

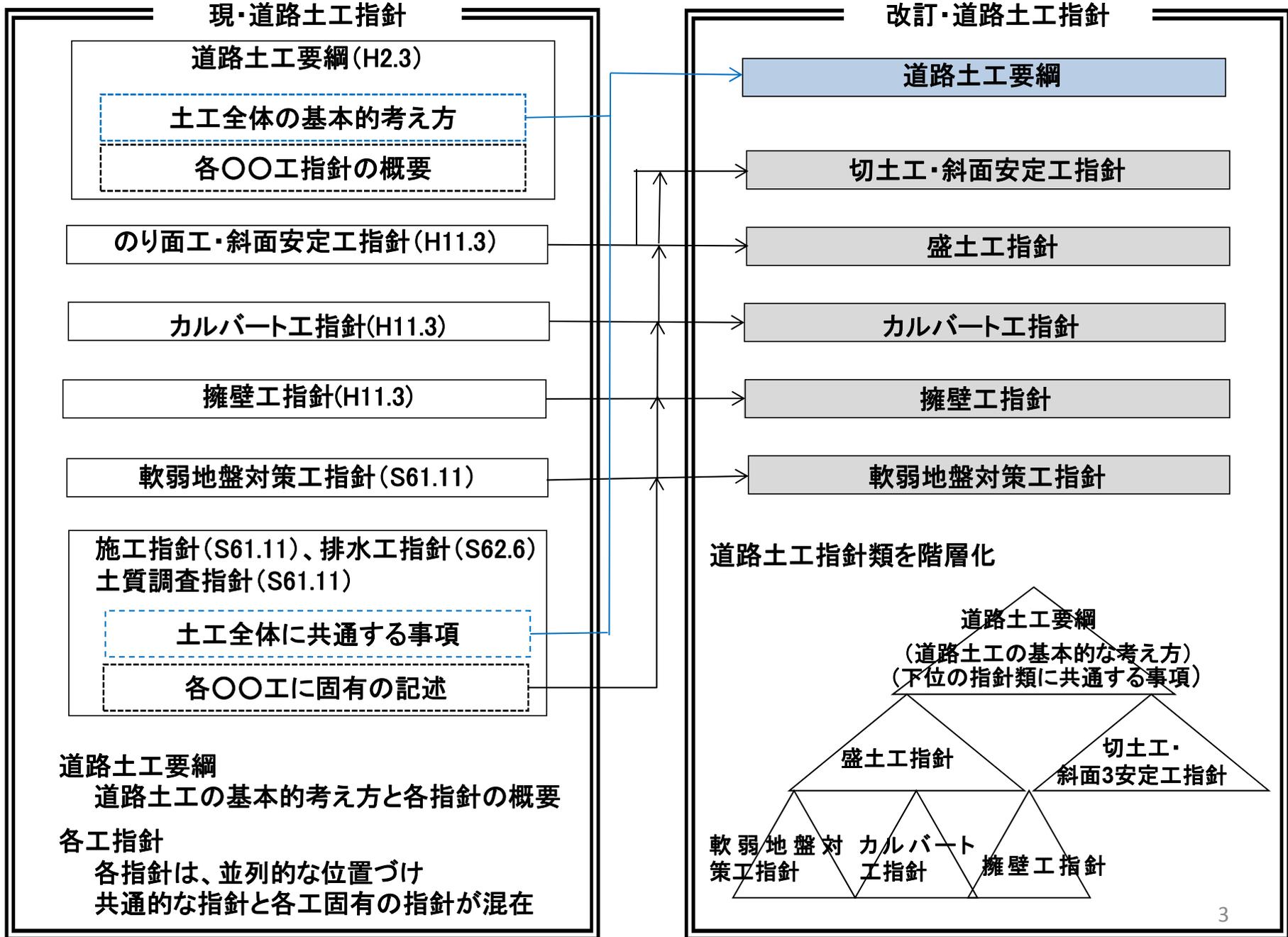
道路土工指針 改訂の概要

道路土工に関する講習会
盛土工指針分科会

「道路土工指針」の改訂 —背景と目的—

- 内容の陳腐化(技術の進化)
 - 時点更新(新技術・新工法など)
- 分冊化がユーザにとり不便な面も
 - 指針の再編成
(要綱+8分冊) → (要綱+6分冊)
- 道路施設間で共通した設計体系に
 - 「性能設計」の枠組みを導入
- 依然として自然災害が多発
 - 防災上の配慮(排水処理、締固め等)を充実₂

土工指針類の再編のイメージ



新・道路土工要綱及び各指針の位置づけ

道路土工要綱

以下をとりまとめたもの。

- ① 道路土工(全体)の計画、調査、設計、施工、検査・施工管理、維持管理などの基本的な考え方
- ② 土工全体あるいは複数の指針にまたがる共通事項(調査、排水、凍上対策等)について、現段階ではそれによることが最も適当であると考えられる事項

各〇〇工指針

各工の調査、計画、設計、施工、維持管理などに関する事項で、現段階ではそれによることが最も適当であると考えられる事項を取りまとめたもの。

「道路土工指針」の改訂 における主なポイント

(1) 「性能設計」の枠組みを導入

- ・どれくらいrippana道路を造るかを設定
- ・従来の仕様設計についての「みなし」を記載
- ・重要度の高い等の道路では性能を照査

(2) 近年の豪雨・地震による土工構造物の被災事例を踏まえた最新の知見の反映

- ・経験等から得た教訓を反映
(例) 土工構造物では従来以上に排水処理と締固めを強化
- ・設計以上に丁寧な施工と施工管理

(3) 最新の技術の反映

(1) 「性能設計」の枠組みを導入

- 原則として性能規定を導入

- 政府・学会の方針に沿ったもの

「土木・建築にかかる設計の基本」(国土交通省、2002.10)

- すべて性能規定化するのが望ましいが、現状の技術・運用の下では限界も存在する。

- ・たとえば、切土斜面では性能規定せず。

- ・照査技術に未熟な面が多く存在する。

- ・土・現場条件の多様性、土工では設計と施工が一体不可分

「道路土工要綱」2-4 設計 (p.31)

- (1) 設計に当たっては、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の容易さ、環境との調和、経済性について配慮しなければならない。
- (2) 設計は、論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた手法、これまでの経験・実績から(1)を満足する仕様等、適切な知見に基づいて行うものとする。
- (3) 設計にあたっては、設計で前提とする施工、施工管理、維持管理の条件を定めなければならない。

【解説】(pp.31-34)

(1)設計における配慮事項

……各土工構造物の設計は以下より行うことを基本とした。

1) 切土工・斜面安定工の設計

……路線選定段階での災害の回避を基本とし、……設計段階のみならず、施工・維持管理段階で順次性能を高めていくことを基本とした。

2) 盛土、擁壁、カルバート、軟弱地盤対策工の設計

……盛土、擁壁、カルバートの設計に当たっては、……想定する作用に対する使用性、修復性、安全性の観点から要求性能を設定し、それを満足することを照査することを基本とした。

軟弱地盤対策工の設計においても、軟弱地盤上に構築される土工構造物に対して要求性能を設定することを基本とした。

(3)設計で前提とする条件

土工構造物の安定性、耐久性は設計のみならず施工の良し悪し、維持管理の程度により大きく依存する。……設計にあたっては、設計で前提とする施工、施工管理、維持管理の条件を定めなければならない。

盛土、擁壁、カルバートの設計に当たっては、原則として、下記に示した留意事項のうち、**使用目的との適合性、構造物の安全性**について、**想定する作用に対して安全性、供用性、修復性の観点から要求性能を設定し、盛土がそれらの要求性能を満足することを照査する。**

(広義の)要求性能
(=「留意事項」)

(狭義の)要求性能
(=性能規定の対象とするもの)

使用目的との適合性、
構造物の安全性、

耐久性、
施工品質の確保、
維持管理の容易さ、
環境との調和、
経済性

【要求性能の水準】

性能1: 供用性、修復性、安全性を満足
性能2: 修復性、安全性を満足
性能3: 安全性を満足

【性能規定】(例)

		重要度	
		重要度 1	重要度 2
想定する作用			
	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

各指針における設計・照査の枠組み（盛土工の例）

設計

配慮事項：
 使用目的との適合性、
 構造物の安全性、
 耐久性、
 施工品質の確保、
 維持管理の容易さ、
 環境との調和、
 経済性

4-1-3

要求性能の設定

4-1-1, 4-3-1

基礎地盤条件、
 地下水条件、
 盛土材料条件、
 盛土高、
 影響度

（本体構造の）照査

4-1-5

限界状態の設定

4-1-6

①論理的な妥当性を有する方法による照査

4-3

②経験・実績から妥当と見なせる解析手法による照査

4-3

③既往の実績に基づく仕様の適用（標準のり面勾配）

4-4~4-10

（適宜参照）

各構成要素の設計（構造細目的設計）

5章、6章

施工、品質管理、維持管理条件の設定

施工、品質管理、維持管理

(2)近年の豪雨・地震による土工構造物の被災事例を踏まえた最新の知見の反映



地震により発生した洞門脇の岩盤崩壊
(2007年 能登半島地震による被災)

豊浜トンネル岩盤崩落災害以降、岩盤崩壊が顕在化。特に、近年の大規模地震で多発

岩盤崩壊対策の考え方を指針に新たに追加(落石対策便覧から指針へ)



集中豪雨による盛土崩壊の例
(2005年台風14号による豪雨;山陽自動車道) (2005年能登半島地震;能登有料道路)

盛土内の水が崩壊要因の一つと推定



排水施設の重要性、排水対策に関する記述を強化



地震によりカルバートと盛土の間で発生した段差の例
(2004年 中越地震による被災)



構造物周りの締固め等の
施工管理、踏み掛け版の
設置
等に関する記載を強化



凍上により、切土のり面が被災した例



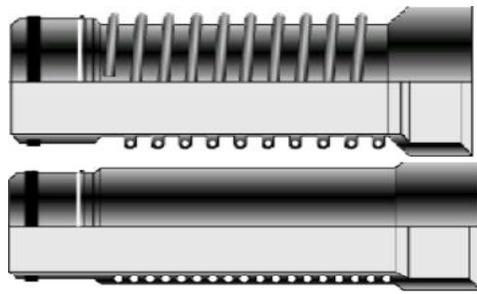
凍上災害の事例および対
策工の考え方の記載の
強化

(3) 最新の技術の反映

○近年、道路土工において活用可能となった新材料、IT技術等に関する事項を追記

①新材料

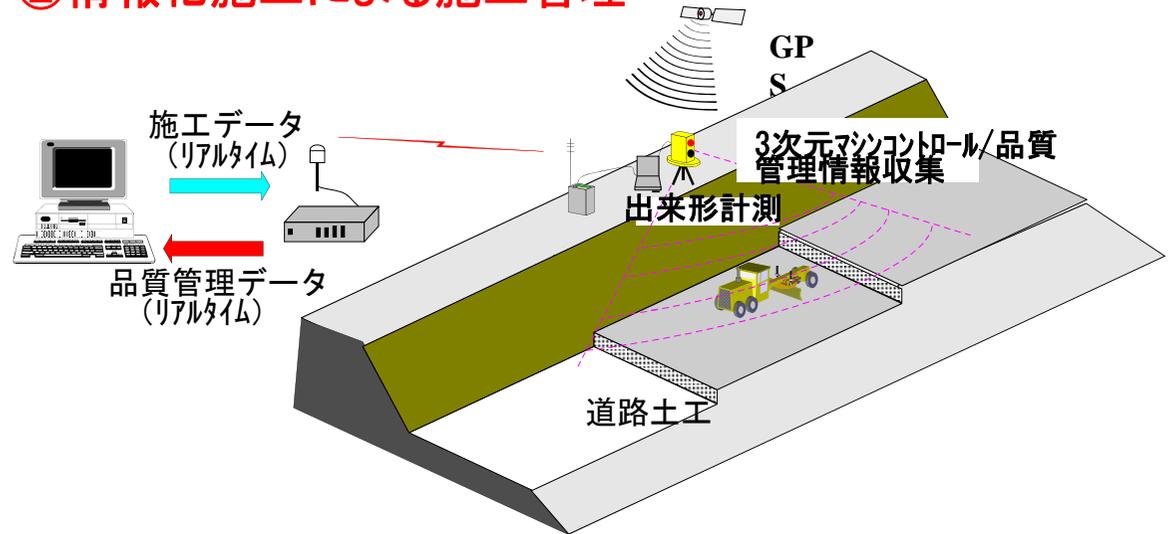
(例)高耐圧ポリエチレン管を用いたカルバート工



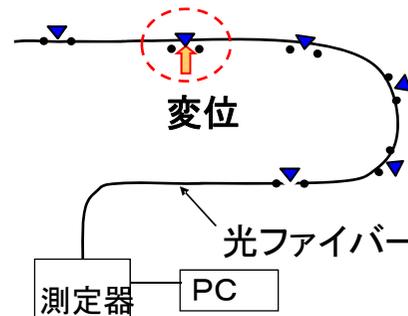
高耐圧ポリエチレン管



②情報化施工による施工管理



③光ファイバー等を用いた斜面管理



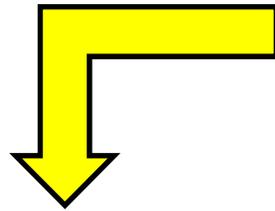
「道路土工－盛土工指針 (平成22年度版)」の概要

道路土工に関する講習会
盛土工指針分科会

盛土工指針改訂における背景と目的

- 内容の陳腐化(技術の進化)
 - 時点更新(新技術・新工法など)
- 分冊化がユーザにとり不便な面も
 - 指針の再編成
(要綱+8分冊) → (要綱+6分冊)
- 道路施設間で共通した設計体系に
 - 「性能設計」の枠組みを導入
- 依然として自然災害が多発
 - 防災上の配慮(排水処理、締固め等)を充実

盛土工指針の構成



旧「のり面工・斜面安定工指針」
旧「施工指針」
旧「排水工指針」
旧「土質調査指針」

「盛土工指針(平成22年度版)」の目次構成

- 第1章 総説
- 第2章 盛土工の基本方針
- 第3章 調査及び試験施工
- 第4章 設計
- 第5章 施工
- 第6章 維持管理

盛土工指針改訂の主なポイント

【全体】

○ 梓書きと解説……わかりやすさへの配慮

【1章】

○ 盛土の変状・崩壊を誘因別に分類

【2章】

○ 盛土の目的，盛土工を実施するに当たって留意すべき基本的事項，盛土の特性，計画・調査・設計・施工・維持管理の各段階での基本的考え方等

【3章】

○ スレーキング性盛土材料等の適用と対応策

盛土工指針改訂の主なポイント

【4章】

- 性能設計の枠組みを導入……盛土の要求性能、想定する作用、照査手法等
- 盛土の耐震設計についての節を設けた
- 排水対策に関する記述を強化
- 建設発生土の利用促進、土質判定の目安、土質改良の基本的な考え方
- スレーキング性盛土材料等の適用と対応策

【5章】

- 盛土の締固め施工の原則と締固め管理基準値の目安
- 盛土工における情報化施工

【6章】

- 維持管理における点検の着眼点

特に注意の必要な盛土

以下に示す盛土は破損，変状を生じやすく，盛土工の実施に当たっては注意が必要であり，必要に応じて適切な対策を行う。

- 沢地形や傾斜地盤上の盛土
- 腹付け盛土
- 軟弱地盤上の盛土
- 片切り片盛り
- 切り盛り境
- 岩塊を用いた盛土
- 高含水比の材料を用いた盛土



(2005年能登半島地震
能登有料道路)



(2004年新潟県中越地震
国道117号小千谷市細島)



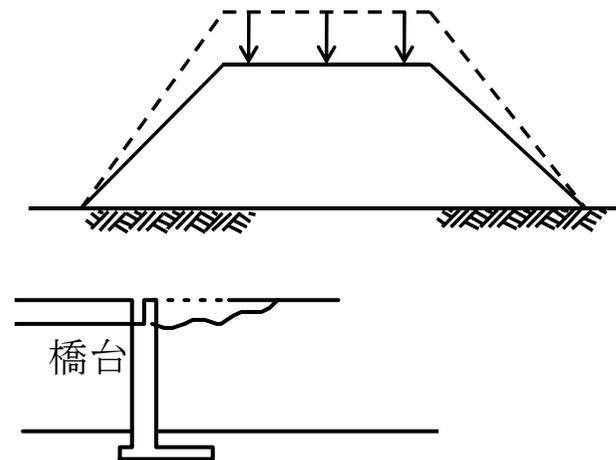
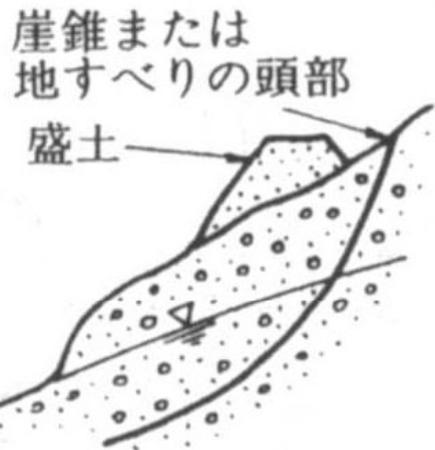
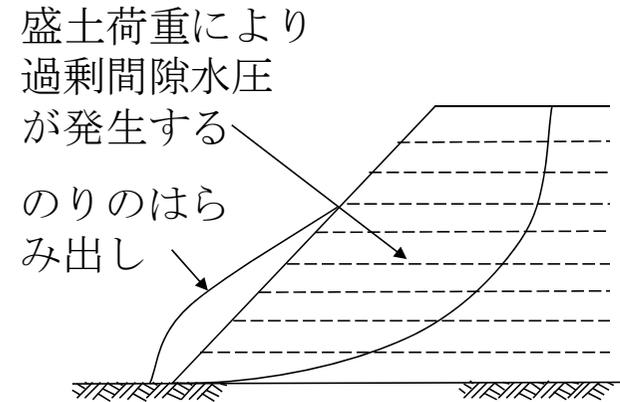
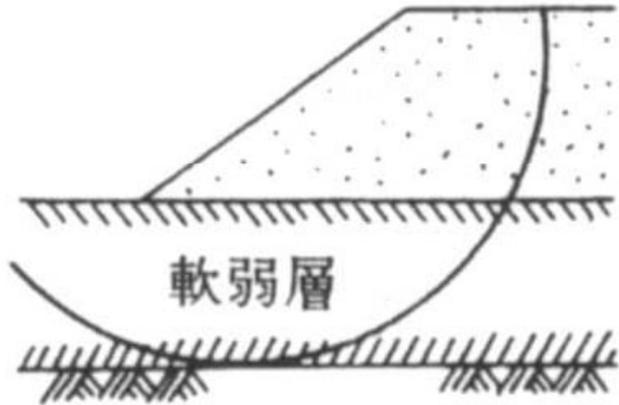
(2005年台風14号による集中豪雨
山陽自動車道)

(指針p.6~14、262~267参照)

第1章 総説

盛土の変状・崩壊を誘因別に分類

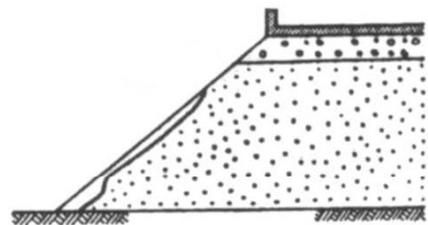
(1) 盛土の自重による変状・崩壊



(指針p.6~14参照)

