

# 技術資料 設計編

---

アデムウォール協会

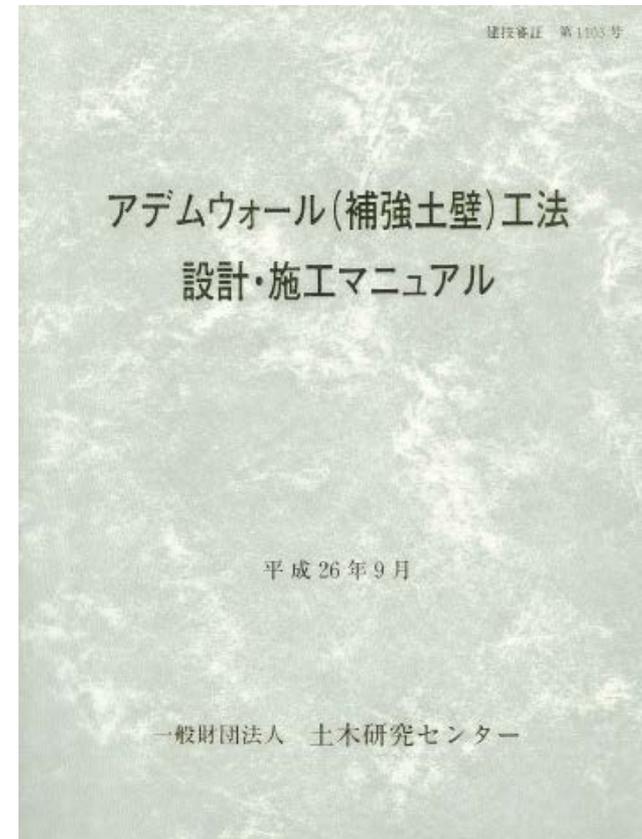
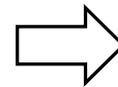
# 設計・施工マニュアル

アデムウォールの構造特性を考慮した設計・施工マニュアル

□ アデムウォールの適用範囲, 計画・調査, 設計, 施工, 維持管理の考え方



建設技術審査証明



アデムウォールマニュアル

# マニュアルの構成

## □ 目次

第1章 総説

第2章 基本方針

第3章 計画・調査

第4章 設計に関する一般事項

第5章 アデムウォールの設計

第6章 施工

第7章 維持管理

## □ 技術資料

技術資料1 アデムウォールの耐震性

技術資料2 アデムウォールの塩害対策

技術資料3 アデムのクリープ載荷後の引張強度特性

技術資料4 壁面あと施工タイプにおける壁面連結ベルトの引張強度試験

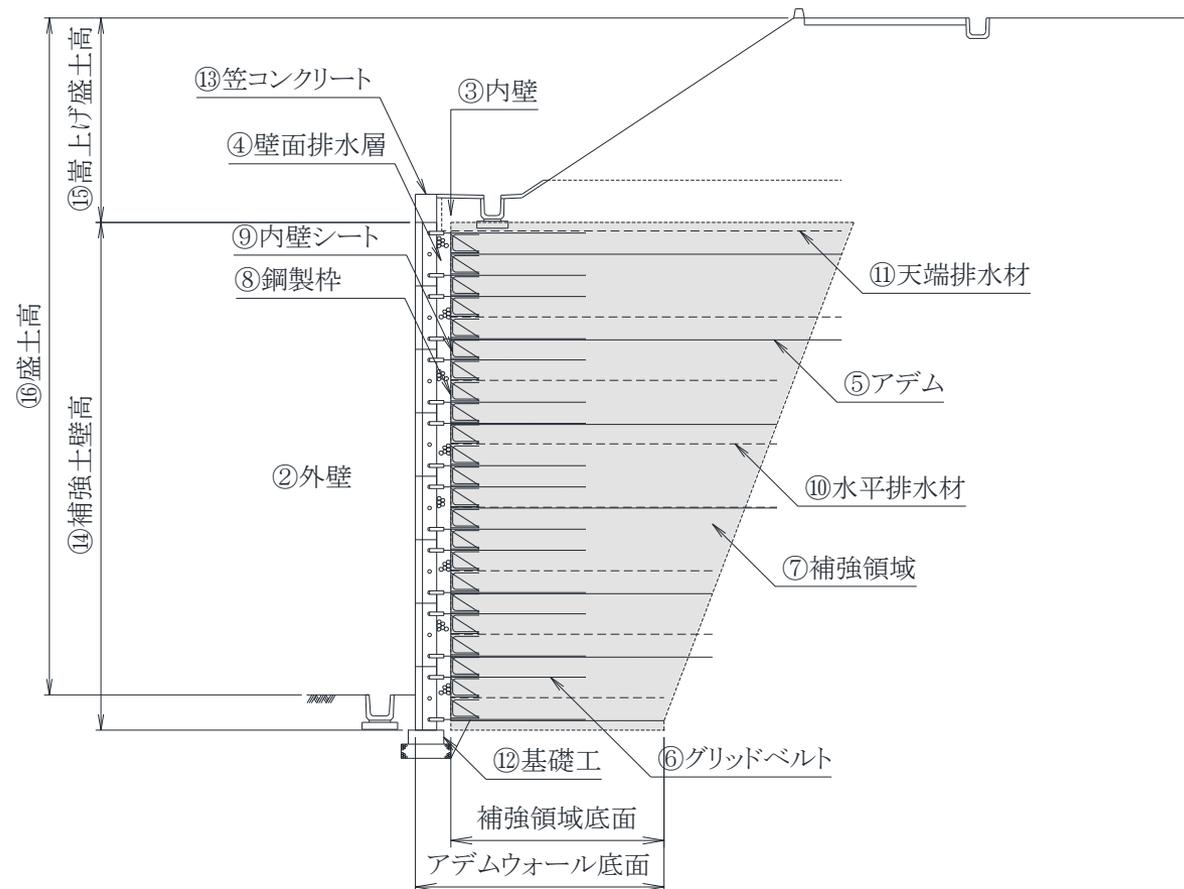
設計例

# 第1章 総説

---

# 適用範囲

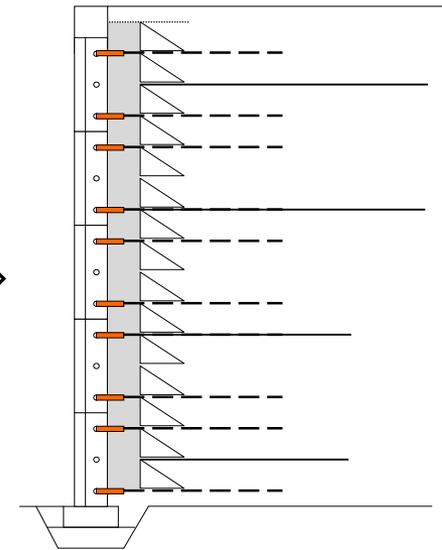
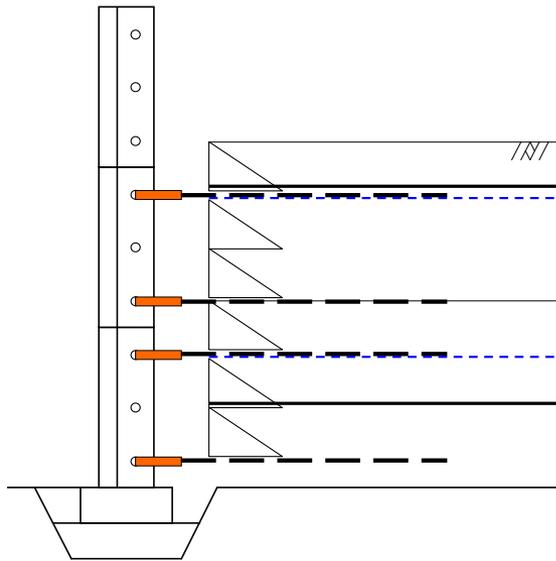
- 道路に適用する盛土高20mまでのアデムウォールの計画・調査，設計，施工及び維持管理に適用する。



# アダムウォールの種類

## 標準タイプ

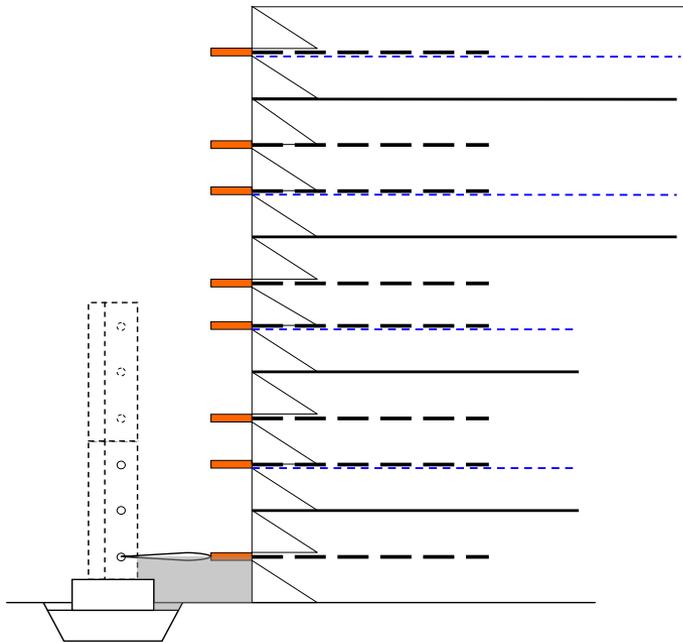
- 外壁と内壁を同時に構築するタイプ  
→安定した基礎地盤上にアダムウォールを構築する場合に適用



# アダムウォールの種類

## 壁面あと施工タイプ

- 外壁に先行して内壁を構築するタイプ  
→沈下が懸念される地盤上にアダムウォールを構築する場合に適用



## 第2章 基本方針

---

# 基本方針

- 供用開始から長期間にわたり補強土壁として、道路交通等の使用目的に適合した機能を果たすことを基本的な目的とする。

## 特に留意する箇所

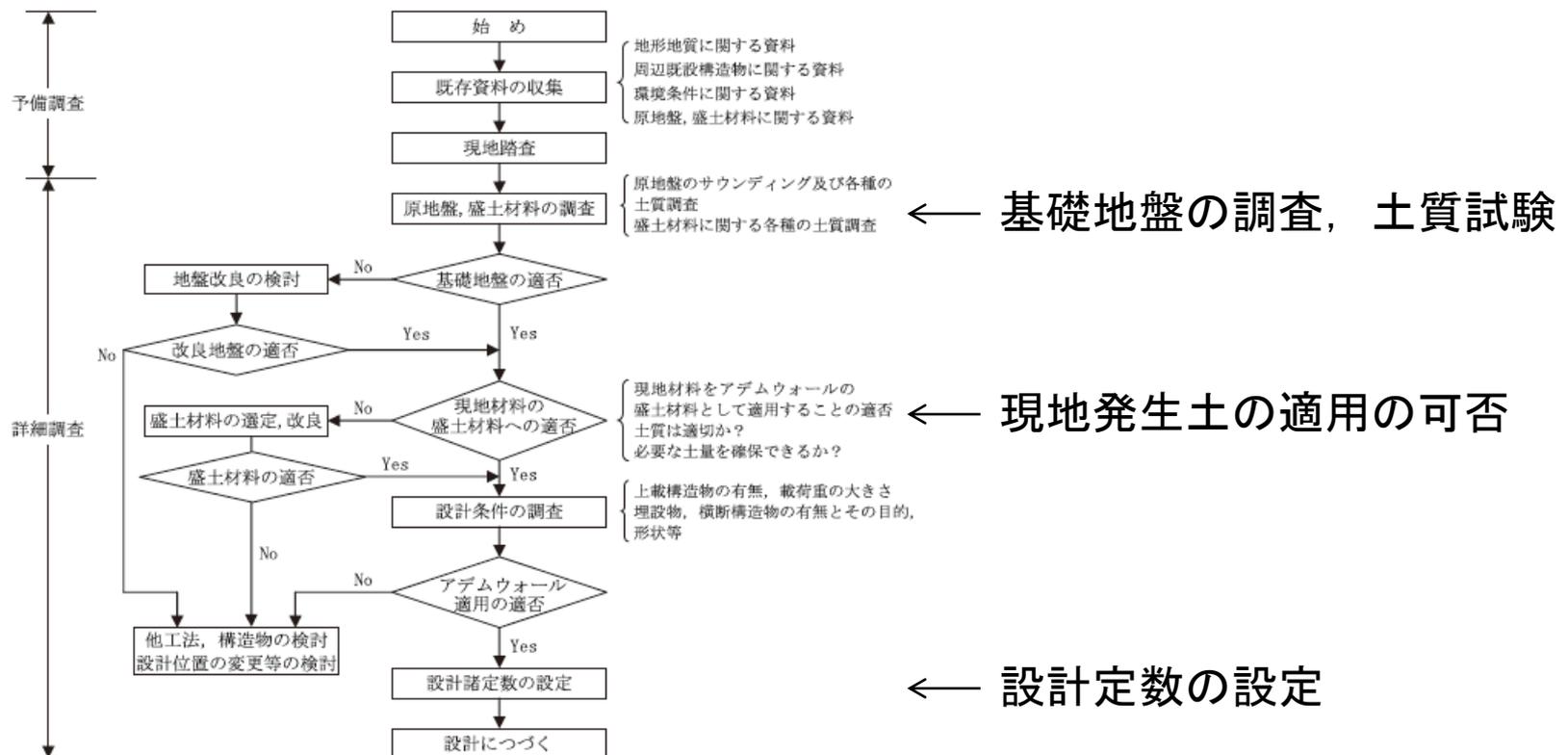
- 急峻な地形への適用
  - 集水地形への適用
  - 軟弱地盤への適用
  - 変形に対する制限が厳しい箇所や異種構造物との隣接箇所への適用
  - 積雪寒冷地への適用
  - 水辺への適用
- 基礎地盤や盛土材料に対する入念な調査，適切な排水対策，盛土材料の入念な締固め，適切な維持管理

# 第3章 計画・調査

---

# 計画・調査

- アダムウォールの合理的かつ経済的な計画，設計，施工，維持管理を行うために，**基礎地盤**，**盛土・裏込め材料**，**地形・地質**，**気象・水理状況**，**環境・景観等**について適切な調査を実施する。



## 第4章 設計に関する一般事項

---

# 性能設計の概念の導入

- 想定する作用・・・常時, 降雨, 地震動の作用

性能	要求性能	安全性	修復性	供用性
性能1	想定する作用によって補強土壁としての健全性を損わない性能	○	○	○
性能2	想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり, 補強土壁としての機能の回復が速やかに行い得る性能	○	○	—
性能3	想定する作用による損傷が補強土壁として致命的とならない性能	○	—	—

