

下水道施設災害の調査と対策の高度化

1. 研究・活動のアウトライン

出来事	研究内容	成果反映
S53 宮城県沖地震	H6 釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査(土木研究所下水道部下水道研究室、地震防災部振動研究室、動土質研究室)	S56 下水道施設の耐震対策指針と解説-1981版- ・管路施設被害事例を記載
H7 阪神・淡路大震災	H9 管路施設の地震時浮上りに関する模型振動実験(土木研究所耐震技術研究センター動土質研究室)	H9 下水道施設の耐震対策指針と解説-1997版- ・液状化対策(地盤改良)を初めて記載
H13 国総研発足	H14 下水道管路施設の地震時浮上りに及ぼす埋戻し砂の影響(独法土研振動チーム)	
H16 新潟県中越地震	H16 下水道管路施設の被害調査及び下水処理場の応急対応に関する調査	H18 下水道施設の耐震対策指針と解説-2006版- ・液状化対策(埋め戻し土)を記載
H19 能登半島地震 新潟県中越沖地震	H19 下水道管路施設の被害調査及び被災箇所土質調査 H21 下水道管路施設埋め戻し部へのセメント系改良土の適用に関する検討	H24 災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案) ・災害時における緊急措置及び応急復旧方法の考え方を記載
H23 東日本大震災	H23-24 下水道地震・津波対策技術検討委員会(事務局) ・今後の地震・津波対策について提言	H26 下水道施設の耐震対策指針と解説-2014版- ・津波対策を初めて記載
H28 熊本地震	H25~27 大規模地震災害時における最低限の下水道機能維持・早期復旧に関する研究 ・地震被害DBの構築、公開 ・耐震対策優先度評価手法及び被害推計システムの構築	H27 下水道管路地震被害データベースの公開 H29 データベースの更新(熊本地震被害情報を追加)
H30 北海道胆振東部地震		
R1 東日本台風(台風第19号)	R1 下水道施設の被害調査及び応急対応に関する技術的アドバイス	

1. 強

国土技術政策を支える研究開発

背景・課題

- ・住宅地や工業地帯での液状化現象への本格的な研究が始まる契機となった昭和 39 年の新潟地震では、下水道施設もマンホールの浮上などの被害を受けた。しかし、新潟市では下水処理場が運転を開始した直後だったこともあり市民生活への直接の影響は限定的であったが、全国に普及が進むにつれて被災した場合の影響は大きくなってきている。令和元年度末での下水道処理人口普及率は全国平均で 79.7% に達し、市民生活にとって必要不可欠な施設、サービスとなっており、下水道施設が被災した場合、公衆衛生問題や交通障害の発生のほかトイレの使用が不可能になるなど、住民の健康や社会活動に重大な影響を及ぼすことが想定される。
- ・耐震基準に基づいた、下水道施設の耐震化は平成 29 年度末で重要な幹線等の管きよで 50%、下水処理場では 36% しかされておらず、未だ膨大な施設の耐震化が完了していない。そのため、重要な施設の耐震化を図る「防災」のみならず、被災を想定して被害の最小化を図る「減災」を組み合わせた、総合的な地震対策を進める必要がある。さらに、最近では地震だけでなく台風などにより下水処理場が復旧に時間を要する被害を受けることが増えており、その際の応急対応、段階的復旧方法も課題となってきている。

研究の概要

- ・施設の耐震化や耐津波化といった「防災」対策を充実させるための基礎情報となる、地震や津波発生後の下水道施設災害の被害状況、被災要因に関する土質などの調査を実施した。
- ・「下水道施設の耐震対策指針と解説」（以下「耐震指針」）に記載された対策手法の有効性を確認するため、対策実施済み箇所の調査及び再被害を受けた箇所について被害要因の調査を実施し、施工品質確保も含めて耐震対策方法の検討を行った。また、耐津波対策については被災時においても必ず確保する機能、一時的な機能停止は許容するが迅速に復旧する機能等の基本的な考え方を整理した上で、耐津波対策手法の検討を行った。
- ・下水処理場が津波や浸水による被害で機能を喪失し、本復旧完了に時間を要する場合に、放流先の水域への影響を最小限に抑えるために放流水質を段階的に向上させる方法の検討を行った。

