

Ⅲ-A142

球状改良体による液状化対策工法

—動的遠心模型実験—

東亜合成(株) ○ 松井 智隆  
 五洋建設(株) 林 健太郎  
 中央大学 藤井 斉昭

1. はじめに

浸透性が良く溶脱率の低い恒久グラウト剤の開発により、従来仮設構造物に対して用いられていた薬液注入工法が永久構造物の耐震対策工法として使用されるようになった。本研究室では数年前から薬液を用いた改良体による液状化対策の検討を遠心模型で行っており、これまでの実験結果より以上のことがわかっている。1) 薬液注入で構造物直下の地盤を改良する場合、構造物直下を非液状化層まで改良が最も効果がある。2) 球状改良体の積み重ねにより既設構造物直下の地盤が可能であり、改良率が70%を超えれば100%改良した時と同程度の改良効果がある。また実地盤での注入実験より3) 直径4m程度の球状に地盤を改良することが可能である。しかし1)、2)を検証した実験は相対密度が深さ方向に一様な地盤で行っているが、実地盤を考えた場合、地震などの履歴を受けた地盤がほとんどである為、深度方向に相対密度が変化していると考えられる。

そこで本報告では地盤の初期状態は相対密度が65%の一様な地盤で、この地盤における改良深さを検討した。続いて、地盤作成時に中震程度の振動履歴を与え、地盤の下部層における相対密度がやや増加した(Dr=70~75%)地盤と同様に改良深さを検討した。

2. 地盤改良実験の概要

実験地盤には3回の予備的な加振を加え、せん断応力履歴を考慮に入れたものを使用した。予備加振後あらかじめ設置しておいた注入用のチューブを用いて薬液を地盤内に自由浸透させ、薬液が地盤内に放射線状に拡散していくのを利用し球状の改良体を作っていく最終的に全層改良の場合は、縦横2列、深さ方向に3列の合計12個、表層部8m改良の場合には、縦横2列の合計8個の改良体が土槽中央に作成される。図-1は8m改良の概要図である。また土槽側面には半円柱状の改良体を地盤作成前に設置しておく。薬液には間隙水であるグリセリン水溶液とほぼ同程度の比重に調整した超微粒子系のグラウト(特徴:SiO<sub>2</sub>濃度10%、ph9~10、平均粒径10~25μm)を用いた。この薬液による改良体の目標一軸強度は50kN/m<sup>2</sup>程度とした。模型地盤には接地圧が16kN/m<sup>2</sup>となるように高さ1.4mの盛土を載せた。(図-1)

実験は深さ10mの堆積地盤に対し盛土直下を未改良、全層改良、表層部の8m改良した3ケースと、地盤の深さを12mにして表層部の8mだけを改良したケース、せん断応力履歴を与えていない地盤での表層部8m改良の都合5ケースについて行った。実験ケースを表-1に示す。case3、4、5で改良深さを8mとしたのは、case1において深度8mの位置では応答加速度の減衰が確認されなかったからである。これらの模型に対し40Gの遠心場において表-2に示す加振を加え、それぞれ加速度応答、過剰間隙水圧、地表面変位の計測をした。

(地盤作成方法及び実験で使用した相馬砂の物性値は前節の「せん断履歴を考慮に入れた地盤作成」を参照)

キーワード:遠心模型実験、せん断土槽、応力履歴、球状改良

〒112-8551 東京都文京区1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 phone 03-3817-179

