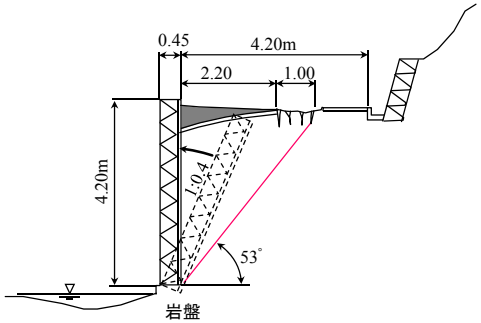
平成25年度　土木技術職員基礎研修

擁壁のトラブル事例

平成25年7月12日

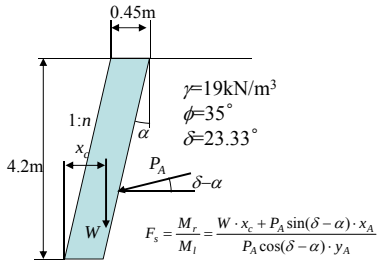
高知県技術士会
代表幹事　右城　猛

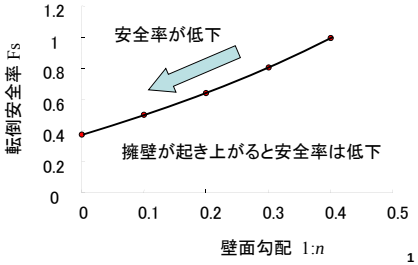
町道のブロック積み擁壁が起き上がったのはなぜか？



本山町古田

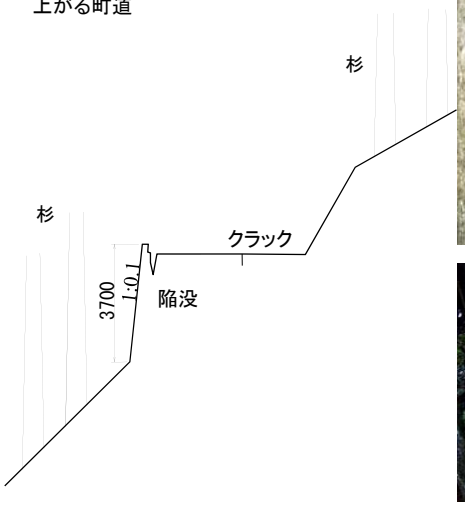
転倒の安全率





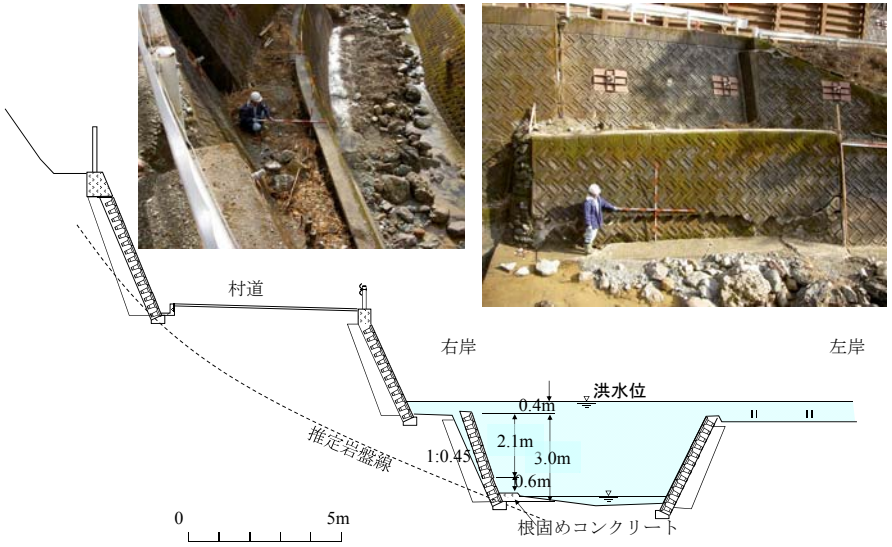
ブロック積み擁壁の背面に空洞

大豊町の国宝・豊楽寺薬師堂に
上がる町道



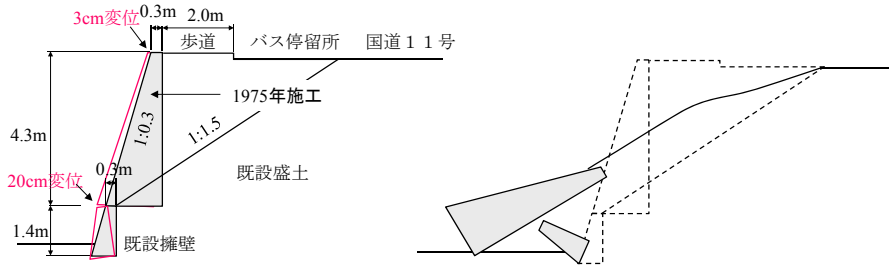
山留め擁壁の水抜孔から浸透水の飛び出し

