

裏込碎石を100%自重として有効利用した もたれ式大型積みブロック擁壁



所属名：有限会社インパクト
発表者：岡本 治郎

1. はじめに

1.1 開発の背景

現在「もたれ式大型積みブロック擁壁」（以下「もたれ式擁壁」という）が全国で数多く使用されている。また擁壁の中で、もたれ式擁壁は多くの実績があり、長い経験に培われた、優れた土木構造物と言える。しかし、その構造をみると数十年来あまり変わりが無い事がわかる。構造が変わらないために計算方法も確立されており、誰もが納得するところである。

しかし近年、特に公共工事が減少する中、いかに全体のコストを抑え、しかも安全な構造物を構築して行くかを、産官学一体となって知恵を絞っているところである。

その様な事から、今回開発するもたれ式擁壁（以下「本工法」、または「ランドセル工法」という）は、中国地方さらには全国の公共工事に広く使用できる、コスト縮減工法を目指したものである。

1.2 開発の目的

従来の工法に比べて、裏込材（碎石等）（以下「裏込碎石」という）の重量分だけコンクリートの擁壁部材が小さくなる事により、トータルで10%以上のコスト縮減を、安全性と共に達成する事を目的とした。さらに、本工法の開発については単に実験だけに限らず、実用化に向けて出来るだけ具体的に必要な事項を確認するものとした。

2. 模型実験

本工法は、もたれ式擁壁の大型積みブロック背部に、背面材（エキスパンドメタル）（以下「背面材」または「エキスパンドメタル」という）を控材（以下「連結筋」という）で取り付け、その内部に裏込碎石を充填する構造である。この裏込碎石を自重として計算するためには、もたれ式擁壁のコンクリート部が転倒または、滑動した場合、背面材と裏込碎石も同様に追従する事が必要であり、これを模型実験により確認する。模型寸法は、高さ350mm、幅260mmとした。縮尺は20分の1とした。その寸法図を図-1に、模型写真を写真-1に示す。

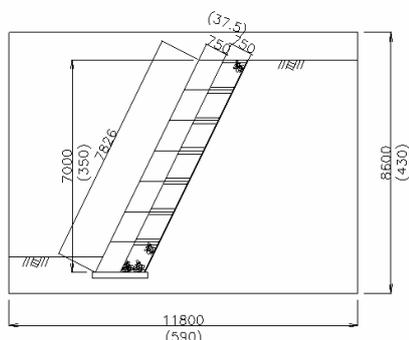


図-1 側面図 () 内が模型寸法 単位：mm



写真-1 模型写真

本工法のもたれ式擁壁の模型を、台車ごとゆっくりと前方に回転させて、大型積みブロックと共に、背面材と裏込碎石が同様に追従する様子をスロー映像で撮影した。その結果、大型積みブロック擁壁が前に転倒した時、背面材および裏込碎石共に追従して転倒し、本工法の土圧に抵抗するメカニズムが確認された。

3. 裏込碎石の充填実験

3.1 実験の目的と概要

本工法の背面材の適性と裏込碎石を充填した時の、たわみ量および施工性を確認することを目的として実験を行った。

実験は、実物の大型積みブロックを水平に4個並行に設置し、各々の背部に種類の異なる背面材を取り付け、その内部に裏込碎石を充填した。裏込碎石充填前の状況を写真-2に、たわみ量の測定状況を写真-3に示す。たわみ量の測定位置を図-2に示す。高さ0.5mおよび1.0m充填した後の状況を写真-4および写真-5に示す。