# 要求性能

- 本設計・施工マニュアルに基づいて適切に設計・施工し、維持管理を行えば、性能の照査を行ったとみなしてよい。

想定する作用		重要度	重要度1	重要度2
常時の作用			性能1	性能1
降雨の作用			性能1	性能1
地震動の作用	レベル1地震動		性能1	性能2
	レベル2地震動		性能2	性能3

# 使用材料

- アダムウォールに用いる使用材料は、使用目的に応じて要求される強度、施工性、耐久性、環境適合性等の性能を満足し、その性状が明らかで定められた品質規格に適合したものでなければならない。



壁面材



アダム



グリッドベルト



内壁シート

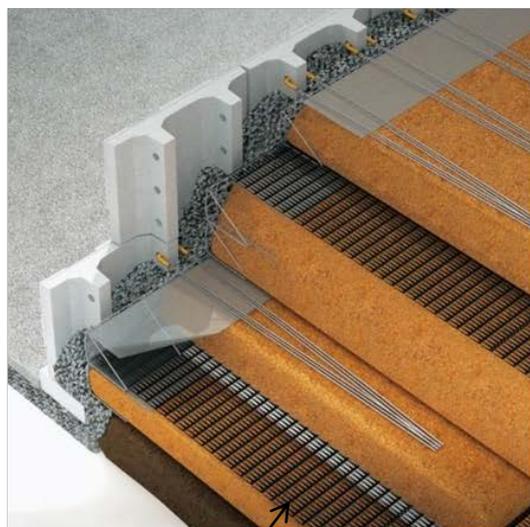


盛土材料

→各使用材料の役割と設計に用いる強度や材料安全率など

# アデム

- アラミド繊維とポリエチレン樹脂を一体化させたジオテキスタイル
  - 盛土の安定性を確保するための材料
  - 剛性が高く、耐衝撃性、耐薬品性に優れている
- 建設技術審査証明(建技審証 第0804号)



アデム



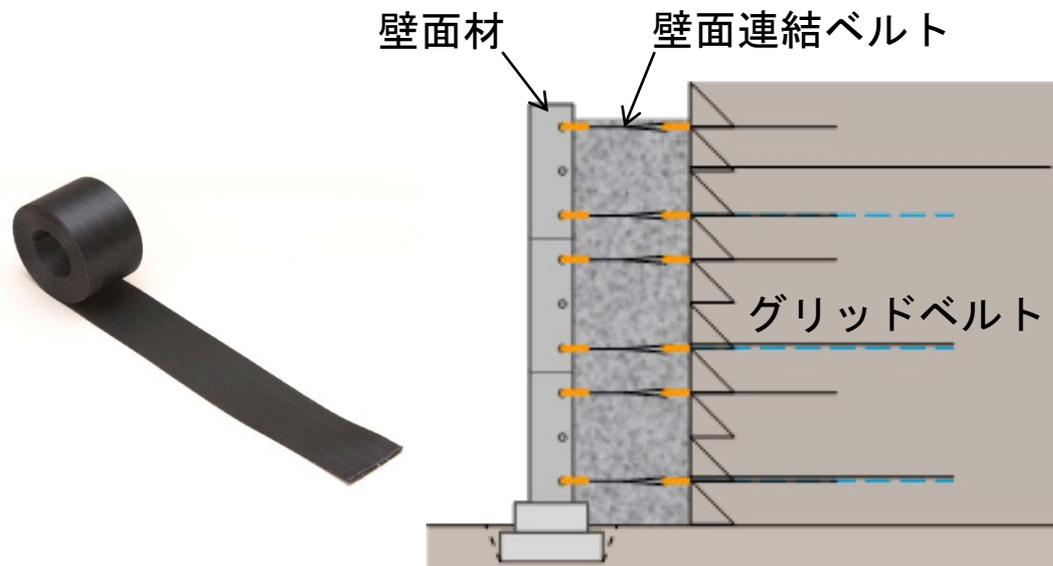
# グリッドベルト

- ポリエステル製のベルト状のジオテキスタイル
- 外壁と内壁を連結し、外壁の飛出しや転倒などを防止するために使用する材料  
→建設技術審査証明(建技審証 第1103号)



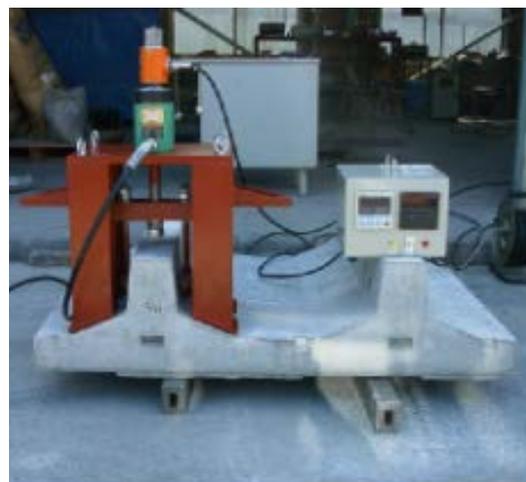
# 壁面連結ベルト

- ポリエステル製のベルト状の連結部材
  - 壁面あと施工タイプや外壁の補修時に、補強領域に敷設されたグリッドベルトと外壁を連結するために使用する材料
- 技術資料-4 壁面あと施工タイプにおける壁面連結ベルトの引張強度試験



# 壁面材

- 壁面排水層の砕石による土圧に対して十分な耐力を持つことを確認されたコンクリートパネル  
→建設技術審査証明(建技審証 第1103号)



# 塩害の影響地域

## 塩害の影響の度合いの地域区分

- 塩害の影響が懸念される地域の鉄筋コンクリート部材では、十分なかぶりを確保するなどの対策を行う。



(道路土工 擁壁工指針より)

# 塩害対策用パネル

## 塩害対策用パネル



ビニロン繊維



ビニロン繊維の混入



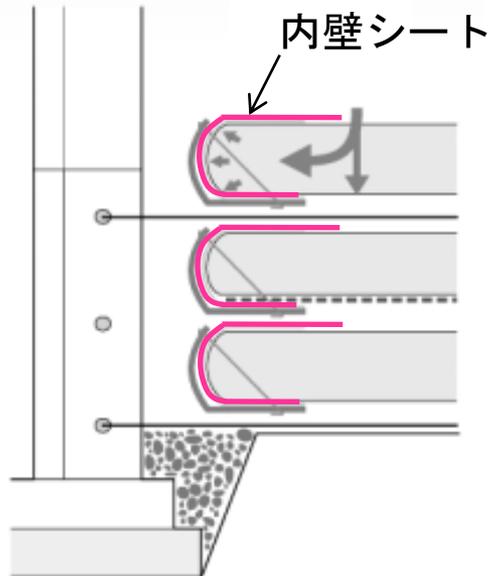
コンクリートの混練

## 施工事例



# 内壁シート

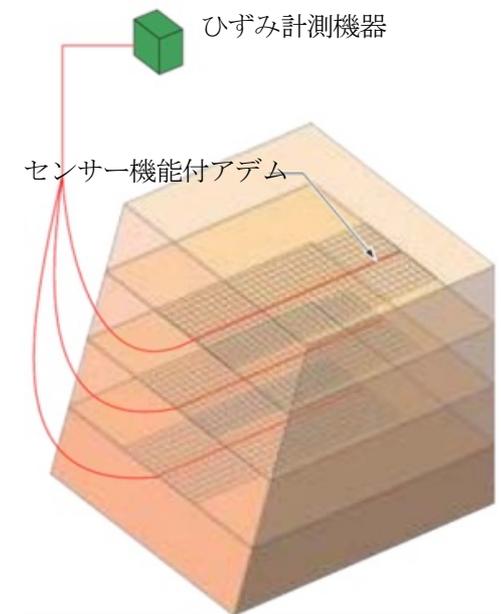
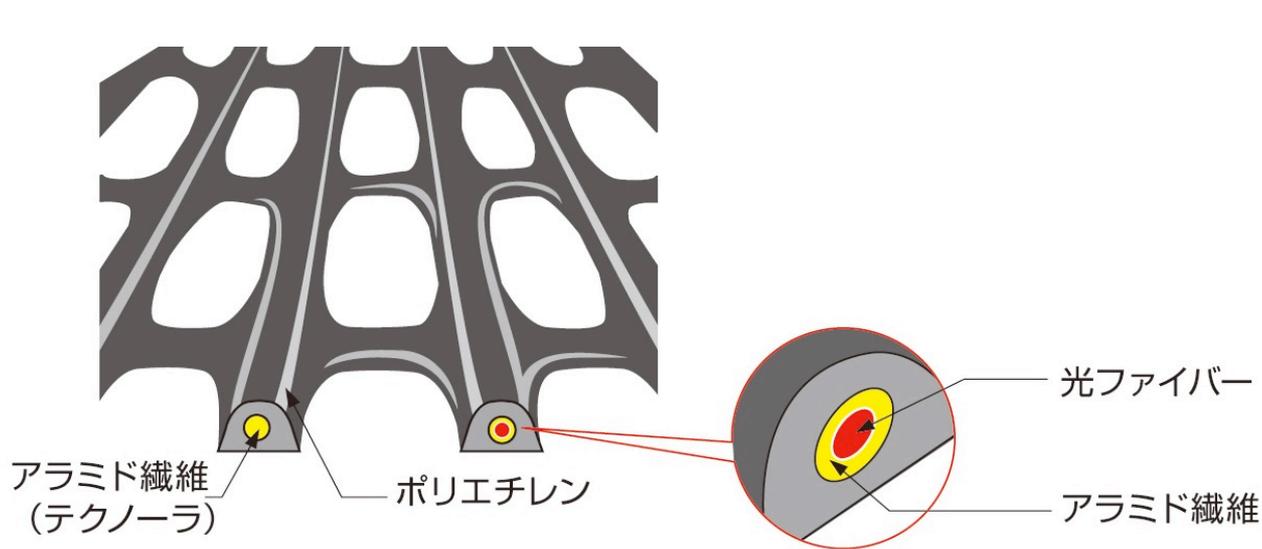
- ポリプロピレン製の不織布
- 盛土材料の壁面排水層へのこぼれ出しを防止する  
→ 建設技術審査証明(建技審証 第1103号)



# センサー機能付アデム

アデムウォールの維持管理を目的とした使用材料

- 盛土内に敷設されるアデムのひずみを長期的・連続的に計測し、地震や豪雨などの災害発生後のアデムウォールの安定性を評価する。



# 盛土材料

## 盛土材料として適用できる土質材料の特性

- 締固め後のせん断強度が高い
- 圧縮変形が小さい
- 補強材に十分な引抜き抵抗力を発揮できる

## 土質分類

- 細粒分の少ない粗粒土
- 細粒土に分類される土質材料の使用は望ましくない
  - 細粒土をやむを得ず使用する場合は、盛土内には必ず水平排水層を設置するなど、水による影響を受けないように十分な排水対策を行う。

## 土質改良

- 安易に適用してはならない。
  - アデムウォールのメカニズムや排水性に影響を与えることのないように適切な改良処理を行う。

# 土質材料の設計定数

## 土の設計諸定数

- 原則として土質試験及び原位置試験等の結果を総合的に判断し、施工条件等を含め十分に考慮して設定する。また、施工段階で盛土材料が設計条件と異なる場合は、設計諸定数の見直しを検討する。

## 経験的な土質定数の利用

- 予備設計段階等で土質試験を行うことが困難な場合には、締固め等の施工管理の基準を満足することを前提として、経験的な土質定数を用いてもよい。

## 設計で用いる土質定数

- ・ 単位体積重量  $\gamma$
- ・ 粘着力  $c$
- ・ せん断抵抗角  $\phi$

# 経験的な土質定数の利用

## □ 単位体積重量の仮定値

地盤	土質	ゆるいもの	密なもの
自然地盤	砂及び砂礫	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
盛土 ・ 裏込め土	砂及び砂礫	20	
	砂質土	19	
	粘性土 (ただし $w_L < 50\%$ )	18	

## □ 強度定数の仮定値

種類	せん断抵抗角 $\phi$	粘着力 $c$
礫質土 <sup>注1)</sup>	35°	—
砂質土	30°	— <sup>注2)</sup>
粘性土 (ただし $w_L < 50\%$ )	25°	— <sup>注2)</sup>

注 1) 細粒分が少ない砂は、礫質土の値を用いてよい。

注 2) 全体安定の検討では、粘着力  $c$  として  $10 \text{ kN/m}^2$  を見込んでよい

# ジオテキスタイルの設計定数

- ジオテキスタイルの設計引張強度は、クリープや耐久性あるいは施工中の損傷などを考慮した材料安全率を考慮して決定する。

$$\text{(常時)} \quad T_A = \frac{T_{\max}}{F_{cr}} \cdot \frac{1}{F_D \cdot F_C \cdot F_B}$$

$$\text{(地震時)} \quad T_{AE} = \lambda T_A$$

$T_A$  : 常時設計に用いるジオテキスタイルの設計引張強度

$T_{\max}$  : ジオテキスタイルの最大引張強度

$F_{cr}$  : クリープを考慮した材料安全率

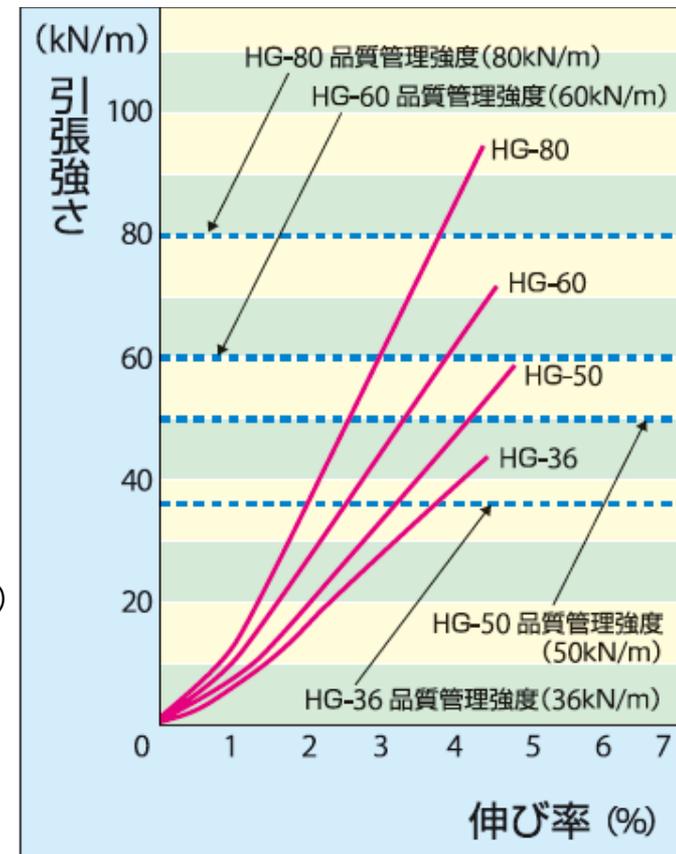
$F_D$  : 耐久性(耐候性, 耐薬品性などの長期的な劣化特性)を考慮した材料安全率

