

常時および地震時における石積み (ブロック) 擁壁の

安全性検討方法に関する一考察 (その 1)

A study on the safety investigation method of masonry (block) retaining walls at ordinary and earthquake (Part 1)

松葉 美晴^{*}、長谷部 要^{**}、谷井 豊^{**}、小田嶋 裕^{***}

Matsuba Yoshiharu, Hasebe Kaname, Tanii Yutaka, Odazima Yu

^{*}正会員、技術士、株式会社 和建設事務所・新潟 (〒950-0087 新潟市中央区東大通 2-5-1)

^{**}株式会社 和建設事務所・新潟 (〒950-0087 新潟市中央区東大通 2-5-1)

^{***}RCCM、株式会社 和建設事務所・本社 (〒160-0023 東京都新宿区西新宿 3-2-11)

Key Words : 示力線解法、仮想投影底版、擁壁背面の地盤反力、レベル 2 地震動、裏込め材の沈下

Key words: force line method, virtual projection bottom plate, ground reaction force behind the retaining wall, level 2 ground motion, sinking of backfill material

1. 研究概要

現在、石積み (ブロック) 擁壁に関しては、構造物としての明確な安全性の確認方法がなく、所謂、「経験に基づく設計法」における標準断面形状の範囲であれば、実際の現場では使用してよいとされている。(道路土工 擁壁工指針「平成 24 年度版」P170~。) しながら、現場での使用範囲は、結構曖昧で、場合によっては、この範疇を超える擁壁形状で独自に運用している自治体もあり、設計上、その評価が分かれることがしばしば見られるところである。

よって、本研究では、既存の計算方法と現行の擁壁計算方法などを比較して、それらの得失を明確にし、誰にでも簡単に検証できる安全性の確認方法を新たに考案・提案するものである。また、現行では必要ないといわれる条件 (=地震時) にも適用し、既往の動的実験結果を参考に、レベル II 対応にも可能となる具体的な補強方法に関して実務式の誘導を、敢えて試みることにした。

2. 現行のブロック積擁壁の標準形式 (旧建設省基準)

「道路土工 擁壁工指針 (平成 24 年度版)」では通常のブロック積 (石積) 擁壁は以下の「経験に基づく設計法」により行うものとする。とある。

1) 積ブロックは、擁壁の要求性能を満足するための強度、施工性、耐久性を有していなければならない。

2) 背面勾配は、直高に応じて下表により定めるものとする。

表 1. 直高と壁面勾配の関係 (控長 35cm 以上)

直高(m)		~1.5	1.5 ~3.0	3.0 ~5.0	5.0 ~7.0
壁面 勾配	盛土	1:0.3	1:0.4	1:0.5	—
	切土	1:0.3	1:0.3	1:0.4	1:0.5
裏込コンクリート厚 (cm)		5	10	15	20

