

マンホールの浮上りに関する遠心模型実験

京都大学防災研究所 正会員 ○井合 進
 京都大学防災研究所 正会員 飛田 哲男
 京都大学大学院社会基盤工学専攻 今井 淳一郎

1. 目的

地震時の液状化に伴う地中埋設構造物の浮上り現象は、多くの地震で事例が報告されている。下水道施設は重要なライフラインのひとつであり、その被害が市民に与える影響は大きい。本研究は、浮上り量の定量的な評価法の確立を最終目的とする。そのための基礎研究として、液状化地盤中の地中埋設構造物として多くの事例があるマンホールの浮上りに関して、最大入力加速度とマンホール直下の地盤条件をパラメータとして、遠心模型実験を実施した。



図-1 マンホール浮上り事例（新潟県中越地震）

2. 遠心模型実験

模型実験には京都大学防災研究所の遠心載荷装置（半径 2.5m）を用い、20G の遠心力場で実施した。模型断面を図-2 に示す。マンホール模型は、両端に蓋をした外径 40mm、長さ 80mm の塩化ビニール管を使用し、内部にゴム板をいれて密度が 0.4 g/cm^3 になるように調整した。模型地盤には硅砂 7 号を用いた。また、現地盤を密詰地盤とし、埋め戻し土の液状化を考慮するためマンホール周辺を緩詰地盤とした。相対密度は、密詰地盤で 80～90%，緩詰地盤で 35～40%であった。実験は、最大入力加速度 0.8G、0.7G、0.3G と変化した 3 ケースそれぞれに対し、マンホール直下の地盤条件を図-2 (a) (b) に示すように密詰と緩詰にした 2 ケース、計 6 ケース行った。すなわち Case1～3 はマンホール直下に液状化層がない場合（本研究では密詰地盤と呼ぶ）、Case4～6 はマンホール模型直下に 1cm の液状化層がある場合（本研究では緩詰地盤と呼ぶ）の振動実験である。

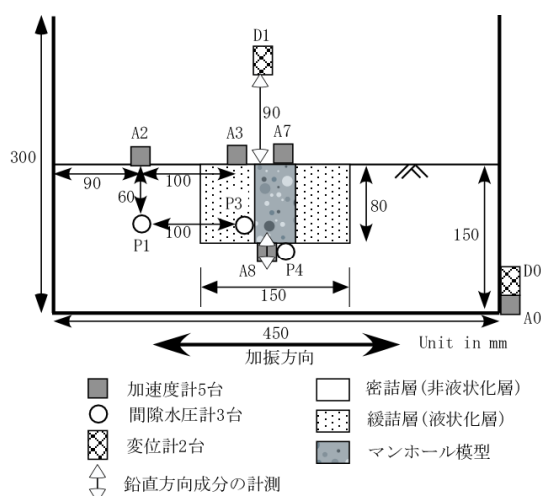


図-2(a) 遠心模型断面図(Case1～Case3)
 (マンホール下部に液状化層なし)

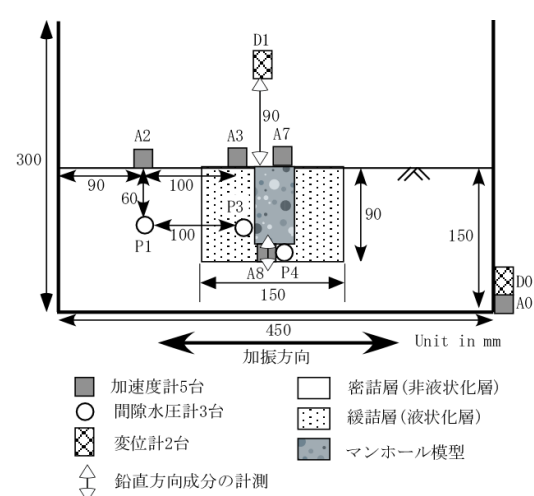


図-2(b) 遠心模型断面図(Case4～Case6)
 (マンホール下部に液状化層あり)

キーワード 地中埋設構造物, マンホール, 浮上り, 遠心模型実験

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄京都大学防災研究所 TEL 0774-38-4092

3. 最大入力加速度及び直下の地盤条件がマンホールの浮上り量に及ぼす影響について

実験結果の一例を、図-3 に示す。同図に示す結果は、最大入力加速度約 $0.7G$ でマンホール直下の地盤が緩詰地盤であるケース (Case4) の入力加速度と浮上り変位の時刻歴である。ここで入力加速度波形にでているスパイク状の波形を除いて振幅を読み取り、最大入力加速度を約 $7m/s^2$ ($0.7G$) とした。最終浮上り量については、センサーが振切れたので、加振後定規をあてて読み取ったところ約 $600mm$ であった。他のケースにおいても同様に最終浮上り量を読み取り、最大入力加速度で整理したものが図-4 である。同図より、浮上り量が一定値に収束する傾向は見られず、最大入力加速度の増加とともに浮上り量も増加する傾向にあることが分かる。次に地盤条件の違いについて見ると、マンホール直下が密詰地盤の場合 (Case1~3) には、いずれの加速度レベルにおいても、直下が緩詰地盤の場合 (Case4~6) と比べて、浮上り量は小さくなっていることが分かる。これは前者の場合には、過剰間隙水圧が上昇しても、周辺地盤の変形に対する抵抗の低下の程度が小さいために、浮上り量が小さくなったものと考えられる。一方、後者の場合には、マンホール下部地盤が液状化することによって周辺地盤の変形抵抗が低下し、マンホールの浮上りに伴って変形が進んだものと考えられる。