護岸が起き上がって背後に空隙が発生



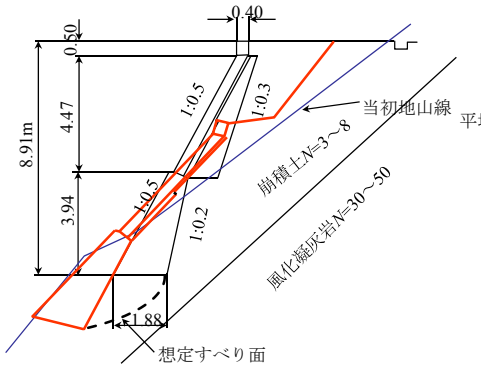
国道11号の二段積み擁壁が倒壊

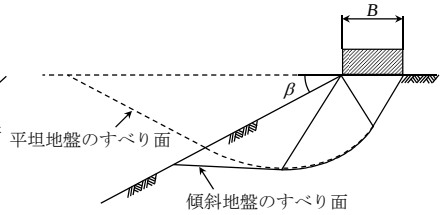
愛媛県西条市の国道11号

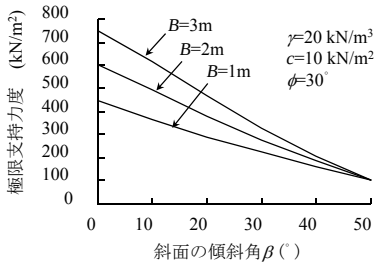


1982年9月6日に変状を地元住民が発見
1982年9月6日に変状を地元代表者が建設省松山工事事務所に報告
1982年9月8日に建設コンサルタントが調査
1982年9月24日の台風による豪雨で倒壊

斜面上に造った農道の複合擁壁が倒壊



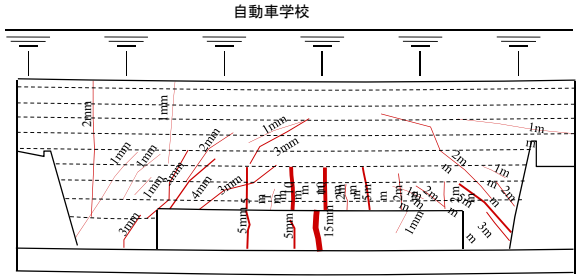


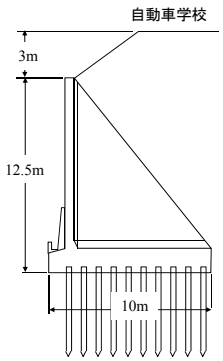


最大日雨量107mm
累計雨量203mm

日高村西越農道(昭和59年6月)

