



公益社団法人 土木学会

地震工学委員会

水循環施設の合理的な災害軽減対策研究小委員会
平成29年度第1回研究会報告用

小委員会委員長 宮島 昌克

小委員会の構成

1. 活動期間: 平成27年4月 ～ 平成30年3月 (3年間予定)
2. 設立趣旨: 前小委員会の活動を通じて解決できなかった課題や新たな問題について研究を行う。
3. 委員長: 宮島昌克金沢大学教授
4. 副委員長: 有賀義明弘前大学教授
5. 幹事長: 小西康彦(日水コン)
6. 副幹事長: 鋤田泰子神戸大学教授、小野祐輔鳥取大学准教授
7. WG主査
WG1: 堀 宗朗(東大教授)「免震・免波構造の性能開発」
WG2: 飛田 哲男(関西大准教授)「液状化地盤における管路の対策」
WG3: 池本 良子(金沢大教授)「輪島市をフィールドとした対策」
WG4: 坂井 籐一(FS技術事務所)「給水タンク・配水タンクの地震被害軽減対策」
WG5: 原田 賢治(静岡大教授)「直接被害+間接被害のリスク評価」

小委員会委員

番号	氏名	所属	役 割	WG1	WG2	WG3	WG4	WG5
1	浅井光輝	九州大学大学院工学研究院建設デザイン部門		○				
2	石野好彦	交通基盤部都市局生活排水課 課長	WG5幹事					○
3	森田 誠	静岡市上下水道局下水道部下水道計画課						○
4	有賀義明	弘前大学大学院理工学研究科地球環境学専攻 教授	副委員長	○				
5	有川太郎	中央大学理工学部教授		○				
6	鈴木高二朗	港空研・海洋研究領域、耐波研究チームリーダー		○				
7	富田孝史	名古屋大学大学院環境学研究科持続的共発展教育研究センター・kyoujyu		○				
8	池本良子	金沢大学理工研究域環境デザイン学系	WG3主査			○		
9	内山不二男	構造計画研究所		○				
10	小黒明	日水コン海外本部海外技術統括部設計第二部						○
11	小野祐輔	鳥取大学	幹事長代理		○			
12	鎌田泰子	神戸大学	幹事長代理		○			
13	小西康彦	日水コン事業統括本部建設マネジメント室 室長	幹事長	○	○			
14	佐藤 清	大林組土木本部生産技術本部設計第二部副部長	WG2幹事		○			
15	瀬尾直樹	株式会社フジヤマ	WG5幹事					○
16	曹 増延	JPビジネスサービス		○				
17	飛田哲男	関西大学環境都市工学科システム工学科准教授	WG2主査		○			
18	西本安志	シバ工業 技術部	WG1幹事	○				
19	長谷川浩市	横須賀市上下水道局技術部長						○
20	原田賢治	静岡大学防災総合センター	WG5主査					○
21	堀 宗朗	東大・地震研	WG1主査	○				
22	松本貴久	パシフィックコンサルタンツ(株)国際事業本部 国際プロジェクト部 防災・ビジネス室						○
23	宮里直樹	群馬高等専門学校	WG3幹事			○		
24	宮島昌克	金沢大学大学院自然科学研究科	委員長			○	○	
25	宮本勝利	日水コン水道事業部大阪水道部 部長	WG2幹事		○			
26	森崎 啓	パシフィックコンサルタンツ(株)交通基盤事業本部耐震センター センター長				○		
27	安田誠宏	関西大学環境都市工学部准教授				○		
28	山中明彦	パシフィックコンサルタンツ(株)大阪本社環境創造事業部水事業推進室技術部長兼室長	WG3幹事			○		

