

平成22年度 設計技術研修会

道路土工 - 擁壁工指針

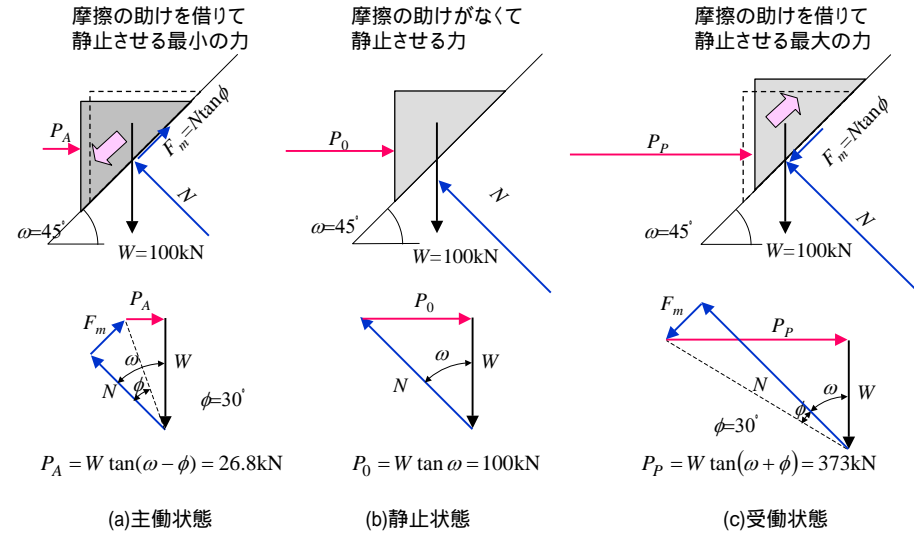
# 土圧計算法

主催 (社)高知県測量設計業協会

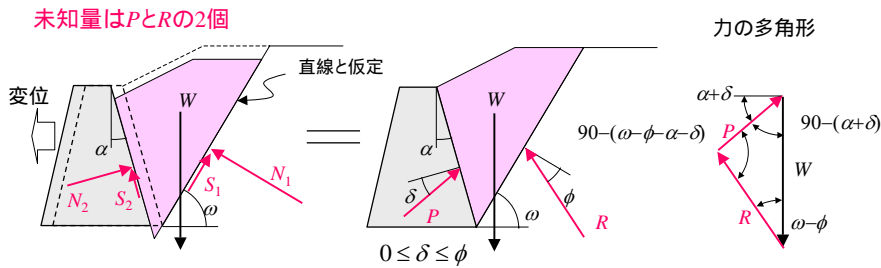
(株)第一コンサルタンツ

右城 猛

## 主動土圧とは、静止土圧とは、受働土圧とは



## クーロンの土圧理論(くさび理論) とは

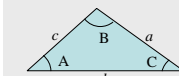


正弦定理より

$$\frac{P}{\sin(\omega - \phi)} = \frac{W}{\sin\{90 - (\omega - \phi - \alpha - \delta)\}}$$

$$P = \frac{\sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \alpha - \delta)} W \quad \delta = \frac{2}{3} \phi \text{ (道路土工指針)} \quad \phi = 30 \sim 35^\circ$$

三角関数



$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

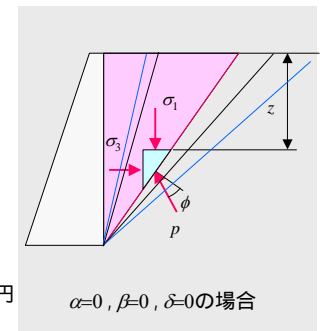
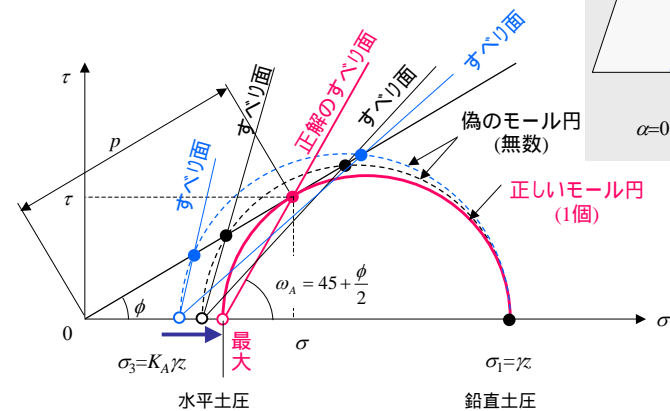
$$\sin(90 - A) = \cos A$$

