

Ⅲ - B 329

外荷重を考慮したCSG構造物の応力解析

戸田建設(株)（元建設省土木研究所） 正会員 川口 昌尚
建設省土木研究所 正会員 豊田 光雄

1. はじめに

CSG (Cemented Sand and Gravel) 工法とは、現地発生材にセメントを添加混合することにより強度増加を図り、改良盛立材料として有効利用を図るものである。CSGの応力ひずみ関係を考慮したCSG構造物の有限要素法による安定解析について、筆者らはCSGの自重のみを考慮した解析を過去にいくつか検討してきているところである¹⁾が、外荷重を考慮した解析は行っていない。本報文は、CSG構造物における外荷重を考慮した解析事例について述べる。

2. 荷重条件の設定

CSGにより自然越流型の中規模ダムを築造する場合を想定した。解析断面を図-1に示す。CSG構造物において考慮する荷重を以下に示す。また重力式コンクリートダムおよびロックフィルダムとの比較を表-1に示す。

(1) 自重

重力式コンクリートダムではコンクリートの単位体積重量をその自重とし一定とするが、フィルダムでは浸潤面の上下で湿潤重量と飽和重量を用いる。CSG構造物ではフィルダムと同様に湿潤重量と飽和重量の2種類が考えられるが、堤体表面は漏水を防ぐ目的で外部コンクリートなどにより遮水するため、ここでは堤体全体に湿潤重量を適用した。

(2) 静水圧

フィルダムの場合は間隙水圧として評価するが、CSG構造物では堤体上流を遮水するためコンクリートダムと同様に表面力として取り扱う。

(3) 地震時動水圧

フィルダムでは考慮しないが、CSG構造物ではコンクリートダムと同様に表面力として取り扱う。設計震度は安全側となるゾーン型フィルダムの基準を用いた。また上流面が緩勾配であるため、動水圧を求める実験式としてはZangerの式を用いた。

(4) 地震時慣性力

ゾーン型フィルダムの基準に準拠するものとした。

(5) 揚圧力

フィルダムの場合は間隙水圧として評価されるため考慮しない。CSG構造物は堤体表面を外部コンクリートなどにより遮水し、さらにはダム上流端で連続地中壁などにより遮水が行わ

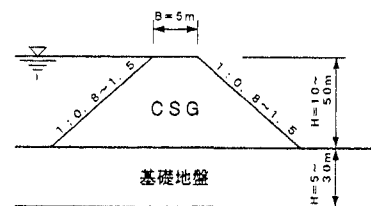


図-1 解析断面

表-1 荷重条件の比較

	C S G	重力式コンクリートダム	フィルダム
自重	○ (湿潤、飽和密度の2種類)	○ (単位体積重量)	○ (湿潤、飽和密度の2種類)
静水圧	○ (表面力として作用)	○ (表面力として作用)	○ (水重は物体力として作用)
地震時動水圧	○ (設計震度はゾーン型フィルダムに準拠)	○	
地震時慣性力	○ (ゾーン型フィルダムに準拠)	○	○
揚圧力	○ (排水孔のない重力式コンクリートダムに準拠)	○	
泥圧	○ (重力式コンクリートダムに準拠)	○	
間隙圧			○

キーワード：CSG、応力解析、ひずみ軟化、荷重条件

〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設(株) 川口 TEL 03(3535)1612 FAX 03(3564)0730

れる。また場合によっては基礎地盤との接触面を、遮水性の高い外部コンクリートによって施することも考えられる。以上から排水孔のないコンクリートダムの場合に準拠するものとした。

(6) 泥 圧

フィルダムでは考慮されないが、CSG構造物ではコンクリートダムに準拠して取り扱うものとした。泥土の堆積厚さは上流水深の1/2とした。

3. 解析条件

CSGの材料特性はピーク強度までを線形弾性、ピーク強度から主ひずみ5%までを線形の軟化過程、それ以後は残留強度一定の完全塑性としてモデル化した。ピーク強度および残留強度時のせん断強度は Mohr-Coulomb 型の降伏基準に従うものとし、軟化過程のせん断強度は、ピーク強度と残留強度から主ひずみ量をパラメータとして中央内挿により決定する。このせん断強度を越えた応力は周囲の要素に再配分される。引張強度はせん断強度の1/20とし、これを越える応力が発生した場合は引張破壊しているものと見なし、その最小主応力を0とした応力再配分を行った。解析条件を表-2に示す。荷重条件は表-3に示す組み合わせについて解析を行った。また比較のため堤高、地盤条件を変化させた解析も行った。