小委員会委員

番号	氏名	所属	役 割	WG1	WG2	WG3	WG4	WG5
29	西村学	パシフィックコンサルタンツ(株)交通基盤事業本部耐震センター 室長					○	
30	坂下克之	大成建設 技術センター都市基盤技術研究部構造研究室主任研究員		○				
31	渡辺高志	構造計画研究所	WG1幹事	○				
32	嶋原良典	防衛大学校建設環境工学科						○
33	大峯秀一	日水コン事業統括本部構造設計部 部長	WG4幹事				○	
34	坂井藤一	(有)FS技術事務所	WG4主査				○	
35	井上涼介	小委員会顧問	WG4幹事				○	
36	平野廣和	中央大学総合政策学部教授					○	
37	鈴木森昌	愛知工業大学工学部都市環境学科					○	
38	箕輪親宏	元(独)防災科学技術研究所					○	
39	井田剛史	(株)十川ゴム研究開発部開発課課長					○	
40	石丸和良	(株)NYK					○	
41	小澤利彦	森松工業(株)設計部 部長					○	
42	青木大祐	森松総合研究所					○	
43	河村春彦	(株)ベルテクノ					○	
44	清須美健治	積水アクアシステム(株)					○	
45	工藤佳一	三菱樹脂インフラテック(株)					○	
46	中澤博志	防災科学技術研究所減災実験研究領域			○			
47	藪口 貴啓	JFEエンジニアリング(株)					○	
48	高野 典礼	石川高専 環境都市工学科				○		
特別委員	佐藤紘志	防衛大学校名誉教授						
オブザーバ	長平 武信	厚生労働省 医薬・生活衛生局					○	
オブザーバ	山田 拓也	厚生労働省 医薬・生活衛生局					○	
オブザーバ	嶋 直子	(株)NYK					○	
オブザーバ	石川友樹	(株)NYK					○	
オブザーバ	増井 龍也	森松総合研究所					○	
オブザーバ	猪狩 茂則	JFEエンジニアリング(株)					○	

平成28年度の活動

行事名	日時:場所	対象者	内 容	備 考
第1回小委員会	2016.06.29 (株)日水コン会議 室	小委員会委員	・ 情報提供:熊本地震の被害状況 ①ライフライン被害の概要(宮島委員長) ②上水道施設の被害(宮本委員) ③下水道施設の被害(小西) ・ 各WGの活動報告(WG1~WG5)	22名参加
各WG活動	随時	各WG委員	・ 1回/月程度集まって協議 ・ WGの進め方について	5~10名程度
第2回小委員会	2016.10.16 金沢大学サテライトブ ラザ2F	小委員会委員	情報提供: ①防災研における最近の実大土構造物実験 (中澤委員) ②流動地盤中の埋設管に作用する荷重の粒 子法を用いた評価(小野委員) ・各WGの活動報告(WG1~WG5)	22名参加
第36回地震工学研究 発表会	2016.10.17~18 金沢歌劇座	小委員会委員	・ 各WGより5編の論文を投稿・発表	
第3回小委員会	2017.02.27 東京大学地震研 究所2-2-1	小委員会委員	情報提供 ①退官に当たって(茨城大:井上先生) ②高性能計算を利用する都市の地震シミュ レーションの現状と課題(東大:堀先生) 各WGの活動報告(WG1~WG5)	19名参加

5

第36回 地震工学研究発表会 (2016.10.17~18、金沢)

- ▶ WG1:水循環施設における免震・免波構造の効果の
評価に関する検討(有賀副委員長)
- ▶ WG2:振動台を用いた管軸方向地盤ばねの速度依存性
に関する実験的研究(鋤田先生)
- ▶ WG3:住民意識を考慮したソフト・ハード両面からの
上下水道減災対策の最適化手法の提案(池本先生)
- ▶ WG4-1:実機貯水槽を用いてのバルジング振動に
関する振動実験(平野先生)
- ▶ WG4-2:2016年熊本地震における水槽被害および
地震動特性との関連について(井上先生)

6

WG1の活動報告

1. 活動テーマ

沿岸域に位置する水循環施設のための免震・免波技術の検討

2. 平成28年度の検討内容

1) 免震対策

- ・地下化による地震動の低減効果
- ・免震材による地震動の低減効果

2) 免波対策

- ① 津波の回避(津波が到達しない場所の利用)
 - ◆新設:適地の選定 ◆既設:老朽化施設の再開発・移転
- ② 津波からの隔離
 - ◆地下化による隔離 ◆ドーム構造による被覆 ◆壁構造による遮断
- ③ 津波波力の低減
 - ◆構造物の表面形状(平面、曲面)(鉛直面、水平面)
 - ◆津波の到来方向を考慮した構造物の配置
 - ◆構造物の表面材料(エネルギー吸収型の材料)
- ④ 免震材の活用:流動性免震材等⇒『免震・免波構造』

