

VI-4

直積み大型異型ブロックの
垂直荷重算定に関する一考察

ソーコンサル(株)	正員	能町	暁彦
室蘭工業大学	正員	松岡	健一
室蘭工業大学	正員	岸	徳光
室蘭土木現業所	正員	能町	淳彦

1. 序

コンクリート異型ブロックを積み上げて、土留の役目を行わせる場合、積み上げたブロックによる構造体が力学的に安定であるかどうかを検討することは重要な問題である。しかし、異型大型のブロック積みについては、従来準拠すべき基準が明確にされているとはいえないようである。

本報告は、ブロック積みの背面土圧とブロック構造体の自重によるつり合いをある型のブロックを対象にして検討し、最下端のブロックの支圧力と土圧に対するブロックの滑り出し抵抗を評価する方法で、この種の問題に対する一解法を試みたものである。

2. 最下端ブロックの支圧力の評価

2-1. 対象とするブロックおよび解析仮定

ここで提案する解法は任意の型式のブロックに適用可能であるが、ここでは図-1に示される型のフレックスブロックを取り上げ検討を行うこととする。

図-2にブロックの積み上げ状態を示している。通常地山とブロック背面の間は裏込め材で充填されているが、ここでは問題を簡略化するために、この裏込め材の力学的性質を地山と同一なものと仮定する。

またブロックの支圧力は基部ブロックに作用する X 、 X_b で評価することとしている。

2-2. ブロックに作用する土圧

図-2において、地表と水平となす角 i 、ブロック背面を結ぶ仮想線をAD、ADの垂直高さを H 、土の内部摩擦角を ϕ とすると、土圧合力 P_a が仮想線ADの法線となす角 δ は仮想線ADの両側が同一土と仮定しているので

$$\delta = \phi \quad \text{----- (1)}$$

クーロンの公式によれば

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma' H^2 K_a \quad \text{----- (2)}$$

$$\gamma' = \gamma + \frac{2 q_0}{H} \cos i \quad \text{----- (3)}$$

フレックスブロック詳細図

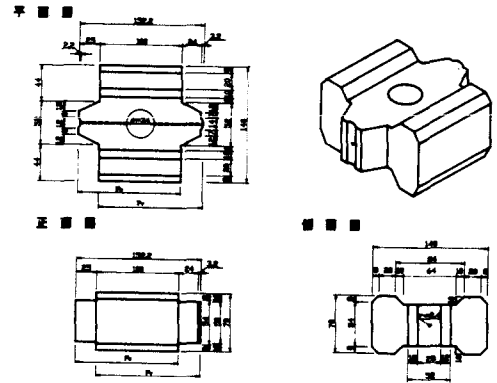


図-1

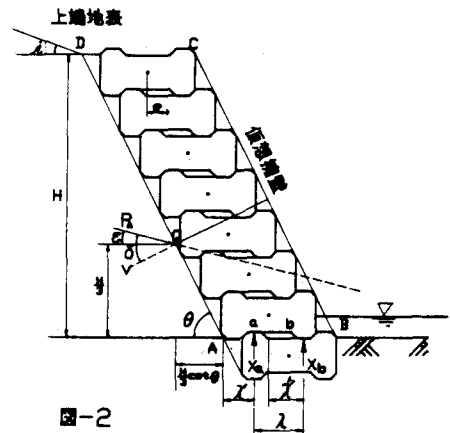


図-2

A Consideration for the Vertical Force Acting to the Retaining Wall made by Pile uped Large Blocks by Akihiko Nomachi, Kenichi Matuoka, Tokumitsu Kishi, Kyohiko Nomachi

地表面上に荷重のない場合

$$q_0 = 0 \quad \text{----- (4)}$$

主働土圧係数 K_a は

$$K_a = \frac{\sin^2(\theta - \phi)}{\sin^2 \theta \sin(\theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - i)}{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta - i)}} \right]^2} \quad \text{----- (5)}$$

上式中 θ は AD と水平とのなす角、 γ は土の単位体積重量である。

2-3. 多段積みにおける反力式の誘導

図-2の ABCD 部分の力のつり合いの中から a, b 点に作用する反力 X_a, X_b は a, b 点に関する全作用力のモーメントのつり合いをとることによって求めることができる。

a, b 点と土圧作用線 P_a の距離 r_a, r_b は次式のように示される。

$$r_a = \frac{H}{3} \cos \epsilon \left[(1 - \cot \theta \sin \epsilon) - \lambda \cos \theta \sin \epsilon \right] \quad \text{----- (6)}$$

$$r_b = \frac{H}{3} \cos \epsilon \left[(1 - \cot \theta \sin \epsilon) - (\lambda + \lambda) \cos \theta \sin \epsilon \right] \quad \text{----- (7)}$$

