

運輸省港湾技術研究所 正員 北沢壮介

同 上 正員 野田節男

運輸省第二港湾建設局 千葉忠樹

1. はじめに

軟弱な海底地盤を深層混合処理工法によって改良した地盤上に建設される重力式護岸について、比較的大きな模型による振動実験を実施した。本実験は、運輸省における総合的な調査・研究計画の初期の段階のものであり、その目的は、各種形式の改良地盤および護岸の強震時の挙動の定性的な把握、シミュレーション解析のための検証データの収集、および模型実験結果から実物の安定性を推定することである。

2. 模型

試設計断面は、水深約20mの海底から約20mの厚さで軟弱な地盤が堆積している地点に建設される重力式護岸（ケーソン式およびセル式）である。これらの試設計断面を参考にして、できる限り相似則を満たすように模型の諸元を定めた。主な相似比は、

表-1 模型の諸元

	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5
護岸形式	ケーソン	ケーソン	ケーソン	ケーソン	鋼板セル
地盤改良形式	ブロック式	ブロック式	くい式	くい式	くい式
改良率	100%	100%	10%	20%	20%
粘土地盤	0.0104	0.0113	0.0160	0.0160	0.0140
改良土	0.635	0.370	1.640	1.018	0.843
平均強度 kg/cm^2	0.635	0.370	0.178	0.216	0.180
前面水深 (cm)	なし	-80.0	-87.5	-87.5	-87.5

長さ $L_r = 1/20$ 、加速度 $\alpha_r = 1$ 、単位体積重量 $\gamma_r = 1$ 、地盤の強度としては粘着力を考え、 $C_r = 1/20$ とした。地盤の改良形式は、全体を一様に改良する方法（ブロック式）、および軟弱地盤中に柱状に改良地盤をつくる方法（くい式）があり、くい式の場合には複合地盤としての面積平均の強度が相似を満たすようにした。くい式の場合の改良率は、実際の $1/5 \sim 1/3$ とかなり小さい。表-1に、5つの模型の諸元を示す。模型1は、地盤改良の範囲やマウンドが大きく、最も耐震性に優れた模型、模型2は、マウンドが低くケーソンが高い模型、模型3は改良率10%、模型4は改良率20%のくい式改良地盤の場合の模型、模型5は、3連の鋼板セル式護岸の模型である。模型地盤はシルト質粘土を用いて製作し、粘土地盤は含水比を、改良地盤は含水比とセメント添加率を調節して、所定の強度を得た。

3. 加振および測定

実験には、運輸省港湾技術研究所の自由振動台¹⁾（振動箱：長さ8m、幅4m、深さ2m、載荷重量130tf、最大加速度1.2G）を使用した。振動波形は水平1方向の自由減衰振動のみである。図-3に、各部の加速度波形の1例を示す。各模型とも50Galから400Gal以上まで、それぞれ5~6回の加振を行なった。波数は、一般の大地震と比較してかなり少ない。模型の挙動は、主に加速度計、土圧計により測定した。

4. 実験結果

各部の加速度を振動台加速度に対する比で表わしてみると、ブ

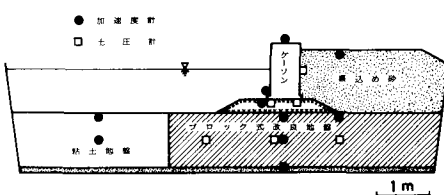


図-1 模型2断面図

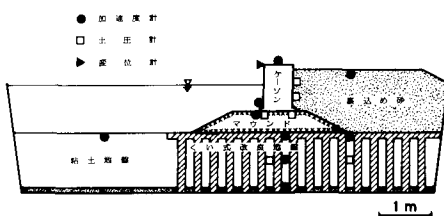


図-2 模型4断面図

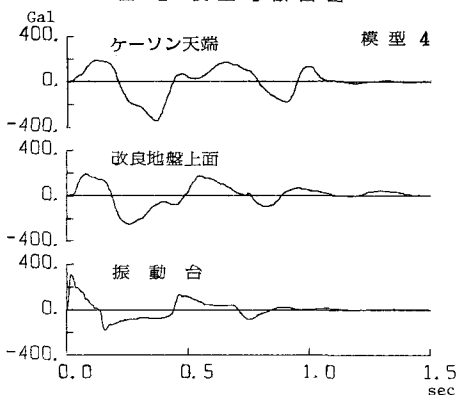


図-3 加速度波形

ロック式改良の場合は、図-4に示すように、改良部の剛性が大きいためほとんど振動増幅がない。これに対して、くい式改良の場合は、図-5に示すように、柔構造的な挙動を示し、加速度が大きくなるほど加速度倍率が小さくなっており、改良形式の差が顕著に認められる。

壁体の沈下および前傾は、ほとんど認められなかったが、壁体のはらみ出し量は、図-6に示すように、改良地盤上面の加速度の増大に伴って増加している。くい式改良の場合、比較的小さな加速度で壁体の水平変位が大きくなっているが、これは壁体の滑動よりは改良くいのか傾斜による改良くい頭部の水平移動に起因していると考えられる。図-7に、実験終了後のくい頭部の移動の様子を示す。改良地盤中に、すべり破壊は発生しなかった。

5. 考 察

壁体の滑動について、模型を小さな実物とみなして現行の安定解析法²⁾により解析した結果が図-8である。壁体の滑動が原因で護岸法線がはらみ出したと考えられる模型1、2の場合をみると、壁体の滑動は安全率がほぼ1付近から発生しており、現行法による値と実験結果はよい一致を示している。

試設計断面の設計において想定された地震条件とほぼ等価と考えられる実験条件を選び出し、実験結果から実物護岸の挙動を推定してみたものが、表-2である。実験では波数が少ないため、各模型とも基盤加速度をかなり大きくみつもっている。表-2によると、想定地震条件に対して壁体のはらみ出しや天端の沈下はわずかに認められるが、護岸機能を損うほどの被害は発生しないと推定される。

本報告では、模型振動実験の概要を述べたに留まっており、今後はさらに実験結果の解析、シミュレーション結果との比較を行なっていく予定である。

参考文献

- 1) 千葉、野田：地盤及び土構造物の模型実験のための自由振動台について、第34回年次講演会概要集、I-214、1979。
- 2) 運輸省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説

表-2 実物護岸に予想される変状

	想定地震条件	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
最大地表面加速度 (Gal)	200 - 290	612	429	283	250	196
最大基盤加速度 (Gal)	270 - 290	562	372	462	457	474
主要動の振動数 (Hz)	約0.1-4.0	0.52	0.74	0.48	0.41	0.34
主要動の波数	約30	4	3	2	2	2
壁体天端加速度 (Gal)	—	571	348	297	212	214
壁体はらみ出し量 (cm)	—	58	38	76	44	52
壁体沈下量 (cm)	—	22	—	36	6	2

