

急斜面上における新設道路（軽量盛土工）の安定検討

国土交通省出雲工事事務所 正会員

西村 明

（元 苫田ダム工事事務所）

㈱荒谷建設コンサルタント 正会員

田中 俊彰

㈱荒谷建設コンサルタント 正会員

○福光 年宏

1. はじめに

苫田ダムでは、急斜面上の新設道路において長大な法面や大規模な構造物に替わる工法として、小断面化が可能な気泡モルタルを直壁構造で盛土する工法（組立自立式外壁コンクリート型枠パネル工法）^{1) 2) 3)}が採用されている。

軽量盛土工は、施工性、経済性、軽量化の点から近年施工実績は増加傾向であり、設計施工指針も日本道路公団及び土木研究所を中心とした各種機関により近年整備されている。

しかし当現場では、床掘断面に合わせたもたれ構造のため安定性において不明確な点が多く、安定計算では種々の検討がなされてきた。本研究では、それらの経緯も踏まえ、実用化に向けた設計を行う上で、基本構造の決定と安定計算の合理的な解析手法についてとりまとめたものである。

2. 気泡混合土

気泡混合土は、セメント、砂、水から構成されるスラリー状のモルタルに気泡を混入して作製するもので、軽量性、施工性、流動性に優れた材料である。特徴としては、次の通りである。

- ① 小規模なプラントにより、500mまでポンプ圧送可能で広範囲な施工と省力化が図れる。
- ② 硬化後は自立性を有しているため、構造物の小断面化が図れる。
- ③ 軽量であるがダム等の貯水池内にも単位体積重量を調整する事により柔軟に対応できる。
- ④ 流動性の材料であるため敷均し、締固め作業の省力化が図れる。

3. 擁壁基本形状

垂直な外壁面をもつ構造の気泡混合土の施工実績より、最大盛土高9m、天端調整擁壁最大高3m、台座コンクリート最大高3mとし、擁壁高さを5～15mの構造形式として計画した。気泡混合土と接する地山の背面勾配は、施工性から土砂部1:0.6、軟岩部1:0.3の床掘断面に合わせた構造として、内的安定計算、外的安定計算、地震時安定計算のトライアルにより、気泡混合土の底版幅を最低2m以上とする基本断面構造とした。

4. 地山補強

擁壁の外的安定計算（円弧滑り検討）より、地山補強が必要となる場合は、支圧版ロックボルト工法等により床掘断面または擁壁前面の地山補強を行い必要な安全率を確保する設計とした。

5. 内的安定検討

安定検討では、以下の計算手法により計算している。

(1) 地盤支持力の等分布評価

従来の擁壁安定計算は、合力の作用位置が底版から外れた擁壁の場合、地盤支持力の算出は不能である。一方、弾性地盤上のもたれ式擁壁は、地盤係数法により地盤反力度が算出できる。

