

## 排水効果を利用した液状化に伴う地盤の進行性破壊の防止対策 —改良幅の影響について—

清水建設(株) 正 ○田地 陽一 眞野 英之 社本 康広 石川 明 吉成 勝美

**1. はじめに** 2011年東北地方太平洋沖地震による液状化被害の特徴として、建物の付帯設備や配管ラックなど直接基礎である小規模構造物の不同沈下や傾斜の被害が顕著であったことが挙げられる<sup>1)</sup>。従来、このような小規模構造物にはコスト面などから液状化対策は施されていないが、今回の地震による被害を踏まえ、対策の必要性が高まっている。筆者らは、その対策の一つとして、構造物幅の1/8程度の層厚を有した排水層(礫層)を表層に設置する工法および設計法を提案している<sup>2)</sup>。この工法は、地盤が初期液状化状態に至っても、完全流体化に至らないポスト液状化状態を維持することによって、過度なせん断変形を抑制し、比較的一様な構造物の沈下とすることを特長としている<sup>2)</sup>。本報では、表層に敷設する礫の排水層の幅が構造物の沈下や傾斜に与える影響について、遠心模型実験により検討した結果を述べる。

**2. 遠心実験の概要** 実験は遠心加速度30Gで行った。図1に実験模型を示す。実験には、長さ800mm×幅470mm×高さ370mm(内寸)のせん断土槽を用いた。地盤は、土槽底部に非液状化層として相対密度 $Dr=90\%$ 以上の3号珪砂層を厚さ50mm設け、上層に液状化層として相対密度 $Dr=35\%$ の7号珪砂層( $\gamma_{sat} = 18\text{kN/m}^3$ )を厚さ240mm(実換算7.2m)設けた。間隙流体には30csのシリコンオイルを用い、地下水位は地表面とした。

構造物は、図1に示すように、80mm角(実換算2.4m角)で偏心荷重を受ける構造物とし、ベースはアルミ製、偏心荷重部分は真鍮製とした。構造物のアルミ底部には、接着剤により7号珪砂を貼り付けた。接地圧は、アルミのみの部分(全体の80%)が約 $18\text{kN/m}^2$ 、真鍮の偏心部分(同20%)が約 $100\text{kN/m}^2$ である。平均接地圧は $34\text{kN/m}^2$ である。構造物は地表面に設置し、その下部に密な3号珪砂による礫層を設けた。1つの土槽に構造物を奥行き方向に2個並べ、異なった条件の結果が比較できるようにした。

計測項目は、地盤と構造物の加速度および地盤内の間隙水圧と構造物の沈下とした。構造物の傾斜を測定するため、構造物の上部に変位計側板(130mm角、厚さ3mm)を取り付け、各構造物で3箇所沈下を計測した。

実験ケースを表1に示す。実験は、構造物下の礫層の厚さ、幅を変えた6ケースとした。ここでは、対策なしの実験ケースと礫層厚0.3mとし礫層幅を3.0m、3.6m、4.8mの実験ケースの結果について述べる。

入力波の時刻歴を図2に示す。入力は、実換算で、最大 $300\text{Gal}$ 、 $2\text{Hz}$ の正弦波を用い、漸増100波、定常60波、漸減5波で加振時間は82.5秒である。以降、実験結果は実換算値で示す。

**3. 遠心実験の結果** 図3に礫層幅3.0mとした実験ケースの過剰間隙水圧の時刻歴を示す。一般地盤(構造物から7.5m離れた地点)では、各深度とも約20秒~30秒で過剰間隙水圧比が1に達し以後ほぼ一定の値を保っており、全層液状化に至ったと判断できる。構造物直下の