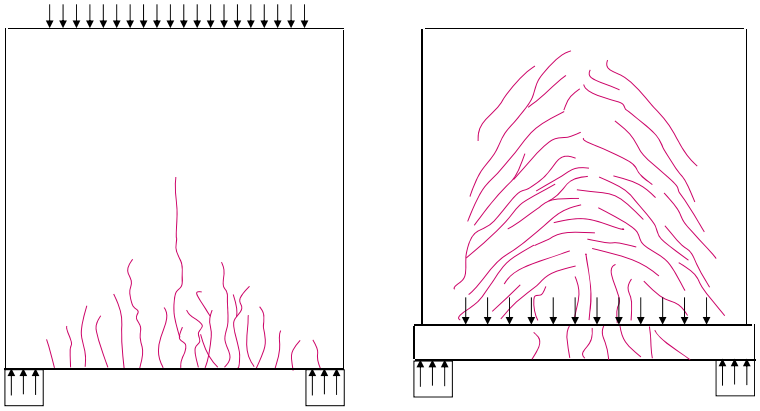
扶壁式擁壁に亀裂が入ったのはなぜ？





沈下15cm

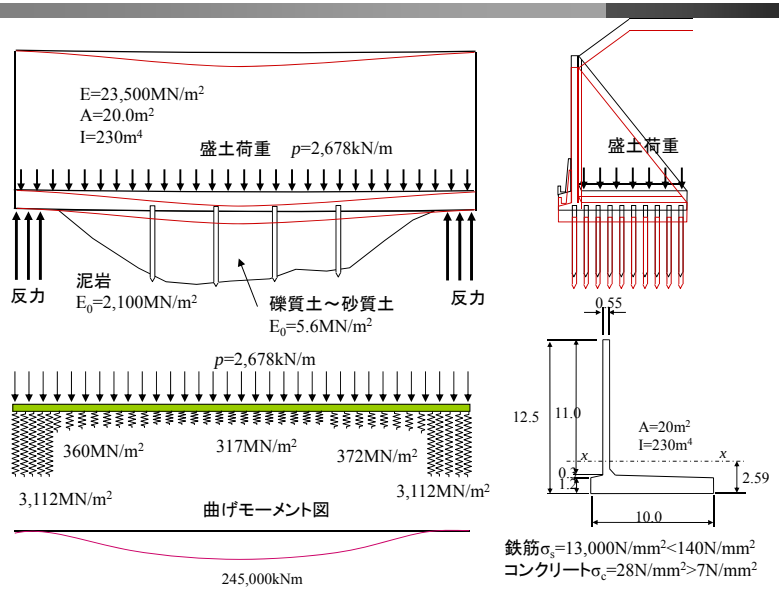
ディープビームの破壊直前のひび割れ図



(a) 上載荷重　　(b) 下載荷重

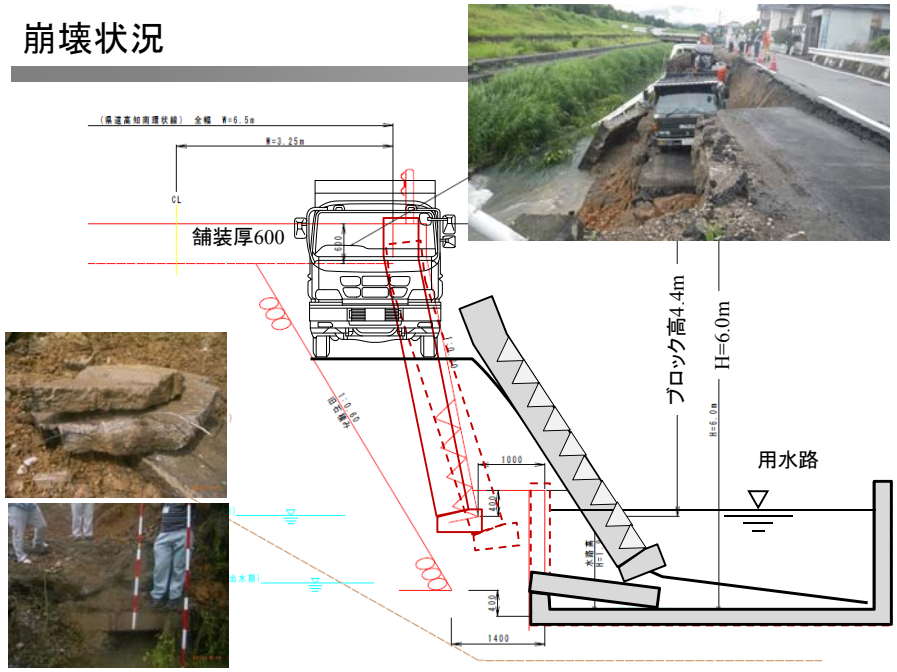
F・レオンハルト&E・メニッヒ著，横道英雄監訳：続・鉄筋コンクリートの設計，鹿島出版，昭和11984

