

液状化によるマンホール浮き上がり防止の検討

日大生産工（学部）○荻巣 稚雪
日大生産工 高橋 岩仁

（株）新日本エグザ
日大生産工（非常勤）

岡本 昌平
大木 宜章

1 はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、太平洋沿岸に面した広い地域に甚大な被害をもたらした。千葉県では、東京湾沿岸地域を中心に家屋や土木構造物に大きな被害を受けた。特に、ライフラインに大きな被害が生じたが、発生後数日でガス・水道・電力は露出配管で応急復旧した。しかし、下水道管は自然流下を基本としているため、掘削による応急復旧に3カ月程度を要した。

本研究は、埋立地内の下水道管路被害の実態を調査し、液状化被害が起こり得る地質条件を明らかにすると共に、今後発生が予想される首都圏直下型地震および東海・東南海・南海地震による管路被害を最小に抑えることを目的とする。特に今回は、工事用シートを用いた液状化によるマンホール浮き上がり防止実験を行い、対策案を検討した。

2 液状化被害地の実態調査

2. 1 液状化被害地の特色

地震による液状化被害地の特色は、埋立地であることが挙げられる。代表的な例として習志野市の埋立地について記す。

習志野市内の液状化被害地は、谷津、袖ヶ浦、秋津、香澄、芝園および茜浜地区であり、東京湾を埋立して新たに陸地とした地区である。埋立状況が時系列で分かるように旧航空写真を写真-1から写真-3に示す。なお、埋立の経緯は以下のとおりである。

○第1期埋立（谷津、袖ヶ浦地区）

- ・1964年5月～1966年12月に埋立工事を実施
- ・1967年6月から住宅建設を開始

○第2期埋立（秋津、香澄、芝園、茜浜地区）

- ・1971年6月～1977年12月に埋立工事を実施
- ・1980年3月から住宅建設を開始

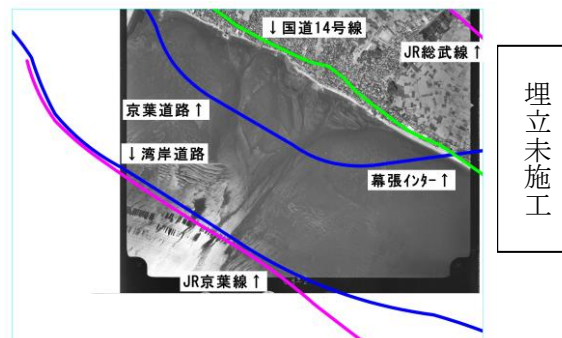


写真-1 航空写真（1961年9月28日撮影）

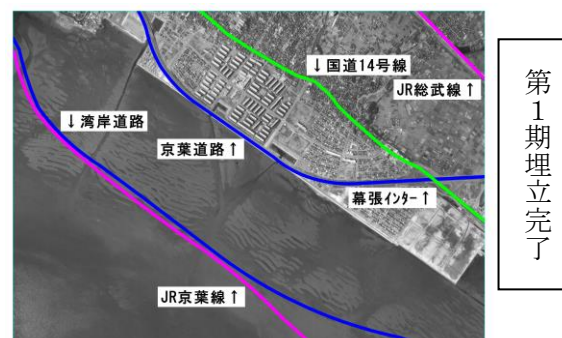


写真-2 航空写真（1970年4月23日撮影）



写真-3 航空写真（1986年6月9日撮影）

Examination on Uplift Prevention of Manholes Caused by Liquefaction
Chiyuki OGISU, Shohei OKAMOTO, Iwahito TAKAHASHI, Takaaki OOKI

2. 2 下水道管路の地震による被害状況

(1)地震被害状況(習志野市)

写真-4に習志野市の下水噴出状況を示す。習志野市では、管の継ぎ手部分が脱落して周辺の土砂を巻き込んだため、管の閉塞が起きた。そのためマンホールから下水の噴出が各所で見られた。

(2)地震被害状況(浦安市)

写真-5に浦安市の被害状況を示す。浦安市入船地区は埋立て地内の水分を多く含んだ土であるため、液状化が発生し、中空のコンクリート構造物であるマンホールは浮き上がった。また、千葉市、我孫子市を始め十勝沖地震（2003年）、新潟県中越沖地震（2007年）でも同様な被害がみられた。

