

防波堤の変形抑制効果に地震動レベルおよび継続時間の影響について

九州大学大学院 学○門司直也 正ハザリカ・ヘマンタ 学バプルー・チョードリー 九州大学 学西村謙吾
九州大学大学院 正石蔵良平 正笠間清伸 高知大学 正原 忠 学山崎直哉

1. 初めに

2011 年の東北地方太平洋沖地震では、強い揺れとその後の津波で、防波堤・防潮堤などの海岸保全施設が甚大な被害を受けた。一方、国土交通省は東日本大震災による防波堤の被災パターンを越流洗掘型、津波波力型、堤頭部洗掘型、引波水位差型の 4 つに分類している。その被害の一例として、釜石防波堤は内外水位差によるケーソンへの大きな水平力が主な倒壊要因であり、越流によるマウンドの洗掘やケーソンの接続部への強い流動が加わり、倒壊した。また、被災形態は防波堤本体の損傷よりもマウンドの崩壊が顕著であることが確認されている。このことから、今後地震や津波に耐える防波堤を整備する上で、越流洗掘および津波波力への対策は必要不可欠である。本研究では地震と津波の複合災害による防波堤の損壊を軽減するため、基礎(基礎石+蛇籠)と被覆工(礫、鉄鋼スラグ+蛇籠)で構成された蛇籠マウンドと鋼矢板を併用した新防波堤基礎構造を提案されている¹⁾。

そこで、本研究では蛇籠式マウンドと鋼矢板、両者の相互作用による耐震特性の解明を目的としている。その一環として、鋼矢板による耐震効果、蛇籠と鋼矢板の相互作用による耐震効果を明らかにするために、無補強と 2 列鋼矢板補強、蛇籠+2 列鋼矢板補強の振動台模型実験を行い、ケーソンの沈下特性から鋼矢板による側方流動の抑制、蛇籠の拘束効果によるマウンドの変形抑制がどのように現れるのかを検討した。

2. 実験条件

模型土槽は 865 mm(高さ)×1830 mm(幅)×430 mm(奥行き)の大きさのものを用いた。土槽はアクリル板と鉄製枠からなり、模型断面を可視できる(写真 1)。模型寸法と計測機器配置を図 1 に示す。図に示すように加速度計、変位計、レーザー変位計、水圧計、過剰間隙水圧計を設置した。また、本研究では九州における津波被害が甚大であると予測されている宮崎港にある防波堤を基礎として、長さの縮尺比(実物スケール/模型スケール)を 64 として相似則を適用した。以後、実験条件は模型スケールで表す。相似則は井合が提唱した地盤-構造物-流体系の相似則とした²⁾。

地盤は相対密度 90 %の海底地盤と相対密度 60 %の基礎地盤を目標にして作製した。相対密度 90 %の海底地盤は締め固めを行い作成した。相対密度 60 %の基礎地盤は空中落下法を用いて作成した。マウンドは砕石 6 号を用いて相対密度 60%を目標にして棒による突き固めを行

い作成した。その上にケーソン模型を置いた。ケーソン模型はアルミ製で直方体の箱型模型を製作した。比重 2.3 として中詰に硅砂と鉛玉で重量および重心位置の調整を行った。また、ケーソンは土槽奥行き方向に 3 函設置した。矢板模型には、鋼板(高さ 200 mm、幅 400 mm、板厚 3.2 mm)を用いた。地盤製作およびケーソン設置、補強工法の施工後に水道水を下から注入することで地盤の間隙を満たした。入力地震波は 15 Hz の正弦波とし、最大加速度が 100 Gal、200 Gal、400 Gal で