縦方向に過大な曲げモーメントが発生

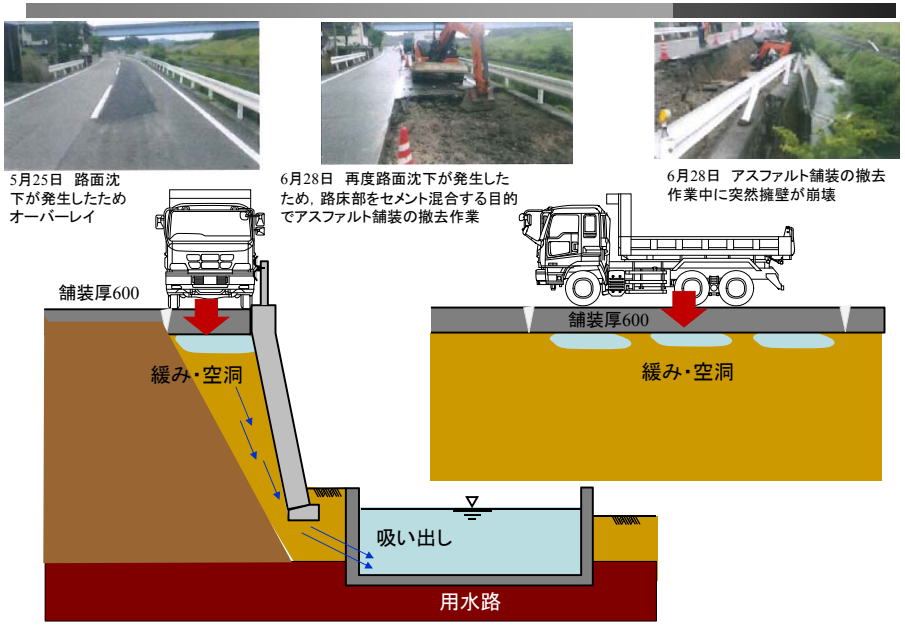


20年前に施工したブロック積擁壁が突然倒壊

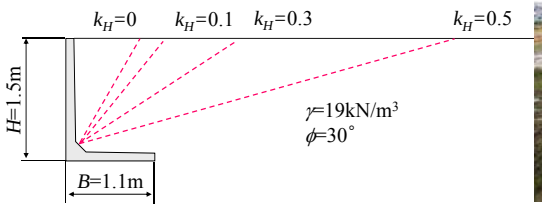
崩壊状況



アスファルト撤去中に擁壁が30mにわたり突然崩壊

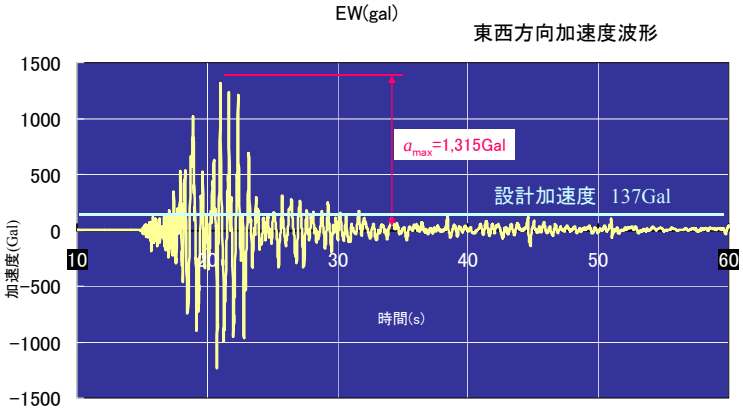


プレキャストL型擁壁の倒壊　(新潟県中越地震2004)



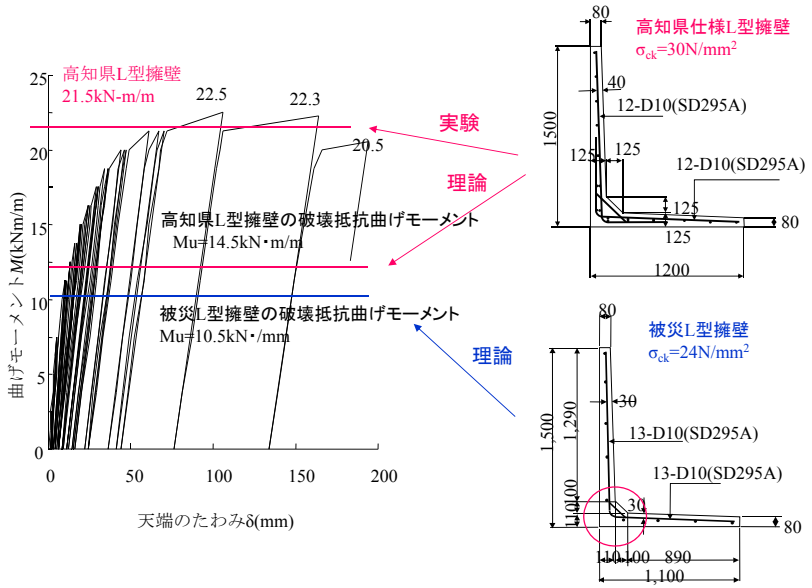
新潟県中越地震による小千谷市の加速度波形

小千谷市の強震計(K-NET)



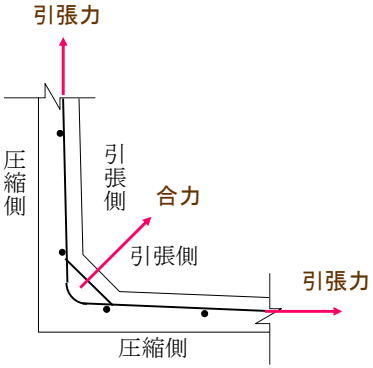
設計水平震度 k_H=0.14=137Gal の約10倍の加速度

被災したプレキャストL型擁壁の配筋とMu



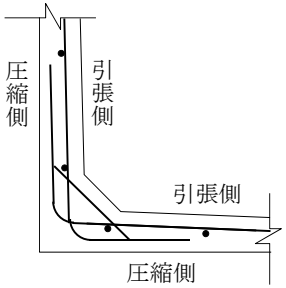
配筋ミスも倒壊の要因か？

被災擁壁の配筋



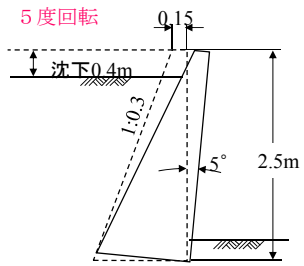
合力によってかぶりが剥がされる

正しい配筋

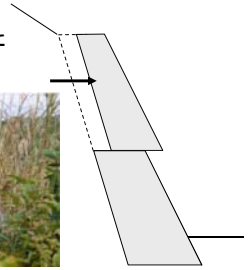


圧縮側に定着されている

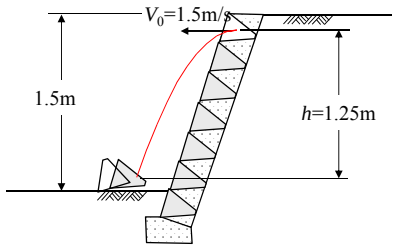
重力式擁壁の被害(長岡市高町)