$\omega$  が決まれば  $W$  と  $P$  が決まる  $\Rightarrow \omega$  をどのように決めるか

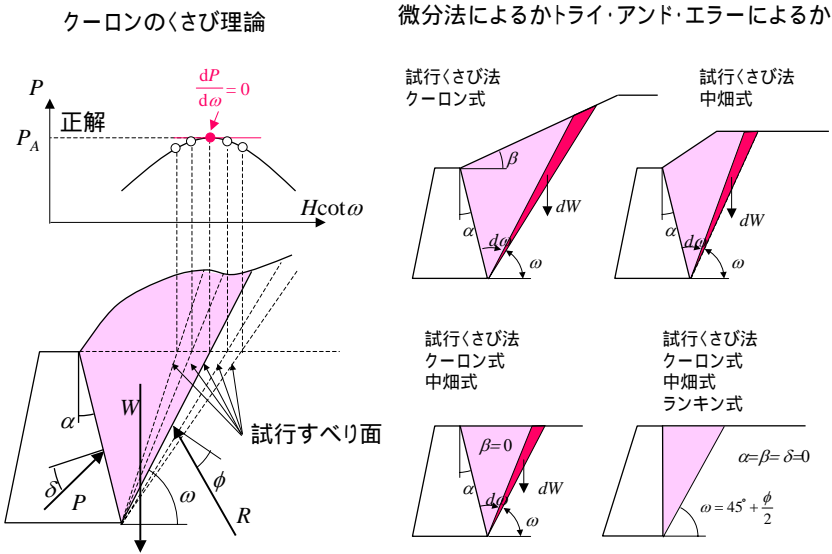
$>0$  または  $>0$  なら、すべり面は理論的に曲線となる

## 土圧の最大値がなぜ主動土圧になるのか

土圧を最大とするすべり面のみがモール・クーロンの破壊基準を満たしている。

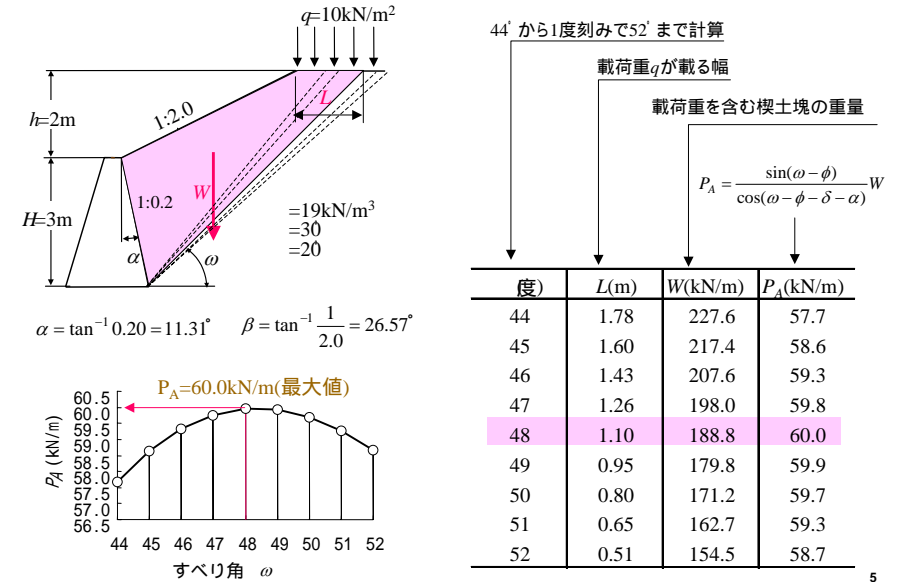


# 主働土圧(Pの最大)を求める方法



4

# 試行くさび法の計算例



5

# 道路土工指針と道路橋示方書の違い

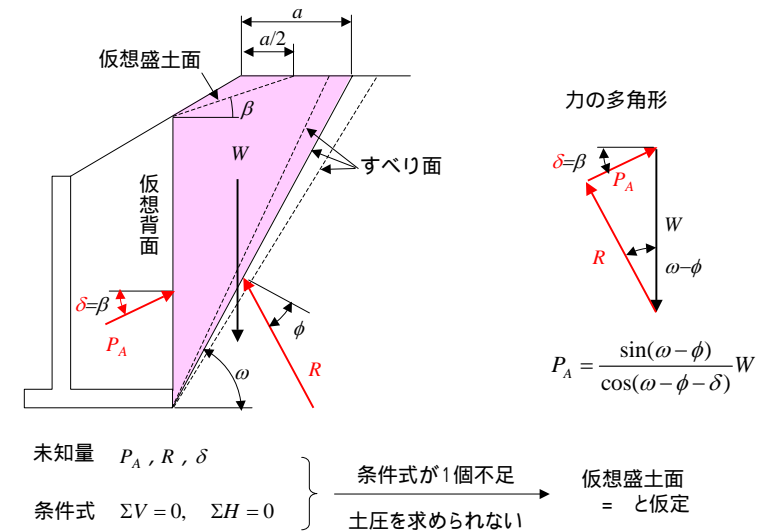
技術基準類	道路土工 - 擁壁工指針		道路橋示方書下部構造編
盛土形状			
土圧計算法	試行くさび法	試行くさび法 クーロン式	クーロン式
壁面摩擦角	$\delta = \frac{2}{3}\phi$	$\delta = \frac{2}{3}\phi$	$\delta = \frac{1}{2}\phi$
土圧分布	三角形	三角形	台形

壁面摩擦角と土圧分布が異なっている。土圧理論はクーロン理論と同じ。  
壁面摩擦角が異なったのは、擁壁工指針が土研の施工研究室、下部構造編が基礎研究室であったためか？

6

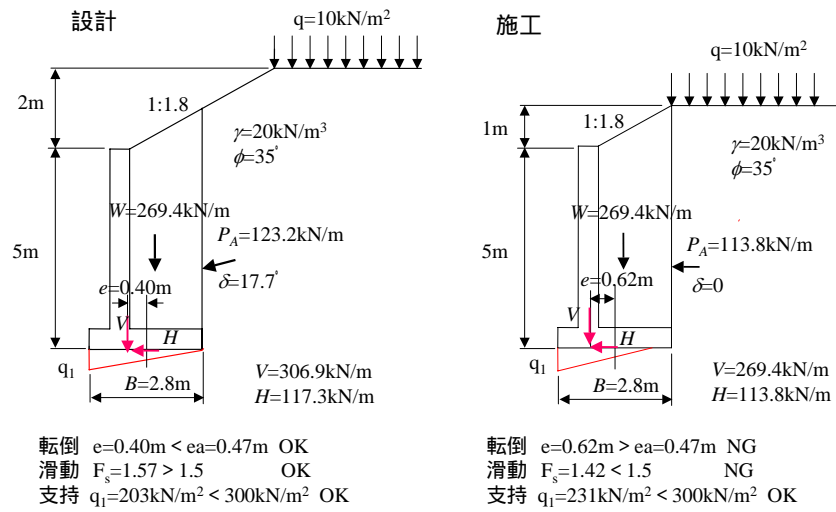
# 片持ちり式擁壁の仮想背面に作用する土圧

道路土工 - 擁壁工指針による土圧計算法(試行くさび法)



