

2重フローティング矢板壁を用いた堤防補強に関する模型実験

住友金属工業（株） 正会員 ○乙志和孝，田中宏征，永尾直也，藤原覚太
東京大学生産技術研究所 正会員 古関潤一

1. はじめに

河川堤防をはじめとする盛土構造物の地震や高水時に対する災害対策として、堤体内に矢板を配置し複合構造とする工法が提案されている¹⁾。著者らは、実構造物の被災状況を想定した一連の模型実験を行い、本工法の適用時に、加振前後で常時の浸透特性に変化がないことや、堤体の地震時被害および高水時の越水被害が抑制されることを報告した²⁾。本論では、堤体法肩に矢板を配置し矢板頭部をタイロッドで連結する2重矢板壁構造について、本工法のコスト合理化を目的とし、矢板の根入れを液状化層内にとどめ根入れ長さを短くするフローティング構造を対象に模型実験を行い、構造の挙動と対策効果を検証した。

2. 実験内容

実験は剛土槽（幅 2800mm×高さ 845mm×奥行き 695mm）を用い、実験模型は図1に示す寸法で、締固め層および液状化層を水中落下法にて作製し、その後盛土層を構築した。実験ケースは、無対策(以下、Case1と称する)、締固め層内に根入れした2重矢板壁構造（板厚 $t=1.6\text{mm}$ 、以下、Case2と称する）、液状化層内に根入れしたフローティング構造（板厚 $t=1.6\text{mm}$ 、以下、Case3と称する）である。Case3では、矢板下端と締固め層上端の間に 30mm のクリアランスを設けた。実構造物の被災を想定し、一つの模型に対して浸透、加振、越水実験を行った(表1参照)。

3. 加振実験

加振は、1995年兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台で観測された加速度記録(NS成分)を用いたが、実際よりも模型の寸法が小さいことを考慮して、卓越周波数が実際よりも高い 5Hz 程度となるように継続時間を調節した(図2参照)。

Case1/Case2は、L2地震動を想定した（最大振幅 900gal 程度）1回加振、Case3はL1およびL2地震動を想定した（200gal, 400gal, 900gal 程度）3段階加振を行った。各加速度における盛土天端沈下量を図3に、Case1, 3のL2地震動相当の加振後の変形状態を写真1に示す。Case3のL1地震動相当加振時には盛土の沈下や損傷は軽微であった。L2地震動相当の加振時には、堤体に亀裂が生じ、Case1では堤体天端が約 80mm 沈下した。Case3

の矢板には、堤体の沈下に伴いタイロッド設置位置を支点とした回転挙動と撓みが生じた。Case1に比べてCase2では約 40%、Case3では約 25%堤体天端の沈下量が低減される結果であった。なお、Case2では加振による矢板の沈下は見られなかったが、Case3では加振により矢板天端が約 15mm 沈下した。Case2, 3のL2地震動相当加振時の矢板の応答加速度時刻歴を図4に、矢板の応答曲げひ

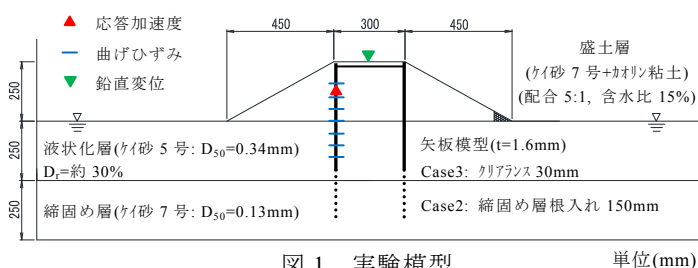


図1 実験模型 単位(mm)

表1 実験フロー

Step.1	片側水位を水平地盤部の地表面に保ちながら、反対側の水位を地表面から最大+20cmまで上昇させ一定に保つ
Step.2	両側水位を地表面に戻した状態で、L1(Case3のみ)、L2地震動相当の水平加振を行う
Step.3	加振で損傷を受けた状態のまま、越流が生じない程度までStep.1と同様の工程を行う
Step.4	水位をさらに上昇させて越水を生じさせる

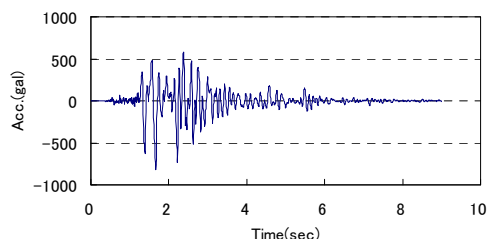


図2 加振波形

Key Words ; 堤防, 鋼矢板, 災害対策, 模型実験

連絡先 ; 〒104-6111 東京都中央区晴海一丁目8番11号 Tel ; 03-4416-6422, Fax ; 03-4416-6792



写真 1(1) L2 加振後の堤体の状況(Case1)



写真 1(2) L2 加振後の堤体の状況(Case3)

