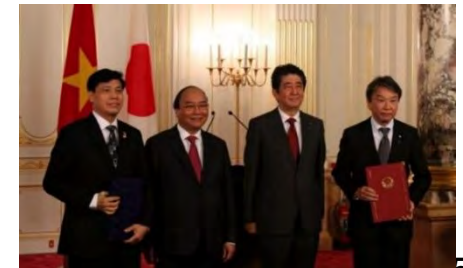
■基準の国際化

- 基準の海外展開を念頭に、海外で多く見られる施設(傾斜堤等)に関する内容を拡充。

(基準の海外展開例)

我が国の港湾の技術基準をベースとしたベトナム国の新しい国家技術基準の作成への協力。

「港湾施設の国家技術基準策定における協力に係る覚書」の交換式(H29.6.6)



改正内容

■ 港湾法施行令改正事項

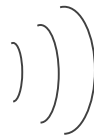
○ 遠隔操作化された移動式荷役機械の技術基準の制定

(港湾法施行令、基準省令、細目告示、維持告示)

移動式荷役機械(自動的に、又は遠隔操作により荷役を行うことができるものに限る。)を技術基準対象施設に追加し、安全かつ効率的な港湾機能確保するための所要の要求性能、性能規定及び危険防止に関する対策を定めるもの。

➡ **労働安全衛生法体系（クレーン等安全規則、移動式クレーン構造規格など）に加えて、
港湾における効率性を確保しつつ、安全性を確保するための遵守事項を規定**

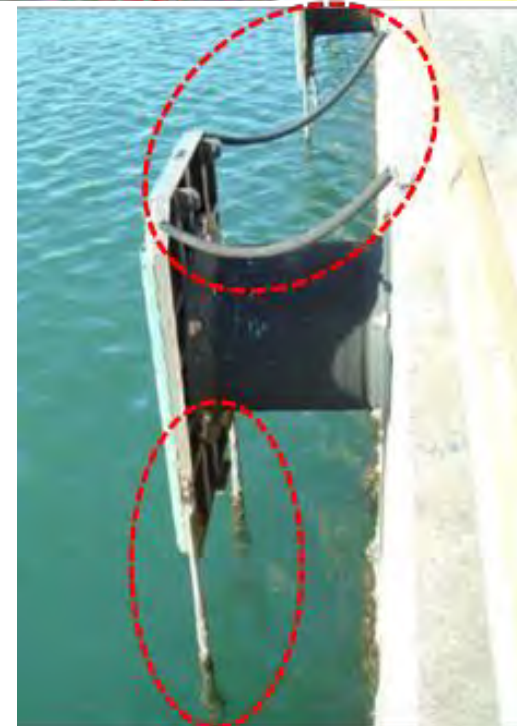
管理棟からRTGを遠隔操作



RTG: タイヤ式門型クレーン
(移動式荷役機械の一つ)

■係留施設の付帯設備における繋離船作業への安全性向上への配慮

「繋離船作業に係る安全問題検討会」(日本繋離船協会, 国土交通省(海事局・港湾局))



(写真) 西岡ら：係留施設の付帯設備等の整備における繋離船作業の安全への配慮事項に関する検討, 国総研資料No.957, 2017

5. 環境への配慮に係る規定の拡充

港湾の自然環境の保全・再生・創出のため、環境の保全に資する構造物に係る規定の新設、干潟・浅場・藻場などの自然再生技術、リサイクル材の環境利用などの記載内容を拡充し、豊かな海域環境の創出を図る。

■ 環境の保全に資する構造物に係る規定の新設

- 防波堤、護岸、岸壁、栈橋、物揚場について、生物共生型港湾構造物を整備する際、施設本来の機能を損なわず港湾の環境を保全できるよう、所要の要求性能、性能規定を定めた。

(平成29年12月26日 国土交通省令第72号、告示第1195号)



