

載荷重をかける空積みブロック擁壁の実験

九州大学工学部 正員 水野高明

九州大学工学部 正員 徳光善治

九州大学工学部 学生員 政近範光

1. まえがき

空積みブロック擁壁は古くから間知石積み擁壁として、護岸、ノリ留などに盛んに用いられてきた。近年間知石に代ってコンクリートブロック擁壁が多く用いられるようになったが、その多くは練積みで空積みは簡単な土留壁として使用されている程度である。練積みの場合、完全な施工がなされておれば普通の重力壁と全く同様に取扱つてよいのであるが、一般に既成のブロックと場所打裏込めコンクリートとの完全な付着と期待することは難かしく、引張りに対してはもちろん、圧縮にも抵抗力は小さいものと考えざるを得ない。したがって設計上の取扱ひとしては普通重力壁の方法と採用し、その安全率を大きくとることが考えられているようである。設計側から見ると、空積みより練積みの方が安心され、また事実同形のブロックでは練積みの方が安定性はある。しかし地形、土質によっては指面水圧などを考える時には逆のこともあり得るし、強度的に安全であれば、経済的には地味から空積みの方が有利である。我々は今日でも古い間知石の空積み擁壁が安全に保持されているのを見ることも少なくないのである。空積みの場合にも、接合をよくするためモルタル目地などを用いているが、さらにコンクリートブロック相互のかみ合せを良くする様な構造であれば、相互の協力によって安全性を増すことも考えられる。本実験ではこの様な点も考慮してブロックを作った。

2. 実験の概要

本実験は内り幅120cm、高さ100cm、奥行3100mm、前面が空いているコの字型の鉄筋コンクリート槽で行った。この前面を模型ブロックで支えるようにして内部に砂をつめた。使用砂は(福岡県)海の中道産で径0.6mm以下が大半を占める細砂である。砂の内部摩擦角は $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ である。

模型ブロックの形は図-1にその断面図を示す3種類で、幅はいずれも20cmである。以後ブロックの名称としてIをL形、OをS形、HをK形と呼ぶ。

擁壁前面のゴツ配は(a) 1:0 (b) 1:0.15 (c) 1:0.3 (d) 1:0.5の4種類とし、下端は滑り出しを防止するために固定装置を付した。

ブロックは5段の布積みとし一段おきに交互に目地をさした。ブロック背後控えの面までは5~10cm程度で裏込めを施し、ブロックを積み上げ后が背面に砂を盛った。ブロック上端より背後方向30cmの間は1.3でノリ付けした。

実験槽上部にはI型钢を用いて載荷装置を作った。つきに載荷は幅10cm、長さ100cmの帯状等分布荷重を目標として図-2に示す装置を設けて行った。載荷板中心は壁前面上端より、

図-1 模型ブロック

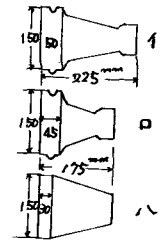
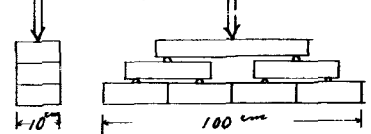


表-1 模型ブロック重量

種別	重量(g)	体積(cc)	比重
K	7110	2915	2.44
S	4950	2078	2.38
L	5860	2434	2.41

図-2 載荷板



40 cmの所に置いた。載荷は板の上にブルーシートを置きI型鋼に取り付けられたジャッキにより行った。載荷開始とともに擁壁は前方に押し出されるが、これを測定するため、図-3に示すように、中心線上の各段ブロックに前面よりダイヤルゲージを接続させた。

ブロックの移動測定と同時に各荷重段階における各点の圧力を知るため各段ブロック控へ背後に水平方向15 cm間隔に各段7個計5個配置した。またブロック積み下端に水平および垂直の反力計取付けた。土圧計位置および反力計は図-3に、土圧計構造図は図-4に示す。

荷重が増すにつれて擁壁は前方に倒れ、終りにはこの以上荷重を上昇しにくくなり、また上げようとするとある荷重一定の状態で壁の移動が増加する傾向となる。実験はこの様な状態になるまで行った。

3 実験結果

模型ブロックの形状は図-1に、またその寸法の体積は表-1に示している。表中のK形は、かみ合せのあるS形に表面寸法、寸法法と一致させて作られた一般の間知石に似せたものである。表-1のように、個々の重量はKが著しく重い。練積み壁とした場合、同一控長をもつものであれば個々の重量が大なる方が有利であるが、空積み壁の場合には必ずしもそうではなかった。

図-5に実験中の土圧分布を示しているが、動きの少ない段階では同一高さの点に於てほとんど等しい圧力を示しており、等分布荷重の条件は満足されているものと考えられる。なお図-6に実験中の増加土圧分布(実線)および擁壁の移動量を示す(破線)。