2. 3 液状化被害地先の地質調査

(1)液状化発生条件

沖積層の土層で次の3条件が全てに該当する場合において、液状化が生じる可能性がある¹⁾。

- 1)地下水位が地表面から10m以内
- 2)細粒分含有率(FC)が35%以下
- 3)50%粒径(D_{50})が10mm以下で、10%粒径(D_{10})が1mm以下



写真-4 習志野市の下水噴出状況



写真-5 浦安市(入船地区)のマンホール浮上状況

(2)被害地の地下水位

千葉県地質環境インフォメーションバンクに公開されている既存の地質柱状図のデータ確認を行った。その結果、香澄地区の地下水位は概ね地表面-1.2mであった。

(3)液状化による噴砂の粒度分布

図-1に液状化により噴出した土砂の粒度試験結果を示す。なお、採取した土砂は、千葉県内の主な液状化被害地である浦安市、習志野市、我孫子市内に残る噴出土砂とした。また、粒度試験方法は「土の粒度試験 (JIS A 1204)」による。測定の手順は以下の通りである。

- ・採取した試料を空気乾燥状態にし、団粒化した土粒子を解きほぐす。

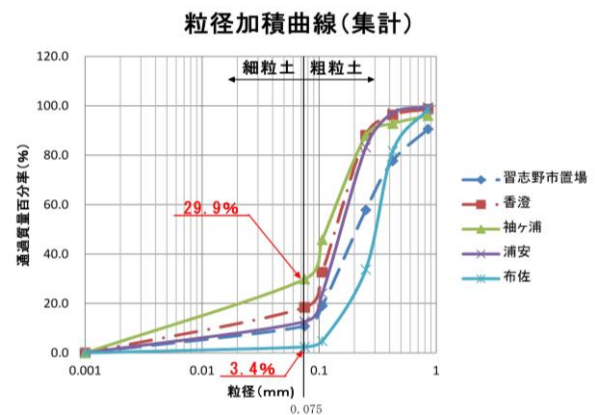


図-1 粒度試験結果



図-2 習志野市下水道管被害地域

表-1 形式別マンホールの比較

深さ(m)	現場打ちマンホール			組立マンホール		
	質量(kg)	体積(m ³)	比重	質量(kg)	体積(m ³)	比重
1.50	3,083	1.99	1.58	1,430	1.37	1.07
2.00	3,903	2.65	1.50	1,600	1.63	1.00
2.50	4,713	3.32	1.45	1,770	1.89	0.96
3.00	5,523	3.98	1.42	1,940	2.15	0.92
平均			1.49			0.99

- ・ 試料を100g程度分取し，850，425，250，106，75 μ mふるいでふるい分ける。
- ・ 各ふるいの残留試料の質量を測定する。

試験結果から，細粒分含有率(FC)は液状化判定必要値の3.4～29.9%であり，50%粒径(D_{50})は10mm以下，10%粒径(D_{10})は1mm以下であった。

以上のことより，被害が認められた地域の土層は，液状化が発生する条件を満足していることを確認した。

2. 4 液状化被害地先の施設調査

(1)管路材料とマンホール構造

図-2に習志野市の下水道管被害地域を示す。習志野市液状化被害箇所の管路施設は，「遠心力鉄筋コンクリート管」と「現場打ちマンホール」であるが，その他の被害地域では，「硬質塩化ビニル管」と「組立マンホール」である。これは1980年代に構造形式が移り変わっていったからである。

(2)マンホール構造と被害

表-1にマンホールの「みかけ比重」を構造形式および深さ別に示す。液状化した土砂の比重は1.7～1.8²⁾であるため，比重1.0の「組立マンホール」は浮上し易く，比重1.5の「現場打ちマンホール」は浮上しにくいことが分かる。