盛土の変状・崩壊を誘因別に分類

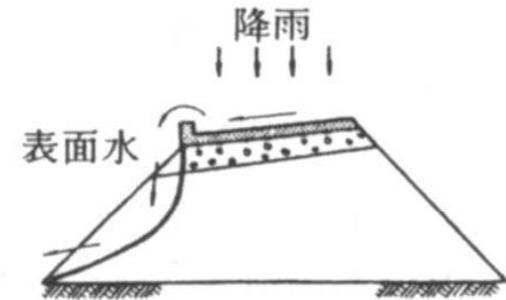
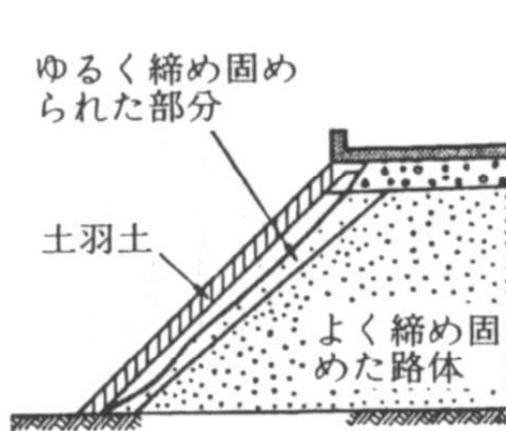
(2) 異常降雨等による変状・崩壊



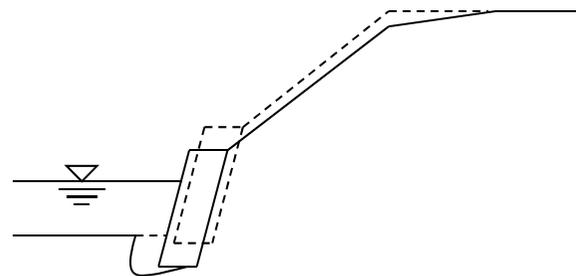
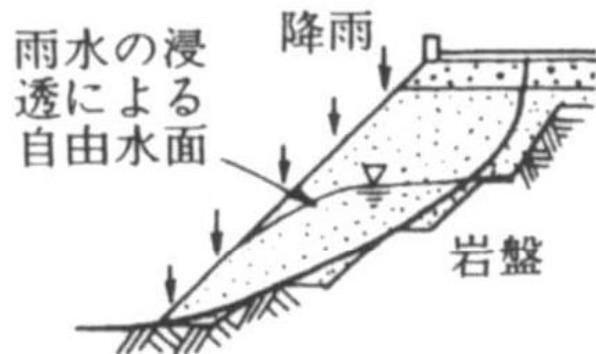
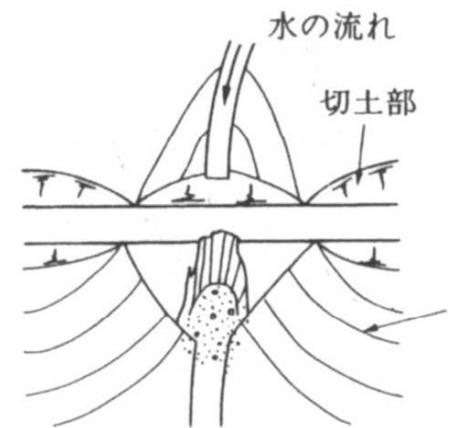
横断図



正面図



横断図



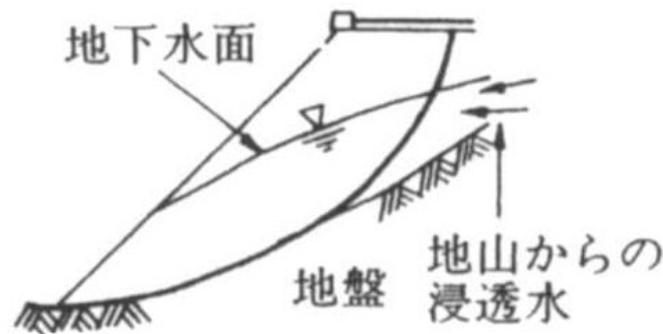
(指針p.6~14参照)

盛土の変状・崩壊を誘因別に分類

(3) 地山からの地下水浸透による変状・崩壊



平面図



横断図

(指針p.6~14参照)

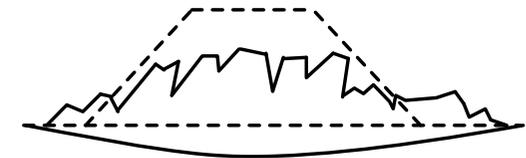
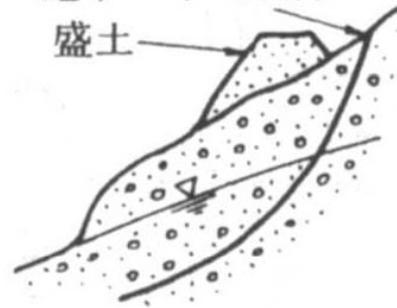
第1章 総説

盛土の変状・崩壊を誘因別に分類

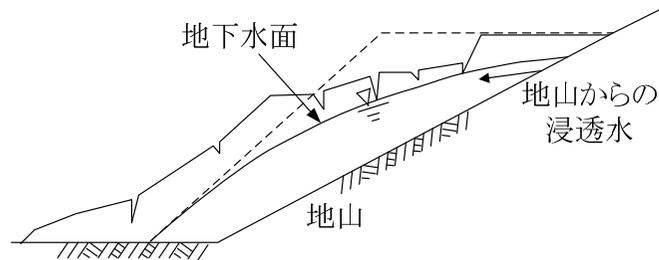
(4) 地震による変状・崩壊



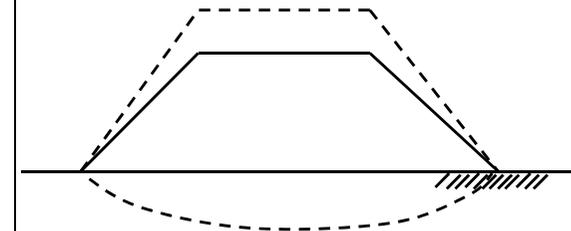
崖錐または
地すべりの頭部
盛土



緩い飽和砂質土層



ゆすり込み沈下



橋台

(指針p.6~14参照)

盛土工の基本方針

2-1 盛土の目的

盛土は、供用開始後の長期間に渡り道路交通の安全かつ円滑な状態を確保するための機能を果たすことを基本的な目的とする。

2-2 盛土工の基本

(1) 盛土工の実施に当たっては、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の容易さ、環境との調和、経済性を考慮しなければならない。

(2) 盛土工の実施に当たっては、**盛土の特性**を踏まえて**計画・調査・設計・施工・維持管理**を適切に実施しなければならない。

(指針p.15～23参照)

盛土工の基本方針

1) 盛土の特性

① 地形・地質の多様性

盛土が構築される箇所の地形・地質等の現地条件は多様であり、一律の技術では対応しにくい。さらに、施工段階において、設計時点で想定していた現地条件とは異なることが判明することも多い。したがって、計画・調査段階でいかにそれらを的確に把握し、設計・施工段階でいかにそれらに合った対応をとるかが、盛土の安全性、経済性、維持管理の難易に大きく影響する。

② 盛土材料・性質の多様性

盛土材料には、切土工事やトンネル工事等からの建設発生土、あるいは土取り場から採取・運搬された土が利用され、一つの現場内でも多様な盛土材料が用いられることが通常である。盛土材料はその素材としての組成・成因だけでなく、締固めの程度や、あるいは気象条件の変化に伴う含水状態によっても、その物理的・化学的性質が大きく変化し得る。

(指針p.15～23参照)

盛土工の基本方針

1) 盛土の特性

③ 盛土の安定性の支配要因

豪雨・地震等に対する盛土の安定性は、基礎地盤の処理、盛土材料の品質、締固めの程度、水の処理に極めて強く依存する。特に、豪雨・地震の盛土の崩壊事例では、排水処理に問題がある場合が多い。既往の盛土被害の発生形態にこれらの要因がどのように関与しているかをよく理解するとともに、調査から維持管理の各段階において特段の注意を払うことが大切である。

④ 経験技術と力学設計

基礎地盤及び盛土材料は複雑多様であり、またその力学特性も含水条件等により著しく変化する。このため、盛土の安定性を調査や試験、力学計算の結果に基づいて定量的に評価し得る度合いは必ずしも高くなく、既往の実績・経験等に照らし合わせて総合的に判断しなければならないことが多い。

(指針p.15～23参照)

盛土工の基本方針

2) 盛土工実施に当たっての留意事項

(i) 計画・調査段階での留意事項

① 地形及び地質の調査

○路線の選定や道路構造(橋梁, 土工, トンネル等)の選定を行う際に必要となる基本的情報を提供するものであり, 極めて大切。

② 土量の配分計画, 建設発生土の有効利用及びリサイクル

○盛土材料として不適當な建設発生土であっても, 土質改良等によりできるだけ現地で有効利用するように努める。

○工事間における建設発生土の利用促進に努める。

③ 自然環境・景観への配慮

○道路による地形の改変を極力少なくする。

○表面侵食の防止を図るとともに, 自然環境や景観への影響に配慮し, のり面緑化工等を検討する必要がある。

○建設発生土の利用に当たっては, 環境安全性についても留意する。

(指針p.15~23参照)

盛土工の基本方針

2) 盛土工実施に当たっての留意事項

(ii) 設計段階での留意事項

① 経験に基づいた標準仕様設計と要求性能に基づいた力学設計

○標準的な仕様に基づいた設計法は、基本的には豪雨、地震の影響も考慮されているものと見ることができる。

○崩壊した場合の社会的な影響が大きく復旧が困難な高盛土や重要な諸施設が近接している場合等は、各種の調査・試験や安定解析法等によって要求性能に基づいた設計とそれに対応した施工管理等を行うべきである。

② 適切な盛土構造の選択

③ 盛土材料、基礎地盤の処理、締固め、排水処理

○適切に地盤の処理と排水処理がなされ、通常の方法を用い、十分に締め固められた盛土は、ある程度の降雨・地震に耐えることが経験的に確認されている。

④ 新技術・新材料

(指針p.15～23参照)

盛土工の基本方針

2) 盛土工実施に当たっての留意事項

(iii) 施工段階での留意事項

① 施工計画

② 施工段階における適切な対応

○必要に応じて当初設計を随時修正して適切に対応する。

③ 施工中の雨水・地下水等の処理

○盛土施工中の豪雨による崩壊を防止するためには、仮排水や仮設の貯水施設を適切に設置し雨水や浸透水を処理する。

④ 施工中の環境対策

⑤ 試験施工

○必要に応じて本施工前に試験施工を行い、設計方針の決定、設計の修正や合理化、施工計画の立案に反映させる。

⑥ 情報化施工

○情報化施工技術の活用により、省力化、工期短縮、品質の向上を図る。

(指針p.15～23参照)

盛土工の基本方針

2) 盛土工実施に当たっての留意事項

(iv) 維持管理段階での留意事項

① 点検・補修

- 維持管理段階で適切に対応することにより設計で想定した性能を確保していく視点が重要である。
- 点検は、道路の状況に応じた適切な頻度で定期的実施するとともに、異常気象時には随時実施するのが望ましい。
- 路面の亀裂、のり面のはらみ出しや沈下、側溝の変形等の変状、あるいは湧水等が発見された場合には、早期の補修、必要に応じて補強を行わなければならない。

② 基礎情報の蓄積・活用

- 調査から施工段階における地質・土質等のデータ、点検結果及び被災履歴、補修・補強履歴等の維持管理上不可欠な情報を長期間に渡って保存し、活用していくことが極めて重要である。

(指針p.15～23参照)

調査の分類

概略調査

予備調査

詳細調査

追加調査

施工段階の調査

維持管理段階の調査

盛土に必要な性能を計画，設計，施工，維持管理の段階まで，良好に確保するためには，基本計画，概略設計，予備設計，詳細設計，施工，維持管理等の道路事業の進捗に合わせ，適切に調査計画を立案・実施し，その結果を効率的な建設・維持管理に反映させることが重要。

調査の分類

(1) 概略調査

道路概略設計に必要な計画地域周辺の地形・地質概要を把握するために、以下に示す事項について実施する。

① 既存資料の収集・整理、② 現地踏査

種類	調査方法	調査内容	主な成果品
既存資料の収集・整理	既存資料の収集・整理 (地形図, 空中写真, 地質図, 周辺の他工事の土質・地質調査報告書, 工事記録, 災害記録等)	調査の対象となる地域の全般的な既存資料を収集・整理し, 路線選定に当たっての問題点を抽出する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空中写真判読図 ・ 概括的な土質・地質平面図 ・ 概括的な土質・地質縦断図 ・ 災害記録 ・ 気象データ ・ 既存資料一覧表
現地踏査	整理した資料の現地確認 (地形, 露頭, 既設盛土工, 地表及び植生, 地下水位・湧水箇所及び水理等)	広く現地を踏査し巨視的な視点から盛土地盤や盛土材料に関する調査重点地域や問題点を抽出する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土質・地質平面図, 土質・地質縦断図 ・ 現地踏査結果とりまとめ図 ・ 災害状況調書 ・ 周辺の盛土・重要構造物の現況調査
総合解析とりまとめ	上記で得られた結果より総合的に地形・地質を評価する。	支障事項やコントロールポイントの把握	<ul style="list-style-type: none"> ・ 統括検討事項 ・ 地すべり, 軟弱地盤, 既往崩壊箇所, 湧水等の位置 ・ 各区間, 各地層別の土木工学的特徴, 道路計画上の留意点 ・ 今後の調査計画提案 <p style="text-align: right;">等</p>

(指針p.24~79参照)

調査の分類

(2) 予備調査

(指針p.24～79参照)

予備調査は、計画路線付近で盛土の崩壊や有害な沈下を生じるおそれのある地域の分布を把握し、道路予備設計に必要な道路構造物区分の決定や線形計画等の立案に資する情報を得るために、主に以下に示す事項について実施する。

- ①既存資料の収集・整理、②現地踏査、
- ③必要に応じてサウンディング、土質試験等の地盤調査

種類	調査方法	調査内容	主な成果品
既存資料の収集・整理	既存資料収集・整理 (地形図, 空中写真, 地質図, 周辺の他工事の土質・地質調査報告書, 工事記録, 災害記録等)	大規模盛土及び傾斜地盤上の盛土等の注意を要する盛土予定地域の概要, 路線に沿う概略の土性, 盛土材料, 地表水, 地下水の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・資料調査の統括検討事項 ・空中写真判読図 ・概括的な土質・地質平面図 ・概括的な土質・地質縦断図 ・災害記録、気象データ ・今後の調査計画
現地踏査	既存資料の収集・整理の結果の現地確認 <ul style="list-style-type: none"> ・露頭の調査 ・地形, 地質の調査 ・既設盛土等の現況調査 ・地表の状態及び植生調査 ・地下水位, 湧水箇所, 水理の状況 	上記盛土予定箇所において, 地盤状況・盛土予定材料, 地表水, 地下水の状況等について可能な限り確認を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・統括的検討事項 ・土質・地質平面図 ・土質・地質縦断図 ・現地踏査結果とりまとめ図 ・災害状況調書 ・周辺の盛土・重要構造物の現況調査
デザイン	<ul style="list-style-type: none"> ・静的コーン貫入試験 ・スウェーデン式サウンディング試験 ・標準貫入試験 等 	軟弱地盤, 高盛土, 傾斜地での盛土等の地形・地質, 土質状況の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・調査位置案内図, 調査位置平面図 ・試験結果 ・土質・地質縦断図
土質試験	<ul style="list-style-type: none"> ・土粒子の密度試験 ・液性・塑性限界試験 ・粒度試験 等 	土質の判別, 分類	<ul style="list-style-type: none"> ・土質調査結果 (地盤工学会記録用紙等により整理)
総合解析 とりまとめ	上記で得られた結果より総合的に地形・地質を評価する。	支障事項やコントロールポイントの把握	<ul style="list-style-type: none"> ・地すべり, 軟弱地盤, 既往崩壊箇所等の位置 ・各区間, 各地層別の土質工学的特徴, 道路計画上の留意点 ・設計・施工上の留意点 等

調査の分類

(3) 詳細調査

(指針p.24~79参照)

詳細調査は、道路建設上問題となる箇所^①の土質・地質条件を明らかにし、盛土の詳細設計に必要な基礎資料を得るために、主に以下に示す事項について実施する。

①盛土の基礎地盤の調査、②盛土材料の調査、③排水の調査、④環境・景観調査

調査項目	主な調査方法	主な調査内容	主な成果品
基礎地盤	<ul style="list-style-type: none"> 地形判読・地形・地質踏査・調査ボーリング（地層構成，サンプリング，地下水調査，土質試験）等 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎地盤の支持力と沈下 軟弱地盤上の盛土と沈下 地下水，湧水，表面水の把握 周辺環境への影響が懸念される箇所^①の調査等 	<ul style="list-style-type: none"> 土木地形地質図 土質・地質縦断図 土質・地質横断図 地下水位、柱状図 土質試験結果・コア・コア写真等
盛土材料	<ul style="list-style-type: none"> 地形判読 地形・地質調査 オーガボーリング 露頭採取 土質試験等 	<ul style="list-style-type: none"> 代表的な盛土材料の把握 不良土の確認，土質改良等の判断 特殊な材料の判断，強度特性の確認 凍結融解に対する安定性等 	<ul style="list-style-type: none"> 土質試験結果（解表3-4-4参照）等
排水	<ul style="list-style-type: none"> 気象調査（降雨・気温） 流域状況（流域面積） 地下水調査等 	<ul style="list-style-type: none"> 流出量の決定 排水施設の規模を決定する基礎資料等 流末排水処理等 	<ul style="list-style-type: none"> 流域図等（調査目的，内容により異なる） 地形・地質的に滞水しやすい箇所
環境・景観	<ul style="list-style-type: none"> 周辺環境，気象の調査 表土，既存樹木の調査 植物材料の市場調査等 	<ul style="list-style-type: none"> 周辺環境との連続性や調和・植物の選定，施工時期，施工方法 表土の物理化学特性や量，既存樹木の種類，健全度，利用価値等 	<ul style="list-style-type: none"> 調査票（道路土工一切土工・斜面安定工指針付録7） 盛土材のpH（酸性土壌または改良材等の場合）
総合解析 とりまとめ	<p>概略，予備調査成果及び上記調査結果の総合的な評価，考察，判定</p>	<p>盛土の設計，施工上の留意点の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> 土量の算定，施工性の評価 盛土のり面の安定性 地下水，湧水処理の検討 盛土材料としての評価，土質改良の是非 	<ul style="list-style-type: none"> 地層の分布，構造 軟弱地盤，液状化層，地すべり，崩壊，土石流，破碎帯の位置・物性 湧水，湿地等の位置・状況 土質定数の提案 基礎形式の検討結果 設計・施工上の留意点

調査の分類

(4) 施工段階の調査

盛土の施工段階の調査は、盛土の品質を確保させるため、以下に示す事項について実施する。

①品質管理または検査のための調査

品質管理または検査のための調査は、**施工中における品質管理及び竣工時の検査のために調査測定を実施**することをいう。

盛土の品質管理においては、一般に盛土材の粒度、現場の密度、CBR値等について事前に取り決めた調査方法・頻度に基づき行われる。

②調査段階までに把握することが困難な土質に対する調査

設計時には用いる**盛土材料や基礎地盤の土質を詳細に把握することが困難な場合が多く**、施工段階になって明らかとなる場合もある。このような場合には、**必要に応じ施工段階で補足的な土質調査を実施して施工計画の変更を行う**など適切に対応する必要がある。

