

# 地震時の鋼矢板と蛇籠による防波堤補強効果に及ぼす矢板長の影響

名古屋大学 ○(学)服部達哉 (正)山田正太郎 (フェロー)野田利弘  
九州大学 (正)ハザリカ ヘマンタ

## 1. はじめに

東北地方太平洋沖地震以降、南海トラフ巨大地震への対策として、現在、地震と津波の複合被災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+蛇籠）で構成された蛇籠マウンドと鋼矢板を併用した防波堤補強工法が提案されている<sup>1)</sup>。著者らはこれまで水～土骨格連成有限変形解析コード **GEOASIA**<sup>2)</sup>を用いて同工法を対象にした解析を実施し、鋼矢板と蛇籠マウンドが耐震性向上に果たす効果を明らかにしてきた<sup>3)</sup>。本報では、鋼矢板の長さが耐震性に与える影響を明らかにしていく。

## 2. 解析条件

### 2.1.有限要素メッシュおよび材料パラメータ

鋼矢板と蛇籠による防波堤補強技術の耐震性を評価するため、Hazarika ら<sup>3)</sup>により振動台模型実験が行われている。本研究ではこの模型実験を参考に解析条件を決定した。有限要素メッシュおよび境界条件を図1に示す。解析条件および材料定数は参考文献<sup>3)</sup>に譲る。今回は蛇籠と2枚の鋼矢板（マウンド法尻部直下の2枚）による補強（文献<sup>3)</sup>のCase3）に関して、鋼矢板の長さをこれまでの200mmに加え、

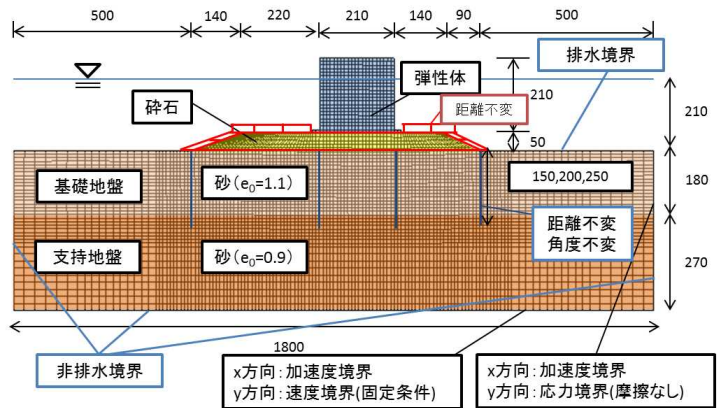


図1 有限要素メッシュと境界条件

150mm, 250mm に変えて解析を行った。すなわち、

これまでの200mmの解析結果では、間隙比が小さく硬い支持地盤への根入れを20mmとしていたが、150mmでは根入れがなくなり、250mmでは根入れが70mmとなる。なお、被覆工と蛇籠マウンドは、これまでと同様、該当部の節点間に距離不変の制約条件を与えることで表現した。寸法は模型寸法をそのまま用いた。鋼矢板は同様に該当する部分の節点間に距離不変と角度不変の制約条件を加えることで表現した。また、比較のために、蛇籠のみによる補強（文献<sup>3)</sup>のCase2）および蛇籠と4枚の鋼矢板による補強（文献<sup>3)</sup>のCase4）を行った場合についても適宜結果を示す。

### 2.2.入力加速度および境界条件

入力加速度は模型実験を踏襲し、振幅400gal、周波数15Hzの正弦波とした。加振の継続時間は16秒である。境界条件は剛土槽を再現するために、底面と側面のx方向は加速度境界、底面のy方向は固定境界、側面のy方向は摩擦なしを想定した応力境界とし、上記正弦波を入力した。

## 3. 解析結果

ケーソン重心での沈下量と時間の関係を図2に示す。硬い支持地盤への根入れがない150mmでは沈下量が蛇籠補強のみに近づき、200mmに比べ鋼矢板の補強効果が小さくなっている。また、根入れを深くした250mmでは200mmに比べ沈下量は小さくなっているものの、その変化量は小さく、鋼矢板4枚ほどの効果は見られないため、根入れを深くすることの効果は小さいといえる。

加振終了時のケーソン上端の沈下量を図3に示す。重心沈下量と同様に硬い支持地盤への根入れがない150mmではケーソンの傾きが蛇籠補強のみに近づき、鋼矢板の補強効果が小さくなっている。

