

既設マンホールの浮上防止対策を効率的に進める方法

A Method for Advancing Anti-Uplifting Measures of Existing Sewage ManHoles

鈴木 崇伸¹
Takanobu Suzuki

¹東洋大学理工学部都市環境デザイン学科（〒350-8585川崎市鯨井2100）

Department of Civil and Environment, Toyo University

This report presents a method to advance anti-uplifting countermeasures of sewage manholes effectively. New countermeasures have been developed by private sectors and these have been certificated. Evaluation of these measures is needed in order to install countermeasures to appropriate sites. Therefore these measures should be confirmed the effectiveness by liqquifaction analysis including a manhole as real size.

Key Words : sewerage manhole, liquefaction, up lifting countermeasures, effective stress analysis

1. はじめに

下水動の地震被害の特徴としてマンホールの浮上がある。他企業のマンホールと異なる縦長の円筒形の形状は浮き上がりを生じやすい条件であるため、浮き上がり防止の対策が検討されてきた。最近の浮上防止対策は発注側が工事仕様を示すのではなく、民間提案型で各種工法の開発が行われ、公的な審査機関による技術審査を受ける方式も取り入れられいろいろなマンホール浮上防止対策が提案されている。

2011年の東北地方太平洋沖地震では液状化に起因する下水道の管路被害が多く発生するとともに、海岸近くに設置された下水処理場が津波により被災した。国土交通省は委員会を設置し、地震と津波による被害を総括するとともに、今後の対策の方向性をまとめている。報告では民間提案型の浮上防止策も調査結果が公表され、その効果が確認されている。

本報告は無被害の事例を一般化して既設マンホールの浮上防止対策をさらに推進するための方策を検討している。免震装置などの新技術が解析結果を裏付けとして普及していることを参考に、マンホール浮上解析により対策が必要な個所とその効果が明確になれば、事業者も対策の実施が行いやすくなると考える。

2. 下水マンホールの浮き上がり防止策の検討経緯

2006年の耐震対策指針の改定に伴い、下水道緊急地震対策計画（アクションプラン）がつくられるようになり、管路施設では、流下能力の確保と緊急輸送路の確保を目標として、埋戻し土の液状化対策だけでなく、マンホールと管路の接続部に可とう性継手を設置する対策や、管路更生工法による対策が実施されることとなった。管路だけでなく、処理施設では処理能力を確保する対策を行うとともに、被災時のトイレ対策を強化することとされている。

流下能力の確保と緊急輸送路の確保のためには既存施設も含めてマンホールの浮上を効率的に防止する必要がある。前述の耐震対策指針ではマンホールの浮上防止対策として、①周辺地盤の締め固め・固化や、②過剰間隙水圧の消散等、数種類の対策に関する工法が例として挙げられている。しかしながら実証実験等によってその効果が検証されているものではなく、早急に対策工法の開発が要請されることとなった。

こうした背景から民間から提案されたマンホール浮上防止対

策技術を審査証明する制度が整備された。仕様設計から性能設計に移行したともいえる制度であり、開発成果をわかりやすく事業者に伝え普及していく必要がある。表-1に下水道の耐震化工法を対策原理別に整理している。いずれの工法も技術的に効果のあることが確認されている訳であるが、実物での実験は不可能であるために、模型実験あるいはモデル計算による効果の証明となっている。

表-1 技術提案型の下水道の耐震化工法

対策原理	工法名
地下水 排出	▶WIDEセフティパイプ工法（㈱信明産業） ▶アースドレーン工法（アースドレーン工法協会） ▶安心マンホール工法（安心マンホール工法協会） ▶フロートレス工法（下水道既設管路耐震技術協会）
重量化	▶浮上防止マンホールフランジ工法（浮上防止マンホール工業会） ▶アンチフロート工法（㈱ハネックス） ▶ハットリング工法（ハットリング工法研究会） ▶インナーウェイト工法（福原鋳物製作所，日本水工設計）
アンカーによる固定	▶アンカーウィング工法（千代田工営） ▶LAM（アンカー定着）工法（LAM工法研究会）
管口の可とう化	▶既設人孔耐震化工法（ガリガリ君）（下水道既設管路耐震技術協会） ▶マグマロック工法（日本スナップロック協会） ▶耐震一発君（下水道既設管路耐震技術協会）

3. 技術提案型の浮き上がり防止策の効果

下水道緊急地震対策計画（アクションプラン）に対応して浮上防止策の検討が進められたことにより、東北地方太平洋沖地震前に全国で1万個所のマンホールに浮上防止対策が施されていた。表-2に国土交通省の調査による施工実績を示している。年間数千個のペースは日本全体のマンホール数から見れば微々

たるものであるが、流下能力の確保と交通支障の回避に向けて取り組みが進んでいることがわかる。

地震被害調査は改善活動のための必須事項であるが、マンホールの液状化対策のような新技術にとっては実構造物において効果確認をする貴重な実験結果となる。表-2に示した対策済みマンホールも国土交通省により調査が行われ、浮き上がり被害がなかったことが文献4に報告されている。また調査結果をインターネットで公開している団体もいくつかある。