③想定外の事象に対する追加調査

施工途中において、**予期しない湧水が発見された、土壌汚染や地下水汚染に遭遇した**など、**想定外の事象が認められた場合には、必要に応じ補足的な土質調査を実施して施工計画の変更を行う**など、適切に対応する必要がある。

(指針p.24～79参照)

調査の分類

(5) 維持管理段階の調査

盛土の維持管理段階の調査は、維持管理段階において盛土の安全性を確保するため、及び危険が予想されるときあるいは実際に異常な状態となったとき等に対策を検討するため、以下に示す事項について実施する。

(1) 盛土の変状等の定期的な観察・観測

調査対象	主な調査方法	主な調査内容	主な成果品
路面	・目視点検, 定期巡回 等	・路面のクラック, 沈下・段差 ・踏掛版下部の空洞 等	・定期巡回記録等
のり面	・目視点検 等	・構造的なクラック, 開口亀裂の有無 ・のり面下部の洗掘 ・肌落ち 等	・箇所別記録表(盛土) ・安定度調査表(盛土)
基礎地盤	・目視点検 ・動態観測 等	・軟弱地盤の圧密による沈下, 変形 ・基礎地盤の変形, クラック 等	
排水	・目視点検 等	・のり尻部の湿潤の有無 ・流水跡, 湧水の有無 ・排水勾配の不良 ・側溝, 縦排水溝の断面確認 等	

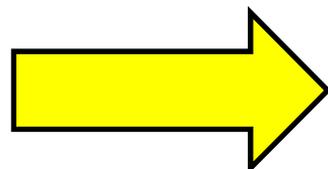
(2) 異常時における現地踏査, 地盤調査等

異常事態が発生した場合は現地踏査を主体とした緊急調査をまず実施し、その結果に基づいて応急復旧対策の立案、恒久復旧対策のための調査方針を立てる。

緊急現地踏査では変状の詳細を把握することを主眼におき、クラックの位置や方向、深さ、はらみ出しの程度等を調査する。変状の経時変化が処置の判断資料として重要となるので、変状の進行状況を測定調査する。また、二次災害の発生によって一般交通に支障をきたすおそれがある場合は、迂回路等も含めて通行規制に備える必要がある。(指針p.24~79参照)

スレーキング性盛土材料の適用と対応策

○スレーキングとは……



乾湿5サイクル



○スレーキングしやすい材料

新第三紀層の泥岩，頁岩，凝灰岩，風化した蛇紋岩，圧砕岩，風化結晶片岩，変質した安山岩（特にかなり温泉余土化したもの）

○スレーキングの問題点

施工中には塊状であるが時間の経過とともに徐々に細粒化し，盛土完成後に長期間に渡る圧縮沈下を引き起こしたり，地震時に被害を受けることがある。

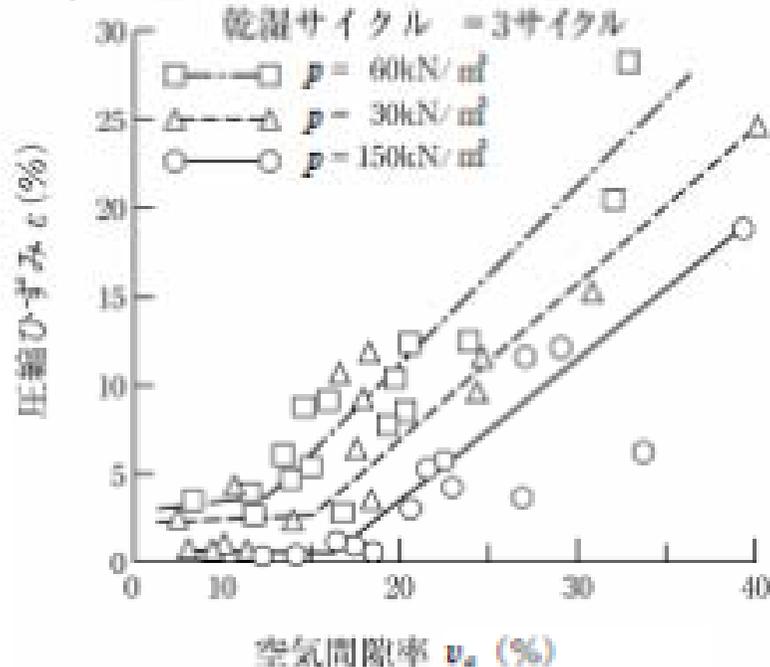
（指針p.65～67、136～137参照）

スレーキング性盛土材料の適用と対応策

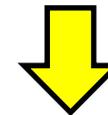
○スレーキングしやすい材料を用いる場合の対応策

- 掘削時において盛土材料が小粒径となるような施工方法、及び薄層で敷き均した後に破碎転圧するなど、空隙を少なくする施工方法を検討する。
- 盛土内への地下水、湧水等の浸透に伴う乾燥・湿潤作用の繰返しにより細粒化が促進されるため、十分な排水施設を設置する。

高速道路の盛土施工では・・・



ある泥岩における空気間隙率と圧縮ひずみとの関係から、空気間隙率が15%以下になると圧縮ひずみは小さく、ほぼ一定。



スレーキングしやすい材料を用いる場合を用いる場合、盛土完了後の圧縮沈下を軽減するために、空気間隙率15%以下を目標としている。(指針p.65~67、136~137参照)

試験施工

試験施工は、設計で想定した盛土の要求性能を確保できるかを事前に把握するため、あるいは設計で想定した盛土の要求性能を確保できる施工条件を定めるために実施するものである。

①本工事に先がけて別途行う試験施工

その目的からかなり本工事に近似している必要があるため、一般に試験施工の規模も大きく、また、期間も長期に渡ることが多い。具体的な例としては軟弱地盤上の盛土工事、路床支持力改良のための各種工法、品質のよくない材料を用いた盛土のり面の安定工法の比較、植生緑化試験等である。

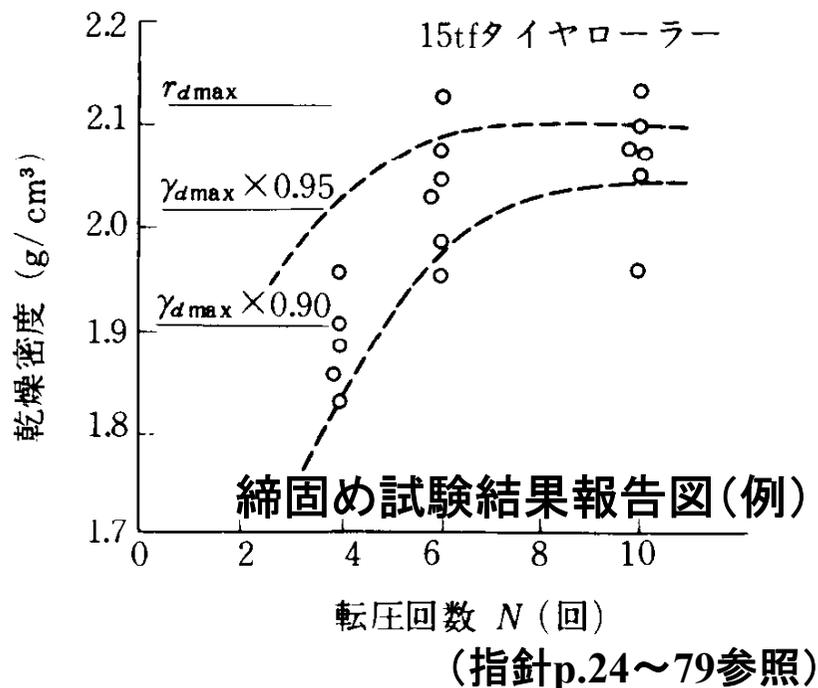
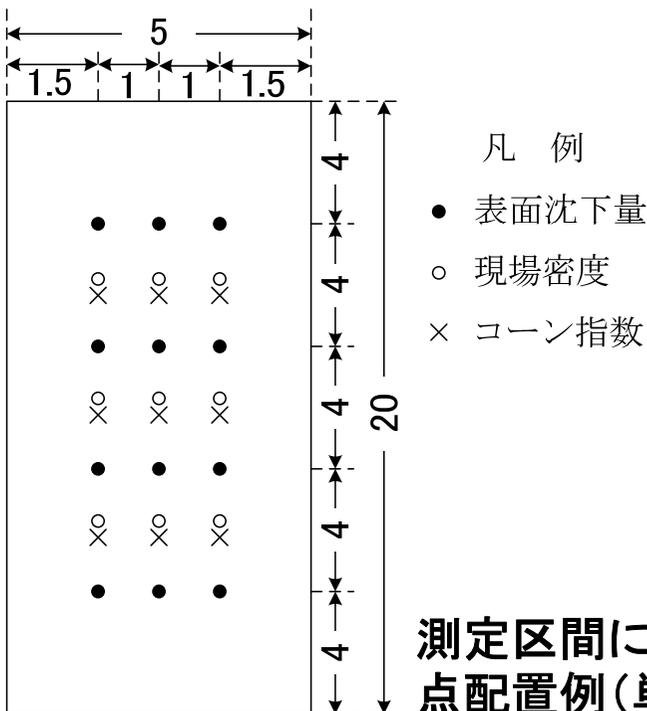
②施工の着手前あるいは施工中に行う試験施工

設計方針及び施工計画の大筋についてはすでに決まっているものの、その細部についての適応性を試みる必要がある場合等に行われるもので、本工事の中で各施工の着工前に材料の比較や良否の判定、建設機械の適性及び施工方法について簡単な試験施工を試みるものである。

(指針p.24～79参照)

試験施工

測定項目	測定時点
現場密度	まき出し後，転圧中に数回（例えば締固め回数2，4，6，8，10回の時），転圧終了後
含水比	まき出し後と転圧終了後（転圧中に測定してもよい）
表面沈下量	転圧終了後には必ず，できれば現場密度と同時点
原位置強度（コーン指数等）	現場密度と同時点
たわみ量	必要のつど
平板載荷試験等	必要のつど



4-1 基本方針

4-1-1 設計の基本

- (1) 盛土の設計に当たっては、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の容易さ、環境との調和、経済性を考慮しなければならない。
- (2) 盛土の設計に当たっては、原則として、**想定する作用に対して要求性能を設定し、それを満足することを照査する。**
- (3) 盛土の設計は、**論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた手法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる手法等**、適切な知見に基づいて行うものとする。

想定する作用

- 常時の作用
- 降雨の作用
- 地震動の作用
- その他

要求性能の水準

- **性能1**: 想定する作用によって盛土としての健全性を損なわない性能
- **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、盛土としての機能の回復がすみやかに行いうる性能
- **性能3**: 想定する作用による損傷が盛土として致命的とならない性能

(指針p.80～92参照)

性能設計の基本

【解説文】(2) 要求性能と照査

盛土の設計に当たっては、原則として、下記に示した留意事項のうち、**使用目的との適合性**、**構造物の安全性**について、**想定する作用に対して安全性**、**供用性**、**修復性の観点から要求性能を設定し**、**盛土がそれらの要求性能を満足することを照査する。**

(広義の)要求性能
(=「留意事項」)

使用目的との適合性、
構造物の安全性、

耐久性、
施工品質の確保、
維持管理の容易さ、
環境との調和、
経済性

(狭義の)要求性能
(=性能規定の対象とするもの)

【要求性能の水準】

性能1: 供用性、修復性、安全性を満足
性能2: 修復性、安全性を満足
性能3: 安全性を満足

【性能規定】(例)

		重要度	
		重要度 1	重要度 2
想定する作用			
	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

(指針p.80~92参照)

4-1 基本方針

4-1-4 性能の照査

- (1) 盛土の設計に当たっては、原則として**要求性能に応じて限界状態を設定し**、想定する作用に対する盛土の状態が限界状態を超えないことを照査する。
- (2) 設計に当たっては、前提とする盛土の要求性能を実現できる施工、品質管理、維持管理の条件を定めなければならない。
- (3) 4-3及び4-4～4-11に従って設計し、5章以降に基づいて施工・維持管理を行えば、上記(1),(2)を行ったとみなしてよい。

盛土の性能の照査

盛土の要求性能 に対する限界状態

要求性能	盛土の限界状態	構成要素	構成要素の限界状態
性能1	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が盛土の機能を確保でき得る限界の状態	基礎地盤	基礎地盤の力学特性に大きな変化が生じず、盛土、路面から要求される変位にとどまる限界の状態
		盛土	盛土の力学特性に大きな変化が生じず、かつ路面から要求される変位にとどまる限界の状態
性能2	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が修復を容易に行い得る限界の状態	基礎地盤	復旧に支障となるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態
		盛土	損傷の修復を容易に行い得る限界の状態
性能3	想定する作用によって生じる盛土の変形・損傷が隣接する施設等への甚大な影響を防止し得る限界の状態	基礎地盤	隣接する施設へ甚大な影響を与えるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態
		盛土	隣接する施設へ甚大な影響を与えるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態

【解説文】 (2) 設計の前提条件

盛土の安定性、耐久性は、設計のみならず施工の良し悪し、維持管理の程度により大きく依存する。このため、設計に当たっては、設計で前提とする施工、施工管理、維持管理の条件を定めなければならない。特に、盛土材料の力学特性は盛土材料、締固めの程度に強く依存するため、設計に当たっては**設計で前提とする強度が発揮されるよう、使用する盛土材料の範囲、締固め管理基準値、施工管理の方法と頻度等を定める必要がある。**(略)

(指針p.80～92参照)

盛土の性能の照査

【解説文】 (3) 経験・実績に基づく照査手法

4-3-1及び4-4~4-10には、**既往の経験・実績に基づく仕様**を示しており、これに基づいた構造の盛土については、**基礎地盤に問題がなく、基礎地盤からの地下水の浸透のおそれがなく、十分な排水処理及び入念な締固めが行われた場合には、過去において被害が限定的であり、ある程度の降雨・地震に耐え得ることが認められている。**このことから、上記の仕様に基づいた盛土は、想定する作用に対して性能の照査を行わなくても、その適用範囲において解表4-1-1に例示した**重要度1の盛土に要求される性能を満足するとみなせるものとする。**

**解表4-1-1
盛土の要求性能の例**

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

一方、上記の仕様の適用範囲を大きく超える盛土については、過去において大規模な被害を受けた事例も認められる。このため、4-3-2~4-3-4には、既往の経験・実績から妥当な結果を与えるとみなせる各作用に対する安定性の照査法を示しており、既往の事例から各作用により変状・被害が想定されるような条件の盛土については、これに従い安定性の照査を行うことにより所定の要求性能を満足するとみなすことができる。

(指針p.80~92参照)

設計・照査の枠組み

設計

配慮事項:

使用目的との適合性、
構造物の安全性、
耐久性、
施工品質の確保、
維持管理の容易さ、
環境との調和、
経済性

4-1-3 要求性能の設定

4-1-1, 4-3-1

基礎地盤条件、地
下水条件、盛土材
料条件、盛土高、
影響度

4-1-5

限界状態の設定

4-1-6

①論理的な妥当性
を有する方法によ
る照査

4-3

②経験・実績から
妥当と見なせる解
析手法による照査

4-3

③既往の実績に基
づく仕様の適用
(標準のり面勾配)

照査の方法

(適宜参照)

4-4~4-10

各構成要素の設計 (構造細目的設計)

施工、品質管理、維持管理
条件の設定

5章、6章

施工、品質管理、維持管理

4-3盛土の安定性の照査

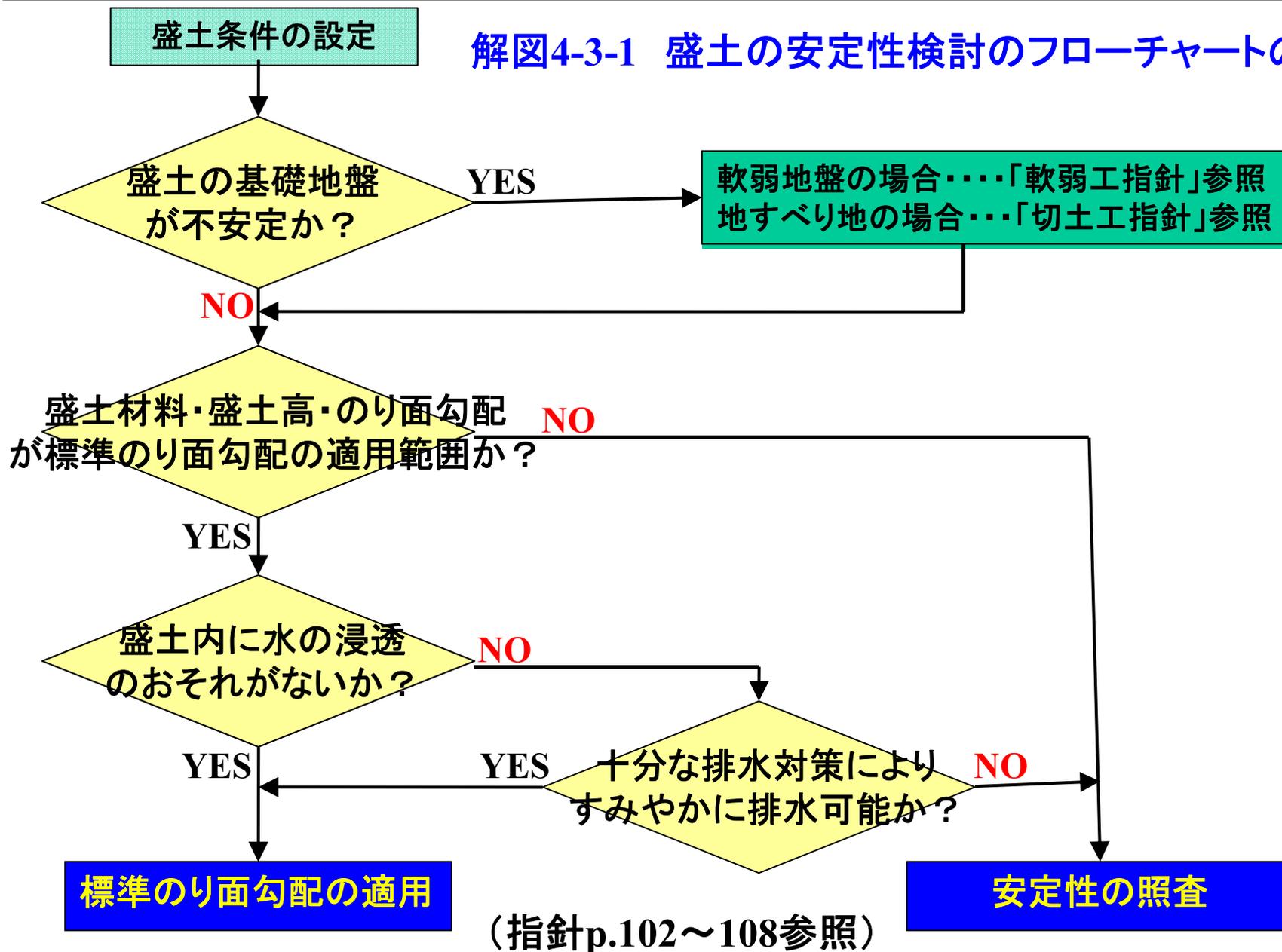
4-3-1 一般

- (1) 盛土の設計に当たっては、想定する作用に対し、盛土及び基礎地盤の安定性を照査することを原則とする。ただし、既往の経験・実績に基づく仕様に基づいて設計を行えばこれを省略してよい。
- (2) 常時の作用、降雨の作用及び地震動の作用に対する盛土の安定性の照査は、それぞれ4-3-2、4-3-3及び4-3-4に従ってよい。
- (3) 上記(1)、(2)は5章以降に示した施工、品質管理、維持管理が行われることが前提である。

