地震による液状化地盤上の消波工の挙動に関する実験的研究

広島大学大学院　　学生会員　○石田　裕章
広島大学大学院　　正会員　　一井　康二

１．背景と目的

地震時には護岸や防波堤に沈下及び水平変位が生じることが報告されており,その沈下量や水平変位の予測について,多くの実験や解析による研究がなされている.しかし,消波工下の地盤が地震によって液状化したときの消波工の挙動について,具体的なことは必ずしも明らかではない.

そこで本研究では,防波堤や護岸に設置された消波工個々のブロックの挙動に着目した模型実験を行った.

２．実験方法

土槽(内寸 390×180×320)に厚さ 100mm の砂地盤を水中落下法により作成し,消波工の模型を設置する.防波堤として消波工のみを設置したケースと護岸としてケーソン前面に消波工を設置したケースを想定し,10Hz,300gal の正弦波を 5 秒間入力した.試料には豊浦標準砂を用い,相対密度は 60%及び 80%とした.Fig.1 に測定全体図を示す.

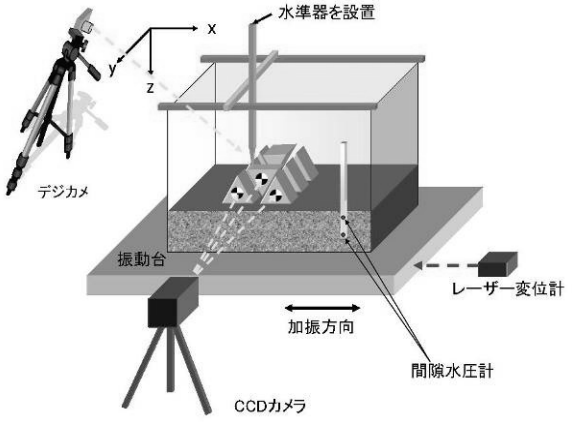

Fig.1 測定全体図

モルタル製の消波工模型を用い,再現性を持たせるため規則的な水平二層積[(1)]とした.地表面から 4cm と 9cm の位置に間隙水圧計を設置する.個々の消波工の離散と回転の影響を見るため,下記の条件で実験を行った.

①：そのまま（消波工をただ積んだだけのバラバラな状態）
②：接着（それぞれの消波工を接着させ,消波工の離散・回転を制限し,相対変位を拘束した状態）
③：接着+板（それぞれの消波工を接着させた上,底面にアクリル板を設置し,接地面積を大きくして接地圧を低減させた状態）

実験ケース①と②を比較することで消波工の離散・回転が沈下や水平変位に与える影響を,実験ケース②と③を比較することで接地圧の違いによる影響を見る.Table.1 に実験ケースと結果を示す.

３．実験結果

実験結果の例として,防波堤(Dr=60%)の消波工挙動を Fig.2 に示す.括弧内の数字は沈下量を表わす.

Fig.2 から分かるように“そのまま”のケースの 1 段目の消波工の沈下量は“接着”のケースより約 1.5 倍～1.9 倍大きく,水平変位も約 1.3 倍～3.8 倍大きくなり,回転量も増加する.

その他の実験結果でも Table.1 に示すように,“そのまま”のケースの消波工の変位量が“接着”のケースより大きくなる.従って,消波工の回転や離散により消波工の変位量が大きくなることを確認した.

Table.1 実験ケースと結果

	相対密度 (%)	実験ケース	加速度 (gal)	水平変位量 (cm)	沈下量 (cm)	回転量 (°)
防波堤	60	そのまま	400	0.9	2.5	4～26
		接着	330	0.4	1.5	2
		接着+板	330	1.4	1.3	6
	80	そのまま	430	0.7	1.1	3～10
		接着	450	0.3	0.8	2
		接着+板	470	0.2	0.2	2
護岸	60	そのまま	330	1.7	1.7	13～27
		接着	310	1.2	1.3	7
		接着+板	310	2.2	0.8	2
	80	そのまま	470	0.6	0.3	2～7
		接着	450	0.4	0.6	1
		接着+板	480	0.5	0.2	1

キーワード　液状化, 消波ブロック, 振動台模型実験
連絡先　　〒739-8527　広島県東広島市鏡山 1-4-1　広島大学大学院工学研究科

また,“接着”のケースと“接着+板”のケースを比較すると,“接着”のケースの沈下量は“接着+板”のケースより大きくなる傾向を示す.

“接着+板”のケースをケーソンの挙動に相当すると見なすと,実験結果より液状化地盤上の消波工の挙動はケーソンの挙動に比べ,水平変位が 0.5 倍～1.0 倍,沈下量が 1.0～5.0 倍になる可能性があると言える.定量的な評価は出来ないが,既に提案されている防波堤ケーソンの沈下量予測法を用いて消波工の沈下予測を行うと,沈下量が過小評価される可能性が高い.

