

アースフィルダム耐震補強工事中の堤体安定性に着目した情報化施工

- 山口貯水池堤体強化工事（その7） -

東京都水道局 長岡 敏和、高田 武、田原 功
 鹿島建設(株) 正会員 村上 武志、正会員 森川 誠司
 鹿島建設(株) 菅原 俊幸、正会員 岡本 道孝

1. はじめに

山口貯水池では、既設堤体の耐震性向上を目的として既設堤体上下流側に補強盛土を築造する耐震補強工事を実施している。本工事では施工時に発生する過剰間隙水圧による堤体の安定性の一時的な低下や、沈下を主体とする変形が懸念された。そのため、著者らはこれまでに補強盛土盛立時の堤体安定性と変形挙動に関する予測解析を行った¹⁾。さらに、動態観測結果を施工にフィードバックする情報化施工を採用して堤体安定性の向上を図り、必要盛土量の算定にも活用した。本報では、本情報化施工の一環として実施した、盛立開始から2001年9月（盛立開始から536日目）までの動態観測結果に基づいた、再解析結果について述べる。

2. 検討方法と解析条件

本検討では、2001年9月時点で沈下が収束傾向にあった地表面沈下計G-1の計測値をもとに、既設堤体（上・下流サヤ土）の物性値を見直して再解析を行った。本来、すべ

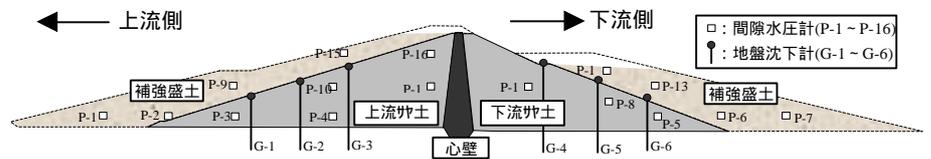


図-1 2001年9月時点での盛土形状と計測位置

ての物性パラメータについて見直しするのが望ましいが、本検討では、i) 解析結果を迅速に施工に反映させる必要がある事、ii) 堤体全域が過圧密状態と推定される事²⁾から、膨潤指数のみを見直し、解析を実施した。また、盛立スケジュールも実際の盛立完了予定日に合わせて修正した。2001年9月当時の盛土形状と計測位置を図-1に、修正した盛立スケジュールを図-2に、物性パラメータを表-1に示す。検討に用いる解析メッシュ、境界条件、解析手法は盛立開始前の予測解析¹⁾と同様とした。堤体内に残留しているの地下水位は、貯水位低下後に若干低下している事が確認されている³⁾。しかし、ここでは安全側の評価を行うために、盛立開始前の予測解析と同様に、既設堤体および補強盛土は完全に飽和しているものとした。

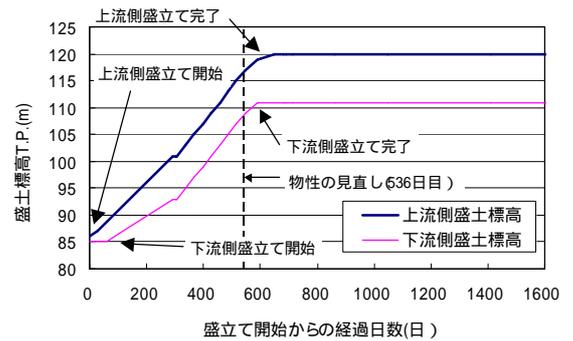


図-2 盛立スケジュール

3. 解析結果

(1) 間隙水圧

盛立開始前に設定したすべり安全率と間隙水圧発生率Kとの関係⁴⁾を図-3に、間隙水圧挙動における予測解析結果と施工中に実施した再解析結果の経時変化を図-4に示す。これらの図中には予測解析結果、再解析結果に加えて、

補強盛土盛立完了までの計測結果も併せて示した。予測解析結果および再解析結果から堤体の安定性を定量的に予測するために、図-3中に解析で得た間隙水圧発生率を図示すると、補強盛土盛立完了時の安定性に関する管理基準値（既設堤体 $K_{ex}=60\%$ 、補強盛土 $K_{re}=60\%$ ）を満足することがわかる。しかし、施工中に実施した再解析