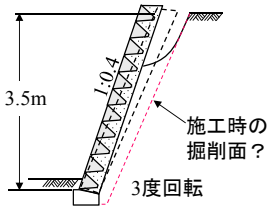
水平打継目からすべり出した



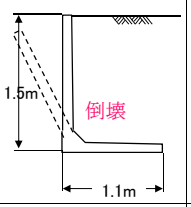
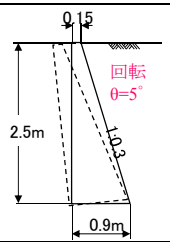
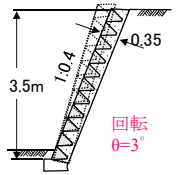
関越自動車道のブロック積み擁壁の被害



長岡市高町のブロック積み擁壁

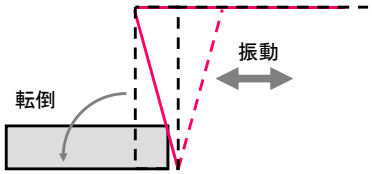


現行の設計手法(震度法，kh=0.14)では説明できない

		L型擁壁	重力式擁壁	ブロック積み擁壁
断面形状 γ=19kN/m³ ϕ=30° k_H=0.14				
常時	転倒の安全率	Fs=5.0>1.5　OK	Fs=1.1<1.5　NG	Fs=1.1<1.5　NG
	合力の偏心量	e=0.12m<0.18m　OK	e=0.4m>0.15m　NG	e=0.08m>0.06m　NG
	滑動の安全率	Fs=2.77>1.5　OK	Fs=1.31<1.5　NG	Fs=0.9<1.5　NG
地震時	転倒の安全率	Fs=2.84>1.2　OK	Fs=0.76<1.2　NG	Fs=0.54<1.2　NG
	合力の偏心量	e=0.17m<0.37m　OK	e=0.59m>0.20m　NG	e=0.9m>0.12m　NG
	滑動の安全率	Fs=1.7>1.2　OK	Fs=0.89>1.2　NG	Fs=0.46>1.2　NG
応力	コンクリート	σ_c=3.1<12N/mm² OK		
	鉄筋	σ_s=94<270N/mm² OK		

擁壁に地震時主働土圧は作用したか？

盛土の振動が原因では



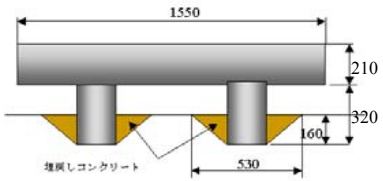
ブロック積擁壁擁壁の崩壊　兵庫県南部地震

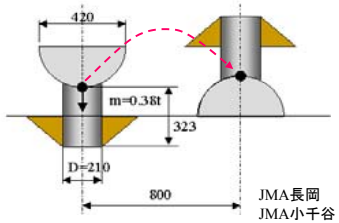
擁壁が左右に移動

380kgのコンクリート製ベンチが跳躍　新潟県中越地震

鉛直加速度が980ガルを超えた

高台部では加速度が増幅された





長岡市高町町田城跡

JMA長岡　325ガル
JMA小千谷　731ガル
K-NET小千谷820ガル

東日本大震災(2011)

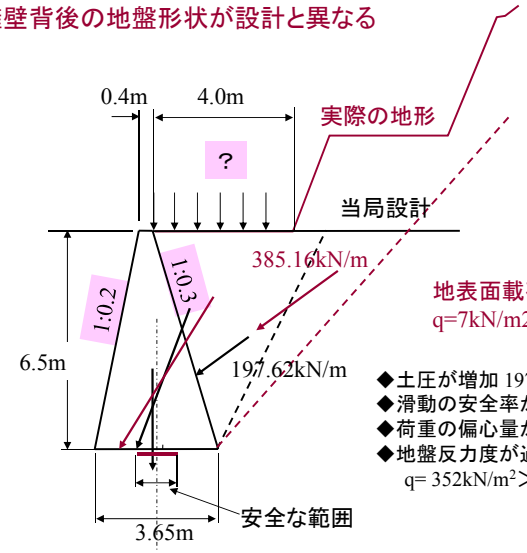
石巻市日和山公園の松尾芭蕉の像。震度6強でも転倒しない。滑って22cm移動しただけ。