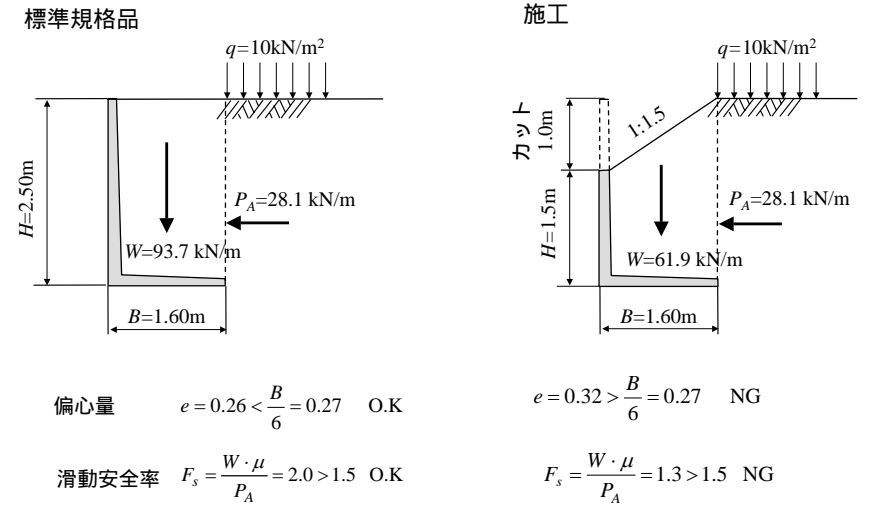
7

## 盛土高を低くして計算したらNGになった



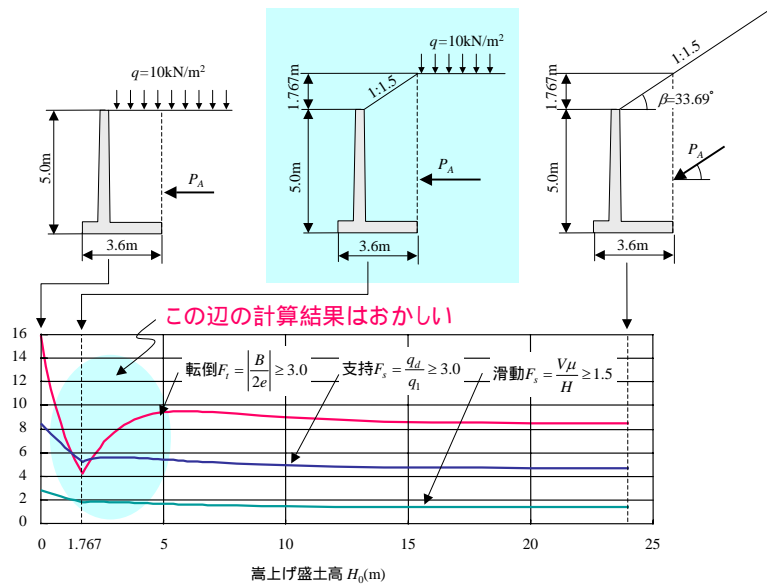
8

## たて壁をカットして計算したらNGになった



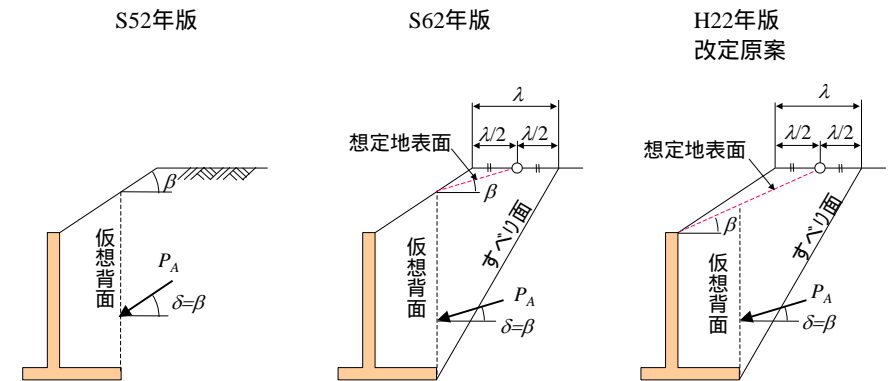
9

## 嵩上げ盛土高と安全率の関係(試行くさび法)



10

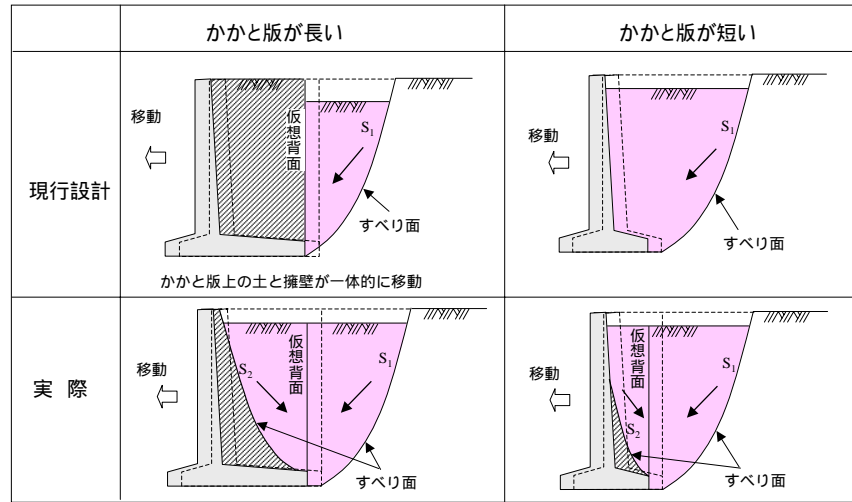
## 土工指針の試行くさび法の変遷



理論的根拠がないまま土圧合力の作用角を定めている。  
 仮想背面ではを壁面摩擦角と呼ぶのはおかしい。

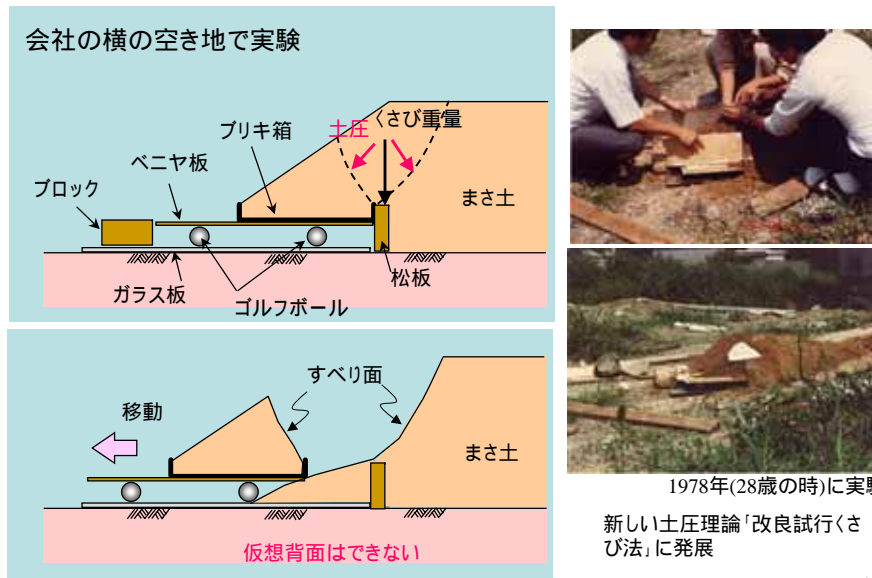
11