3) 擁壁背面には裏込コンクリートを設けるものとし、その厚さは前表の値を基本とし、原則として等厚とする。

4) 積みブロックの積み方は、原則として練積で谷積にするものとする。

5) 裏込材は透水性の良い材料を使用するものとする。

6) 基礎には、砕石等を敷き均した上に基礎コンクリートを設置するものとする。

7) 擁壁天端には、原則として天端コンクリートを設けるものとする。

8) 積みブロックを除く各箇所に使用するコンクリートの設計基準強度は、18N/mm² 程度以上とする。

「経験に基づく設計法」では安定検討のうち、転倒

及び滑動に関しては上述した諸条件に合致すれば計算を行わないこととしている。

「旧建設省制定 土木構造物標準設計第2巻 擁壁類」においても擁壁工指針に準じた形で標準断面図が制定されている。

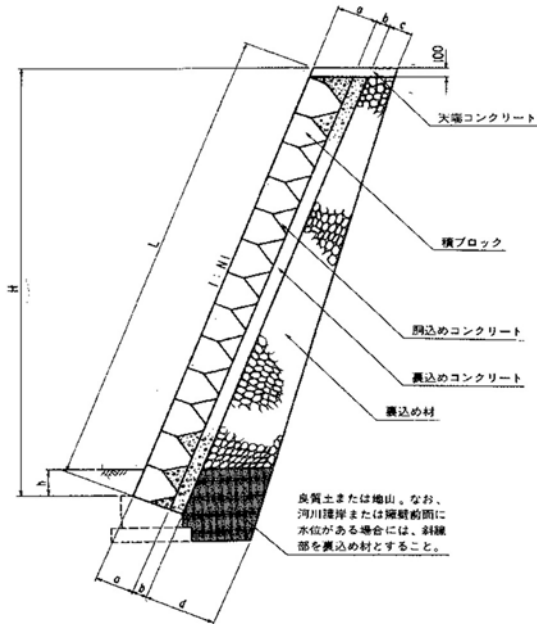


図1. ブロック積擁壁標準断面¹⁾

3. 東京都におけるブロック積護岸の事例

東京都が管轄するある地域の河川においては、河川整備断面に合わせて壁面が 1:0.5 のブロック積護岸が多用されている。断面構造は前記の「旧建設省制定 土木構造物標準設計第2巻 擁壁類」に準拠しているものと思われる。計画護岸高に比べ周辺地盤が高い場合、用地の制約等によりブロック積護岸を周辺地盤高まで築造するのではなく、ブロック積護岸天端（計画高水位以上）にコンクリート造の取付擁壁（直壁タイプ）を設け高低差処理を行っている場合が散見される。

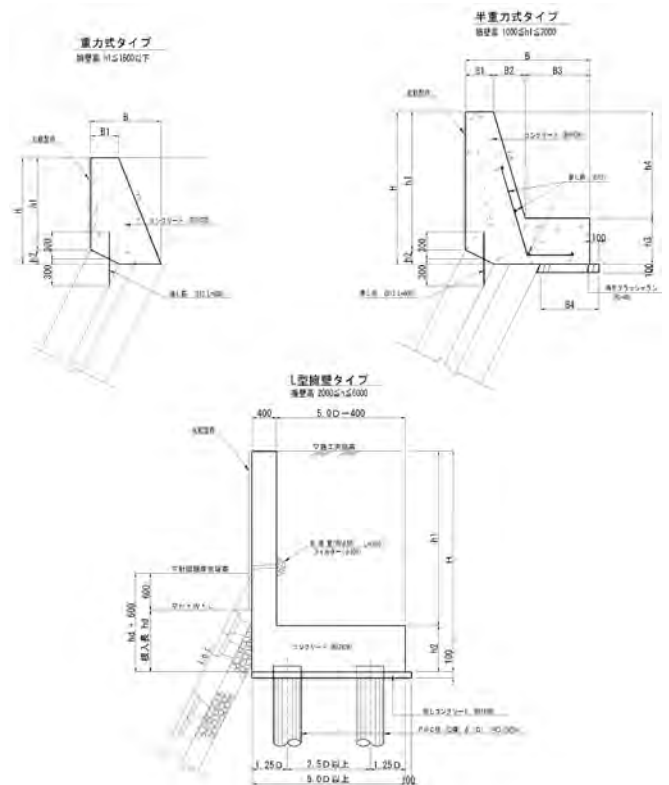


図3. 堤防取付擁壁工参考図²⁾



写真1. ブロック積護岸上の取付擁壁（例）

4. ブロック積（石積）擁壁に関する課題

ブロック積擁壁の転倒・滑動等の安全性を検証する計算手法が現在はない。従って標準設計外の条件においては手の施しようがないのが現状である。よってここでは既存の計算方法（擁壁工指針で示されているもたれ式擁壁）を利用してその安全性を確認するものとする。

