

もたれ擁壁に働く土圧

- 壁面勾配と背面地盤勾配の影響 -

地盤工学分野 正木 伸治

1. はじめに

もたれ擁壁に作用する土圧は、主としてクーロンの土圧論に基づいて算出し、設計されているが、擁壁に作用する土圧分布については解明されておらず、土圧の実態を調べて実証的に組み立てられたものではない。その設計は多分に経験的であるが、地盤条件によっては安全性に欠けるものもあり、経済性にも課題がある。従って、もたれ擁壁に働く土圧の実態および変形と破壊の形態を解明して、より合理的な設計法を構築する必要がある。

本研究では、下端ヒンジとして主動側に回転する擁壁に働く主動土圧の大きさと分布が擁壁初期角度および背面地盤勾配と高さによってどう変化するかを遠心加速度場での模型実験で調べ、合わせて慣用の土圧論による算出土圧とも比較した。

2. 実験装置と方法

図-1 に模型容器の構成を示す。容器は奥行き 138mm の鋼製で、容器内はスクリージャッキ、図-2 に示す擁壁(高さ 93mm、奥行き 137mm)、模型地盤の仕切りで構成されている。擁壁の上側は、可変速モーターで駆動するスクリージャッキに連結棒を介してヒンジ固定されており、下側は、擁壁台に掘られた溝にはめ込んでヒンジとしている。

擁壁の両側は、遠心容器側壁の摩擦を緩和するためのダミーになっており、中央部は幅 8mm の受圧面を有する 10 個の土圧計になっている。土圧計は、両端支持桁に 2 つの四角孔をあけて肉厚を薄くし、受圧面に荷重がはたらくと、肉薄部にひずみが集中するようになっており、その部分にひずみゲージを 4 枚貼ってある。

地盤材料は、空気乾燥豊浦砂 ($\rho_{dmax}=1.65g/cm^3$ 、 $\rho_{dmin}=1.35g/cm^3$) を用い、空中落下法(横詰め法)で模型地盤を作製した。変位は擁壁上端に固定した糸で回転変位計に伝えて測定する。地盤変形は、水で軟化した素麺を観測ガラス面に貼ってその変形から観測した。

遠心載荷装置に設置後、擁壁を 1° 当たり 5 分程度の速度で動かし、擁壁回転角が 0.1° 増えるごとに土圧を測定した。また、写真撮影で地盤の変形を記録した。

実験条件は擁壁初期角度を $\alpha_0=90^\circ$ (鉛直)、 80° 、 60° 、 45° に、背面地盤勾配を $\beta=0^\circ$ 、 23° (1:2.4)、 26.6° (1:2)、

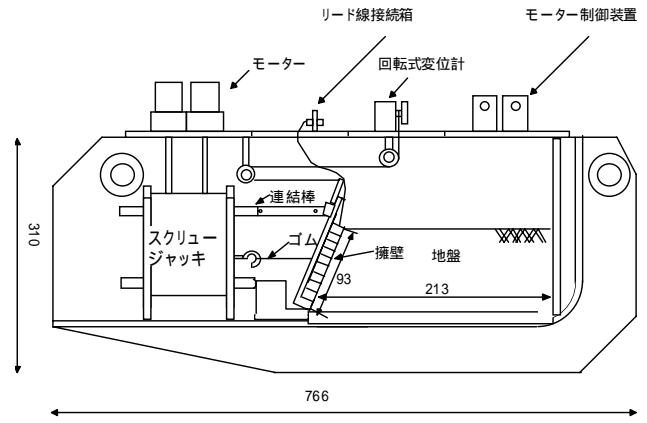


図-1 遠心模型容器の構成

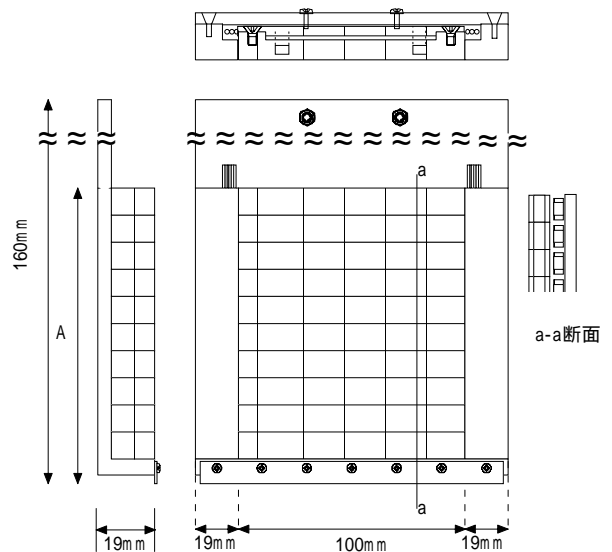


図-2 模型擁壁

33.7° (1:1.5)に、嵩上げ高さを $H_0=0m$ (水平)、3m、6m とした。また、遠心加速度は 75g で、相対密度で 50%(豊浦砂の内部摩擦角は $\phi_d=34^\circ$)とした。

