

地震動及び継続時間が防波堤基礎の耐津波補強構造に与える影響について

九州大学大学院 ○学 門司直也 国 ハザリカ・ヘマンタ 国 石藏良平 国 笠間清伸
 港湾空港技術研究所 国 春日井康夫
 高知大学 国 原忠
 高知大学大学院 学 山崎直哉

1. 背景と目的

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、釜石港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¹⁾。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²⁾。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。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³⁾。

そこで、本研究では蛇籠式マウンドと鋼矢板それぞれの耐震・耐津波特性に加え、両者の相互作用を明らかにすることを目的とし、その一環として、鋼矢板による耐震効果を明らかにするために4枚鋼矢板補強の1G重力場における振動台模型実験を行った。継続時間の長い地震動に着目し、鋼矢板打設による基礎地盤内の側方移動やケーソンの沈下特性からどのような補強効果が現れるのかを検討した。

2. 実験概要

模型土槽は865mm(高さ)×1830mm(幅)×430mm(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。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⁴⁾。以後、実験条件は模型スケールで表す。

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70%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200mm、幅400mm、板厚3.2mm)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15Hzの正弦波とし、最大加速度が100Gal、200Gal、400Galで8秒間加振する。100Galの

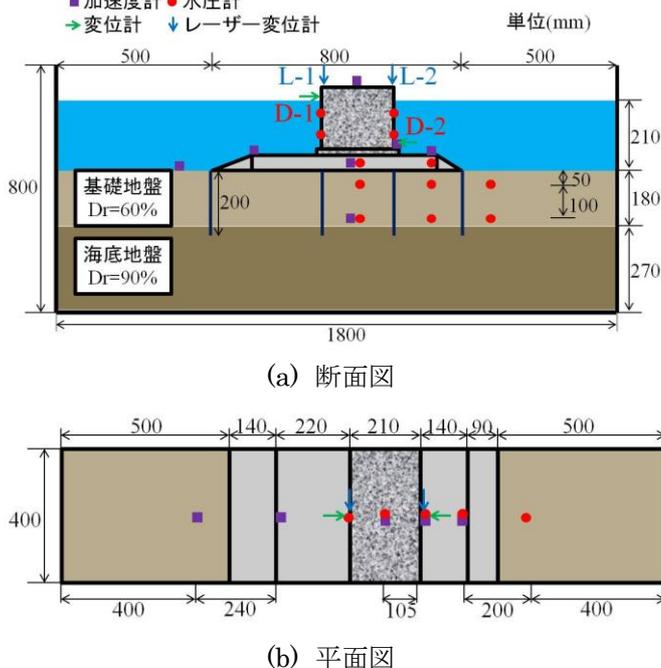


図1 模型寸法と計測機器配置図

キーワード「鋼矢板」「耐震性」「地震動」「継続時間」

連絡先 〒819-0385 福岡市西区元 744 ウエスト 2 号館 1108-2 九州大学 地盤工学研究室 TEL092-802-7805

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地震動を想定している。

3. 実験結果

写真1に全地震動を加えた後の模型断面写真を示す。ケーソン直下において沈下と側方移動が観察できるが、鋼矢板の打設位置から側方移動の抑制が観察できる。図2にケーソンの沈下量を示す。L-1とL-2は図1に示す。

長時間振動において、地震動が100 Gal、200 Gal、400 Galと倍増しているが、ケーソンの沈下・変位は200 Galの時100 Galの3倍、400 Galの時200 Galの2.5倍と大きくなっている。図3にケーソンの水平変位量を示す。D-1とD-2は図1に示す。D-1とD-2は巻尺式変位計を用いているため、ケーソンの沈下による影響も受けている。沈下量と同様に地震動が大きくなるにつれて、ケーソンの変位量の増加が大きくなった。