表-1 物性パラメータ

項目	単位	上流サヤ土	心壁	下流サヤ土	補強盛土
湿潤密度 ρ_t	Mg/m ³	1.6	1.8	1.6	2.1
原位置初期間隙比 e_i	-	1.880	1.729	1.740	0.429
圧密降伏応力 σ_{v0}	kPa	442	424	505	574
圧密指数	-	0.283	0.089	0.332	0.151
膨潤指数	-	0.017	0.009	0.022	0.013
二次圧縮指数	-	6.03E-03	3.58E-03	7.28E-03	1.88E-03
初期体積ひずみ速度 \dot{v}_0	1/day	1.0E-07	1.0E-07	1.0E-07	1.0E-07
限界状態比 M	-	1.45	0.73	1.31	1.60
静止土圧係数 K_0	-	0.42	0.67	0.46	0.37
有効ポアソン比 ν'	-	0.30	0.40	0.30	0.27
ダイレイタンス係数 D	-	6.52E-02	7.35E-02	8.63E-02	6.05E-02
透水係数 k	m/sec	3.0E-08	3.0E-08	3.0E-08	5.2E-08
今回見直した膨潤指数	-	0.015	0.009	0.015	0.013

Keywords : アースダム、既設土構造物、耐震補強、FEM 解析、情報化施工、現場計測

〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株) tel : 03(5561)2402、fax : 03(5561)2109

結果では、上・下流既設堤体内に管理基準値を超過する予測値が得られる場合も見られたが、図-4 に示すように、実際には既設堤体内の残留水位は堤体表面より低いため、完全飽和と仮定した解析値よりも計測値は小さい値となっており、堤体の安全性に問題はないと判断した。このような検討を施工中に繰り返す事で、堤体安定性を定量的に予測し、かつ安定性が確保できることを確認しながら施工を進めた。一方、補強盛土盛立完了時の計測結果を図-3 中に図示すると、予測解析結果および再解析結果よりも計測結果の方が間隙水圧発生率 K が小さいため、すべり安全率が大きいことが分かる。

(2) 既設堤体の沈下

既設堤体に設置した地盤沈下計の予測解析結果と施工中に実施した再解析の結果を図-5(a) ~ (f) に示す。図中には2002年2月末までの計測結果も併せて示す。物性の見直しを行った時点では、G-1 以外の計測器に収束傾向が見られなかったため、予測解析結果と再解析結果を今後の沈下予想範囲とし、必要盛土の算定に用いた。上流側の計測結果図-5(a) ~ (c) を見ると、ほぼ再解析結果と一致している。一方、下流側の計測結果図-5(d) ~ (f) を見ると、計測結果は予測解析結果と再解析結果の間で収束する傾向が見られる。