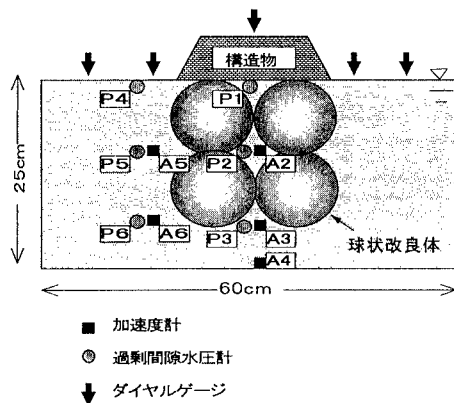


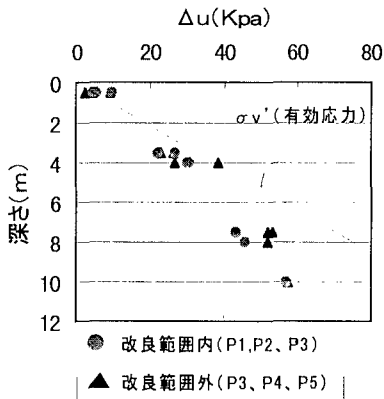
図-1 計測器配置図

表-1 実験ケース

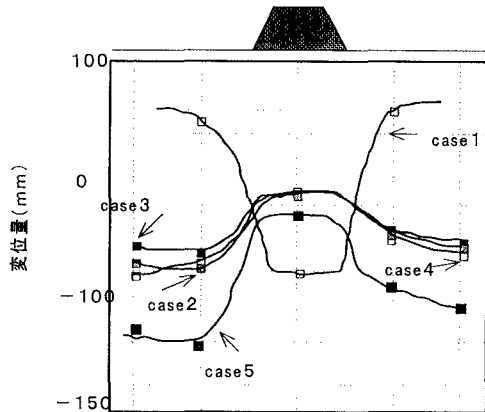
	応力履歴	層厚	改良深さ
Case1	有り	1.0m	未改良
Case2	有り	1.0m	1.0m
Case3	有り	1.0m	8m
Case4	有り	1.2m	8m
Case4	無し	1.0m	8m

表-2 入力波条件

振動波形	sin波
周波数	5 Hz
最大加速度	100 gal
継続時間	12 sec
波数	60波



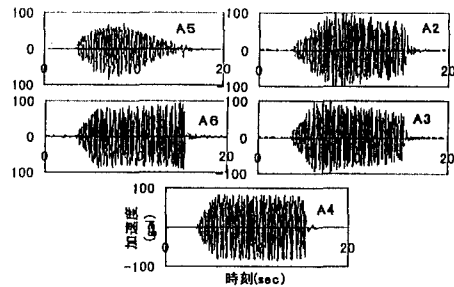
図一 改良範囲内・外での水圧比



図一 3 地表面沈下量

### 3. 結果と考察

図一2に改良体に囲まれた非改良部のP1、P2、P3と改良範囲外のP4、P5、P6における同一深さでの過剰間隙水圧比を示す。(case5は除く)この図より改良体に囲まれた位置においても改良範囲外の同一深さと同程度の過剰間隙水圧が発生するという結果を得た。また $\Delta u$ を過剰間隙水圧比( $\Delta u/\sigma'$ )に換算した場合、0.5m地点では $\Delta u/\sigma' \approx 1$ 、4m地点では $\Delta u/\sigma' \approx 0.8$ 、8m地点では $\Delta u/\sigma' \approx 0.5$ となり地盤深さによる $\Delta u/\sigma'$ の違いが見られた。また8m地点では $\Delta u/\sigma' \approx 0.6$ ということからそれほど地盤の剛性の低下は無いと思われる。昨年、行われた応力履歴無し振動実験では同程度の入力波により全層で $\Delta u/\sigma' \approx 1$ となっており、せん断応力履歴により8m以深の地盤で相対密度が増加していると考えられる。



図一 4 表層部8m改良での応答加速度

図一3に各ケースの実験における地表面の変位量を示す。全層未改良の場合には盛土が80mm沈下し、それに押しやられるかたちで盛土周辺地盤が約60mm盛り上がるという結果になった。その他のせん断応力履歴負荷後に行った実験の3ケース(case2, 3, 4)では全て周辺地盤が60mmから80mm沈下しているものの改良体上に乗ったかたちの盛土の沈下量は僅か10mmという結果になった。さらにせん断応力履歴無し表層部8m改良(case5)においては、盛土で30mm、周辺地盤で120mmの沈下を生じており、せん断応力履歴の有・無による沈下量の違いが明確に示されている。

次に図一4に表層部8m改良でのA2からA6で計測された応答加速度の時刻歴を示す。A2、A3の改良範囲内部では加速度の減衰は確認されず、剛性の低下は認められなかった。また改良範囲外部のA5においては応答加速度が減衰しているため、改良の効果がでていることが確認できる。さらに地表面下8mの地点のA3、A6では加速度は減衰しておらず100gal、60波程度の加振では応力履歴を考慮に入れた地盤であれば地盤の剛性は低下しないことが分かった。

### 4. まとめ

相対密度が65%程度の緩い砂地盤であっても、予備的な加振によるせん断応力履歴を加えることにより地表面下約8mの範囲を薬液注入によって球状改良すれば改良域の下に未改良地盤が残っていても液状化に対して十分効果があることを確かめた。

(参考文献)

- 1) 村松伴博、林健太郎ら：遠心模型実験による固化工法を対称とした改良効果の検討、土木学会第51回年次学術講演会pp276-277
- 2) 善功企、山崎浩之ら：薬液注入による液状化防止工法一新潟実証実験報告書、第32回地盤工学会研究発表会pp3247-2348、1997
- 3) 吉川立一、林健太郎ら：薬液注入による液状化対策工法の研究、第33回地盤工学会研究発表会pp84