

地中構造物を有する砂地盤の部分的な締固めによる液状化対策工に関する振動台実験

九州工業大学工学部 正会員 永瀬英世 廣岡明彦  
九州工業大学工学部 学正会員 ○新井 章太

1. 研究の目的並びに背景

埋設構造物の周辺を締固め、液状化発生時の浮き上がりを抑制する締固め工法は、過去の地震被災報告からも、液状化抑制効果に対する信頼性が高い工法であるとされてきたが、締固め範囲並びにその締固め領域の相対密度の合理的な決定方法は十分確立されていない。そこで本研究は、改良域に模型構造物を設置し、改良域の相対密度を変化させて、重力場における振動実験を実施し、締固め工法における締固め範囲、相対密度等の合理的な決定方法に有用な知見を得ることを目的としている。

2. 実験方法並びに条件

本研究で用いた模型の縮尺は想定した実物の1/10であり、その概要を図-1に示す。表-1は井合りの相似則における各物理量の比 $\lambda$ （模型/実物）を表わしており、本実験の各物理量の決定に際してはこれを適用した。間隙流体には水の約6倍の粘性を持つメチルセルローズ溶液を使用し、地盤は、豊浦標準砂を用いて不飽和砂締固め法により作製した。振幅約300galの正弦波を入力波と設定し、実物での周波数を0.5Hz程度に想定しているので、相似則より、その加振周波数を3Hzとした。振動実験では、模型埋設構造物においては、鉛直変位、加速度、間隙水圧、鉛直土圧、地盤においては、加速度、間隙水圧をそれぞれ測定し、模型地盤には、ヌードルターゲットを埋設した。模型埋設構造物はアクリルで製作し、相似則より密度を一致させた。実験ケースは、地盤全域で $Dr=20\%$ の場合（＝未改良＝W0Dr20）と、改良域の幅:W=600mm、 $Dr=70\%$ 、未改良域の $Dr=20\%$ の場合（＝改良＝W60Dr70）の2種類とした。

3. 実験結果および考察

図-3に模型埋設構造物の応答加速度ac1の時刻歴を示す。これによると、W0Dr20の振幅は入力加速度振幅に対し振動開始直後から著しく減衰しており、一方W60Dr70の振幅は入力加速度振幅より大きな振幅が減衰する事なく観察される。これは、W0Dr20では相対密度が低いため地盤の剛性が全域で低下するのに対し、埋設構造物周辺を締固めたW60Dr70では特に締固め領域に

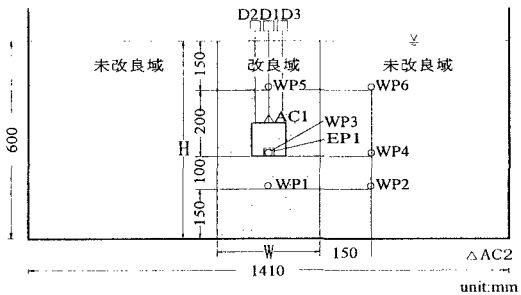


図-1 実験概略図

| 表-1 各物理量に対する相似側 |                  |       |
|-----------------|------------------|-------|
| 長さ              | $\lambda$        | 0.100 |
| 土の透水性           | $\lambda^{0.75}$ | 0.178 |
| 時間              | $\lambda^{0.75}$ | 0.178 |
| 加速度、密度          | $\lambda^0$      | 1     |

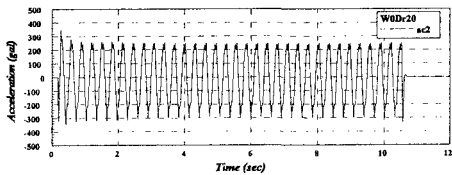


図-2 入力加速度

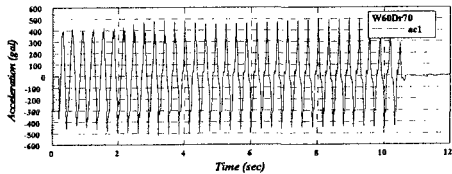
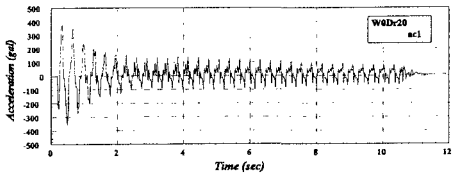