【解説文】 (1) 盛土の安定性の照査の基本的な考え方
・・・(略)既往の経験・実績や近隣あるいは類似土質条件の盛土の施工実績・災害事例等から要求性能を満足するとみなせる仕様については、その適用範囲においてはこれを活用し、実績を大きく超える場合や、既往の事例から想定する各作用により変状・被害が想定されるような条件の場合において工学的計算を適用するよう配慮するのが現実的である。・・・(略) (指針p.102～108参照)

盛土の性能の照査

解図4-3-1 盛土の安定性検討のフローチャートの例



盛土の性能の照査

◎解図4-3-1へのコメント

①盛土の基礎地盤が軟弱地盤や地すべり地のように不安定か？

- 定性的判断と定量的判断
- 定性的には：地形・地質的判断
- 定量的には：「軟弱地盤」ではたとえば粘性土・有機質土層のN値が4～6以下、あるいは砂質土層のN値が10～15程度以下（「軟弱地盤対策工指針」参照）。
- 「地すべり地」では「室内試験・原位置試験を必要に応じて実施」する（「切土工・斜面安定工指針」参照）

②盛土材料、盛土高、のり面勾配が標準のり面勾配の適用範囲か？

綿密な排水処理と盛土の締固めがなされることを前提に、……盛土高さの範囲を拡大して適用することも可能。

解表4-3-2 盛土材料及び盛土高に対する標準のり面勾配の目安

盛土材料	盛土高 (m)	勾配	摘要
粒度の良い砂(S),礫及び細粒分混じり礫(G)	5m以下	1:1.5~1:1.8	基礎地盤の支持力が十分にあり、浸水の影響がなく、5章に示す締固め基準値を満足する盛土に適用する。 ()の統一分類は代表的なものを参考に示したものである。 標準のり面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。
	5~15m	1:1.8~1:2.0	
粒度の悪い砂(SG) 岩塊(ずりを含む)	10m以下	1:1.8~1:2.0	
	10~20m	1:1.8~1:2.0	
砂質土(SF),硬い粘質土,硬い粘土(洪積層の硬い粘質土,粘土,関東ローム等)	5m以下	1:1.5~1:1.8	
	5~10m	1:1.8~1:2.0	
火山灰質粘性土(V)	5m以下	1:1.8~1:2.0	

◎解図4-3-1へのコメント

③ 盛土内に水の浸透のおそれがないか？

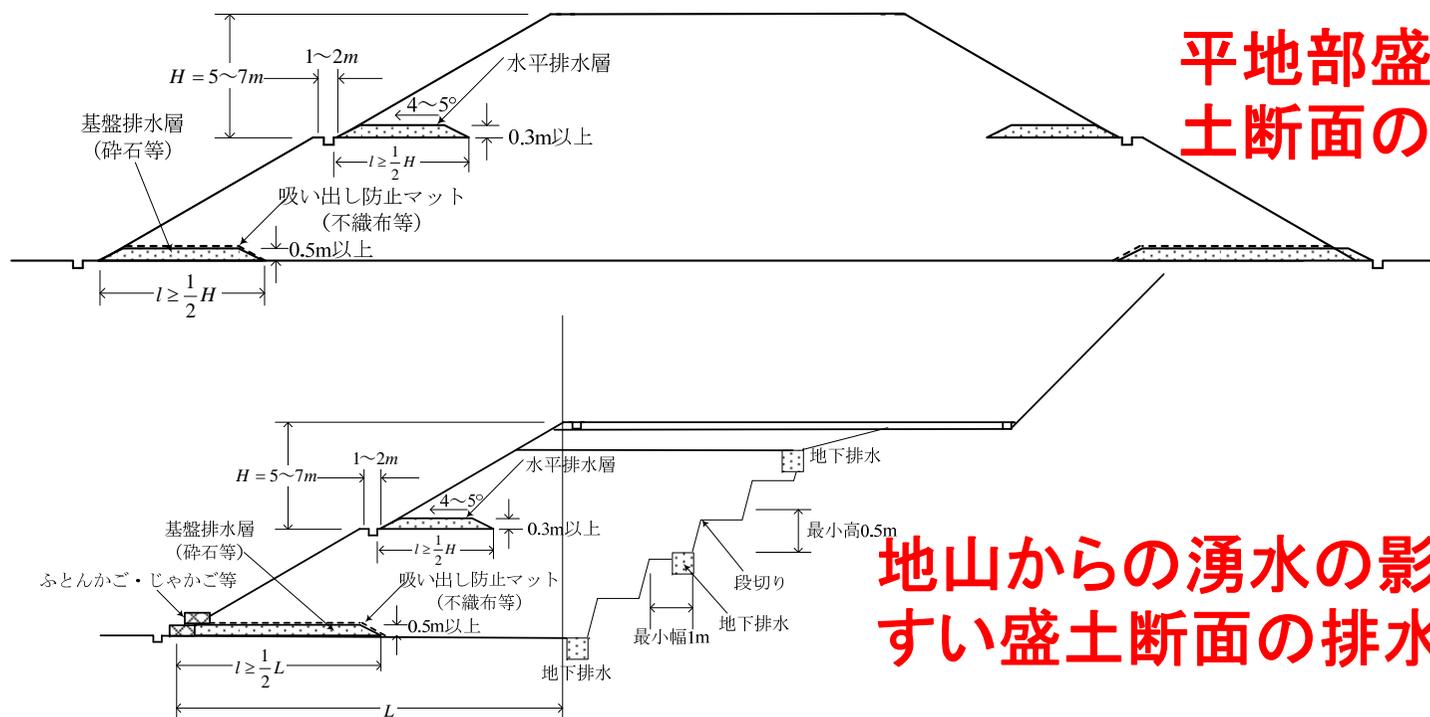
- **水際の盛土、傾斜地部の盛土**は要注意。**平地部の盛土**は問題が少ない。
- **盛土材が岩砕のように十分に透水性が高いと認められる場合は**問題が少ない。
- **傾斜地部(沢部を含む)**では地山からの湧水が問題であるが、これを調査の段階で適切に見出すことは容易でない。施工の段階で表土を掘削した後に判明することもあるが、豪雨時の湧水量を定量的に把握することは困難。したがって、調査・設計段階では、地形的に湧水の影響を受けやすい(湧水を集めやすい:典型的には沢地形)箇所、踏査等により湧水が確認された場合には、標準的な地下排水施設を計画しておく、あるいは、施工段階で臨機応変に設計変更ができるように配慮しておくのが一つの対応。

◎解図4-3-1へのコメント

④十分な排水対策により速やかに排水可能か？

→排水対策については、後述するが...

「4-9 排水施設」に従い、十分な対策を施す。



平地部盛土における盛土断面の排水対策例

地山からの湧水の影響を受けやすい盛土断面の排水対策例

岩砕盛土等の盛土材の透水性が高い場合や平地部の両盛土で基礎地盤の地下水位が深い場合には排水対策を省略してもよい。

常時の作用に対する 盛土の安定性の照査

4-3-2 常時の作用に対する盛土の安定性の照査

- (1) 既往の経験・実績に基づく仕様の適用範囲を超える盛土については、常時の作用に対する盛土の安定性の照査を行うことを原則とする。
- (2) 常時の作用に対する安定性の照査においては、施工中、供用中における常時の作用に対し、盛土及び基礎地盤がすべりに対して安定であるとともに、変位が許容変位以下であることを照査するものとする。このとき、許容変位は、上部道路及び隣接する施設から決まる変位を考慮して定めるものとする。ただし、盛土材料及び基礎地盤に問題がない場合は、変位の照査を省略してよい。
- (3) 常時の作用に対するすべりに対する安定の照査は、円弧すべり法によって安定を照査することにより行ってよい。

(指針p.108～115参照)

常時の作用に対する 盛土の安定性の照査

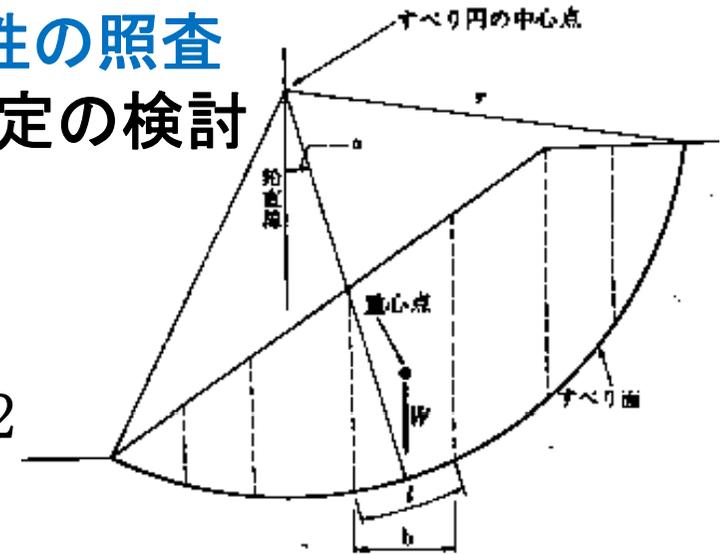
(指針p.108～115参照)

4-3-2 常時の作用に対する盛土の安定性の照査

1) 常時の作用に対するすべりに対する安定の検討

○円弧すべり法

$$F_s = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha)} \quad \text{許容安全率: 1.2}$$



2) 常時の作用に対する変形の検討

盛土自体の沈下については、圧縮性の低い材料を用い、適切な締固め管理基準値を満足すれば道路の供用中に生じる圧縮量は盛土高の約1%以内であり、比較的早期に沈下が終わるため、盛土自体の変形、沈下の照査を省略してよい。

盛土材料に問題がある場合や軟弱地盤上の盛土で沈下や変形の影響が懸念される場合には、盛土及び基礎地盤の変形(残留沈下量)について照査する。

○照査の方法

盛土材の圧縮性に問題がある材料を用いる場合には、盛土材の圧密試験等を行い盛土自体の圧縮沈下について検討するとともに、試験施工等により変形・沈下の検証が必要である。また、施工に当たっては動態観測を行うことが望ましい。

4-3-4 地震動の作用に対する盛土の安定の照査

- (1) 重要度1の盛土のうち、盛土の特性や周辺地盤の特性から大きな被害が想定される盛土については地震動の作用に対する盛土の安定性の照査を行うことを原則とする。地震動の作用に対する盛土の安定性の照査に当たっては、十分な排水処理と入念な締固めを前提に、レベル1地震動に対する照査を行えば、レベル2地震動に対する照査を省略してよい。ただし、極めて重大な二次的被害のおそれのある盛土についてはレベル2地震動に対する照査を行うことが望ましい。
- (2) 地震動の作用に対する盛土の安定の照査においては、地震動レベルに応じて盛土及び基礎地盤がすべりに対して安定であること、変位が許容変位以下であることを照査するものとする。このとき、許容変位は、上部道路への影響、損傷した場合の修復性及び周辺施設への影響を考慮して定めるものとする。
- (3) レベル1地震動の作用に対する性能1の照査及びレベル2地震動の作用に対する性能2の照査は、地震の影響を考慮した円弧すべり法によって盛土及び基礎地盤の安定を照査することにより行ってよい。

(指針p.119～127参照)

盛土の耐震設計

【解説文】 (1) 地震動の作用に対する盛土の安定性の照査の基本的考え方

…(略)重要度1の盛土のうち、盛土の特性や周辺地盤の特性から大きな被害が想定される盛土については、地震動の作用に対する盛土の安定性の照査を行うことを原則とする。大きな被害が想定される盛土としては、軟弱地盤や傾斜地盤上の高盛土、谷間を埋める高盛土、片切り片盛り部の高盛土、切り盛り境部の高盛土、著しい高盛土、過去に被災履歴のある盛土等が挙げられる。…(略)

地震動の作用に対する盛土の安定性の照査に当たっては、上述した基礎地盤の処理、排水処理、締固め等の入念な施工が行われることを前提とする。特に、片切り片盛り部や傾斜地盤上の盛土、谷間を埋める盛土で大規模な崩壊を生じた事例の調査結果によると、盛土内の水の存在が被害の程度に大きく影響していることがわかっている。…(略)

地震動の作用に対する盛土の安定性の照査に当たっては、十分な排水処理と入念な締固めを前提にレベル1地震動に対する照査を行えば、レベル2地震動に対する照査を省略してよい。これは、盛土は既往の経験・実績から一般に修復性に優れていること、基礎地盤の処理、排水処理、十分な締固め等の入念な施工が行われていれば、被害は限定的であることを考慮したものである。…(略)

…(略)ただし、地震動の作用に対する盛土の安定性の照査手法には、土質・地質調査、試験も含めて多くの仮定や不確定要素を含んでおり、想定する作用に対する盛土の挙動を的確に予測するのは容易ではない。したがって、数値解析等の結果のみで判断するのではなく、数値解析等はいくまでも検討の一手段として取り扱い、周辺の道路等における類似盛土の形状(土質、盛土高等)、施工実績や災害事例等の調査も含めた総合的な検討を行う必要がある。…(略)

(指針p.119～127参照)

盛土の耐震設計

【解説文】 (2),(3) 地震動の作用に対する照査の方法

1) 照査指標と許容値 ……地震時残留沈下量

2) 照査の考え方

①性能1の照査 ……地震時残留沈下量、円弧すべり安全率

②性能2の照査 ……地震時残留沈下量、円弧すべり安全率

3) 照査手法 ……適切な照査手法を選定する必要がある

①安定解析手法 ……震度法+円弧すべり面法を紹介

②地震時残留変形解析法 ……代表例としてニューマーク法を紹介

■レベル1地震動の作用に対する性能1の照査及びレベル2地震動の作用に対する性能2の照査

○円弧すべり法(震度法を適用)

$$F_s = \frac{\Sigma\{c \cdot l + [(W - u \cdot b) \cdot \cos \alpha - k_h \cdot W \cdot \sin \alpha] \tan \phi\}}{\Sigma\left(W \cdot \sin \alpha + \frac{h}{r} \cdot k_h \cdot W\right)}$$

許容安全率: 1.0

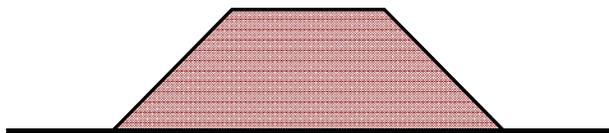
	地盤種別		
	I種	II種	III種
レベル1地震動	0.08	0.10	0.12
レベル2地震動	0.16	0.20	0.24

(指針p.119~127参照)

盛土の耐震設計

「震度法」とは？

1. 下図のような盛土があったとする。



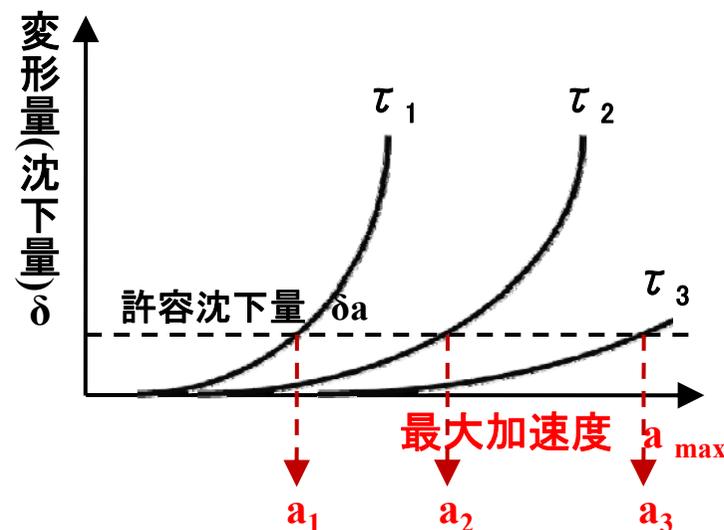
2. 締固め度、すなわちせん断強さの異なる3つのケースを想定する。

$$(\tau_1 < \tau_2 < \tau_3)$$

3. これに下図のような地震動が作用することを想定する。



4. 地震動による盛土の被災度(変形量)は以下のようなになる。



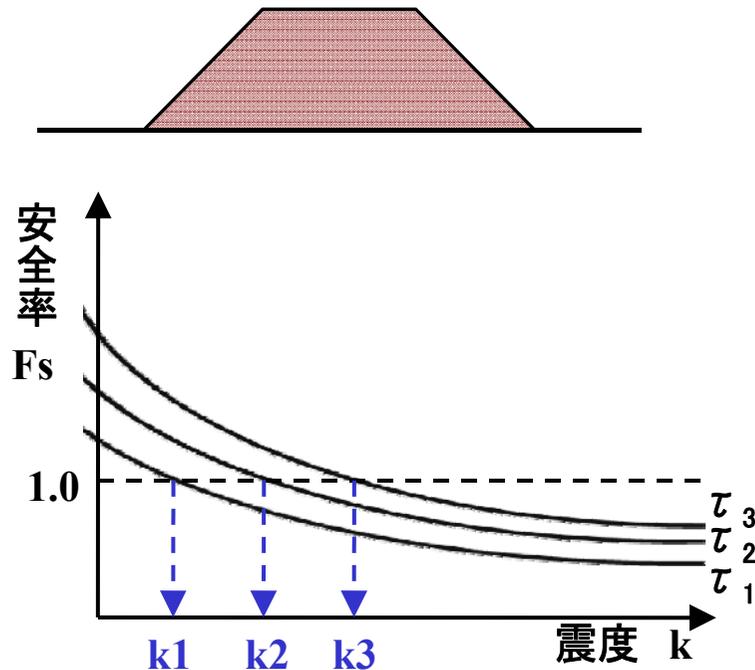
◎盛土のせん断強さ(τ)が大きいほど、地震動による沈下量(δ)は小さくなる。

◎盛土のせん断強さ(τ)が大きいほど、所定の許容沈下量(δa)を生じさせる限界加速度(a)は大きくなる。

盛土の耐震設計

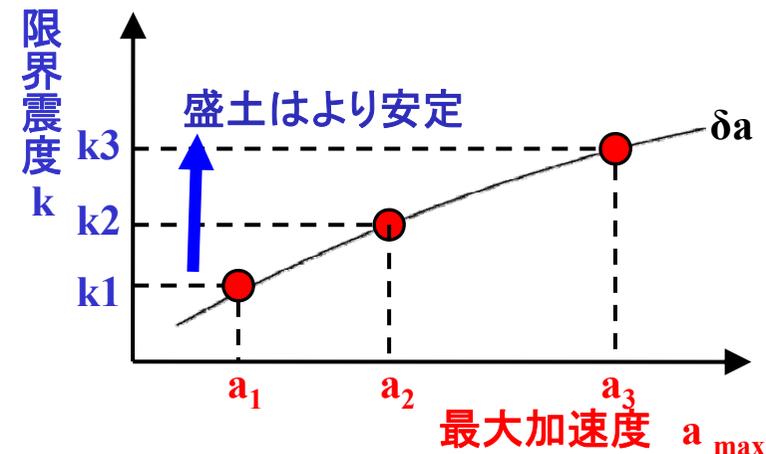
「震度法」とは？

5. 先に示した下図の盛土を震度法すべり面計算法により安全率を計算すると下図のようになる。



- ◎盛土のせん断強さ(τ)が大きいかほど、 $F_s=1.0$ となる限界震度(k)は大きくなる。

6. この盛土に許容沈下量(δa)を生じさせる限界加速度(a)と、すべり安全率 $F_s=1.0$ となる限界震度(k)との関係を求めると下図が得られる



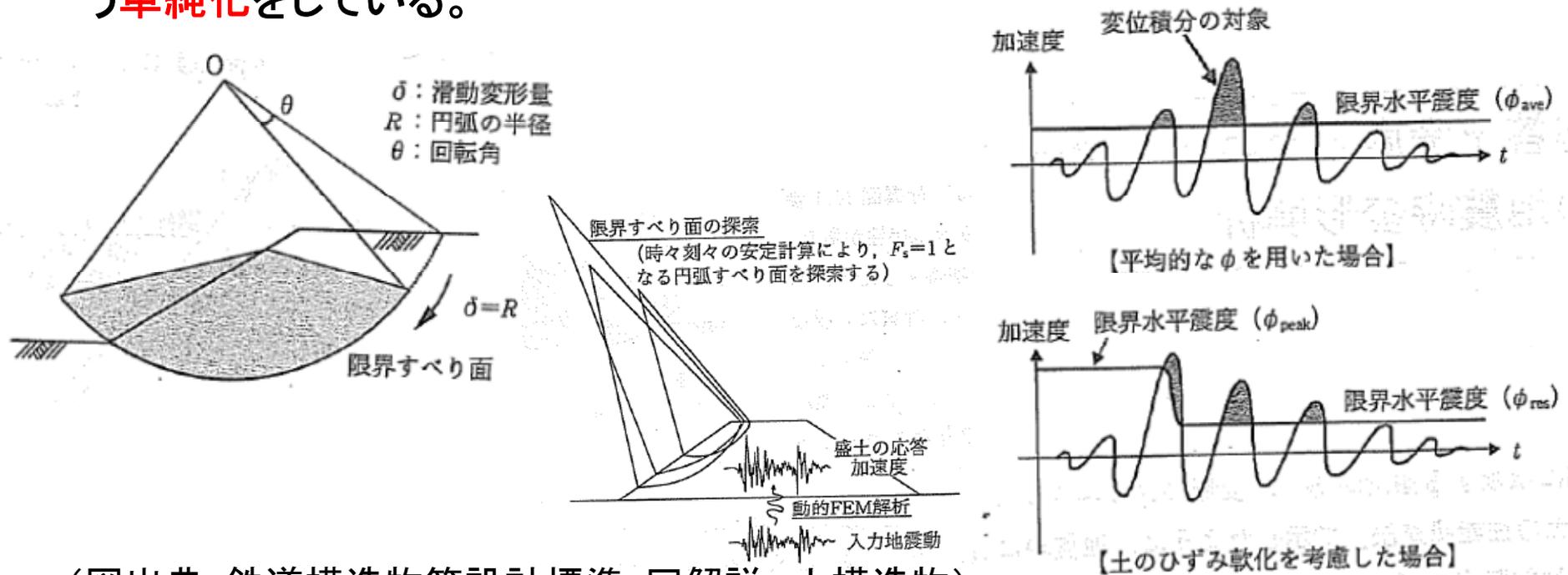
- ◎限界震度(k)と限界加速度(a)の関係は、安全率計算式やせん断強さのとり方に依存する経験的なものである。このため、「逆算震度」とも呼ばれる。