3. 深度別土圧変化

図-3、図-4 に各深さで測定した土圧と擁壁角度の関係を示す。図中上方のカッコ書きは条件を示している。図-3 は鉛直擁壁の実験結果であり、図-4 はもたれ擁壁の結果である。図-3 で、静止土圧は地表から深さ方向に大きくなっている。しかし、 H_0 の高い場合、擁壁下端の土圧は、やや小さい値を示している。主動状態で、土圧は下部になるほど、また背面地盤勾配が大きくなる

ほどよく揺れている。揺れの周期は等しく、振幅が擁壁
 上端側から下端側へと徐々に大きくなっていることと、
 位相が規則的にずれていることから、この現象は、擁壁
 の主動側への変位により地盤が地表付近から徐々に変
 形した結果、各深度で土圧の揺れが起こったと考えら
 れる。このことは、後述する擁壁の回転に伴う全土圧
 変化が、なめらかな曲線であることから裏付けられ
 る。図-4 で、静止土圧は深さ方向に大きくなってい
 る。擁壁深部では、もたれ角が小さくなる程、静止
 土圧が高くなっており、その分布は下に凸な曲線形
 状である。主動状態では鉛直擁壁と同様の揺れがみ
 られる。主動側への始動直後に土圧は上昇し、急激
 に減少しているが、その傾向はもたれ角が小さいほど
 強い。

4. 背面地盤勾配と土圧

図-5 に、同じ回転角で深度別の計測土圧と深度の
 関係をプロットした、深度分布を示す。さらに、この
 深度別土圧分布を各回転角ごとに積分して全土圧を求
 めた。図-7 に全土圧と回転角の関係を示した。全土
 圧のプロットの最小値を実験の主動土圧値とし、図-
 6 に主動状態での深度分布を示した。図-6 で、主動
 土圧は直線に沿う形式で分布している。図-7 の、 β
 一様勾配で、背面地盤勾配が大きくなるほど全土圧
 は大きく、主動土圧が大きい。図-10 に実験写真か
 ら背面地盤勾配の異なる3ケースについて主動すべ
 り線を推定した。地盤の破壊状況を比べると、 β
 が大きくなるほど背面地盤の変形領域は大きく、す
 べり土塊の量が多い。