老朽化した護岸に生物共生効果を併せ持つ「護岸」と「磯場」を設置



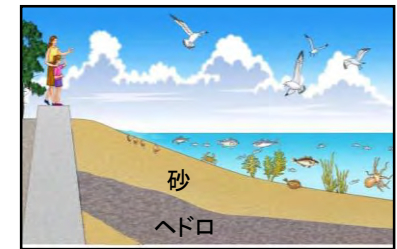
生物共生型港湾構造物の設置事例

■ 自然再生技術に係る規定の拡充

- 自然再生に関する基本的な考え方・用語に関する記載を拡充。
- 干潟造成、藻場造成に加えて、覆砂、深掘跡の埋戻しによる整備についての基本的な事項を新たに規定。



干潟造成: 浚渫土を有効活用して干潟を造成。生物の増加や鳥類の飛来など、自然と共存。



覆砂: 有機汚泥化した底質を砂で覆い、海域の富栄養化・貧酸素化を抑制すると共に生物の生息場を提供。

■ その他環境に関する記載の充実

- 生物への配慮や生態系が果たす役割、重要な視点などについての記載を拡充。
- 新しい概念として、生態系サービス（人が生態系から得ることができる便益）について記載。
- 生態系が果たす役割として、ブルーカーボン（大気中の二酸化炭素を吸収し海底堆積物中に有機物を貯留する機能）に関する基本的な事項を新たに記載。
- リサイクル材料の環境利用に関する記載を拡充。

生物共生型港湾構造物の追加

省令・告示の追加

- 防波堤，護岸，岸壁及び棧橋の省令・告示に，「環境の保全を図る」ことが追加された

各施設の解説の追加

- 生物共生型防波堤
- 生物共生型護岸
- 生物共生型岸壁
- 生物共生型棧橋

参考ガイドライン

- 国土交通省港湾局：
- 生物共生型港湾構造物の
- 整備・維持管理に関する
- ガイドライン，2014.



B. 改訂の狙いと雑感(担当者として)

改訂の狙い(担当者として)