次に消波工の回転方向について述べる. 2 段目消波工はそれぞれ 1 段目消波工と 4 点で接触している.均等に消波工の自重が 4 分割されて各点に作用しているとすれば,2 段目消波工の作用点より 1 段目消波工それぞれの回転方向を推測することが出来る.Fig.3 に 2 段目消波工の接触点を,Fig.4 に接触点から予測される回転方向を示す.ただし,1 つの消波工に接触点が 2 点ある場合は 2 点の中間に力が作用していると考えている.防波堤(Dr=60%)の“そのまま”のケースの実験結果と予想の回転方向を比較すると,消波工②,③,④,⑤番の回転方向が予想とほぼ一致している.消波工⑥番の回転量は非常に小さく,結果として消波工①番のみ予想と異なる.今回の実験で得られた結果では中央に位置し,2 段目消波工との接触点が 2 点ある消波工②,⑤番の回転方向は Fig.4 に示した予想とほぼ一致している結果となった.つまり,2 段目消波工との接触点が多い 1 段目消波工の回転方向は,2 段目消波工の影響を受けていると判断できる.また,接触点の少ない消波工についても,①番を除き回転量が小さいか予想と一致した方向に回転するという結果になった.以上の結果は,消波工の接触点の荷重分布及び荷重伝達が評価できれば消波工の回転程度や方向が評価できる可能性があることを示唆している.

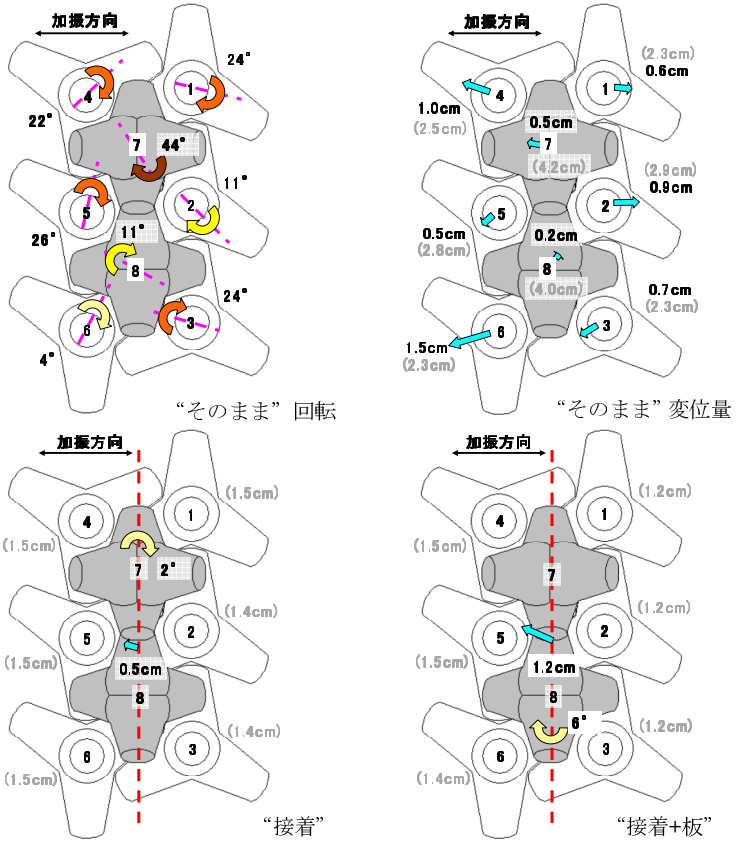

Fig. 2 防波堤(Dr=60%)のケースの消波工挙動

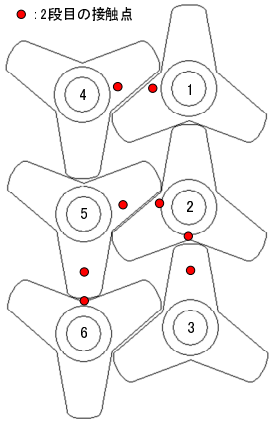

Fig.3 2 段目消波工接触点

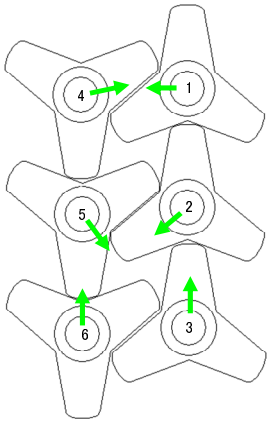
Fig.4 1 段目消波工の回転方向(予想)

4. 結論

液状化地盤上での消波工の沈下量は個々のブロックの離散及び回転の影響で増加し,ケーソンの沈下予測手法と同様の手法を用いれば沈下量を過小評価してしまう危険性がある.また,消波ブロックの回転方向は上部の消波ブロックの接触点に大きく影響することが分かった.

参考文献

・株式会社テトラ：テトラポッド設計要領, pp. 9 (1996).