背後の地山を考慮すると不安定になる

擁壁背後の地盤形状が設計と異なる

H18年度 会計検査
農林水産省補助事業

徳島県三好郡東みよし町

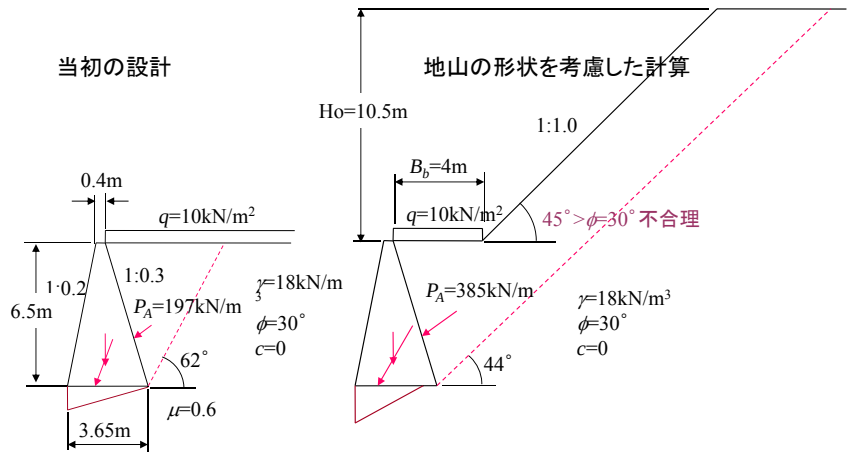


地表面載荷重、壁面勾配は不明
q=7kN/m2？

◆土圧が増加 197.62kN/m⇒385.16kN/m　NG
◆滑動の安全率が不足　Fs=1.03<1.5 NG
◆荷重の偏心量が過大　e=0.816m＞ea=0.608m NG
◆地盤反力度が過大
　q= 352kN/m^2＞qa=300kN/m^2 NG

会計調査員が不安定と判定した理由

φ=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

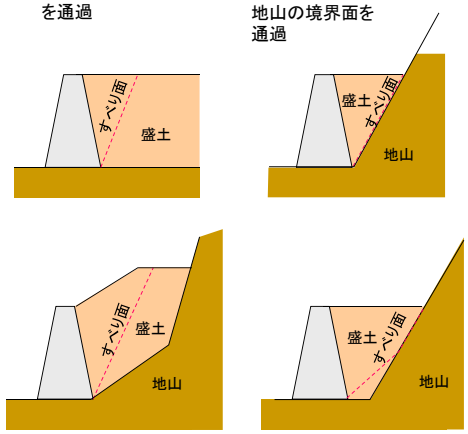


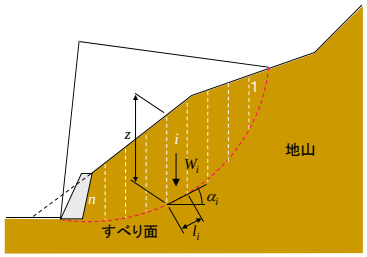
転倒　e=0.6m<0.61m Ft=3.2>3.0　OK
滑動　Fs=1.6>1.5　OK
支持力q_1=223kN/m^2<300kN/m^2　OK

転倒　e=0.8m>0.61m Ft=2.2<3.0 NG
滑動　Fs=1.04<1.5　NG
支持力q_1=352kN/m^2>300kN/m^2 NG

地山をすべり面が通る場合の考え方

擁壁工指針		切土工・斜面安定工指針
盛土部擁壁	切土部擁壁	安全率を仮定して逆算法で推定
すべり面が盛土内を通過	すべり面が盛土と地山の境界面を通過	





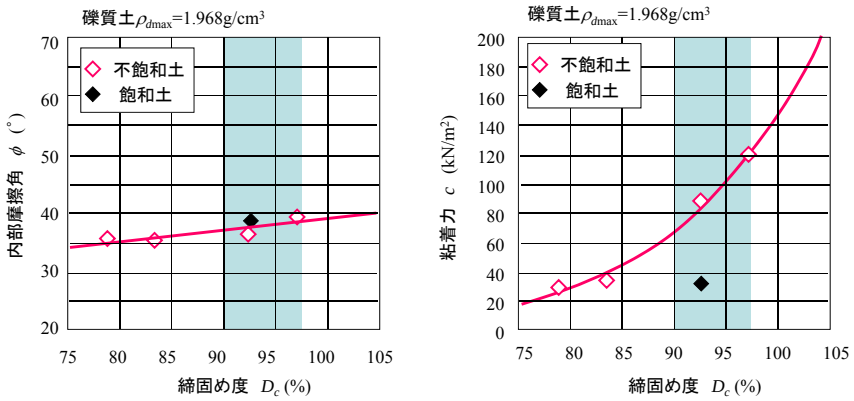
$$\tan\phi = \frac{F_s \Sigma W_i \sin\alpha_i - c\Sigma l_i}{\Sigma W_i \cos\alpha_i}$$

