

擁壁の安定寸法に関する一考察

戸 工 大 正 貞 諸 戸 靖 史

実務の分野では、おおよその見当をつけるということは精密な計算を行なうことよりも大切なことが多い。設計においても、細かな設計と近しく行なうことよりも、おおよその程度になるかという見当をつける仕事の方が優先する。このような観点から擁壁を設計する上で必要な壁体寸法比 B/H の問題に焦点を絞って議論を単純化して取り扱ってみる。

擁壁を設計する上で、底版の支持力を十分に確保し、排水工を確実にほどこし、不良土を締めを締固めて用いるようにすることは大切なことである。ここでは、このような実際上の要務について議論するのではなく、安定計算を行って求める壁体寸法比の基本的性質について検討する。

設計原定の主なものには 1) 自重、2) 土圧、3) 載重、4) 水圧、5) 地震力、等がある。擁壁の第一義的な必要機能は、その自重で背面の土圧に抗することである。このことを考慮して、自重と土圧を安定計算上の 2 大要素としてとりあげる。そして、擁壁の断面を単純化して考える。つまり、底版上の背面土砂は壁体の一部として取り扱われることから、実際の擁壁の断面を図-1 のように長方形にしてみようのである。

また、この長方形をした壁体の単位体積重量は覆込めのそれと同じものと仮定する。このような単純化した条件の下で壁体の安定性を検討する。

擁壁は土圧に抗する構造物である。擁壁に作用する実際の土圧を古典的な土圧理論を利用して正しく表現することは難しいことである。しかし、現行の擁壁設計における設計土圧は古典的な土圧理論による主動土圧であり、現在まで一貫してクーロンとランキンの土圧が用いられている（ただし、テルザギーとペックの半経験的な設計土圧が用いられる場合もある）。クーロンの土圧は直接壁面に土圧を作用させる場合に適用される。壁面摩擦がゼロ

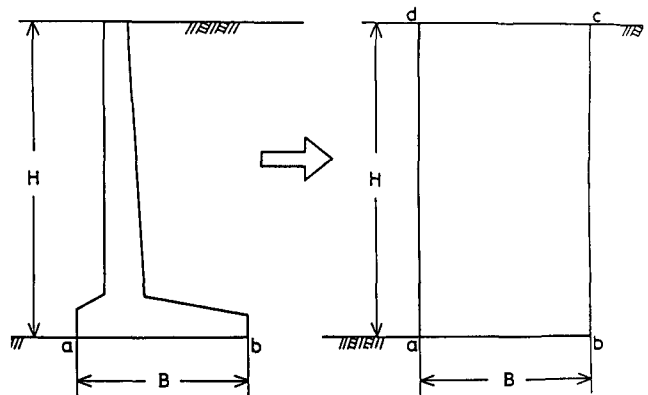


図-1 断面の単純化

であるような壁面は実在しないから、ランキン土圧と壁面土圧として採用することはできない。しかし、図-1 に示すように片持ばり擁壁のかかとを通る鉛直面を擁壁の仮想背面と考え、この面に作用する設計土圧としてランキン土圧が使用される。本文では、図-1 の仮想壁面 bc にランキン土圧を作用させる。安定計算の結果は次のようであった。

1) 滑り出しに対して

$$\frac{B}{H} = \frac{F_s \cdot K_A}{2\mu} \quad \dots (1)$$

2) 転倒に対して

$$\frac{B}{H} = \sqrt{\frac{F_s \cdot K_A}{3}} \quad \dots (2)$$

3) ミドルサードの条件に対して

$$\frac{B}{H} = \sqrt{K_A} \quad \dots (3)$$

ここで μ 擁壁底面と基礎地盤との間の摩擦係数

F_s : 安全率

B : 底版巾 (m)

K_A ランキンの主動土圧係数 $(= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi})$

ϕ : 内部摩擦角

H : 壁高 (m)

