

指針拡充の全体概要

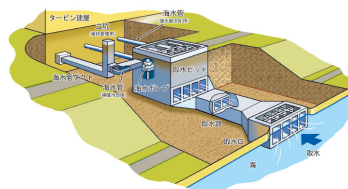
地中構造物の耐震性能照査高度化小委員会

幹事長 松尾豊史（電力中央研究所）

1

1-1 本研究で扱う屋外重要土木構造物

- 耐震重要度分類におけるSクラスの機器・配管系の間接支持機能が求められる鉄筋コンクリート構造物
- 非常時における海水の通水機能が求められる鉄筋コンクリート構造物
- 上記と同等の耐震安全性が要求される鉄筋コンクリート構造物



屋外重要土木構造物の配置例



配管ダクトの例 取水路(抜水時)

特徴:

- ・地中
- ・ボックスカルバート
- ・臨海部
- ・岩盤に直接支持

2

1-2 研究の背景と目的

背景

・新規規制基準に基づく審査において基準地震動の最大加速度振幅が増大傾向

→二次元解析による安全側の照査では厳しい場合があるため、より現実的な解析手法や合理的な照査指標の導入が必要

・耐震性能照査指針(2018)の改訂

→審査動向や最新の研究成果・知見を踏まえて、更なる課題(解析手法の精度検証、液状化、耐震補強)や新たな課題(断層変位など)への対応が必要

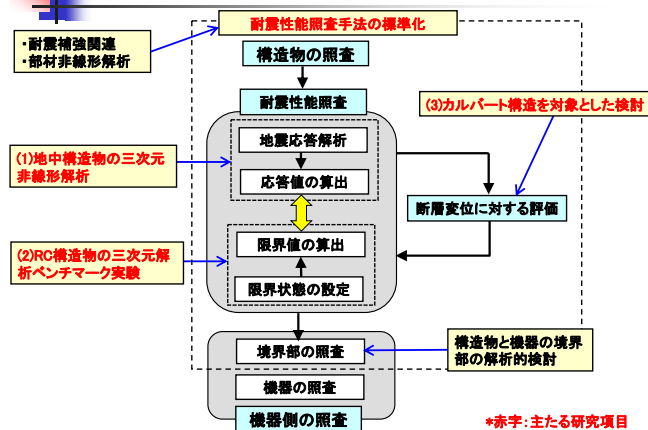
目的

鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能照査手法を高度化するとともに、屋外重要土木構造物に対する標準的な方法を構築する。

⇒適用範囲の拡大、耐震性能照査手法の実用化を図る

3

1-3 全体構成と各研究項目の関連



4

2-1 指針の構成変更案

目的：耐震性能照査指針における耐久性能照査の位置付けを明確化
 「屋外重要土木構造物の構造健全性評価に関するガイドライン(2012)」等との連携

◆現指針の目次

- 第1章 総則
 - 1.1 適用の範囲
 - 1.2 用語の解説
- 第2章 屋外重要土木構造物の性能設定
 - 2.1 一般
 - 2.2 屋外重要土木構造物の要求性能
 - 2.3 屋外重要土木構造物の目標性能
 - 2.4 耐震性能
 - 2.5 耐久性能
 - 2.6 性能照査の手順
- 第3章 材料
 - 3.1 一般
 - 3.2 各材料の材料特性
- 第4章 地震の影響および環境作用
 - 4.1 一般
 - 4.2 耐震性能照査で考慮する地震の影響
 - 4.3 耐久性能照査で考慮する環境作用
- 第5章 解析手法
 - 5.1 一般
 - 5.2 耐震性能照査における応答値の評価に用いる解析手法
 - 5.3 耐久性能照査における設計値の評価に用いる解析手法
- 第6章 照査
 - 6.1 一般
 - 6.2 安全係数
 - 6.3 耐震性能照査
 - 6.4 耐久性能照査

◆指針の構成変更案

- 第1章 総則
 - 1.1 適用の範囲 ←解説にて耐震補強に対する基本的な考え方を記載、断層変位は付録
 - 1.2 用語の解説
- 第2章 屋外重要土木構造物の性能設定
 - 2.1 一般 ←解説に取組を追加、部を集約
 - 2.2 屋外重要土木構造物の要求性能
 - 2.3 耐震性能
 - 2.4 性能照査の手順
- 第3章 材料
 - 3.1 一般
 - 3.2 各材料の材料特性
- 第4章 作用 ←名称変更
- 4.1 一般
- 4.2 作用・荷重の組合せ ←部を新設
- 4.3 耐震性能照査で考慮する地震の影響

