

(III-68) CSGの変形特性を考慮した堤体の安定性に関する一検討

建設省土木研究所 正会員 豊田 光雄
元建設省土木研究所 正会員 川口 昌尚

1. はじめに

CSG (Cemented Sand and Gravel) 工法は、現地発生材にセメントを添加・混合することにより改良盛立材として有効利用しようとするものであり、2~3のダムの仮締切堤に適用されている。CSGの応力~ひずみ関係はこれまでの数多くの実験によれば、図-1に模式的に示すようにコンクリートとフィル材料両者の特徴を兼ね備えており、ピーク強度に達した後は緩やかに強度を減じ(ひずみ軟化)、やがて一般の粗粒材料と同様な強度特性を示すようになる¹⁾。

本報文はCSGの変形特性(ひずみ軟化特性)を変形解析に導入し²⁾、フィルダムとの比較、CSG堤体あるいは基礎地盤の変形係数が変化した場合の解析結果について検討したことを述べるものである。

2. 解析内容

CSG工法による堤体(堤高30m)を想定し、基礎地盤(深さ20m)を含めた解析モデルを作成した。

表-1に解析に用いた堤体および基礎の物性値を示す。ここでCSGの変形特性は、図-1の実線に示すようにピーク強度までを弾性領域、ピーク強度から主ひずみ5%までを軟化過程(この間の強度はピーク強度と残留強度の間で主ひずみに応じて内挿)、それ以降を塑性領域とした。さらに、せん断強度あるいは引張強度を越えた要素に対しては、超過した応力を周囲の要素に再配分している。なお、計算方法はFEMによる2次元平面ひずみ、一括荷重載荷方

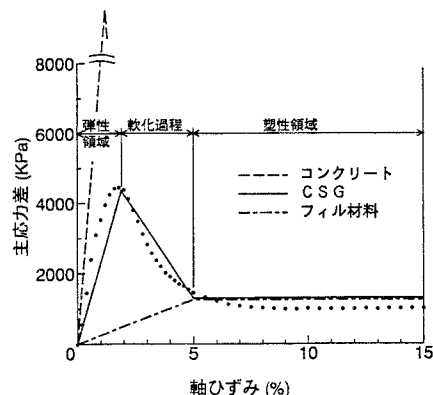


図-1 応力~ひずみ関係のモデル化

表-1 解析に用いた物性値

基礎地盤	砂礫基礎	軟岩基礎	
変形係数 E (MPa)	147	490	980
* μ 比	0.4	0.4	0.3
強度 (ϕ)	44°	44	47

堤体	ロックフィル	CSG堤体
変形係数 E (MPa)	147	196 412 980
* μ 比	0.4	0.2
ピーク (ϕ)	40°	50
強度 (C)	0 (KPa)	147
残留 (ϕ)	40°	46
強度 (C)	0 (KPa)	49
引張強度	- (KPa)	81

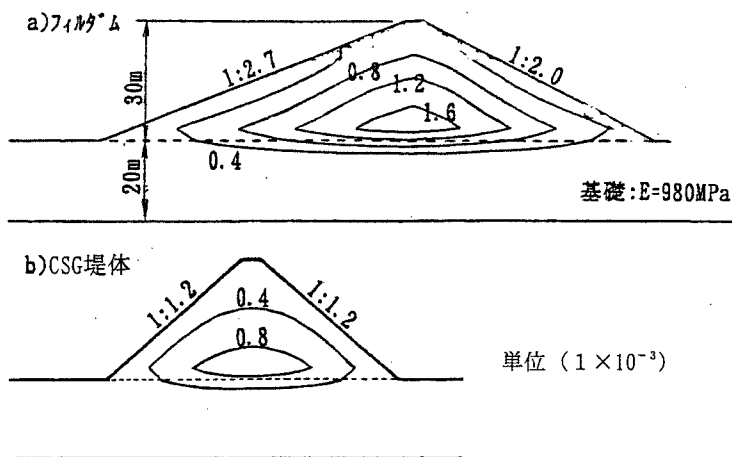


図-2 各構造物の主ひずみ分布

キーワード: CSG, 変形特性, 変形解析, フィルダム

連絡先: 〒305 つくば市旭一番地, TEL (0298) 64-2211, FAX (0298) 64-0164

式で行い貯水および地震等の外荷重は考慮していない。

3. 解析結果

3-1 構造物の違いによるひずみ分布等の比較

図-2は軟岩基礎(変形係数 $E=980\text{MPa}$)上に、a)フィルダム、b)CSG堤体を想定した場合の解析結果である。解析の主眼がCSGの応力～ひずみ関係にあり、さらにひずみ軟化過程の追跡を目指していることから、解析領域内の主ひずみ分布(等値線図)ならびに破壊領域の分布に着目した。破壊領域の定義としては、引張強度に達した要素を引張破壊領域、CSG堤体においてピーク強度に達した以降の要素をひずみ軟化領域とした。主ひずみの分布形状は、フィルダムおよびCSG堤体とも同様の傾向を示している。CSG堤体では、主ひずみの大きさはフィルダムに比べ約半分となり、ひずみ軟化領域を生じる要素は認められない。