(1) 計算結果（モデルは標準設計とする）

計算ソフトはFORUM8の「擁壁の設計 Ver.17」を使用した。下記に計算条件（各条件は擁壁工指針に準じている）を示す。

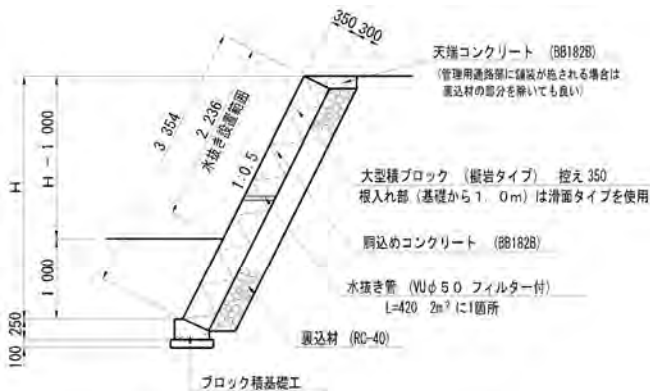


図2. ブロック積工構造図²⁾

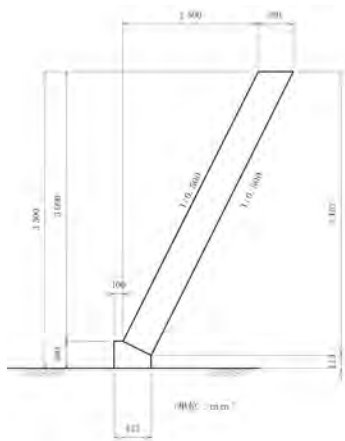


図 4. 断面形状

背面土：砂質土

$$(\gamma = 19 \text{ kN/m}^3, \phi = 30^\circ, C = 0 \text{ kN/m}^2)$$

背面土砂形状：水平

載荷荷重： $q = 10 \text{ kN/m}^2$

水位：考慮しない

土圧式：試行くさび法（クーロン土圧）

底板と支持地盤の間の摩擦係数： $\mu = 0.6$

底板と支持地盤の間の付着力： $C_B = 0.0 \text{ kN/m}^2$

安定検討結果を下表に示す。

表 2. 安定計算結果（転倒）

荷重状態	ΣMr ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	ΣMt ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	ΣV (kN)	d (m)	e e_a (m)	判定
常時	26.954	20.749	27.821	0.223	-0.016 \leq 0.000	○

荷重状態	偏心量 e(m)	有効載荷幅 B'(m)
常時	-0.016	0.381

表 3. 安定計算結果（滑動）

荷重状態	鉛直荷重 ΣV (kN)	水平荷重 ΣH (kN)	安全率 Fs	必要安全率 Fsa	判定
常時	27.821	18.863	0.885	\leq 1.500	×

(2) 考 察

計算の結果、計算モデルは「経験に基づく設計法」の範囲内であるにもかかわらず、滑動において必要な安全率を満たさない結果となった。この主な理由としては、本計算方法は、ブロック積擁壁の実情を反映した計算方法になっていないためだと思われる。その要因としては下記の項目が考えられる。

① 摩擦係数 μ

実際の基礎底面の摩擦係数は設計で用いている値 ($\mu = 0.6$) より大きい。摩擦係数は $\tan \phi_B$ で表されるが、これを逆算 ($\phi_B = \phi$ 、土とコンクリートの間に栗石を敷く場合) すると ϕ はおおよそ 30° となる。よって擁壁工指針に示されている砂質土の値を基準にしていると考えられる。

なお、 $\phi = 30^\circ$ から逆算し N 値を求めた場合、 $N = 15$ となる (道路橋示方書 1996 年版以前で採用されていた $\sqrt{15N} + 15$ を使用)。支持層は砂層の場合、N 値が 30 程度以上 ($\phi \geq 36^\circ$) あればよい⁴⁾ とされていることから摩擦係数 μ は 0.6 より大きくなるものと考えられる。

但し、以上は、他の擁壁形態でも言えることではあるので、この要素は主要なものとは言えない。

② 受動土圧

擁壁工指針に拠れば、ブロック積み擁壁前面の受動土圧は洗掘や人為的な掘返し等の恐れがあるため考慮しない (一般に受動土圧を考慮できる仮想地盤面は前面地盤より 1m 以上深い位置に設定するのが望ましい) こととなっている。が、実際には基礎コンクリートを含めた根入れがあり受動土圧が作用し滑動抵抗として考慮することができる筈で、設計手法としては安全側過ぎの配慮のため実情を反映していないのではないかとと思われる。再検討に値する要素ではないかと考える。