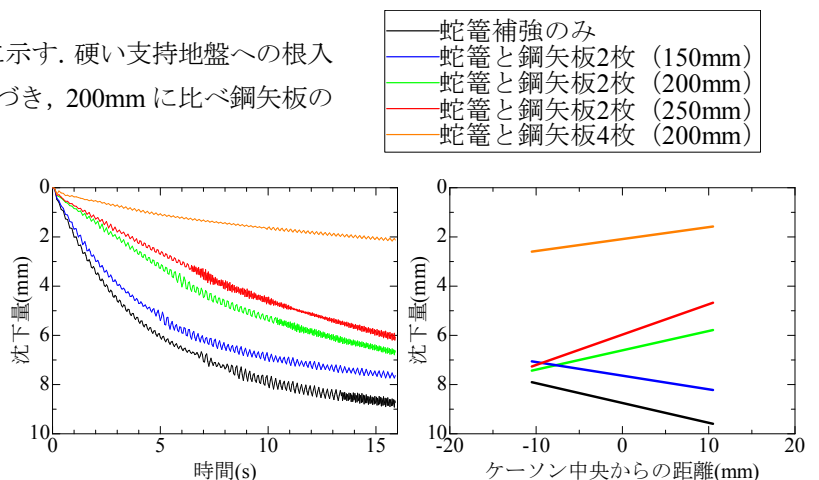


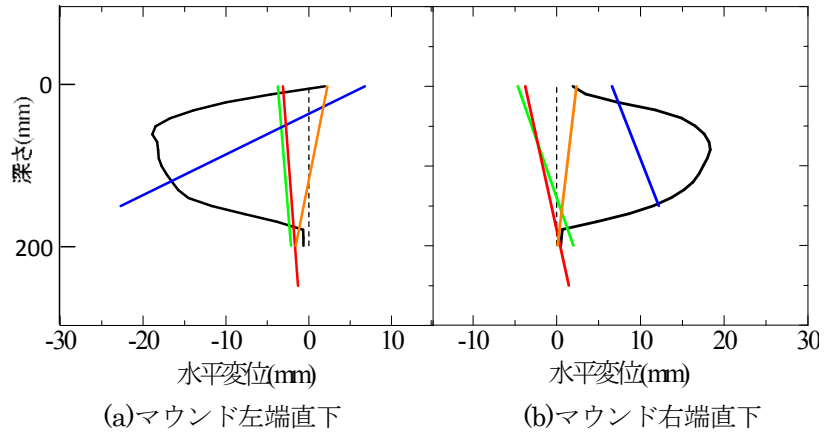
図2 重心沈下量

図3 ケーソン上端沈下量(加振終了時)

キーワード 防波堤, 補強, 蛇籠, 鋼矢板, 数値解析

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 TEL 052-789-4483

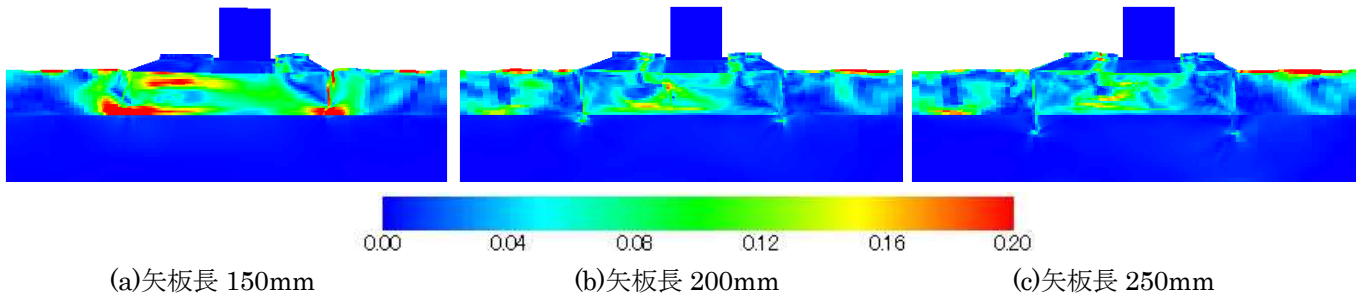
加振終了時のマウンド左右両端直下の鋼矢板の位置の水平変位を図4に示す。水平変位を見ると、硬い支持地盤への根入れがある200mmと250mmでは鋼矢板が入っていることで明らかに水平変位が小さくなっている。しかし、根入れのない150mmでは鋼矢板下部が大きく外側に開き、ケーソンの沈下の主因となる側方流動を抑える効果が小さくなっていることがわかる。また、水平変位も重心沈下量やケーソン上端の沈下量と同様に、200mmと250mmではほぼ同じ傾向を示し、やはり根入れを深くすることの効果は小さいといえる。