3 液状化対策の実験概要

マンホールの液状化浮上防止方法として，以下の実験を行った。

(1)実験方法

マンホール模型を1/10モデルで作製し，対策を施して液状化発生装置に埋込み，振動を与えて最適な対策条件を検討した。

液状化対策方法は，工事用シートを周囲に設置する方法を選定した。表-2に今回使用したシートの特徴を，写真-6から写真-8に各シートを示す。また，写真-9にシートと模型埋込み状況を示す。

表-2 シートの特徴

シート名	特長
ブルーシート	・ポリエチレン製で防水性が高い。 ・安価で軽量。 ・様々な用途で使用されている。
シート① 土木シート	・ポリエステル製で十分な強度と耐久性がある。 ・繊維間に空隙を有し、メッシュ構造透水性に優れる。 ・軽量で取り扱いが容易 ・幅広い土木工事に用いられている
シート② ハイメッシュ	・メッシュ構造で土との摩擦特性に優れている ・透水性に優れている。 ・軽量で取り扱い易く施工性に富む ・高強度で低伸度特性に優れている



写真-6 ブルーシート



写真-7 シート①
(土木シート)



写真-8 シート②
(ハイメッシュ)



写真-9 シートと模型埋込み状況

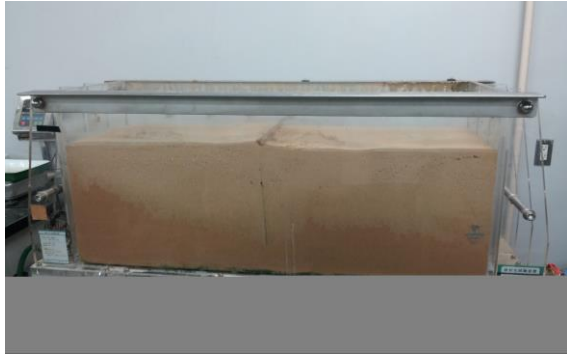


写真-10 液状化試験装置

表-3 実験結果

マン ホー ル 形 状	高さ 直径φ	シートの種類・有無	浮上測定値		評 価
			測定時間(s)	浮上がり高さ(cm)	
マン ホー ル 形 状	15cm φ100	なし	16	15	×
		ブルーシート	30	2.6	×
		透水対策用シート①	30	0	◎
		透水対策用シート②	30	0.3	○
	20cm φ100	なし	15	20	×
		ブルーシート	22	4	△
		透水対策用シート①	30	0	◎
		透水対策用シート②	30	0.4	○

(2)実験手順と条件

写真-10に実験に使用した液状化試験装置を示す。手順は、次の通りとする。

- 1) マンホール模型の高さに合わせて20cm四方の穴を掘り、穴の大きさに合わせて対策シートを敷いて中に模型を埋める。
- 2) 最終的に震度6弱になるように、徐々に震度を上げる。
- 3) 震度が6弱になった時点から30秒間観察を行う。

4 実験結果

表-3に液状化試験装置によって得られた結果を示す。結果より、マンホール高さに関係なく、透水対策用シート①は、マンホールの浮上が見られず、最も浮上防止効果が大であった。続いてシート②もほぼ浮上が見られず、良好な結果であった。ブルーシートはシートなしに比べ、浮上防止効果が見られたが、マンホール高さ15cmで2.6cm、20cmで4.0cmの浮上が確認された。このことから、透水対策用シートを用いることにより、液状化による浮上の抑制が図られたといえる。

5 まとめ

本研究は、液状化被害を起し得る地質条件を明らかにすると共に、液状化によるマンホール浮き上がり防止方法を検討し、以下の知見を得た。

- (1)液状化被害地に残っている噴砂の細粒分含有率(FC)および地下水位は液状化判定が必要な範囲の数値なので、埋立地を中心に液状化判定を行う必要がある。
- (2)液状化の恐れがある地域のマンホールが「組立式マンホール」の場合は、浮上対策工が必要であり、「土木安定シートの巻込み」が有効である。

なお、今回の試験では、マンホール下部にも対策シートを設置しており、既設マンホールへの対応は困難である。今後、下部にシートを施さない条件で実験を行い、既設マンホールに対して有効な液状化対策方法を選定する必要がある。

参考文献

- 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，pp.133-143，2012。
- 2)國生剛治：液状化現象，pp. 25，鹿島出版会，2009。