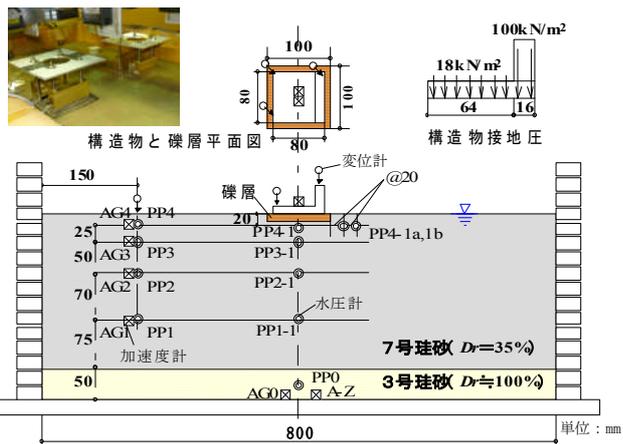


図1 実験模型(礫層厚0.3m、幅3m)

表1 実験ケース一覧

No.	ケース名	礫層厚(m)	礫層幅(m)
①	L-N	—	—
	L-G1.2-3.0	1.2 (1/2)	3
②	L-G0.6-3.0	0.6 (1/4)	3
	L-G0.3-3.0	0.3 (1/8)	3
③	L-G0.3-3.6	0.3 (1/8)	3.6
	L-G0.3-4.8	0.3 (1/8)	4.8

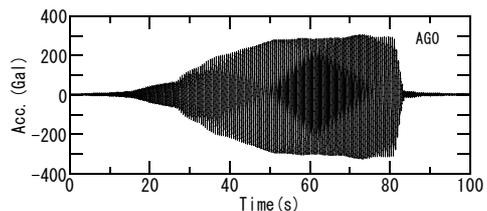


図2 入力波形

キーワード 液状化・液状化対策・小規模構造物・直接基礎・沈下・遠心模型実験

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL:03-3820-5937

過剰間隙水圧は、GL-0.6m では一般地盤よりも小さい値に留まるが、GL-1.35m 以深では一般地盤と同じ値まで上昇している。

図4は、無対策の実験ケースにおける過剰間隙水圧の時刻歴を示したものである。図3と図4を比較すると、礫層を敷設した実験では、構造物直下のGL-0.6mにおいて過剰間隙水圧の上昇が抑制されており、礫層の排水効果が現れている。構造物重量による有効応力の増加を考慮すると、構造物直下の地盤は無対策でも過剰間隙水圧比は1に達しないが、後述のように最終的に構造物に大きな傾斜を生じたことから液状化に至ったと考えられる。

図5に4つの実験ケースにおける構造物直下GL-0.6mの過剰間隙水圧の時刻歴を消散過程も含めて示す。礫層の幅を変更したいずれの実験ケースにおいても、無対策の実験より過剰間隙水圧の上昇はわずかではあるが抑えられている。礫層の幅による差は見られない。

図6は4つの実験ケースにおける構造物の沈下の時刻歴を示したものである。各実験における構造物3測点のうち最大沈下となった測点の時刻歴を示している。無対策では、最終沈下量の約60%が加振中に生じており、過剰間隙水圧が消散し始める1,000秒付近で最終沈下量に達し、以降、ほとんど沈下量は増加していない。礫を敷設した実験ケースでは、加振終了と同時にほぼ沈下は収束している。礫を敷設した実験における構造物の最終沈下量は、無対策の実験と比較して、30%～50%程度低減されている。

図7は構造物の傾斜の時刻歴を示したものである。無対策の実験では500秒近くで構造物変位が計測不能となったため、傾斜のグラフが途切れている。構造物の傾斜は、沈下と同様、加振中に急激に生じた後、加振終了後も傾斜が著しく増加している。実験後に構造物の傾斜を計測したところ0.198rad(約1/5)であった。礫を敷設したケースでは、加振終了後の傾斜の増加は見られない。礫層の幅の違いによる構造物の傾斜の差はほとんどなく、排水性能が確保されれば、構造物幅の1/8程度周囲に広げた領域(構造物幅の1.25倍)に礫層を敷設するだけでも沈下、傾斜抑止効果は大きいことがわかる。