4. マンホールの浮上り安全率と浮上り量の関係について

実験データを元に、マンホールに作用する鉛直方向の力の釣合いから浮上り安全率を求め、浮上り量との関係を考察した。ただし、浮上り安全率の算定に当たっては、加振中のマンホール周辺地盤の過剰間隙水圧比の平均を用いた場合 (図-5(a)) と、加振後の水圧比の収束値を用いた場合 (図-5(b)) の二つを考えた。図-5(a) より、直下が密詰地盤の場合 (Case1~3) には、浮上り安全率がほぼ 0.7 程度、浮上り量がほぼ $20cm$ 程度である。これに対し、直下が緩詰地盤の場合 (Case4~6) には、浮上り安全率が約 $0.6 \sim 0.8$ 、浮上り量が $20cm \sim 60cm$ とばらつきがある。この傾向は図-5(b) においても同様である。また、図-5(b) に示す Case1~3 を除いて、安全率が大きいほど浮上り量が大きくなる結果となっている。このことから、マンホールの浮上り量を定量的に評価するためには、安全率だけでは不十分であり、マンホール底部への土の回りこみの影響なども考慮する必要があるものと思われる。

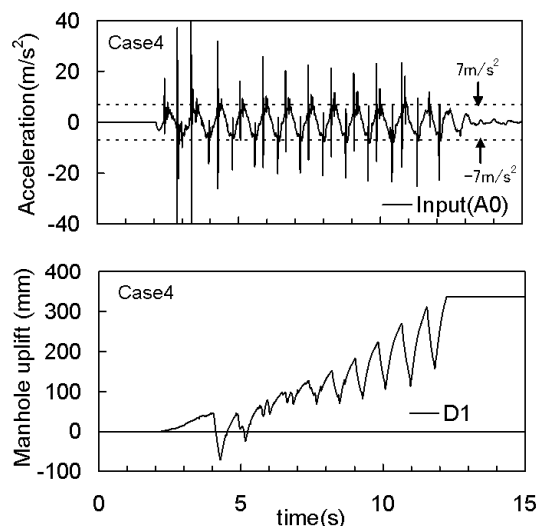


図-3 入力加速度時刻歴とマンホール浮上量の時刻歴(Case 4)

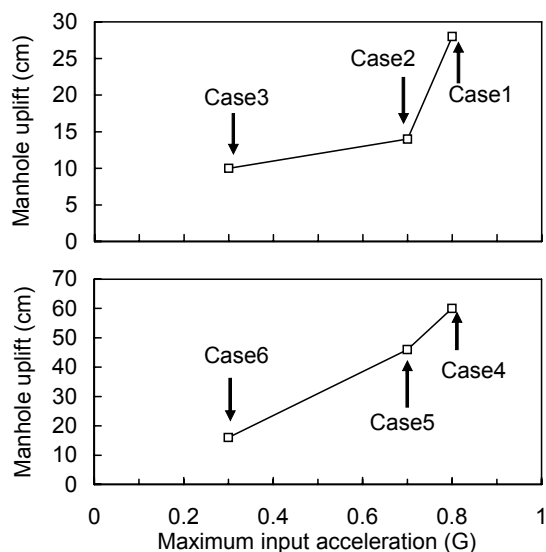


図-4 最大入力加速度と浮上り量の関係

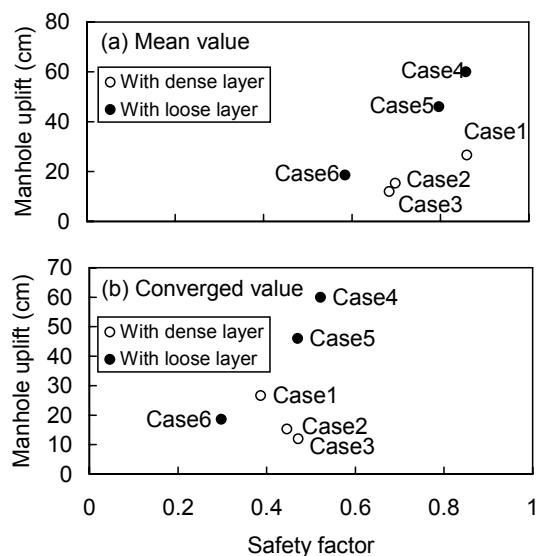


図-5 浮上り安全率と浮上り量の関係