

ブロック積み擁壁の耐震設計に関する一提案

（株）第一コンサルタンツ 正会員 右城 猛

1. まえがき

間知ブロック積み擁壁は、これまで擁壁高さ5m程度以下の小規模な土留工として用いられてきた。近年は機械化施工による省力化、建設コストの縮減等の要請に応えるため大型ブロック積み擁壁が開発され、施工実績も増加している。ところが、ブロック積み擁壁は、ブロック間の結合強度が弱い、自立できない等、自立式剛性擁壁とは異なった挙動を示すことから設計法が確立されていない。

そこで、本論文では、大型ブロック積み擁壁の構造特性を考慮した実用的な設計法を提案する。

2. ブロック積み擁壁の形状特性

重力式擁壁とブロック積み擁壁との大きな相違点は、壁面の傾斜角にある。そこで、壁面勾配に注目し、ブロック積み擁壁の構造特性について考察する。

図-1は高さ10mで天端幅0.5mのコンクリート擁壁について、壁前面勾配と所定の安全率を確保する上で必要な底面幅及びそのときの転倒、滑動、支持の各安全率の関係を示したものである。擁壁の底面幅は、壁前面を背後に傾斜させるほど小さくできる。これは、壁面を傾斜させるほど土圧が軽減されるためである。これより、壁面を傾斜させたブロック積み擁壁は経済性に優れた形状といえる。

また、図-1から明らかなように、前面勾配が1:0.275以下であると転倒、1:0.275以上になると滑動の条件からそれぞれ底面幅が決定される。兵庫県南部地震以降、構造物の粘りの重要性が指摘されている。転倒や支持力の条件で断面が決定されておれば、設計荷重を超える荷重作用を受けると倒壊に至るが、滑動であればそれによってエネルギー吸収が行われるため倒壊に至ることはなく、被害を最小限に留めることができる。すなわち、ブロック積み擁壁の断面は滑動の条件から決定されるため、耐震性能に優れた理想的形状といえる。

3. 被災ブロック擁壁と破壊形態

兵庫県南部地震では高架橋や建築物が甚大な被害を被った。しかし、擁壁の被害は非常に少なかった。被災したブロック積み擁壁は六甲山麓宅地造成擁壁に集中していたが、それは宅地造成等規制法の無許可擁壁がほとんど（許可擁壁の14倍）であった。許可擁壁で被災した擁壁は、図-2に示すような不適格擁壁であり、設計基準通り造

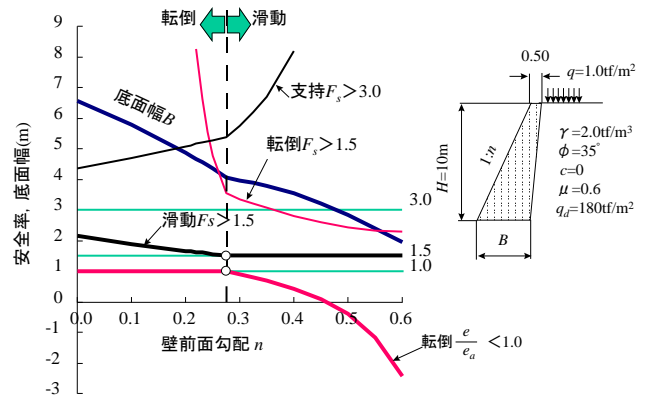


図-1 前面勾配と安全率の関係

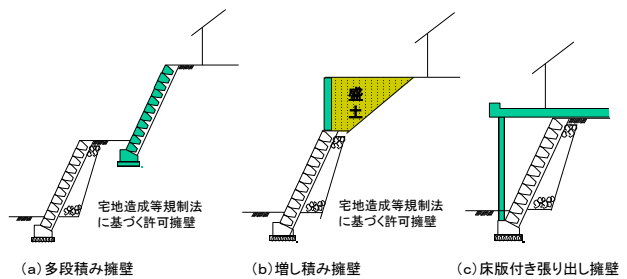


図-2 被災した六甲山麓の宅地擁壁

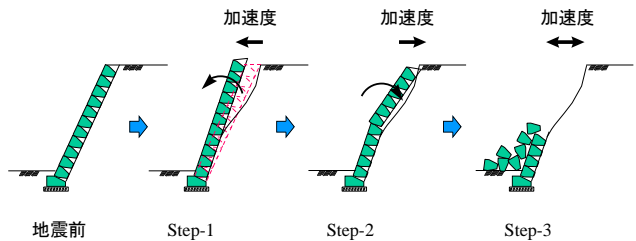


図-3 ブロック積み擁壁の地震時の破壊形態

られたブロック積み擁壁の被害は極僅かであった。

ブロック積み擁壁の破壊形態には、図-3のようにブロック間の付着強度不足に起因するものが多い。それ以外では基礎地盤を含む地盤の全体破壊が見られた。

4. ブロック積み擁壁の設計法

(1) 安定解析

ブロック積み擁壁は、裏込材に支持されて初めて安定を保持する構造になっている。このため、安定状態での壁面土圧は、擁壁の自重に見合う弾性土圧が発生するが、極限状態では主動土圧へ移行する。従って、転倒や滑動に対する照査においては、自立式擁壁と同様に壁面に主動土圧が作用するもの見なしで安全率を計算すればよい。