ずみ深度分布を図 5 に示す。Case3 で矢板下端と締固め層間の地盤が液状化し免震効果が発揮され、矢板の応答加速度および応答曲げひずみが低減される結果であった。これは、矢板に生じる応力が低減されることを示唆しており、フローティング構造とすることで、矢板の根入れ長さに加えて必要断面を低減でき、構造合理化の可能性が示された。

4. 浸透実験

Case3 の加振前／後の浸透実験結果を写真 2 に示す。浸透モードは加振前／後ともに、堤外側から堤内側へ向かって矢板下端と締固め層間の液状化層を廻り込むような挙動を示し、L2 地震動相当の加振履歴を与えても浸透特性が変化することはなかった。片側水位を+200mm まで上昇させ、定常状態で計測した Case3 の浸透流量は約 2.4ℓ/min であり、Case2 (約 0.4ℓ/min) に比べて浸透流量が大きかった。

5. 越水実験

Case3 の越水実験結果を写真 3 に示す。越流水は、土槽側壁との境界部および堤体天端の越水位置から流出して徐々に堤体を浸食した。しかし、矢板が天端位置までの高さを確保し堤防機能は維持された。また、堤内側の盛土が浸食され、さらに高水状態で偏水圧がかかる条件においても、根入れ長が十分であれば、液状化後に過剰間隙水圧が消散した砂層が矢板を支持し、フローティング矢板が倒壊しないことを確認した。

6. まとめ

2重フローティング矢板による堤防補強に関する一連の模型実験より、以下の知見を得た。

- 1) 無対策時に比べて、堤体天端の沈下量が、2重矢板締切り時には約 40%、2重フローティング矢板時には約 25%低減された。
- 2) 矢板下端と締固め層間の地盤が液状化し免震効果が発揮され、矢板に生じる応力が低減されることで必要断面が小さくなり、さらに矢板の根入れ長も短縮されることから構造合理化の可能性が示された。
- 3) L2 地震動相当の加振履歴を与えても、加振前／後で浸透特性に変化はなかった。
- 4) 越水時には、矢板が天端位置までの高さを確保することで堤防機能が維持された。

これらより、堤防補強時の要求性能に応じた根入れ長の選択により、構造の合理化が可能と考えられる。

参考文献: 1) 鋼管杭協会 堤防補強研究委員会: 鋼矢板芯壁堤防技術資料, 2002., 2) 乙志和孝, 古関潤一, 金子勝, 田中宏征, 永尾直也: 鋼矢板を用いた堤防の補強に関する実験的研究, 地盤工学ジャーナル, Vol.6, No.1, pp.1-14, 2011.

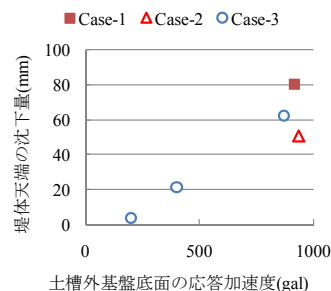


図 3 堤体天端の沈下量

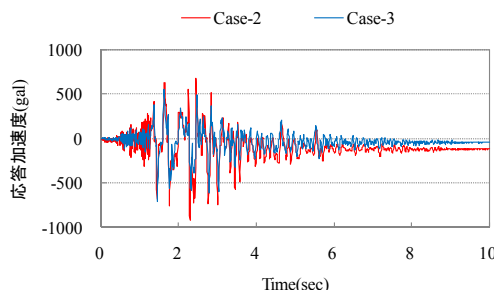


図 4 矢板の応答加速度

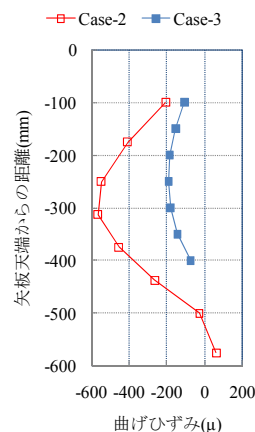


図 5 矢板の応答曲げひずみ深度分布

* 赤色は加振前(Step.1), 青色は加振後浸透実験(Step.3)

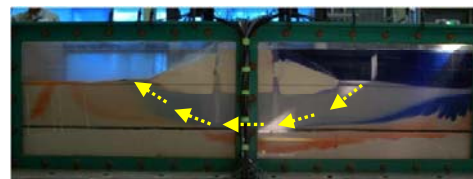


写真 2 浸透実験結果(Case3)

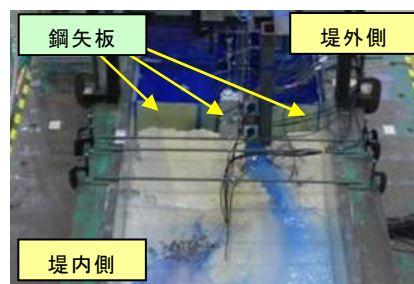


写真 3 越水実験結果(Case3)