ここで、 λ は反力作用点間距離、 λ は 2 段目の左端から a 点までの距離、 ϵ は P_a と水平とのなす角である。

W はブロック各段毎の奥行き 1 m 当りの自重、 n は ABCD 内に存在するブロックの個数、 e は各段のブロックの重心間距離、 λ は 2 段目の重心と b 点間距離とすると反力 X_a, X_b は次のように示される。
(1 段目は基部ブロックとして地中にある。)

$$X_a \lambda = W \times n \left(\frac{n-1}{2} e + \lambda \right) - P_a r_b \quad \text{----- (8)}$$

$$X_b \lambda = P_a r_a - W \times n \left(\frac{n-1}{2} e + \lambda - \lambda \right) \quad \text{----- (9)}$$

さらに、背面の斜面角 θ が地山の内部摩擦角 ϕ と等しいとき、反力 X_a, X_b は次のように示される。

$$X_a \lambda = W \times n \left(\frac{n-1}{2} e + \lambda \right) \quad \text{----- (10)}$$

$$X_b \lambda = -W \times n \left(\frac{n-1}{2} e + \lambda - \lambda \right) \quad \text{----- (11)}$$

2-4. 基部ブロックの接触圧力

基部のブロックが上載ブロックから受ける圧力は、ブロックの接触面積を S 、奥行き 1 m 幅にあるブロックの数量を N とすれば、接触圧力 σ_a, σ_b は次式のように示される。

$$\sigma_a = \frac{X_a}{NS} \quad \text{----- (12)}$$

$$\sigma_b = \frac{X_b}{NS} \quad \text{----- (13)}$$

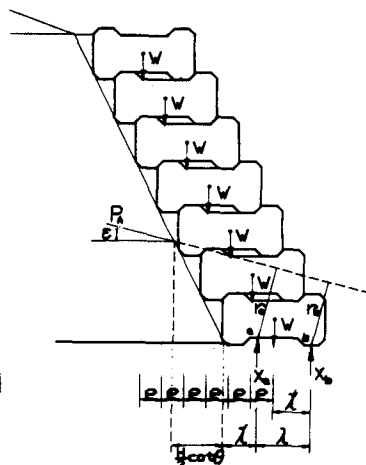


図-3

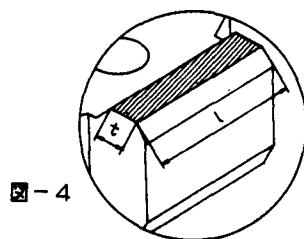


図-4

(社)日本道路協会の擁壁・カルバート・仮設構造物工指針によると許容曲げ応力度は次式によって示される。

$$\sigma_{os} \leq \frac{\sigma_{ok}}{4} \quad \text{かつ} \quad \sigma_{os} \leq 55 \text{ kgf/cm}^2 \quad (\text{無筋コンクリート}) \quad \text{----- (14)}$$

σ_{os} は許容曲げ応力度、 σ_{ok} はコンクリートの設計基準強度である。式(12),(13)によって求められた接触圧力 σ_a, σ_b が、 σ_{os} よりも小さいときにはブロック自体に支圧力の影響はない。

3. 滑り出しの検討

ブロック間の摩擦係数を μ とすれば、水平力のつり合から

$$P_a \cos \varepsilon < \mu (X_a + X_b) + \tau S_T = n \mu W + \tau S_T \quad \text{----- (15)}$$

τ はブロックのせん断抵抗応力、 S_T はブロック接触面積の総和である。上式の条件の時ブロックは滑り出さない。

4. 実際ブロックに於ける検討

上述してきた式を用いて、図-1に示すフレックスブロックを図-2のよ

表-1 土の定数表 (JRの基準より)

種 別	状 態	単位重量 [t/m ³]	水中の単位 重量 [t/m ³]	内部摩擦角 [度]	備 考
砕 石 砂 炭 が ら		1.6 ~ 1.9	1.0 ~ 1.3	35 ~ 45	1.6は石灰岩または砂岩、 2.0は切込砂利、1.2は よく締固まったもの
		1.6 ~ 2.0	1.0 ~ 1.2	30 ~ 40	
		0.9 ~ 1.2	0.4 ~ 0.7	30 ~ 40	
砂	締まったもの	1.7 ~ 2.0	1.0	35 ~ 40	ゆるい細砂、シルト質細 砂を除く
	ややゆるいもの	1.6 ~ 1.9	0.9	30 ~ 35	
	ゆるいもの	1.5 ~ 1.8	0.8	25 ~ 30	
普 通 土	かたいもの	1.7 ~ 1.9	1.0	25 ~ 35	砂質ローム、ロームおよ び砂質粘土を含む、 1.5は関東ローム
	やや軟かいもの	1.6 ~ 1.8	0.8 ~ 1.0	20 ~ 30	
	軟かいもの	1.5 ~ 1.7	0.6 ~ 0.9	15 ~ 25	
粘 土	かたいもの	1.6 ~ 1.9	0.6 ~ 0.9	20 ~ 30	粘土ローム、シルト質粘 土を含む
	やや軟かいもの	1.5 ~ 1.8	0.5 ~ 0.8	10 ~ 20	
	軟かいもの	1.4 ~ 1.7	0.4 ~ 0.7	0 ~ 10	
シルト	かたいもの	1.6 ~ 1.8	1.0	10 ~ 20	シルトロームを含む、 1.4はへどろ状のもの
	軟かいもの	1.4 ~ 1.7	0.5 ~ 0.7	0	