社会実装

- ・下水道施設の地震、津波被害では、応急復旧や本復旧に対して技術的アドバイスをを行っている。さらに、耐震指針改定にあたり、液状化対策や耐津波対策に関する研究成果を耐震指針に反映している。
- ・最近被害規模が大きくなっている下水処理場の浸水被害では、応急復旧に対して技術的アドバイスをを行っている。さらに、応急復旧の効率化、迅速化に向け応急復旧における沈殿処理や消毒に関してパイロットプラントによる実験を行っている。

2. 主な研究成果

1：「下水道施設の耐震対策指針と解説」への反映

- ・平成 16 年の新潟県中越地震では、埋め戻し土の液状化により管路が浮上する被害が発生したため、埋め戻し土の液状化対策が H18 耐震指針に追加記載された。新潟県中越地震における管路施設の本復旧は固化の対策が行われ、平成 19 年度の新潟県中越沖地震で大きな被害は発生しなかった。
- ・平成 23 年の東日本大震災では、下水道施設が過去に経験したことのない、甚大な地震・津波の被害を受けると同時に今後の耐震・耐津波設計のあり方について多くの課題を認識し、知見を得た。
- ・管きよ耐震化工法の実施箇所では、交通障害や流下阻害等の大きな被害がなかったことから、一定の効果が認められた。しかし、実施箇所のうち一部の管きよでは施工上及び施工管理上の問題から、液状化を防止するために必要な一定の基準を満たしていない例や、工法に対する理解不足から誤った施工をしている例も散見された。そこで、復旧工事に適した施工方法及び品質管理方法を検討するための管路施設の埋戻し土締固め実験を実施することにより施工管理手法を提案し、耐震指針に反映された。

・下水道施設の防災対策は、主に地震対策に主眼がおかれ、耐津波対策については議論されてこなかった。このため、下水道施設設計における①想定津波の考え方、②下水道施設における耐津波性能の考え方、③耐津波対策の考え方などの本復旧に向けた対策を提案し、耐震指針に反映された（図-1）。

施設種別	管路施設	ポンプ場	処理場		
機能区分	全体機能				
	基本機能			その他の機能	
耐津波性能	逆流防止機能	揚水機能	揚水機能 消毒機能	沈殿機能 脱水機能	左記以外
	被災時においても「必ず確保」			一時的な機能停止は許容するものの「迅速に復旧」	一時的な機能停止は許容するものの「早期に復旧」

図-1 「最大クラスの津波」に対する下水道施設の標準的耐津波性

2：地震被害データベースの公開と更新

- ・過去の地震時の下水道管路の被害データは、被害想定等に有用な情報であるが、集約されておらず地震毎に個別に保管されている状況であった。そこで、平成5～23年に発生した震度6以上（12地震）の地震を対象に、下水道管路施設の被害情報（約5万スパン）を再収集しデータベース（DB）を構築、公表した。また、平成28年に発生した熊本地震での被害情報（約2千スパン）を追加した。
- ・DBには、地震情報（震度・マグニチュード・SI）、地盤情報（地盤種別・微地形区分）、下水道情報（土被り・管種・管径・マンホール種別等）、被害情報（被害状況・程度）をスパン毎に整理している（図-2）。
- ・耐震化優先度評価においてはリスク評価の視点を組み込むことが重要であり、下水道事業者はDBを基にして、地盤情報等を考慮した施設被害の起こりやすさ、を評価することが可能となっている。

【DBの例】

	地震データ			地盤データ			下水管データ				被害データ		
	震度	M	SI	地盤	地質	微地形	土被り	管種	管径	MH種別	工法	被害状況	程度
〇市	6.5	7.0	100	軟弱	シルト		2(m)	塩ビ	φ250	1号	開削	管路の蛇行	A
〇市	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
〇市	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
〇市	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
〇市	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
〇市	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
〇市	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・

