

地震観測によるケーソン式護岸の震動挙動－裏込め石投入後の挙動

電力中央研究所 正会員 栃木 均, 佐々木俊二, 石川博之
東京電力(株) 正会員 嶋田昌義, 志村 聡, 弘重智彦

1. はじめに

防波護岸は海中に捨石を投入して建設される。その地震時挙動の評価においては、これらの巨大な捨石材に関する入力物性の検討や裏込め石による土圧の挙動など、実際の構造物の挙動に関する検討が望まれている。本研究では、常陸那珂港で建設中のケーソン式護岸を対象とした地震時挙動観測を行い、裏込め石投入後の挙動に関するデータを取得した。裏込め石投入前の震動挙動¹⁾との比較から、ケーソン式護岸の地震時挙動に及ぼす裏込め石の影響について検討した結果を報告する。

2. 地震観測の概要

地震観測は、ケーソン式護岸が岩盤上に建設されている場合(以下、観測点1(岩着)とする)および海底地盤の表層に砂礫層が存在する場合(以下、観測点2(非岩着)とする)を対象として実施している。観測点1(岩着)では、ケーソンの加速度応答の他、ケーソン壁面に作用する裏込め石の土圧を計測した。土圧計には寸法2.1m×2.1m×厚さ25cm(内、受圧面寸法1m×1m)の大型のパネル式土圧計を用いた。観測点2(非岩着)では、観測点1(岩着)と同様に地震計を配置し、地盤条件の違いによる挙動の違いを把握した。図1には観測の対象とした護岸の断面形状を示し、表1に地盤の弾性波速度を示す。

3. 最大加速度の増幅特性

裏込め石投入前および投入後における観測記録として、ケーソン天端で30~40gal程度の記録が得られている。図2には基礎岩盤の加速度に対する各測点の最大加速度比の分布を示す。裏込め石の投入前の挙動として、観測点1(岩着)のように海底地盤が固い場合には、ケーソンのロッキング振動が卓越する傾向が示されている。一方、観測点2(非岩着)のように地盤の剛性が低い場合、振動モードはスウェイ型となる傾向にある。裏込め石の投入後の挙動としては、観測点1(岩着)において側方からの拘束によってケーソンのロッキング振動が抑えられ、ケーソン上端の最大加速度比が小さくなる挙動が示されている。ロッキング振動の割合が小さい観測点2(非岩着)では、裏込め石の影響はあまり明瞭ではない。

4. 伝達間数による増幅特性

図3、4に裏込め石投入前および投入後におけるケーソン上端、下端、地盤表面の伝達関数を示す。観測点1(岩着)においては、裏込め石の投入前に2.3Hz付近にあったピークが裏込め石の投