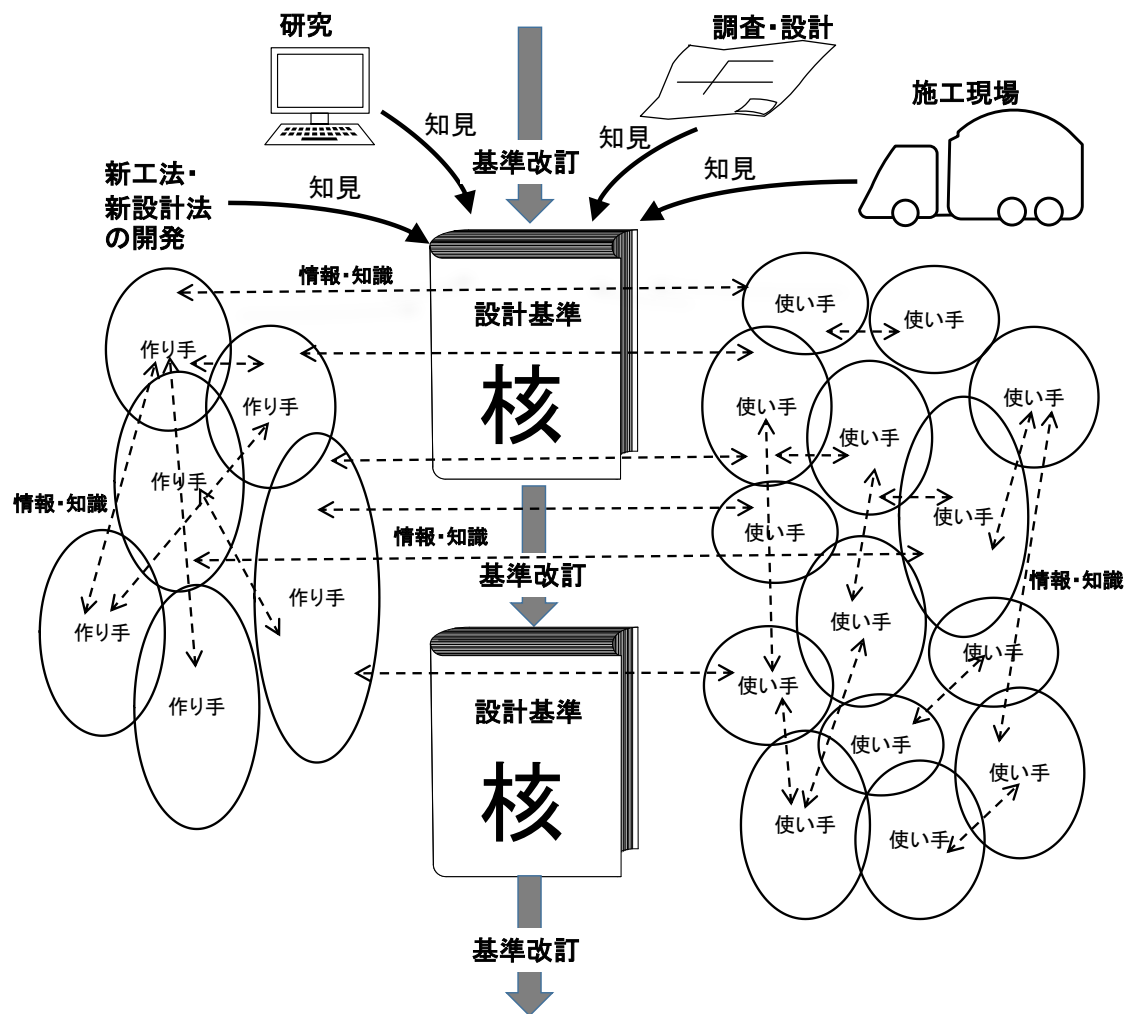
★性能設計の深化 ⇒ 思考停止は厳禁。常に改善必要。

⇒ 技術者・設計者の存在意義

- ①深く、良く考えた設計や構造計画(現地適合、創造性)。きっかけを提示。
- ②国内外のプロジェクトでの利用を想定した実務的で利用しやすい基準。
- ③新技術・新工法、新しい作用算定式・性能照査式等、の導入のし易さ。
- ④維持管理時代に相応しい基準。改良設計の枠組みを提示。
- ⑤全体最適を意識(調査・設計・施工・維持の連携強化)

【雑感】技術伝承における設計基準の役割

(宮田・高橋, 地盤工学会誌, 65-3(710), pp.15-pp.15)



異なる組織や技術者を繋ぐ

異なる時代の技術や技術者を繋ぐ



○定期的な見直し

○計画、調査、発注、施工、維持

図-1 核としての設計基準 (イメージ)

C.「基準・同解説」の英訳化、港湾基準の海外普及方策

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」 ～概要・変遷・英訳版刊行～

①「港湾の施設の技術上の基準・同解説」

⇒1950年頃から整備. 国内の港湾施設の設計対象.

⇒最新版2018年. 10年程度で大改訂.



【日本語】



【英語】

②英訳版(発行:(財)国際臨海開発研究センター(OCDI))