(指針p.304~307参照)

盛土の耐震設計

「ニューマーク法」について

- 正確には「ニューマークのすべりブロック法」(Newmark's sliding block model)
- すべり面法を動的問題に拡張したもの。すべりブロックは**剛体すべり**をするという**単純化**をしている。



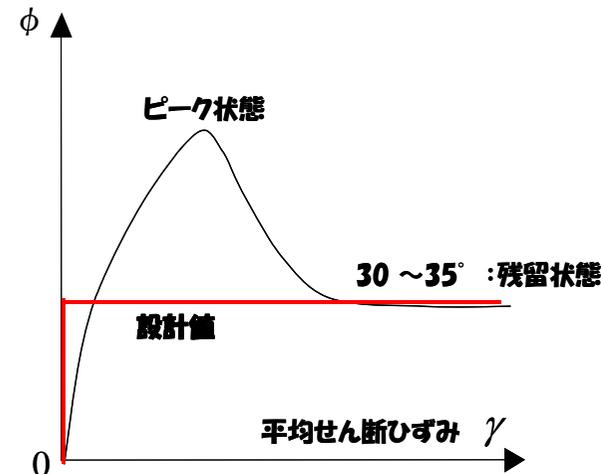
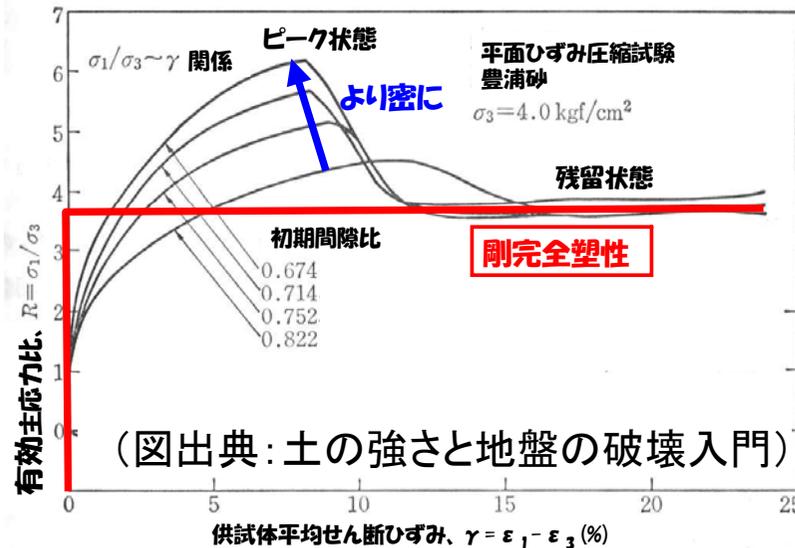
(図出典: 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物)

- 土のせん断強さが繰返し载荷などにより大きく変化しない場合に、近似的に適用できる。したがって、飽和土で繰返し载荷により顕著な剛性低下・強度低下するような場合(典型的には液状化)には適用できない。 (指針p.119~127参照)

盛土の耐震設計

「ニューマーク法」について

- 土を三軸圧縮せん断した場合に、ピーク応力が発生する場合と発生しない場合がある。これを剛完全塑性モデル化する場合に、どの応力レベルをとるかは悩ましい。
- 特にピーク応力が生じるとき、降伏応力をピーク応力にとれば強度の過大評価、残留応力にとれば過小評価となる。
- この場合、剛完全塑性モデルでなく、すべり変位に応じてピーク応力から残留応力に連続的に変化させるモデルが龍岡・古関により提案されている。
- ただし、土の強度定数の設定により結果は大きく変動し得ることに留意する必要あり。 締固め程度、飽和・不飽和、破壊包絡線の描き方によるcの変動などに注意。



(指針p.119~127参照)

排水対策

4-3-3 降雨の作用に対する盛土の安定性の照査

- (1) 地下水位の高い箇所^①の盛土、長大のり面を有する高盛土、傾斜地盤上の盛土、谷間を埋める盛土、片切り片盛り、切り盛り境部の盛土等の降雨や浸透水の作用を受けやすい盛土については降雨の作用に対する盛土の安定性の照査を行うことを原則とする。ただし、「4-9 排水施設」に従い、表面排水工、のり面排水工、地下排水工等の十分な排水施設を設置する場合には、降雨の作用に対する盛土の安定性の照査を省略してよい。
- (2) 降雨の作用に対する盛土の安定性の照査においては、降雨の作用、浸透水等の作用に対して盛土及び基礎地盤がすべりに対して安定であることを照査することを原則とする。
- (3) 降雨の作用に対する安定性の照査は、降雨の作用による浸透流を考慮して円弧すべり法によってすべりに対する安定を照査することにより行ってよい。

(指針p.115～119参照)

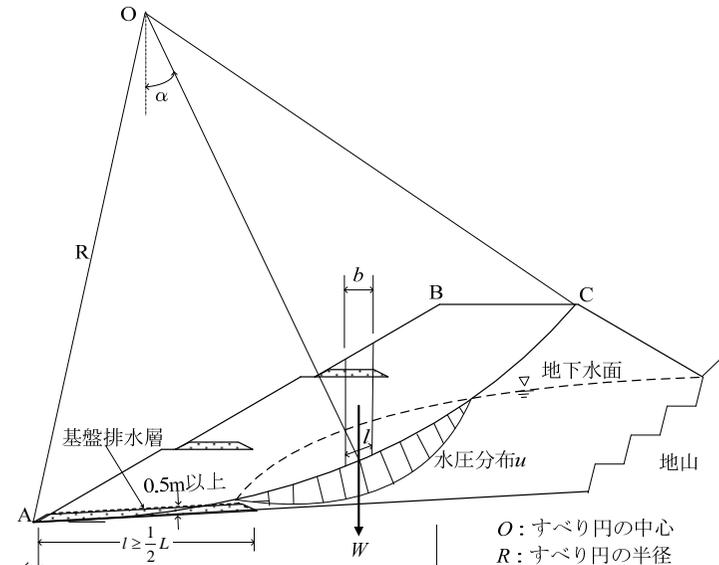
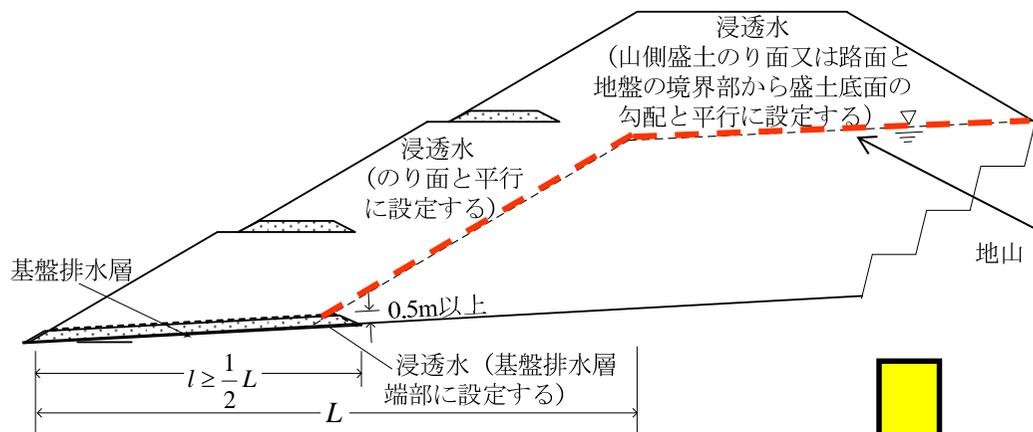
排水対策

○円弧すべり法

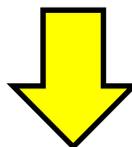
$$F_s = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \cdot \sin \alpha)}$$

許容安全率: 1.2

○盛土内水位の設定法

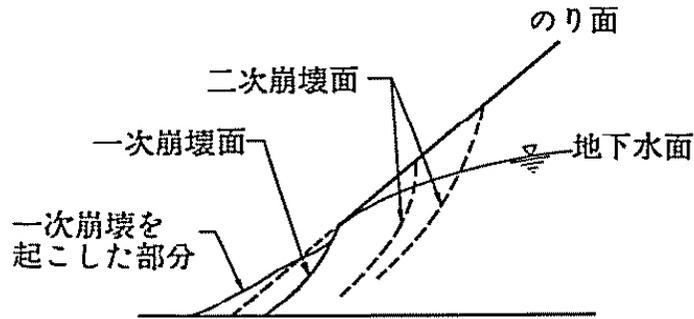


地下水と降雨等の浸透流を考慮

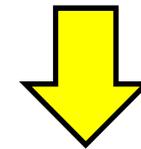


安定を確保するのに必要な地下水位の低下量や、基盤排水層の長さ等を検討 (指針p.115~119参照)

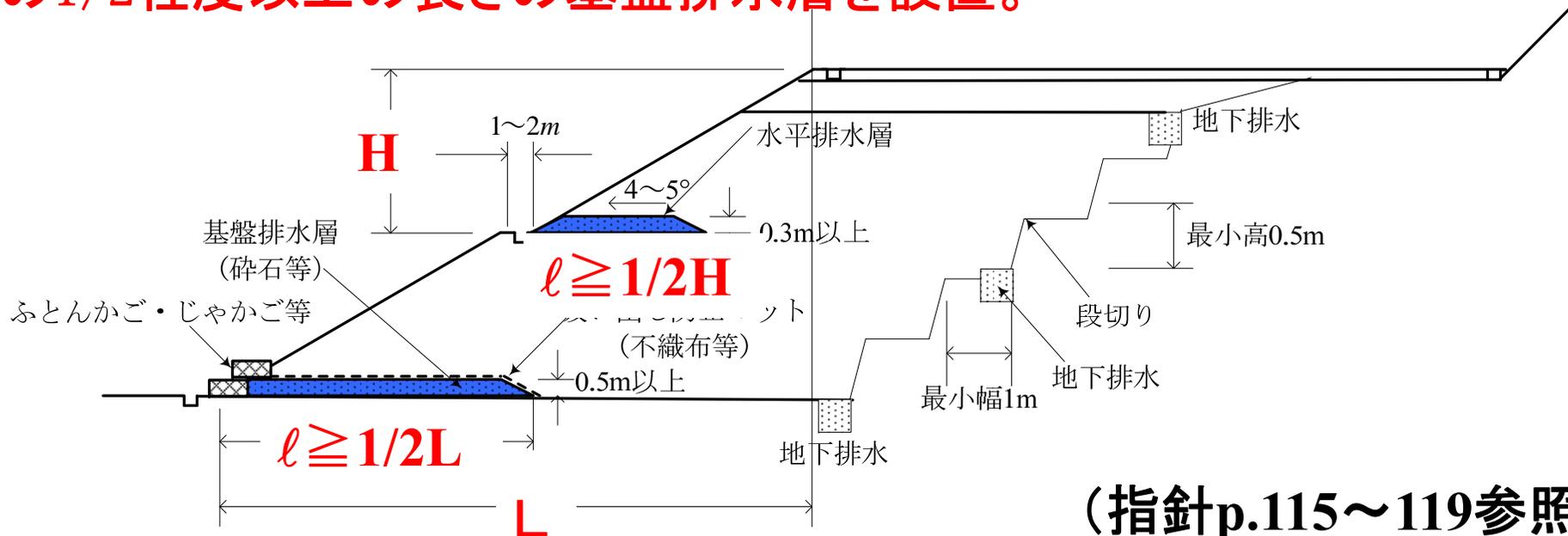
排水対策



粘着力の小さい材料では全般破壊よりもむしろ、のり尻付近ではまず一次的な崩壊を生じ、これが原因となって二次的なすべりを誘発。

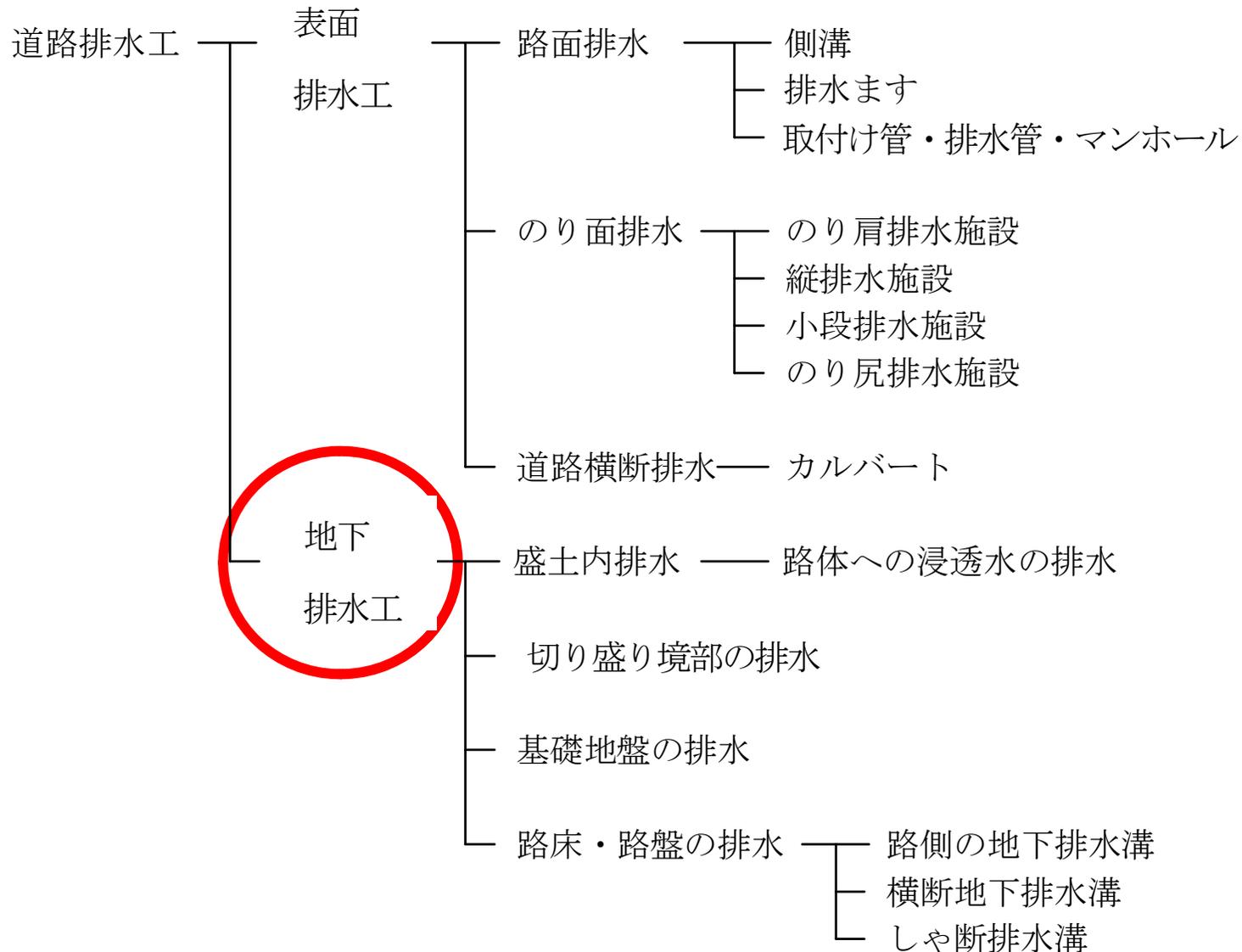


降雨の作用に対する盛土の安定性の照査を行った場合にも、その結果にかかわらず、盛土のり尻にはのり尻からのり肩までの水平距離の1/2程度以上の長さの基盤排水層を設置。



(指針p.115~119参照)

排水対策



道路排水工の種類

(指針p.149～178参照)