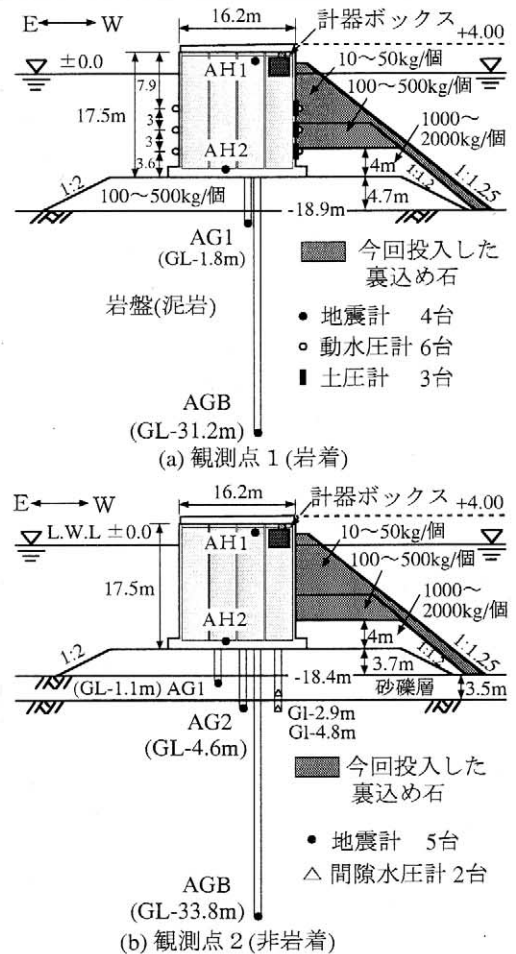


図1 観測の対象とした護岸の断面形状

表1 地盤の弾性波速度

観測点	G.L.(m)	密度 (t/m ³)	S波 (m/s)	P波 (m/s)
観測点1	0~31.2	1.85	510	1720
観測点2 (非岩着)	0~3.5	2.14	390	1630
	3.5~6.3	2.14	460	1640
	6.3~9.3	2.06	290	1650
	9.3~20.3	1.77	170	1470
	20.3~26.3	1.87	270	1570
	26.3~33.8	1.84	480	1760

キーワード：地震観測，ケーソン式護岸，ロッキング振動，裏込め石，土圧

入後には 2.6Hz 付近まで高められ、裏込め石の投入によって横方向の剛性が増した影響が表われている。また、ケーソン上端における増幅率が平均でおよそ 13 倍から 9 倍程度まで低下し、裏込め石の投入によってケーソンのロッキング振動が抑えられていることが示されている。観測点 2(非岩着)においても、裏込め石の投入前に 1.8Hz 付近にあったピークが裏込め石の投入後には 1.9Hz 付近まで高められ、側方ばね効果の影響が表われている。

図 2 基礎岩盤の加速度に対する最大加速度比

5. ケーソン壁面の土圧

裏込め石投入時における土圧増分からケーソン壁面に作用する常時の静的な土圧を求めた。図 5 に裏込め石による常時の土圧分布を示す。裏込め石の自重による上載圧との比をとると、静止土圧係数として $K=0.23 \sim 0.38$ の値が得られている。これらは主動土圧として評価でき、既往の計測結果²⁾との対応も確認できた。図 6 には、地震時における土圧分布を示す。同図は、ケーソンの慣性力が海側向きで最大となる時刻の分布を示しているが、慣性力と動土圧が逆位相であり、慣性力が海側向きの時、土圧合力としては常時の場合よりも小さくなる挙動が示されている。