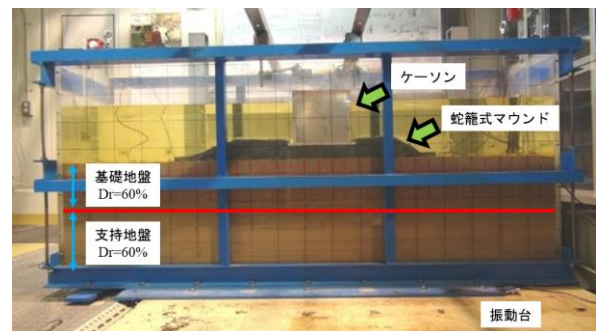


写真 1 振動台実験の模型

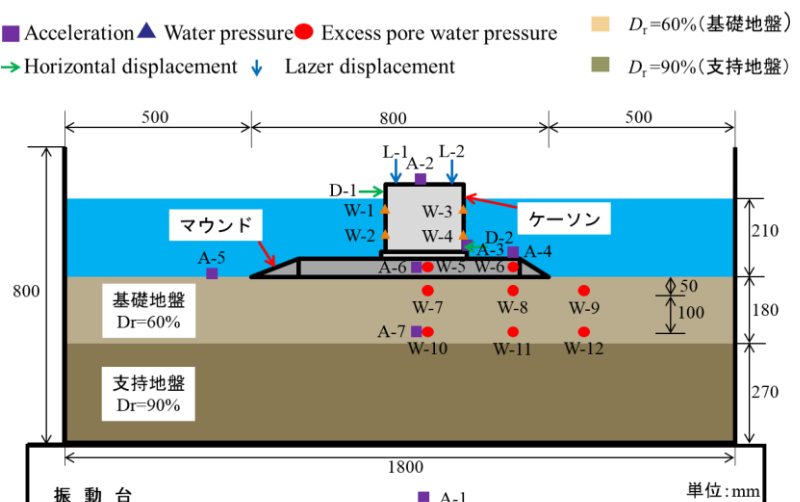


図 1 測定機器設置位置側面図

8 秒間加振する。100 Gal の 8 秒加振後に水圧の消散を確認した後に 200 Gal、400 Gal の 8 秒加振実験を行い、長時間振動における地震時挙動を検討した。100 Gal、200 Gal は Level1 地震動、400 Gal は Level2 地震動を想定した。