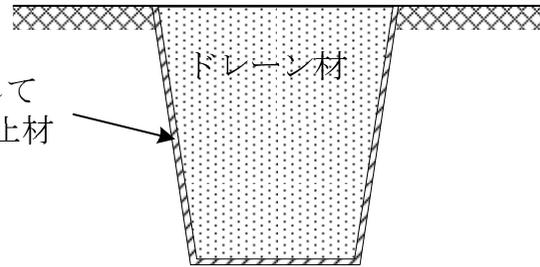
排水対策

4-9-5 地下排水工

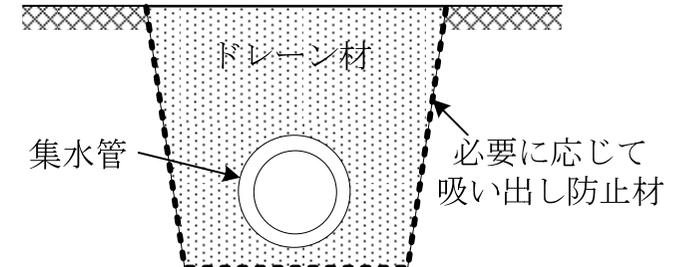
1) 地下排水溝

…盛土内に浸透してくる地下水や地表面近くの浸透水を集めて排水。

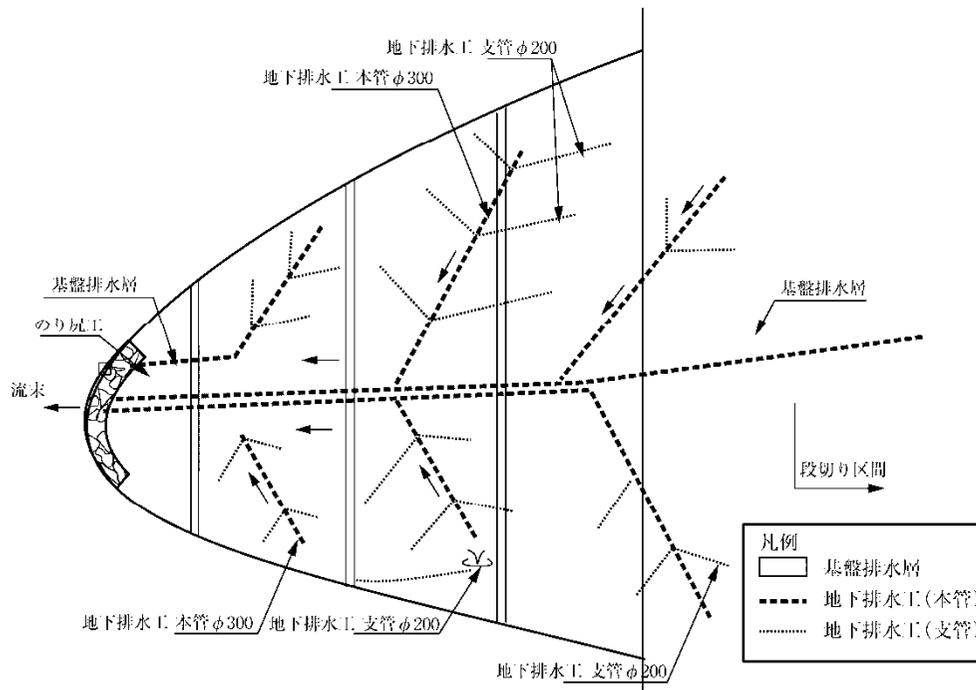
必要に応じて
吸い出し防止材



集水管のないもの



集水管を入れたもの
(湧水量の多い箇所)



沢埋め盛土における地下排水溝及び基礎排水層の設置例

【注意点】

山岳部の沢部を埋めた盛土では、地表面の湧水の有無や、地中の浸透水の動きを事前の調査のみによって正確につかむことは難しいため、流水や湧水の有無にかかわらず旧沢地形に沿って地下排水溝を設置する。

(指針p.149～178参照)

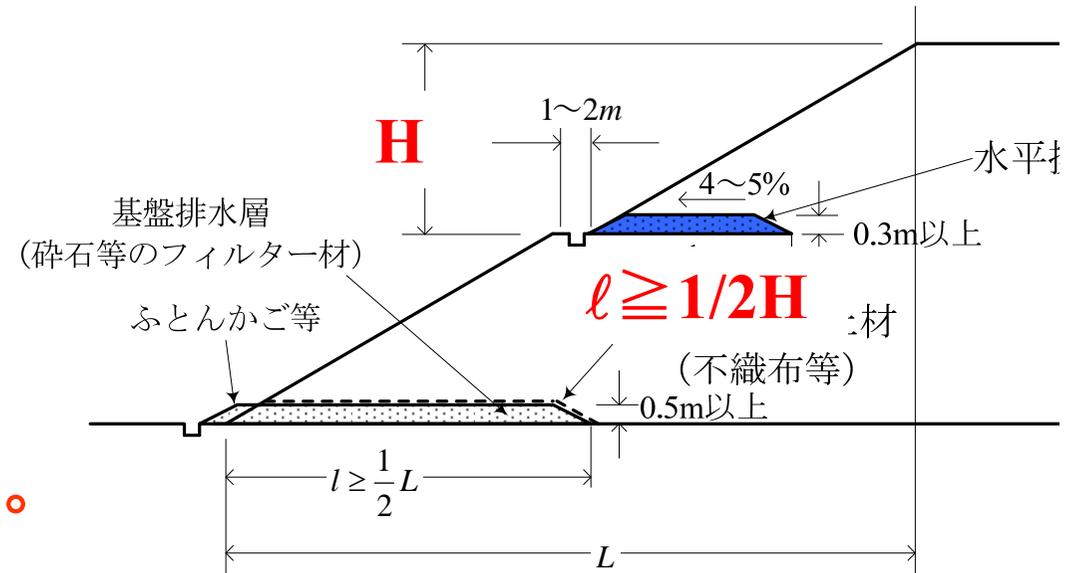
4-9-5 地下排水工

2) 水平排水層

・・・盛土内の浸透水を排除する。特に、長大のり面を有する高盛土，片切り片盛り，切り盛り境部，沢を埋めた盛土や傾斜地盤上の盛土では水平排水層を設置する必要がある。

【注意点】

水平排水層は小段毎に設置することを標準とする。なお、水平排水層の機能を十分に発揮できるように、適切な排水勾配及び層厚を確保しなければならない。碎石または砂を用いる場合は、①透水係数が $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 程度以上、かつ盛土材の透水係数の100倍程度以上の良質な材料、②排水勾配が4～5%程度、③層厚30cm以上、④長さは小段高さの1/2以上あれば、排水機能は満足できるもの（指針p.149～178参照）

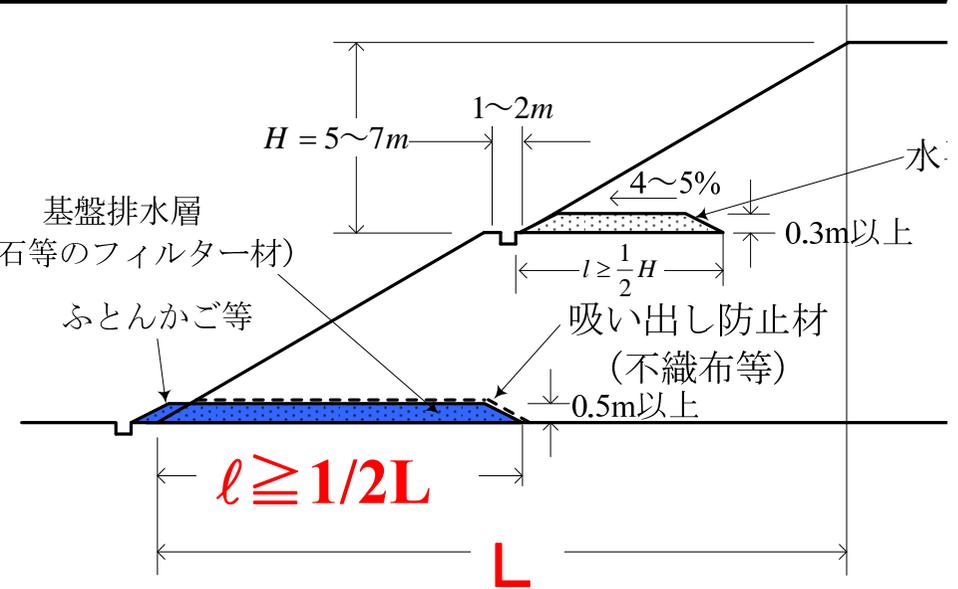


排水対策

4-9-5 地下排水工

3) 基盤排水層

…地山から盛土への水の浸透を防止する。特に、地下水位の高い箇所に盛土を構築するような場合、長大のり面を有する高盛土、片切り片盛り、切り盛り境部、沢を埋めた盛土や傾斜地盤上の盛土等の雨水や浸透水の影響が大きいと想定される盛土では設置する必要がある。



【注意点】

基盤排水層には、碎石または砂等の透水性が高く、せん断強さの大きい土質材料を用いるものとし、透水係数、吸い出し防止材は水平排水層に準じる。排水層の厚さは浸透流量の大小によって異なるが、一般には50cm程度以上である。また長さについては、雨水や浸透水の影響が大きいと想定される盛土で降雨の作用に対する安定性の照査を省略した場合には、のり尻からのり肩までの水平距離の1/2以上を標準とするが、特に湧水が多い箇所や高盛土では原地盤の段切りを施工しない範囲全面に設置するのが望ましい。特に浸透水の多いときには排水層の中に集水管を埋設すると効果的である。

(指針p.149~178参照)

排水対策

4-9-5 地下排水工

4) のり尻工(ふとんかご・じゃかご工)

……傾斜地盤上の高盛土や、湧水の多いのり面では地下排水溝等と併用し、のり尻部にのり尻工を設置する。これは排水と同時にのり尻崩壊の防止にも役立つ。



(指針p.149～178参照)

みなし仕様・みなし規定により 設計された盛土の(みなし)性能

安定性の照査等 想定する作用		標準のり面 勾配を適用 した盛土 ¹⁾ 「4-3-1」	安定性の照査を実施した盛土				
			常時の作用に対する 安定性の照査を実施 した盛土 「4-3-2」		降雨の作用に対する 安定性の照査を実施 した盛土 「4-3-3」		地震動の作用に対 する安定性の照査 (レベル1、レベル 2)を実施した盛土 「4-3-4」
常時の作用		性能1	性能1		←		←
降雨の作用		性能1	性能1 ²⁾		性能1		←
地震動 の作用	レベル1	性能1	性能1 ³⁾	性能2 ⁴⁾	性能1 ⁵⁾	性能2 ⁶⁾	性能1
	レベル2	性能2	性能2 ³⁾	性能3 ⁴⁾	性能2 ⁵⁾	性能3 ⁶⁾	性能2

1) : 基礎地盤に問題がなく、十分な排水処理等を前提として、盛土材料毎の盛土高、のり面勾配を規定

2) : 十分な排水対策を前提

3) : 基礎地盤に問題がなく十分な排水対策を前提 (ただし、沢部等の高盛土や著しい高盛土等を除く)

4) : 十分な排水対策を前提とし、基礎地盤が軟弱な高盛土、沢部等の高盛土や著しい高盛土等

5) : 基礎地盤に問題がない場合 (ただし、沢部等の高盛土や著しい高盛土等を除く)

6) : 基礎地盤が軟弱な高盛土、沢部等の高盛土や著しい高盛土等

4-6 盛土材料

- (1) 盛土材料には、施工が容易で、盛土の安定性を保ち、かつ有害な変形が生じないような材料を用いなければならない。
- (2) 盛土材料としては可能な限り現地発生土を有効利用することを原則とし、盛土材料として良好でない材料等についても適切な処置を施し有効利用することが望ましい。

第4章 設計

建設発生土の利用促進

【解説】(2) 現地発生土の有効利用

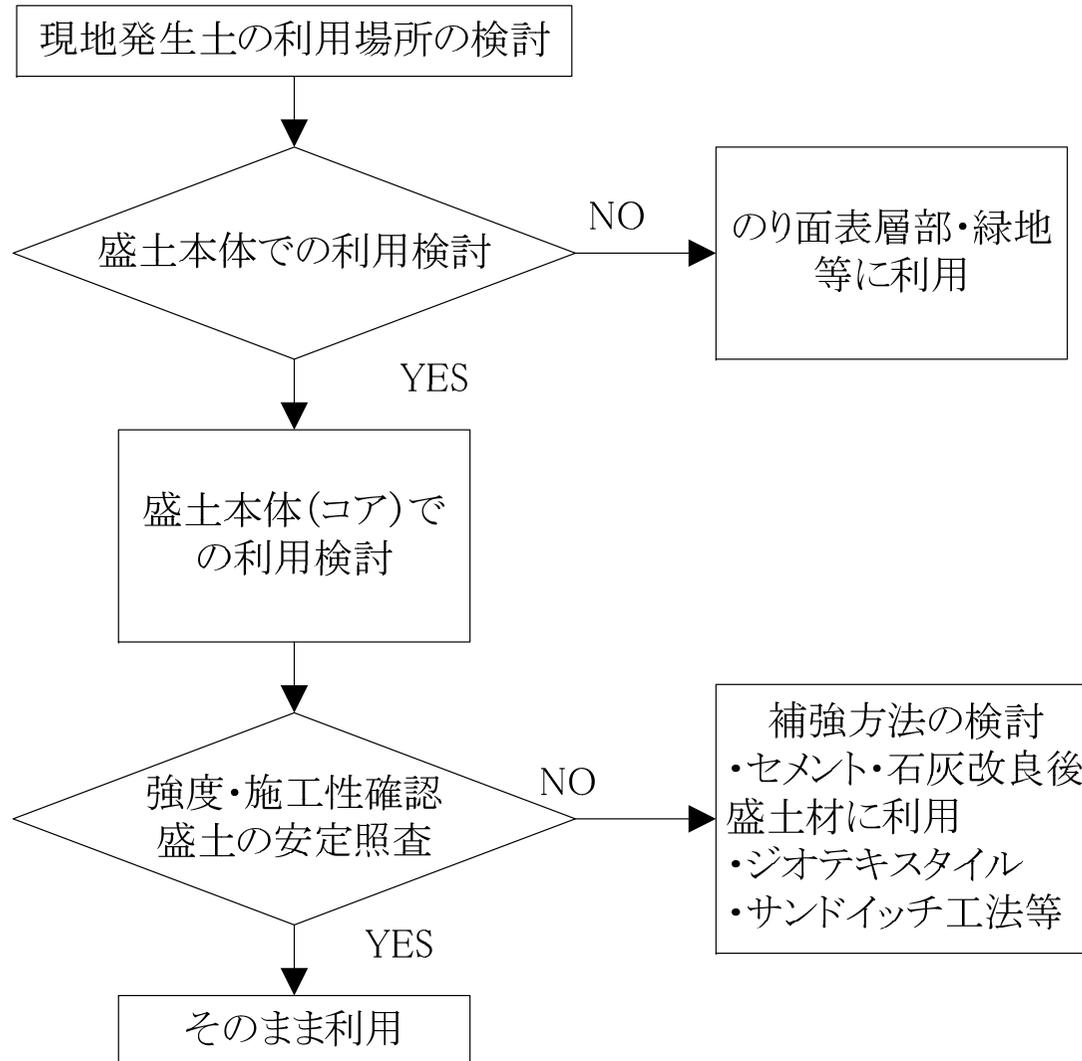
区分	適用用途		工作物の埋戻し		土木構造物の裏込め		道路用盛土			
			評価	留意事項	評価	留意事項	路床		路体	
							評価	留意事項	評価	留意事項
第1種建設発生土 (砂、礫及びこれらに準ずるもの)	第1種	礫質土 砂質土	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意
	第1種改良土	改良土	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの)	第2a種	礫質土	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
	第2b種	砂質土	◎	細粒分含有率注意	◎	細粒分含有率注意	◎		◎	
	第2種改良土	改良土	◎		◎		◎		◎	
第3種建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれらに準ずるもの)	第3a種	砂質土	○		○		○		◎	施工機械の選定注意
	第3b種	粘性土 火山灰質粘性土	○		○		○		◎	施工機械の選定注意
	第3種改良土	改良土	○		○		○		◎	施工機械の選定注意
第4種建設発生土 (粘性土及びこれらに準ずるもの)	第4a種	砂質土	○		○		○		○	
	第4b種	粘性土 火山灰質粘性土 有機質土	△		△		△		○	
	第4種改良土	改良土	△		△		△		○	
泥土	泥土a	砂質土	△		△		△		○	
	泥土b	粘性土 火山灰質粘性土 有機質土	△		△		△		△	
	泥土c	高有機質土	×		×		×		△	

道路盛土等の適用用途標準

(指針p.130~138参照)

建設発生土の利用促進

【解説】(2) 現地発生土の有効利用



①安定や沈下等が問題となる材料は、障害が生じにくいのり面表層部・緑地等へ使用する。

② 高含水比の材料は、なるべく薄く敷き均した後、十分な放置期間をとり、ばっ気乾燥を行い使用するか、処理材を混合調整し使用する。

③ 安定が懸念される材料は、盛土のり面勾配の変更、ジオテキスタイル補強盛土やサンドイッチ工法の適用や排水処理等の対策を講じる、あるいはセメントや石灰による安定処理を行う。

④ 支持力や施工性が確保できない材料は、現場内で発生する他の材料と混合したり、セメントや石灰による安定処理を行う。

⑤ 有用な表土は、可能な限り仮置を行い、土羽土として有効利用する。

⑥ 透水性の良い砂質土や礫質土は、排水材料への使用を図る。

⑦ 岩塊や礫質土は、排水処理と安定性向上のためのり尻への使用を図る。

(指針p.130～138参照)

建設発生土の利用促進

【解説】(2) 現地発生土の有効利用

強度，施工性あるいは盛土の安定性が懸念される材料を盛土本体で利用するために，セメントや石灰による安定処理を行うことがある。安定処理を行う場合の配合設計の指標，基準値は，適用する部位や安定処理の目的により異なる。

盛土の安定性確保を目的とする場合には，配合試験，一軸圧縮試験ないし三軸圧縮試験等の室内土質試験，「4-3 盛土の安定性の照査」による安定性検討を行った上で，盛土の安定性に必要な強度を確保するように安定処理土の設計強度を設定する。

	必要性，目的	配合設計の指標	設計強度	施工管理の指標
路体	トラフィックビリティーの改善	コーン指数	$q_c > 400 \text{ kN/m}^2$	締固め度
	安定性の確保	せん断強さ	盛土の安定性に必要となる強度	締固め度 一軸圧縮強さ
路床	材料規定を満足しない場合 強度不足	C B R	路床，舗装厚設計時のC B R	締固め度 一軸圧縮強さ
構造物裏込め	材料規定を満足しない場合 圧縮沈下の低減	一軸圧縮強さ	許容沈下量から得られる一軸圧縮強さ	締固め度 一軸圧縮強さ

安定処理を行う場合の配合設計の考え方の例

(指針p.130～138参照)

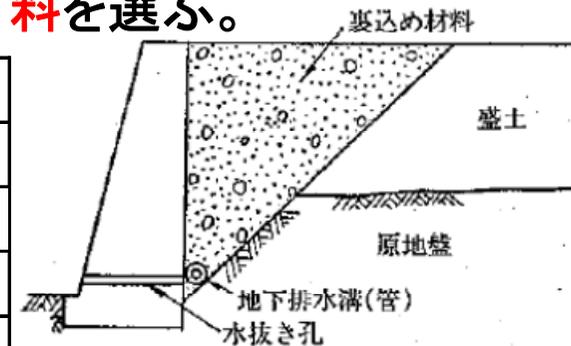
他の構造物との取付け部の構造

盛土と橋台，カルバート等の構造物との取付け部では，基礎地盤の沈下，盛土自体の圧縮沈下，構造物背面の盛土荷重による構造物の変位等により、道路供用開始後に不同沈下による段差が生じやすく，そのため舗装の平坦性が損なわれがちである。

【盛土と構造物との取付け部の段差を抑制するための主な対策】

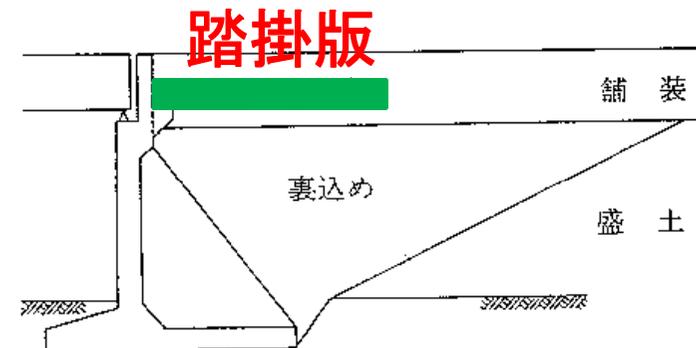
➤裏込め材料として，締固めが容易で，圧縮性が小さく，透水性があり，かつ，水の浸入によっても強度の低下が少ないような安定した材料を選ぶ。

