

1.背景と目的

2011年東北地方太平洋沖地震による津波で、防波堤や防潮堤などの海岸堤防は甚大な被害を受けた。一方、近い将来発生が予測されている東海・東南海・南海大地震に代表される、地震による複合災害を防止・軽減することは緊急に対応すべき課題である。そこで、被害を受けた釜石港を例に挙げると、マウンドの崩壊が防波堤の崩壊の直接原因であることがわかっている¹⁾。本研究は、鋼矢板および蛇籠を防波堤の支持地盤に用い、地震や津波による洗掘防止に効果的な粘り強いマウンドの補強技術の開発を試みたため、模型実験を行い補強効果による防波堤の地震による影響を明らかにすることを目的としている。研究は振動台模型実験を用い鋼矢板による補強効果と蛇籠による補強効果をそれぞれの実験で行い、その影響を明らかにする。

2.実験内容

本研究では1g場において振動台実験を行う。本実験のイメージ図を図1に示す。使用する模型土槽は865mm(高さ)×1830mm(幅)×430mm(奥行き)の大きさのものを用いる。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2に示す。測定機器には加速度計、変位計、レーザー変位計、水圧計を設置し測定する。また、本研究では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とする。相似則は²⁾を参考し、計算した。以後、実験条件は模型スケールで表す。

海底地盤として豊浦砂(0.2mm~0.30mm)を用い、相対密度60%を目標に空中落下法で作成する。ここで、海底地盤の変形を確認するために高さ50mm毎に色砂を敷設する。なお、底面から50mmの位置に関しては鉄製枠により目視できないため敷設しない。捨石マウンドは砕石6号(13mm~5mm)を用いて図2に示す寸法でマウンドを作成する。なお、捨石マウンドの変形は着色した砕石を外周に設置し確認する。その上にケーソン模型を置く。ケーソン模型はアルミ製で直方体の箱型模型を製作する。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う。また、ケーソンは土槽奥行き方向に3函設置する。矢板模型には、鋼板(高さ200mm、幅400mm、板厚3.2mm)を用いる。蛇籠模型にはメッキ鉄の金網(メッシュ12、目開き1.49mm、線径0.63mm)を用いる。蛇籠式マウンドは金網で全体を覆い、被覆工としての蛇籠模型は砕石7号(5mm~2.5mm)を用い、20mm(高さ)×50mm(幅)×132mm(奥行き)を15セット、20mm(高さ)×60mm(幅)×132mm(奥行き)を6セット、20mm(高さ)×65mm(幅)×132mm(奥行き)を9セットとし、捨石マウンドの上面を覆う。海底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注入することで