N=0.67個/㎡、S=0.2㎡以上の数値で式(1)~(15)を用いて計算すると以下ようになる

$$K_a = \frac{\sin^2(63.4^\circ - 25^\circ)}{\sin^2(63.4^\circ) \sin(63.4^\circ + 25^\circ)} \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(50^\circ) \sin(25^\circ)}{\sin(88.4^\circ) \sin(25^\circ)}} \right]^2 = 0.304$$

$$P_a = 0.5 \times 1.7 \times (4.2)^2 \times 0.304 = 4.56 \text{ (tf/m)}$$

$$r_a = (4.2 \div 3) \times \cos(-1.6^\circ) \times [(1 - \cot(63.4^\circ) \sin(-1.6^\circ)) - 0.48 \times \cos(63.4^\circ) \sin(-1.6^\circ)] = 1.43 \text{ (m)}$$

$$r_b = (4.2 \div 3) \times \cos(-1.6^\circ) \times [(1 - \cot(63.4^\circ) \sin(-1.6^\circ)) - 1.22 \times \cos(63.4^\circ) \sin(-1.6^\circ)] = 1.44 \text{ (m)}$$

$$X_a = [1.34 \times 7 \times \left(\frac{7-1}{2} \times 0.3 + 0.52 \right) - 4.56 \times 1.44] \div 0.74 = 9.13 \text{ (tf/m)}$$

$$X_b = [4.56 \times 1.43 - 1.34 \times 7 \times \left(\frac{7-1}{2} \times 0.3 + 0.52 - 0.74 \right)] \div 0.74 = 0.19 \text{ (tf/m)}$$

$$\sigma_a = \frac{9.13}{0.64 \times 0.2} = 71.33 \text{ (tf/m}^2\text{)}$$

$$\sigma_b = \frac{0.19}{0.64 \times 0.2} = 1.48 \text{ (tf/m}^2\text{)}$$

項目 単位	P_a t/m	X_a t/m	X_b t/m	σ_a t/m ²	σ_b t/m ²
数値	4.56	9.13	0.19	71.33	1.48

ブロックの設計基準強度 σ_{ok} を 160kgf/cm^2 とすると許容応力は $\sigma_{oa}=40\text{kgf/cm}^2$ となる。 σ_a 、 σ_b と比較評価するために、単位を合わせると $\sigma_{oa}=400\text{tf/m}^2$ となり、上表の数値と比較してみると許容応力の値が充分大きく支圧力の影響はない。

滑動に関しては、a bの位置でお互いにコンクリートであるということもあり、今回は $\mu=0.6$ 、 $\tau=0$ として計算すると

$$P_a \cos e = 4.56 < 5.59 = \mu (X_a + X_b) + \tau S$$

となり、安定である。

5. まとめ

支圧力 X_a 、 X_b の値によってブロックの前肢、後肢のいずれかに大きな力がかかっているか、あるいは正負の記号によっていずれかが浮き上がっているかの判断がつけられる。

この種のブロック積みはメーカーによらず、図-2に示すように背面に支える土砂がなければある高さ以上は自立できない。本例の場合は3個を越えるものは支えがなければ転落する。従って、 n 個積み上げる場合、 $n-3$ 個は背面の土砂に支えられ、これはまた異なった形の力として作用する。例えば土圧と似たような圧力として作用するとし、これを R_a とする。するとQ点には全体として $P_a' = P_a + R_a$ が作用することになる。また滑動についても最下段のブロックが埋められている状態であるので、フレックスブロックについては図-2の2段目の突起を乗り越えなければならない。しかし、ここで検討したブロック以外の形状を有するブロックにおいては突起のぶつかりがない場合もある。さらに、種類の数値を求めるに当たり多くの仮定条件を用いたにもかかわらず、以上求めた数値は現場施工に当たっておおむね使用できる妥当な範囲に収まっているものと考えられる。

終わりに、有益な数多くの助言をいただいた方々に謝意を表します。

<参考文献>

- ・日本道路協会：「道路土工、擁壁・カルバート・仮設構造物工指針」
- ・河上房義：「新編 土質力学」森北出版
- ・風間、青木、小野：「擁壁・カルバートの設計」山海堂