# 仮想背面に対する誤解

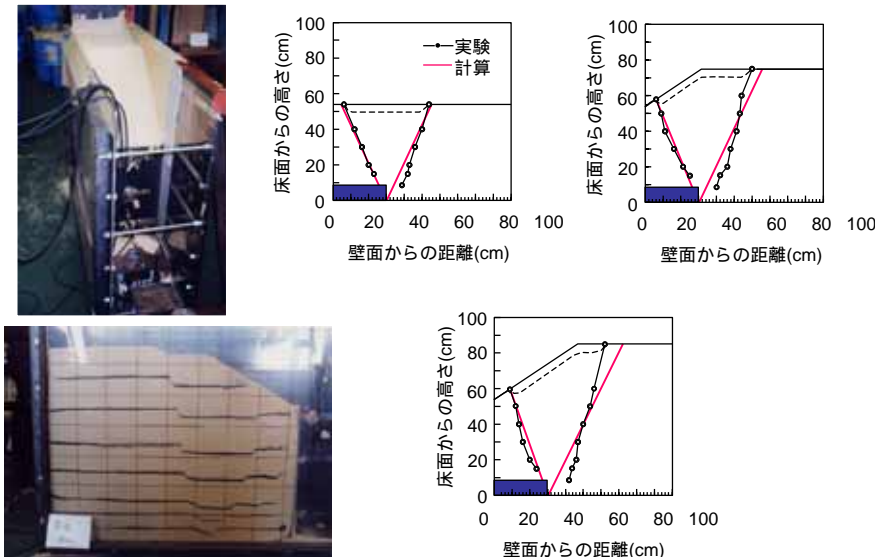


仮想背面はすべり面でない。土圧を算定する基準面にすぎない。  
 かかと版の長短に関係なく仮想背面を設定できる。  
 かかと版が短いとすべり面が壁面に当たる。

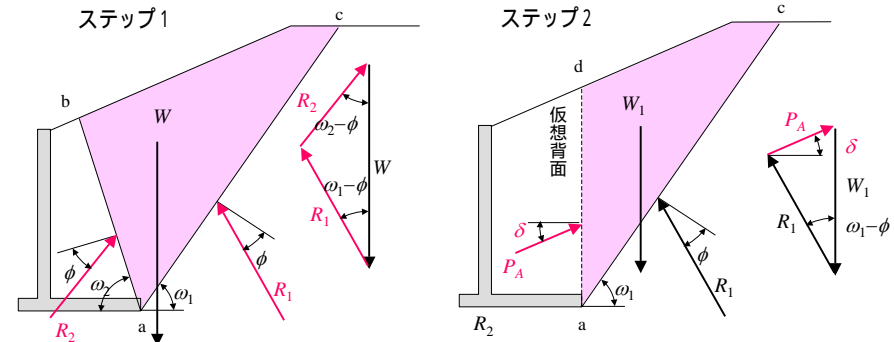
# 模型台車(擁壁)が前方へ移動したときできる「すべり面」



# 主働すべり面の実験 (愛媛大学八木研究室)



# 改良試行くさび法



土塊abcに作用する力は $W$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ の3個  
 未知量はすべり面の反力 $R_1$ ,  $R_2$ の2個  
 力のつり合い条件式( $V=0$ ,  $H=0$ )から  
 未知量は求められる。