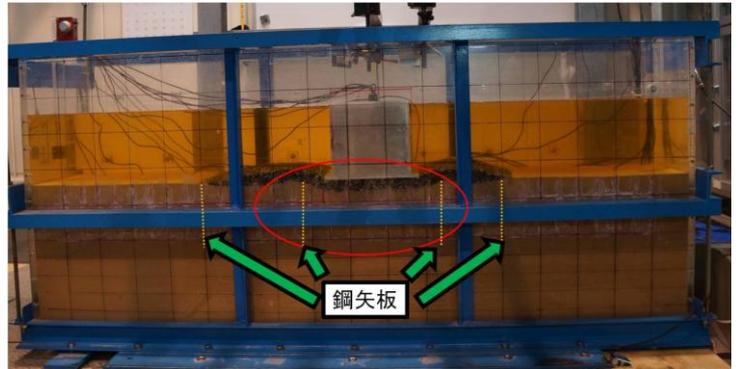


写真1 全加振終了後の模型断面写真

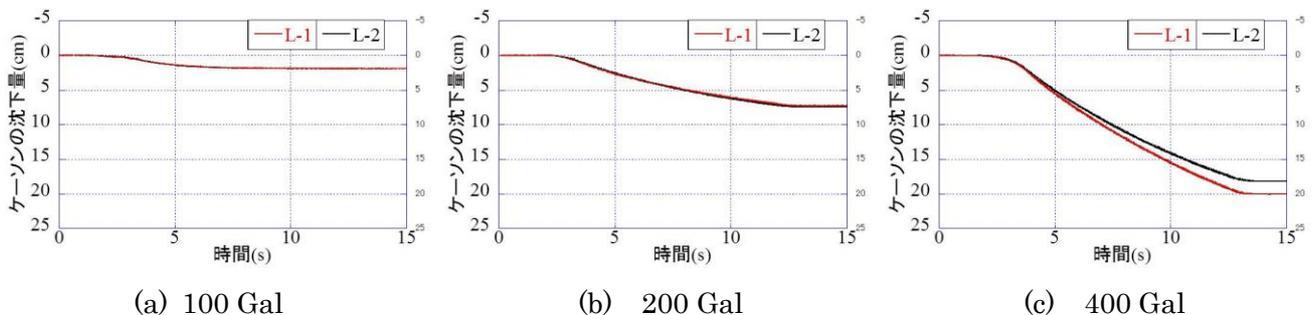


図2 ケーソンの沈下量

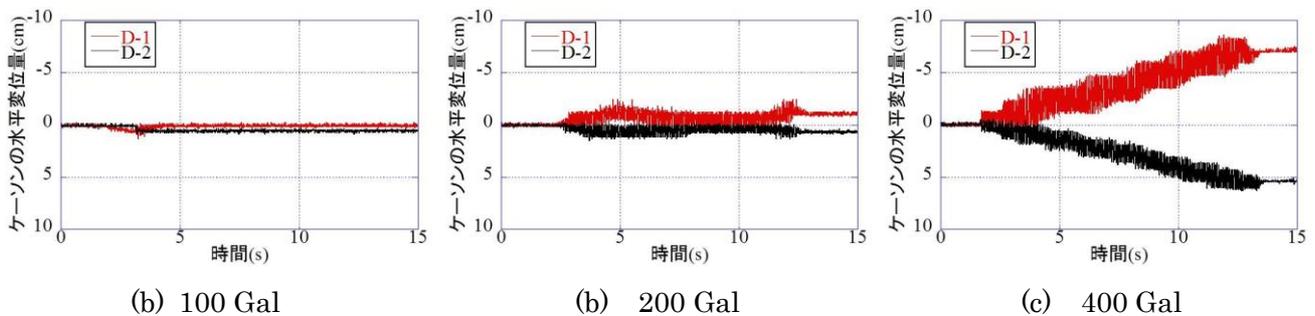


図3 ケーソン水平変位量

4. 結論と今後の課題

継続時間の長い地震動において、地震動が大きくなるとケーソンの沈下・水平変位に与える影響は甚大になる。したがって、地震動が大きい場合に十分に震効果が發揮されているのかが重要である。また、鋼矢板により側方移動の抑制効果があることが分かった。今後、鋼矢板の打設方法(ケーソンからの打設距離や支持基盤までの打設)を変えて適切な補強工法を模索する。

謝辞：本研究は日本鉄鋼連盟の重点テーマ研究助成金で賄われており、ここに感謝の意を表す。

参考文献：1) ハザリカ・ヘマンタ, 片岡俊一, 笠間清伸, 金子賢治, 末次大輔：青森県・岩手県北部における地震と津波による複合地盤災害, 地盤工学ジャーナル, 特集号「2011年東日本大震災」, Vol.7, No1, pp. 13-23, 2012. 2) Hazarika. H., Kasama. K., Suetsugu. D., Kataoka. S. and Yasufuku. N : Damage to Geotechnical Structures in Waterfront Areas of Northern Tohoku Due to the March 11, 2011 Tsunami Disaster, Indian Geotech J, pp.137~152, 2013. 3) 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, 2012. 4) 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.