$F_C$  : 施工中の損傷を考慮した材料安全率

$F_B$  : 接続部の強度低下を考慮した材料安全率

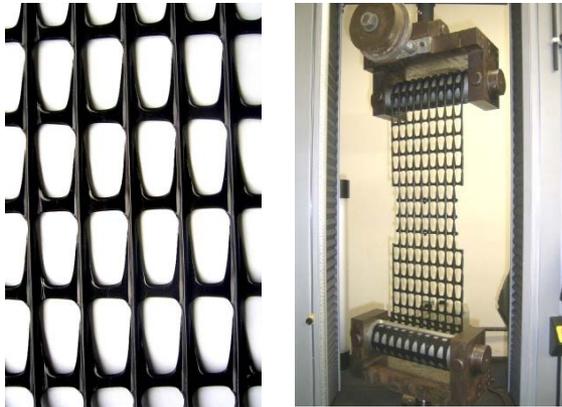
$T_{AE}$  : 耐震設計に用いるジオテキスタイルの設計引張強度

$\lambda$  : 常時の設計引張強さに対する割増係数



# 材料安全率を求めるための各種試験

引張強度試験, クリープ試験, 耐衝撃性試験の例



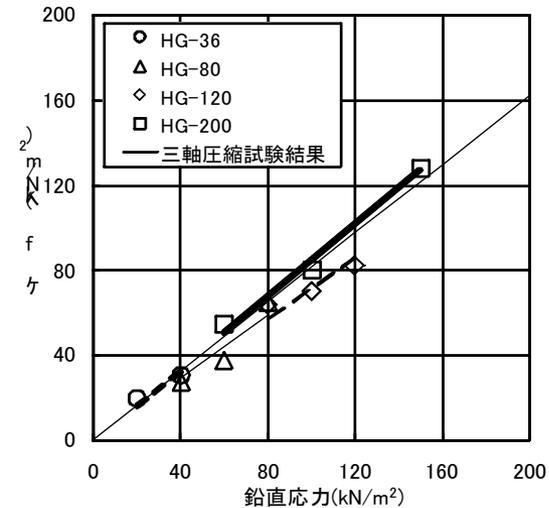
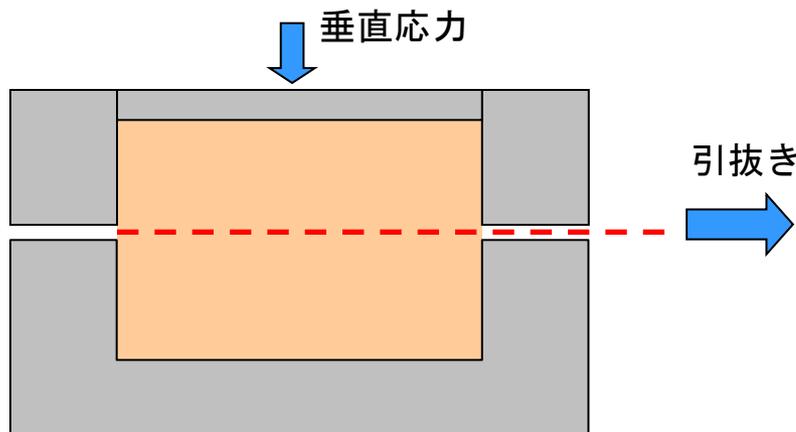
クリープ試験



耐衝撃性試験

# アデムと土の摩擦特性

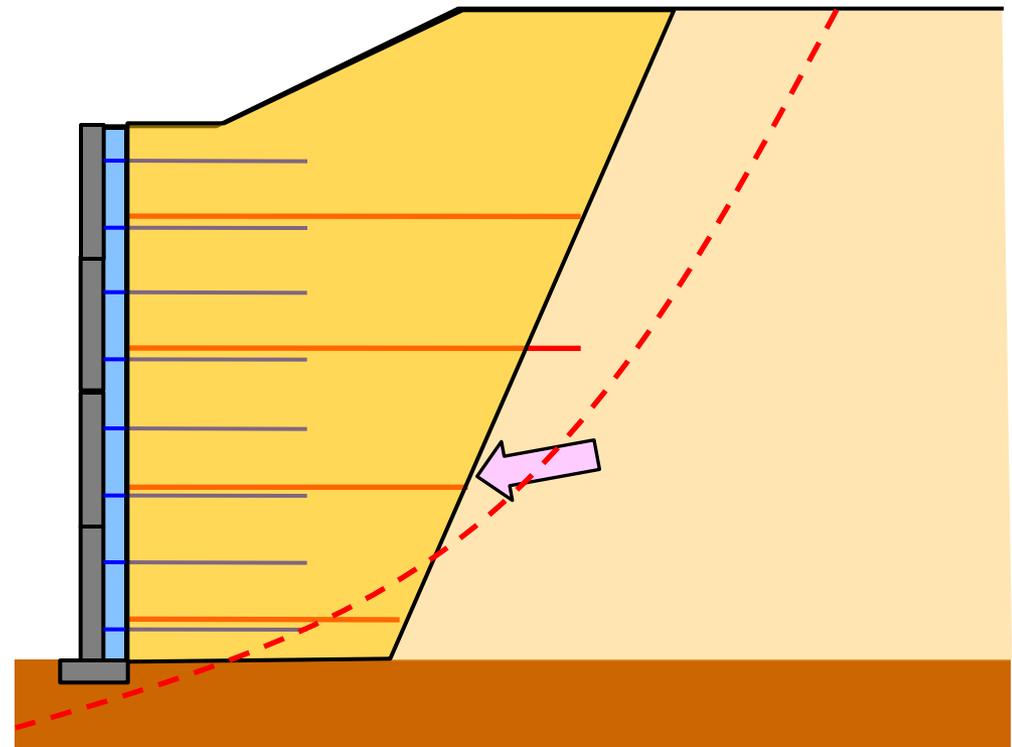
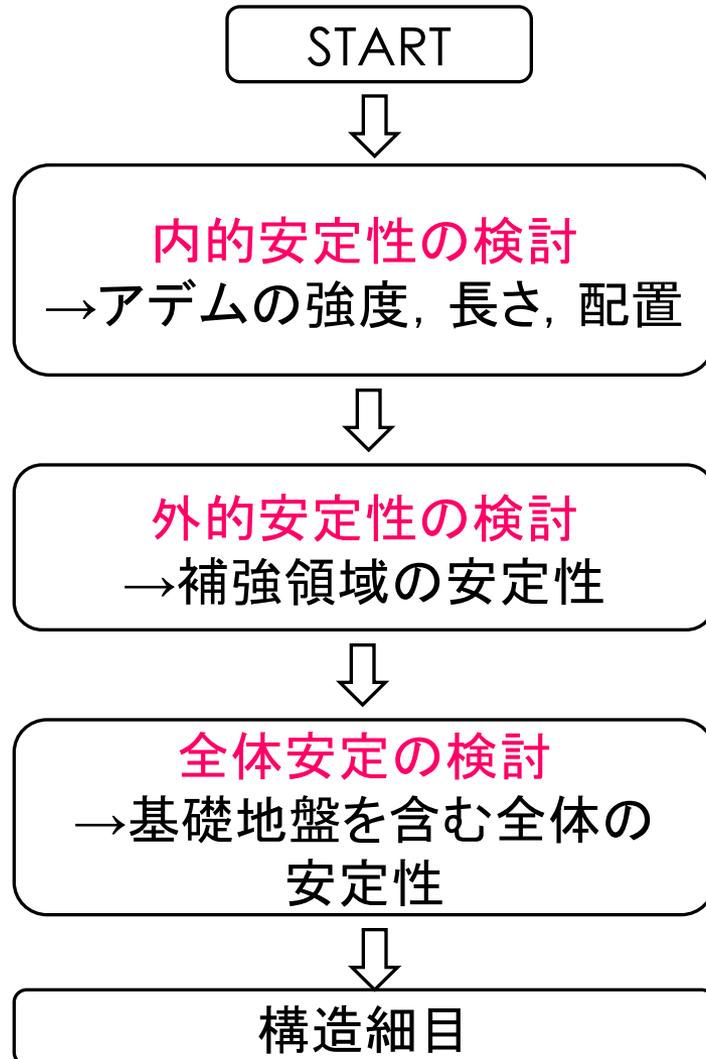
## ジオテキスタイルの土中引抜き試験



## 第5章 アデムウォールの設計

---

# 設計計算の流れ



# 設計安全率

安全率の種類		設計安全率	
		常時	地震時
内的安定性	ジオテキスタイルの設計引張強度	4-7 参照	4-7 参照
	引抜きに対する安全率	2.0	1.2
外的安定性	滑動に対する安全率	1.5	1.2
	転倒に対する許容値	$e \leq L/6$	$e \leq L/3$
	支持に対する安全率	3.0	2.0
全体安定	基礎地盤を含む円弧すべりに対する安全率	1.2	1.0

# 地震の影響

## 設計水平震度を与える静的照査法

### □ 内的・外的安定性の検討における設計水平震度

地盤種別	I 種	II 種	III 種
レベル 1 地震動	0.12	0.15	0.18
レベル 2 地震動	0.16	0.20	0.24

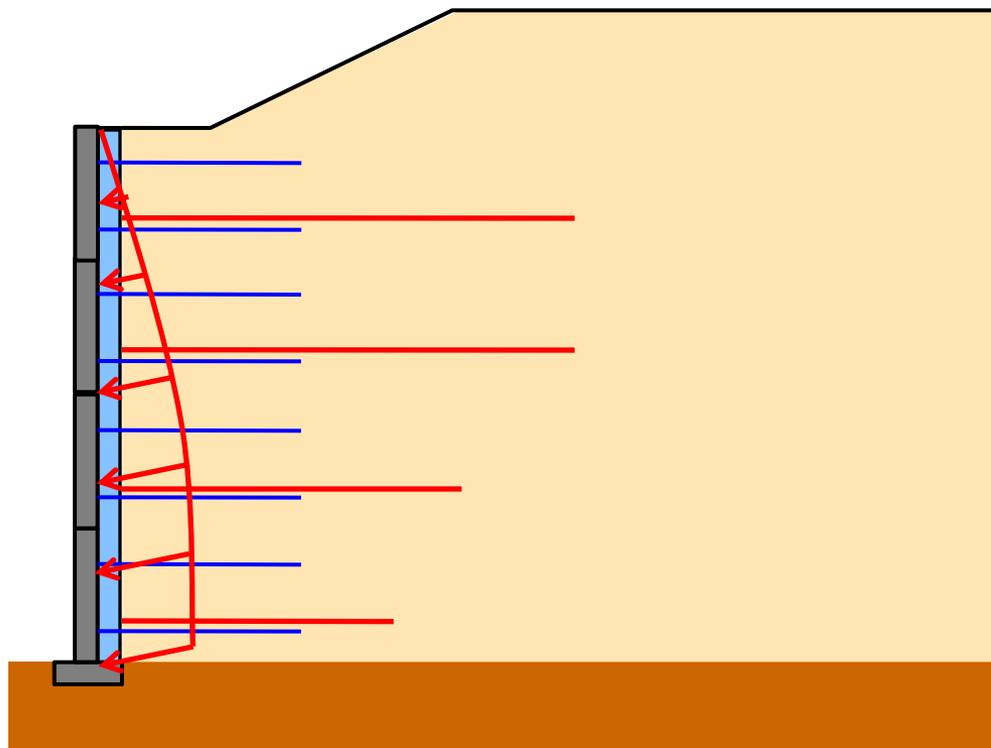
### □ 全体安定の検討における設計水平震度

地盤種別	I 種	II 種	III 種
レベル 1 地震動	0.08	0.10	0.12
レベル 2 地震動	0.16	0.20	0.24

## 二重壁構造を考慮した設計

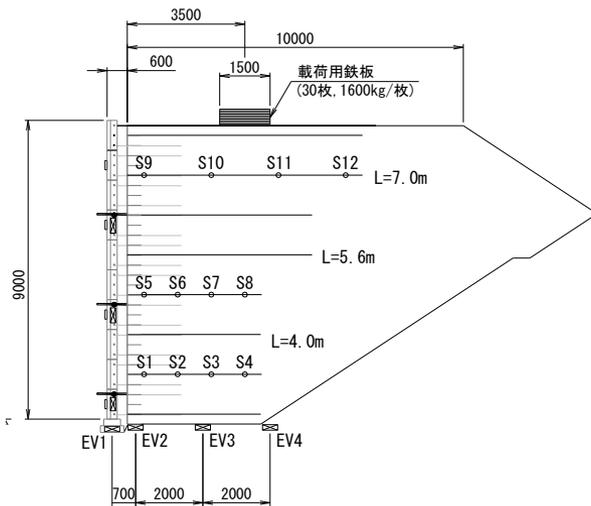
排水層の碎石により外壁に作用する土圧

- 内壁は自立しているため、外壁には、壁面排水層の碎石による土圧のみが作用すると考える。  
→内的安定性, 外的安定性の検討に考慮

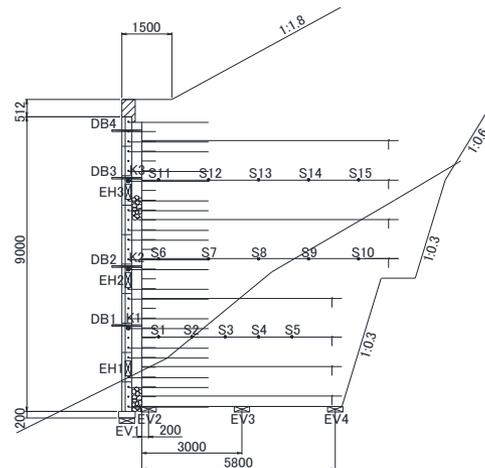


# 壁面材に作用する土圧の動態観測

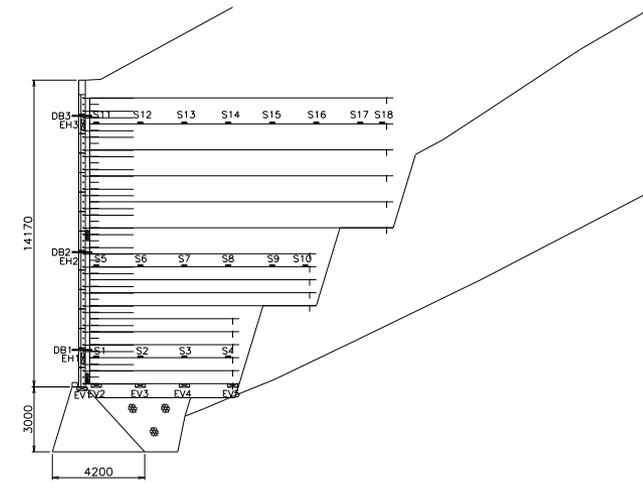
## 動態観測現場



現場A (H=9m)