$$qv_{\max} = 1.1V/B^{1)} \quad (V: \text{鉛直合力} \quad B: \text{底版幅})$$

そこで当現場のような剛性が高い軟岩の掘削面では、反力は均一であり、等分布として評価できるものとし、計算を簡便化した。

(2) 荷重伝達評価

斜面上に働く鉛直荷重の扱いとして、水平方向への分力を考慮する必要がある、水平面と斜面部の躯体を分割して考えることで荷重を分力の伝達として整理した。

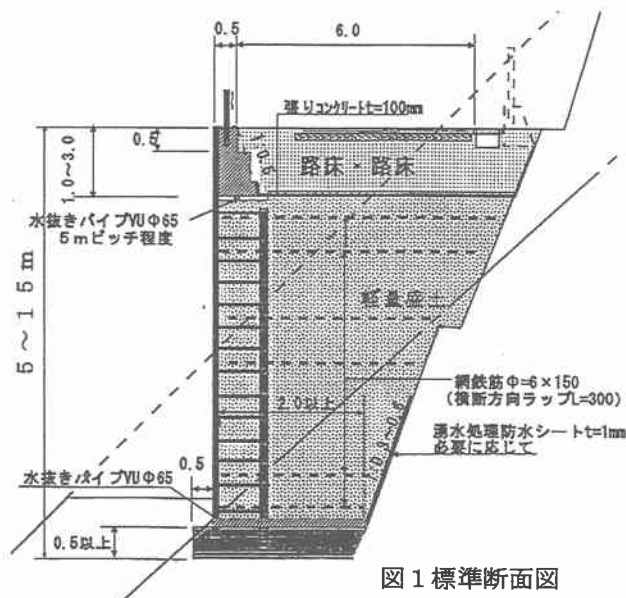


図1 標準断面図

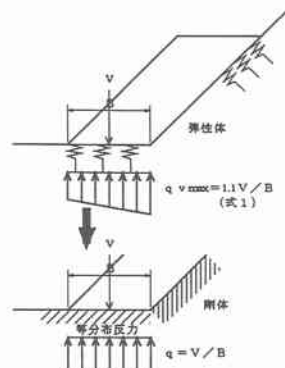


図2 底版反力モデル

A部（上載荷重を含む躯体本体）：斜面上部のブロック②は、摩擦抵抗の不足分はすべり力として下方ブロック①へ伝達され、水平分力、鉛直分力が荷重に加算される。

B部（小段の扱い）：小段の水平面はA部と同様に滑動及び鉛直荷重に対し抵抗する。しかし小段の局部破壊や施工性を考慮し、滑動においては1/2の抵抗、鉛直支持においては下方水平面までの直線すべりを想定し、安全率の不足分が下方へ伝達すると仮定した。この結果により上部ブロックからの鉛直荷重は小段で途切れることなく下方へ抵抗不足分が伝達される。

地震時は、各ブロックに水平慣性力を加算して同様の計算手法により計算する。

(3) 自立高さの設定

一軸圧縮強度 $q_u = 1\text{N/mm}^2$ の材料を使用しているが、コンクリートほどの強度はなく、盛土の内部応力によるひび割れやせん断破壊が生じない躯体高さとする必要がある。最大盛土高さの設定を、許容圧縮応力と内部せん断応力の2点について検討した。

端趾圧の許容圧縮応力は永久構造物としての安全率3とした場合、一軸圧縮強度 q_u の1/3の 330KN/m^2 となり、底板反力が軟岩の許容地盤支持力である 300KN/m^2 を満足することで確認できる。

次に内部せん断応力について、気泡モルタルの材料特性から粘性土とし粘着力を求め、安全率を3とし、上載荷重も含めた躯体のすべり計算により盛土高さを算出する。計算結果は、天端擁壁3m、軽量盛土高9m、全高12mの場合 $F_s = 3.05$ となった。躯体内の滑り計算に使用する粘着力は、無筋コンクリートの平均せん断応力度算出式を適用⁵⁾し、以下の方法で決定した。

$S = \sigma c k / 100 + 0.15 = 1.0 / 100 + 0.15 = 0.16\text{N/m}^2$ クーロン式より ϕ を 0° とした粘着力 c を求める。
 $S = c + \sigma \tan \phi \rightarrow c = S = 160\text{KN/m}^2$ (S : せん断強さ $\sigma c k$: コンクリートの設計基準強度
 σ : せん断面に作用する全垂直応力 c : 粘着力 ϕ : せん断抵抗角)

6. おわりに

- 軽量盛土工法は、他の工法と比較して
- ①道路断面の小規模化による土工事の省力化
- ②軽量化による地盤支持力の軽減
- ③大型建設機械や型枠が必要ない仮設工事の簡素化
- ④のり面の縮小による自然環境の保護

などの長所があり、今後の斜面上の道路計画において有効な工法と考えられる

また外壁構造は、盛土体の外壁面として雨水等の浸透防止により内部劣化防止と、人力施工を可能とする形状および重量で、組立と同時に自立する事により、安全性と施工性の効率化を図る組立自立式外壁パネル工法が採用されている。その構造は、凹凸状の鋼製スライドガイドを有するパネルを段違いの並列に組立て、パネルと構造体に埋込んだ鋼材を溶接により一体化するものである。