壁体の安定寸法は以上のように B/H を尺度として測定されることが判明した。ここに式(2)と式(3)を見比べると一見して分かるように、転倒に関する安全率をとりとると式(3)に一致する。しかし、実際には転倒に関する安全率をとりとるような大きな値にとりとはなないから、ミドルサードの条件を検討すれば、転倒に対する考慮は不用のことになる。このことは戦後が経験的になっていることに一致する。したがって、壁体が安定を保つためには必要 B/H の値は、すべり出しとミドルサードの条件によって規定されることになる。次に、内部摩擦角 ϕ の値を変えて式(1)と式(3)で計算される壁体寸法比 B/H を求めてみた。すべり出しに対する安全率は $F_s = 1.5$ 、 $\mu = 0.6$ にとっている。その結果、 ϕ の値が小さくない範囲 ($\phi > 15^\circ$) ではミドルサードの条件がすべり出しに対する条件に優先することが判明した。つまり、通常の裏込め土に対しては

$$\frac{B}{H} = \sqrt{K_A}$$

だけを考慮して壁体寸法比を算定すればよいことになる。この式は壁体寸法比がランキンの土圧係数 K_A の平方根として求まることを示しており、土質が壁体の寸法に与える影響を示す極めて簡明な形式として興味深い。この関係は図-2に示した。

古くからの話では、 B/H を 0.6 程度にあるように教えられるということであるが、最近の事例はつりで減小している。

擁壁標準設計図集(建設省制定土木構造物標準設計第2巻、全昭和建設技術協会)により、片端ばり擁壁の壁体寸法比を調べてみた。

1) 背面土が砂や礫の場合には平均的な B/H の値は 0.50 ~ 0.55, これは図-2における $\phi = 35^\circ$ に対する B/H の値に相当する。

2) 砂質土の場合には $B/H = 0.55$ ~ 0.60, これは図-2における $\phi = 30^\circ$ の場合に対応する。

3) シルト、粘性土の場合には $B/H = 0.70$, これは図-2における $\phi = 20^\circ$ の場合に対応する。これは常識的に納得できる結果である。

道路土工、擁壁・カルバート・仮設構造物工指針(日本道路協会)では、裏込めの土が礫、砂質土砂について設計用の内部摩擦角として $\phi = 35^\circ$ 、砂質土については $\phi = 30^\circ$ という参考値をのせているが、筆者の手帳が簡略化したものであることを考えると、これらの中の値の一般性は興味深いもののように思われる。

本文の取り扱い方は片端ばり擁壁、扶壁式擁壁にその適用性が高いであろう。

建設省制定の標準図集はテルツァギー・ペッツの設計土圧を採用し、すべりに対して $F_s = 1.5$ 、 $\mu = 0.6$ とし、ミドルサードの条件を考慮している。ここでは、背面土が水質の場合の B/H だけを調べている。

世に複雑な問題は多い。本文で筆者があえて懸念をめぐらし、本小文と著した敏念を致しているだけば幸である。

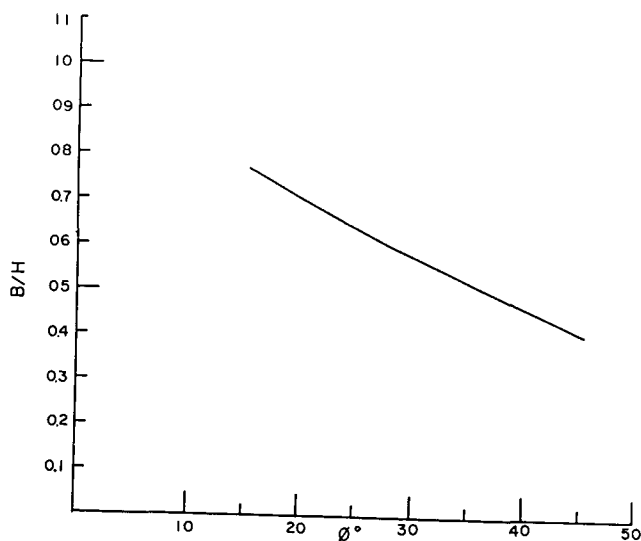


図-2 B/H と $\sqrt{K_A}$ の関係