3. 結果

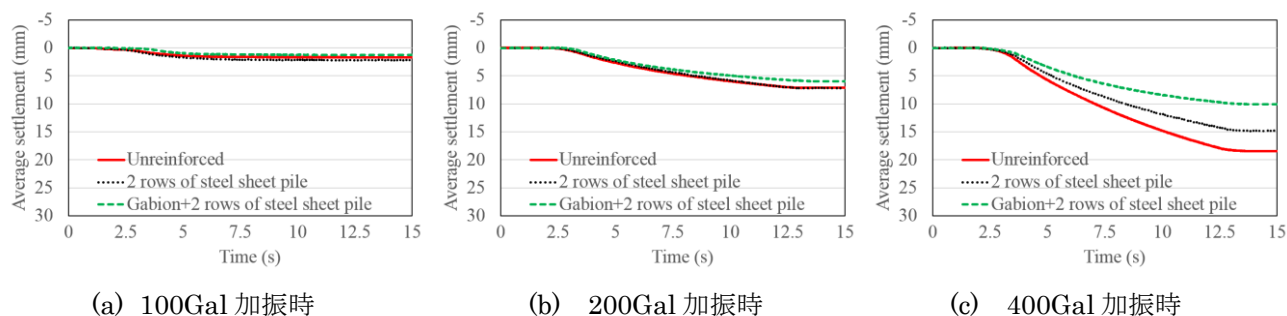


図 2 ケーソンの平均沈下量の比較

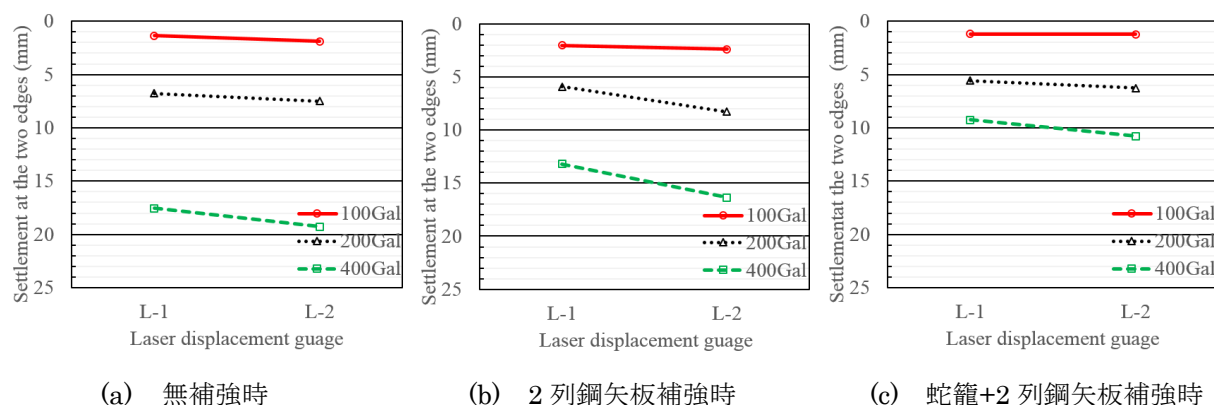


図 3 ケーソンの傾き

図 2 にケーソンの平均沈下量の比較を示す。100Gal 加振時では、補強工法の違いによるケーソンの沈下量に差はあまり表れなかった。200Gal 加振時では、無補強と比べて蛇籠+2 列鋼矢板補強では沈下量が小さくなったが、2 列鋼矢板補強では差が表れなかった。これは、側方流動による沈下が小さく、鋼矢板の補強効果は現れず、蛇籠による拘束効果と応力の分散が働いたためであると考えられる。400Gal 加振時では、無補強、2 列鋼矢板補強、蛇籠+2 列鋼矢板補強の順に、ケーソンの沈下量は小さくなった。これは、鋼矢板による側方流動の抑制、蛇籠と鋼矢板による相互効果が働いたからである。図 3 にケーソンの傾きを示す。ここで、L-1、L-2 はレーザー変位計であり、設置位置は図 1 に示す。Level2 地震動において、無補強と比べて、2 列鋼矢板補強は大きくなった。これは、鋼矢板補強により、基礎地盤の変形が小さくなりマウンドの揺れが大きくなったためであると考えられる。蛇籠+2 枚鋼矢板補強は小さくなった。これは、蛇籠によりマウンドの変形が抑制されたためである。

4. 結論と考察・今後の展望

Level1 地震動では、液状化による沈下が少ないため、鋼矢板補強は沈下を抑制しないが、蛇籠+2 列鋼矢板補強は少し沈下を抑制したと考えられる。また、鋼矢板補強はケーソンの傾きを大きくする可能性がある。Level2 地震動で、蛇籠、鋼矢板は沈下を大いに抑制し、蛇籠は傾きを抑制するが、鋼矢板は傾きを大きくする可能性がある。沈下と傾きの両方を抑える場合は、蛇籠+鋼矢板補強による相互作用による補強効果が大事であることが確認できた。今後、振動台模型実験を重ね、補強工法による補強効果の程度を調べ、適当な補強工法を決定する。

謝辞:本研究は日本鉄鋼連盟による鋼構造・教育助成事業の重点テーマ研究助成金で賄われており、ここに記して感謝を示す。

参考文献:1) ハザリカ ヘマンタ：鋼矢板と蛇籠マウンドによる防波堤の耐震・耐津波補強工法の構築、一般社団法人日本鉄鋼連盟、2013 年度「鋼構造研究・教育助成金事業」研究発表会、pp.83-88、2013. 2) Iai, S : Similitude for shaking table tests on soil-structure-fluid model in 1g gravitational field, Soils and Foundations, Vol. 29, No. 1, pp.105-118, 1989.