

平成27年度 社会基盤ME養成講座 後期

擁壁設計と維持管理

平成27年9月25日 8:45～12:00
岐阜大学工学部多目的教育研究室T201

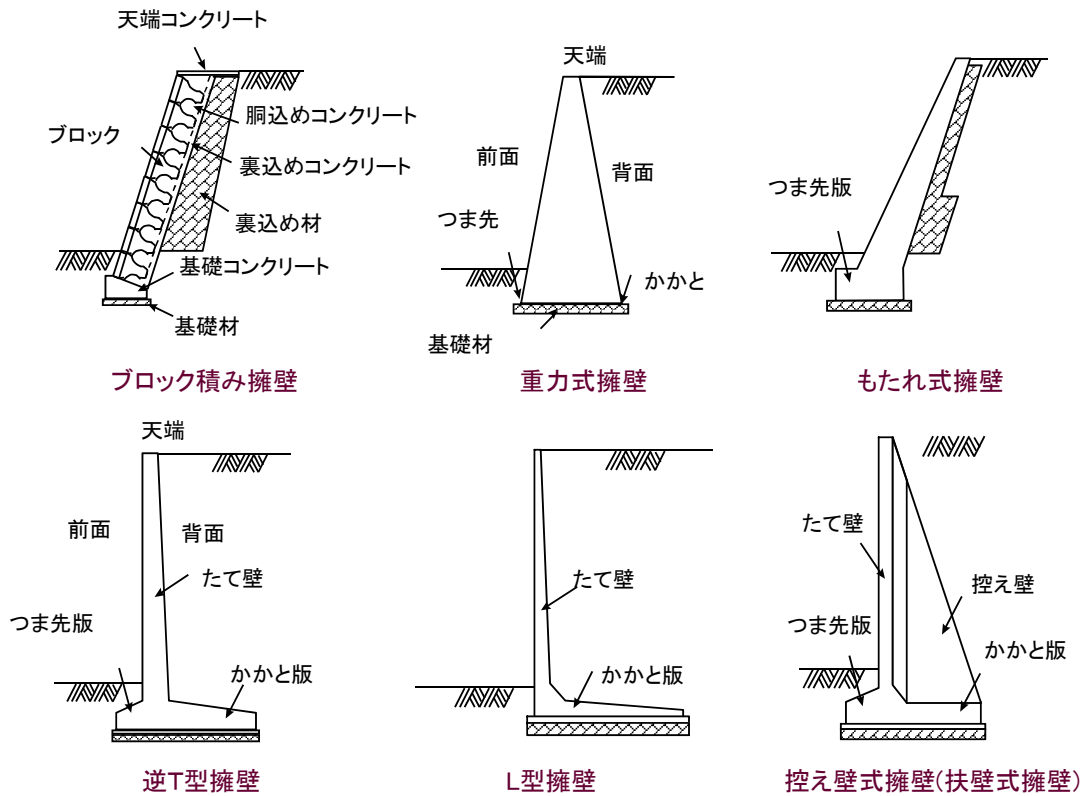
右城 猛

0

1. 擁壁の設計法

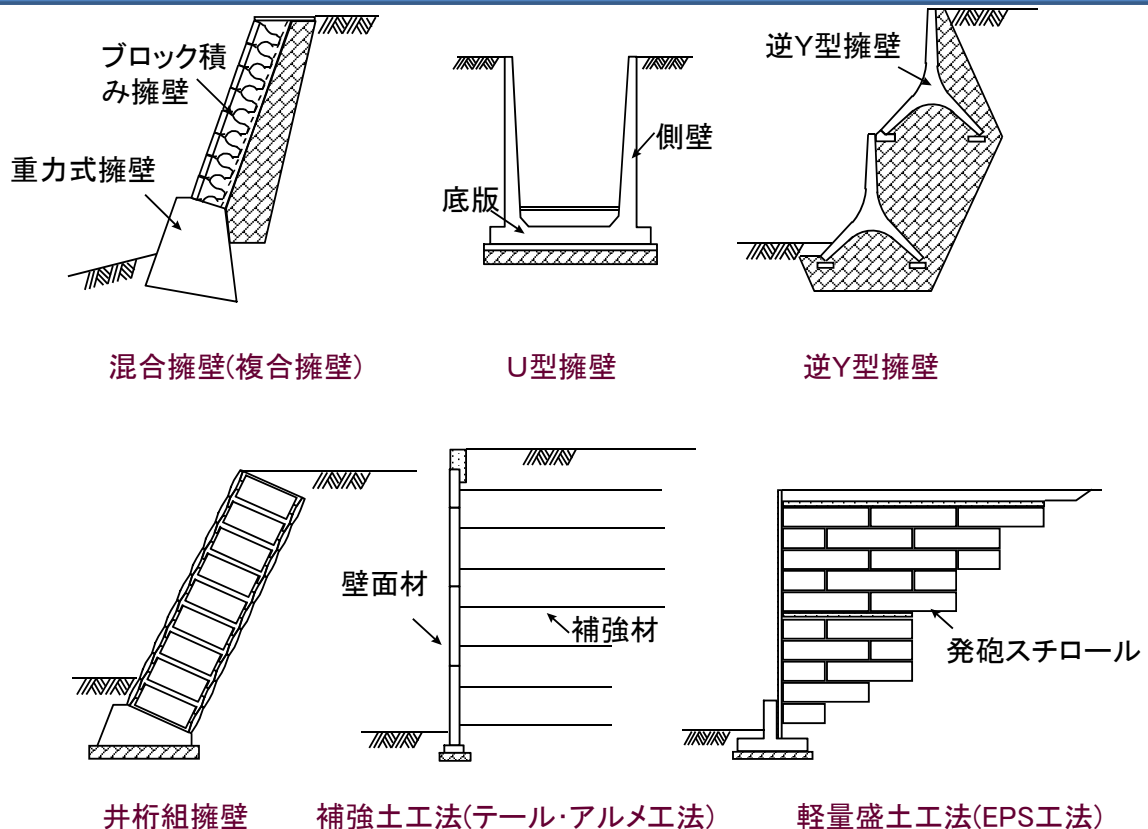
1

擁壁の種類 その1



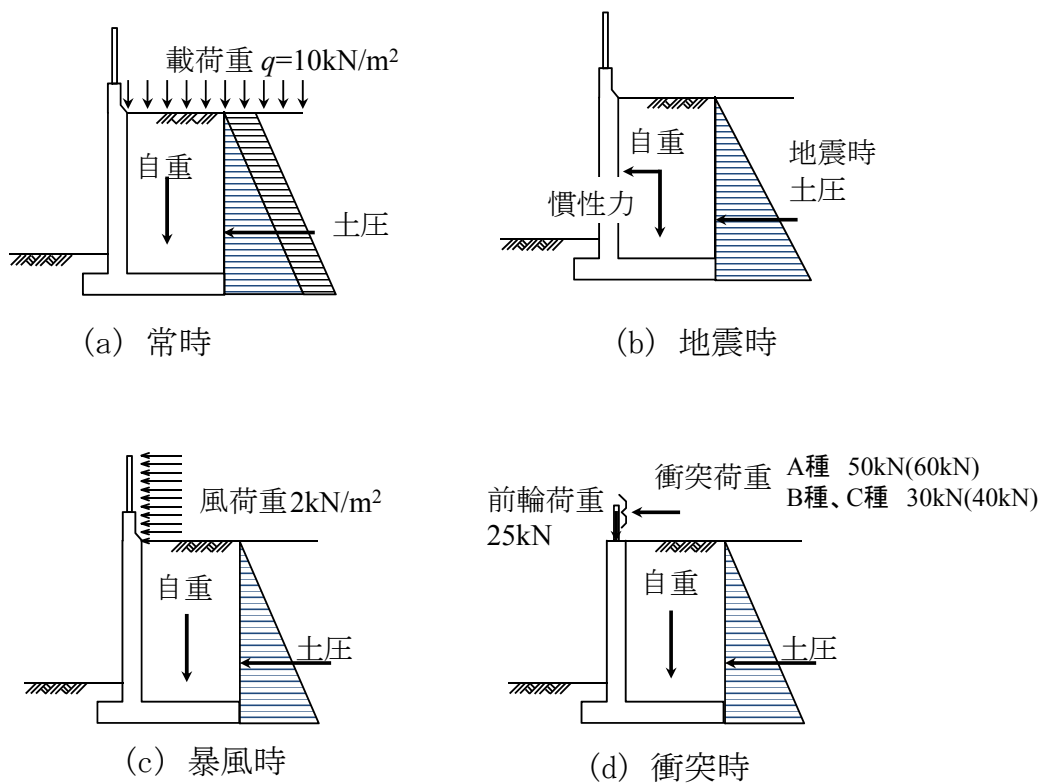
2

擁壁の種類 その2



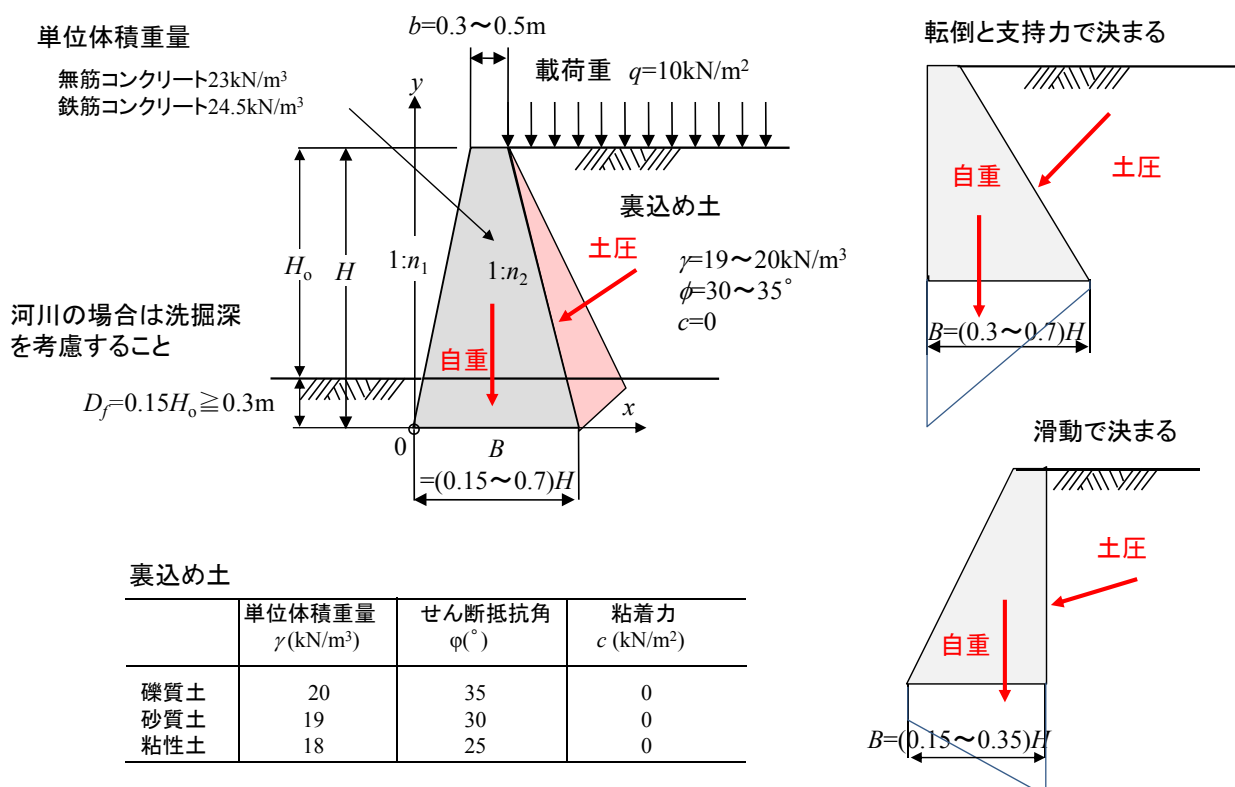
3

擁壁の設計で考慮する荷重



4

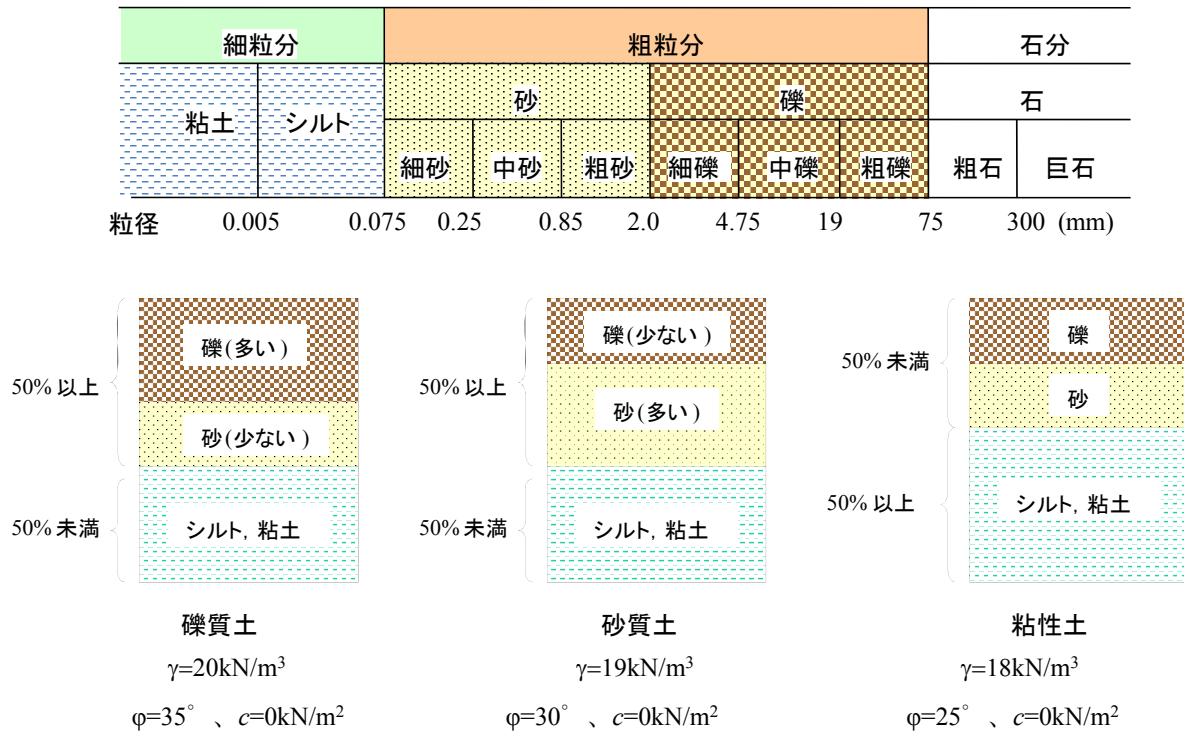
重力式擁壁の設計条件



5

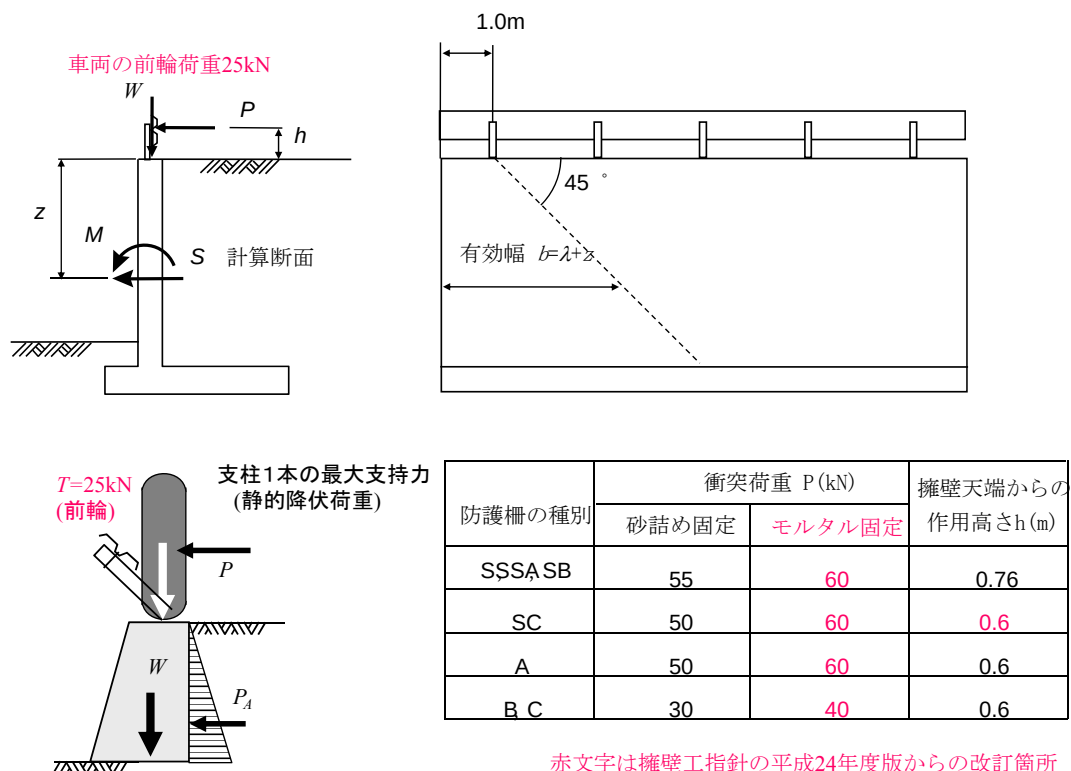
土のせん断強度定数

土の分類



6

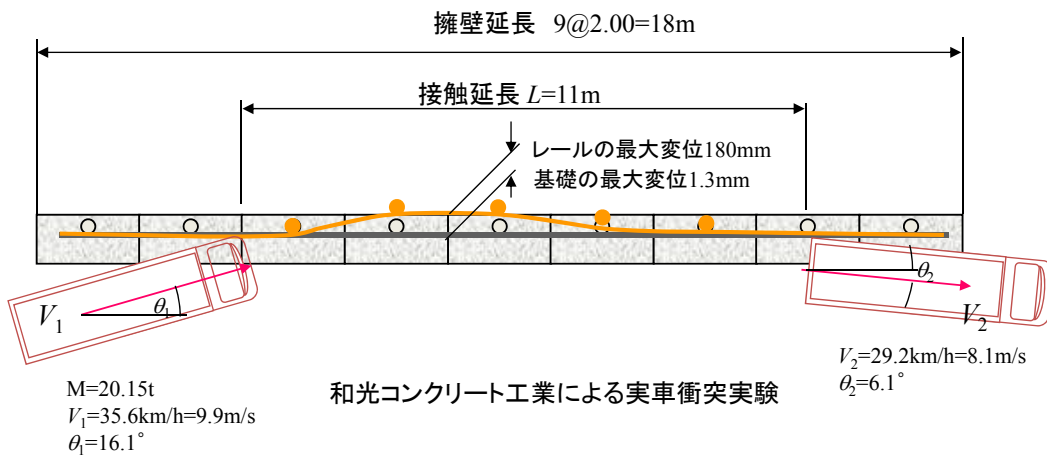
衝突荷重



赤文字は擁壁工指針の平成24年度版からの改訂箇所

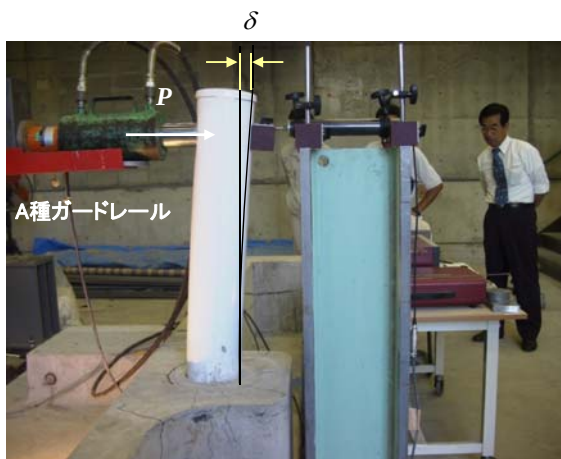
7

自動車衝突時のガードレールの変形

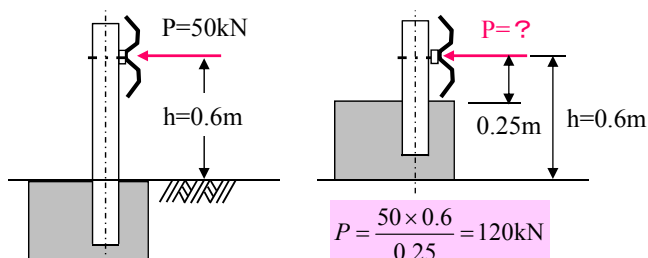


8

自動車衝突荷重とは防護柵支柱の降伏荷重



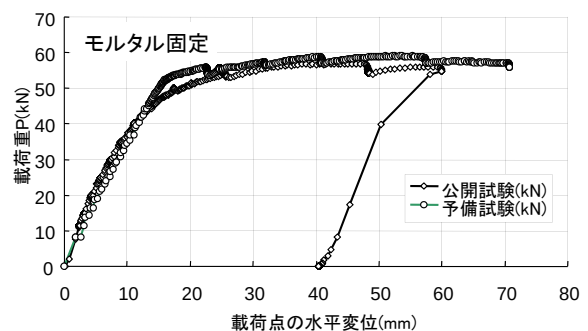
モルタル固定して載荷試験



最大荷重

公開試験 $P_{\text{max}}=56.84\text{kN}$

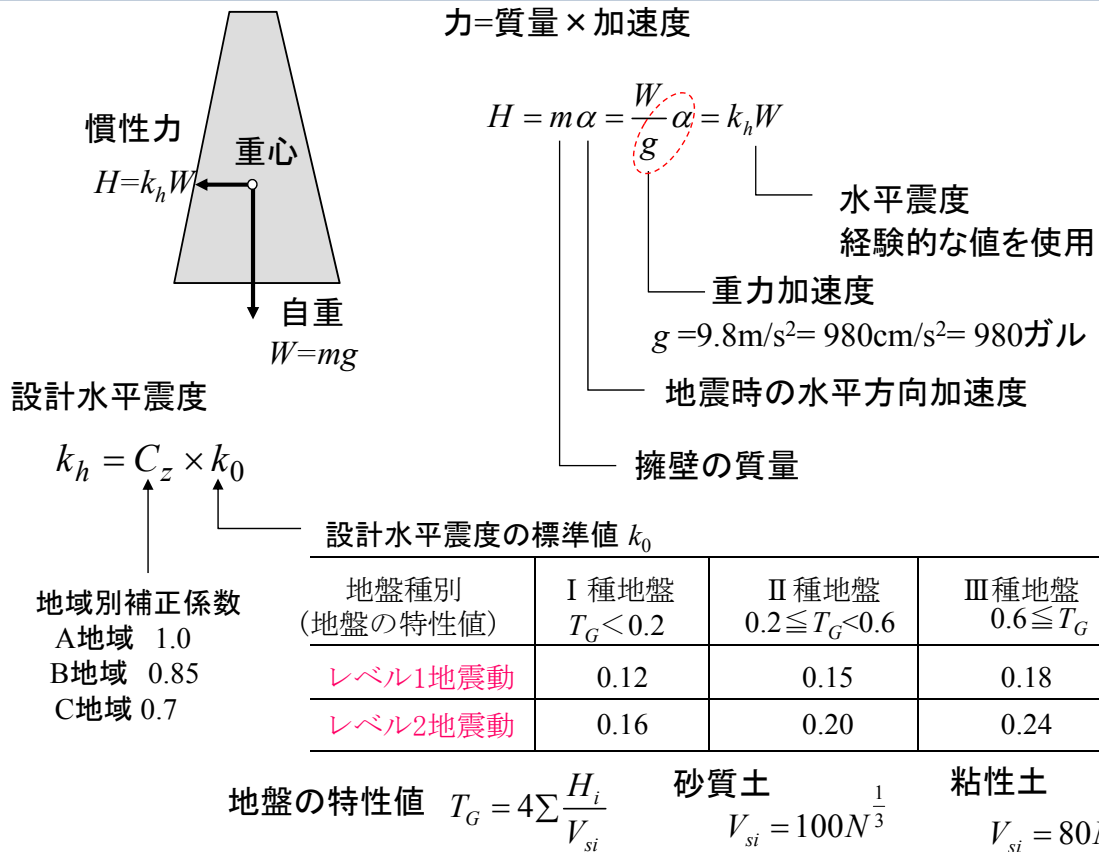
予備試験 $P_{\text{max}}=59.12\text{kN}$



防護柵の種別	最大支持力 (kN)	