$$R_1 = \frac{\sin(\omega_2 - \phi)}{\sin(\omega_1 + \omega_2 - 2\phi)} W$$

$$R_2 = \frac{\sin(\omega_1 - \phi)}{\sin(\omega_1 + \omega_2 - 2\phi)} W$$

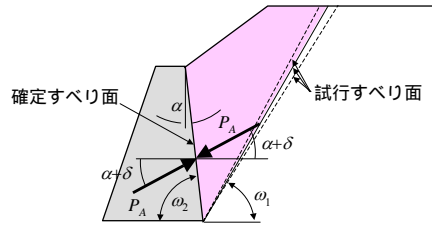
土塊adcに作用する力は $W_1$ ,  $R_1$ ,  $P_A$ の3個  
 未知量は仮想背面の内力 $P_A$ と作用角 $\delta$ の2個  
 力のつり合い条件式( $V=0$ ,  $H=0$ )から  
 未知量は求められる。

$$\delta = \tan^{-1} \frac{W_1 - R_1 \cos(\omega_1 - \phi)}{R_1 \sin(\omega_1 - \phi)}$$

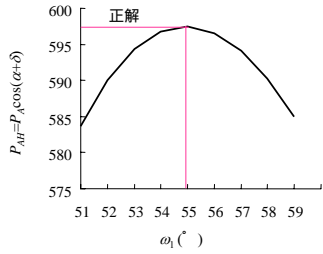
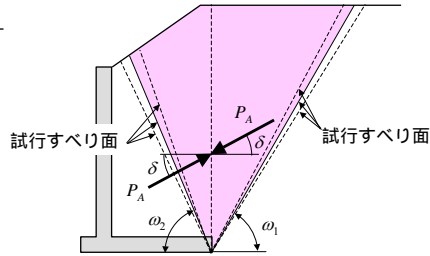
$$P_A = \frac{\sin(\omega_1 - \phi)}{\cos \delta} R_1$$

# 試行くさび法と改良試行くさび法の違い

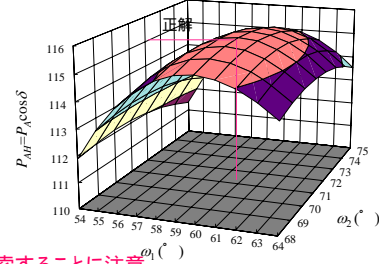
試行くさび法



改良試行くさび法

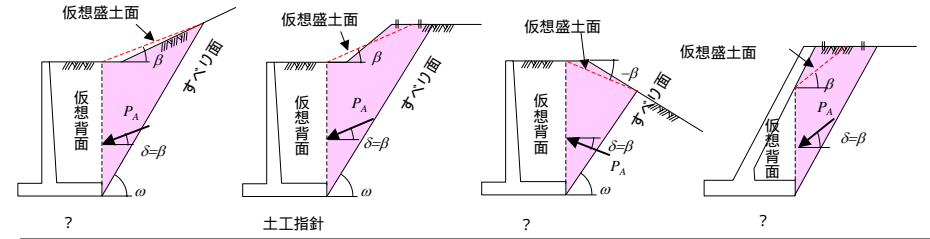


土圧合力ではなく、土圧合力の水平成分の最大値を探索することに注意

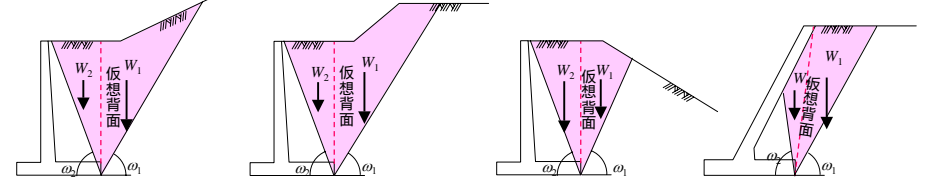


# 改良試行くさび法では を仮定する必要がない

試行くさび法 ( を経験的に仮定)



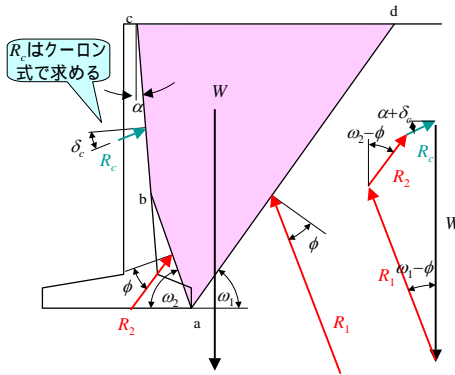
改良試行くさび法 ( は理論的に求まる)



