

地震時の液状化に対応した マンホール浮上防止対策技術

池田 匡隆

平成23年3月11日に発生した、東北地方太平洋沖地震では、液状化現象が東北地方から関東地方にかけて広範囲に発生し、「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書」によると3,369ヶ所のマンホールが液状化により浮上した。本稿では、マンホールの浮上防止対策として当機構と民間企業とで共同研究を行った3工法と、当機構の「建設技術審査証明事業（下水道技術）」に基づき審査証明を行った2工法の概要について紹介する。

キーワード：東日本大震災、液状化、下水道、マンホール、浮上防止対策

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した、東北地方太平洋沖地震では、液状化現象が東北地方から関東地方にかけて広範囲に発生し、道路やガス・上下水道などのライフライン施設、家屋等に大きな被害が生じた。下水道の管路施設においてはマンホールの浮上が液状化による特徴的な被害であり、東日本大震災の「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書」によると3,369ヶ所のマンホールが液状化により浮上した。

地震による地盤の液状化を原因としたマンホールの浮上被害は、平成5年の釧路沖地震、平成6年の北海道東方沖地震など以前から報告されており、平成16年10月に発生した新潟県中越地震では、地震による地盤の液状化によって1,400ヶ所以上でマンホールが突出し、下水道の排水機能はもとより交通機能にも障害を及ぼし被災者等の救助活動を妨げる等、多方面に甚大な被害をもたらした。

これを受けて国土交通省では、「下水道地震対策技術検討委員会」を設置して、適切な復旧を行うための技術的手法について検討し、「管路施設の本復旧にあたっての技術的緊急提言（平成16年11月22日）」を公表した。提言では、埋戻し部の浮上防止対策として、①埋戻し部の締固め、②碎石による埋戻し、③埋戻し部の固化、の具体案が挙げられている。一方、「下水道施設の耐震対策指針と解説（2006年版）（社）日本下水道協会」では、マンホールの浮上防止対策として、周辺地盤の締固め・固化、過剰間隙水圧の消散等の対策に関する工法が挙げられている。

本稿では、当機構と民間企業とで共同研究を行った3工法と、当機構の「建設技術審査証明事業（下水道技術）」に基づき審査証明を行った2工法のマンホール浮上防止対策技術の概要について紹介する。

2. マンホール浮上防止対策技術の概要

地下埋設物の周辺地盤の液状化発生防止方策として、前項の①、②、③は有効的であるが、開削工法が前提となり既設マンホールに採用するには掘削を要するため、緊急を要する場合以外の採用が困難な場合が多い。そこで現状、施工現場に適したマンホール浮上防止対策技術として、次の工法が考案されている。

- ①地震時の過剰間隙水圧を消散させて、マンホールの浮上を抑える工法
- ②遮断壁を設置し、マンホールの下部への土の回り込みを抑制し浮き上がりを軽減する工法
- ③既存マンホールをアンカーにより支持層に固定し、液状化による浮き上がりを抑える工法
- ④カウンターウエイトを付加させ重量を増やし、液状化による浮き上がりに抵抗する工法

3. 下水道機構におけるマンホール浮上防止対策技術の開発

当機構では、平成18年度に「公募型共同研究制度」を創設し、マンホール浮上防止対策技術に関する3工法（「WIDEセフティパイプ工法」、「アンカーウイング工法」、「浮上防止マンホールフランジ工法」）につ

いて民間企業と共同研究を行った。前述の「下水道施設の耐震対策指針と解説（2006年版）」において、数種類の対策に関する工法が挙げられているが実証実験等によりその効果が検証されているものではなく、有効な手法が確立されているものは少ないとの課題があった。そこで本研究では、地震に伴う地盤の液状化によって発生するマンホールの浮上を防止する技術の効果を、大型の振動台実験により検証・改善し、技術の適用範囲、計画、設計手法などに関する技術的事項を工法ごとに検討した。これらの成果は、「マンホール浮上防止対策技術検討委員会（委員長：濱田政則早稲田大学教授）」にて審議を受け、平成20年6月に、各工法について「マンホール浮上防止対策工法技術マニュアル」として取りまとめた。

以下に、振動台実験により検証された3工法の概要について紹介する。

4. 振動台実験と各工法の特長

組立1号マンホール（H=2.0m）を原寸大とした1/2スケールの模型を作製、写真-1に示す振動台装置を用いて、マンホール浮上防止技術の効果の検証を行い、各工法ともに浮上防止効果を確認した。



写真-1 三次元大型振動台

(1) WIDE セフティパイプ工法

WIDE セフティパイプ工法は、地震によって発生するマンホール周辺地盤の過剰間隙水を図-1に示す地盤内に設置した集水管により集水し、マンホール内部に排水する装置を備えている。その結果、マンホール本体に作用する過剰間隙水圧を消散させ、地盤の液状化によるマンホールとその周辺地盤間の摩擦力低下を抑制し、マンホールの浮上防止を図る工法である。