	砂詰め固定	モルタル固定
C種	30	40
B種	30	40
A種	50	60

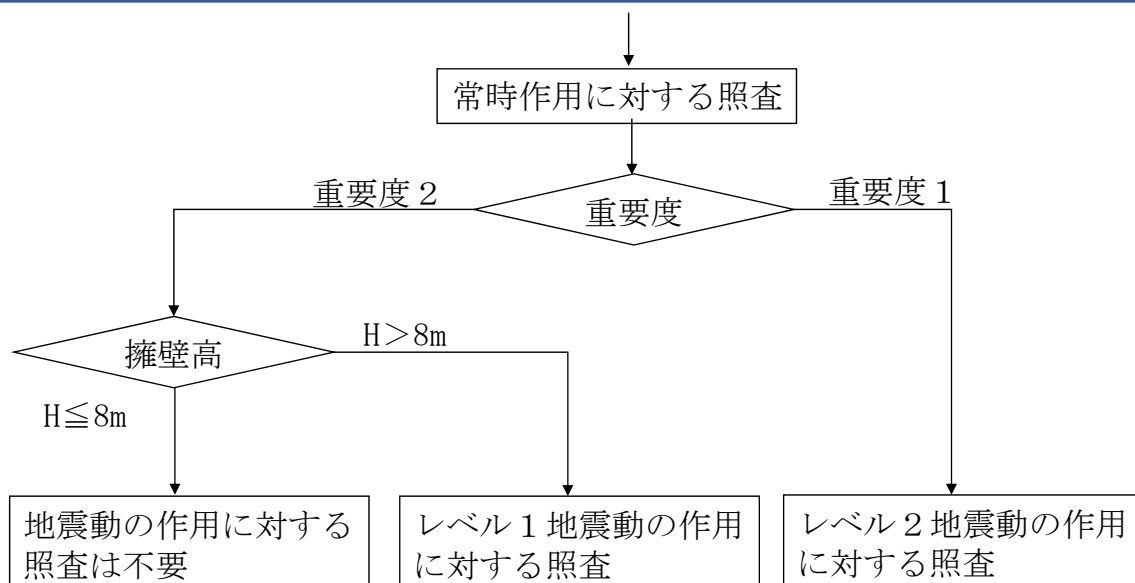
9

地震時の慣性力



10

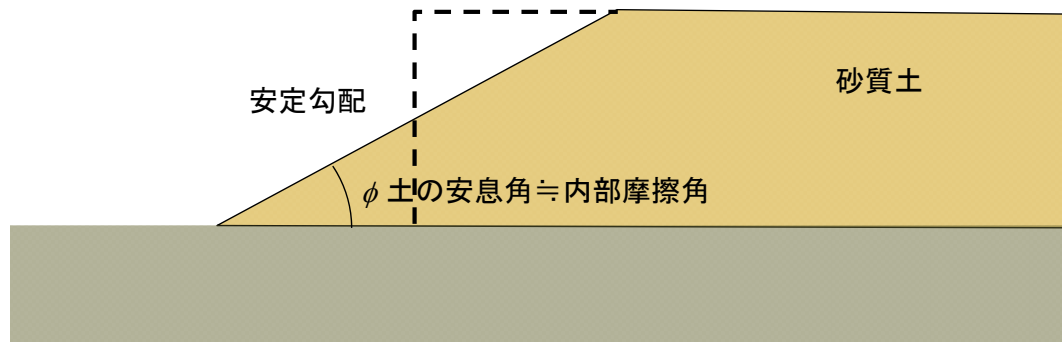
地震動の作用の照査



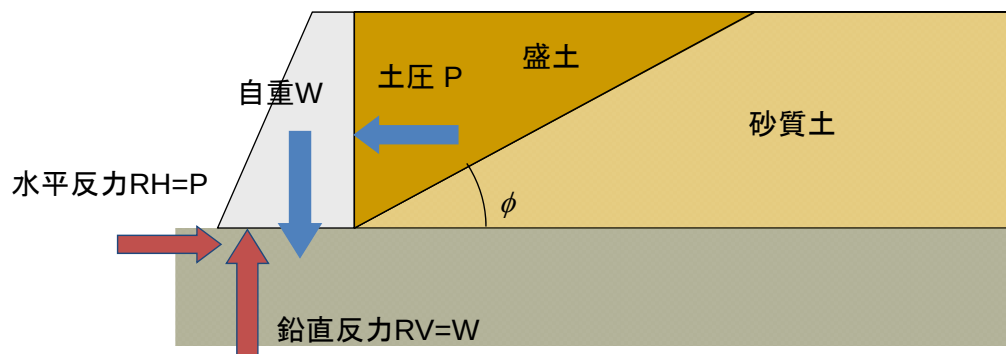
①設計水平震度が $k_h=0.18$ 程度以上になると地震時で決まる。

②レベル1地震動で擁壁断面が決まることはほとんどない。

盛土の安定と土圧

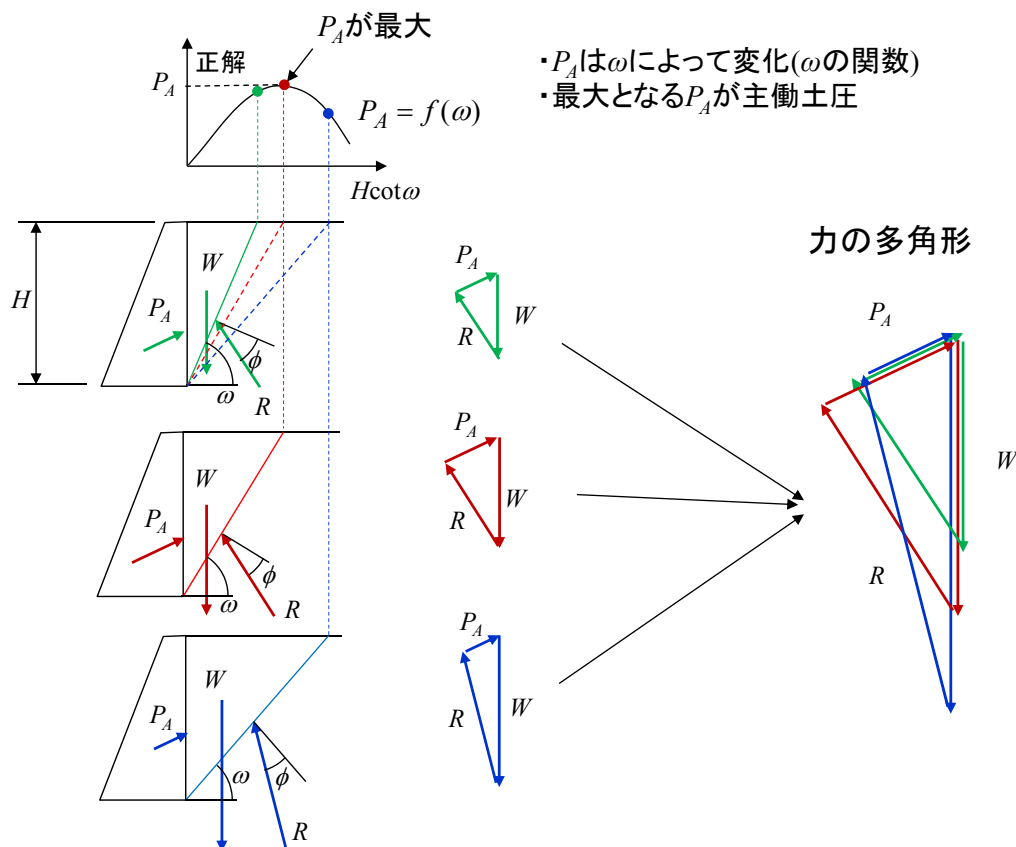


擁壁を造れば鉛直に盛土できる

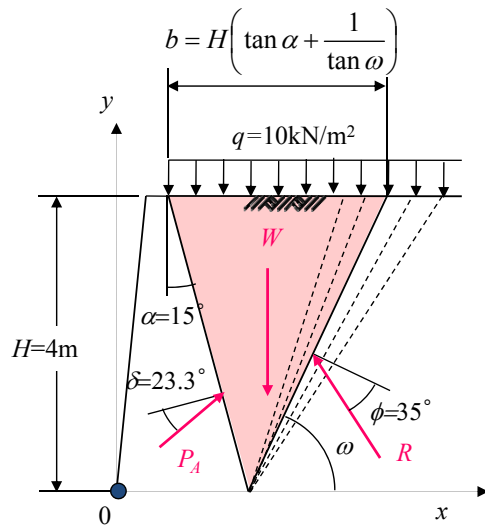


12

主働土圧



試行くさび法による常時主働土圧の計算



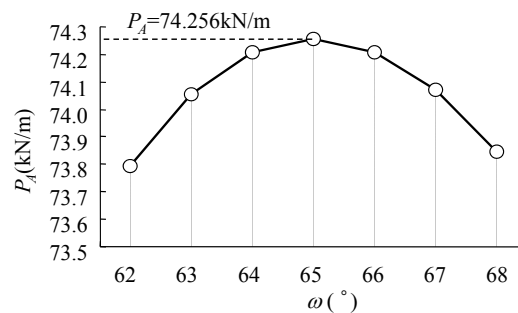
$$W = \frac{1}{2} b (\gamma H + 2q)$$

$$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \alpha - \delta)} W$$

H=	4 m
α=	15 °
φ=	35 °
δ=	23.33 °
γ=	20 kN/m³
q=	10 kN/m²

ω(°)	ω(rad)	b(m)	W(kN/m)	PA(kN/m)
61	1.0647	3.289	164.45	73.794
62	1.0821	3.199	159.95	74.054
63	1.0996	3.11	155.5	74.207
64	1.117	3.023	151.15	74.256
65	1.1345	2.937	146.85	74.208
66	1.1519	2.853	142.65	74.07
67	1.1694	2.77	138.5	73.844

