

鋼矢板により補強したため池堤体の受働崩壊領域の評価

Evaluation of passive collapse region of the small earth dam reinforced by sheet piles

○ 靱山嵩* 中山裕章* 及川森* 原忠** 芳本健太** 加藤智雄*** 黒田修一*** 栗林健太郎*** 棚谷南海彦***

Takashi MOMIYAMA, Hiroaki NAKAYAMA, Shin OIKAWA, Tadashi HARA, Kenta YOSHIMOTO,

Tomoo KATO, Shuichi KURODA, Kentaro KURIBAYASHI, Namihiko TANAYA

1. はじめに

近年、地震によるため池の被害が頻発しており、ため池堤体の耐震性能向上は喫緊の課題である。筆者らはこれまで、鋼矢板による耐震補強工法の対策効果を検証してきた¹⁾。本工法では、鋼矢板による堤体からの漏水抑制に加え、地震時には鋼矢板に囲まれた堤体及び基礎地盤の変形及び液状化に伴う側方流動を拘束することで、堤体天端の沈下や水平方向の変形を大幅に低減する効果が期待される。

常時水圧が作用するため池堤体では、鋼矢板対策を検討する際、基礎地盤及び法を含む堤体からの受働土圧の評価が肝要となる。鋼矢板二重式仮締切設計マニュアル²⁾では、任意の前面地盤形状に対して前面側から鋼矢板壁面に作用する受働土圧強度を求める方法として、受働土圧強度を求める座標からの受働崩壊線と前面地盤線の交点を通る水平面より上の土塊重量を等分布荷重に置換する方法がある。しかし、受働側の法面勾配が1:2より緩いことや、法肩と鋼矢板の離隔が期待する鋼矢板の受働領域より長いことが実績として多く、急勾配法面の多いため池堤体で上記の考え方が適用できるかは検証が必要である。そこで、ため池堤体の耐震性能を評価するに当たり、数値解析により受働崩壊領域を評価するとともに、同ため池を対象とした試設計を行い、解析結果を設計的観点から考察した。なお本論では、堤体及び基礎地盤の液状化を考慮せず受働領域の挙動に着目した。

2. 数値解析による受働崩壊領域の評価

受働崩壊領域を評価するため、SoilPlusによるプッシュオーバー解析を実施した。本解析では、堤高が約12m、基盤は泥岩優勢砂泥互層からなり、下流法面が1:1.6と急勾配の存在するため池堤体を対象とした。解析モデルを図1に、対象ため池の地盤調査結果等に基づき設定した地盤物性値を表1に示す。鋼矢板は十分な剛性を有する梁要

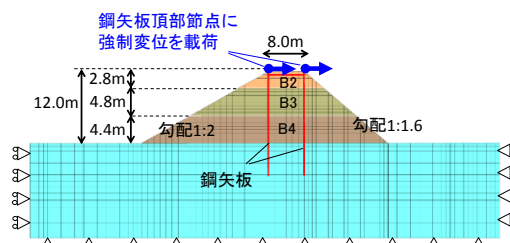


図1: 解析モデル
FE analysis model

表1: 解析に用いた主な物性値
Material properties of FE analysis

	堤体		基盤
	B2・B3	B4	Ms
湿潤単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	18.6	19.3	20.0
N値	6	12	50
せん断波速度 V_s (m/s)	145	183	295
初期せん断剛性 G_{max} (kN/m ²)	40927	67412	180886
ポアソン比 ν	0.333	0.333	0.333
粘着力 c' (kN/m ²)	6.3	6.3	173.4
内部摩擦角 ϕ' (°)	35.9	34.7	20.8
変形係数 E (kN/m ²)	16800	33600	140000

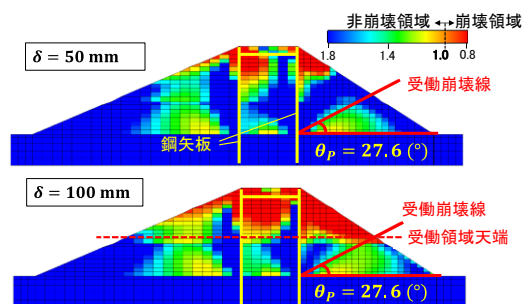


図2: 局所安全率分布
Local safety ratio

*日本製鉄株式会社 Nippon Steel Corporation

**高知大学 Kochi University

***株式会社エイト日本技術開発 Eight-Japan Engineering Consultants Inc.

キーワード: ため池, 鋼矢板, 耐震補強

素でモデル化し、両側にジョイント要素を設けた。堤体は Mohr-Coulomb の破壊規準によるバイリニア構成関係式に基づく非線形モデル、基盤は線形モデルとした。L2 地震動を想定し、鋼矢板頂部 2 節点に水平変位 100mm を载荷した。