3-2 CSG堤体の変形係数の違いによるひずみ分布等の比較

図-3は砂礫基礎(変形係数 $E=147\text{MPa}$)上にCSG堤体を想定し、堤体の E を a) $E=196$, b) $E=412$, c) $E=980\text{MPa}$ とした場合のひずみ分布等を示したものである。堤体と基礎の E がほぼ同等(図-3. a))であれば、ひずみ分布もなめらかであり破壊領域もない。これに対して堤体の E が大きくなると(図-3. b)) 堤底中央部にひずみ軟化領域が現れ、さらに大きくなると(図-3. c)) 破壊形態は引張に転じる傾向を示す。

3-3 基礎の変形係数の違いによる点安全率の比較

基礎の変形係数を種々変化させながら、図-2と同様の解析を行った。図-4は堤体および基礎の各要素内でせん断破壊に対する点安全率 F_s を定義し、基礎の E の変化に対する点安全率(最小値)の推移を調べたものである。CSG堤体部(図中□印)では基礎の E の増加とともに点安全率が向上し、基礎部(■)も安定した安全率が得られている。CSG堤体やフィルダム(○印の $F_s < 1$ は法面表層のみ)では砂礫基礎や軟岩基礎の場合にも柔軟な対応が可能と考えられる。

4. まとめ

CSGの応力～ひずみ関係を用いて解析した結果、CSG堤体は 1). 軟岩基礎上では堤高30mまで破壊領域は生じず、2). 砂礫基礎では堤体の変形係数を砂礫と同等に近い状態におくことを配慮すれば、安定性上の問題はないことがわかった。今後、CSG物性値の再検討や構造物に作用する荷重条件を与えて、解析を行っていく必要があると考えられる。

参考文献：1) 中村 昭, 豊田光雄, 佐藤小次郎: "CSGの工学的性質に関する実験的検討", ダム技術, No. 96, 1994, 2) 川口昌尚, 豊田光雄, 中村 昭, 山本裕之: "軟化過程を考慮したCSGの力学モデルと基礎的解析", 土木学会第51回年次学術講演会, 1996. 9

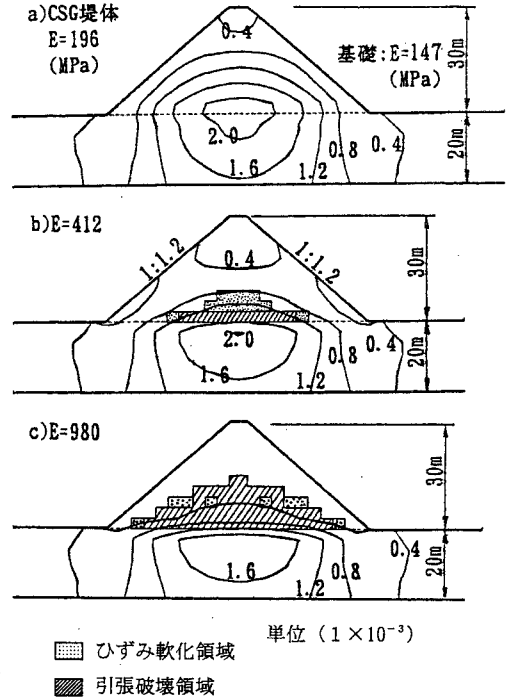


図-3 堤体の変形係数と主ひずみ分布等の推移

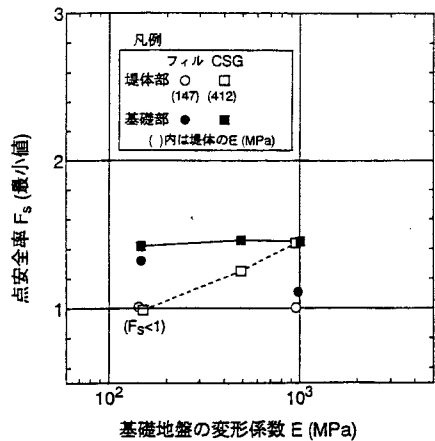


図-4 基礎の変形係数と点安全率