図-3 模型埋設構造物応答加速度

において地盤の剛性の低下が抑制されるので、入力振動が構造物に伝達されたためと考えられる。

図-4 に両実験ケースでの埋設構造物の鉛直変位を示す。両者を比較すると、W0Dr20 において埋設構造物の非常に大きな浮き上がりが観察されるのに対して、W60Dr70 では浮き上がりが観測されるものの、その変位量は非常に小さく、締固めによる改良効果が顕著に現れた。また、W0Dr20 においては、振動終了直後から徐々にではあるが、構造物が沈下していく様子が観察された。振動後、間隙水圧が消散し始め、地盤の再堆積が開始されたため、構造物自体もこれに伴って沈下するためだと考えられる。

図-5 に W0Dr20 の場合の模型埋設構造物底面での土圧増分並びに同位置における過剰間隙水圧の時刻歴を示す。図中には、同位置での振動前の有効土被圧:  $\sigma'_v (=2.10\text{kPa})$  も示した。振動初期において土圧および間隙水圧の両者がほぼ同じ値を示し構造物底面での土圧増分は概ね過剰間隙水圧の増加によるものであることが指摘できる。また、埋設構造物底面での土被圧増分並びに間隙水圧増分が  $\sigma'_v$  にほぼ達すると同時に加速度振幅も急激に減衰し、構造物に浮き上がりが生じている。

図-6 に W0Dr20 と W60Dr70 における wp3 の間隙水圧比の時刻歴を示す。模型構造物を配置する場所は同位置であるにも関わらず、発生する間隙水圧に顕著な差が振動初期においてみられた。W60Dr70 の改良域では締固め効果により過剰間隙水圧の発生が制御され、振動後半では浸透により過剰間隙水圧の上昇がみられるものの、この差が、結果的に浮き上がり量の差として現れたものと考えられる。

図-7 に、模型地盤の変位を測定するために埋設したヌードルターゲットの変位より求めた地盤の変形状況を示す。地盤の変形状況から、W0Dr20 では地盤を形成している砂が流動し、埋設構造物を巻き込むように押し上げている様子が観察できる。一方 W60Dr70 では未改良域での地表面沈下と改良域の浅い所で改良域の境界がわずかに未改良域に倒れ込むように変形しているのが観測される。W0Dr20 と W60Dr70 両者を比較すると、ベクトルの量および模型埋設構造物の位置変化から、締固めによる地盤改良の効果が明確に現れている事が理解できる。

#### 参考文献

- 1) 井合進:1g 場での地盤-構造物-流体系の模型振動実験の相似則、港湾技術研究所報告、第 27 巻、第 3 号
- 2) A.Hiro-oka,M.Okamura,J.Takemura&T.kimura:Dynamic behaviors of compacted sands surrounded by liquefied loose sands,Tokyo Institute of Technology,Japan

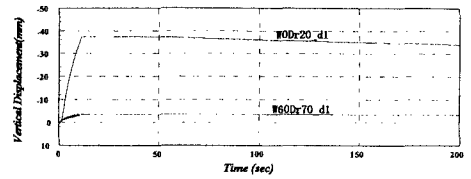


図-4 埋設構造物の鉛直変位時刻歴

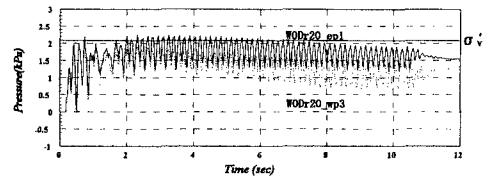


図-5 埋設構造物底面の土圧と間隙水圧の時刻歴

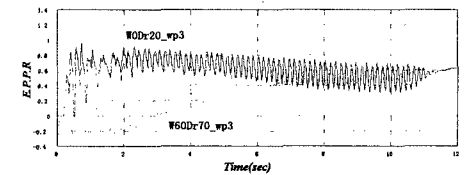


図-6 埋設構造物底面の間隙水圧比時刻歴

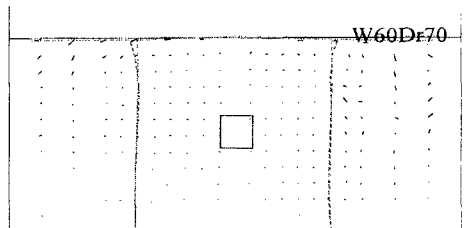
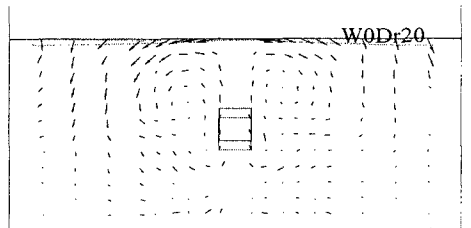


図-7 模型地盤の変位ベクトル図