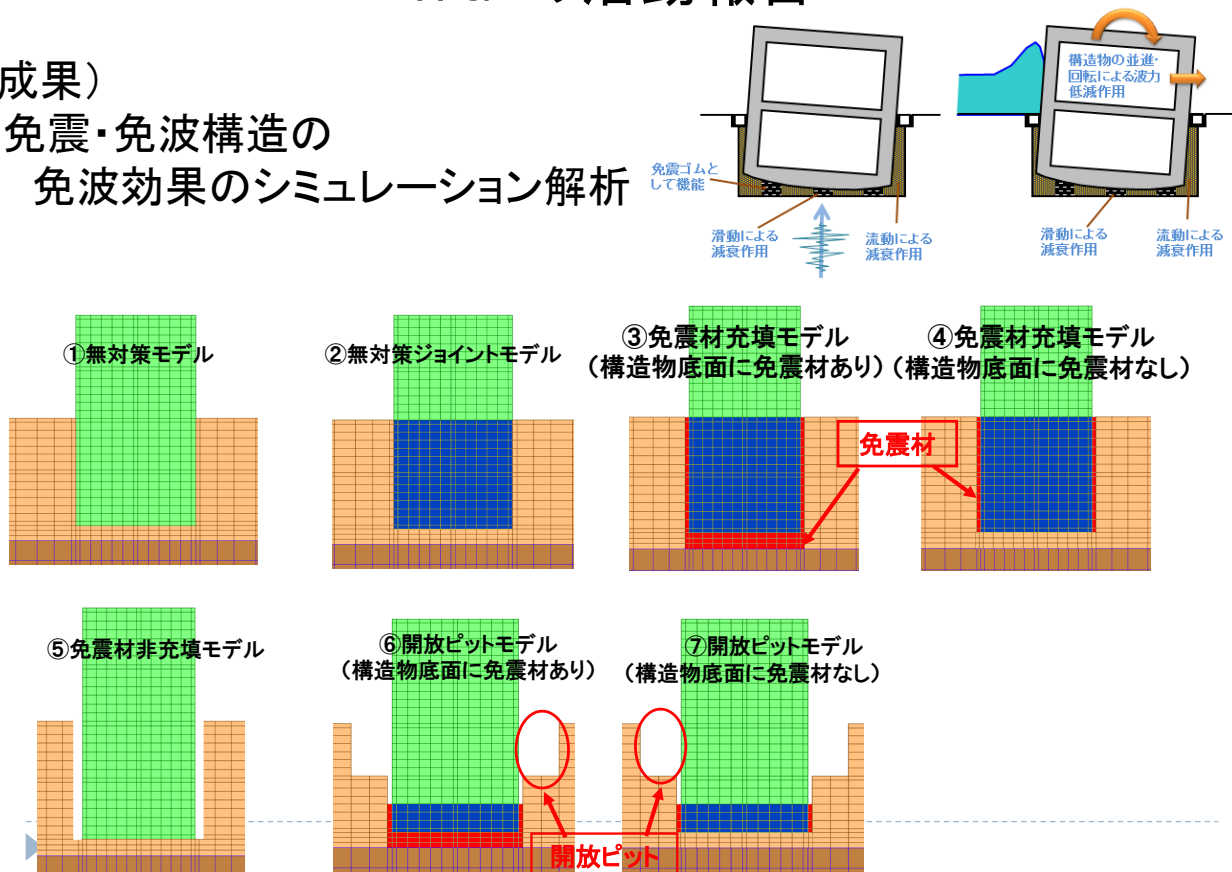
▶ 7

WG1の活動報告

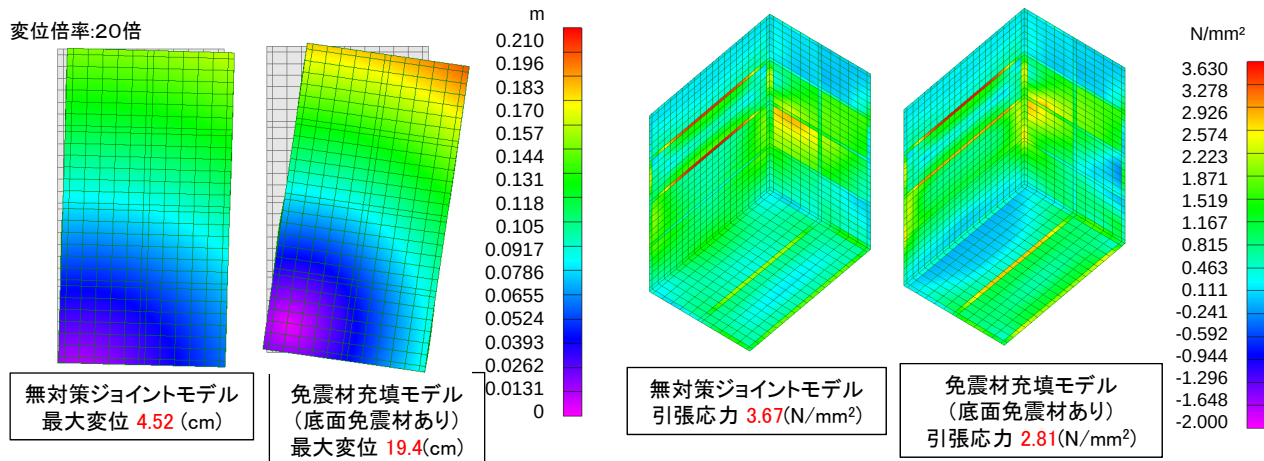
成果)

免震・免波構造の

免波効果のシミュレーション解析



成果) 免震・免波構造の免波効果のシミュレーション解析結果



WG1の今後の課題

- ① 免震・免波対策のバリエーションの整理
- ② 免震・免波構造の評価法のまとめ
 - ・津波波力の評価 (SPH法による評価)
 - ・免震効果の評価法 (三次元動的解析)
 - ・免波効果の評価法 (三次元静的解析)
- ③ 津波模型実験による免震・免波効果の検討 (科研費が採択された場合に実施)
- ④ 成果の発表 (土木学会地震工学研究発表会等での発表)

WG2の活動報告

WG2の活動目的

- ・本WGの研究目的は、液状化による**建物と管路の接合部の被害低減**とする。
- ・建物と管路の接合部の被災モードの一つである管路の抜け出しに関して、管の離脱防止抵抗力 $3D$ (kN) (D は管径 (mm)) の根拠やその妥当性について検討し、合理的な設計法の提案を目指す。