4. 解析結果

代表的な解析結果の破壊領域図を図-2に示す。すべてのケースでCSGの弾性係数は基礎地盤より小さく設定したため、堤体内部にはどのケースにおいても大きな破壊領域は発生せず、上流側尻付近の堤体内の小さな引張破壊と基礎地盤内の引張破壊を生じるケースがほとんどであった（図-2(a)）。特異的なケースとしては、堤高が高い場合（図-2(b)）上流法尻部付近の堤体内に小さなせん断破壊を生じたことと、基礎地盤が河床砂礫の場合（図-2(c)）に上下流堤趾部付近の基礎地盤内にせん断破壊が生じたこと以外はまったく同じ破壊形態であった。破壊がまったく生じなかったケースは地震力を考えない場合と堤高が低い場合であった。なお、揚圧力、泥圧による影響は少なかった。

5. まとめ

CSG構造物の安定性を検討するため、軟化過程を考慮した解析方法により外荷重を想定して検討した結果、安全性に与える影響の大きい荷重条件は地震力であり、揚圧力、泥圧の影響は小さいことがわかった。これらより軟岩以上の基礎岩盤ならばこれらの外荷重条件下でも、ある一定高さ以下のCSG構造物ならば安全に築造することが可能と推測される。なお、CSG構造物において考慮すべき外荷重については、今後検討を加えていく必要がある。

参考文献 1) 豊田光雄、川口昌尚；CSGの変形特性を考慮した堤体の安全性に関する一検討、第25回関東支部技術研究発表会講演概要集、1998.3

表-2 解析条件

形状 寸法	堤高(m)	10~50
	法勾配	1:1.2
	堤頂幅(m)	5
基礎	厚さ(m)	5~30
	上流水深(m)	5~30
	下流水深(m)	0
強度 変形 特性	単位体積重量(t/m^3)	2.25
	C ピーク強度時粘着力(kPa)	137
	" 内部摩擦角($^{\circ}$)	50
	S 残留強度時粘着力(kPa)	49
	" 内部摩擦角($^{\circ}$)	50
	G 弾性係数(MPa)	118
	ポアソン比	0.25
	引張強度(kPa)	37.8
	基礎 単位体積重量(t/m^3)	2.2
地盤	粘着力(kPa)	0~981
	内部摩擦角($^{\circ}$)	40
	弾性係数(MPa)	196~981
	ポアソン比	0.3

表-3 荷重条件の組合せ

自重	○	○	○	○	○	○
静水圧	○	○	○	○	○	○
地震時動水圧	○	○	○	○	○	○
地震時慣性力	○	○	○	○	○	○
揚圧力	○	○	○	○	○	○
泥圧	○	○	○	○	○	○

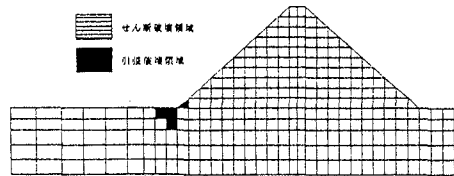


図-2(a) 破壊領域図

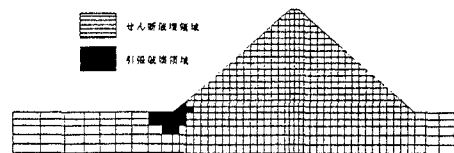


図-2(b) 破壊領域図(堤高50m)

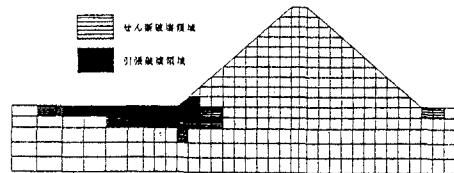


図-2(c) 破壊領域図(河床砂礫基礎)