

水循環施設の合理的な地震・津波対策研究小委員会 2023 年度活動報告および活動終了報告

- ◆ 委員長：飛田哲男 ◆ 副委員長：有賀義明
- ◆ 幹事長：宮本勝利 ◆ 副幹事長：小野祐輔
- ◆ 委員数：26 名（2024 年 3 月 31 日時点）
- ◆ 期 間：2018 年 11 月～2024 年 3 月（5 年 4 ヶ月）

◆活動概要

本研究小委員会は、水循環施設（主に上下水道施設）を対象として、これらの施設やシステム全体に特に甚大な被害を与えている“津波（高潮）”“液状化”被害に着目し、専門領域を超えて研究・技術情報の交流を図り、より合理的な対策方法の研究を行い、その評価手法や設計手法の確立を行うことを目的としている。

水循環施設に関する研究小委員会はこれまで、H24～H30 の期間において活動し、地震や津波が上下水道施設に及ぼす被害のメカニズムや要因などを分析した上で、被害を最小限にするための対策について研究を行ってきた。ただし、未だ耐震設計実務レベルの検討に反映できる具体的な対策方法の提案は行えていない。そこで、本研究小委員会では、検証実験や数値シミュレーションなど実施し、より具体的な評価方法や対策方法の検討を行うものとする。そして、例えば改訂作業が始められた“水道施設耐震工法指針（日本水道協会）”に耐震設計法などに関する重要な技術的知見を提供することも目標とする。

本小委員会は、このような諸問題の解決を図るべく、以下の WG に分かれて研究活動を行うものである。

- WG1：強震動と津波に対する構造物の合理的対策技術の開発
- WG2：液状化地盤にある構造物の合理的な地震対策技術の開発

◆ 2023 年度の活動報告

1) 委員会・WG 活動等

①委員会活動

回数	日時	開催場所	参加人数	協議内容
第 1 回 委員会	2022. 05. 12	日水コン大 阪支所及び WEB	20 人	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2022 年度の活動報告、2023 年度の活動計画 ・ 話題提供：2 件 <ul style="list-style-type: none"> ①トルコ地震の被害報告（地震の特徴、ライフライン被害など）と珠洲地震の速報（宮島オブザーバー） ②トルコ地震の被害報告（地盤や建築物の被害など）（飛田委員長） ・ WG に分かれて協議と協議内容の報告
第 2 回 委員会	2022. 08. 25	同上	19 人	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最終報告書作成に向けた協議 ・ 活動報告会の開催に関する協議 ・ WG に分かれて協議と協議結果の報告

②WG1の活動

WG	日時	開催場所	参加人数	協議内容
第1回	2022.05.12	日水コン 大阪支所 及びWEB	6人	・各担当からの報告と協議
第2回	2022.08.25	同上	6人	・各担当からの報告と協議

③WG2活動

WG	日時	開催場所	参加人数	協議内容
第1回	2022.05.12	日水コン大阪 支所及びWEB	6人	・各担当からの報告と協議
第2回	2022.08.25	同上	5人	・各担当からの報告と協議

④見学会

実験見学会 2022.08.07 関西大学 6名
液状化に伴う埋設管路の浮上対策工法 遠心模型実験

2) 行事等

活動報告会(関西ライフライン研究会との共同開催) 2022.11.17 大阪ブリーゼプラザ(801+802)
参加者:(会場)30名 (オンライン)301名

3) 出版物等

(WG1)

- 1) 有賀義明, 市山誠, 渡辺高志, 西本安志, 坂下克之, 鈴木隼人, 佐藤優乃: 地上構造物のための変形し易い緩衝材を活用した地震・津波対策技術の開発、第16回日本地震工学シンポジウム、Day2-G419-12 (11/24, 11:47-11:59)、2023年11月
- 2) 坂下克之, 有賀義明, 鈴木隼人, 市山誠, 渡辺高志, 西本安志: 三次元FEM解析による構造物の津波安全性評価に関する検討、第16回日本地震工学シンポジウム、Day1-G404-27 (11/23, 16:32-16:44)、2023年11月23~25日
- 3) 有賀義明, 市山誠, 渡辺高志, 西本安志: 緩衝材による波圧の低減効果を考慮した構造物応力評価について、(D14-12)、土木学会論文集(特集号)(投稿中)
- 4) 渡辺高志, 有賀義明, 市山誠, 西本安志, 坂下克之, 鈴木隼人: 緩衝材による陸上構造物に対する津波作用の低減効果の解析的検討、(D24-140)土木学会論文集(特集号)(投稿中)
- 5) 有賀義明, 鈴木隼人, 坂下克之, 市山誠, 渡辺高志, 西本安志, 佐藤優乃: 構造物の変位・応力評価における波圧の設定の影響、(B13-103)土木学会論文集(特集号)(投稿中) 有賀 義明, 市山誠, 渡辺 高志, 西本 安志: 構造物に作用する津波波圧の緩衝材による低減について、土木学会77回年次学術講演会、2022年9月
- 6) 西本安志, 有賀義明, 市山誠, 渡辺高志, 坂下克之, 鈴木隼人: 構造物に作用する津波波圧の5低減効果を期待した緩衝材の特性評価に関する一考察、土木学会第43回地震工学研究発表会、D24-97、pp.1-5、2023年9月8日
- 7) 渡辺高志, 有賀義明, 市山誠, 西本安志, 坂下克之, 鈴木隼人: 緩衝材による津波作用の低減に関するSPH法による解析、土木学会第43回地震工学研究発表会、D24-140、pp.1-6、2023年9月8日
- 8) 鈴木隼人, 有賀義明, 坂下克之, 市山誠, 渡辺高志, 西本安志, 佐藤優乃: 構造物に発生する応