WG2の活動内容

- ・現行設計基準のまとめ
- ・既往の実験結果、記録の収集
- ・実験 + 数値解析

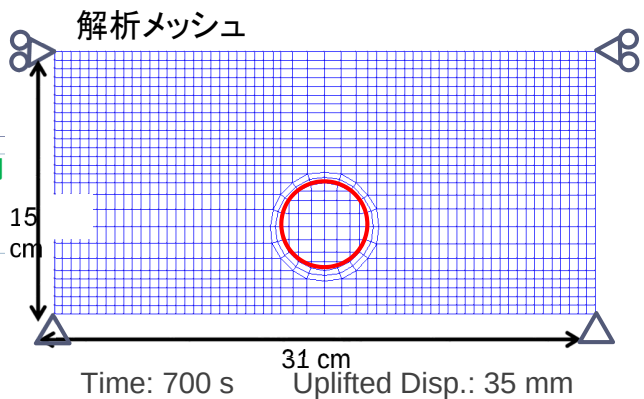
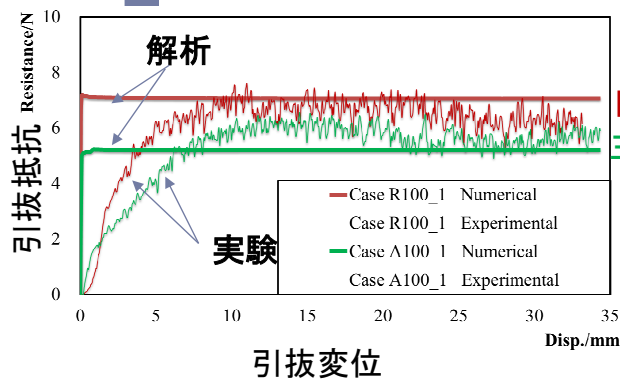
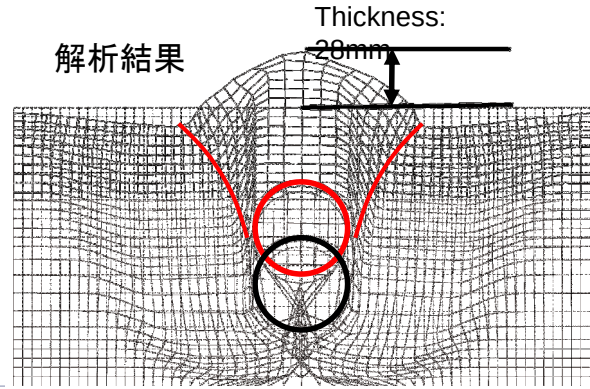
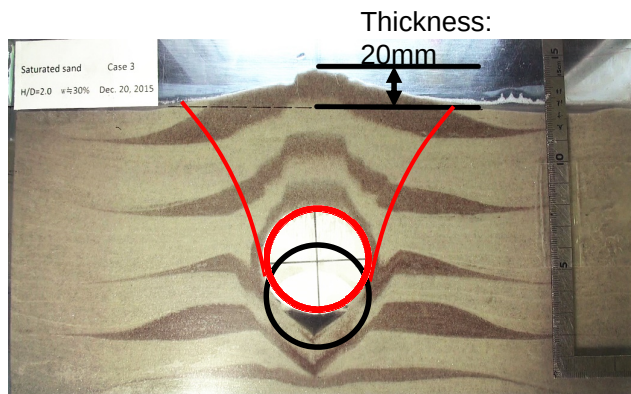
WG2の研究成果

- ① 管路の引抜き試験に対する有限要素解析 (FLIP)
- ② 熊本地震: 液状化地盤中にある構造物 (杭や井戸) の再現解析 (連続地震考慮)

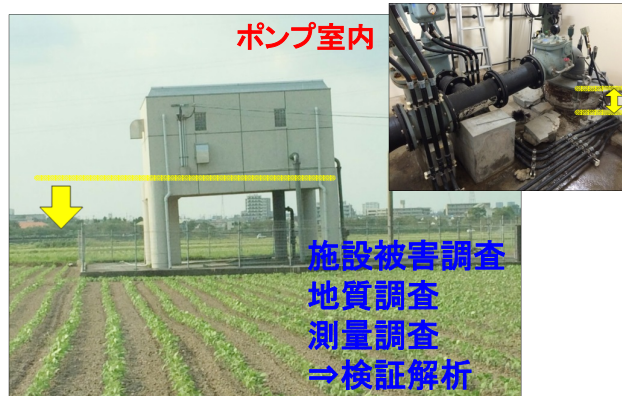


WG2: 管路の引抜き試験に対する有限要素解析(FEIP): 管路周辺の地盤変形状況の比較

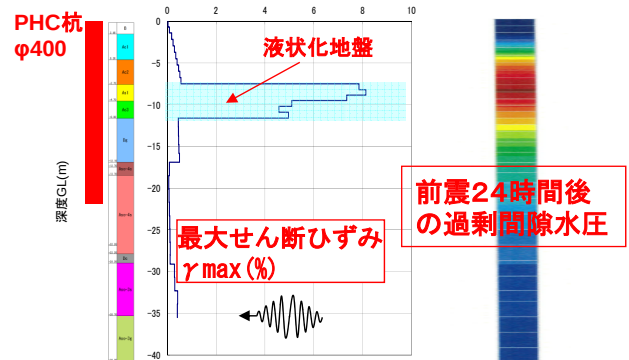
実験結果(円管, 埋設深度 $H/D=2$, $S_r=100\%$)



WG2: 熊本地震: 液状化地盤中にある構造物(杭や井戸)の再現解析(連続地震考慮) 取水ポンプ室の被害多数: 4月16日に大きな被害



1次元地盤応答解析結果(前震+本震)