項目	範囲
最大粒径	100mm 以下
4, 750 μ m (No. 4) ふるい通過質量百分率	25~100%
75 μ m (No. 200) ふるい通過質量百分率	0~25%
塑性指数 (425 μ m ふるい通過分について)	10 以下



- 十分な排水対策を講じる。
- 盛土と構造物との取付け部に踏掛版を設ける。
- 軟弱地盤上の取付け部ではプレロード等の必要な処理を行う。

(指針p.179~184、247~251参照)



5-4 締固め

盛土の施工に当たっては、締め固めた土の性質の恒久性及び設計で設定した盛土の所要力学特性を確保するため、盛土材料及び盛土の構成部分等に応じた適切な締固めを行うものとする。

本来、締固め管理基準値は、設計で盛土に要求する性能に対応した力学特性(せん断強さ、変形係数等)を確保するように設定するのが原則であり、この場合、盛土材料について一連の室内土質試験を実施した結果に基づき所要の締固め度を設定することになる。しかしながら、盛土の設計は第4章に述べられているように、そのような試験及び安定計算等を経ず、これまでの経験及び実績に基づく仕様を適用してよい場合も多い。解表5-4-4はそのような場合に参照されることを想定したものである。また、この締固め度管理基準値は、盛土に求める性能及び土質材料により異なるべきものであるが、現時点でそれを提示するだけの根拠材料が揃っていないこと、及び従来の管理基準値に基づいて築造された盛土は排水処理が適切である限りにおいてはおおよそ健全に機能していると思われること等の理由から、一応の目安として示したものである。……

他方、締固めは盛土の品質を左右する重要な土工であることは繰り返すまでもないことであり、このため、重要度の高い盛土等においては解表5-4-4の数値にとらわれず、より適切な基準値を採用することを検討するのが望まれる。

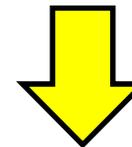
特に、集水地形上の盛土、傾斜地盤上の盛土、あるいは高盛土は豪雨・地震時に変状が生じやすいので、通常以上の管理基準値を採用するのがよい。

第5章 施工 締固め管理基準値の目安

解表5-4-4 (1) 日常管理の基準値の目安【路体】

区分	施工層厚	管理基準値					施工含水比
		土砂区分	締固め度 Dc(%)	特別規定値 Ds(%)	空気間隙率 va(%)	飽和度 Sr(%)	
土砂	30cm以下	粘性土	— (※1)	—	10以下	85以上	(※2)
		砂質土	90以上 (A,B法)	—	—	—	
		40mm以上が主体	—	90以上	—	—	
岩塊	試験施工により決定	試験施工により決定					

近年の地震や豪雨による道路盛土の被災事例を踏まえ、締固めに関する記述を強化。



■「土木工事共通仕様書」と整合していない。

■本来、基準値は土質や要求性能によって変わるべきもの。

解表5-4-4 (2) 日常管理の基準値の目安【路床及び構造物との接続部】

施工部位	施工層厚	土砂区分	管理基準値		施工含水比
			締固め度 Dc(%)	空気間隙率 va(%)	
路床	20cm以下	粘性土	—	8以下	最適含水比付近
		砂質土	95以上 (A,B法) 90以上 (C,D,E法)	—	
構造物接続部	20~30cm	粘性土	—	8以下	
		砂質土	95以上 (A,B法) 90以上 (C,D,E法)	—	

※1回3点以上の試験を行った場合の最低値に対するもの

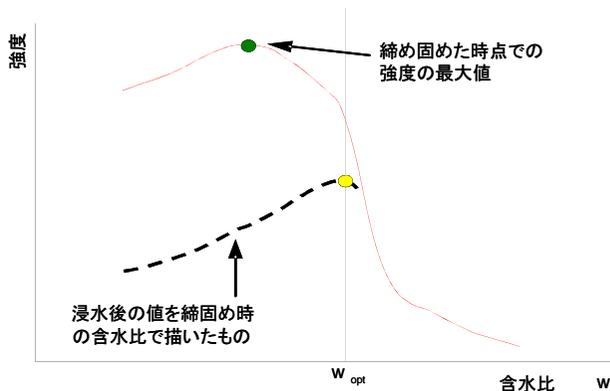
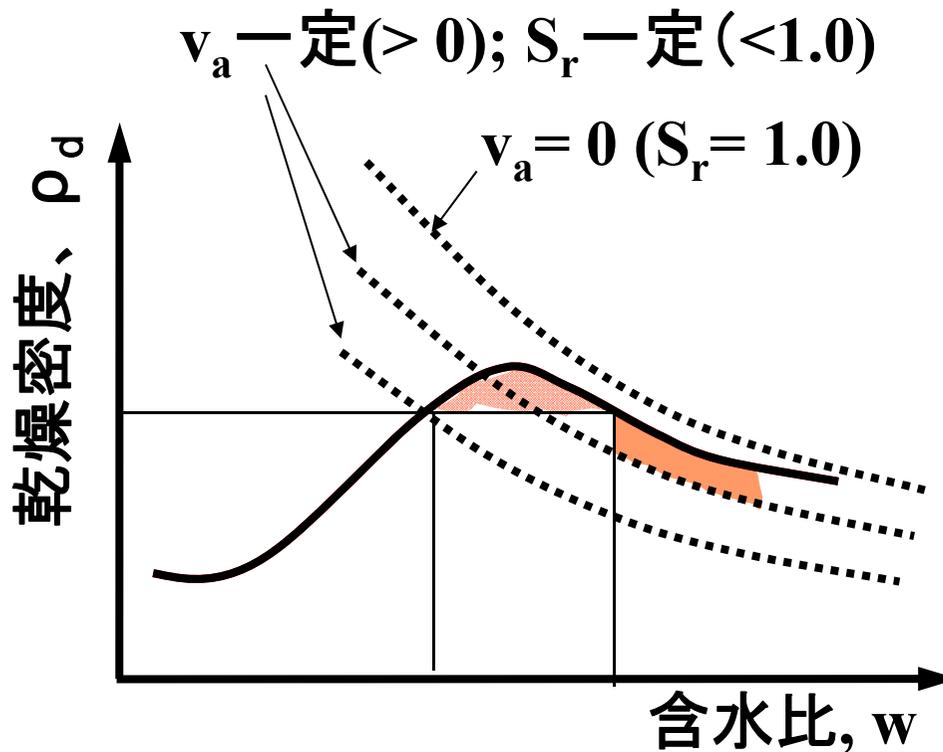
(指針p.211~220参照)

「空気間隙率管理」について

- 1) 自然含水比が最適含水比より著しく高く施工の制約上含水比調整が困難である土や、
 - ・各種の土が盛土施工中に混入し最大乾燥密度を決定しがたい土
 - ・基準試験の最大乾燥密度が試験方法によって大幅に変化するような特殊土
 - ・泥岩や凝灰岩等のスレーキングによる沈下が問題になる岩においては、最適含水比の確保や締め固め度の規定による管理は行えない場合がある。
- 2) このような場合は設計上要求すべき強度、変形抵抗(圧縮抵抗)を考慮しつつ、締め固めた土の恒久性を確保するための管理を行うことを目的に、**空気間隙率**や飽和度の管理が適用される。
- 3) ここで重要な点は、締め固めた土の性質の恒久性を確保する条件としては、乾燥密度を高くすることより、間隙中の空気間隙(空気間隙率 v_a)を小さくする、あるいは間隙中の水分の占める割合(飽和度 S_r)を高くすることである。
- 4) この場合には、設計上要求すべき締め固めた土の強度、変形抵抗(圧縮抵抗)を確保するためには、**施工含水比や強度の最小値を併せて規定**する。

(指針p.214～215参照)

第5章 施工 「空気間隙率管理」について



空気間隙率管理の合理性

- ・いろいろな土のピーク状態は v_a 10%以内にある。
- ・ v_a が小さいということは吸水する余地が小さいということであり、強度劣化が少なく、恒久性がある。
- ・Dc値管理法は、土質が変化するとその信頼性は疑わしい。これに対して、 v_a 値管理法は、土質が多少変化しても土粒子の密度変化は小さいため、誤差も小さい。

空気間隙率管理の不合理性

- ・ w_n が大きいほど容易に達成。

空気間隙率管理の課題

- ・本来は、所要の強度、変形抵抗を確保できる w の範囲に限るべきであるが、これを個別に確認するのは容易でない。

(指針p.214~215参照)

盛土工における情報化施工

○情報化施工とは……

建設機械の自動化技術や情報の統合利用技術を用いたICT
(Information Communication Technology: 情報通信技術)を建設
施工に活用した新たな施工システム

○ICTの導入におけるメリット

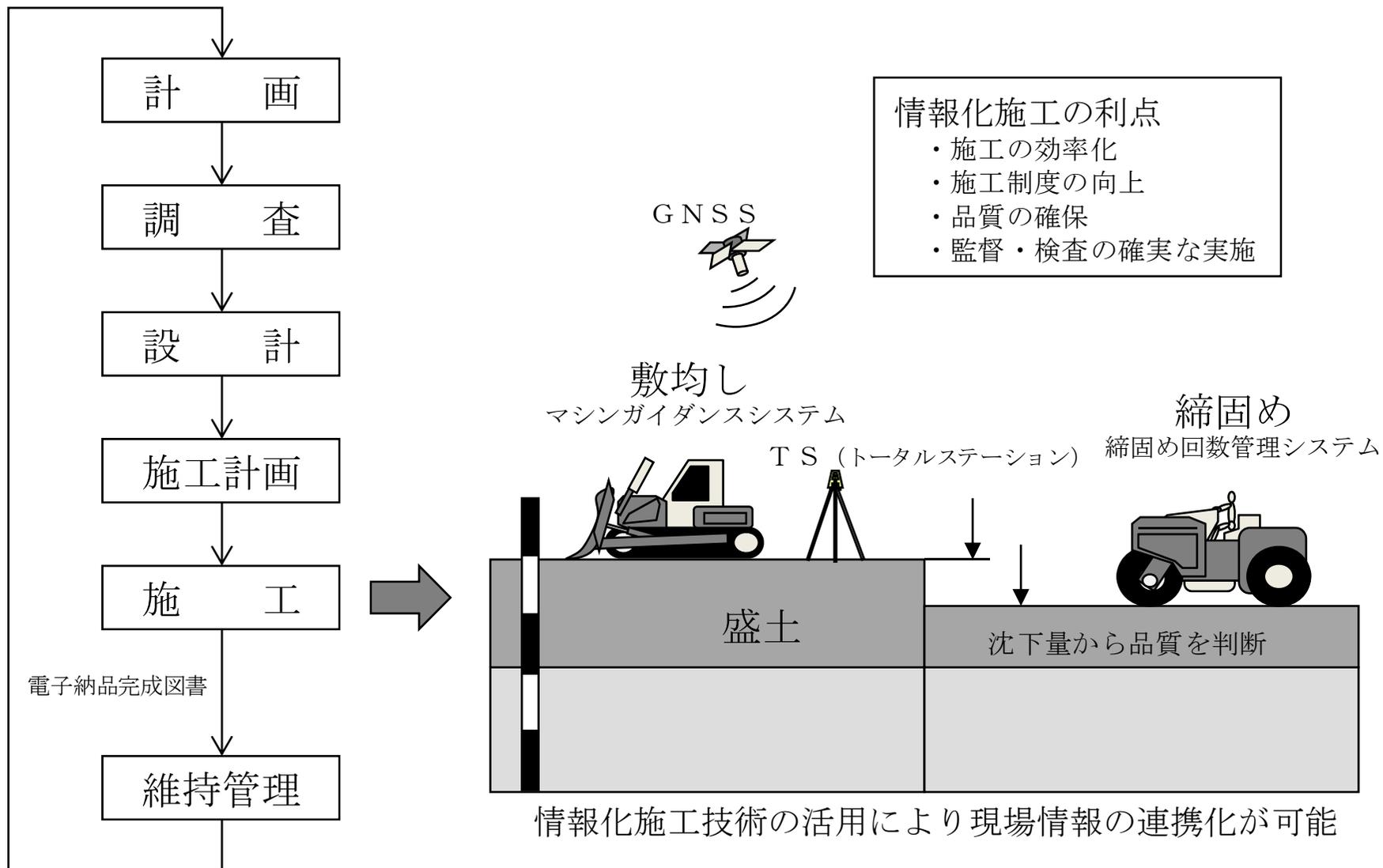
導入に際して初期コストはかかるが……

- 測量を含む計測の合理化・効率化, 施工の効率化・合理化・精度向上, 及び安全性の向上
- 目的に応じて各施工段階において情報技術を適用して, 品質や出来形等の情報を迅速に取得・判断し, 各施工段階の可視化
- 調査, 計画, 設計, 管理の各段階で施工情報を有効活用することにより, 施工段階のみならず道路事業全体の効率化も可能

(指針p.267～271参照)

第5章 施工

盛土工における情報化施工



(指針p.267～271参照)

第5章 施工

盛土工における情報化施工



GNSSを用いた敷均し厚管理システム

ブルドーザやグレーダなどに3次元設計データを入力し、TSやGNSSを用いた計測技術により排土板の位置と設計値との差異を数値的に算出し、所要の施工精度となるようにオペレータに指示(モニタ表示等)するものであり、丁張りをいわずに精度よく敷均し施工ができる。



GNSSを用いた転圧回数管理システム

締固めローラの走行軌跡をTSやGNSSによる測量システムにより自動的に追跡し、施工面を所定の回数だけ転圧したことを面的に管理するものであり、工法規定方式の締固め管理に用いられる。

(指針p.267～271参照)

維持管理の基本方針

○盛土の維持管理は、盛土及び路面を常時良好な状態に保ち、災害を未然に防止することを目的として行う。

○既往の実績・経験に基づき設計・施工された盛土については、基礎地盤の支持力が十分にあり基礎地盤からの地下水の浸透のおそれがなく、かつ、入念な締固め及び十分な排水処理を実施していれば、過去において被害が限定的であり、ある程度の降雨・地震に耐え得ることが認められている。

○一方で、道路盛土は、長期的な基礎地盤ないし盛土の圧縮変形により路面の段差が生じたり、あるいは排水施設の変状・損傷や設計・施工時の想定を上回る湧水等が存在する場合には、豪雨時や地震時に崩壊等の大きな被害を受けたりすることがある。

(指針p.273~277参照)

維持管理の基本方針

○また、路面の沈下に伴う微小な亀裂や排水施設の変状・損傷等を放置していると、そこから雨水が盛土内に浸入して盛土が脆弱化し、豪雨時や地震時に大きな災害に至ることもある。盛土の崩壊が発生すると交通が途絶するだけでなく、その復旧には多大な費用を要することになる。また、場合によっては、盛土に隣接する施設等に対しても影響を及ぼすことがある。

○このため、維持管理において、盛土の微細な変状や湧水等の兆候をできるだけ早期に見出し、必要な補修・補強対策等を行うことにより、設計で想定した性能を確保する視点が重要である。

(指針p.273~277参照)

点検の着眼点

1) 路面・のり肩・のり面(のり面保護工を含む)・排水施設等の変状・損傷

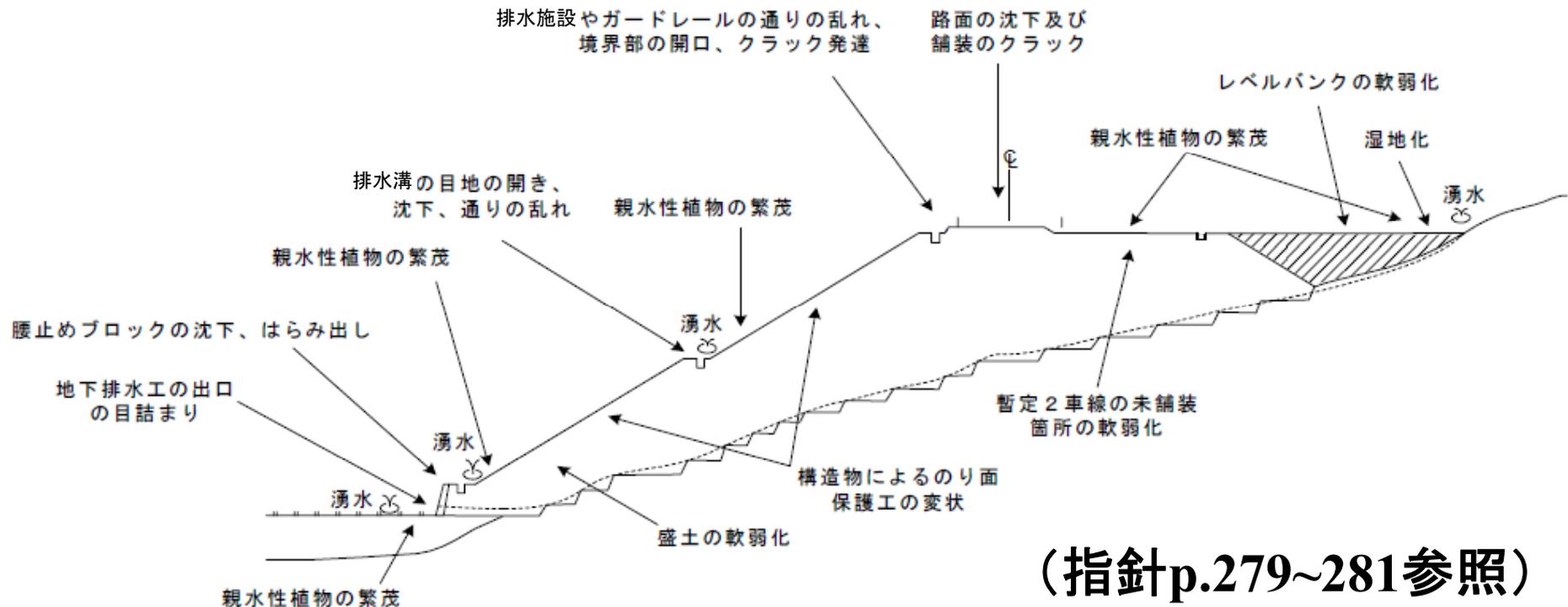
○路面・のり肩・のり面の亀裂, 段差, 沈下, 陥没, はらみ出し

○のり面保護工の変状・損傷

○のり面のごみ, 土砂

○排水施設の変状・損傷

に着目



(指針p.279~281参照)