本工法は、すべてマンホール内部からの作業であり、施工時に掘削工事を伴わない特長がある。

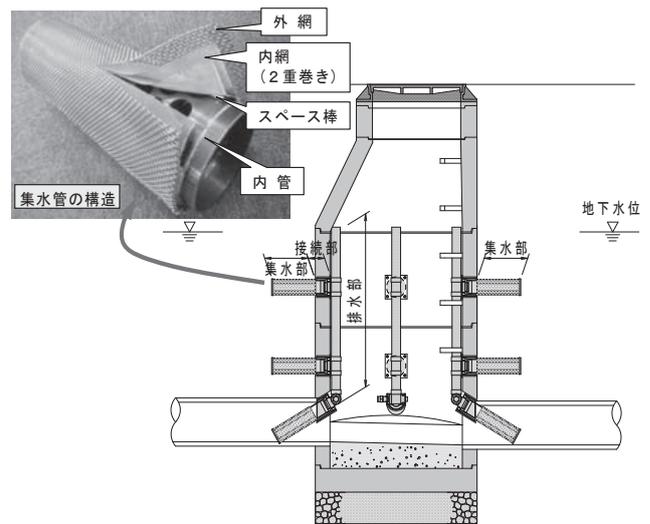


図-1 WIDE セフティパイプ工法の装置概要

(2) アンカーウイング工法

アンカーウイング工法は、地盤の定着層へアンカー部を回転貫入により打設して、ロッド・頭部固定金具を介してマンホールの浮上を物理的に拘束する工法である。

本工法の装置は、図-2に示すように、定着層に打設するアンカー部、マンホールと部材を固定する頭部固定金具、および両者を結合するロッドから構成される。なお、マンホール底面に作用する揚圧力に対抗しうる引抜き耐力を発現する非液状化層を選定して定着層としている。アンカーを回転貫入して定着層に根入れするためマンホールの浮上防止効果を確実に得ることができるとともに、低騒音・低振動の施工が可能である。

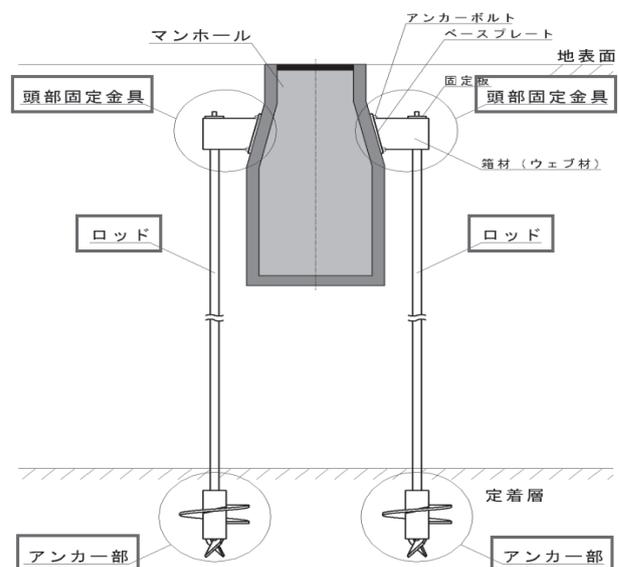


図-2 アンカーウイング工法の装置概要

(3) 浮上防止マンホールフランジ工法

浮上防止マンホールフランジ工法は、マンホールの外周部に凸型形状の部材を設け、重量体を載荷して、マンホールに作用する揚圧力とつりあい、浮上防止を図るという工法である。

本工法の装置は、図-3に示すとおり、マンホールの外周部に取付ける凸型形状の浮上防止フランジブロックと重量体金枠、重量体から構成される。なお、重量体には碎石、スラグ、金属製重量体等があり、各種の重量体を混合して所定の重量（内部に充填）をマンホールに付加させる。