正解



14

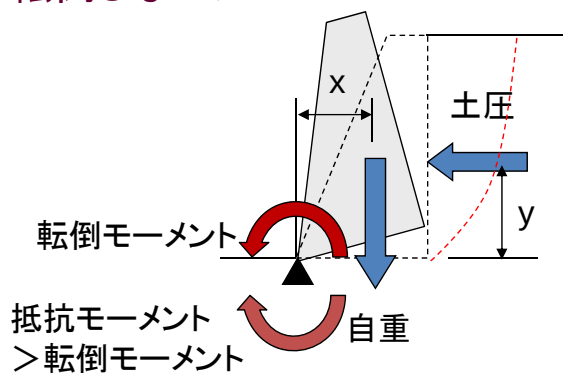
主働土圧の計算法

	地表面水平(β=0)	地表面一様勾配(β=cons.)	嵩上げ盛土タイプ
盛土形状			
クーロン式	$P_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_A \left\{ 1 + \frac{2q}{\gamma H} \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\cos(\alpha - \beta)} \right\}$ $K_A = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta + \theta) \left\{ 1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta + \theta)} \right\}^2}$	$\theta = \tan^{-1} k_H$	適用不可
試行くさび法	$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi + \theta)}{\cos(\omega - \phi - \alpha - \delta) \cos \theta} W$	$\theta = \tan^{-1} k_H$	

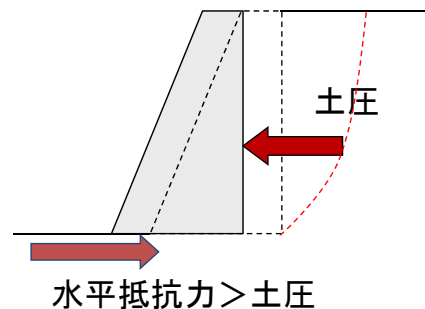
15

擁壁の安定性の照査

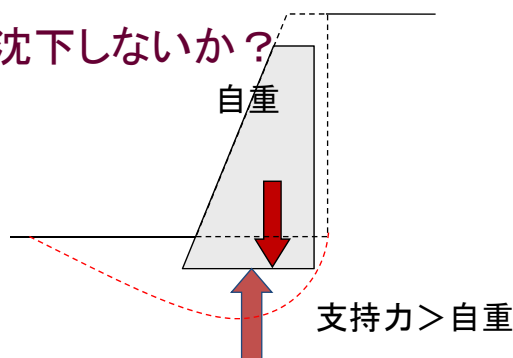
転倒しないか？



滑動しないか？



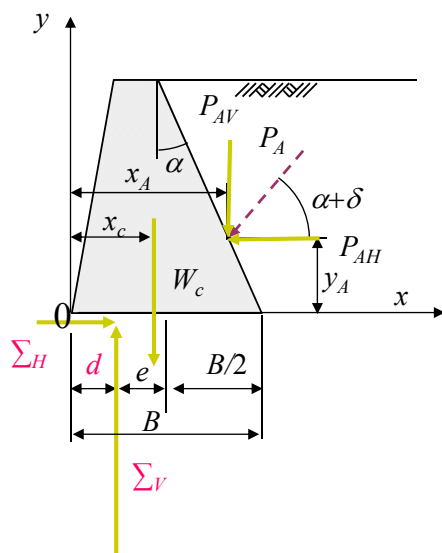
沈下しないか？



16

擁壁底面に作用する荷重