なお、本研究は電力 9 社と日本原子力発電(株)による電力共通研究の一部として実施したことを付記する。

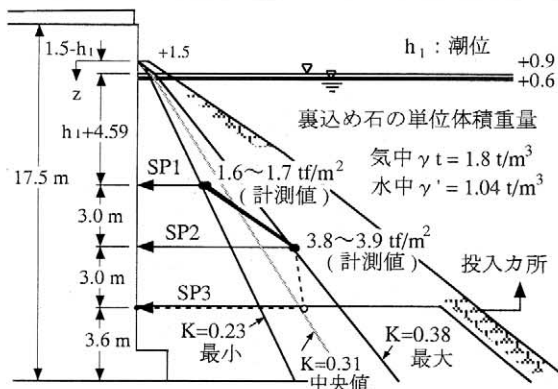


図 5 裏込め石による常時の土圧分布

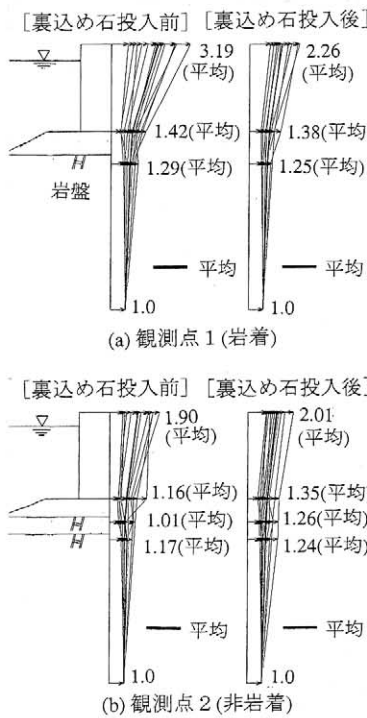


図 2 基礎岩盤の加速度に対する最大加速度比

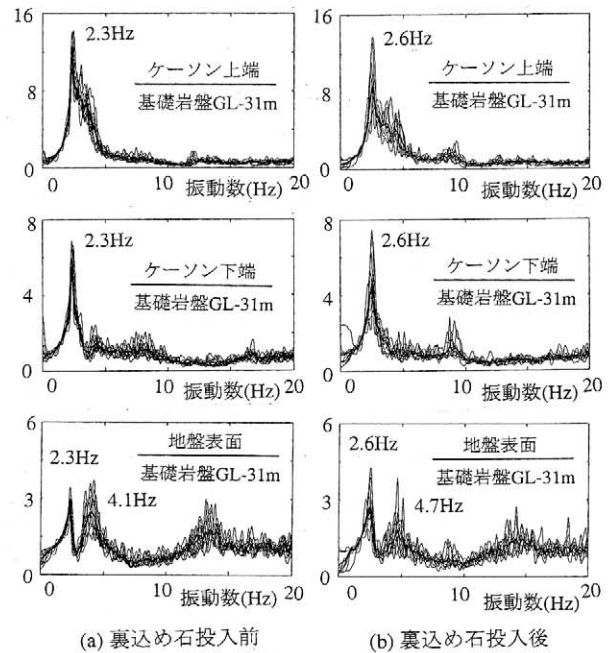


図 3 観測で得られた伝達関数-観測点 1 (岩着)

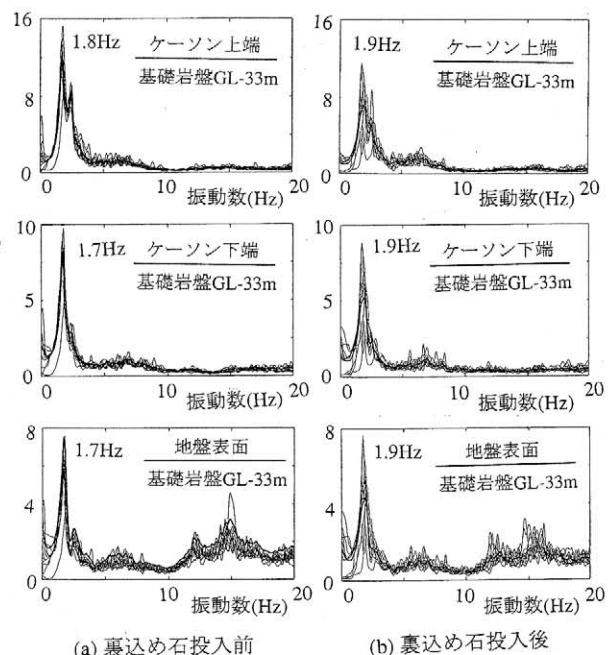


図 4 観測で得られた伝達関数-観測点 2 (非岩着)

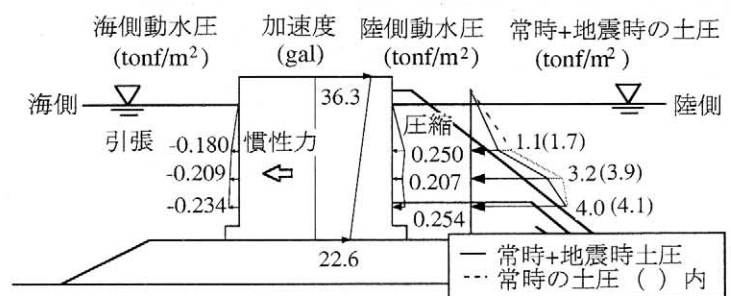


図 6 ケーソン壁面の土圧、動水圧の分布
(ケーソンの慣性力が海側向きで最大の時刻)