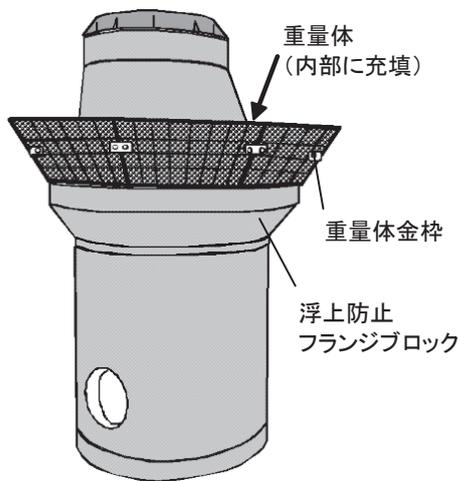


図-3 浮上防止マンホールフランジ工法の装置概要



図-4 アースドレーン工法の装置概要

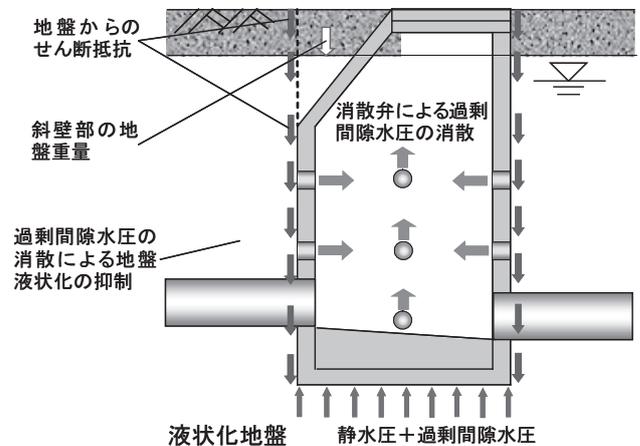


図-5 フロートレス工法の装置概要

5. 審査証明技術

下水道機構の実施している「建設技術審査証明事業（下水道技術）」に基づき審査証明を行った2工法の概要について紹介する。

(1) アースドレーン工法【建設技術審査証明事業 下水道技術 第0634号】

アースドレーン工法は、図-4に示すように、透水性の高い人工ドレーン（ポリプロピレン樹脂製）をドレーン打設機（ノッカー）にてマンホール周囲に埋設し、地盤の排水性を高め、地盤内の過剰間隙水圧を消散させる工法である。

(2) フロートレス工法【建設技術審査証明事業 下水道技術 第0637号】

フロートレス工法は、図-5に示すように、マンホールの壁に、地震時に発生する過剰間隙水圧を消散させるための消散弁を設けることで、マンホール周辺地盤の液状化現象を抑え、マンホールの周面摩擦を確保す

ることで、マンホールの浮き上がりを抑制する工法である。

6. マンホール浮上防止対策技術の導入効果

マンホール浮上防止対策技術を導入することにより、地震時の下水道管路施設の流下機能の確保、交通機能障害の抑制を図ることができる。

地震によりマンホールが浮上した場合、復旧工事が行われるまでの期間はマンホール頂部へのすり付けを施し暫定的に交通機能を確保し、その後、一旦路面を掘削し、マンホールの調整リング、斜壁、直壁等の部材を適宜交換する方法がとられる。その際、復旧工事自体が交通機能の妨げになる。

一方、マンホール浮上防止対策技術を導入することにより、マンホール周辺の地盤もしくは埋戻し土が液状化しても、復旧作業が不要、もしくは若干のすり付け舗装のみで応急復旧が可能な状態を維持することができ、表-1に示すように復旧作業の軽減化が期待

表一 マンホールの浮上に対する緊急措置あるいは応急復旧の難易度

難易度・復旧時間 (緊急措置または応急復旧)		復旧の方法 (緊急措置または応急復旧)	
復旧の方法 容易 短い ↑ 復旧の難易度 ↓ 困難 長い	マンホール浮上防止対策工法は、以下の②～④の被害を①または①相当へ軽減するために導入する。	①	浮上被害なし。 緊急措置や応急復旧は不要。
		②	マンホールの調整リングを適宜調整して路面にすり付ける。
		③	斜壁を取り替え、かつ調整リングの高さ調整により、路面にすり付ける。
		④	直壁・斜壁を取り替え、かつ調整リングの高さ調整により、路面にすり付ける。
		①	復旧は不要、あるいはすり付け舗装のみで応急復旧が可能。

できる。

今回紹介した「マンホール浮上防止対策技術」の中では、フロートレス工法が東京都や石巻市などで、9,044ヶ所のマンホールでの採用実績がある。東日本大震災後、被災自治体に設置された耐震化済みのマンホールについて、下水道既設管路耐震技術協会が被害の有無を独自に調査している。その調査によると、都内では江東区や江戸川区などの東京湾岸部の埋立地で大規模な液状化が発生しており、これら液状化が確認された地区に設置されている耐震化済みマンホール48ヶ所は、全て浮上被害が発生していなかったことを確認したと報告されている。また、調査した48ヶ所の内、消散弁が開放され過剰間隙水圧の消散が確認されたマンホールが10ヶ所あり、消散機能が適正に発揮され、マンホールの浮上抑制効果があったと推測している。この他に、石巻市や東松島市においても同様の調査が実施されており、24ヶ所のマンホールを調査し、大津波による土砂の堆積で調査ができなかったマンホール1ヶ所を除き23ヶ所で浮上被害はなし。その内、16ヶ所で過剰間隙水圧の消散が確認されている。

7. おわりに

当機構で携わった「マンホール浮上防止対策技術」については、地方公共団体、下水道関係機関にさまざまな方法で周知に努めてきた。しかし、共同研究を行った各工法については、平成20年6月に「マンホール浮上防止対策工法技術マニュアル」として取りまとめ以来、施工実績は多くはない。今後、これらの技術が採用され大地震による地盤の液状化を原因としたマンホールの浮上を防止して、災害時での下水道機能、および交通機能の確保に貢献できることを期待するものである。

また、自治体がマンホール浮上対策を行う際、どのような要因を重視するのかを調査し、今後の技術開発に活かしていきたいと考えている。そして、今後も、開発者からユーザーの方々への「新技術の橋わたし」としての役割を果たしていく所存である。

JICMA

【筆者紹介】

池田 匡隆 (いけだ まさたか)
 (助)下水道新技術推進機構
 研究第二部
 部長