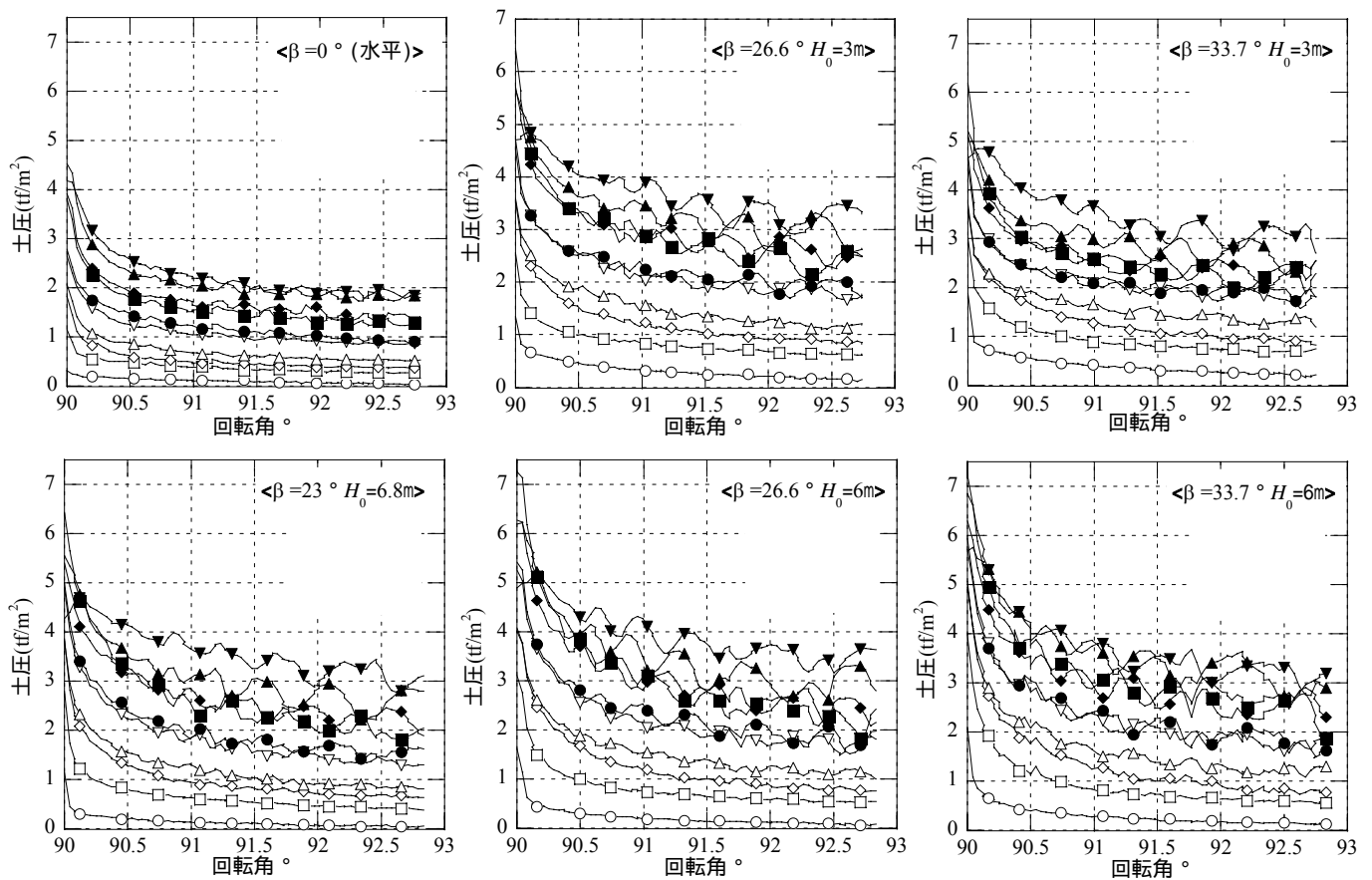


図-3 鉛直擁壁における深度ごとの計測土圧

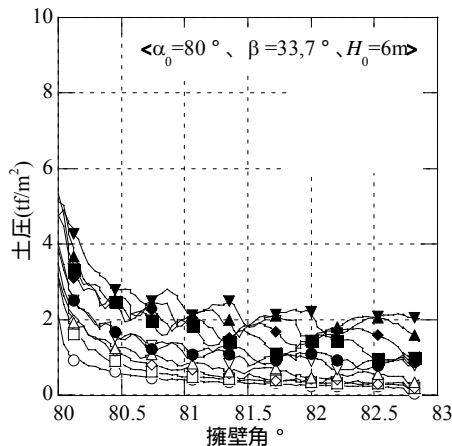


図-4 もたれ擁壁における深度ごとの計測土圧

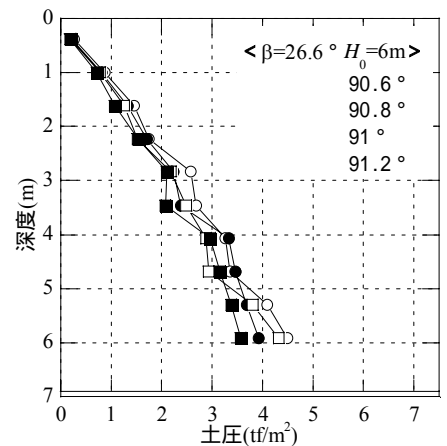
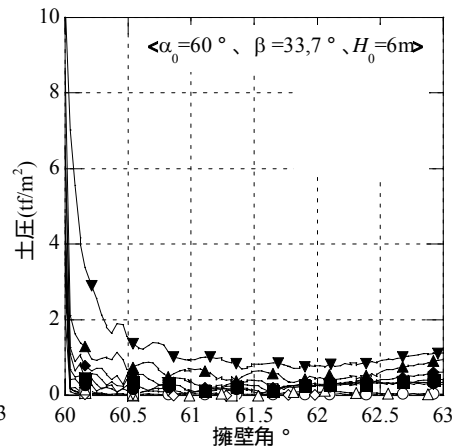