	荷重(kN/m)		作用位置(m)		モーメント(kN-m/m)	
	鉛直力V	水平力H	水平距離x	鉛直距離y	$V \cdot x$	$H \cdot y$
自重	W_c	0.0	x_c	***	$W_c \times x_c$	0.0
土圧	P_{AV}	P_{AH}	x_A	y_A	$P_{AV} \times x_A$	$P_{AH} \times y_A$
Σ	ΣV	ΣH	***	***	$\Sigma(V \cdot x)$	$\Sigma(H \cdot y)$



土圧の鉛直成分 $P_{AV} = P_A \sin(\alpha + \delta)$

土圧の水平成分 $P_{AH} = P_A \cos(\alpha + \delta)$

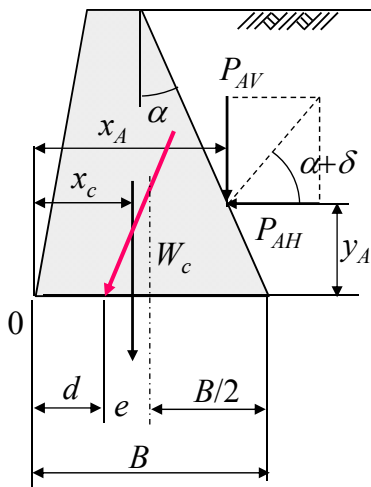
合力位置 $d = \frac{\Sigma(V \cdot x) - \Sigma(H \cdot y)}{\Sigma V}$

偏心量 $e = \frac{B}{2} - d$

17

転倒に対する照査

合力の偏心量による照査(擁壁工指針)



常時 $e \leq \frac{B}{6}$ 無次元化表示 $F_t = \frac{B}{2e} \geq 3.0$

地震時 $e \leq \frac{B}{3}$ $F_t = \frac{B}{2e} \geq 1.5$

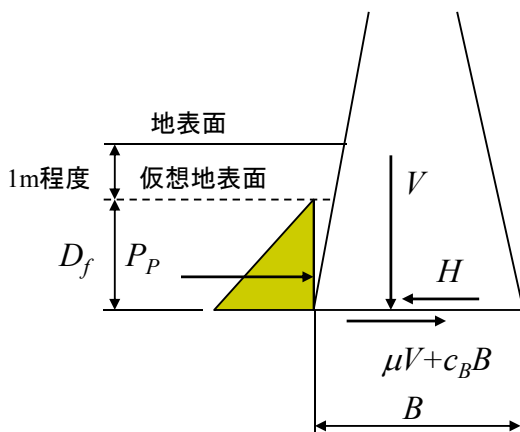
合力作用点が、常時は底版幅の中央1/3(ミドルサード)の中に、地震時は2/3の中に入っていること。

安全率による照査

$$F_s = \frac{W_c x_c + P_{AV} x_A}{P_{AH} y_A} \geq 1.5 \quad \begin{matrix} \text{常時} \\ \text{地震時} \end{matrix} \quad (1.2)$$