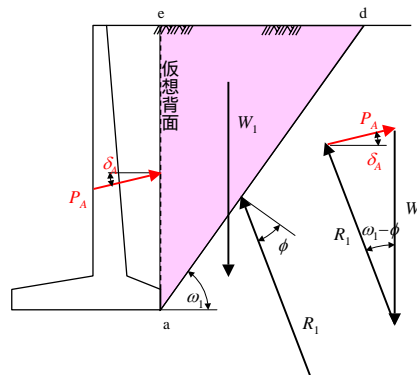
盛土傾斜角 は考えなくてよい

仮定背面は鉛直でなくてもよい

# かかとと版が短い場合の土圧計算法



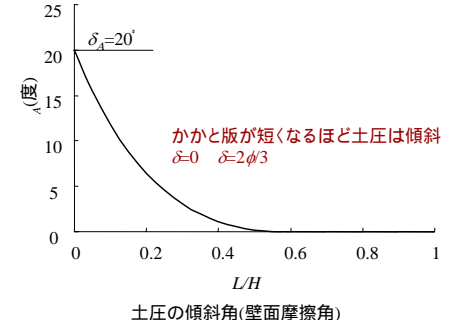
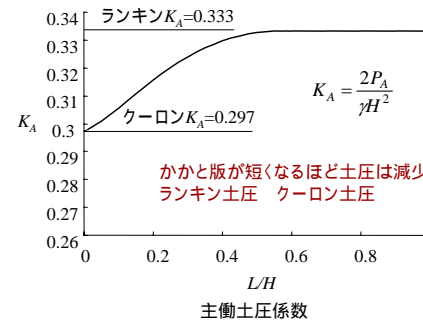
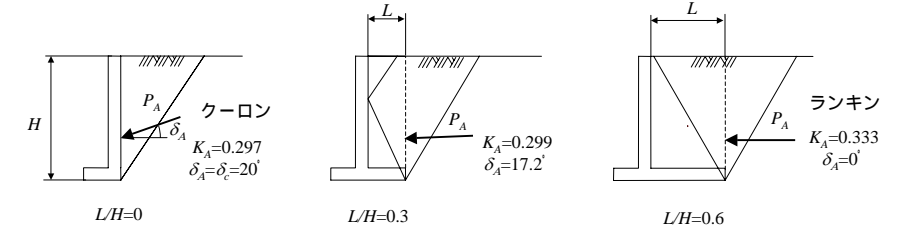
$$R_1 = \frac{(W_1 + W_2) \sin(\omega_2 - \phi) + R_c \cos(\omega_2 - \phi + \delta_c + \alpha)}{\sin(\omega_1 + \omega_2 - 2\phi)}$$



$$\delta_A = \tan^{-1} \frac{W_1 - R_1 \cos(\omega_1 - \phi)}{R_1 \sin(\omega_1 - \phi)}$$

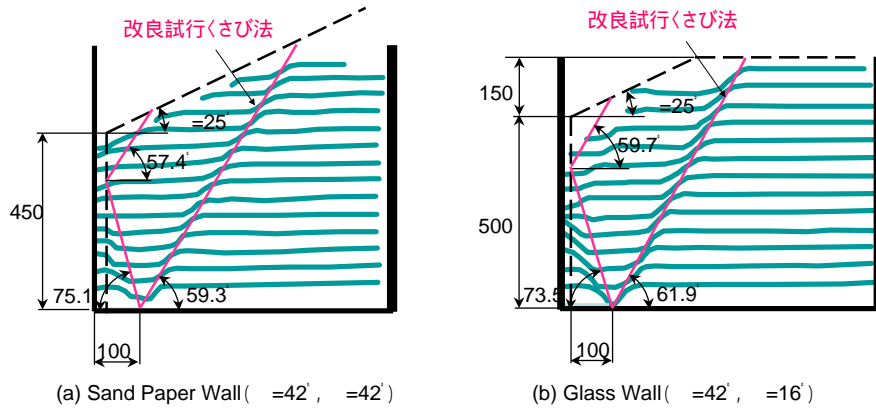
$$P_A = \frac{W_1 \tan \theta + R_1 \sin(\omega_1 - \phi)}{\cos \delta}$$

# かかとと版長と土圧の関係(改良試行くさび法)



# 安蔵善之輔による模型実験

L形式擁壁に及ぼす土圧に就いて 九州帝国大学工学部紀要(1934)