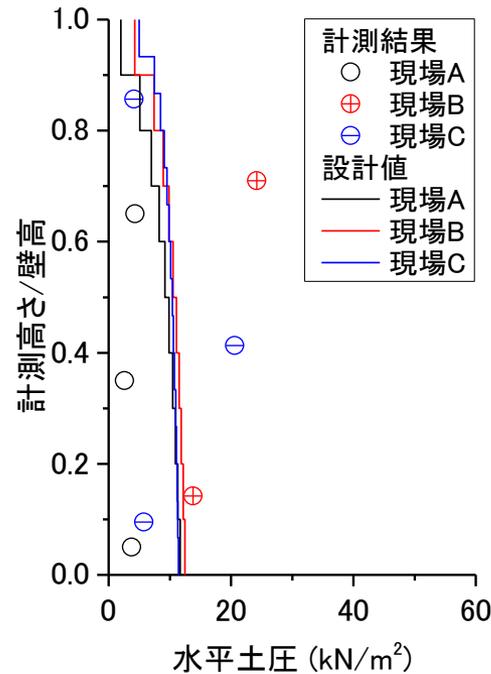
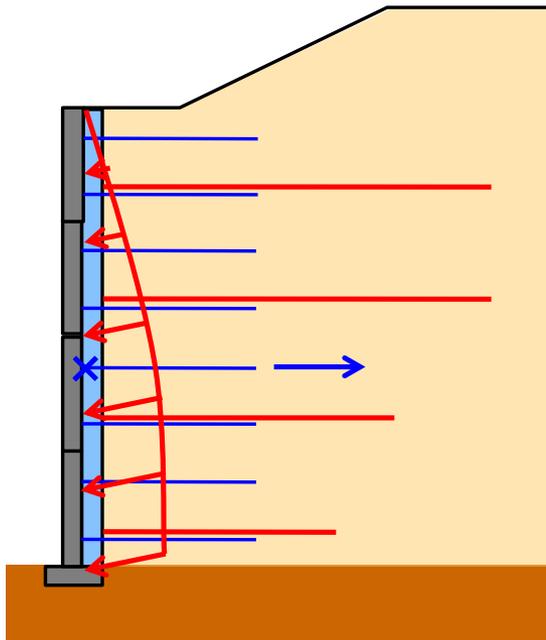
現場B (H=9.5m)



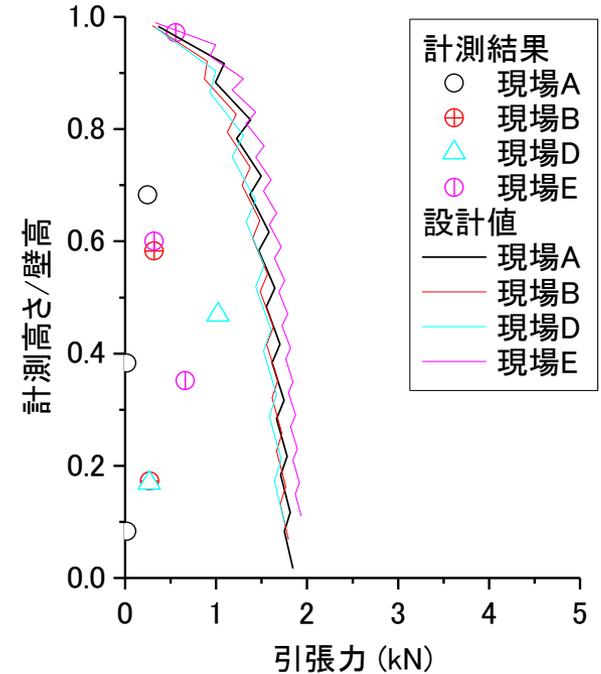
現場C (H=14.2m)

# 壁面材に作用する土圧の動態観測

- 動態観測結果は，外壁に作用する土圧と釣り合うと仮定して算出したグリッドベルトの引張力を概ね再現できる。



壁面材に作用する土圧

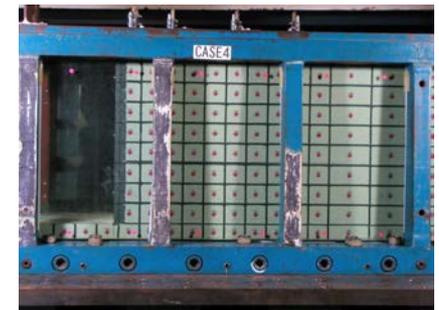
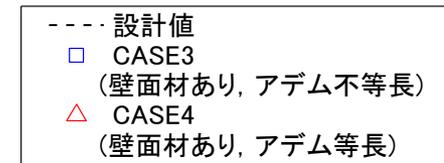
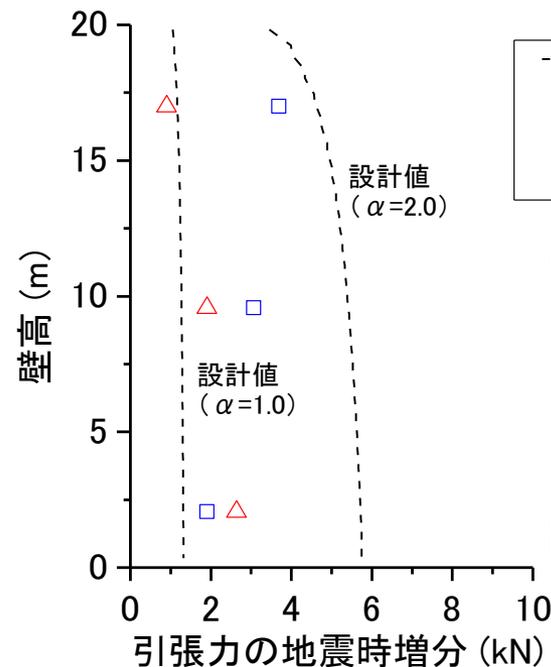
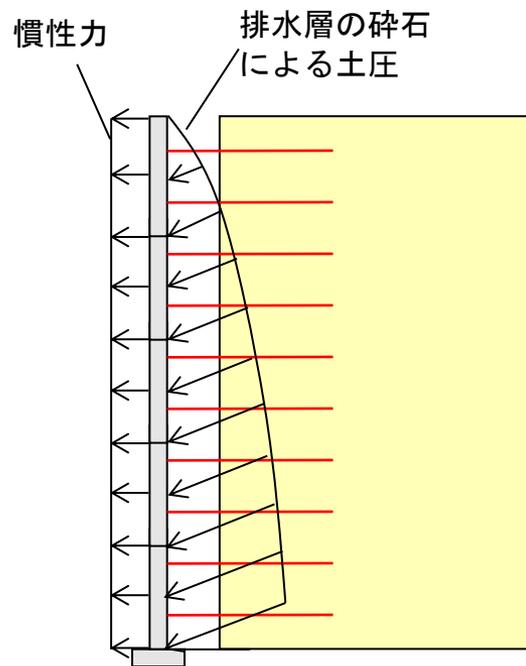


グリッドベルトの引張力

# 壁面材に作用する地震時土圧

- 壁面材の慣性力と外壁に作用する地震時土圧に釣り合うと仮定して算出したグリッドベルトの引張力を概ね再現できる。

(不明確な点が多いため、土圧に割増係数 $\alpha$ (=2.0)を考慮する)

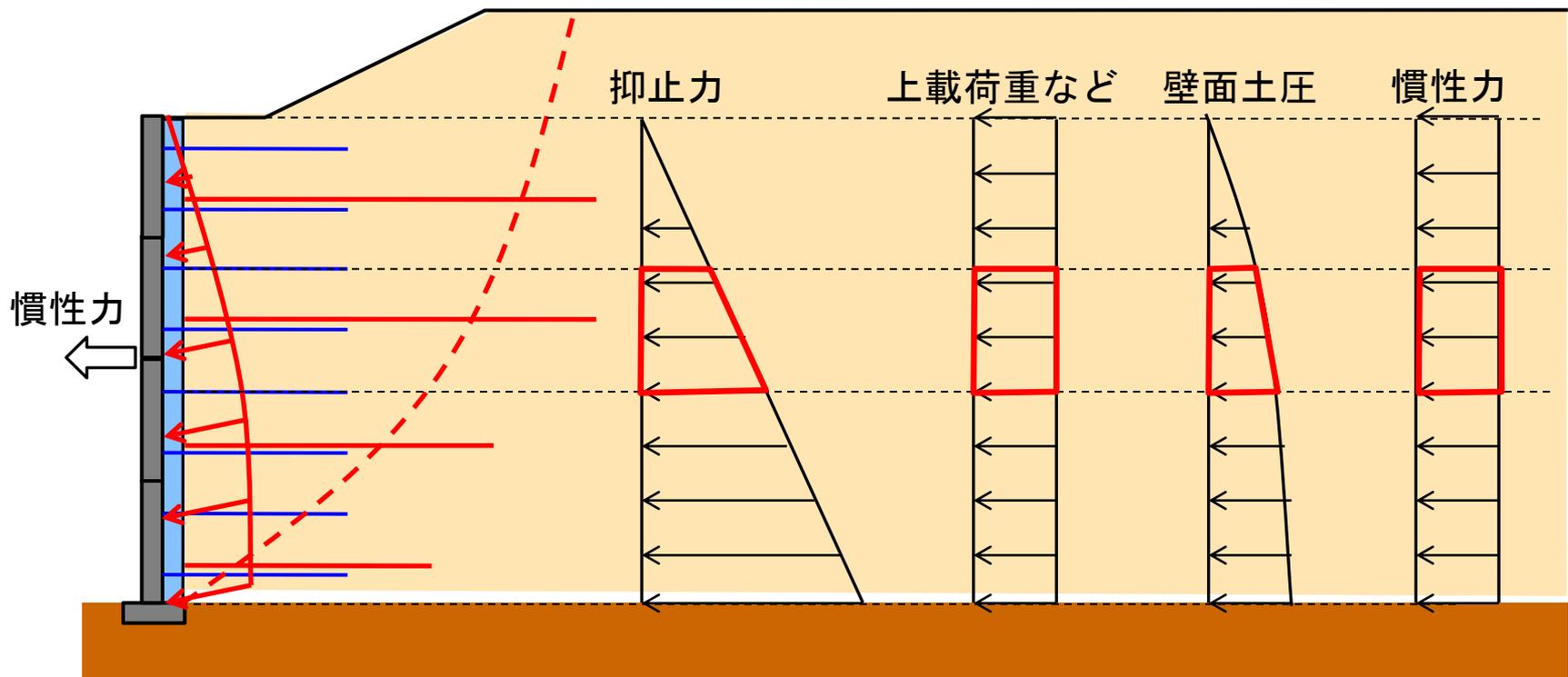


# 内的安定

- 抑止力が最大になる円弧，壁面材に作用する土圧の算出  
→アデムの強度，配置，定着長

$$\text{常時} \quad T_{req} = v \cdot \{K_G \cdot (\gamma \cdot z + w_1 + w_2 + w_3) + p_w\} + P_H \leq T_A$$

$$\text{地震時} \quad T_{reqE} = v \cdot \{K_G \cdot (\gamma \cdot z + w_{1E} + w_3) + \Delta t + k_h \cdot W_B + p_w\} + P_{EH} \leq T_{AE}$$

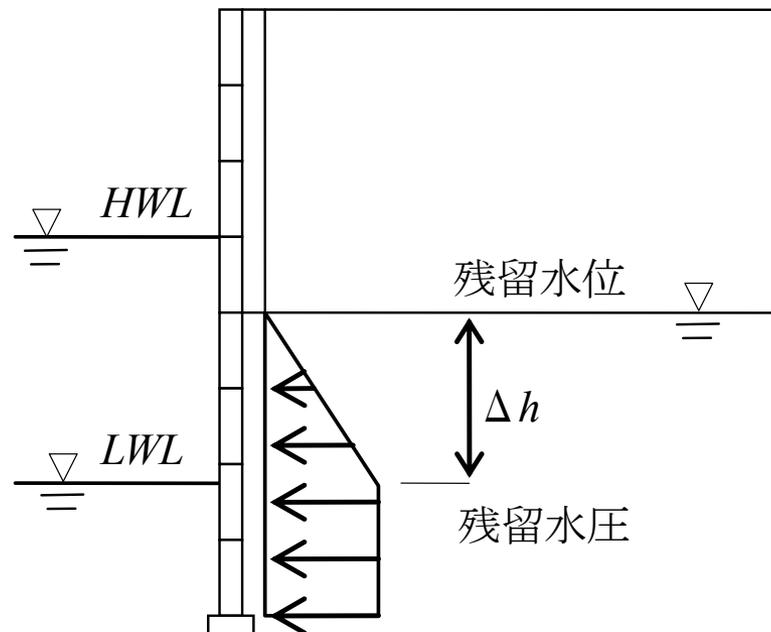


# 水圧

- 水位の急降下によって補強領域背面や外壁の前面の水位と背後の土中水面に残留水位差 $\Delta h$ が生じるときには、残留水位差 $\Delta h$ に伴う静水圧を考慮する。