18

滑動に対する照査



摩擦係数 μ $\begin{cases} \text{岩盤} & 0.7 \\ \text{土砂} & 0.6 \end{cases}$

付着力 $c_B = 0$

安全率 $F_s = \frac{\mu \cdot V + c_B B + 0.5 P_P}{H} \geq 1.5 \quad \begin{matrix} \text{常時} \\ \text{地震時} \end{matrix} \quad (1.2)$

受働土圧 $P_P = \frac{1}{2} \gamma D_f^2 K_P$

受働土圧係数 $K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$ (ランキン式)

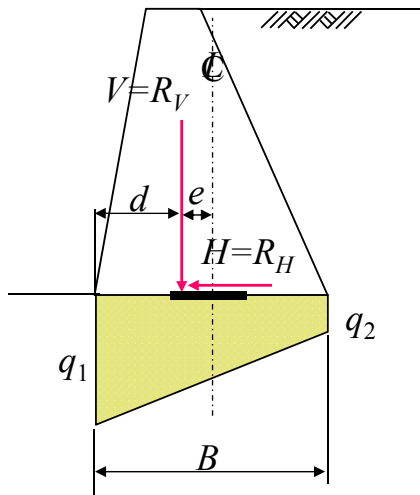
- ・擁壁の安定性に受働土圧が大きな効果を発揮する。
- ・前面にアスファルト舗装があると、受働抵抗が大きい。
- ・根入れ地盤が一時的に掘削されても安全率1.2以上を確保できるようにしておく。

19

地盤反力

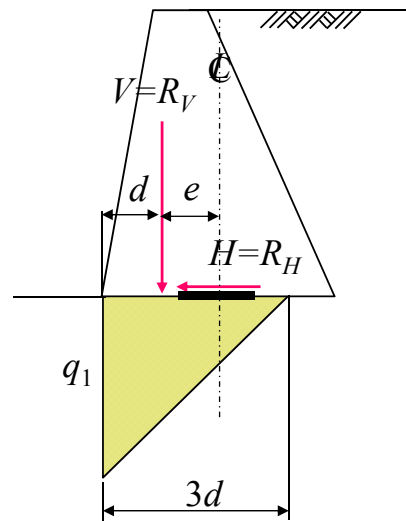
直線的分布と仮定

合力が中央1/3の内



$$q_1 = \frac{V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \leq q_a \quad q_2 = \frac{V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right)$$

合力が中央1/3の外



$$q_1 = \frac{2V}{3d} \leq q_a$$

20

経験的許容鉛直支持力度 q_a

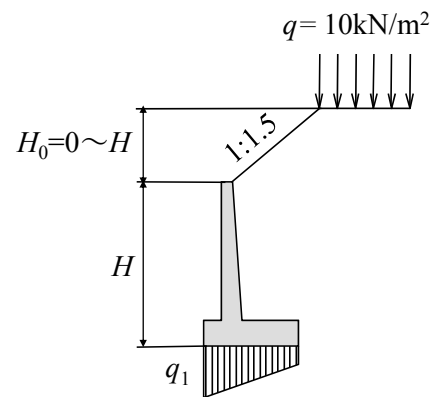
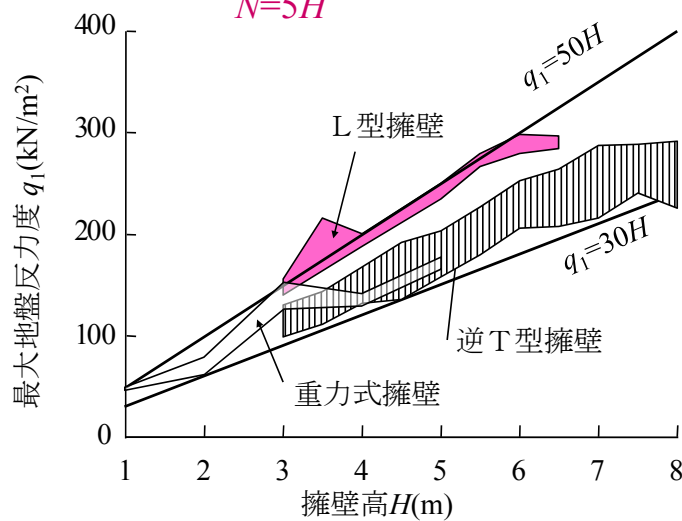
基礎地盤の種類		許容鉛直支持力度 q_a (kN/m ²)	目安とする値	
			一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²)	N値
岩 盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1,000	10,000以上	
	亀裂の多い硬岩	600	10,000以上	
	軟岩・土丹	300	1,000以上	
礫 層	密なもの	600		
	密でないもの	300		
砂 質 地 盤	密なもの	300		30～50
	中位なもの	200		20～30
粘性土 地 盤	非常に堅いもの	200	240～400	15～30
	堅いもの	100	100～200	10～15

「道路橋下部構造設計指針・直接基礎の設計篇(昭和43年)」, 「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」に掲載
 「荷重の傾斜角の正接(水平力/鉛直力)が0.1以下の場合で、かつ構造物の重要度が高くないと考えられる場合」
 に適用。平成6年版からは削除

支持層と見なせる N 値の目安

支持層と見なせる N 値

$$N=5H$$



$$\left. \begin{array}{l} \text{最大地盤反力度 } q_1=50H \\ \text{許容支持力度 } q_a \doteq 10N \end{array} \right\} q_1=q_a \text{ とおくと } N=5H$$