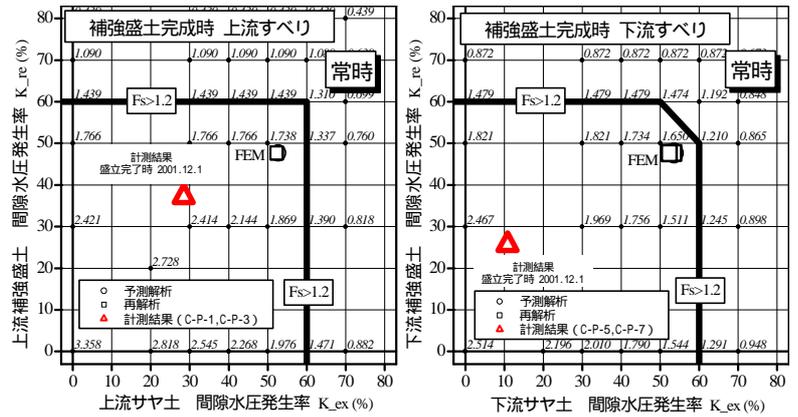


図-3 間隙水圧発生率とすべり安全率の関係⁴⁾

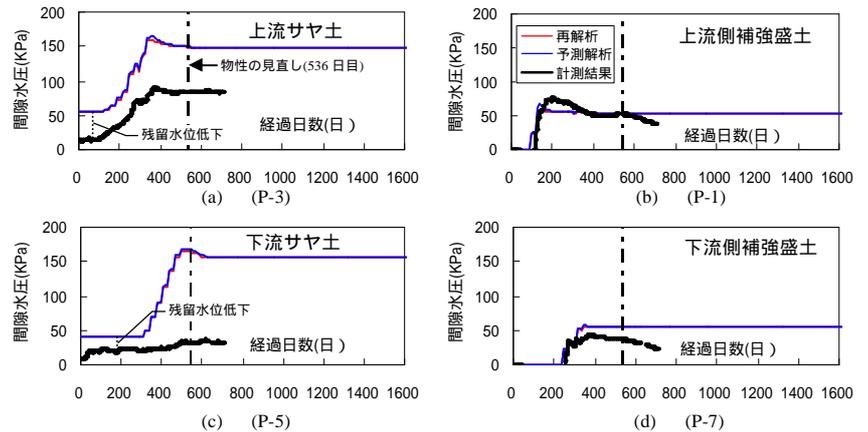


図-4 間隙水圧挙動の解析結果と計測結果の比較

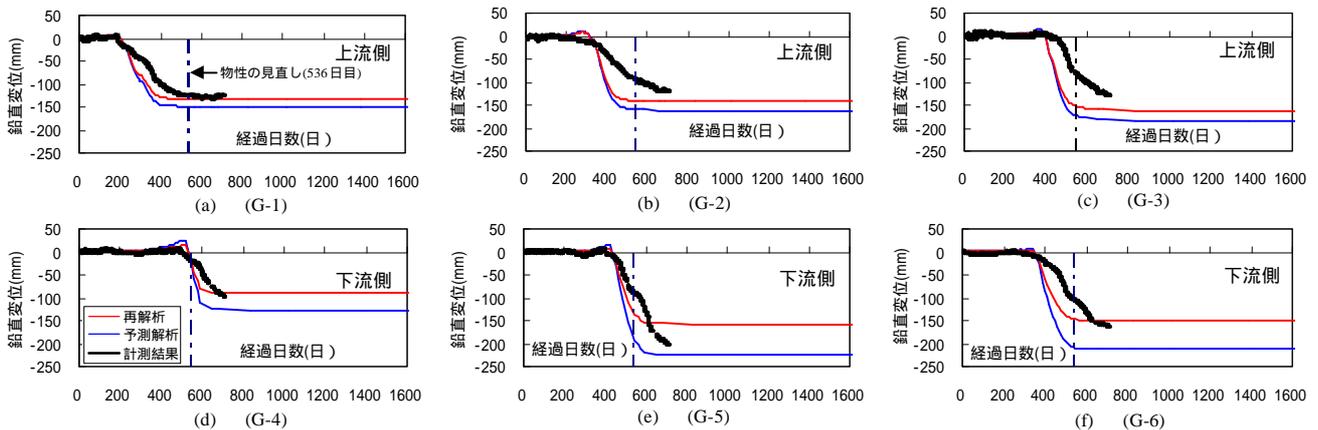


図-5 既設堤体の沈下量の解析結果と計測結果の比較

4. おわりに

山口貯水池堤体強化工事において実施している情報化施工管理のうち、間隙水圧による堤体の安定性評価と既設堤体の沈下挙動について述べた。これらの検討により堤体の安定性を保ちつつ、合理的な盛立計画のもと無事補強盛土盛立を完了した。今回は、予測精度の誤差を膨潤指数の不確実性によるものと見なして再解析を行ったが、今後は境界条件や初期条件も見直した解析を試みる予定である。

【参考文献】1) 田口、高田他：弾粘塑性 FEM を用いたフィルダム耐震補強工事における堤体挙動評価 第 46 回地盤工学シンポジウム pp53-58,2001 2)アースフィルダム耐震補強工事における沈下計測結果 第 57 回土木学会年次講演会 - 投稿中 - 3)長岡、高田他：アースフィルダム耐震補強工事における既設堤体内水位計測結果 第 37 回地盤工学研究発表会 - 投稿中 - 4)藤崎、田口他：アースフィルダム耐震補強工事における補強盛土盛立時の安定性検討 第 56 回土木学会年次講演会 -095(2001.10)