

鋼矢板による堤防補強に関する模型実験 (その3)

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

1. はじめに

河川堤防の補強工法として、堤体中央部に鋼矢板を設置し複合構造とする工法が提案されている¹⁾。本報では、前々報²⁾、前報³⁾にて実施した浸透実験について、実験済みのケースや未実施ケースを含め局所的な動水勾配をより正確に算出するために、有限要素解析による2次元定常浸透流解析を実施した。

2. 解析モデルと解析条件

図1にM03解析時の要素分割を示す。本報で実施した各解析では、各実施ケースの模型地盤と模型矢板の寸法通りにモデルを作成し、各解析結果の局所的な値を算出するために、盛土直下の液状化層と締固め層、矢板下端付近、さらに裏法尻付近においては水平地盤部よりも細かく要素分割した。また三角形要素を作成すると正確な値が算出されにくくなるため、盛土の法面では微小な台形要素となるように節点を増やした。この例の場合の総節点数は1324、総要素数は1226である。解析条件としては片側の水位を20cmに、もう一方を液状化層上端(0cm)に設定した。表1に各ケースの補強形態(矢板位置)と各層の透水係数の値を示す。本解析で使用した各地盤材料の透水係数は、透水試験によって得られた値を各実験時の測定水温に基づいて補正し、更に透水係数 k と間隙比関数 $e^3/1+e$ が比例に近い関係にあるとした経験式⁴⁾を用いて密度補正を実施した。

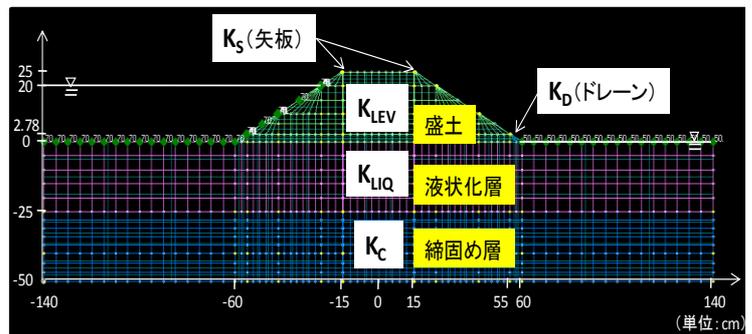


図1 座標の定義と解析モデルの例 (M03)

表1 各モデルの矢板位置と各層の透水係数

	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M00
呼称							
K_{LEV}	4.52E-03	3.81E-03	4.08E-03	3.94E-03	2.20E-03	3.59E-03	4.08E-03
K_{LIQ}	2.06E-01	1.92E-01	1.92E-01	1.79E-01	1.41E-01	1.63E-01	1.92E-01
K_c	1.88E-02	2.01E-02	2.15E-02	2.01E-02	1.59E-02	1.59E-02	2.15E-02
K_d	なし	2.00E+00					なし
K_s	1.00E-09						なし

(単位: cm/sec)

ケースの補強形態(矢板位置)と各層の透水係数の値を示す。本解析で使用した各地盤材料の透水係数は、透水試験によって得られた値を各実験時の測定水温に基づいて補正し、更に透水係数 k と間隙比関数 $e^3/1+e$ が比例に近い関係にあるとした経験式⁴⁾を用いて密度補正を実施した。

3. 解析結果

図2と図3に解析結果の例としてM02の節点流速ベクトル図と全水頭のコンター図を示す。節点流速ベクトル図に関しては、浸透実験時の浸透モードと定性的に一致していることから再現性が高いと考えられる。

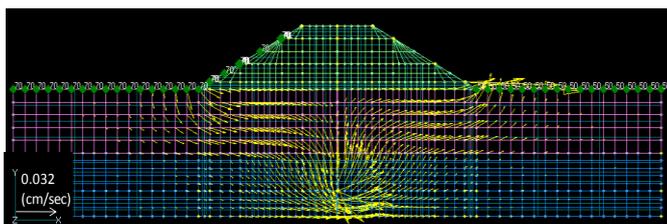


図2 M02の節点流速ベクトル図

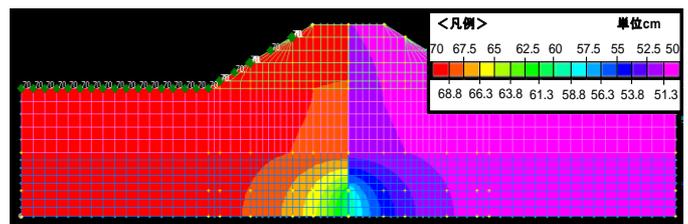


図3 M02の全水頭のコンター図

Key Words ; 堤防, 鋼矢板, 模型実験, 災害対策, FEM, 浸透流解析

連絡先 ; 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 (TEL)03-5452-6421 (FAX)03-5452-6423

図4に各ケースの流量の実測値と解析値の比較を示す。模型実験を実施しなかった M00 と実測値を計測できなかった M01 については解析値のみを掲載する。M03 の解析値は実測値の 3%程度の誤差に収まり、また M02 の解析値も実測値の約 5%の誤差であったことも合わせると、締固め層を通過する浸透モードを有する補強形態の解析では排水量の実測値を精度良く再現できると考えられる。一方で液状化層内を浸透するモードが卓越した M04・M05・M06 では実測値と解析値の乖離が比較的大きく、法尻付近のモデル化等を今後改善する必要がある。