擁壁高 $H=3\text{m}$ の場合 支持層の N 値は $5 \times 3=15$ 以上必要

22

2. 擁壁の維持管理

23

水抜き孔の土砂詰まり



北陸自動車道柏崎IC付近の擁壁 2007.7

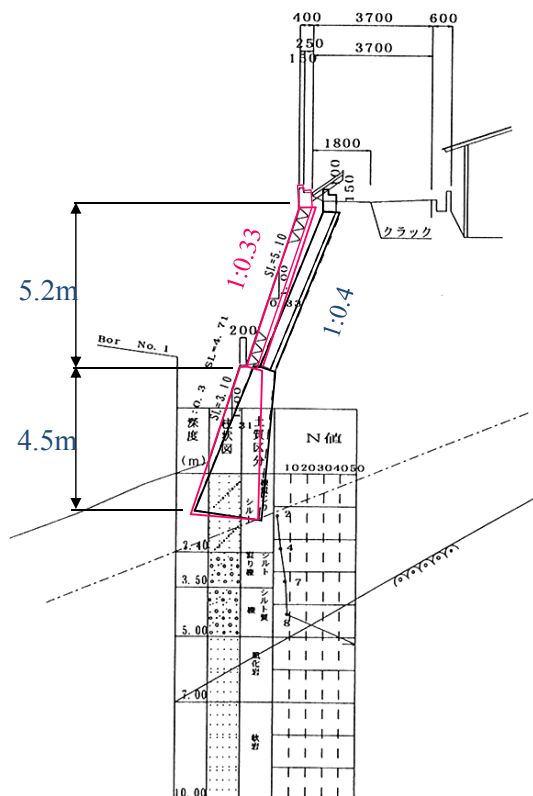


高知市の市道



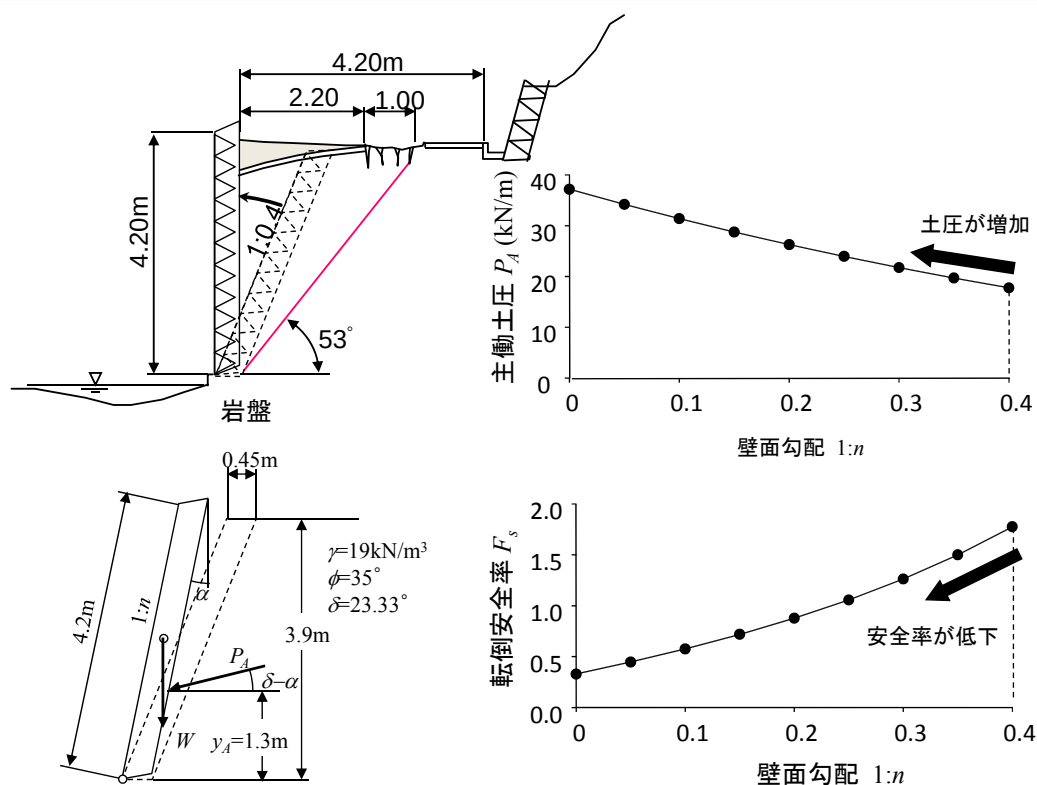
豪雨の際に擁壁が起き上がった

擁壁が4度回転し、天端が70cm前に移動



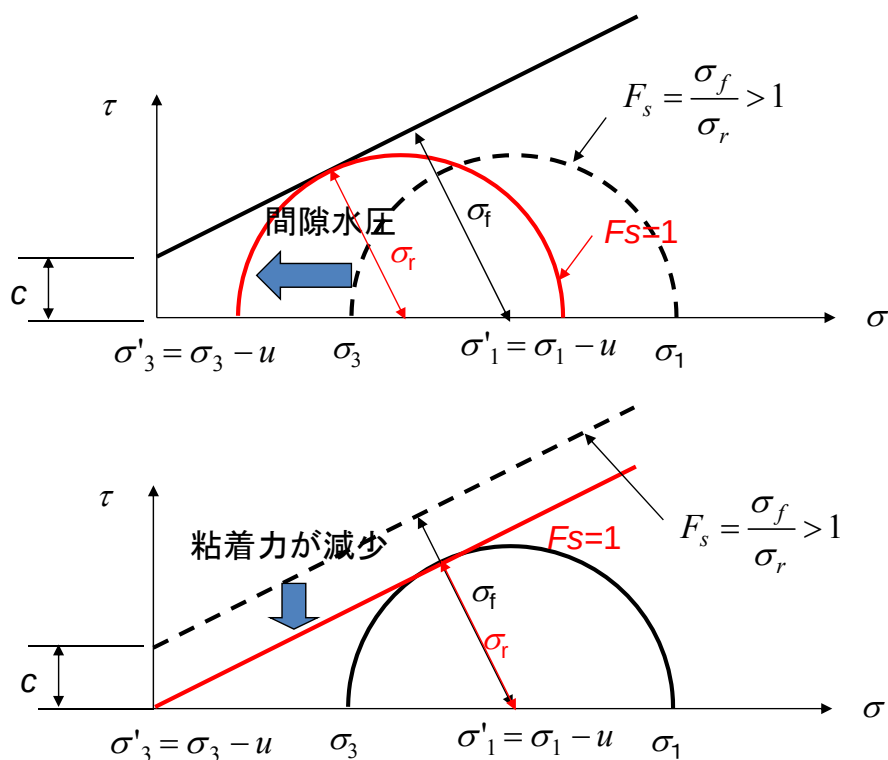
高知98豪雨(1998年9月)による災害
町道下桃原線(高知県大豊町桃原)

