

III-A 160 補強材の敷設による埋立地盤の液状化変形抑止効果について

福井大学 工学部 正会員 小嶋 啓介
 前田工織（株） 笠原 清麿 片岡 英一
 ○帝国コンサルタント（株） 正会員 柳 幸一

1. まえがき 兵庫県南部地震では、埋立地盤を中心として、護岸のはらみ出し、裏込め地盤の沈下、港湾施設の倒壊など、液状化に起因するとみられる大規模な被害が認められた。本報告では、埋立地盤の液状化現象の把握と、ジオシンセティックを用いた補強土工法の液状化時の変形抑止効果などを確認するために、補強材の有無、設置方法などを種々設定して行った模型地盤の液状化シミュレーション実験結果を報告する。

2. 実験方法 液状化実験に用いた土槽を図-1に示す。幅120、高さ50、奥行き40cmの土槽内に作成した地盤模型は、埋立地盤の護岸部分を想定しており、図の左側から埋立地盤、ケーソン、海水をモデル化している。ケーソン模型はコンクリート製であり、ポートアイランドで使用されたものと相似形で比重も同じになるようにしてある。模型地盤は、はじめに厚さ10cmの基礎部分の砂を投入し、4Hz、400galの正弦波を40sec与え締め固めて作成した後、ケーソンを設置し、土槽中に20cm程度水をはり、2mmのふるいを通してふるい落とす水中落下法で裏込め地盤部分を作成した。地盤材料としては、基礎、裏込め地盤部ともに珪砂7号を使用した。その密度は 2.62g/cm^3 、最大、最小間隙比は1.126と0.704である。土槽の左側面には、振動の反射を低減させるために厚さ40mmのウレタン板を設置し、海水側である右側面には、波消し板を設置した。実験に際して、図-1に設置位置を示す加速度、間隙水圧の経時変化を計測するとともに、実験前後の地表面変位をノギスにより、また地盤内変位を変位棒によって計測した。変位棒は実験中に土槽側面から常時観察できるように、長さを土槽の奥行きとほぼ等しくし、比重の調整と変位計測を容易にするために、両端に発泡スチロール円板を固定したアルミ棒である。表-1は実験の種類の一覧であり、初期の相対密度は基礎部分で75~83%、埋立地盤部分で63~68%の範囲であった。補強材としては、 $1\times 1\text{mm}$ の格子状の繊維であるカンレイシャを用いた方法としては図-1に示すように、幅20cmの補強材を水平に奥行きいっぱい敷設する水平敷設について、ケーソンに固定するものとししないもの、補強材を土槽前面に平行に、奥行き方向に2枚鉛直に設置する鉛直敷設に、無補強を合わせた計4ケースを行った。なお、入力波は4Hzの正弦波とし、第1段階として50galの加振を行い、間隙水圧が十分下がってから次の加振を行い、以後400galまでの5つの加速度レベルで、各々10secずつ加振を行った。

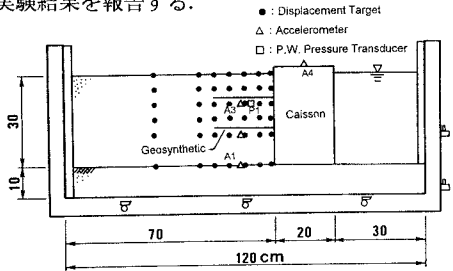


図-1 実験土槽の概要

表-1 実験ケース一覧

補強材	入力加速度 (gal)				
	50	100	150	200	400
補強なし	50	100	150	200	400
水平補強	50	100	150	200	400
水平(固定)	50	100	150	200	400
鉛直補強	50	100	150	200	400

3. 実験結果 ここでは、表-1に示す無補強と、水平

固定敷設の2つの実験条件の150gal 入力の実験結果を中心に示す。図-2は、基礎地盤上に設置された加速度計A1の時刻歴である。無補強、水平固定敷設ともに、基礎地盤上では台加速度とほとんど同じ性状であることがわかる。一方、図-3は地表面から10cmの位置の加速度計A3の時刻歴である。同図より、無補強では2波目、水平固定敷設では4波目前後でスパイク状になった後に小さな加速度となり、裏込め地盤が液状化しているが、補強材がある場合には、液状化後にも地盤にある程度の剛性が確保されているといえる。