5

2-2 マニュアル [2021年版] の目次案

◆マニュアル

- 第1章 照査の基本事項
 - 1.1 基本的な考え方
 - 1.2 応答値の評価に用いる解析手法 ←密な地盤の液状化(三次元)を補強
 - 1.3 解析に用いる地盤のモデル化
 - 1.4 機器・配管の機能維持に関わる確認事項
- 第2章 部材非線形解析を用いた耐震性能照査 ←耐震補強を施した場合
 - 2.1 基本的な考え方
 - 2.2 部材非線形解析を用いた応答値の算出 ←三次元部材非線形解析の適用
 - 2.3 耐震性能照査
- 第3章 材料非線形解析を用いた耐震性能照査
 - 3.1 基本的な考え方
 - 3.2 材料非線形解析を用いた応答値の算出
 - 3.3 耐震性能照査 ←三次元解析ベンチマーク実験や合理的な変形指標を追加
- 第4章 プッシュオーバー解析を用いた耐震性能照査
 - 4.1 基本的な考え方
 - 4.2 静的地震力の設定と応答値の算出
 - 4.3 耐震性能照査
- 第5章 耐久性能照査
- 第6章 通常運用時の性能照査

赤字を追加

6

2-3 照査例 [2021年版] の目次案

7

◆ 指針

◆ マニュアル

◆ 照査例

赤字を追加

〔2018年版照査例〕

- I 二次元材料非線形の地震応答解析を用いた照査例
- II 三次元材料非線形の地震応答解析を用いた照査例(1)水平屈曲部
- III 三次元材料非線形の^{3D}「ジョイント」-解析を用いた耐震性能照査例
- IV 耐久性能照査の照査例

〔2021年版照査例〕

- ・耐震補強を施した既設構造物の部材非線形解析を用いた照査例 (更新)
- ・三次元材料非線形の地震応答解析を用いた照査例(2)鉛直屈曲部 (新規作成)
- ・密な地盤の液化化を考慮した耐震性能照査例 (新規作成)

2-4 技術資料 [2021年版] の目次案

8

◆ 技術資料(2021年版)

赤字を追加

〔2018年版〕

- I 鉄筋コンクリート製地中構造物の地震被害事例および再現解析
- II 構造物の地震時損傷を考慮したアンカーの耐力に関する実験的検討 ← 解析的検討の追加
- III 部材非線形解析を用いた耐震性能照査におけるせん断耐力式についての考察
- IV 三次元RC地中構造物の地震時挙動に関する実験的検討およびその解析 ← 解析結果の追加
- V 地盤-構造物連成系の三次元非線形地震応答解析 ← 解析的検討(RC立坑)の追加
- VI 三次元形状を有する地中構造物の静的載荷実験とその解析
- VII コンクリート中の鉄筋の引張限界
- VIII 材料非線形解析を用いた照査に係る諸検討 ← 解析的検討の追加
- IX 既設発電所の材料物性の収集・整理
- X 補修または修復されたコンクリートの遮断性能の評価
- XI 地害進展期の調査進行評価

〔追加〕

- ・屋外重要土木構造物に適用可能な耐震補強法と適用事例
- ・三次元部材非線形解析を用いた解析的検討
- ・密な地盤の液化化が構造物に及ぼす影響
- ・積層シェル要素を用いた三次元非線形解析に関する検討
- ・RC構造物の三次元解析ベンチマーク実験
- ・三次元解析ベンチマーク実験に係る解析的検討
- ・屋外重要土木構造物に適用可能な耐震補強法と適用事例

2-5 別冊 [2021年版] の目次案

9

◆ 断層変位に対する影響評価技術

新規作成

第1章 断層変位に対する影響評価技術

第2章 三次元材料非線形解析を用いた断層変位に対する照査例

第3章 断層変位に対する影響評価に係る諸検討

原子力発電所
屋外重要土木構造物の
耐震性能照査指針<別冊>
断層変位に対する影響評価技術
2021

第3章 断層変位に対する影響評価に係る諸検討(技術資料)

- ・3.1 断層変位を受ける地中RCボックスカルバートに対する載荷実験とその解析
- ・3.2 様々な断層変位に対する地中RCボックスカルバートの耐震性能評価
- ・3.3 断層変位と地震との重量が地中RCボックスカルバートの応答挙動に及ぼす影響評価
- ・3.4 地中RCボックスカルバートと隣接構造物との相互影響評価
- ・3.5 立坑を含めた地中RCボックスカルバート全体の損傷評価