常時荷重の場合 Fröhlich式による算定土圧は集中係数 ν によりあまり変化はない。二次元における Fröhlich式で $\nu=3$ の場合水平応力 σ_x は、その点から常時荷重 P_0 の両端を見る角を図-7のように β_1 および β_2 としたとき

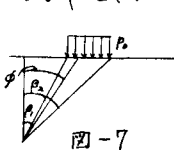


図-7

$$\sigma_x = \frac{P_0}{\pi} \left| \phi - \sin \phi \cos \phi \right|_{\beta_1}^{\beta_2}$$

となる。ここに鏡像原理を適用して求めた σ_y と実測値 σ_a と $P_0=208 \text{ kg/cm}$ の場合について比較してみると表-2のようである。表-2からL形では実測値がいずれも計算値より大で、直になる程大きくなっている。S形では直の場合は実測値が計算値にほぼ等しいが傾斜の増大に伴って小さくなる。K形ではその逆になっている。壁の降伏荷重ははっきりしないが、載荷面の沈下の状況から考えれば、表-3のようになる。

壁変位の前面リニアに作用する力は壁背からの水平土圧に等しくなるはずであるが、実験結果から土圧計による測定値を図-5に示すように曲線と結んで合力 P_R を求めてみると、反力計による水平力 P_H とはかなり差がある。その結果の一例と降伏荷重付近の場合をとり表-4に示すが、底面の摩擦があるに