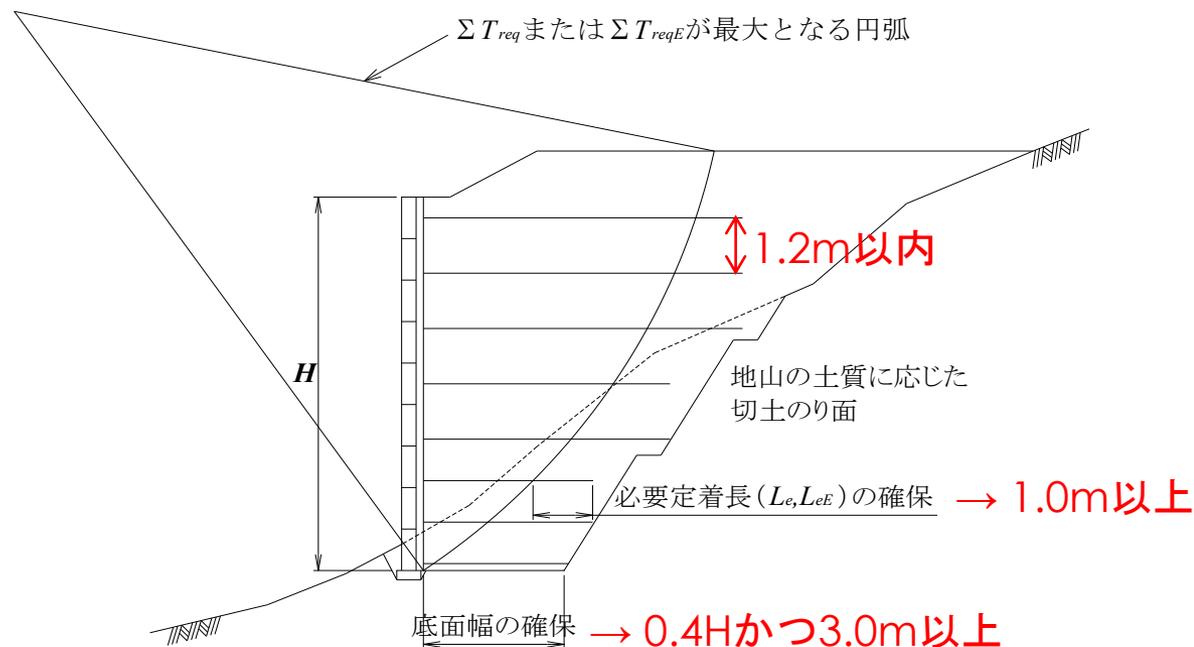
$$\text{常時} \quad T_{req} = v \cdot \{K_G \cdot (\gamma \cdot z + w_1 + w_2 + w_3) + \underline{p_w}\} + P_H \leq T_A$$

$$\text{地震時} \quad T_{reqE} = v \cdot \{K_G \cdot (\gamma \cdot z + w_{1E} + w_3) + \Delta t + k_h \cdot W_B + \underline{p_w}\} + P_{EH} \leq T_{AE}$$



# アデムの敷設配置

- 敷設間隔：1.2m以内，必要定着長：1.0m以上
- 底面幅：施工に支障のない幅として0.4Hかつ3.0m以上
- 道路拡幅の腹付け盛土のように，施工幅に制約がある場合においては，特に盛土材料を厳選し，入念な締固め施工がなされることを前提として，壁高が5m以下の場合には下段付近のアデムの最小長さを2.5mとしてよい。



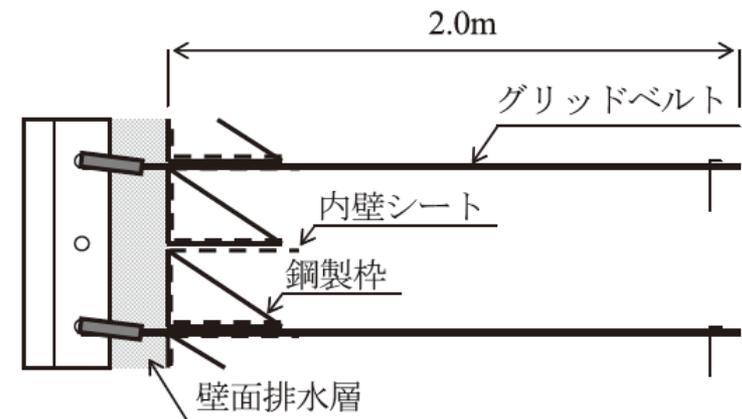
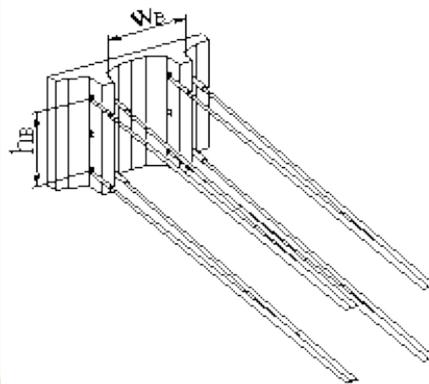
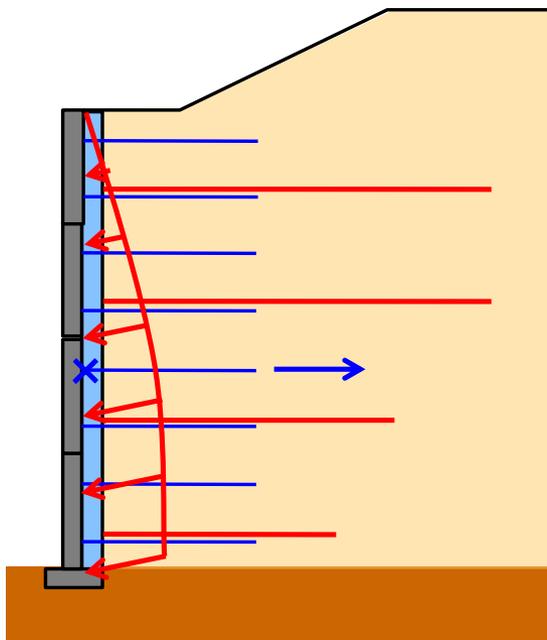
# 外壁の安定照査

- 外壁に作用する土圧に対して、グリッドベルトが破断または引抜けないことを照査する。

(グリッドベルトの補強領域内への定着長は少なくとも2.0m以上を確保)

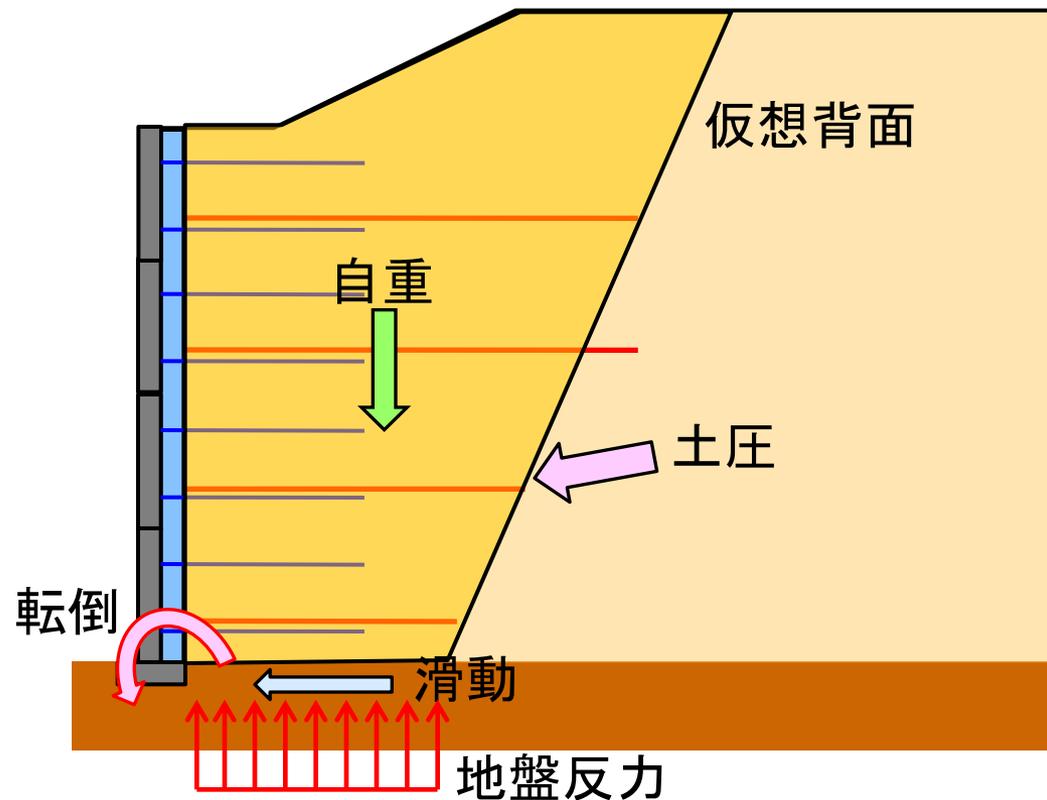
$$\text{常時} \quad T_B = \{(p + p_k) \cdot \cos(\delta - \alpha_0) + p_w\} \cdot h_B \cdot w_B$$

$$\text{地震時} \quad T_{BE} = \{(p_E + p_{kE}) \cdot \cos(\delta_E - \alpha_0) + k_h \cdot W_B + p_w\} \cdot h_B \cdot w_B$$



## 外的安定性の検討

- 補強領域を仮想的な擁壁とみなして、滑動、転倒、支持力の照査を行う。



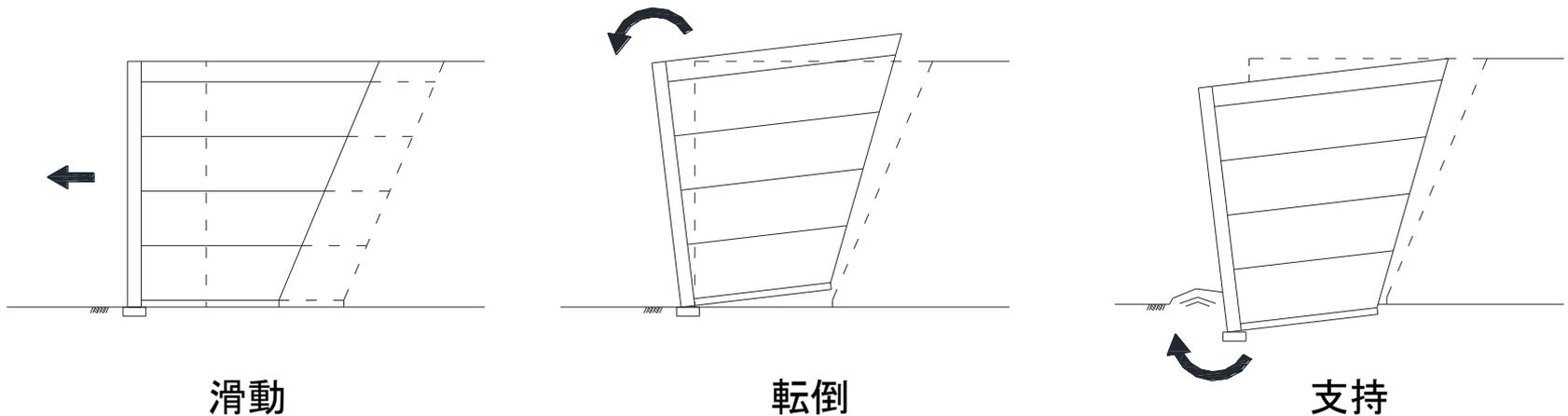
# アデムウォールの耐震性を考慮した設計計算の導入

## 補強土壁の耐震性

- 動的遠心载荷実験や大規模地震の被災事例等から、コンクリート擁壁に比して粘り強い変形性能を有することが確認されている。



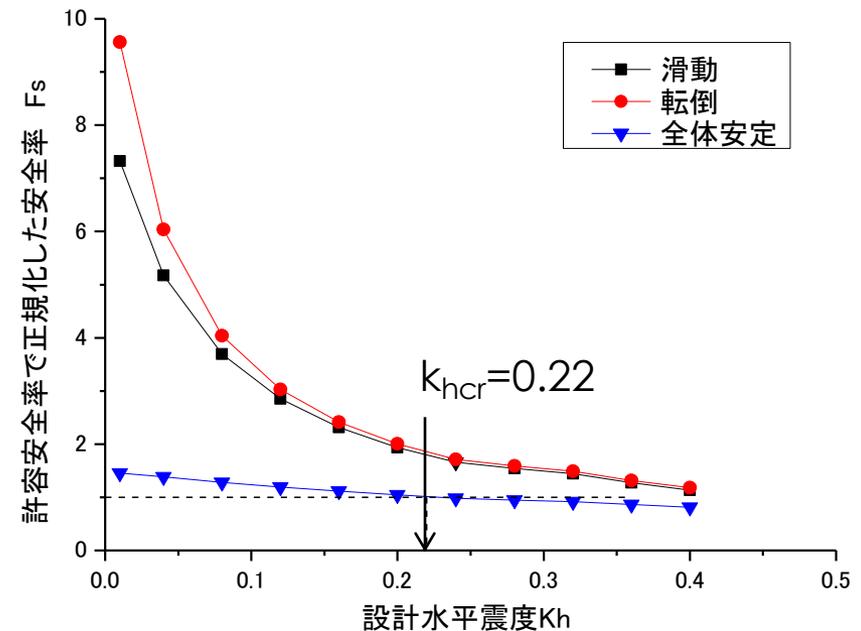
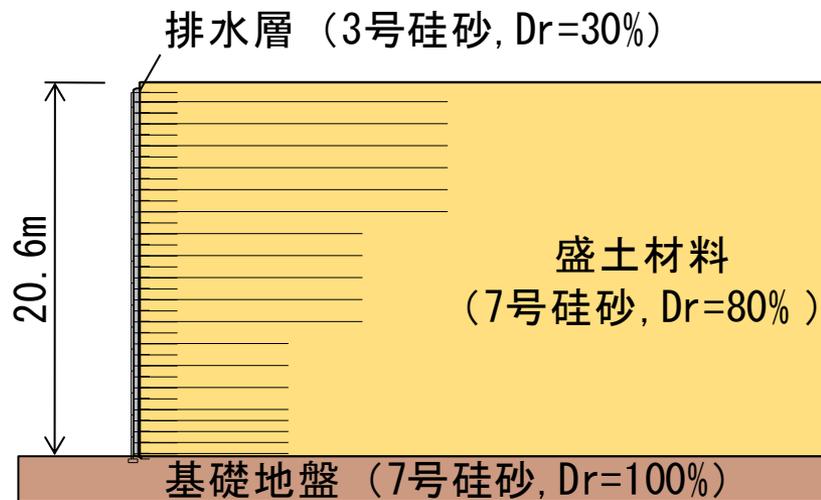
- 粘り強い変形特性をコンクリート擁壁と同じ震度法での耐震設計に反映する方法として、コンクリート擁壁の設計水平震度を低減して設定する。