$Fs = 0.95 \sim 1.0$

$\gamma = 18\ (\mathrm{kN/m^3})$

$c = 1.0z\ (\mathrm{kN/m^2})$

盛土の締固め度と強度定数c、Φ

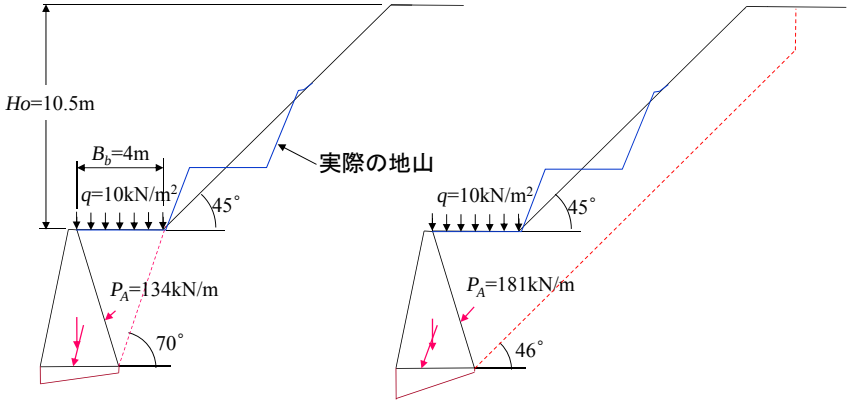


データは「川崎廣貴，長澤正明：高盛土の沈下挙動と地盤の性能評価技術，基礎工、2009.7」による

実際に擁壁に作用すると考えられる土圧

φ=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

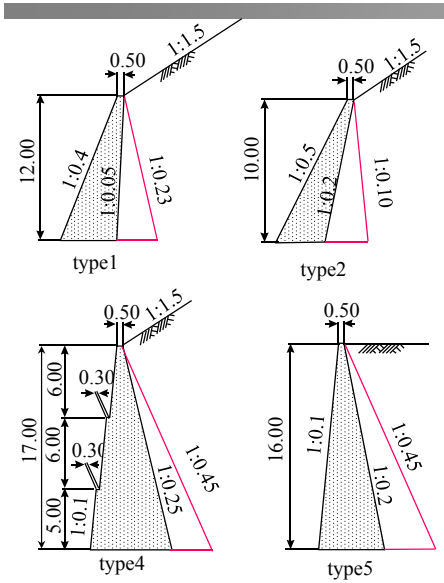
ケース1　c=0、ϕ=45°、γ=18kN/m³　　ケース2　c=10kN/m²、ϕ=30°、γ=18kN/m³



転倒　e=0.3m<0.61mFt=6.1>3.0　OK
滑動　Fs=2.6>1.5　OK
支持力q_1=164kN/m²<300kN/m²　OK

転倒　e=0.55m<0.61mFt=3.3>3.0　OK
滑動　Fs=1.7>1.5　OK
支持力q_1=214kN/m²<300kN/m²　OK

S38～S45年の四国の国道で施工された擁壁断面



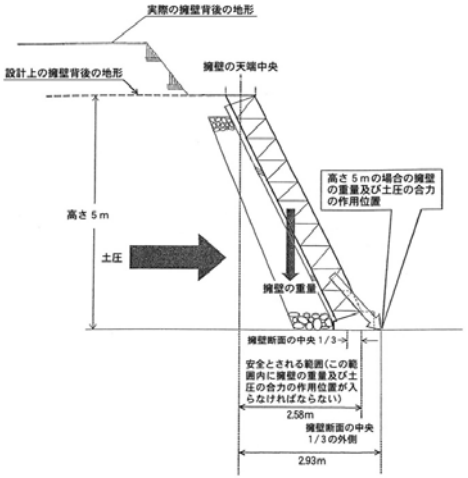
計算条件
φ=35°
c=0
γ=20kN/m³
嵩上げ盛土高比1.0

施工断面
常時計算(土工指針)

施工断面で常時の安定条件を満たすために必要な粘着力 γ=20kN/m³，ϕ=35°　としてcを逆算で算定

type1　c=8.0kN/m²
type2　c=4.3kN/m²
type3　c=12.0kN/m²
type4　c=51.4kN/m²
type5　c=44.6kN/m²