町道のブロック積み擁壁が起き上がった



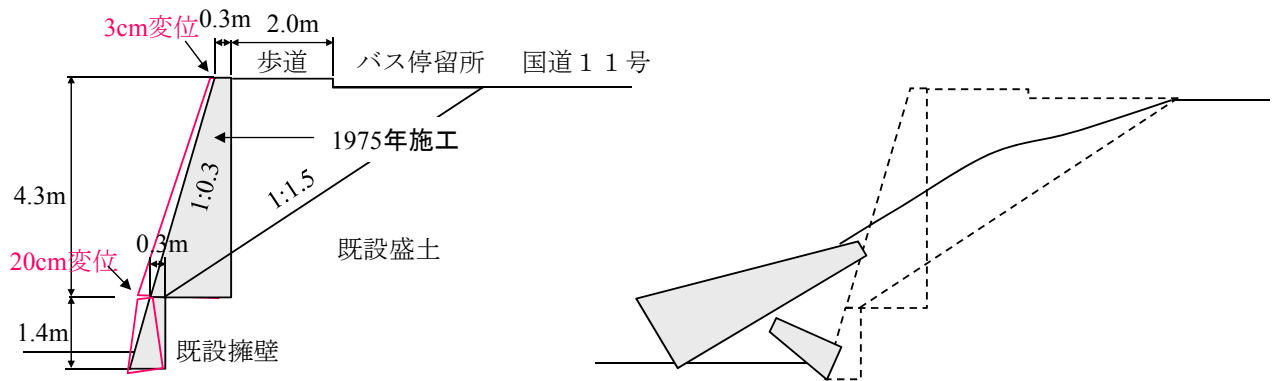
26

降雨時に土圧が増える理由



27

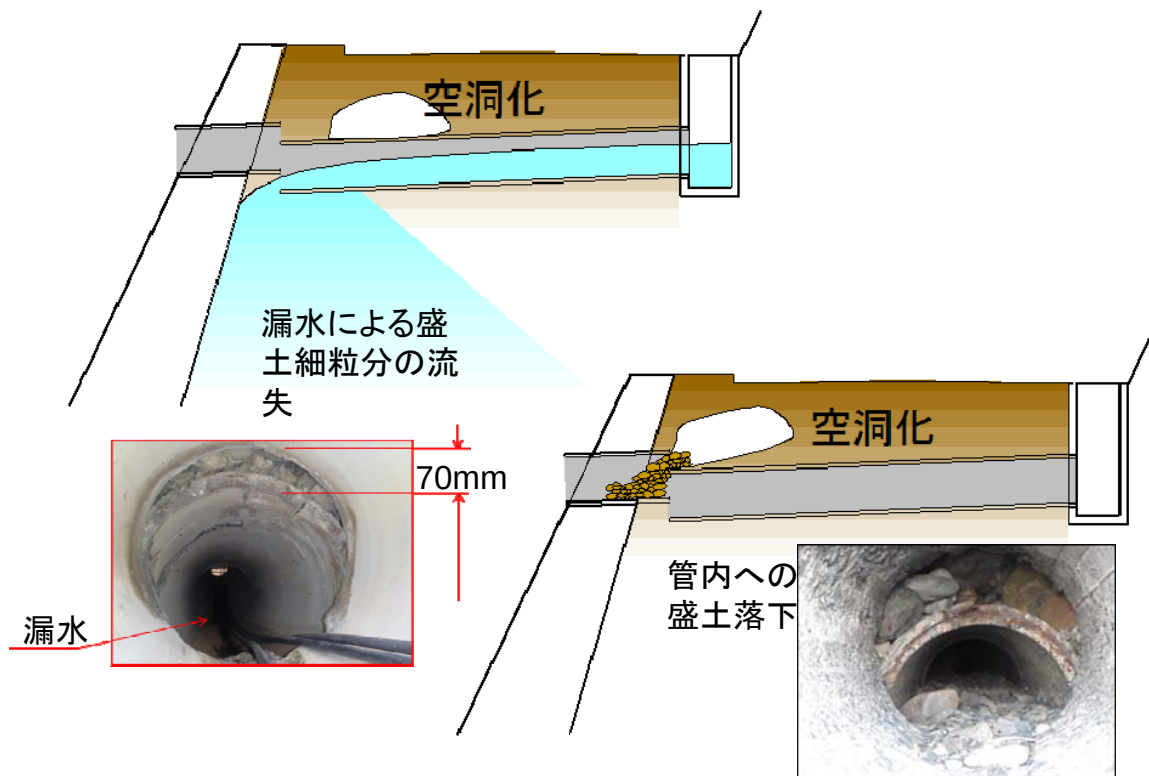
国道の二段積み擁壁が倒壊



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

28

道路横断管渠



29

突然路面が陥没

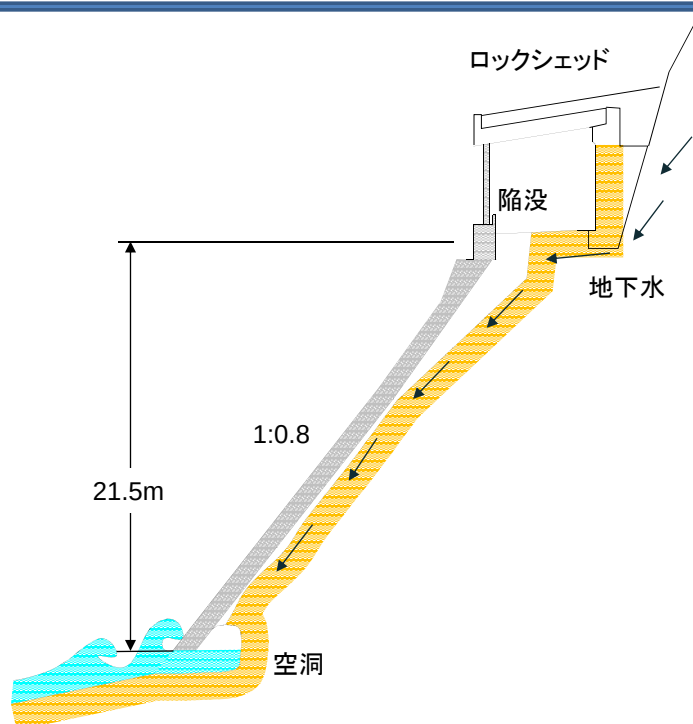
2010年6月，須崎市安和の県道久礼須崎線



最大幅2.5m、深さ13mの空洞

30

波浪による吸い出しと地下水による洗掘



31

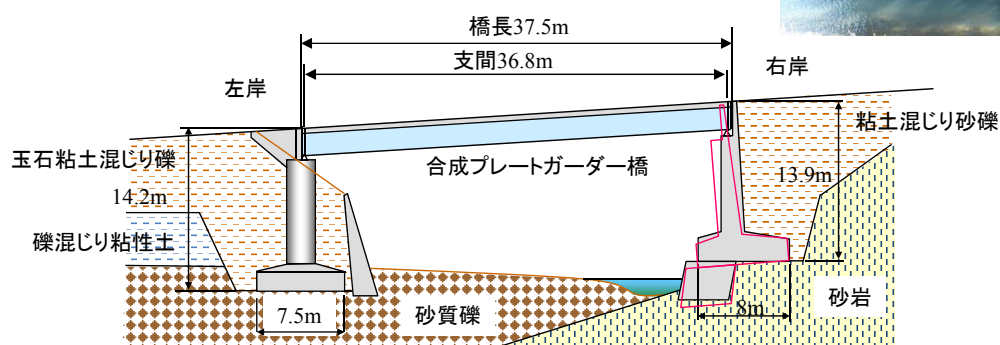
20年前に施工したブロック積が突然倒壊



34

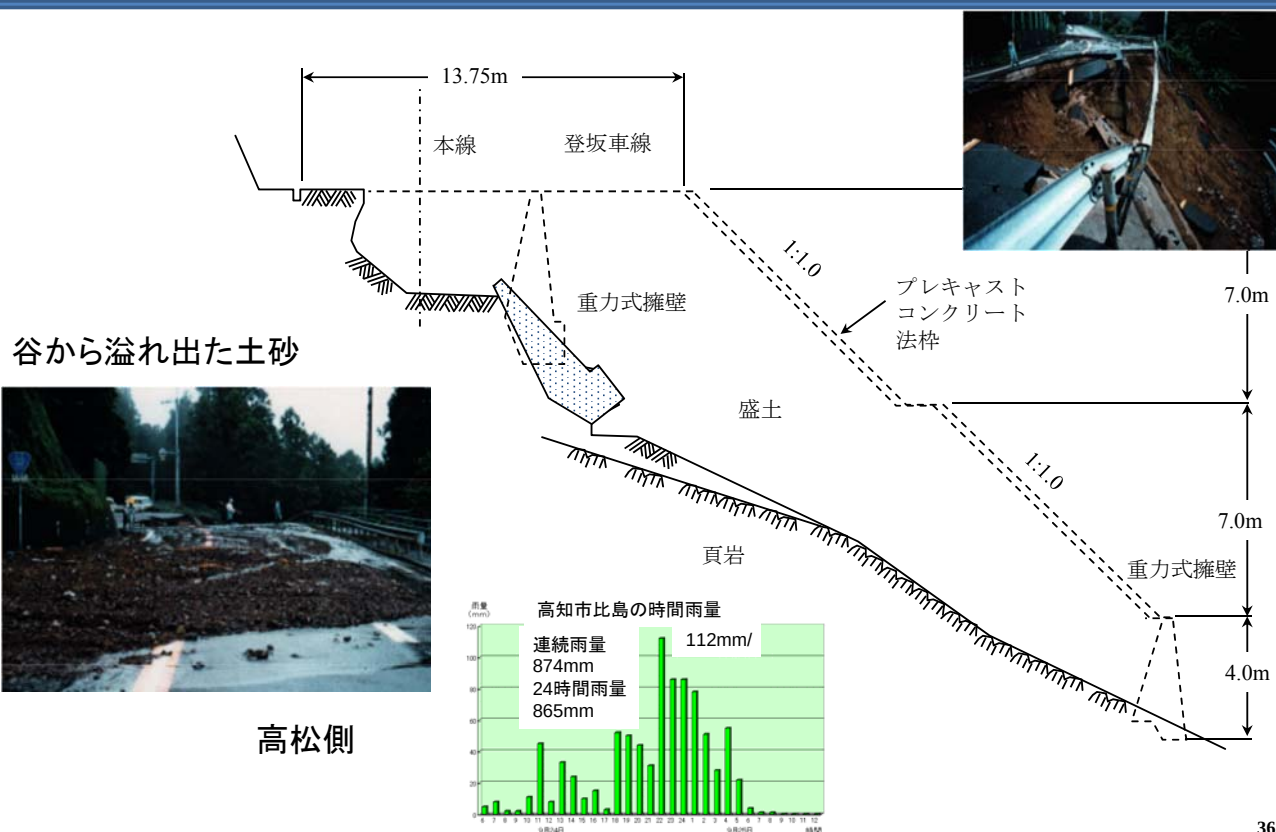
橋台が前方へ傾斜

昭和48年架設 平成5年歩道橋施工 平成14年塗装
平成19年変状調査

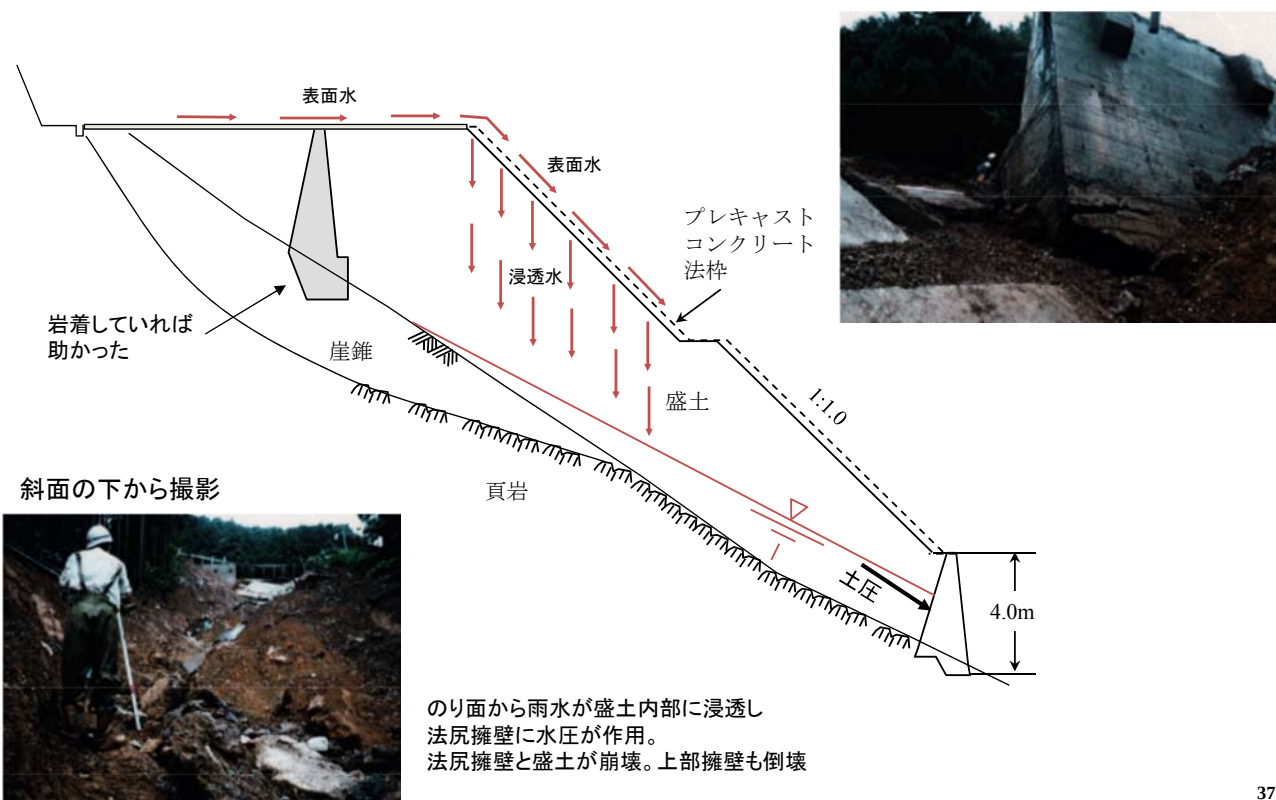


35

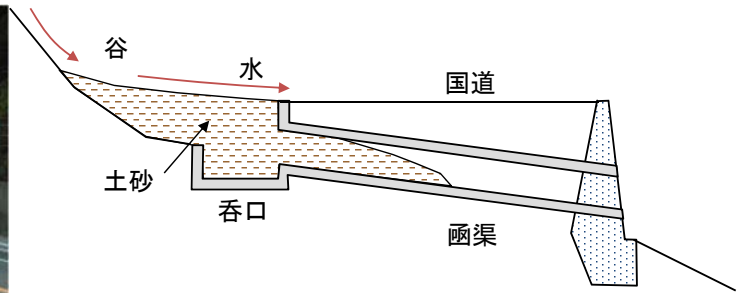
高知豪雨で国道が崩壊



谷川の水が法面から盛土内部に浸透



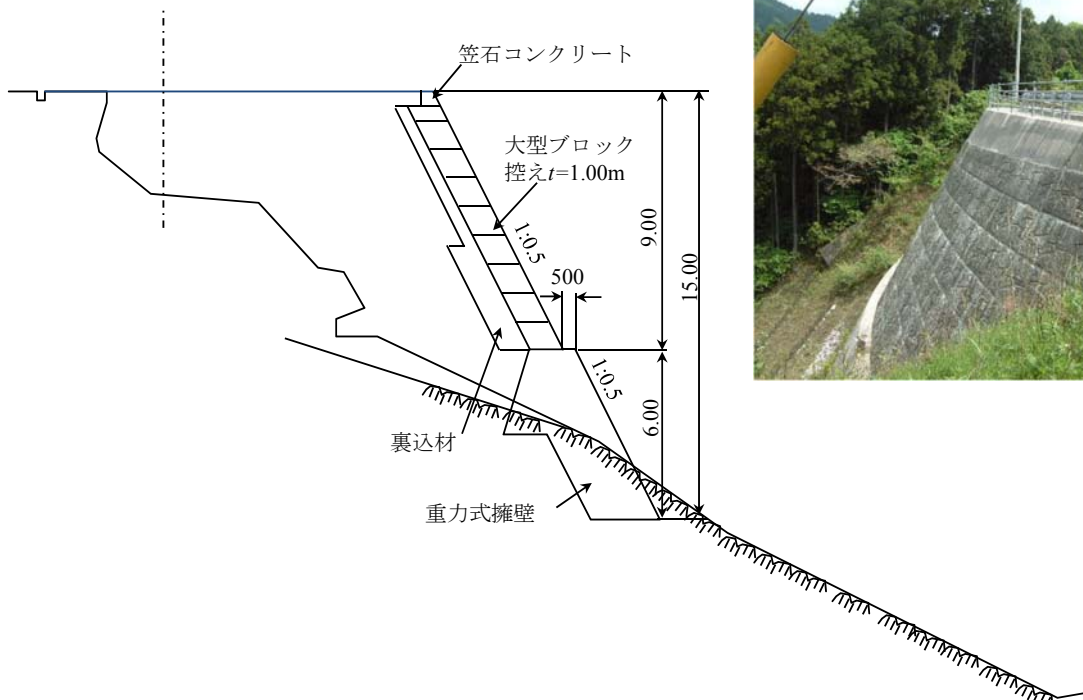
谷からの土砂がカルバート呑口を塞いだ



38

大型ブロック積み擁壁で復旧

国土交通省四国地方整備局での採用は最初



39
39

河川の増水による浸食で国道が崩壊



大豊町敷岩(1999年7月29日)