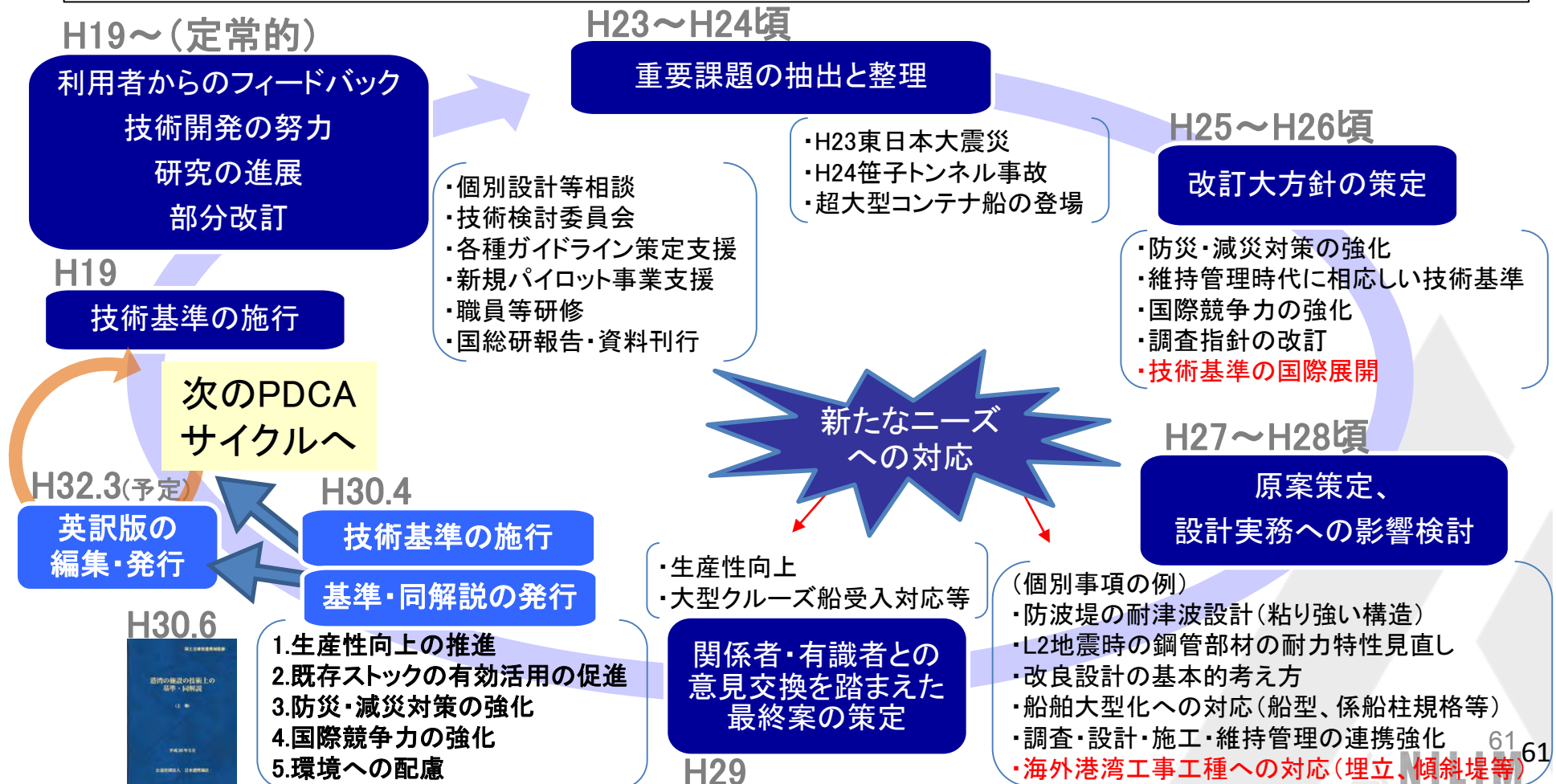
⇒過去4回英訳版を刊行. アジアの港湾ODA工事等で適用

発行年	頁数(日本語)	英訳版の発刊年
1979(昭和54年)	692	1980年
1989(平成元年)	968	1991年
1999(平成11年)	1181	2002年
2007(平成19年)	1485	2009年
2018.5(平成30年5月)	2218	2020年3月(予定)

重要課題への研究対応

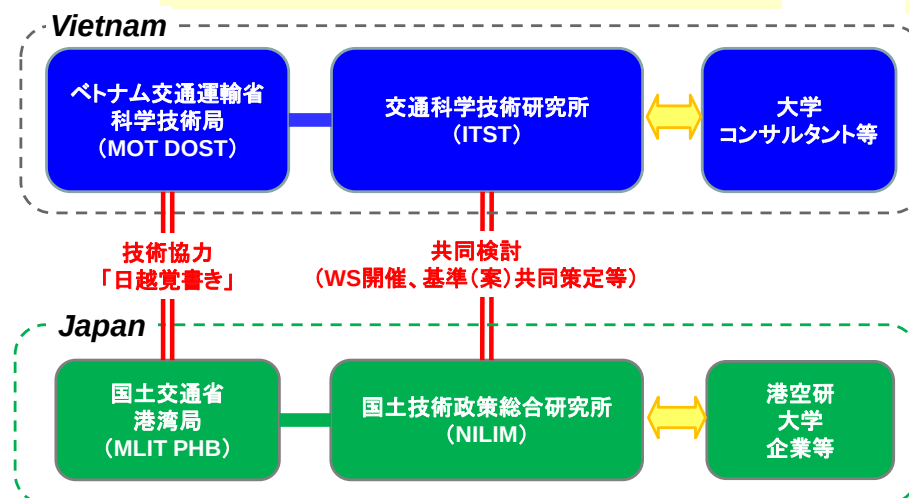
港湾施設の技術上の基準の改訂と国際展開

- 港湾に係る技術政策の実行を根幹的に支える港湾技術基準を策定するのみでなく、本基準を中心として、10年ピッチで、港湾技術の大きなPDCAサイクルを回し続けている。
- この過程で、組織・人材の能力維持・向上、時代を超えた技術伝承を図ることができる。
- 更に、日本の技術基準を開発途上国の自然条件や技術水準・経済水準に合わせた形でカスタムメイドする取り組みを2013年（H25）からベトナムで実施し、質の高いインフラ整備を支援。



- 開発途上国における質の高いインフラ整備を支援し、日本のインフラシステムの輸出にも寄与する上で、当該国の技術基準等の制度構築は重要。
- 進んだ日本の港湾分野の技術基準を相手国の自然条件や技術水準・経済水準に合わせた形でカスタマイズする取り組みを2013年（H25）からベトナムで実施中。他国にも展開を検討中。
- また、技術基準の国際展開その他の国際活動での知見を国内基準の改訂に反映。