図-5 鉛直擁壁における土圧の深度分布

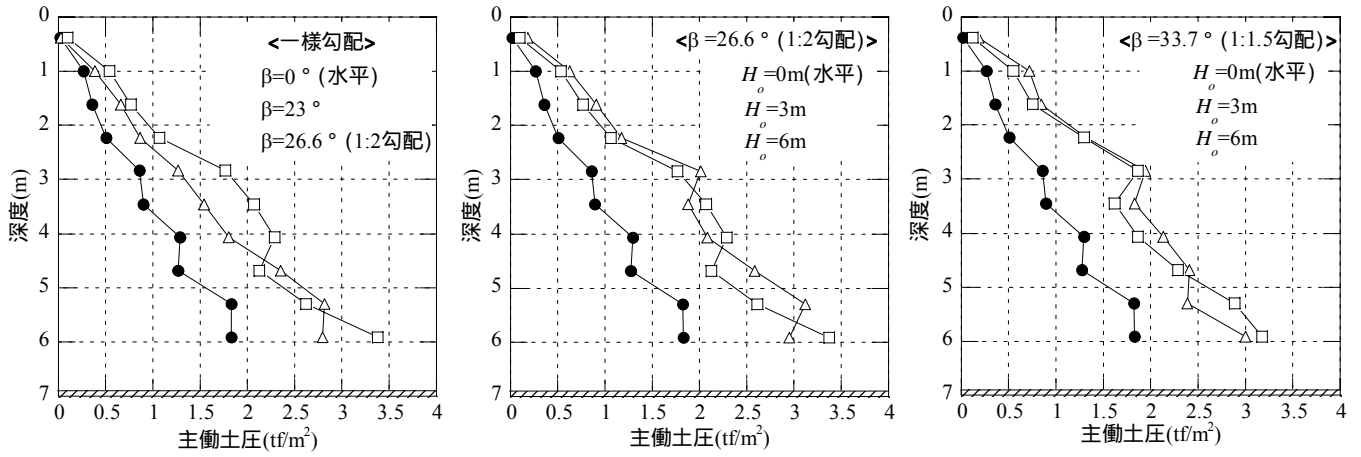


図-6 鉛直擁壁における地盤深さと土圧の関係

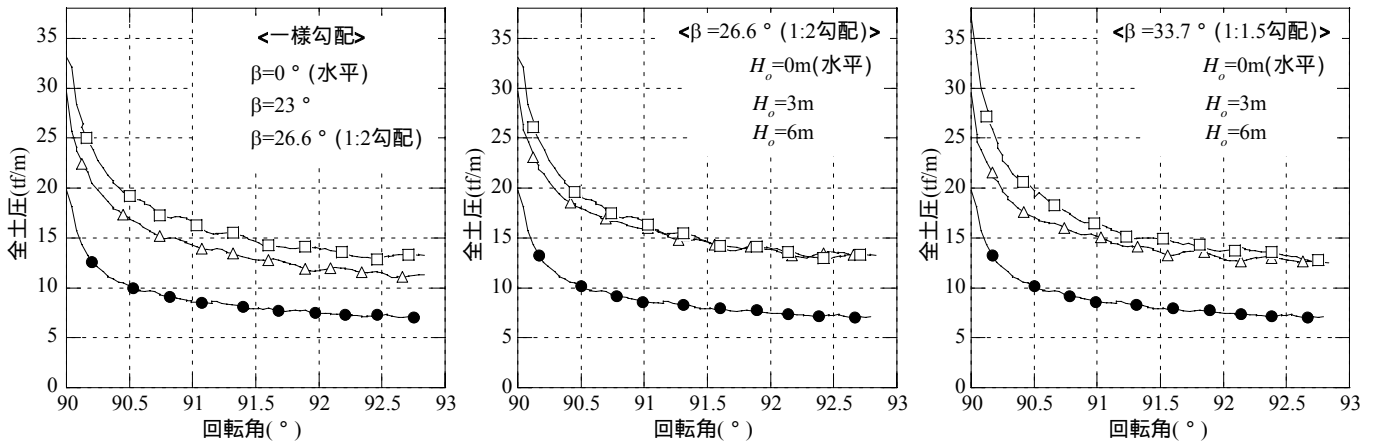


図-7 鉛直擁壁における全土圧と回転角の関係

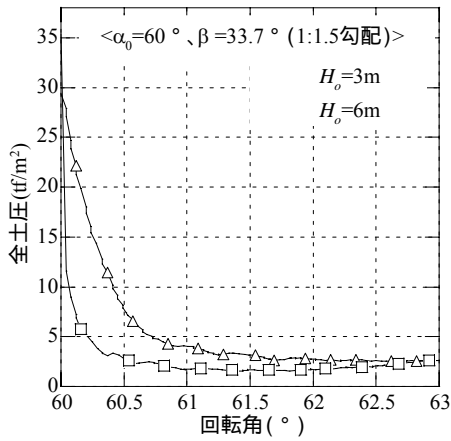