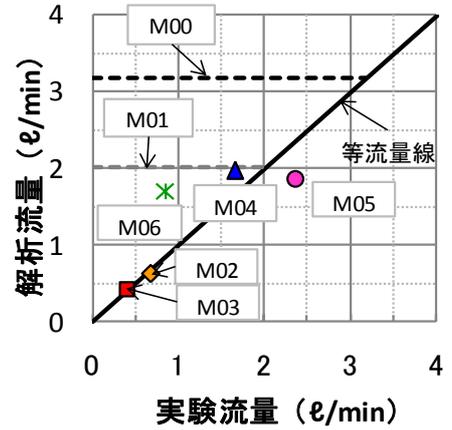


図4 実験時流量と解析時流量の比較

図5に M02 の中央矢板下端から 3cm 下の側線(鉛直座標-43cm)における圧力水頭と動水勾配を示す。解析値は実測値と同じような傾向を示し、更に解析値の方がより局所的な動水勾配を算出できる。また解析では最大 0.564 という高い動水勾配が算出されたが、実験時の模型地盤においてパイピング等の変状は生じなかったため、矢板下端付近での限界動水勾配はさらに大きいと考えられる。

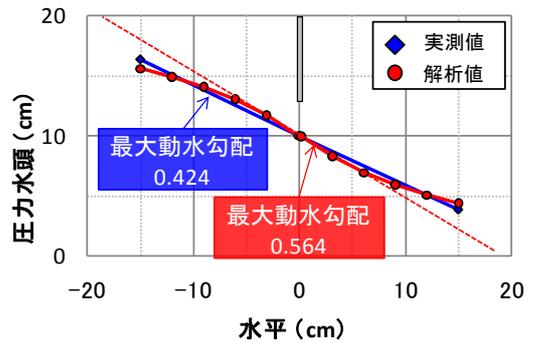


図5 M02の矢板下端の圧力水頭

図6に M03 の矢板下端から 3cm 下の側線における圧力水頭と動水勾配を示す。解析では最大 0.354 の動水勾配が算出されたが、これは M02 の場合よりも小さかった。中央一枚矢板の M02 と比較して、法肩二枚矢板の M03 の方が急激な動水勾配の上昇を抑制できると考えられる。

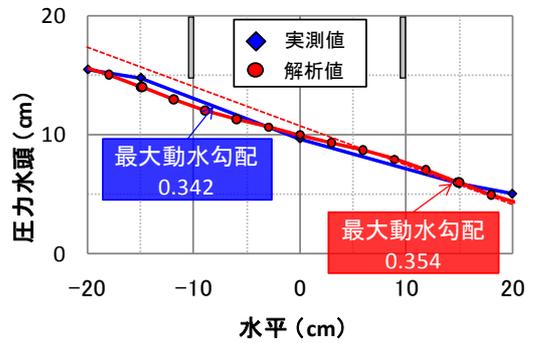


図6 M03の矢板下端の圧力水頭

裏法尻にドレーン材が設置されていない M01 では、実験中に裏法尻が浸透破壊を起こした。そのため実測値を計測することができなかった。この時の動水勾配を求めるために、図7aに M01 の裏法尻付近の水平方向(鉛直座標 0cmの盛土内)の解析値を、図7bに鉛直方向(矢板のすぐ左側の側線, 水平座標 59.77cm)の分布を示す。水平動水勾配の最大値は 0.844、鉛直動水勾配の最大値 0.682 という高い値となった。このように大きな動水勾配が裏法尻に集中したために浸透破壊したと考えられる。

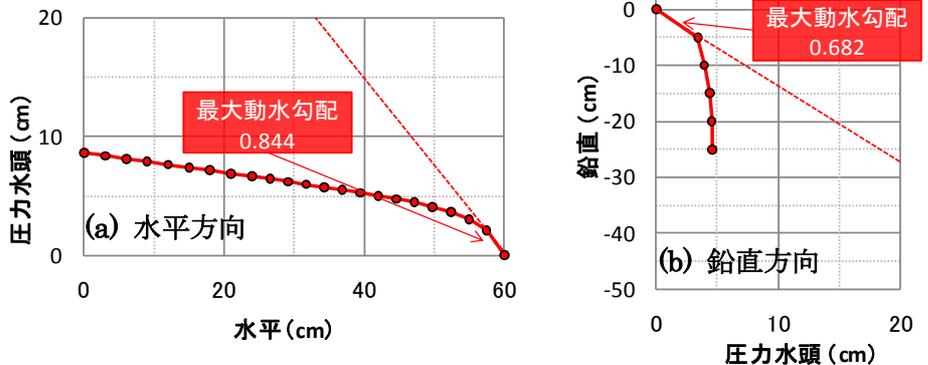


図7 M01の裏法尻付近を含む圧力水頭分布の解析値

4. まとめ

2次元定常浸透流解析により、模型実験を良好に再現できた。さらに、より局所的な動水勾配を求めることが可能となった。

参考文献

1)鋼管杭協会 堤防補強研究委員会：鋼矢板芯壁堤技術資料，2002，2)3)田中宏征，永尾直也，乙志和孝，金子勝，古関潤一：鋼矢板による堤防補強に関する模型実験(その1)(その2)，第65回土木学会年次学術講演会，2010(投稿中)，4) Lambe, T.W. and Whitman, R.V. : Soil Mechanics, John Wiley & Sons, p.290, 1969