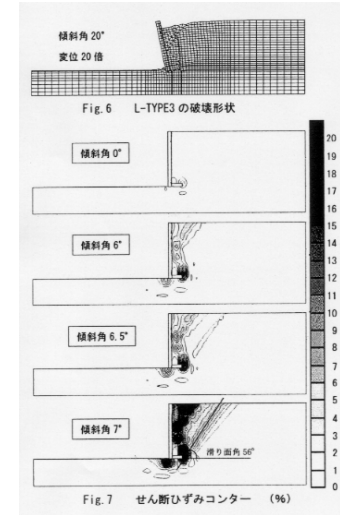


# 今田美幸さんらの研究

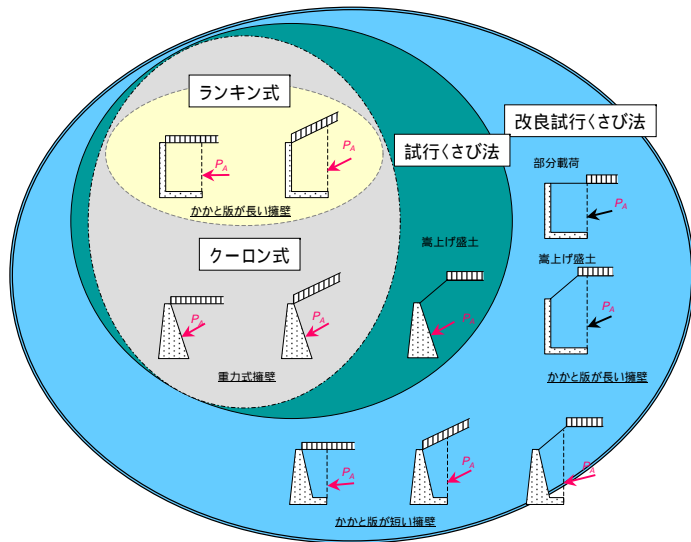
第36回地盤工学研究発表会(徳島)2001.6

L型擁壁と背面地盤の挙動に関する  
実験と有限要素解析

東京大学大学院 田中忠次  
明治大学大学院 今田美幸



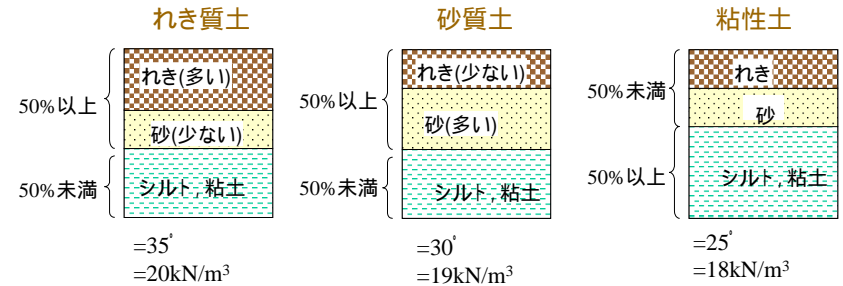
# 改良試行くさび法はの適用範囲は広い



# 擁壁の設計で一般に用いている裏込め土の土質定数

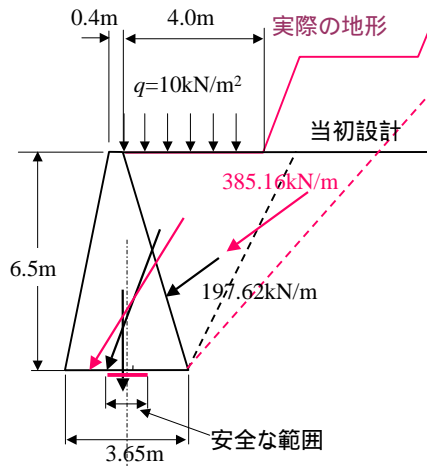
## 粒径による区分

細粒分		粗粒分					石分		
粘土	シルト	砂		礫			石		
		細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石	巨石
粒径	0.005	0.075	0.25	0.85	2.0	4.75	19	75	300 (mm)



# 会計検査で擁壁が不安定と指摘された事例

擁壁背後の地盤形状が設計と異なる

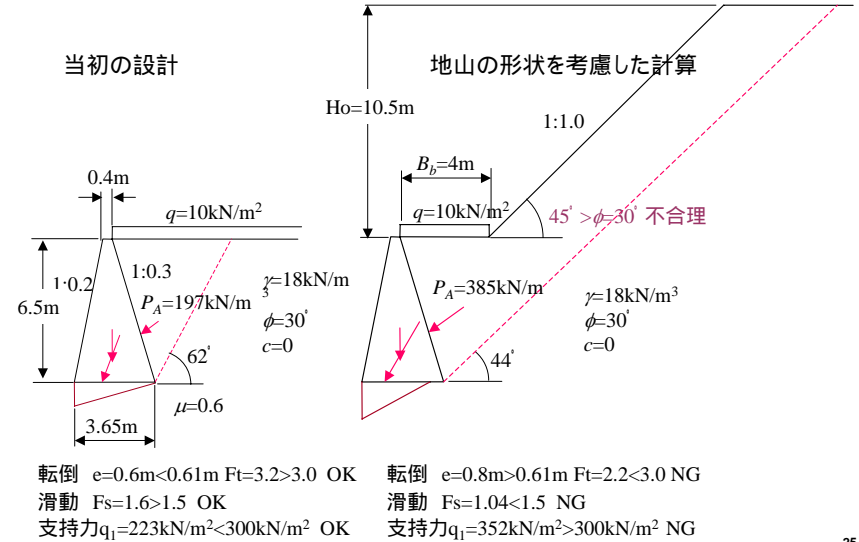


徳島県三好郡東みよし町  
H18年度会計検査  
この種の指摘が最近多い

土圧が増加  
197.62kN/m 385.16kN/m  
滑動の安全率不足 1.03<1.5  
転倒が不安定 合力が核外  
地盤反力度が過大  
352kN/m²>qa=300kN/m²

# 会計調査員が不安定と判定した理由

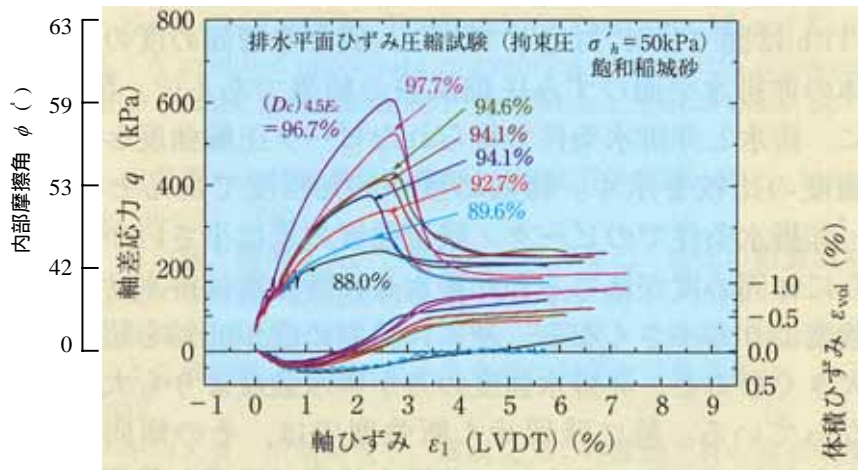
=30°, c=0では地山がこれまで安定してきたことを説明できない



当初の設計  
転倒 e=0.6m<0.61m Ft=3.2>3.0 OK  
滑動 Fs=1.6>1.5 OK  
支持力q1=223kN/m²<300kN/m² OK

地山の形状を考慮した計算  
転倒 e=0.8m>0.61m Ft=2.2<3.0 NG  
滑動 Fs=1.04<1.5 NG  
支持力q1=352kN/m²>300kN/m² NG