# アデムウォールの耐震性の評価

## 動的遠心模型実験

- 限界水平震度：滑動，転倒，支持，全体安定の照査で，計算上の安全率が許容値を満足する水平震度のうち，最も小さい水平震度



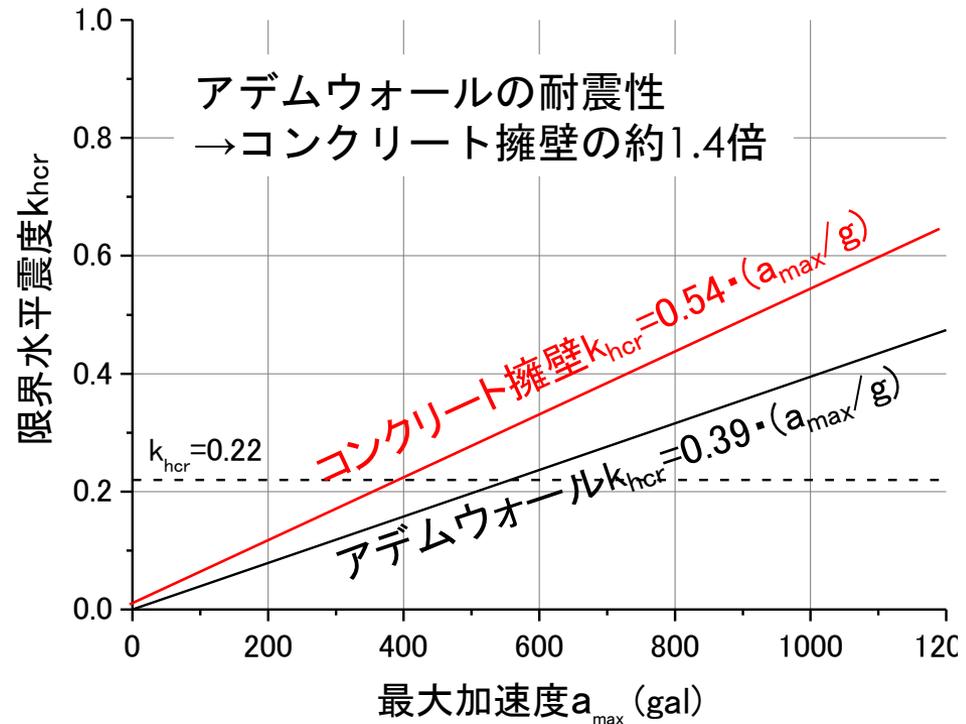
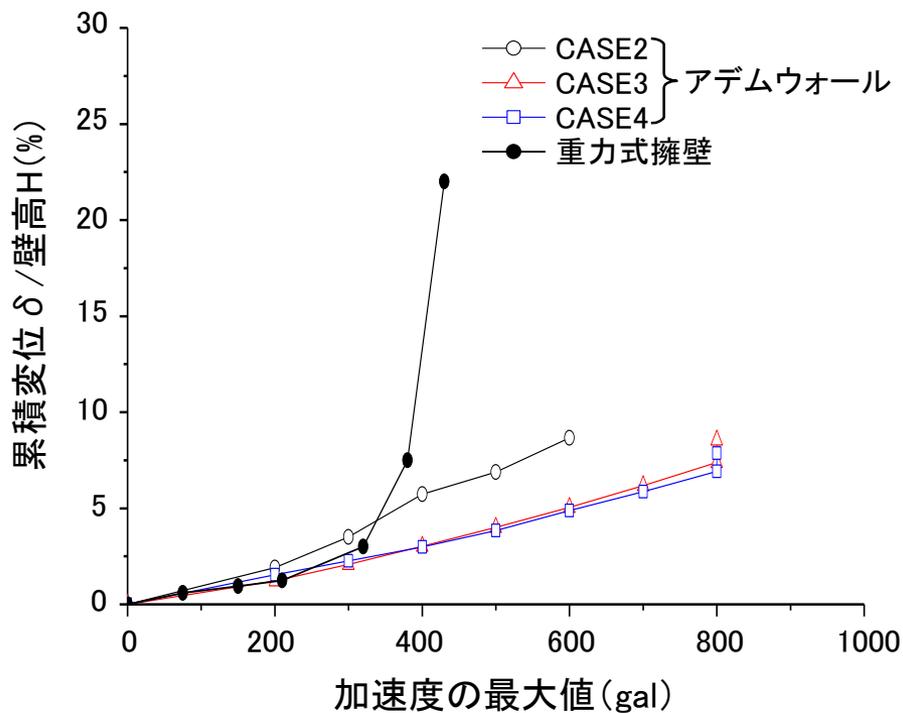
# アデムウォールの耐震性の評価

## コンクリート擁壁の限界水平震度との比較

□ コンクリート擁壁に比べて、地震動による変位が小さく粘り強く挙動

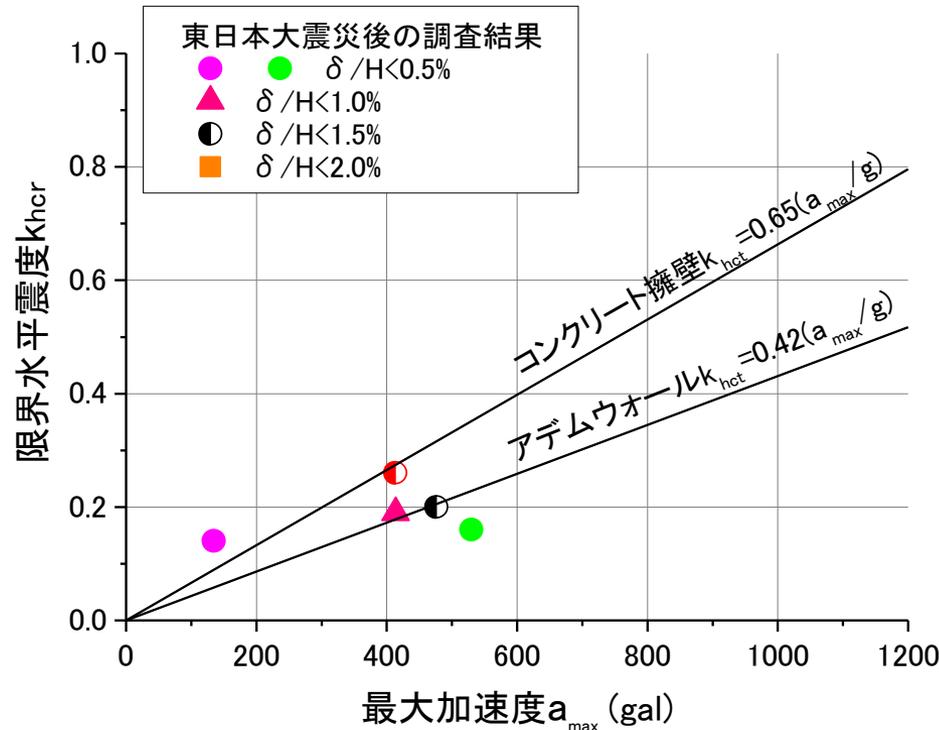
1%変位時 アデムウォール  $k_{hcr}=0.39(a_{max}/g)$

コンクリート擁壁  $k_{hcr}=0.54(a_{max}/g) \rightarrow 0.39/0.54 = 0.72$



# アダムウォールの耐震性の評価

2011年東北地方太平洋沖地震を受けたアダムウォール



アダムウォール  $k_{hcr} = 0.42(a_{max}/g)$

コンクリート擁壁  $k_{hcr} = 0.65(a_{max}/g)$

→  $0.42/0.65 = 0.65$

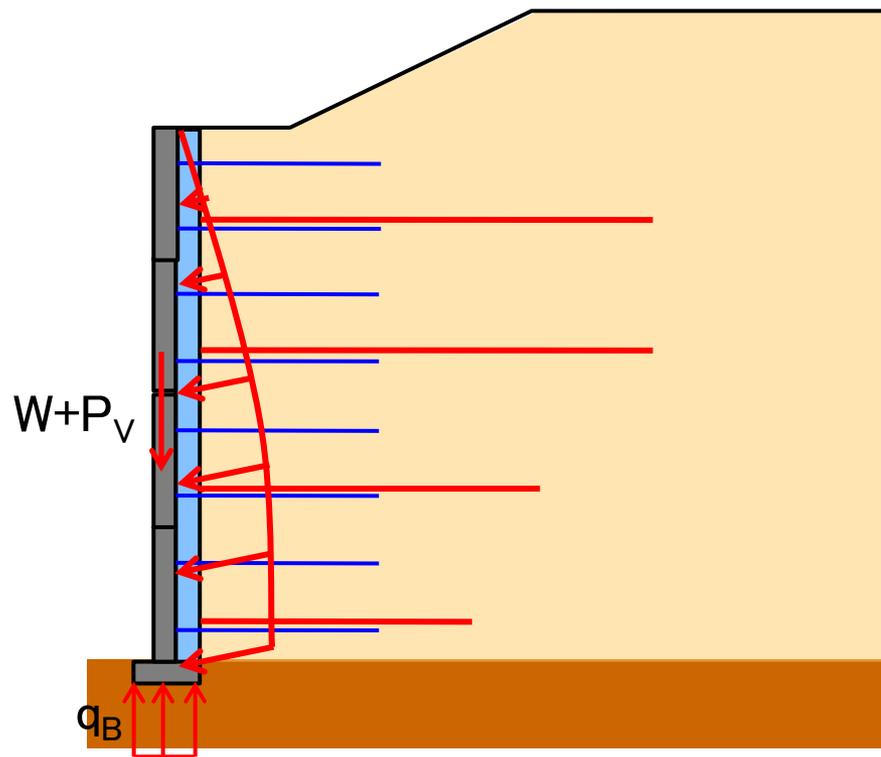
アダムウォールの耐震性

→ コンクリート擁壁の約1.5倍

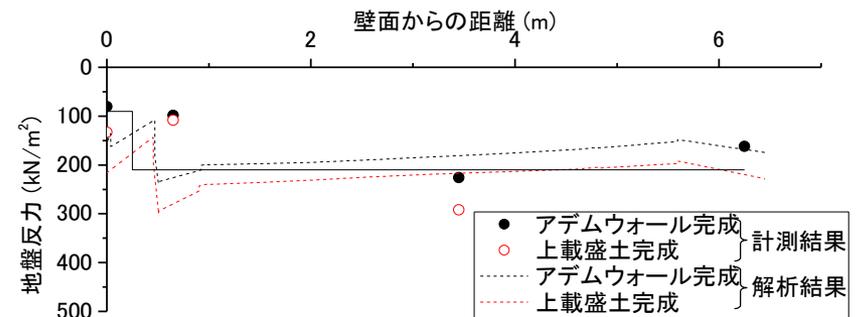
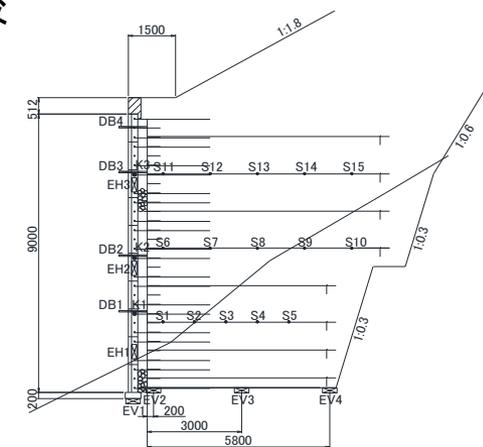
→ コンクリート擁壁の水平震度の0.7程度を考慮することで、コンクリート擁壁と同等の耐震性を有すると考えられる。