写真-2



写真-3

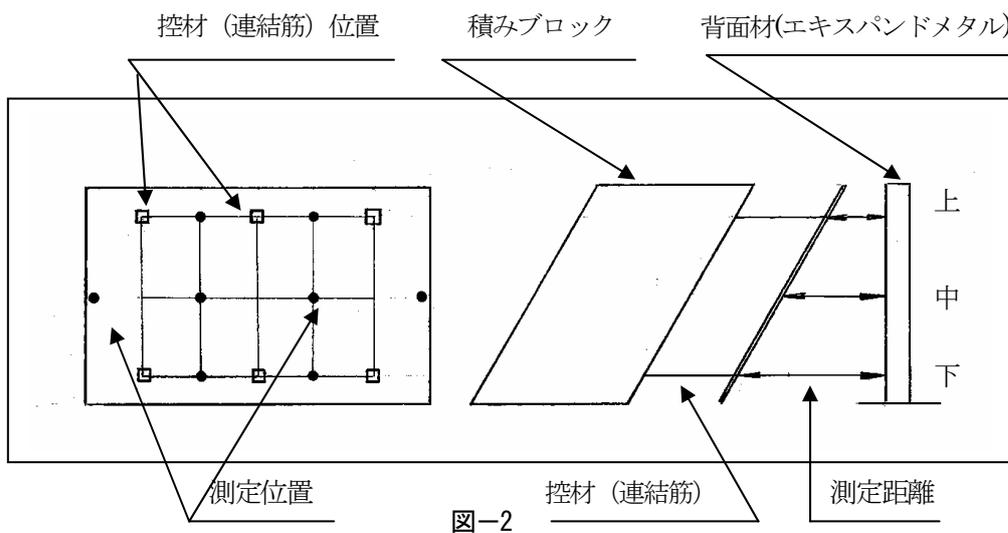


図-2



写真-4



写真-5

3.2 結果と考察

以上の実験結果から、同じ背面材の厚さ ($T=3.2\text{mm}$ または 4.5mm) の場合、オリジナル品 (亀甲形状) と JIS 規格品 (菱形形状) とのたわみ量の差はほとんど無い。また、 $T=3.2\text{mm}$ の最大たわみ量は 112mm で、この程度のたわみ量であれば、今回実験したどの規格の背面材を使用しても施工に当たり、支障は無いものと考えられる。特に今回の実験は、裏込砕石を充填できる高さ 1.0m まで背面部に土砂が無いと仮定したものである。しかし実際には背面の土砂と裏込砕石とは交互に充填して行くため、このような大きいたわみ量は発生しないと思われ、十分な安全性が確認された。さらに背面材には連結筋による局所的な変形も確認できなかった。また連結筋およびプレートについても、曲げ等の変形は発生しなかった。

4. 背面材の応力検討

背面材 [エキスパンドメタル] および控材 [連結筋] の断面選定について、ここでは有限要素法を用いて応力解析を行った。

4.1 有限要素解析

解析モデル

擁壁とエキスパンドメタルに生じる応力は、有限要素法によって計算するものとする。モデルでは、実際の壁体部分の右側と下側の土質部分にも有限要素化している。モデルの右方と下方が完全固定されている。解析で用いた材料定数を表-1 に示すものとする。対応した材料区分図を図-3 に示している。解析では主動土圧計算で求めた荷重を、エキスパンドメタルに分布荷重として直接かけるものとする。また、現実の連結筋は断面積が小さいため、この部分はモデル化されていない。連結筋に生じる応力は、有限要素法で得られる平均的な応力から換算するものとする。要素位置を図-4 に示す。解析は次の 2 通りについて行っている。

Case 1: 擁壁の高さ : $H=7\text{m}$ 地震 : 考慮せず 擁壁 : ランドセルブロック

Case 2: 擁壁の高さ : $H=8\text{m}$ 地震 : 震度 $k_h=0.2$ 擁壁 : ランドセルブロック

なお、地震力は土圧のみならず、壁体自体の慣性力も考慮している。

ただし、今回の解析は本工法における連結筋及びエキスパンドメタルの応力を求めることを目的として条件設定を行っており、擁壁躯体の安定解析及び断面解析は目的ではない。

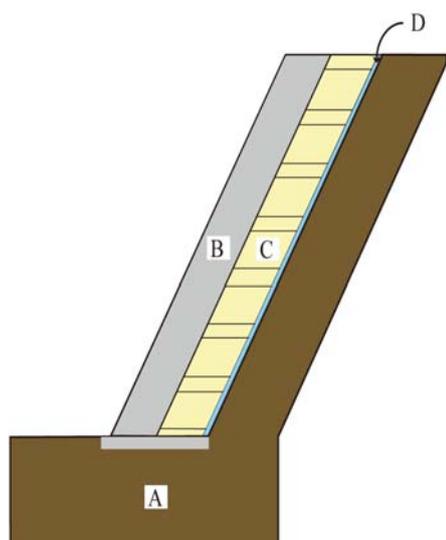


図-3

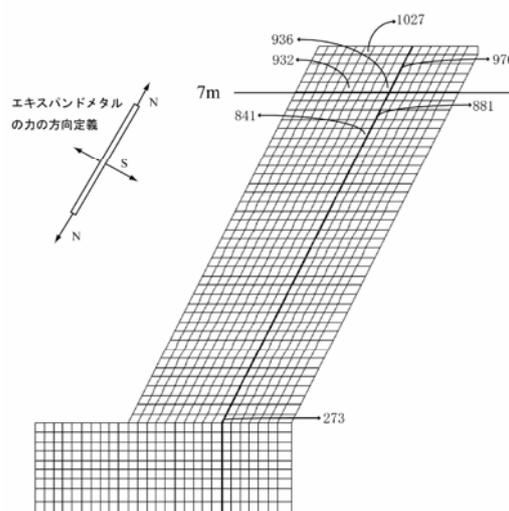


図-4

表-1 材料定数 (ランドセルブロック)

	材質	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング率 (kN/m ²)	ポアソン比
A	土	0	5.00E+03	0.3
B	コンクリート	22	2.20E+07	0.2
C	土	18	5.00E+03	0.3
D	エキスパンドメタル	20	2.00E+08	0.3