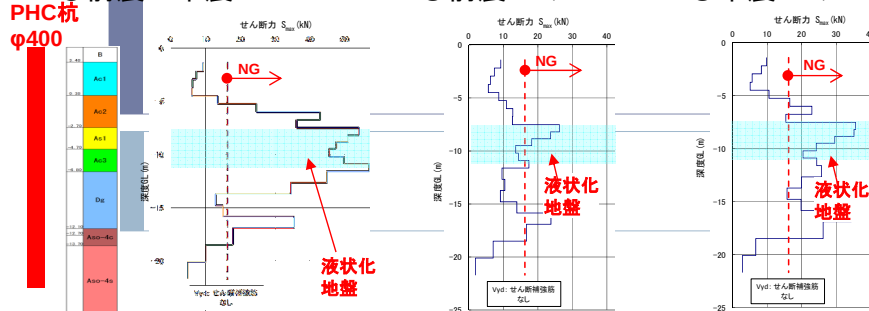


杭の解析結果 せん断耐力調査 [動的非線形解析]

○前震+本震

○前震のみ

○本震のみ

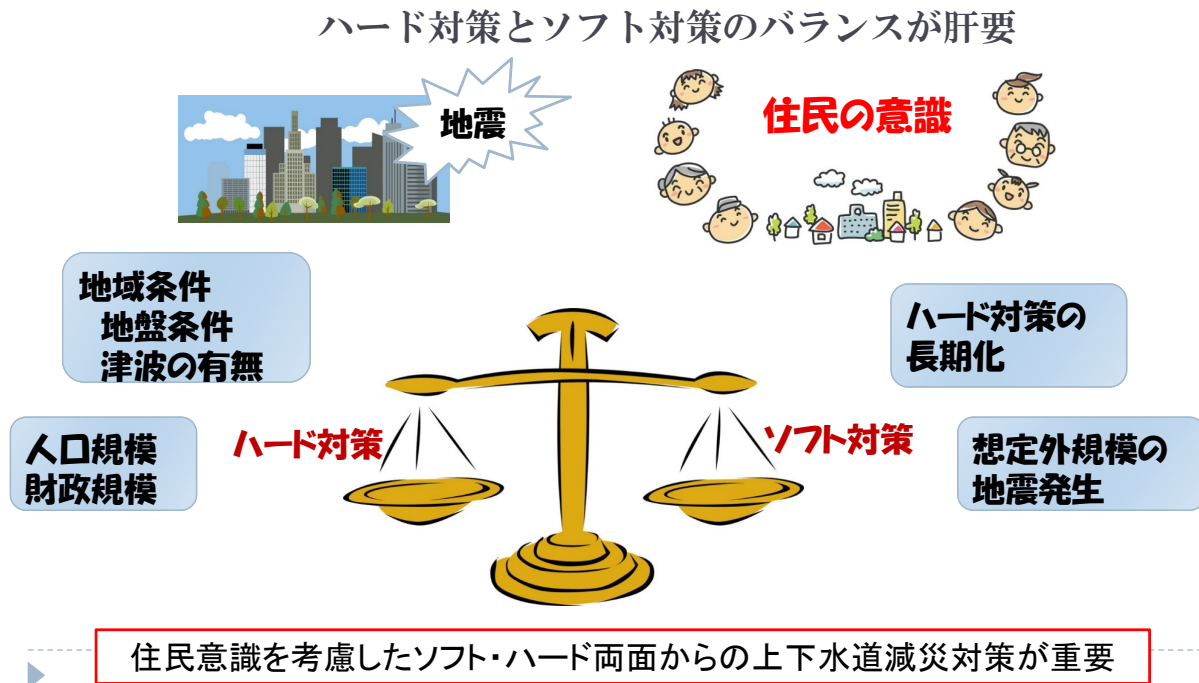


熊本市水道局への報告例 (新しい耐震指針に考慮)

- ・比較的新しい施設(杭や井戸等)においても液状化層にある構造物の評価が重要。
- ・その際、連続する地震動の影響を考慮することも重要。

WG3の活動報告

小規模集落への対応を視野に入れた水循環施設の減災対策 (石川県輪島地区をフィールドとして)



