1G 下振動台実験による長尺短冊型ドレーン工法によるマンホール浮上対策の検討

芝浦工業大学 〇岡本 敏郎 阿部 豪

<u>1. 研究背景</u>

2011 年 3 月 11 日に発生した東北太平洋沖地震によ り、東京湾岸の埋立て地域に甚大な被害があり、国土 交通省によるとマンホールの被害箇所数は全体で 6,699 基にも及んだ.マンホール被害は、下水道の機能 障害だけでなく道路の復旧に時間を要することにもな るため、マンホールの地震時安定性を高める必要があ る.マンホールの液状化対策工法としてドレーン工法 や重量化工法等が検討されており、これまでの研究で ドレーン工法は有効であることが分かったが、大変緩 い地盤での適用性は低かった.そこで本研究では、ド レーン工法の適用性を拡大するため、ドレーンを深く 敷設する長尺短冊形の検討を行った.

2. 研究概要

(1)マンホール概要

実物の 1/25 スケールで作成した.マンホール本体は 円筒状にした型枠の中に鉄筋の代用として金網を挿入 し,モルタルを打設した.蓋部はゴム製とした.標準 タイプのマンホールの浮上安全率は 0.47 であり,図-1に示した様に標準タイプのマンホールにドレーンを 組み合わせたものを 3 ケース作成し,計4 ケースで実 験を行った.

(2)浮上安全率 Fs

以下の式で計算した.

$$Fs = \frac{W_o + Q_B}{U_s + U_D}$$

W₀:マンホールの死荷重 Q_B:非液状化層内のマンホール側面の摩擦抵抗 Us:マンホール底面に作用する静水圧による揚圧力 U_D:マンホール底面に作用する過剰間隙水圧による 揚圧力

(3)中型振動台及び土槽

中型振動台の性能は,最大加振加速度 1000gal,最大 加振変位±50mm であり,土槽は直径 40cm,高さ 46cm のものを使用した(図-2). 土試料は三河産珪砂 6 号を, ドレーンは不織布を使用した.

(4)入力地震動

入力地震波は,2011 年東北地方太平洋沖地震浦安 観測波(以下浦安波),1995 年兵庫県南部地震箕面川 波(以下箕面川波)を使用し,最大加速度を変化させ載荷 した.それらの地震波を図-3・4に示す.

(5)地盤作成方法

地盤は厚さ 40cm(実規模レベルで地盤高 10m),地下 水位 4cm(実規模レベルで 1m)に設定した.相対密度に ついては、大変緩い(Dr=0-20%),緩い(Dr=20-40%), 中位(Dr=40-60%)の 3 ケースを実験した.上向き浸透 流によりパイピングを発生させた直後砂地盤を攪拌し, 水中沈降させることで大変緩い地盤を作成した.この 時、同時にマンホールを設置した.緩い地盤について は、大変緩い地盤に、芸北波 70gal を 5 回載荷し小規 模な液状化を発生させ密度を上昇させた.中位地盤に ついても緩い地盤と、同様に液状化を発生させ、さら に密度を上昇させた.地盤作成後マンホール設置位置 で φ = 5 cm, h=10 cm のシンウォールチューブで砂試料 を採取して砂地盤の密度を確認した.結果は図-5 の通 りであり、想定された密度が作成されている.



キーワード 円弧すべり解析、東北地方太平洋沖地震、藤沼ダム、アースフィルダム 連絡先 〒135-0061 東京都江東区豊洲1丁目 3-7-5 芝浦工業大学 Tel.03-5859-8360

(6)ドレーン敷設方法

長尺のドレーンを敷設するにあたり、ドレーンを砂中に埋設する必要が あり、今回はドレーンを長尺の先端閉塞した袋状とし、袋の上開から木棒 を挿入することによってドレーンを砂中に埋設した.その後木棒を抜いき ドレーンを設置した.

(7)計測方法

入力地震波を載荷し,実験を行った後マンホールの浮上量を計測した. 計測する浮上量は実験前のマンホール位置を基準とした.なお以後の実験 結果の浮上量は実規模レベルで表記する.

3. 実験結果

(1)大変緩い(Dr=0-20%)場合

図-6 に大変緩い地盤での浦安波の場合を示す.ドレーン工法を適用することで効果は見られた.さらにドレーンの深さを深くすることで,同じ入力地震波に対し浮上量は,標準タイプと比べ 1/3 以下となった.

(2)緩い(Dr=20-40%)場合

図・7 に緩い地盤での浦安波の場合を示 す.大変緩い地盤と比較して、ドレーンの 効果がより大きく見られた.同じ入力地震 波に対し浮上量は、標準タイプと比べ 1/8 以下となった.箕面川波でも同様な結果と なった.

(3)中位(Dr=40-60%)場合

中位地盤では浦安波で液状化が起きた が,標準タイプで浮上量は下記に示す許容 値内となったため,ドレーン工法を適用し たケースでの実験は行わなかった.また, 箕面川波でも同様な結果となった.

4. 許容最大加速度

許容浮上量を下水道管の機能と上部道路の機能を考慮し30cmと設定した.この許容値に相当する加速度を許容最大加速度とした.図-8・9に浦安波と箕面川波の結果を示す.どちらも,実規模換算で短冊

7.5m(マンホール高の 2.5 倍)>短冊
6m(マンホール高の 2 倍)>短冊 4.5m

(マンホール高の2倍)>標準タイプの順で許容最大加速度が2~3倍程度大きくなっている.大変緩い場合許容 最大加速度は100~200galにあり,関東大震災クラスのレベル2地震動では東京都区内において最大加速度800gal 程度となるので,同規模レベルの地震動では液状化被害を阻止できない.

図-8 許容最大加速度(浦安波)

<u>5. まとめ</u>

ドレーン深さをマンホール高の2~2.5 倍とした短冊型を用いると,標準タイプのマンホールと比較して,許容最 大加速度は2~3 倍程度となる効果が得られるが、レベル2 地震動においてドレーン工法では限界があり,具体的 に実用化したものは重量化工法に置き換える必要がある.



0

5

10

15

30

35

40

大変緩い

ଞ .. 20

10²⁰ 账₂₅ 中也

緩い

20

中位

相対密度 %

図-9 許容最大加速度(箕面川波)

40

密な

80

60

100