③ 裏込材の影響

計算モデルでは擁壁のすぐ背面は地山として計算を行っているが、実際は擁壁背面の排水処理のために 30cm 以上の裏込材 (RC-40 等の碎石) が設けられている。文献⁰⁾に拠れば裏込材の背面土圧低減効果が確認されているが、本計算モデルにはそれが反映されていない。

④ ブロック積擁壁のもたれ効果を反映していない

ブロック積擁壁以外の擁壁では、躯体等に抛る鉛直荷重を支持している地盤は底板直下のみと考えているが、ブロック積擁壁では、躯体背面にもたれることによって背面土においても支持されている。この要素を計算上加味していないことが、計算結果と現実との乖離が生じていることの要因であると考えられる。

(3) その他の問題点：上載荷重の取扱が不明瞭

擁壁工指針では通常、常時においては道路を設ける場合には車両載荷重 (10kN/m²) を上載荷重として見込むこととなっている。よって「経験に基づく設計法」(国交省)においても擁壁の上部に道路を設ける場合には上記の上載荷重を見込んでいるものと思われるが、明確な記述がない。

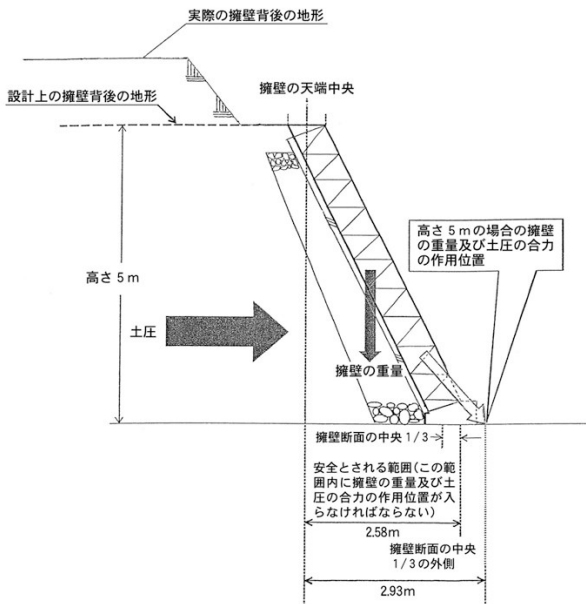


図 6. 擁壁の設計が適切でないもの⁵⁾

過去の会計検査院における検査では、ブロック積擁壁背面に盛土 (= 加載荷重) があることから構造不適合との指摘を受けた例⁵⁾がある。

前述の「2.東京都におけるブロック積護岸の事例」に示したようなブロック積擁壁天端に直接重力式等の擁壁を築造する形式の場合、国交省標準設計での上載荷重の最大値 (= 車両荷重) を超えるため、計算による安定性の評価ができない。

5. 結論

以上のことから既存の計算方法 (示力線解法、もたれ式擁壁) では、①国交省の標準設計 (= 擁壁工指針)、②東京都で一部使用されている独自の標準断面、共に安定性の評価ができない。

よって本研究では前述の考察で示した各要因を考慮した新たな計算方法を模索することとした。

参考文献

1. 土木構造物標準設計第2巻 擁壁類 社団法人 全日本建設技術協会 (平成12年9月), P.2-1
2. 国土交通省土木研究所 建設マネジメント技術研究センター建設システム課土木構造物標準設計Q & A : https://www.zenken.com/syuppan/hyoujyunsekkei/q&a/qa02_2.htm
3. 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 公益社団法人 日本道路協会 (平成29年11月) P.177
4. 港湾・空港等整備におけるリサイクル技術指針 港湾・空港等リサイクル推進協議会(平成16年3月) P.2-38
5. 会計検査院 HP (平成20年度決算結果報告 擁壁の設計が適切でないもの)
6. 道路土工 擁壁工指針 (平成24年度版) 公益社団法人 日本道路協会 (平成24年7月)