3-1 小委員会(2期目)の構成

10

2020年3月30日時点

委員長	前川宏一(横浜国立大学)	常時参加者 (7名)	小長井一男(国際斜面災害研究機構)
顧問 2名	丸山久一(長岡技術科学大学) 金津 勇(電力中央研究所)	(7名)	星 秀樹(北海道電力) 吉次真一(中国電力) 笹田修治(九州電力) 中村洋一(電源開発) 森 幸仁(日本原電) 村上嘉謙(日本原電) 斉藤知秀(東北電力) 肥田幸賢(東北電力) 小川健太郎(東京電力) 伊藤公人(中部電力) 熊崎幾太郎(中部電力) 村上岳彦(関西電力) 別所 謙(関西電力) 野尻慶介(関西電力)
委員 15名	藤 弘(高知工科大学) 中村 光(名古屋大学) 下村 匠(長岡技術科学大学) 秋 剛史(埼玉大学) 河井 正(東北大学) 古間謙一(東京大学) 本間淳史(NEXCO東日本) 三島徹也(前田建設) 福浦尚之(山形大学) 金子岳夫(東京電力) 松村和雄(北陸電力) 遠藤大輔(中部電力) 西坂直樹(四国電力) 大友敬三(電力中央研究所)	24名	松村卓郎(電力中央研究所) 宮川義隆(電力中央研究所) 山野邦彦(電力中央研究所) 新美勝之(清水建設) 井上智之(鹿島建設) 遠辺和明(大成建設) 樋口俊一(大林組) 松本敬亮(ニューシエック) 島崎勝海(東電設計) 三橋祐太(構造計画研究所)
幹事長	松尾豊史(電力中央研究所)		丸根明子(土木学会)
副幹事長	横田克哉(関西電力)		
幹事 7名	松居伸明(関西電力) 山口和英(電力中央研究所) 畑 明仁(大成建設) 永井秀樹(大林組) 永田聖二(電力中央研究所) 小松怜史(電力中央研究所) 渡部龍正(電力中央研究所)		
		事務局	

委員長+委員15名(うち電気事業者委員5名)

3-2 小委員会の活動

11

小委員会スケジュール

	5-8月	9-12月	1-4月
2018-2019年度		✓ 第1回委員会(12/10) (全体計画&2018計画)	✓ 第2回委員会(4/19) (2018成果,2019計画&拡 充計画)
2019-2020年度	✓ 第3回委員会(6/13) (2019途中経過) ✓ 実験見学(6/13)	✓ 第4回委員会(11/28) (2019途中経過&拡充方 針)	✓ 第5回委員会(4/17) (2019成果,2020計画&拡 充工程)
2020年度	✓ 第6回委員会(8/5) (2020途中経過,指針案)	✓ 実験見学(10/1) ✓ 第7回委員会(12/3) (2020途中経過,マニ ュアル・照査例案)	✓ 第8回委員会(3/30) (2020成果,拡充版ドラフ ト)

- ・2021年9月上旬 小委員会幹事会(講習会準備会)
- ◎2021年10月28日 2021年版に関する講習会

3-3 耐震性能照査指針2021年拡充版の刊行

2018年7月から2021年3月までの委員会成果を踏まえて、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針(2018年10月改訂)を拡充する形で、2021年版として刊行



3-4 マニュアル・照査例の拡充方針

13

- (A1)耐震補強に関する記述を追加(主にあと施工せん断補強筋)
- (A2)部材非線形解析に関して(主に三次元積層シェル要素)

(B1)密な地盤の液状化が構造物の地震応答に及ぼす影響
(液状化範囲が限定的な場合や全応力解析の適用性、三次元条件での検討)

(B2)三次元非線形解析照査手法の高精度化
(三次元解析ベンチマーク実験、より合理的／実用的な照査基準の提案)

(C)断層変位に対する評価方法を新たに追加
(解析手法の選定および性能照査の手順)

謝辞：本研究を推進するにあたり、地中構造物の耐震性能照査高度化小委員会メンバーはじめ多くの方々からご指導、ご協力を賜りました。関係各位に謝意を表す次第です。

ご清聴ありがとうございました。



15

3-5 講習会プログラム

14

「鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能照査技術」拡充に関する講習会 —屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針の拡充—

■日時：2021年10月28日(火) 13:30～16:30

■実施方法：オンライン

■プログラム：

- >司会；重光泰宗(関西電力)、熊田広幸(東北電力)
- >開会挨拶および技術の経緯；小委員会委員長 前川宏一(横浜国立大学)
- >指針拡充の全体概要；松尾豊史(電力中央研究所)
- >耐震補強や部材非線形解析などの諸検討；永田聖二(電力中央研究所)
- >液状化が生じた地中構造物の三次元非線形解析；渡部龍正(東電設計)
- >RC構造物の三次元解析ベンチマーク実験と解析検討；小松怜史(電力中央研究所)、畑明仁(大成建設)
- >屋外重要土木構造物の断層変位に対する影響評価技術；山口和英(電力中央研究所)、永井秀樹(大林組)
- >閉会挨拶；原子力土木委員会委員長 中村委員長(日本大学)