図-3 土圧計およびダイヤルゲージの位置

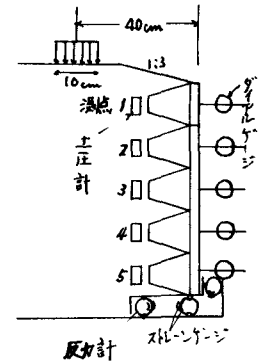


図-4 土圧計構造図

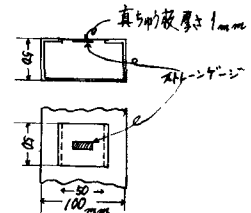


図-5 増加土圧分布
コウ配 1:0.3
載荷重 208 kg

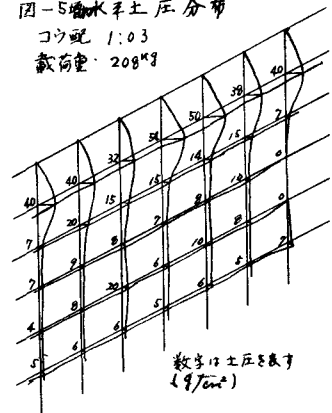


図-6

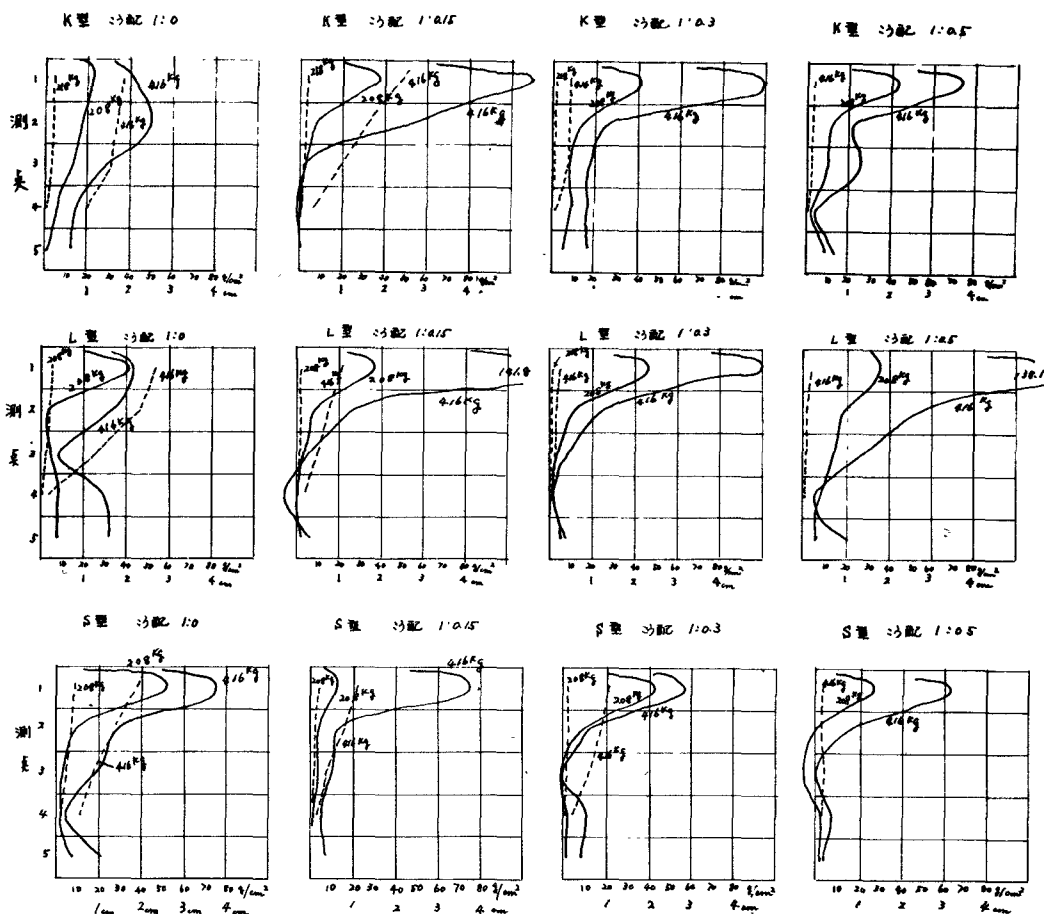


表-3 壁の降伏荷重強度 (Kg/cm)

土質	1:0	1:0.15	1:0.3	1:0.5
L	4.16	5.20	7.28	7.28
S	4.16	4.16	4.16	4.16
K	3.12	3.12	5.20	5.20

表-4 載荷重による水平土圧力と水平反力 (Kg)

	P_x	P_y	P_x/P_y	荷重強度	砂配
L	183.6	44.7	4.1	4.16	1:0
S	231.5	45.2	5.1	4.16	
K	92.6	19.9	4.7	2.08	
L	296.0	111.1	2.7	4.16	1:0.15
S	168.4	49.6	3.4	4.16	
K	77.6	19.3	4.0	2.08	
L	421.9	138.6	3.0	6.24	1:0.3
S	136.4	83.5	1.6	4.16	
K	403.3	88.4	4.6	6.24	
L	522.3	102.6	5.6	6.24	1:0.5
S	134.1	50.8	2.6	4.16	
K	347.0	100.8	3.4	6.24	

表-2 理論値 σ_T と実測値 σ_a との比較 (荷重強度 200 Kg/cm)

測点	70.7	1:0		1:0.15		1:0.3		1:0.5	
		σ_T	σ_a	σ_T	σ_a	σ_T	σ_a	σ_T	σ_a
1	S	33.4	52.5	34.1	12.2	35.3	42.7	36.4	26.2
	K		22.5		38.0		42.1		42.6
	L	19.3	42.2	23.0	37.1	25.9	46.9	29.6	35.4
2	S	9.1	9.9	12.4	3.3	15.4	7.8	18.2	-0.2
	K		17.6		7.8		13.3		11.6
	L	4.2	3.5	7.3	9.3	10.9	10.2	15.0	18.1
3	S	3.5	3.7	6.2	3.4	8.9	-0.8	11.7	-7.1
	K		12.7		3.1		7.7		9.8
	L	1.8	4.6	3.8	3.2	6.5	3.1	9.9	14.0
4	S	1.6	2.0	3.7	0.6	6.4	1.8	8.5	1.6
	K		5.8		-0.3		8.3		2.1
	L	0.7	8.8	2.3	0	4.5	1.3	7.4	6.2
5	S	0.9	7.6	2.5	0	4.4	1.0	6.6	0.9
	K		0.8		0.8		5.3		8.6
	L	0.4	7.0	1.6	0.8	3.3	5.5	5.9	4.8

してその差は大きく反力は推定土圧の $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ である。この原因はブロッコの脚部に土圧計を付いたためこの部分に土圧力が集中したとしか考えられない。また水平反力 P_h と垂直反力 P_v との比 P_h/P_v は最初は0.4程度であるが、次第に大となり、降伏点付近では1に近くなっている。この点ブロッコ積みでは前方へのすべり出しを止めることが重要であると言える。

4 あとがき

以上のブロッコ積み壁の実験結果から次の事が言える。

- (1) ブロッコ相互のかみ合わせが充分であれば空積み壁の場合でも裏込め砂利を加えた重量壁として考えることも安全である。
- (2) ブロッコの自重の効果は勾配が緩かになる程大であるが、直立壁ではほとんど効果がない。
- (3) 押え長は長い方が安全であるのは当然であるが、その安全性は予想以上に大きいものがある。
- (4) 水平力によるブロッコ下端の押えも完全に必要がある。これによって相当地に安全性を増すことができる。

終りに本実験にあたって、九大土木実験室、佐賀県、水上忠記君の努力が大きかった事に附記して感謝の意を表します。