40

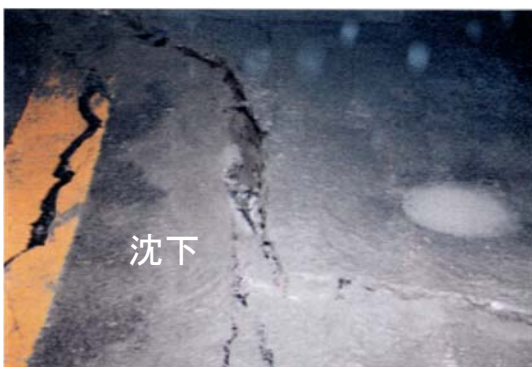
国道の路面が沈下



路面の亀裂と沈下



山側擁壁コンクリート打継目の開き



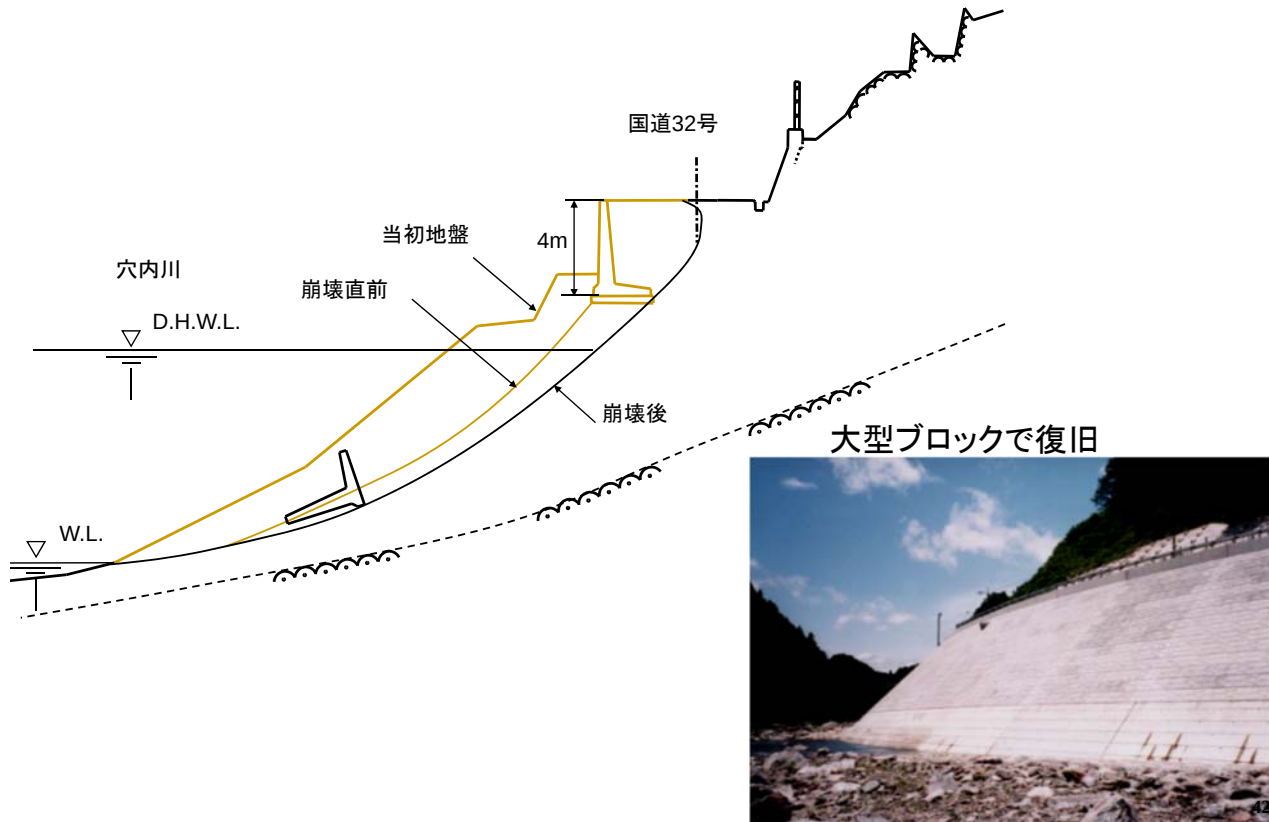
路面の亀裂と沈下



川側擁壁の倒壊

41

断面図と完成写真



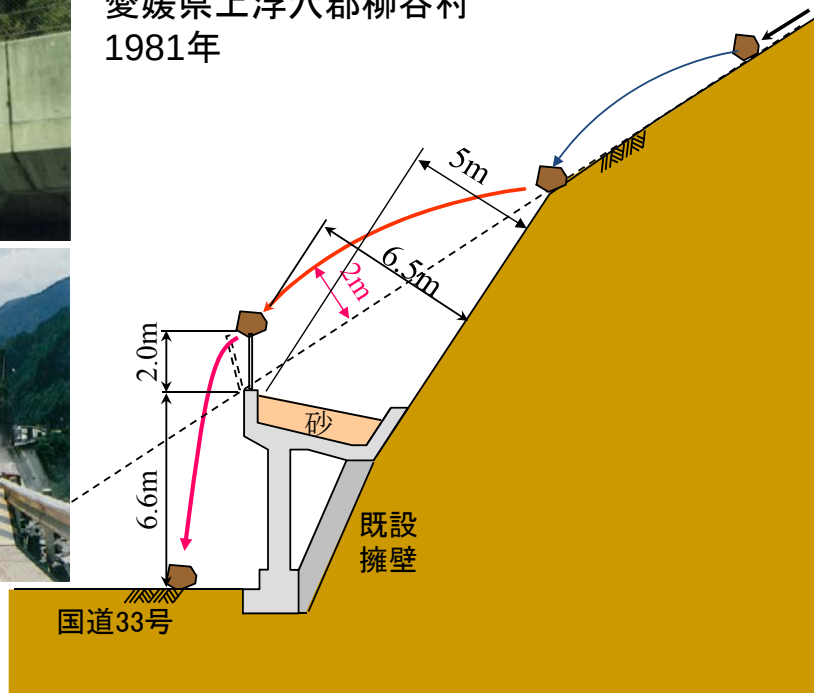
旧国鉄の法面防災十訓

- 一. 盛土・切土 法肩歩け
- 二. 法肩亀裂は 滑りの前兆
- 三. 法のはらみは 水のせい
- 四. 水みち塞ぐな それ通せ
- 五. 水を止めるな 列車を止める
- 六. 無いより悪い 破れた水路
- 七. 小石パラパラ それ来るぞ
- 八. 湧き水濁る 崩壊近い
- 九. 雨が止んでも 安心するな
- 十. 上を見ながら 崩土の始末

落石の最大跳躍量を2mと見なせるか？



一般国道33号
愛媛県上浮穴郡柳谷村
1981年



44

高さ3mの防護柵を跳び越えて軽乗用車を直撃

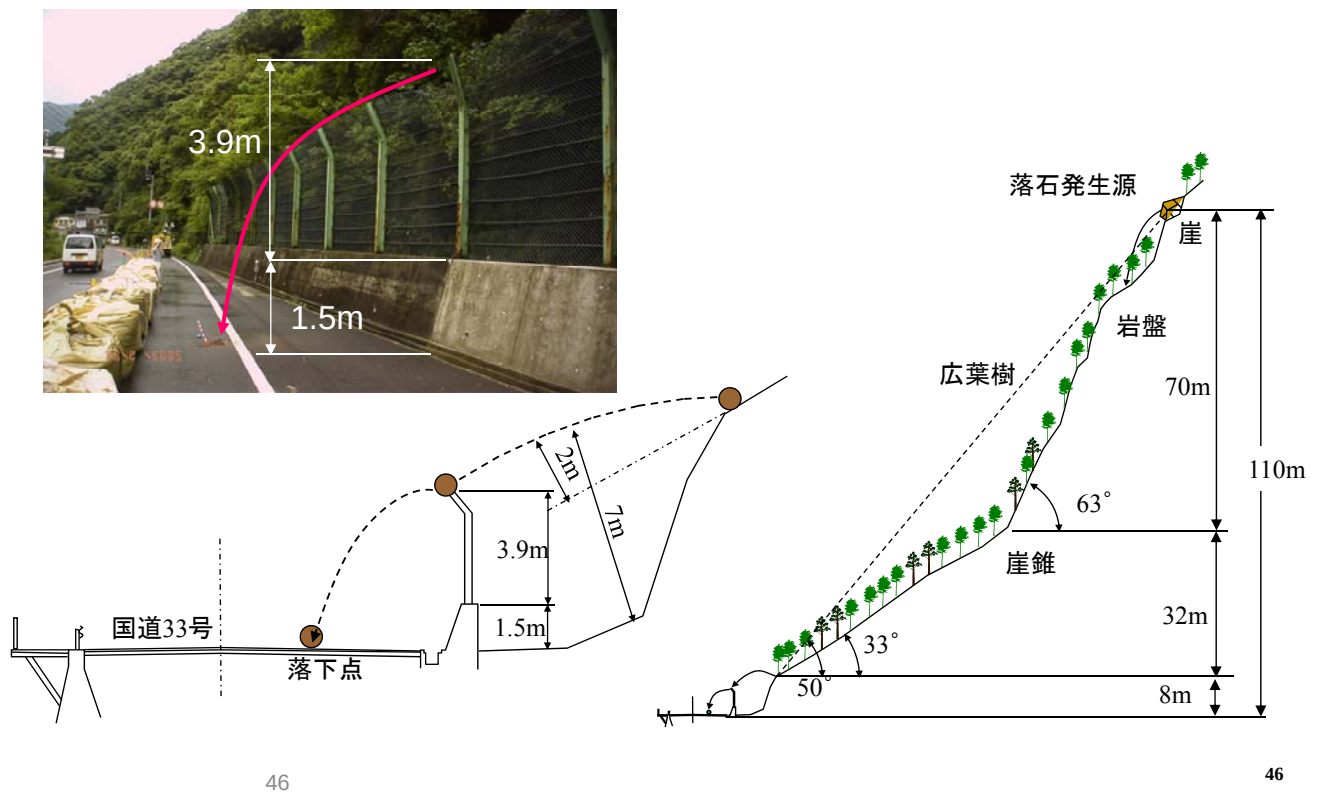


徳島県那賀町大久保国道195号
徳島県那賀町大久保国道195号
(2006年6月)



45

高知県吾北村大渡の落石



土木技術者としての心得

1. マニュアルは作るもの。分かって使わないと過ちのもと。
2. 言葉に誤魔化されるな。定義を明確にして、本質を見抜け。
3. 使う数式は自分で誘導せよ。前提条件を理解して使え。
4. 一見は百聞にしかず。自分の目で確かめよ。答えは見方によって異なる。
5. 99%は仮説。その仮説は正しいか、現象を上手く説明できているか、現場で確かめよ。
6. 聞いたことは、忘れる。見たことは、覚える。やったことは、分かる。見つけたことは、できる。
7. インターネットで重要な情報は得られない。会って話すことが大事。当たって砕けろ。