力に対する波圧の分布形状の影響、土木学会第43回地震工学研究発表会、B13-103、pp.1-5、2023年9月7日

(WG2)

- 1) 宮本勝利，液状化に伴う上下水道用埋設管路の浮上特性と砕石材による浮上対策の研究事例
土木学会第43回地震工学研究発表会、C22-157、pp.1-5、2023年9月7日
- 2) Hyukkee HONG, EXPERIMENTAL STUDY ON MITIGATION OF THE SUBSOIL PIPELINE UPLIFT DUE TO LIQUEFACTION 土木学会第43回地震工学研究発表会、C24-205、pp.1-5、2023年9月7日
- 3) 小西康彦，液状化による埋設管路の浮上事例の再現解析と対策の研究 土木学会第43回地震工学研究発表会、C15-201、pp.1-5、2023年9月7日

4) 小委員会活動補助費決算報告

配分額： 131,200 円

支出報告（報告書印刷製本費用、120,000 円）：

◆ 研究成果

1) 研究成果

①WG1

主に構造物に対する強震動と津波の双方に対して有効な合理的な地震・津波対策技術について研究を実施してきた。従来の津波対策は防波堤等による海側・海岸線での対策が主体となっているが、本WGが提案する免震・免波技術では陸側・構造物側での津波対策に着眼しており、緩衝材の活用によって免震対策と免波対策を両立させる点に特長がある。

主な研究成果は、以下の表に示す。前半の活動期間（2018年9月～2021年3月）では、免震・免波構造について、三次元動的解析による免震効果の評価、三次元静的解析による免波効果の評価、SPH法による津波衝突解析等を行った。後半の活動期間（2021年4月～2024年3月）では、免波構造に主眼を置き、津波模型実験による緩衝材の波圧低減効果の検討、SPH法による津波模型実験の再現解析、重錘落下試験による緩衝材の材料物性試験、SPH法による実規模構造物に作用する津波波圧の評価、三次元FEM解析による津波に対する地上構造物の安全性評価法等の検討を行った。

主な研究成果	担当
合理的な地震・津波対策技術の研究開発	有賀義明
免波構造に関する津波模型実験	市山誠
免波構造における緩衝材の簡易評価手法の検討	西本安志
SPH法による免波構造に関する解析的検討	渡辺高志
三次元FEM解析による免震・免波構造の解析評価の検討	坂下克彦
三次元FEM解析による構造物内に発生する応力に対する津波荷重設定の影響の評価	鈴木隼人
研究成果の総括	有賀義明

以上の活動により、沿岸地域にある下水処理場などの構造物の合理的な津波対策工法や評価方法に関する様々な重要な知見が得られた。

②WG2

研究活動は、令和元年度から令和5年度まで実施した。この5年間では、主に液状化地盤中に埋設された上下水道構造物（管路施設）の浮上対策に関する新たな提案を行うため、以下に示すような事例研究、模型実験、数値解析などを行った。

主な研究成果	担当
過去の本管浮上事例の調査	小西康彦・宮本勝利・福山正彦
防災科学技術研究所での大型振動台を用いた本管浮上実験	中澤博志・福永健一・小西康彦
関西大学での遠心载荷模型実験	飛田哲男
液状化地盤中の管の浮上メカニズムのDEM解析による検討	小野祐輔
加振方向による液状化時の埋設管浮き上がりへの影響	鎌田泰子
2004年新潟県中越地震における長岡市の本管浮上事例を再現した数値解析	高橋直樹・小西康彦
液状化に伴う上下水道管路の浮上挙動に関する解析的研究	宮本勝利・福山正彦
研究結果のまとめと総括	中澤博志

(注) 名前に着色された方が責任者

以上の活動により、主に砕石柱による埋設管路を対象とした液状化に伴う浮上対策工法を提案し、その有効性などについて研究した。この提案工法は、本管の浮上を防止する実用的で安価な方法として考案したものである。検討の過程では、模型実験における管路の浮上の再現方法など、そもそもの管路浮上の基本的なメカニズムに立ち返るなど、深く議論することができた。限定的ではあるが、提案する手法の効果を確認することはできたことから、今後、実用化に向け、計算手法の確立や実証実験・試験施工による効果の検証などをしていく必要がある。

また、本WGでは、これまでの本小委員会活動の成果を活用し、以下の項目について、水道施設耐震工法指針・解説（2022年、日本水道協会）を執筆担当した。

- ・ 矩形鋼製タンクの耐震上の課題や今後の耐震対策の方針
- ・ 液状化に伴う水道システムにおける被害シナリオと耐震上の留意点など

2) シンポジウム等

活動報告会（関西ライフライン研究会との共同開催）2022. 11. 17 大阪ブリーゼプラザ（801+802）

参加者：（会場）30名 （オンライン）301名

◆ 今後の活動

- ・ 具体的な津波の免振・免振対策や液状化に管路浮上対策などは確立できなかったが、能登半島地震（2024年）などでも例えば、液状化に伴う下水道管路の被害が甚大であったことも踏まえ、できるだけ、研究テーマを絞り込んで新たな活動に取り組みたいと考えている。5月9日に委員メンバーにより協議予定。