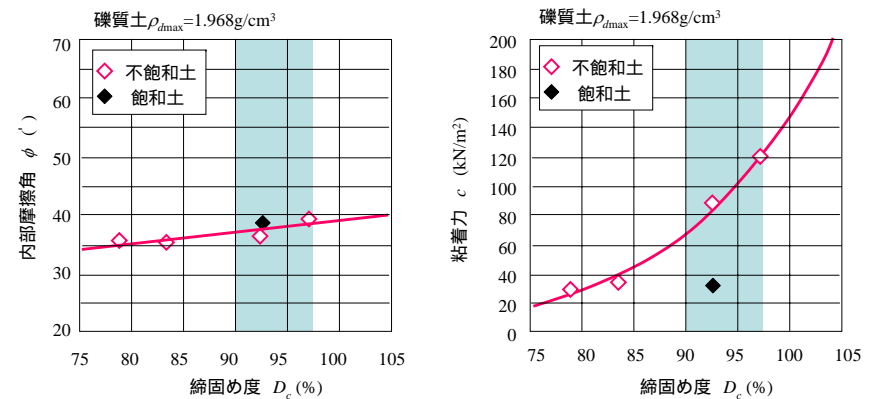
# 飽和稲城砂の平面ひずみ圧縮試験(排水試験)



$$\phi = \sin^{-1} \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} = \sin^{-1} \frac{q}{100 + q}$$

龍岡文夫: 盛土の締固め管理と設計の協働の必要性, 基礎工, 2009.7

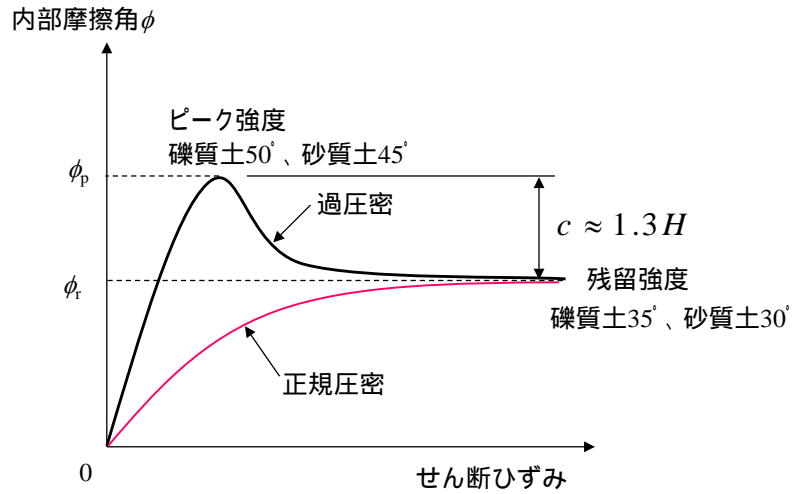
# 盛土の締固め度と強度定数c



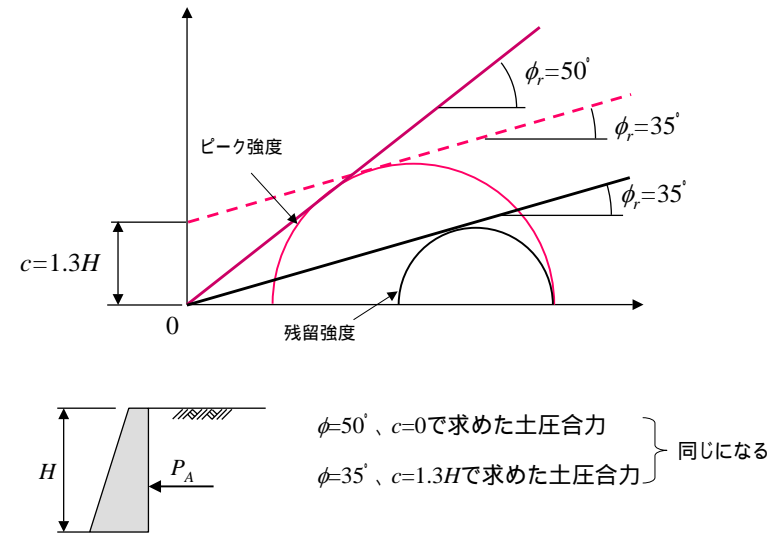
データは「川崎廣貴, 長澤正明: 高盛土の沈下挙動と地盤の性能評価技術, 基礎工, 2009.7」による

# 道路橋示方書耐震設計編で使用しているせん断強度

裏込め土は転圧されて過圧密



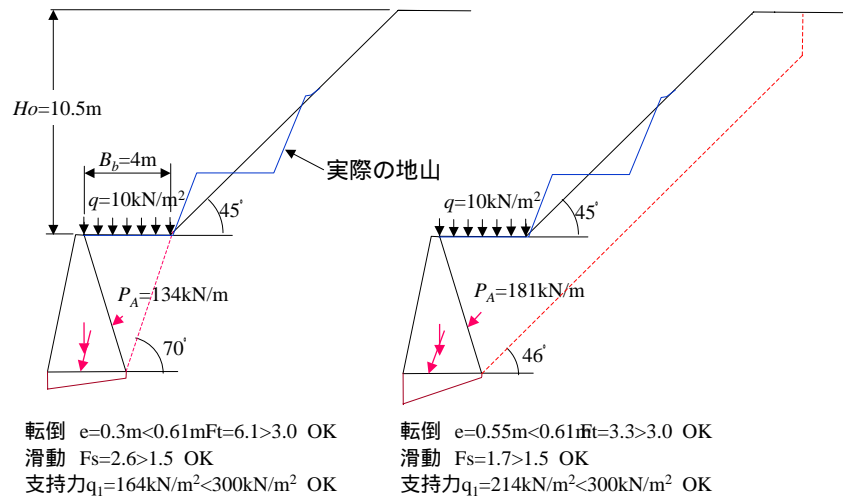
# 見掛けの粘着力の考え方



# 実際に擁壁に作用すると考えられる土圧

$=30^\circ, c=0$ では地山がこれまで安定してきたことを説明できない

ケース1  $c=0, \phi=45^\circ, \gamma=18\text{kN/m}^3$     ケース2  $c=10\text{kN/m}^2, \phi=30^\circ, \gamma=18\text{kN/m}^3$



# S38 ~ S45年の四国の国道で施工された擁壁断面