【参考文献】

- 1) 特許出願登号：組立自立式外壁コンクリート型枠パネル工法 特開平 11-293688
- 2) 気泡混合土を用いた組立自立式外壁コンクリート型枠パネル工法の開発
ダム技術「現場報告」 NO.163 4月号
- 3) 組立自立式外壁コンクリート型枠パネル工法の開発 第50回 中国地方建設局管内技術研究会
- 4) 右城 猛：新・擁壁の設計法と計算例（理工図書）
- 5) 道路土工擁壁工指針（日本道路協会）

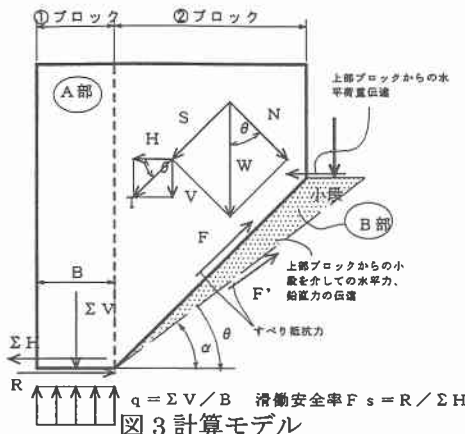


図3 計算モデル

表1 計算結果例

常時安定計算		底版ブロック			小段部すべり計算
ブロック安定計算	小段部すべり計算	W2	W1	計	
躯体等の重量 $w = 22.000$ $W (\text{kN/m}^3)$	336.331	186.120	276.125	462.245	上部ブロック過重+すべり土塊の重量 $\Sigma V + w (\text{kN/m}^3)$
躯体背面勾配 $\theta = 43.5$	59.0	0.0			小段すべり角度 $\theta = 43.5$
躯体底面に平行な力 $S = W \cdot \sin \theta (\text{kN/m}^3)$	231.515	159.536	0.000		すべり面に平行な力 $S = W \cdot \sin \theta (\text{kN/m}^3)$
躯体底面に垂直な力 $N = W \cdot \cos \theta (\text{kN/m}^3)$	243.966	95.859	276.125		すべり面に垂直な力 $N = W \cdot \cos \theta (\text{kN/m}^3)$
摩擦係数 $\mu = \tan 40.0$	0.839	0.7	0.7		内部摩擦角による抵抗係数 $\tan \phi$
躯体底面の摩擦力 $F = N \cdot \mu (\text{kN/m}^3)$	203.312	67.101	193.288		すべり面の抵抗力 $F = N \cdot \tan \phi + c \cdot L (\text{kN/m}^3)$
滑り力 $T = S - F (\text{kN/m}^3)$	1.203	92.435	0.000		滑り力 $T = S - F (\text{kN/m}^3)$
躯体に作用する鉛直力 $V = T \cdot \sin \theta (\text{kN/m}^3)$	0.828	79.232	276.125	356.185	躯体に作用する鉛直力 $V = T \cdot \sin \theta (\text{kN/m}^3)$
躯体に作用する水平力 $H = T \cdot \cos \theta (\text{kN/m}^3)$	0.873	47.607	0.000	48.480	躯体に作用する水平力 $H = T \cdot \cos \theta (\text{kN/m}^3)$
躯体底面滑動抵抗力 $R = V \cdot \mu (\text{kN/m}^3)$	0.580	55.462	193.288	248.750	躯体底面滑動抵抗力 $R = V \cdot \mu (\text{kN/m}^3)$
滑動に対する安全率 $F_s = \Sigma R / (\Sigma H + h)$				3.413	$F_s = \Sigma R / (\Sigma H + h)$
下方への水平伝達荷重 $1.5 \times (\Sigma H + h) - \Sigma R (\text{kN/m}^3)$				0.000	
地盤反力度 $q = \Sigma V / B (\text{kN/m}^2)$				178.093	
					底版幅 (B) = 2.000m