(a)マウンド左端直下 (b)マウンド右端直下

図4 水平変位 (加振終了時) ※凡例は図2と共通

加振終了時のせん断ひずみ分布を図5に示す。根入れのない150mmでは鋼矢板下端周辺のせん断ひずみが根入れのあるケースに比べ大きく、鋼矢板を入れることによる効果が小さくなっている。また、200mmと250mmでは同じ傾向が見られ、この図でも根入れを深くしたことによる効果は小さいことがわかる。



(a)矢板長 150mm

(b)矢板長 200mm

(c)矢板長 250mm

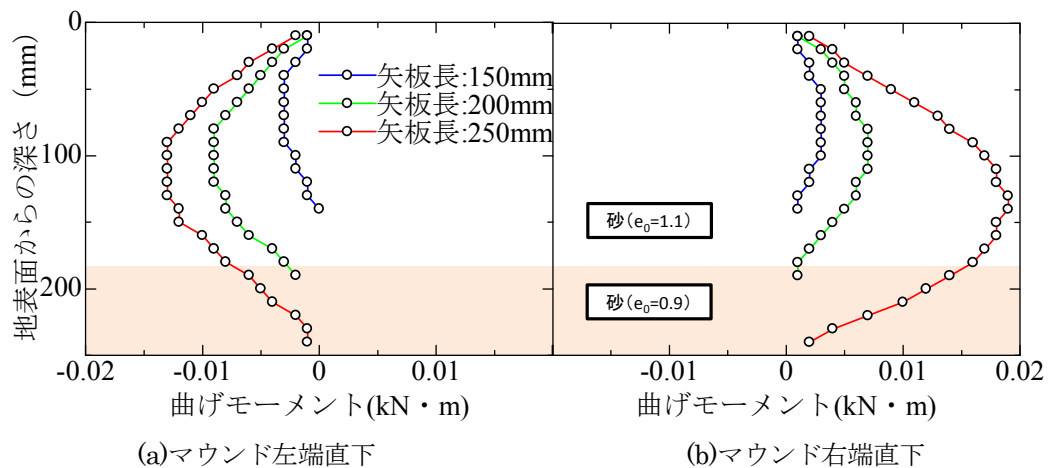
図5 せん断ひずみ (加振終了時)

加振中の鋼矢板にかかる曲げモーメント分布 (最大値発生時) を図6に示す。一般に用いられる構造用鋼材 (SS400) の許容曲げ応力度 245MPa より、断面係数を考慮して、降伏曲げモーメントを算出すると 0.418kN・m/m となる。図6より、降伏曲げモーメントには到達していないことがわかる。根入れをすることで側方変位や沈下を抑制することができるが、一方で鋼矢板の降伏が懸念されるために、実際に適用を図る場合にも同様の照査が必要となる。

#### 4. まとめ

鋼矢板は、硬い支持地盤へ根入れをすることで効果的に補強効果が得られることを示した。また、硬い支持地盤への鋼矢板の根入れを深くすることによる変形抑止効果増大への寄与は小さいことを示した。

**謝辞** 本研究は日本鉄鋼連盟の鋼構造研究・教育助成事業の重点テーマ研究助成を受けて実施した。



(a)マウンド左端直下

(b)マウンド右端直下

図6 鋼矢板の曲げモーメント分布 (最大値発生時)

**参考文献** 1) Hazarika et al. (2015) : Resilient breakwater foundation against level II earthquake and tsunami, *Proc. of the 6<sup>th</sup> International Geotechnical Symposium on Disaster Mitigation in Special Geoenvironmental Conditions*, 35-46. 2) Noda, et al. (2008): Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-slay model, *S&F*, **45**(6), 771-790. 3) 服部ら : 鋼矢板と蛇籠マウンドによる防波堤補強工法の耐震性に関する解析的検討(2013), 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集第III部門, 43-44.