# 基礎工の支持に対する照査

- 基礎工の支持に対する照査では、壁面工の自重に外壁に作用する土圧の鉛直成分を加えて地盤反力を算出する。

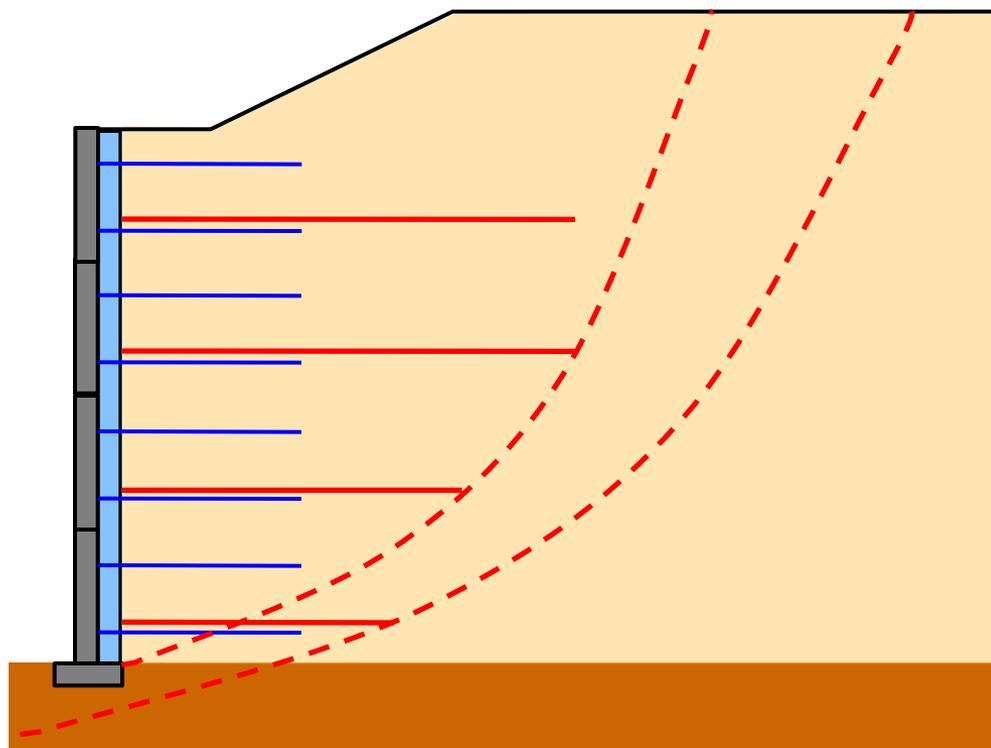


## 動態観測結果との比較



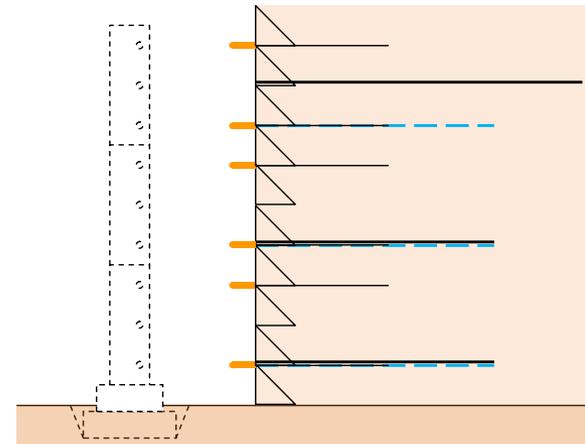
# 全体安定

- 補強領域および基礎地盤を含むすべての円弧すべりに対して、所定の安全率を満足していることを照査する。



# 適用用途に応じた設計上の留意点

## ① 軟弱地盤上に設置するアデムウォール（壁面あと施工タイプ）



## ② 多段形状に設置するアデムウォール

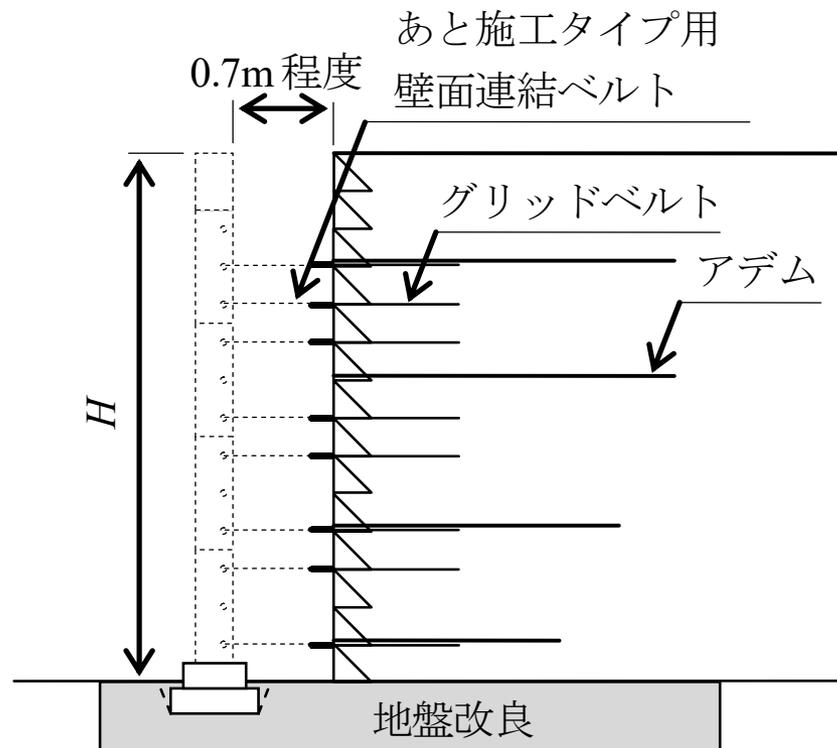


## ③ 水辺に設置するアデムウォール



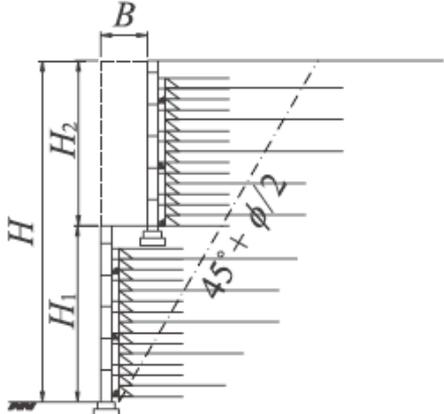
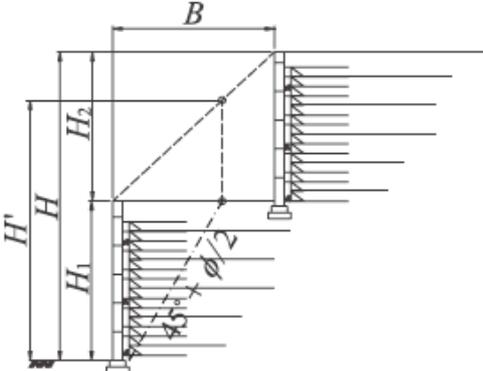
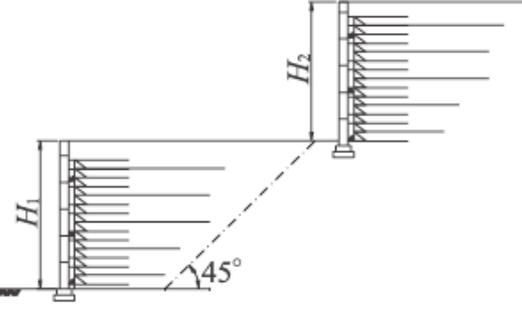
# 軟弱地盤上に設置するアデムウォール

- 適用範囲：盛土高20m
- 壁面連結ベルトの設置スペース：0.7m程度
- 支持力を確保するための地盤改良を施す



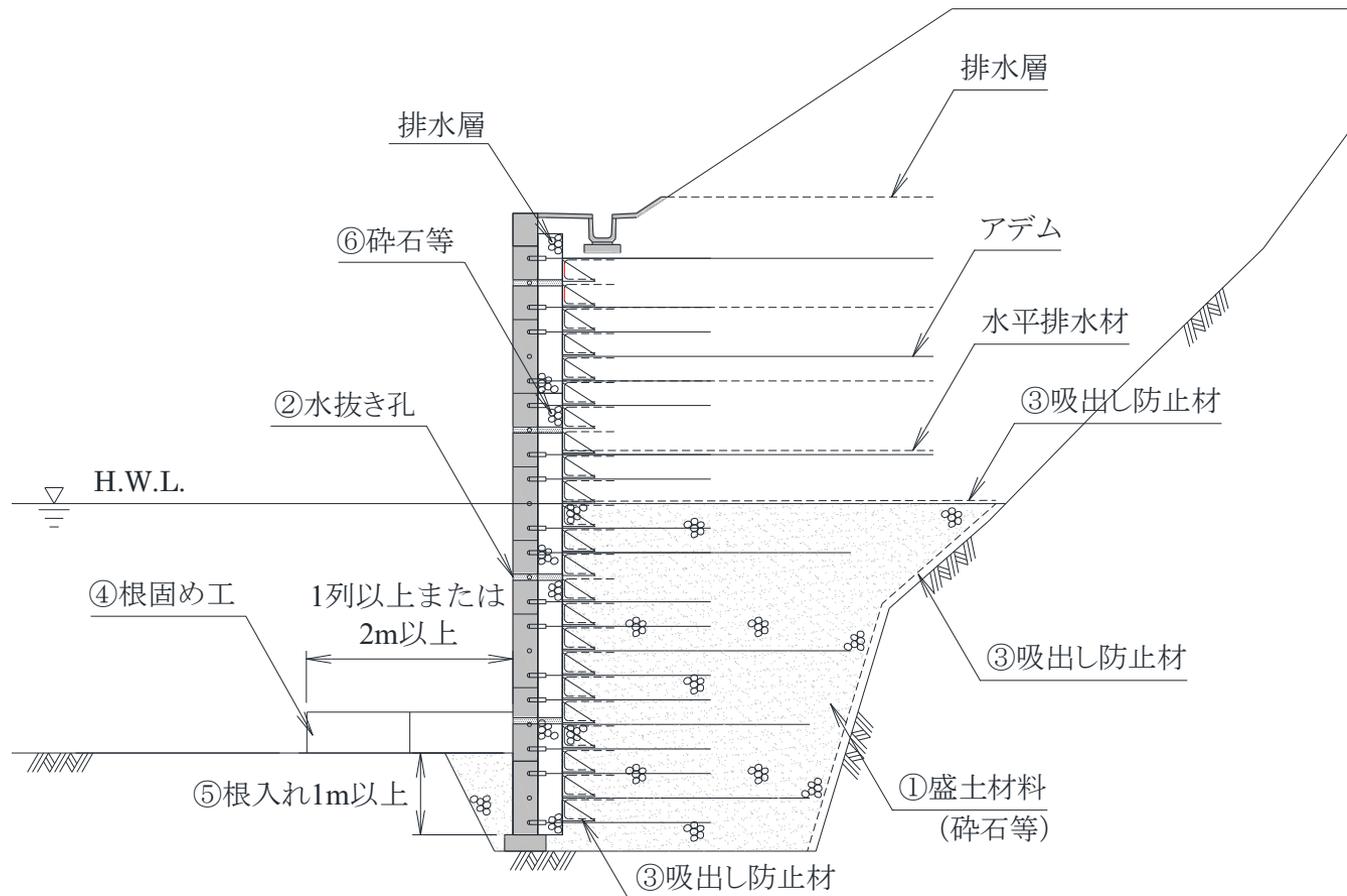
# 多段形状に設置するアデムウォール

- 上下段のアデムウォールの位置関係によって、設計計算の考え方を定義

ケース 1	ケース 2	ケース 3
<p>上段のアデムウォールの外壁の位置が、下段のアデムウォールの主働崩壊線より内側にある場合</p>	<p>上段のアデムウォールの外壁の位置が、下段のアデムウォールの主働崩壊線より外側にあり、ケース 3 に該当しない場合</p>	<p>上段のアデムウォールの外壁の位置が、下段のアデムウォールの補強領域底面の後端から 45 度の基準線より外側にある場合</p>
		
$H_1 + H_2 \leq 20\text{m}$	$H_1 + H_2 \leq 20\text{m}$	$H_1 \leq 20\text{m}, H_2 \leq 20\text{m}$