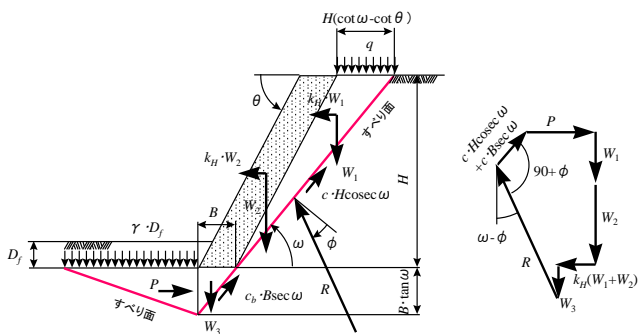


図-4 地盤の破壊形態

主働土圧を算定する際、裏込材の粘着力を無視した計算が一般的に行われているが、粘着力を無視すると土圧を過大に評価し極めて不経済な設計になる。規模の大きい擁壁では、土質試験によって c, ϕ を求め設計に反映させるべきである。

ブロック積み擁壁では一般に荷重の合力が擁壁底面のミドルサードあるいは底面そのものから後方へ外れるという計算結果が得られる。これは、壁面土圧を主働土圧と仮定するためであり、実際には弾性土圧が作用するので背後に転倒することはない。従って、転倒の安定性の照査において荷重の合力の偏心量に対する検討は不要と考えられる。

しかしながら、ブロック積み擁壁では基礎地盤を含む地盤の全体破壊が考えられるのでこれに対する照査が必要である。

計算の簡便化を図るため、図-4のように盛土表面から擁壁のかかとを通過しつま先の方まで延びる主働すべり面と、このすべり面の終点から支持地盤内部を通り反対方向の地表面に達する受働すべり面の2つの直線すべり面が発生するものと仮定する。

擁壁のつま先で支持地盤内に鉛直面を考え、この鉛直面に作用する主働土圧 P_A を求めると式(1)~(3)となる。

$$P_A = (W_1 + W_2)k_H + R \sin(\omega - \phi) - (c \cdot H \cot \omega + c_B \cdot B) \tag{1}$$

$$R = \frac{W_1 + W_2 + W_3 - (c \cdot H + c_B) \tan \omega}{\cos(\omega - \phi)} \tag{2}$$

$$W_1 = H(\cot \omega - \cot \theta) \left(\frac{\gamma}{2} H + q \right) \tag{3}$$

$$W_2 = B \cdot H \cdot \gamma_c \quad , \quad W_3 = \frac{\gamma_b}{2} B^2 \tan \omega$$

一方、鉛直面に作用する受働土圧 P_P は式(4)となる。

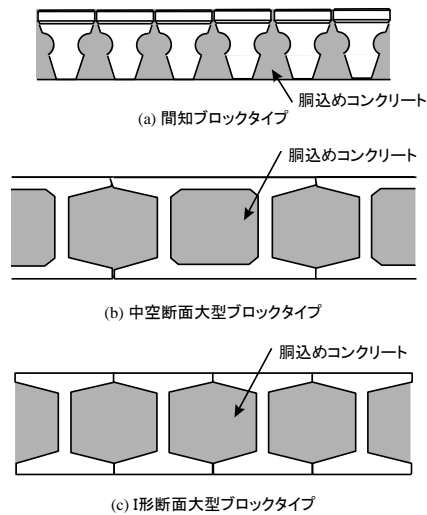


図-5 ブロックタイプ

$$P_P = B \tan \omega \left\{ \left(D_f + \frac{B \tan \omega}{2} \right) \gamma_b \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c_b \cdot \tan \left(45 + \frac{\phi_b}{2} \right) \right\} \tag{4}$$

地盤の破壊に対する安全率は $F_s = P_P / P_A$ として与えられる。 ω を種々変化させて計算し、 F_s の最小値を探索すれば、それが求める安全率である。常時 1.5、地震時 1.2 以上の安全率を確保する必要がある。

(2) ブロック間の連結構造

図-5(a)に示すような間知ブロック積み擁壁では、大きな地震動を繰り返し受けるとブロックと胴込めコンクリートが剥離しバラバラになって崩壊する恐れがある。耐震性を確保するためには(b)、(c)に示すような中空断面あるいはI形断面のブロックとし、ブロック内部に胴込めコンクリートを打設しブロックと胴込めコンクリートが一体に挙動する構造とする必要がある。

また、ブロックの上下間においても鉄筋、金具等で連結し継ぎ目がせん断あるいは曲げ破壊しない構造とする必要がある。

5.あとなぎ

土木学会四国支部では平成8年度に「耐震性大型コンクリートブロック積み擁壁に関する研究会」(委員長：八木則男愛媛大学教授)を発足させ、大型コンクリートブロック積み擁壁の耐震設計法に関する研究が産学官の技術者、研究者によって行われているが、不明な点が多く研究会として意見が統一される状況には至っていない。

本論文が今後の議論のたたき台となり、大型コンクリートブロック積み擁壁の耐震設計法の確立に些かなりとも役に立つならば幸いである。