図-2 地震被害データベースの概要

3. 災害時における下水の排除・処理に関する考え方（案）

- ・東日本大震災のように、処理機能を全て失うほどの甚大な被害を受けた場合は、本復旧が完了するまでに相当程度の時間を要することが予想され、緊急措置の状態が放流し続けることは望ましくない。
- ・国総研では、災害時において必要とされる最低限の下水排除及び処理機能を現場の状況に応じて緊急的に確保するとともに、本復旧に至るまでの間に処理レベルを段階的に向上させる方法の検討を行い「災害時における下水の排除・処理に関する考え方（案）」としてとりまとめ公表した（図-3）。

4. 令和元年東日本台風（台風19号）への対応

- ・台風19号（10月10～13日）による記録的な大雨により、全国の下水道施設は大きな被害を受けた。
- ・10月23～24日、通常運転に戻っていない処理場・ポ

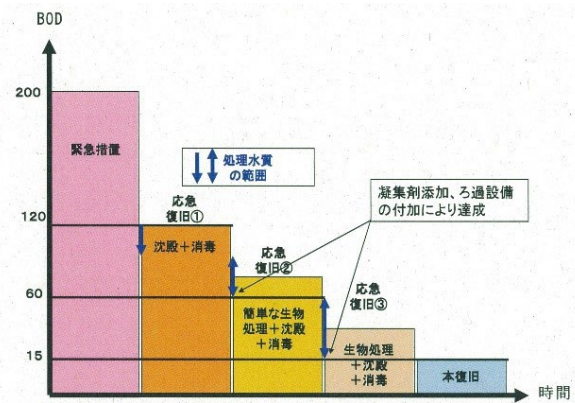


図-3 目標水質と応急復旧の概念図

ンプ場施設の応急対応状況の把握と応急対応に関する技術的なアドバイスを目的として現地調査を実施した。

- ・対象は、阿武隈川上流流域県北浄化センター（図-4）、福島県本宮市、郡山市、いわき市各ポンプ場及び郡山市の真空式下水道施設で、処理困難な腐敗汚泥に対する濃縮、脱水方法等を助言した。
- ・沈殿処理水や簡易処理水の性状によっては消毒効果が不十分となる場合があるため、「災害時における下水の排除・処理に関する考え方（案）」の改定を目的に、下水処理実験施設において消毒効果の阻害要因の挙動の解明、復旧状況に応じた下水の処理・消毒の対策手法の検討を行っている。



図-4 阿武隈川流域下水道県北浄化センター（福島県）調査状況

3. 関係する報告書・技術資料一覧

- 1) 国総研資料 第439号「新潟県中越沖地震被害調査報告」
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0439.htm>
- 2) 国総研資料 第531号「下水道管路施設埋め戻し部へのセメント系改良土の適用に関する検討報告書」
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0531.htm>
- 3) 国総研資料 第646号「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報」
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0646.htm>
- 4) 国総研報告 第52号「2011年東日本大震災に対する国土技術政策総合研究所の取り組み - 緊急対応及び復旧・復興への技術支援に関する活動記録 -」
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/rpn/rpn0052.htm>
- 5) 下水道管路地震被害データベース
http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/zishin_db.html
- 6) 災害時における下水の排除・処理に関する考え方（案）
http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/doc/publish/saigai_01.pdf

4. 今後の展望

南海トラフ地震や首都直下地震などの将来起こりうる地震に備え、耐震対策推進のため、福島県沖地震の被害情報を加えるなど、地震被害データベースの充実化を進めていく。

また、気候変動の影響などにより豪雨被害が激甚化しており市街地での浸水被害に加え、下水処理施設が被害を受け、機能復旧に時間を要する被害が生ずるようになってきている。被害を防ぐと共に、被害を受けた際の応急対策や段階的な復旧方法などについての検討を進めていく必要がある。