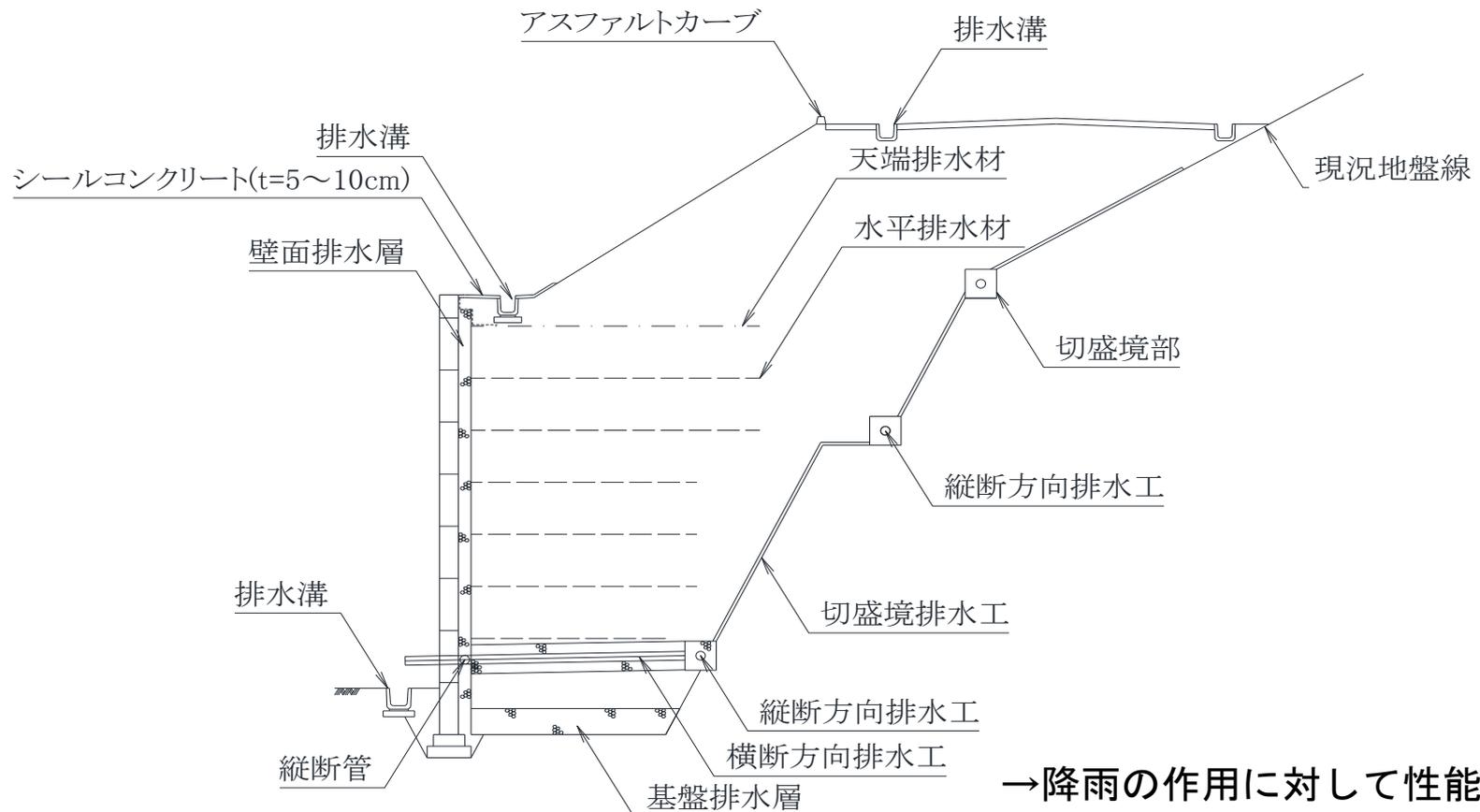
# 水辺に設置するアデムウォール

- 残留水圧が生じないように透水性の良い碎石等を盛土材料として用いる
- 盛土材料の吸出しが生じないように, 吸出し防止材を設置する



# 排水対策

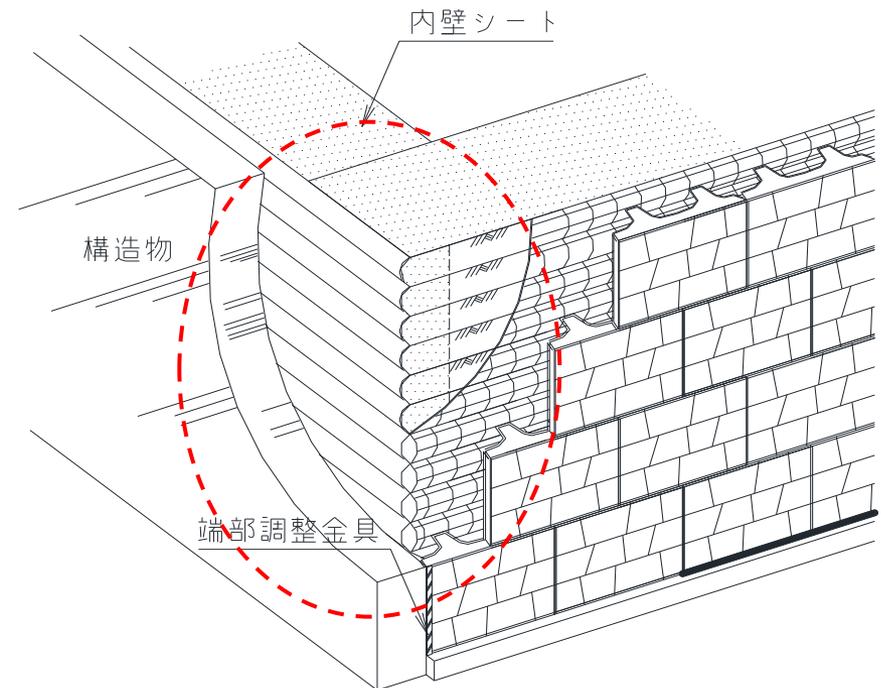
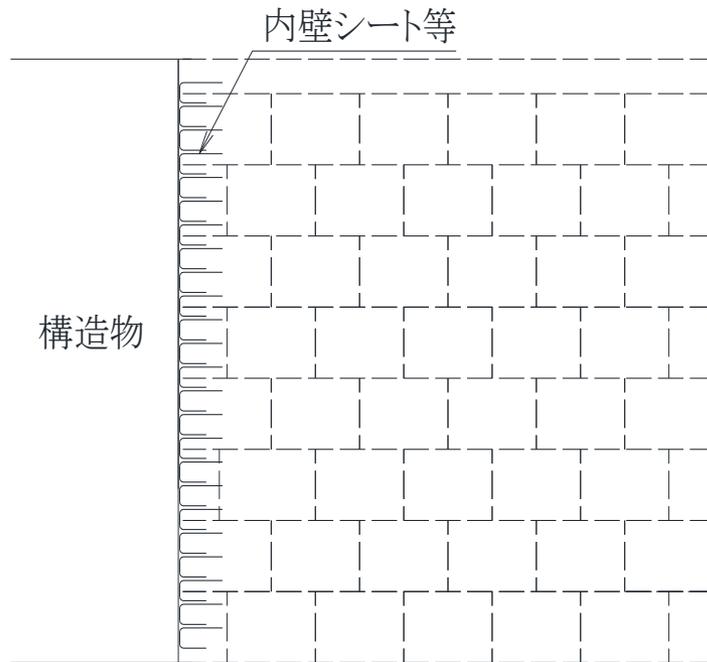
- 雨水や地下水等の補強領域内への浸入を防止し、浸入した水を速やかに排除できる適切な排水工を設ける。



→降雨の作用に対して性能1を満足するとみなされる。

## 構造物との接続部

- 地震時に構造物とアダムウォールの挙動の差異により、構造物背面の裏込め土のこぼれ出しが生じないように、構造物の背面には、内壁シート等の吸出し防止材を用いて盛土材料を巻き込み、十分な締固めを行う。



# 第6章 施工

---

# アデムウォールの施工手順



# 盛土材料の締固め

## 締固めの品質管理

- A, B法 : 締固め度95%以上
- C, D, E法 : 締固め度90%以上



# 第7章 維持管理

---

# 補強土の維持管理

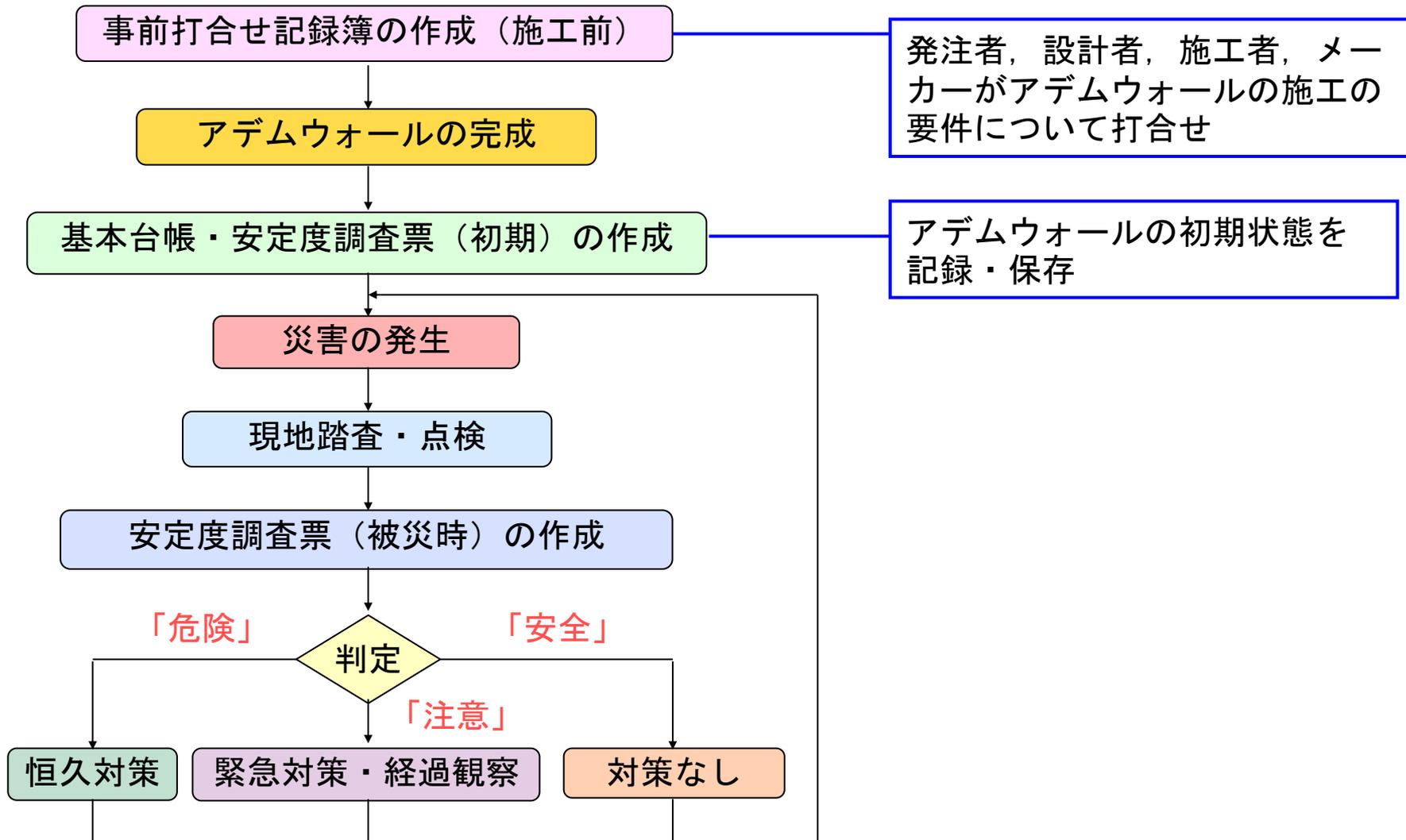
## 維持管理の目的

- 供用期間中における補強土としての機能を常時良好な状態に保ち，災害を未然に防止する。

## 記録の保存

- アダムウォールの設計図書，工事記録とともに，点検記録や補修履歴は，できるだけ詳細に記録し保存する。

# アデムウォールのカルテ管理

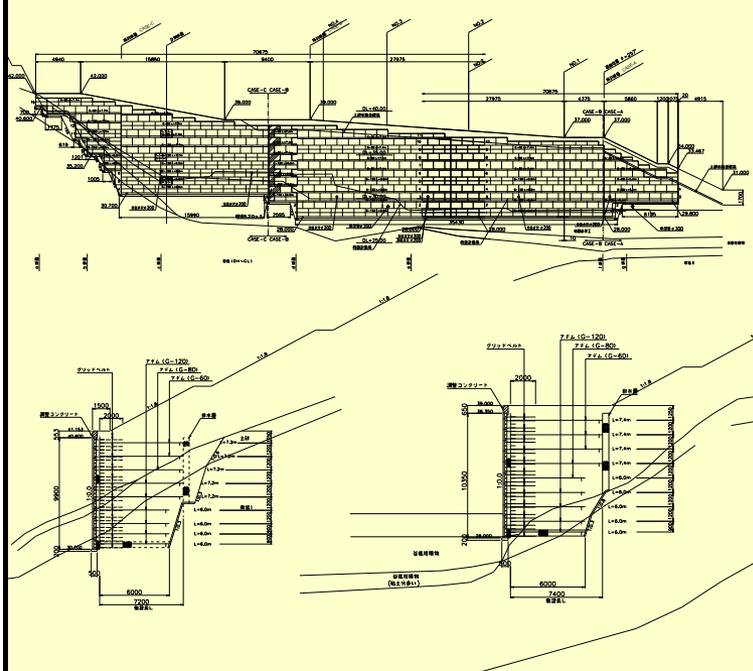


# 基本台帳

基本台帳

構造物ID	000001	物件名	〇〇工事	所在地	福井県坂井市春江町沖布目38-3			点検日時	2008年1月31日
工種	アダムウォール	発注者	〇〇	緯度	36° 8' 41" N		経度	136° 13' 45" E	
		施工業者	〇〇建設		施工期間	2008年1月			
用途	道路本体盛土部	コンサルタント	〇〇コンサルタント	壁面勾配	1:0.3	最大壁高	10.0 m	壁面積	100.0 m <sup>2</sup>
				センサー補強材の有無	無				

展開図、標準断面図など



写真

1) 全景

2) 補強土壁のり先

3) 補強土壁小段

4) 上部のり面

5) 路面

6) 路肩

点検者	調査方法	踏査、目視
概要	<p>①壁面の、はらみ出し、クラック、角欠け等の変状、または擁壁周囲の構造物の変状は見られなかった。②補強土壁の天端に設置されている外灯の基礎部が2本とも5mm程度沈下。笠コンとの境目にクラック有り。(写真5) 推定される要因a)変形吸収層(碎石)の地震時のゆすりこみによる沈下 b)変形吸収層(碎石)の雨水等の影響による沈下 c)盛土層の圧密沈下③補強土壁の天端小段部に設置されている水路の継ぎ目にクラック有り。(写真-4) 今後、降雨による盛土内部への浸透が考えられ補強盛土に悪影響を及ぼす可能性がある。補修必要。(要相談)④ジオグリッドのひずみ等の動態観測については、補強土壁に悪影響を及ぼすような異常値は無し。(別紙参照)</p>	

# 補強土カルテにおける点検項目

区分	内容
補強土壁 および 周辺の変状	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 壁面のはらみ, 前倒れ, すべり出し</li> <li>② コンクリートパネル・目地の開口亀裂およびずれ</li> <li>③ 上部のり面の沈下およびひび割れ</li> <li>④ 路面の段差</li> <li>⑤ ジオテキスタイルのひずみ</li> </ul>
地形・基礎地盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑥ 地形(沢地形, 急峻)</li> <li>⑦ 基礎地盤(軟弱地盤)</li> </ul>
盛土材料 および 排水機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑧ 盛土材料の土質(良質土, 不良土, 不明)</li> <li>⑨ 盛土内水平排水材の有無</li> <li>⑩ 地下排水工の有無</li> <li>⑪ 表面排水の機能の良否</li> </ul>

# 安定度調査票

安定度調査票(1)

構造物ID	AWF005	工種	アダムウォール	物件名	福島県あぶくま高速道路	点検日時	2011年5月31日	点検回数	1 回
要因	区分	点検項目	点検結果			点検者	西本、王		
1	補強土壁および周辺の変状	垂直のり面のはらみ、前倒れ、すべり出し	<input checked="" type="checkbox"/> 安全領域	<input type="checkbox"/> 注意領域	<input type="checkbox"/> 危険領域	誘因	災害発生日時 : 2011年3月11日		
		壁面パネル・目地の開口亀裂およびずれ	<input checked="" type="checkbox"/> 安全領域	<input type="checkbox"/> 注意領域	<input type="checkbox"/> 危険領域		災害区分 : 地震		
		補強土壁上部のり面の沈下およびひび割れ	<input checked="" type="checkbox"/> 安全領域	<input type="checkbox"/> 注意領域	<input type="checkbox"/> 危険領域		震央距離 :            km      震度      6弱		
		路面の沈下	<input checked="" type="checkbox"/> 安全領域	<input type="checkbox"/> 注意領域	<input type="checkbox"/> 危険領域	道路への影響	影響なし		
		鋼製壁面材の変状	<input type="checkbox"/> 安全領域	<input type="checkbox"/> 注意領域	<input type="checkbox"/> 危険領域		・異常な変状なし		
		センサー補強材の有無	<input checked="" type="checkbox"/> 敷設されていない						
		ひずみの計測値	<input type="checkbox"/> 安全領域	<input type="checkbox"/> 注意領域	<input type="checkbox"/> 危険領域	所見			
2	地形	沢地形である	<input type="checkbox"/> はい	<input checked="" type="checkbox"/> いいえ					
		急峻である	<input type="checkbox"/> はい	<input checked="" type="checkbox"/> いいえ					
	基礎地盤	軟弱地盤である	<input type="checkbox"/> はい	<input checked="" type="checkbox"/> いいえ					
3	盛土材料	土質	<input checked="" type="checkbox"/> 良質土	<input type="checkbox"/> 不良土	<input type="checkbox"/> 不明	対応・対策	対策を必要としない		
		盛土内排水材が設置されている	<input checked="" type="checkbox"/> はい	<input type="checkbox"/> いいえ	<input type="checkbox"/> 不明				
	排水機能	地下排水工が設置されている	<input checked="" type="checkbox"/> はい	<input type="checkbox"/> いいえ	<input type="checkbox"/> 不明				
		表面排水が機能している	<input checked="" type="checkbox"/> はい	<input type="checkbox"/> いいえ					
安定度評価図表						現地の状況			
評価区分						<ul style="list-style-type: none"> <li>・延長15m、最大壁高5.0m。</li> <li>・角欠:なし</li> <li>・パネル同士の開口:なし</li> <li>・排水層の碎石の流出:なし</li> <li>・パネルの亀裂:なし</li> <li>・壁面最大変位量: +35mm &lt; 出来形管理基準5000mm×3%=150mm</li> </ul>			
危険	恒久対策が必要とされる								
注意	緊急対策を行い、経過を観察する								
安全	対策を必要としないが、必要に応じて経過を観察する								
判定	安全: 対策を必要としないが、必要に応じて経過を観察する								