民間主導による技術開発を公的機関で審査・承認し、競争的環境で安く効果のある対策を導入する仕組みは効率的であり、上下水道だけでなく電気、ガス、通信など民間企業においても実施されている。競争的な技術開発において情報公開は不可欠とされる。開発に先行した会社が不利益となる情報を隠匿し改善活動を怠る、さらに後発の会社が必要とする情報が開示されないなどという状況は開発環境を阻害するものであり、審査証明された技術に関し、情報公開するルールの徹底が望まれる。

表-2マンホール液状化対策の施工実績と被害調査結果(文献4)

工法区分	排水	重量化	固定
主たる工法数	4	3	2
施工実績	約9000(関東8700, 東北40)	約1000(関東500, 東北200)	2
採用自治体数	約20	約30	2
調査結果	2団体が96基を調査し被害なし	国総研と関係団体が309基を調査し被害なし	未公表

4. 浮上メカニズムと効果確認解析

(1) マンホールの浮上メカニズム

排水あるいは重量化による浮上防止対策がなされたマンホールに異常がなかったことから下水マンホールが浮上しやすい理由を考える。下水マンホールの特徴は他企業のマンホールと比べて、円筒縦長の形状であるため構造上面に上載土が無い点と、底面の埋設深さが深い点があげられる。

浮き上がりの問題を単純化して浮体の安定計算を行えば、縦長形状の方が空中に飛び出す長さが大きくなることは明白であり、下水のマンホールの浮き上がりが顕著である第一の理由と考える。同じ体積であっても幅広ならば、突出体積が同じでも突出量は小さくなる。マンホールの浮上被害が下水道で顕著にみられる理由は縦長の形状にあると考える。

地中構造物の上載土は路盤・舗装と一体となって浮力に抵抗する重しになるが、下水マンホールは円筒形であり重しとならず上載土のせん断抵抗のみが作用する。直方体型のマンホールの場合首部は円形となるが、長方形型の上面に上載土が載る構造になる。重量化工法はこの点を応用した対策であり、適当な重しを付加すれば浮上を抑えられることが明らかになった。

また浮き上がりはマンホールの周囲が移動自由な水で満たされたときに生じる浮力によって生じる。砂層のせん断変形によって過剰間隙水圧が発生し、水圧差による上向きの浸透流が移動自由な水となる。地中の深い位置の方が土圧が大きく過剰間隙水圧も大きくなるため、上向きの流れを生じやすい。地下水を取り込む構造を追加して周囲の水をマンホール内に取り込み流れを遮断すれば、縦長形状であっても浮き上がりに至らないことが明らかになった。

(2) 効果確認解析の要件

2011東北地方太平洋沖地震における実物のマンホール浮き上がり実験で確認された事実を精査し、マンホールの浮上メカニズムを明確にして地震対策を合理化していく方法として動的解析の導入が有効と考える。免震や制震の性能保証はデバイスの原理だけでは受け入れられない。実構造物に実験で確認された特性を入れ込み動的解析で効果が検証される。マンホールの浮上防止対策においても同様に、実際の設置環境において効果を確認する必要がある。浮き上がりの有無だけでなく、設置環境やマンホールの大きさにより浮き上がり量がどう変化するか明確になれば、複数の提案工法の選択肢が広がり、合理化を図ることができる。

確認解析の要件を考える。第一に地盤の液状化状態を時間を追って追跡できることが挙げられる。有効応力解析法はいろいろ提案されているがパラメータ設定が簡単なものが望ましい。第二に構造物の浮き上がりが再現できる必要がある。浮き上がり量を正確に予測する解析法は難しいが、浮き上がりが再現できなければ効果確認は無理である。第三として構造物の浮上防止のメカニズムが的確に表現できることが挙げられる。重量化あるいは排水の条件がパラメータとして解析に取り込まれている必要がある。その検証のためには、模型実験の対策有無による挙動が的確に再現できればよい。相似則を考慮して小型にした模型実験において確認した対策効果が解析できれば、同じ計算方法で実物大の解析を行うことにより効果の確認ができる。実験に比べて解析は準備が簡単でありサイズの制約も相似則の制約もない。多数の解析結果に基づき工法ごとの有利な条件・不利な条件が明確になれば、事業者が工法選定する際の目安になる。

5. おわりに

本報告はマンホールの浮上防止対策を効率よく進展させるために地盤・構造物の有効応力解析を利用して効果確認する必要性を述べている。本文中では解析結果の紹介をしていないが、講演会ではハットリング工法の開発の時に行われた模型実験の再現解析結果と実在地盤に置いたマンホールの浮上解析結果の紹介をする予定である。

液状化による変状を防止しなければならない社会インフラは多く存在する。新しい対策法も多く提案されているが、模型実験だけでなく体系的に解析して、それぞれの工法の対策効果を明確にしておく必要がある。既設マンホールの液状化対策を効率的に進めるには信頼のおける動的解析結果による適用の明確化が有用と考える。

参考文献

- 1) 土木学会：都市ライフラインハンドブック，丸善，2010
- 2) 鈴木崇伸：マンホールの浮上防止対策の検討状況とその効果について，土木学会第4回相互連関を考慮したライフライン減災対策に関するシンポジウム論文集，2012.12.
- 3) 日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説，2006.8.
- 4) 国土交通省下水道地震・津波対策技術検討委員会：東日本大震災における下水道施設被害の総括と耐震・耐津波対策の現状を踏まえた今後の対策のあり方，2012. 3.