図-8 全土圧と回転角の関係

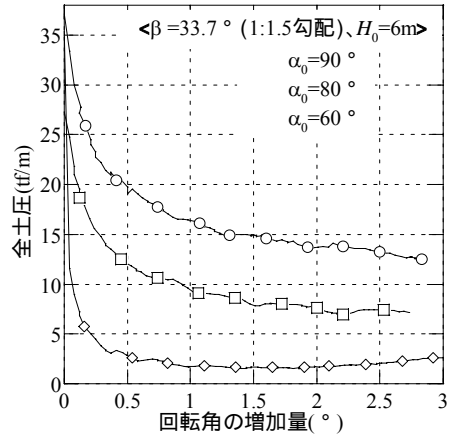


図-9 全土圧と回転角増分の関係

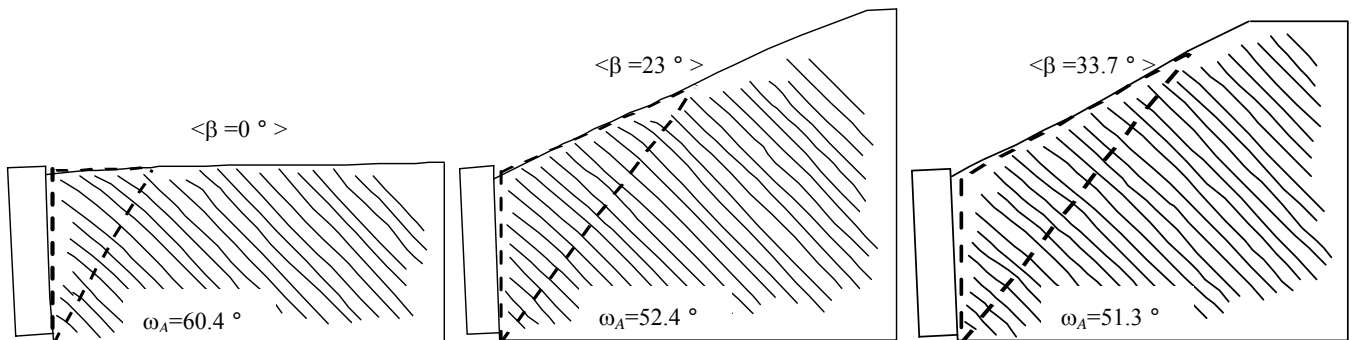


図-10 背面地盤勾配一様な鉛直擁壁の変形

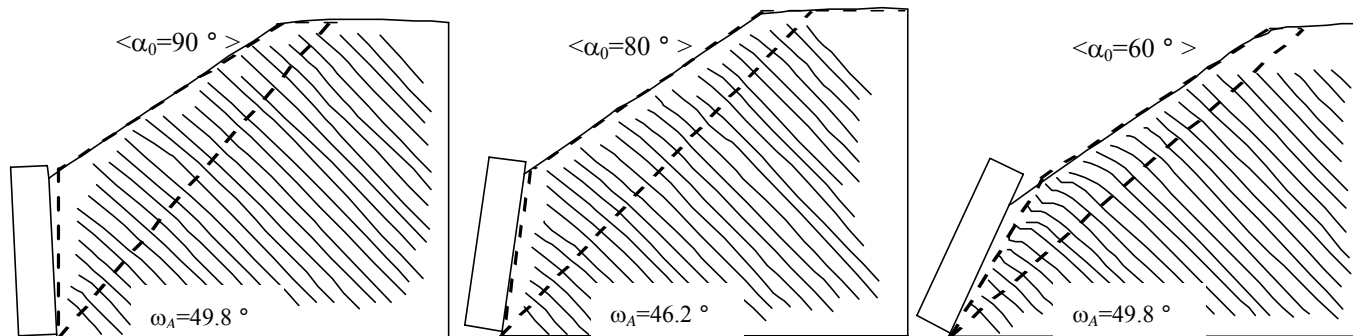


図-11 もたれ擁壁の変形($H_0=6m$)