数値解析結果として、局所安全率分布を 図 2 に示す。ここで、局所安全率とは Mohr-Coulomb の破壊規準に基づくせん断抵抗力を発生せん断応力で除した値である。载荷点変位の増加に伴い、下流側で崩壊領域が広がるが、堤体下部では局所安全率があまり変化していないことが分かる。図 2 の強制変位 $\delta=100\text{mm}$ のコンター図に示すように、非崩壊領域は、基盤面と下流側鋼矢板の交点から θ_p で引いた受働崩壊線と法面との交点から想定される受働領域と概ね一致した。本工法の安定性の評価には、この受働領域の天端標高の適切な推定が極めて重要となる。

3. 試設計を通じた設計法に関する考察

数値解析結果について設計的観点から考察するため、同一の堤体について試設計を行った。試設計の検討断面を 図 3 に示す。試設計ケースは、下流側の受働領域天端高さをパラメータとして 3 ケース設定した。各ケースの受働領域天端は、Case1 では基盤面、Case2 では基盤から引いた受働崩壊線と下流法面における円弧すべり面の交点の高さ、Case3 では受働崩壊線と下流法面の交点の高さとした。ここでは、受働領域天端より上の土塊を等分布荷重換算して受働領域天端に作用させた。上流側地盤の主働領域天端は鋼矢板天端と同一とした。鋼矢板の断面力は弾塑性解析から求め、基盤面への貫入長はフリーアースサポート法で設定した。

試設計結果を表 2 に示す。最も安全側の設計となる Case1 と比べ、Case2 では貫入長が低減され、さらに Case3 では鋼矢板型式を断面剛性がより小さい IIIw に代替可能となり、受働領域天端の設定が鋼矢板仕様に影響を与えていることが分かる。したがって、受働領域天端を適切に評価することができれば、法面を考慮しない場合に比べて合理的な鋼矢板仕様の設計が可能であると推察される。

4. 結論

本論は、実在するため池堤体を対象とした一つの事例検討であるが、鋼矢板に法を含む堤体及び基礎地盤からの受働抵抗を見込める可能性があること、受働抵抗の範囲の設定に応じて鋼矢板の要求仕様が変わることが分かった。今後は異なる断面や地盤条件でも同様の検討を実施し、受働領域の適切な範囲を明らかにしたい。

参考文献

- 1) 初山嵩，妙中真治，原忠，黒田修一：鋼矢板によるため池堤体の耐震補強工法に関する研究，農業農村工学会論文集，No. 310 (88-1)，pp. I_47-I_58，2020。
- 2) 国土技術研究センター：鋼矢板二重式仮締切設計マニュアル，2001。

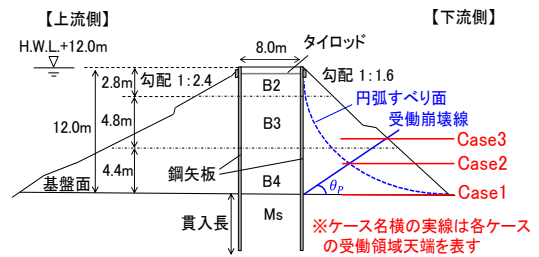


図 3: 堤体断面模式図及びケース
Cross section of the small dam

表 2: 試設計結果
Results of the stress verification

受働領域天端高さ (m)	基盤面への貫入長 (m)	決定型式・規格	ケース	矢板変位 (mm)	鋼矢板応力照査発生応力 (N/mm ²)	判定
Case1 0.0	3.0	IVw SYW390	常時	81.2	181.6	OK
			地震時	141.2	300.7	OK
Case2 3.0	1.0	IVw SYW390	常時	82.5	198.3	OK
			地震時	154.2	350.9	OK
Case3 4.9	0.0	IIIw SYW390	常時	45.7	128.9	OK
			地震時	138.1	317.9	OK

※貫入長は基盤面以下の矢板長、受働領域天端高さは基盤面からの高さ
※鋼矢板応力照査は発生応力が降伏強度を下回ることを条件とした