●石川県輪島地区での地震対策に関する研究項目と研究成果

1) 津波を考慮したハード対策

- ▶ 津波被害を想定した下水管路復旧マニュアルの早期の整備
- ▶ 市街地が浸水した場合の下水道施設被災リスクの定量的な評価

2) 上水道施設被災時の効果的な給水対策とトイレ対策

- ▶ 特に、避難所のトイレ対策は、避難所での生活環境向上の観点から重要な検討事項

3) 上水道復旧後の効果的な下水道ソフト対策

- ▶ 断水しない地域や、早期に復旧する地域でのトイレ対策



- 輪島市における津波浸水による下水道施設の被害想定
(統合津波氾濫解析による下水道NWも含めた津波ハザードマップの作成)

- 耐震対策に住民意識を反映させるための手法の構築
(住民アンケートによる耐震対策住民支払い意思額の検討)

WG4の活動報告

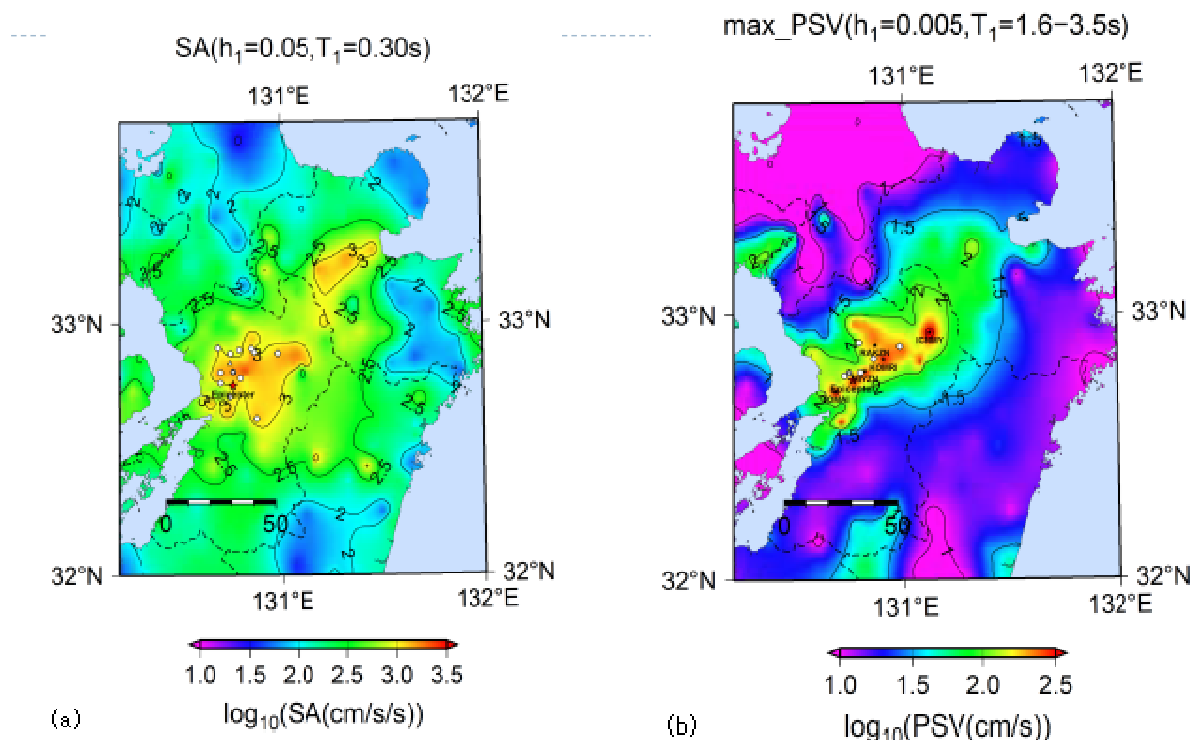
給水タンク・配水タンクの地震被害軽減対策

【28年度の活動報告】

1. 地震被害の調査・分析
 - 1.1 東日本震災に加えて、阪神・淡路大震災等の水槽の被害、および給水タンクに加えて配水池の被害についても調査。
⇒2017年1月世界地震工学会議（チリ）にて発表
 - 1.2 昨年発生した熊本地震について、実地調査およびアンケート調査によって、給水タンク21件、配水タンク9件の被害データを収集、前震・本震の短周期・長周期地震動特性を明らかにして、両者の比較から地震動と被害の関連を分析。
⇒土木学会論文集に発表（結果の一部を後述）
2. FEM解析による水槽破壊メカニズムの解明
 - 2.1 FEM解析を行うための環境整備を行い、現在実機モデルについて、解析を行って、実験データとの比較検討を実施中である。
3. 実物大実験
 - 3.1 FRPタンクの実機実験の結果から、バルジング現象について検討中。
⇒地震工学研究発表会にて報告
4. 基準の検討
 - 4.1 各種水槽基準について、地震外力や構造耐力計算に関する算定式の妥当性を最新の研究成果の観点から検討中。