5. 嵩上げ盛土高さとの土圧

$H_0=0m, 3m, 6m$ のときの深さ-主働土圧の関係、全土圧-回転角をそれぞれ図-6、図-7 にまとめた。図-7 の静止状態では、 H_0 が大きいほど土圧が大きい。擁壁が主働状態になると、 $H_0=3m, 6m$ の全土圧分布はほぼ同じ値で収束しているようであり、図-6 の主働土圧の深度分布では互いに交錯しあっている。これは、地盤の変形形態に、何か問題があるのではないかと考えている。

6. もたれ角と土圧

図-8 は、 $\alpha = 60^\circ, \beta = 33.7^\circ$ のときの嵩上げ高さの違いによる全土圧-回転角の関係である。主働状態のときに、盛土高さの低い方が全土圧は大きい。この現象は不可解である。しかし、もたれ擁壁全般に擁壁の変位で、深度別の土圧(図-4)と全土圧は大きく減少していく。これは、擁壁のもたれ角が、地盤の安息角に近いために擁壁に働く土塊重量が少なくなるためだと考えられる。図-9 では、背面地盤勾配と盛土高さが同じで、擁壁初期角度が異なる場合の、全土圧-初期角度からの回転角増分関係を表した。擁壁高さが異なるので、一概には比較できないが、擁壁が地盤側にもたれていることで、主働側に僅かに変位するだけで、土圧の減りが大きいことがわかる。図-11 で、擁壁のもたれ角が大きくなると、地盤の変形領域が扁平になっており、擁壁に作用する力が減る現象をよく捉えていると考えられる。

7. 実験値と計算値の比較

「大型ブロック積み擁壁設計・施工マニュアル」に示されているクーロン系の土くさび(図-12)による計算値と実験値を比較した。

$$P_A = \frac{W \sin(\alpha - \omega_A)}{\cos(\alpha - \beta + \omega_A - \phi)}$$

- P_A : 主働土圧(tf/m)、 W : すべり土塊の重量(tf/m)
- ϕ : せん断抵抗角($^\circ$)、 ω_A : 主働すべり角(度)
- α : 擁壁角度($^\circ$)、 β : 盛土面が水平面となす角($^\circ$)

表-1 実験値と計算値

α_0	β	$H_0(m)$	実験値	計算値
	0°	0	7.00	10.01
	23°	6.8	11.05	13.55
90°	1:2	3.0	12.99	14.47
		6.0	12.82	14.76
	1:1.5	3.0	12.56	15.84
		6.0	12.49	18.38
80°	1:1.5	3.0	8.81	12.04
		6.0	6.99	13.99
60°	1:1.5	3.0	2.54	4.85
		6.0	1.54	5.69
45°	1:1.5	6.0	0.14	1.23

(単位: tf/m)

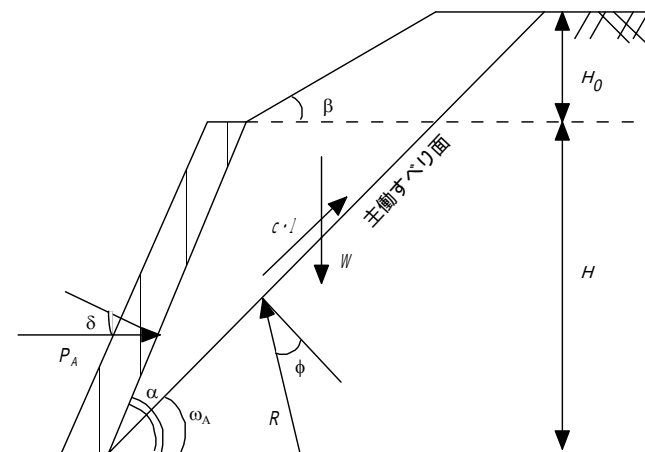


図-12 擁壁の主働土圧計算法

計算式は実験条件に合わせて整理している。すべり角 ω_A は 1° 程度の刻みで変化させて計算式を計算し、 P_A が最大になる時のすべり角である。

表-1 に擁壁に働く主働土圧の実験値と計算値の一覧を示す。どのケースも実験値は計算値よりも小さくなった。