背後の盛土を考慮すると不安定でないか



平成20年度会計検査
農林水産省補助事業
岐阜県揖斐川町

背後の地盤は水平として設計

↓

実際の地形形状を考慮すれば土圧が増加

↓

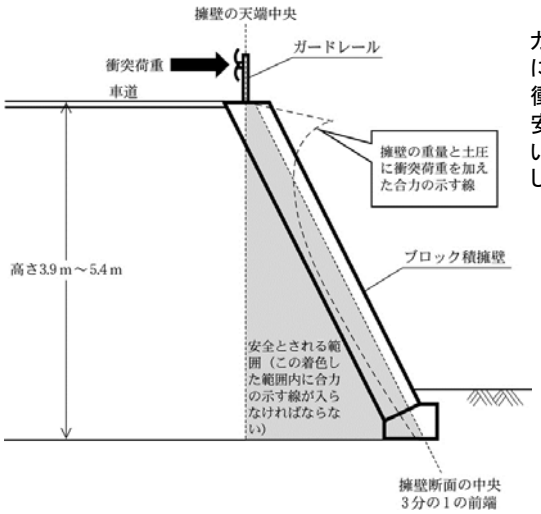
荷重の合力の作用位置が、擁壁底面中央の1/3から前方へ外れる

↓

転倒に対して不安定

土地改良事業計画設計基準　設計「農道」(農業土木学会)に準拠して転倒の安定性を照査
滑動と支持力については照査法が示されていない。

H22年度会計検査



ガードレールを擁壁の頂部に直接設置する場合には、衝突荷重を考慮して擁壁の安定計算を行うこととされているのに、衝突荷重を考慮していなかった。

設計基準等に基づき衝突荷重を考慮して安定計算を行ったところ、擁壁の重量と土圧に衝突荷重を加えた合力の示す線が、転倒に対して安定計算上安全とされる範囲（擁壁断面の中央3分の1の前端より後方）に収まっていなかった

土地改良事業計画設計基準　設計「農道」(農業土木学会)

プレガード破損例

長崎県雲仙市
吾妻町の例

支柱建込み部に0.2mm以下の亀裂が入ったが、基礎は動かない

高知県越知町
野老山の例

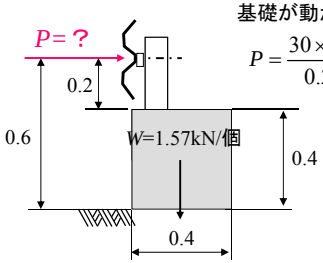
支柱建込み部のコンクリートが剥離したが、基礎は動かない

仮設防護柵の破損例

安全率が1.0になる衝突荷重　P

	ブロック1個	ブロック2個
転倒　Fs=1	0.52kN	1.04kN
滑動　Fs=1	0.94kN	1.88kN

基礎と舗装の摩擦係数μ=0.6

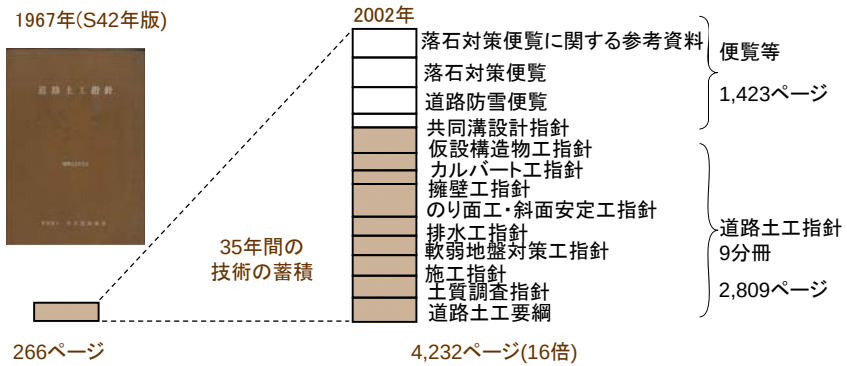


基礎が動かなければ

$$P = \frac{30 \times 0.6}{0.20} = 90\text{kN}$$

マニュアルの功罪

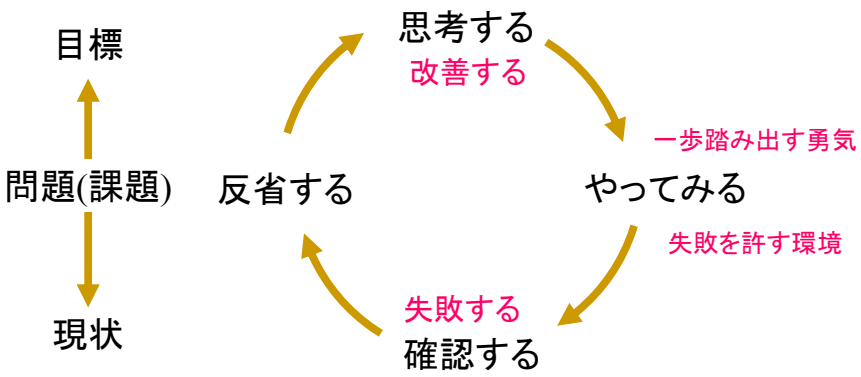
道路土工指針



- 誰が設計しても同じになる
- 責任回避(リスク回避)に都合がよい
- マニュアルは会計検査のバイブル

→ 問題対処であって問題解決でない

これで本当に良いのか

大事なことは思考すること

マニュアルは技術者の思考を停止させる
適用できる範囲が不明，他に応用が効かない
問題が起きない→技術の進歩がない