4.2 結果と考察

以上の計算の結果、連結筋は、ブロック約2㎡当りにD-13mmを6本取り付けると仮定した場合、十分安全となる事が確認された。また、背面材(エキスパンドメタル)は、オリジナル品G-1:亀甲形状(厚さT=3.2mm)またはJIS規格品XS-62:菱形形状(厚さT=3.2mm)以上の規格を使用した場合、十分安全となる事が確認された。

5. 従来工法との経済比較

5.1 比較概要

経済比較は、擁壁高さをH=6mおよびH=8mの2種類に設定し、全て同じ設計条件で行った。大型積みブロックは、製造するメーカーにより様々な形状の規格がある。しかしブロックの内部に胴込めコンクリートを充填する方式は全国的大型積みブロックに共通する。そのため、できあがる擁壁は、控え長さ若干異なるものの、ほぼ同様の構造物となる。

5.2 結果と考察

比較の結果、H=6.0mの場合、従来工法に比べ3%から9%の範囲でコスト縮減が図れ、平均のコスト縮減は6%であった。またH=8.0mの場合、8%から18%の範囲でコスト縮減が図れ、平均のコスト縮減は13%であった。まとめたものを表-2、表-3および図-5、図-6に示す。

表-2 [擁壁高さH=6.0m]

H=6m(円/㎡当たり)				
	会社	従来工法(A)	ランドセル工法(B)	(B)／(A)
1	I社	39,780	38,490	0.97
2	K社	36,277	34,631	0.95
3	M社	35,000	31,900	0.91
	平均			0.94

表-3 [擁壁高さH=8.0m]

H=8m(円/㎡当たり)				
	会社	従来工法(A)	ランドセル工法(B)	(B)／(A)
1	I社	76,650	62,250	0.82
2	K社	71,340	63,036	0.88
3	M社	65,400	60,200	0.92
	平均			0.87

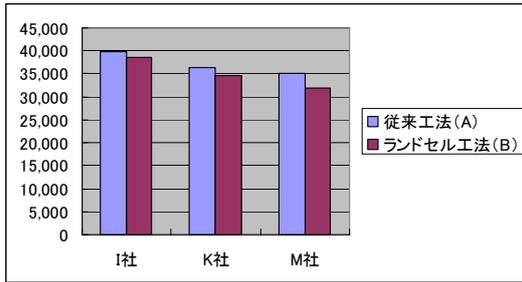


図-5 H=6.0m (円/㎡)

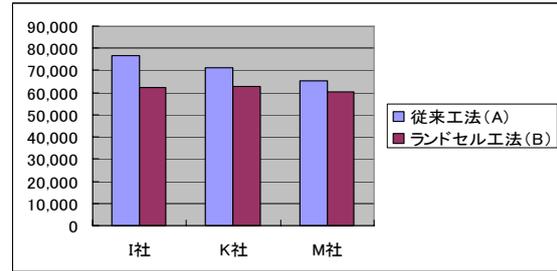


図-6 H=8.0m (円/㎡)

経済比較の結果、H=6mでは約6%、H=8mではその約2倍の13%のコスト縮減が出来た。また擁壁が高いほどコスト縮減に顕著な差となって現れる傾向のあることがわかった。また3社の経済比較に差があるのは、比較した製造メーカー社が、中国地方、四国地方、北陸地方と全国におよぶ上、製品の規格及び製品単価が異なる事が一因と思われる。しかし地域や製品規格の異なる3社の比較結果が、ほぼ同様のコスト縮減の傾向が確認された事は、全国においても十分通用するものと考えられる。

6. まとめ

実験および解析の結果、得られた知見は以下の通りである。

- (1) 模型実験より、本工法の大型積みブロック擁壁のコンクリート部が、前に転倒または滑動した時、背面材と裏込砕石が自重として共に追従し、土圧に抵抗する事が確認された。
- (2) 裏込砕石の充填実験より、背面材は、厚さ $T=3.2\text{mm}$ 以上のエキスパンドメタルを使用した場合、施工に支障が無い事がわかった。さらに、連結筋およびプレートについても、引き抜きや曲げ等の変形は無く、十分な安全性が確認された。ただし、たわみ量を出来るだけ小さく抑えるためには、裏込砕石を充填する際、埋め戻し土砂と裏込砕石の高さの差を 0.5m 以内とするのが良い。
- (3) 背面材の応力検討から、連結筋をブロック約 2m^2 当たり $D-13\text{mm}$ を6本取り付けると仮定した場合、十分安全となる事が確認された。また、背面材のエキスパンドメタルは、G-1またはXS-62の厚さ $T=3.2\text{mm}$ 以上の規格を使用した場合、十分安全となる事が確認された。
- (4) 従来工法との経済比較の結果から、H=6mでは約6%、H=8mでは約13%と大幅なコスト縮減のできる事が確認された。
- (5) 現場での実物施工により、背面材の取り付けおよび施工性に問題の無い事がわかった。ただし、背面材に充填する裏込砕石の厚さが極端に薄い場合は、施工がやりにくい事が考えられるので、少なくとも、 0.5m 以上、できれば 0.75m 以上の厚さを確保するのが良い。