▶ 15

熊本地震（本震）短周期・長周期特性と被害の関連



▶ 図-6 本震における応答スペクトルと水槽被害地点（○：地上水槽，△：高置水槽，◇：配水タンク）

【29年度の活動予定】

1. 東日本震災・阪神・淡路大震災・熊本地震等で明らかになった水槽被害と地震動特性の関係を踏まえ、給水・配水タンクの主要な被害要因であるバルジング被害への対策を検討するために、詳細なFEM解析を通じ各種水槽のバルジング特性を明確にし、細部構造に係る破壊メカニズムを解明する。
2. スロッシングの波圧推定や波高低減対策について、実験・解析的な検討を実施する。
3. 水槽関連の各種耐震基準の算定式について、最新の研究成果からその妥当性の検証を行う。
4. 上記の検討結果から、現行の給水・配水タンク耐震基準についての問題点や改良点を整理し、巨大地震を想定した場合の対策として、今後の各種水槽の耐震設計に関する提言に繋げて行くことにしたい。

▶ 17

WG5の活動報告

(静岡県清水市における地震・津波対策のリスク評価)

▶研究目的:下水道施設における時間軸を考慮した効果的な地震・津波対策の計画立案

- ①外力とする地震および津波に関する精度の向上
- ②直接被害の算定
- ③間接被害に関する定性的、定量的知見の収集
- ④対策案の検討

H28の活動成果:③間接被害に関する知見の収集、清水港内の水質予測

ワーキング開催状況:第1回6月29日(水)、第2回8月9日(火)、幹事会2月14日

①地震:4次想定・3次想定・外挿により想定→4次想定・5地震統合・外挿により想定

津波:4次想定・3次想定・独自シミュレーション→4次想定モデルから独自設定

②地震:下水処理場、ポンプ場、管渠、マンホールについて地震動・液状化による被害

津波:下水処理場、ポンプ場について浸水による被害

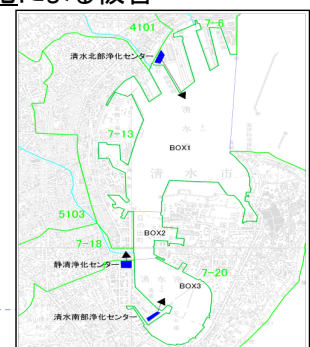
③汚水溢水による不衛生・トイレ使用制限による健康被害等

未処理汚水放流による閉鎖性水域の水質汚濁

④個別の地震・津波対策

施設更新を考慮した下水処理場、ポンプ場の効果的な再配置

L1防潮堤の機能を考慮したL2対策



▶ 18

今後の作業スケジュール

上段:当初

下段:変更

検討内容	～	3月	4月	5月	6月	7月	8月	摘要
外力計算（津波・地震動・液状化）	～	★			★			原田・嶋原・瀬尾 原田・嶋原・瀬尾
被災・復旧シナリオ	～	★			★			全員 全員
対策案	～	★			★			全員 全員
直接被害（管渠・マンホール・処理場・ポンプ場）			★		★	★		瀬尾・石野・鈴木・牧野 瀬尾・石野・森田
間接被害（汚水溢水・トイレ使用制限・水質汚濁）	～	★			★	★		長谷川・小西・鈴木・牧野 (小黒)・(松本) 長谷川・小西・森田
残余リスクの分析					★	★		石野・瀬尾 石野・瀬尾
取りまとめ						★	★	原田・瀬尾・石野 原田・瀬尾・石野
原稿提出							★ ★	9月発表会 9月発表会
ワーキング開催		★		★	★	★	★	

▶ ご清聴ありがとうございました