4. まとめ 構造物下部地盤の表層に礫層を、構造物幅の1/8程度周囲に広げた領域(構造物幅の1.25倍)に敷設しただけでも、構造物の沈下や傾斜の抑制効果が大きいことを遠心模型実験により確認した。よって、本工法は簡易ではあるが、小規模構造物の液状化による沈下、傾斜の対策に有効である。

《参考文献》 1)国土交通省関東地方整備局,地盤工学会:東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実体解明(報告書,別冊資料),2012 2)社本ら:排水効果を利用した液状化に伴う地盤の進行性破壊の防止対策(その1)~(その5),第47回地盤工学研究発表会,2012

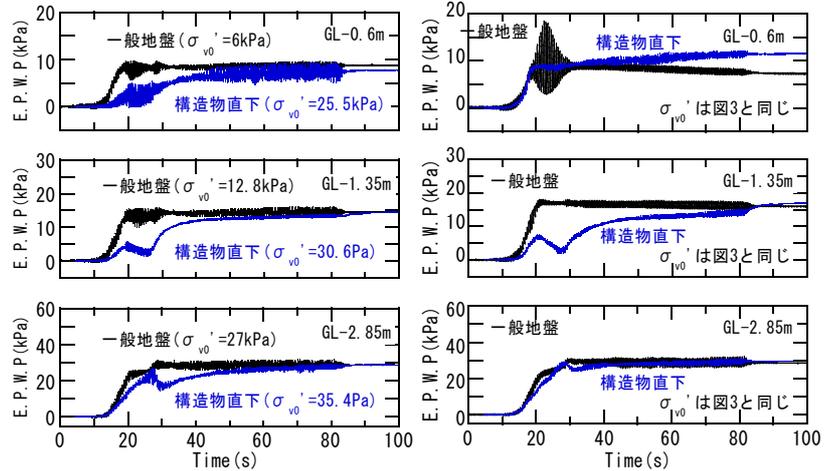


図3 過剰間隙水圧の時刻歴 (礫層厚0.3m,幅3m)

図4 過剰間隙水圧の時刻歴 (無対策)

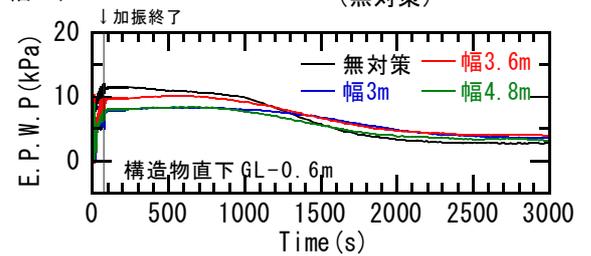


図5 過剰間隙水圧の時刻歴(4ケース)

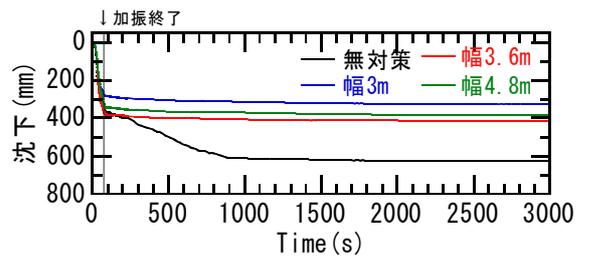


図6 構造物の沈下の時刻歴(4ケース)

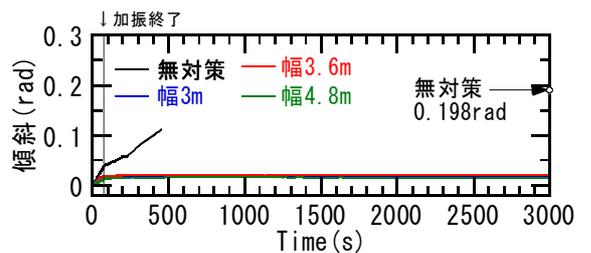


図7 構造物の傾斜の時刻歴(4ケース)