【日越における共同検討体制】



2014年3月7日：MOU署名式
（左：国交省 中原国土交通大臣政務官、
右：ベトナム交通運輸省 トン副大臣）



2017年6月6日：MOU延長（3年間）のための署名式
（右端：国交省 大野国土交通大臣政務官、
左端：ベトナム交通運輸省 トン副大臣）

【ベトナム国家港湾基準の策定・発行状況】

	進捗状況			
	研究段階	基準原案作成段階	基準原案審査段階	基準発行
■設計基準（全11編）				
Part 1: 総則				TCVN
Part 2: 荷重と作用				TCVN
Part 3: 材料条件				
Part 4-1: 基礎				
Part 4-2: 地盤改良				
Part 5: 係留施設				
Part 6: 防波堤				TCCS
Part 7: 航路・泊地				
Part 8: ドライドック・閘門・斜路等				
Part 9: 浚渫・埋立				
Part 10: その他港湾施設				
■施工基準（全1編）				
施工・検収基準				TCVN
■維持管理基準（全1編）				
維持管理・補修基準				

注）TCVN・・・国家基準、 TCCS・・・省内基準

2018年3月時点



日越共同の現場施工状況の見学会
（日本の港湾施工基準の適用状況の説明）



日越共同のWS開催状況
（基準（案）の共同策定）

教訓： 海外利用時や海外発信への配慮も必要

港湾設計基準(H30d版)の英訳版の策定・普及戦略(案)

H19d設計基準(日本語版・英訳版)

海外の港湾技術者がストレスなく理解できる最低限の記載
例: 設計条件、照査式フォーマット、特性値の定義

海外で必要とされる工種の追加、拡充
例: 「埋立」の追加、「傾斜堤」の記載拡充

H30d設計基準(日本語版)



ベトナムで得られた知見

■日本基準の海外での普及・適用性の向上

- ・日本基準の特徴(耐震設計、地盤改良等)
- ・設計事例による理解促進
- ・海外利用時に留意点や柔軟な適用方法

設計(英語版)



※無償提供
(Web上)

※無償提供
(Web上)

【海外利用
手引き】

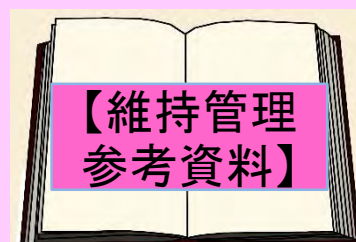
施工(英語版)



港湾工事共通仕様書
(英訳版)

維持管理(英語版)

※無償提供(Web上)



【維持管理
参考資料】

■ 今後に向けて (担当者としての問題意識)



国内

耐震設計で決まる
コスト高い
マーケットの縮小
ふ頭再編、維持補修、改良

★ 様々な相違点

- ・ 入札契約方式
- ・ 自然環境条件
- ・ 基準類
- ・ 適用技術・工法
- ・ 利用材料、等々

海外



常時設計で決まる
コスト競争激しい
マーケットの拡大
新規港湾開発

○ 国内と海外の相違点、技術ニーズ・動向の両者を俯瞰して、国内の港湾技術政策(基準も含む)の方向性を戦略的に構築

○ 海外プロジェクトも利活用しながら、国内・海外の両輪での技術研鑽・人材育成・技術伝承が必要

ご清聴ありがとうございました。

世界に通じる、未来へ通じる

「港湾」の話

好評申込受付中！

2018年
10月3日
発売

1,800円(税抜)
日本経済新聞出版社

世界に通じる、未来へ通じる「港湾」の話 編集委員会 / 編
国土交通省港湾局 / 監修



豊富な事例と現場の声から紹介！
初めての港湾 **教科書** 登場！

本書の特徴

- ①港湾行政の最前線で働く国の若手職員が、広報と技術の専門家の指導を得ながら、港湾の重要性や機能を実例を用いて分かりやすく紹介。
- ②内容は2部構成。第Ⅰ部は、身近に感じる話題を用いて港湾が国民の生活や経済活動を支えている役割を紹介。第Ⅱ部は、全国のプロジェクを事例に用いて港湾に関する技術的な知識を紹介。
- ③港湾の現場で働く12名の方にインタビュー。港湾をより身近に感じる率直な感想や動機などを紹介。

◆世界に通じる、未来へ通じる「港湾」の話 編集委員会 編 ◆国土交通省港湾局 監修
◆定価：本体1,800円＋税 ◆A5判並製 208ページ オールカラー ◆ISBN 978-4-532-32239-7