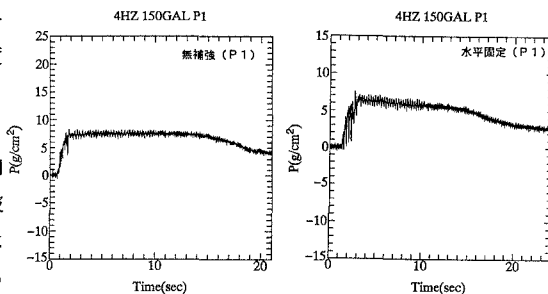


図-4 間隙水圧の時刻歴

図4は加速度計A-3と同じ位置に設置した間隙水圧計P1の時刻歴である。加速度がスパイク状になる時間と相前後して、間隙水圧が拘束圧に達した後、加振中はそのレベルを維持あるいは若干減少しながら、加振停止後には速やかに初期の静水圧レベルに戻っている。図-5は無補強の場合の50galおよび100gal加振後の地盤およびケーソンの変形状態を示している。50galでの加振後では、地表面付近の地盤が均一に鉛直方向に沈下する形態であるのに対し、100galでの加振後には、ケーソンがはらみ出し、裏込め地盤も若干ケーソン側に水平変形している様子が認められる。

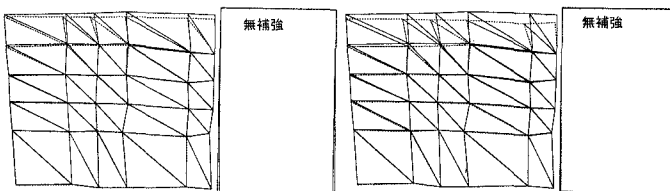


図-5 地盤およびケーソンの変形状態(50,100gal)

図-6は水平固定敷設の場合の同様の結果であるが、無補強に比べ変形量が全体に小さく、特にケーソンの移動量はかなり抑止されているといえる。図-7は無補強と水平固定敷設の各加速度レベルにおける実験終了時の地表面沈下量をまとめたものである。これらの図より、地盤はほぼ均一に沈下していること、入力加速度が200galまでは、補強材を導入することにより沈下量が抑止されていることなどが読みとれる。図-6の100gal入力の場合の地盤内変形量をも、深い部分での変形が少ないが、補強材により補強材周辺の地盤内のせん断変形が抑えられ、液状化する層が地盤上部に限られるため、地表面沈下量が押さえられるものと理解できる。一方、400galを入力した場合には、補強の有無に関わらず沈下量に差がなくなっているが、この場合には地盤全体が液状化し、補強材が液体中に浮いた状態になり、補強効果が消失するものと考えられる。

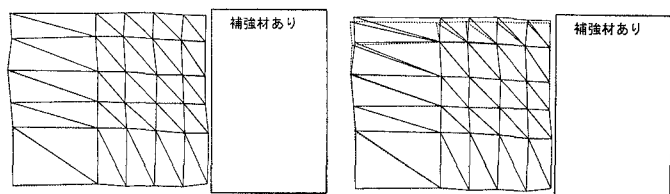


図-6 地盤およびケーソンの変形状態(50,100gal)

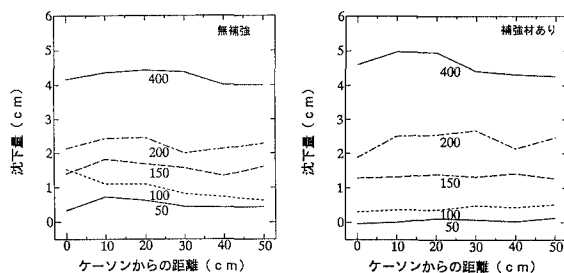


図-7 各加振段階終了時の地表面沈下量

4. あとがき ジオシンセティックを用いた液状化変形抑止効果に関する実験を行い、補強材の敷設により、液状化の発生をある程度遅らせるとともに液状化後の変形量を小さくする効果などが認められることが明らかになった。今後、時間的相似則を満足させるとともに、補強材の敷設方法などを変えた実験などを行っていく予定である。

参考文献：地盤工学会、阪神・淡路大震災調査報告書（解説編）、pp171-262,1996。