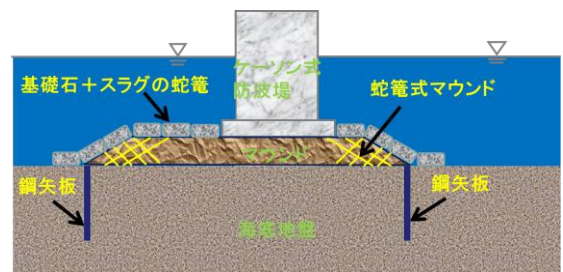


図1 蛇籠と鋼矢板補強時のイメージ図

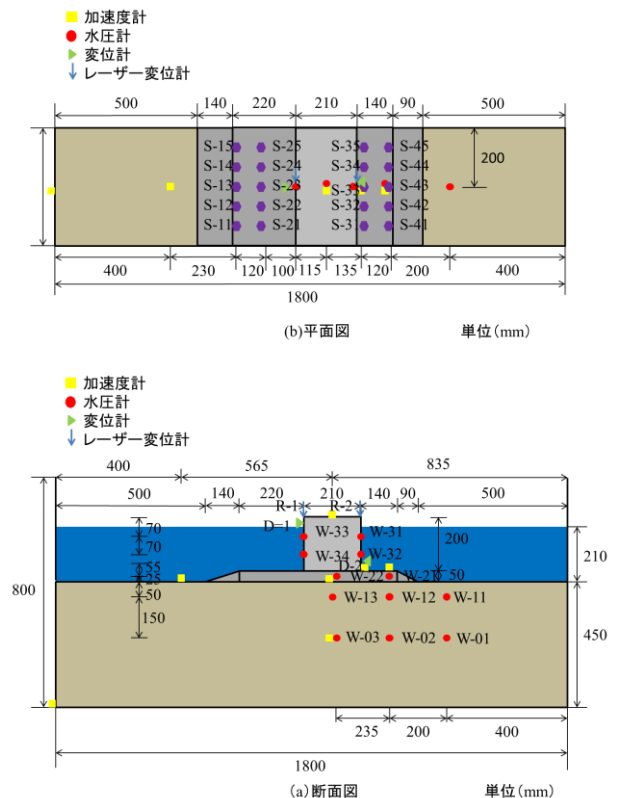


図2 模型寸法と計測機器配置図

地盤の間隙を満たし、所定水面まで水を満たす。また、ビデオを設置し、加振による時間的変形についての観察も行う。

実験条件として、補強工法を用いない場合、蛇籠補強を行う場合、蛇籠と鋼矢板の補強を行う場合の3条件で行う。入力地震波は15Hzの正弦波とし、100Gal、300Gal、500Galの3段階の最大加速度を1秒間で加振する実験と300Gal、400Galで8秒間加振する実験を連続で行う。最大加速度に焦点を当てた実験と振動時間に焦点を当てた実験である。

実験方法として、地震時における鋼矢板と蛇籠による補強工法の影響を確認するために以下の内容を調査する。

- ① 加速度の時間変化を記録する。
- ② 3つの実験条件についてそれぞれ海底地盤、マウンド、ケーソンにかかった動水圧を求める。
- ③ 3つの実験条件についてそれぞれ沈下量を記録する。
- ④ 3つの実験条件について時間経過とともにどのように沈下するかを観察する。

3. 実験結果

図3に加振中の最大過剰間隙水圧比を示す。液状化に至るところで起こっている。また、外側に行くほど最大過剰間隙水圧比は大きくなっている。

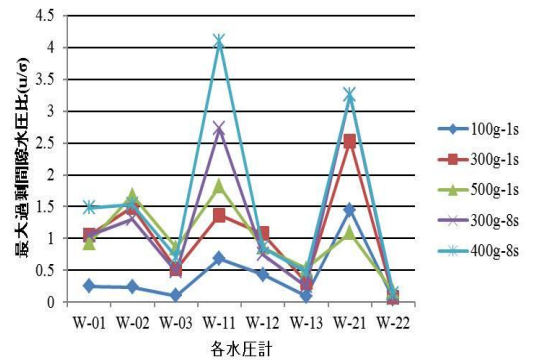


図3 各水圧計の最大過剰間隙水圧比

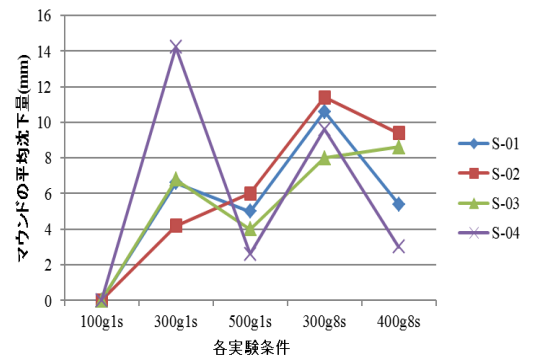


図4 各実験条件でのマウンド平均沈下量

図4にマウンドの平均沈下量を示す。S11~S15の平均をS01、S21~S25の平均をS02、S31~S35の平均をS03、S41~S45の平均をS04としている。最大加速度が300Galの時、大きく沈下している

図5にケーソンの沈下量を示す。沈下量は加振時間が長くなるほど大きくなった。また、相対密度が小さいため、ケーソンはほぼ垂直に沈下した。400Gal-1Sの時、ケーソンは完全に沈没した。

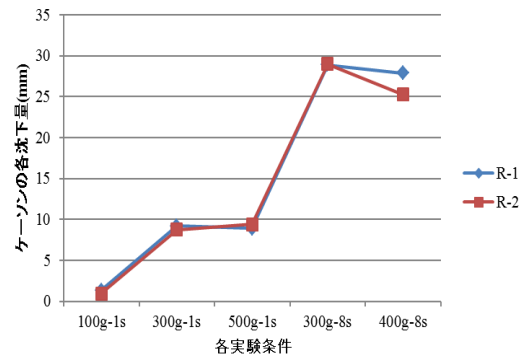


図5 各実験条件でのケーソン沈下量

4. 結論

(1) 地表面近くやマウンドで最大過剰間隙水圧比が大きく、短い継続時間でも加速度が大きいと液状化した。

(2) 同程度の加速度の時加振時間が長い程、ケーソン沈下量は大きくなった。加振時間が同じ場合、加速度を大きくしてもケーソン沈下量はあまり変わらなかった。

(3) 大きい地震が起きると、ケーソンが沈下し防波堤の機能を果たせないことがわかった。

本研究はまだ継続中であり、蛇籠による補強、鋼矢板と蛇籠による補強を施した条件での実験を行い、最終的な結論を導く予定である。

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、pp13-23、2012。
- 2) 井合進：1g場での地盤-構造物-流体系の模型振動実験の相似則、pp.14-15、1998。