点検の着眼点

2) のり面の湧水、植生の状況やのり面・のり尻部の軟弱化の有無

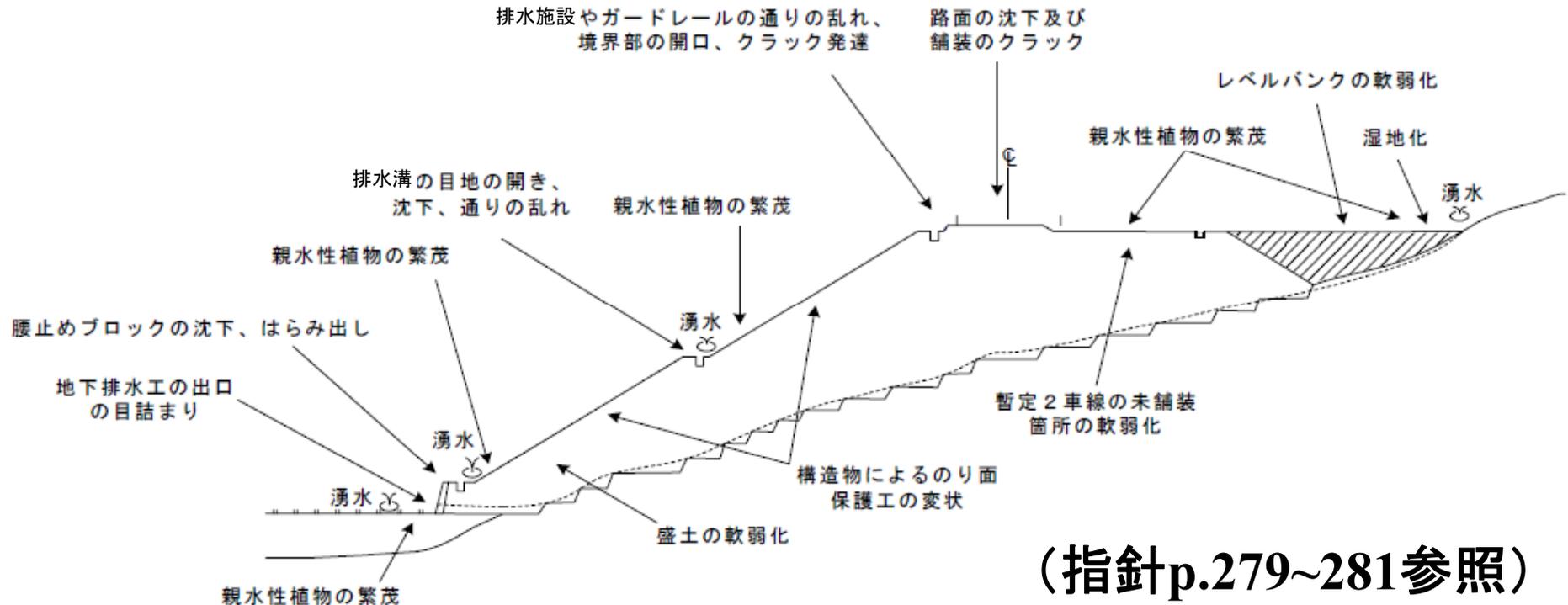
○盛土内への水の浸透状況

○のり面・のり尻部の湧水の有無、突き棒等により周辺が軟弱化しているか確認

○擁壁部を含む盛土ののり尻部が湿潤であるかどうか

○繁茂する植物が周辺と異なっていたり、親水性植物が繁茂していないか

○ガリ(雨裂侵食)が形成されていないか

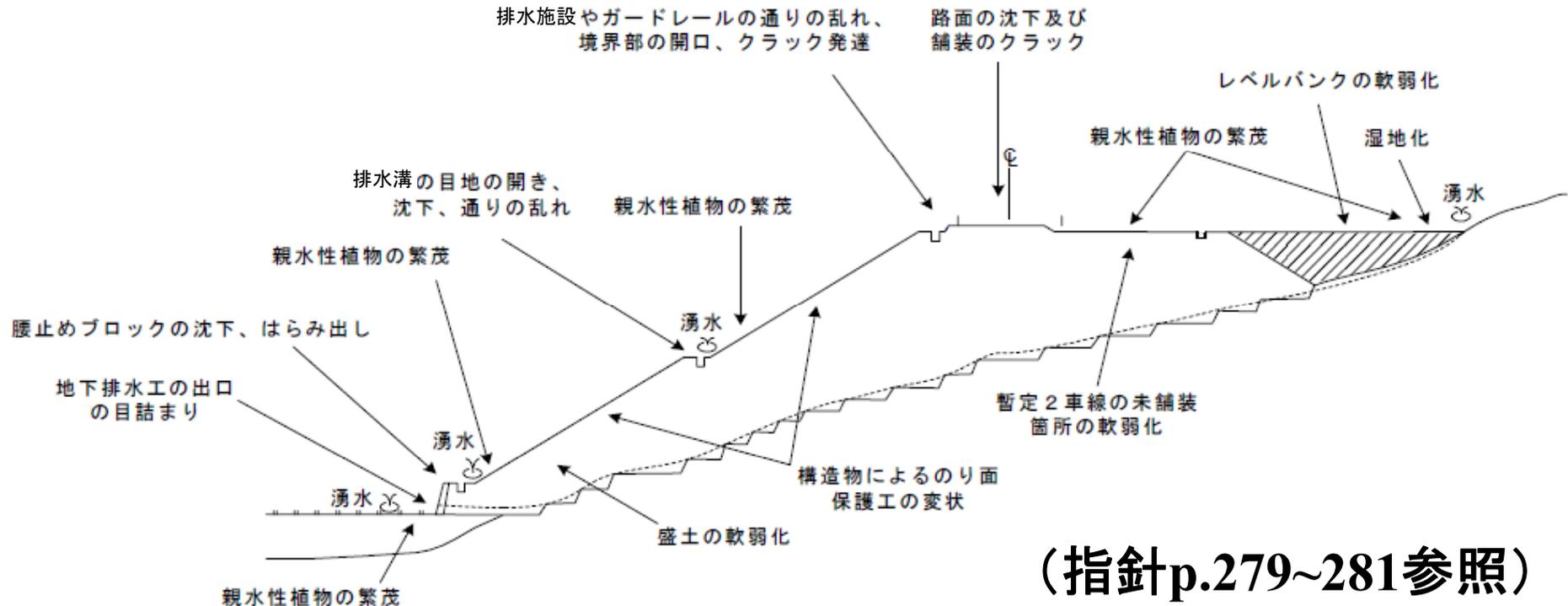


(指針p.279~281参照)

点検の着眼点

3) その他

- 河川や池、民地等からの排水施設等が存在し、盛土内に水の浸透のおそれ
- 地下排水工からの排水量が多いか、排水ににごり等はないか
- 地下排水工の出口に目詰まりはないか確認
- 新設盛土における初期点検や降雨及び融雪直後の点検
- 周辺の環境条件の変化



指針運用にあたって留意すべき事項

- 今回の改訂は性能設計の第一歩。
(要素技術、性能設計の枠組みのいずれも未だ不十分)
- 設計(照査)だけでは性能を担保できない部分が多い。
 - ・照査技術が未熟な部分が多い
(例)・切土のり面・盛土の豪雨・地震時の安定性照査手法、・軟弱地盤の地盤改良工法の設計法、
 - ・詳細設計段階で設計条件が確定しない面が多い(地盤条件, 湧水等の不確実性, 盛土材料が確定しない等)。
 - ・照査を必要とする場合は、最大限の技術的対応で望む。
- 土工構造物の特性に配慮した設計・施工。
 - ・材料, 地盤条件の不確実性に対応した構造(余裕をもった排水工の設置, 沈下を考慮した構造等)
 - ・施工段階(現場に入った時点)で、現場条件をよく見て臨機応変の判断、処置をすることが性能に大きく寄与する。
 - ・維持管理により性能を確保・高めていくという特性。
- 仕様設計を適用するにあたっては、その適用条件、施工条件を遵守すること。安易な拡大適用はトラブルの元。
 - ・適用条件: 地盤・地山条件、盛土条件 など。
 - ・施工条件: 盛土材料, 排水処理, 地山処理, 締固め など。

道路盛土における地震への対応

道路土工に関する講習会
盛土工指針分科会

内容

1. 最近の地震における道路盛土の被害の特徴
2. 耐震性の向上の考え方 ・指針における地震への対応

1. 最近の地震における 道路盛土の被害の特徴

(1) 盛土の被害の特徴・傾向

代表的な盛土の被災事例

地震名	被災箇所	被災状況・被災規模	復旧工法	復旧期間	
				応急復旧	本復旧
山岳部盛土崩壊の復旧事例					
宮城県沖地震 (昭和53年)	(1) 一般県道牡鹿半島公園線(コバルトライン) 宮城県牡鹿郡牡鹿町新山浜	山岳部片盛土の崩壊	テールアルメによる補強土工法	31日	9ヶ月
日本海中部地震 (昭和58年)	(2) 主要地方道今別蟹田線 青森県東津軽郡蟹田町小国	山岳部両盛土の崩壊 (被災延長125m)	井げた組擁壁, 軽量のり枠工	2日	7ヶ月
長野県西部地震 (昭和59年)	(3) 一般県道御岳王滝黒沢線 長野県木曾郡王滝村村越	山岳部片盛土の崩壊 (被災延長40m, 沈下40cm)	鋼矢板を鋼管杭とアースアンカーにより補強	1ヶ月	15ヶ月
釧路沖地震 (平成5年)	(4) 国道44号 北海道厚岸郡厚岸町糸魚沢	山岳部片盛土の崩壊 (被災延長110m)	ジオテキスタイル補強盛土	42日	49日
新潟県中越地震 (平成16年)	(5) 国道17号 新潟県北魚沼郡川口町天納	山岳部片盛土の崩壊 (被災延長36m, 幅11m, 沈下4m)	補強土壁	8日	2ヶ月
新潟県中越地震 (平成16年)	(6) 国道117号 新潟県小千谷市細島	山岳部片盛土の崩壊	のり先ふとんかご設置等の排水性の向上	8日	
能登半島地震 (平成17年)	能登有料道路 石川県穴水町	山岳部片盛土の崩壊	補強盛土、改良土、排水性の向上	33日	8ヶ月
基礎地盤の液状化による盛土崩壊の復旧事例					
日本海中部地震 (昭和58年)	(1) 国道7号能代南バイパス 秋田県能代市浅内	基礎地盤の液状化による盛土の崩壊 (被災延長約1.2km, 沈下1.4m)	基礎地盤の改良による強化復旧	16時間(2車線開通)	10ヶ月

盛土の大規模な被害を大きく分けると山岳部盛土の崩壊と基礎地盤の液状化による被害
山岳部盛土の崩壊は比較的復旧に長期間を有する。一方、基礎地盤の液状化による被害については比較的早期に復旧が可能

2004年新潟県中越地震

国道17号川口町天納



国道117号小千谷市細島



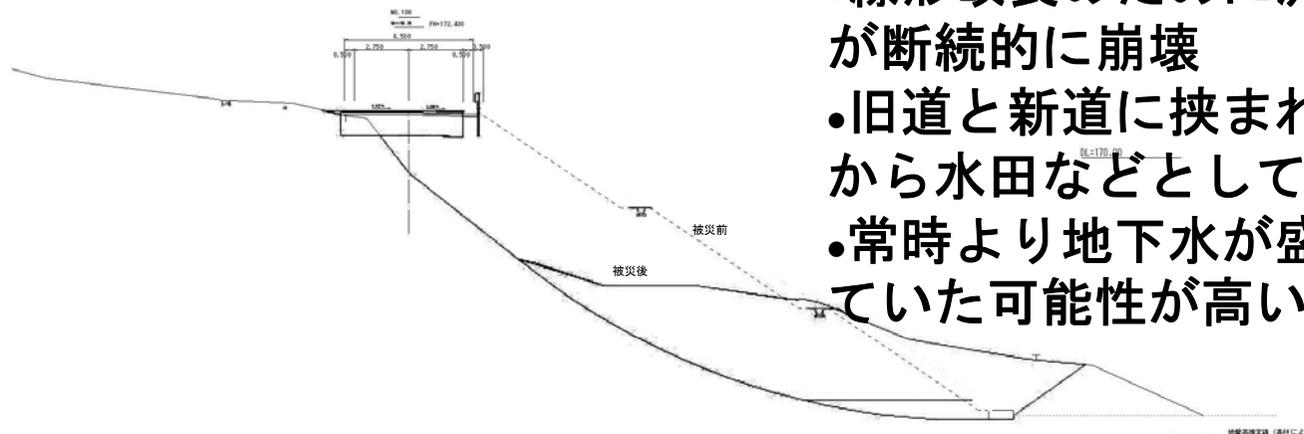
国道290号 栃尾市栗山沢



(左上、右:土木研究所提供
左下:アジア航測(株)提供)

2004年新潟県中越地震

一般県道大沢小国小千谷線小国町法末



- 線形改良のために沢部を埋めた盛土が断続的に崩壊
- 旧道と新道に挟まれた部分は、以前から水田などとして利用
- 常時より地下水が盛土内に供給されていた可能性が高い

(写真:新潟県提供)

2007年能登半島地震

能登有料道路被害箇所



●縦32(STA17.7(七尾市中島町田岸))



●縦6(STA5.6(七尾市中島町豊田))



(資料・写真出典: 石川県道路公社)

2007年新潟県中越沖地震

●国道8号 柏崎市鯨波地先



●国道8号沿い市道 柏崎市笠島地先



(左:国土交通省提供、右上:朝日航洋提供、右下:土木研究所提供)

2007年新潟県中越沖地震

国道8号長岡市大積千本町



地すべりによる被害

・活動していない地すべり地の不安定度を定量的に評価するのは現時点では困難。



(写真出典: 国土交通省)

2009年8月11日地震における 東名高速道路盛土の崩壊

「東名高速道路牧之原地区 地震災害検討委員会」での結論



- 「調査結果で確認された事項は、
- ①のり面の崩落は盛土内で発生した。
 - ②当該地は、**水が集まりやすい地形**・地質条件であった。
 - ③崩落箇所の**地下水位は高かった**。
 - ④盛土の下部には**風化しやすい泥岩**が、上部には良質な砂礫が使用されていた。
 - ⑤建設時は規定通りに施工されていた。」

2009年8月11日地震における 東名高速道路盛土の崩壊

のり面崩落の原因

「盛土下部に使用されていた泥岩は、長年の水的作用により強度低下するとともに、透水性が低下した。その結果、盛土内の地下水位が上昇し、今回の地震が誘引となり崩落が発生したものと推定される。」

盛土被害の特徴と教訓

- ・中山間地域を襲った2004新潟県中越、2007能登半島地震では**沢埋め盛土**の被害が目立った。
- ・崩壊した土の底部はいずれも**地下水**で満たされていた。



- ・集水地形上の盛土は浸透水をできるだけ入れない、できるだけ排除することが必要。

- ・2007年新潟県中越沖地震では、**基礎地盤の液状化**による被害が発生した。



- ・沖積平野を走る道路では砂質土地盤の液状化による被害が避けられない
- ・盛土を強く構築するだけでは被害を防げない
- ・新設の場合は底部に**補強材の敷設**、あるいは**地盤改良**。
- ・既設盛土に対しては、地盤改良が考えられるが、費用が過大？
- ・ただし、平野部では万一崩壊しても、**迂回路**があることが多い、**比較的早期に復旧が可能**

道路盛土の既往の地震災害

- ・ 山地部の盛土では沢埋め盛土の被害が目立つ。
- ・ 沖積低平地の盛土では基礎地盤の液状化による被害が目立つ。

地盤(地山)条件		崩壊形態
平地部 (沖積地盤)	軟弱砂質土	液状化によるすべり、沈下
	軟弱粘性土	揺り込み沈下
平地部 (洪積より古い)		浅いのり面すべり
山地部	急傾斜地山	すべり崩壊
	沢部盛土	流動性崩壊
	地すべり地	地すべり崩壊

(2) 構造物(橋台・カルバート)取付部の被害の特徴

橋梁取付部の段差



(主) 柏崎高浜堀之内線 柏崎市西山町西山 栄橋



路面陥没

7月17日 9:50復旧

(出典:北陸地方整備局)

構造物取付部被害の特徴

- ・いずれの地震でも多発した。
- ・**踏み掛け版**は地震対策として有効であった。



- ・被害の素因は3つある。
 - ・**基礎地盤**の沈下変形
 - ・**盛土自体**の揺すり込み沈下変形
 - ・**橋台**の前方への変位
- ・地震対策の観点からは**踏み掛け版**の設置が望ましい

(3) 山岳部盛土の被害の要因

既往の地震における盛土被害の傾向の分析

検討対象

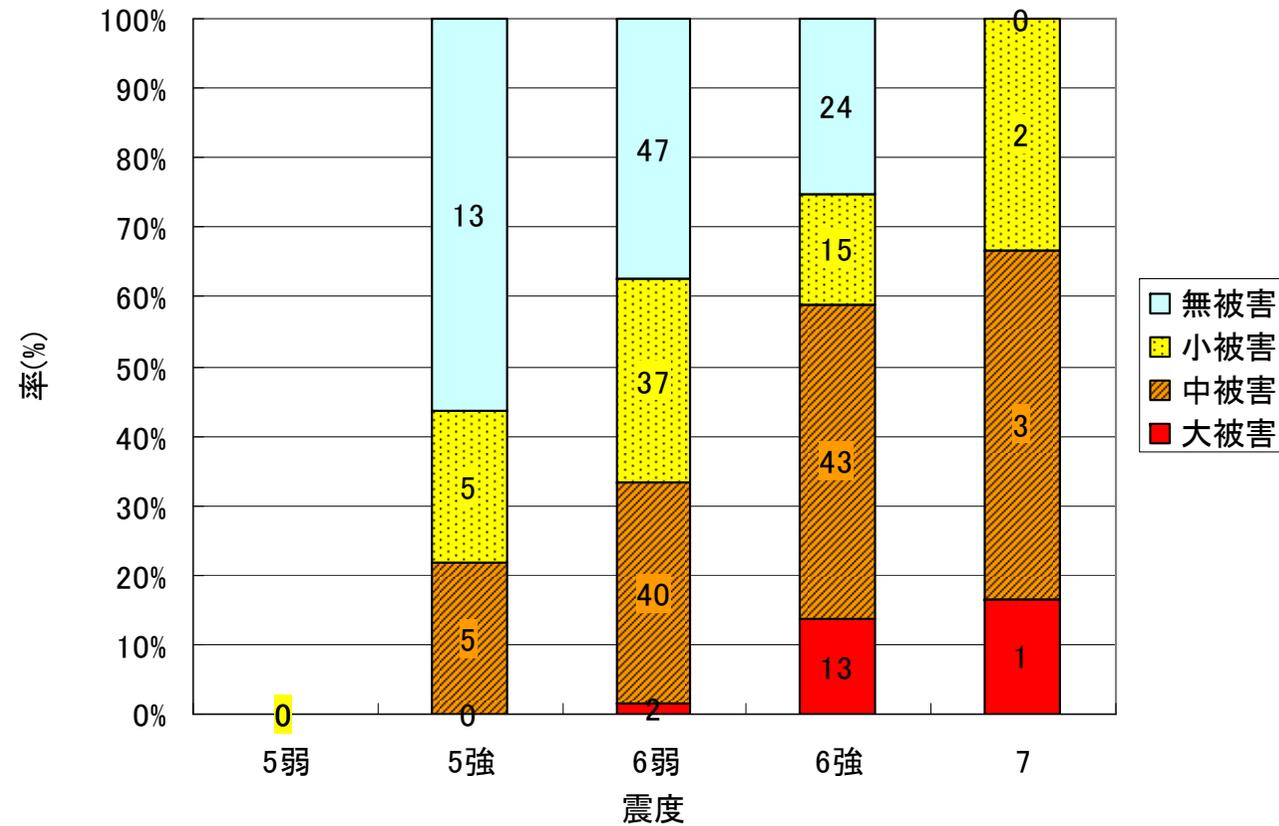
- ①盛土高10m以上の盛土で
- ②大規模な崩壊が生じた区間に存在した盛土

検討対象地震及び件数

地震名	対象件数				
	全数	被害			無被害
		大被害	中被害	小被害	
1993年釧路沖地震	52	1	19	20	12
1994年北海道東方沖地震	52	0	12	14	26
2004年新潟県中越地震	9	2	7	0	0
2007年能登半島地震	57	12	15	8	22
2007年新潟県中越沖地震	29	0	5	1	23
合計	199	15	58	43	83

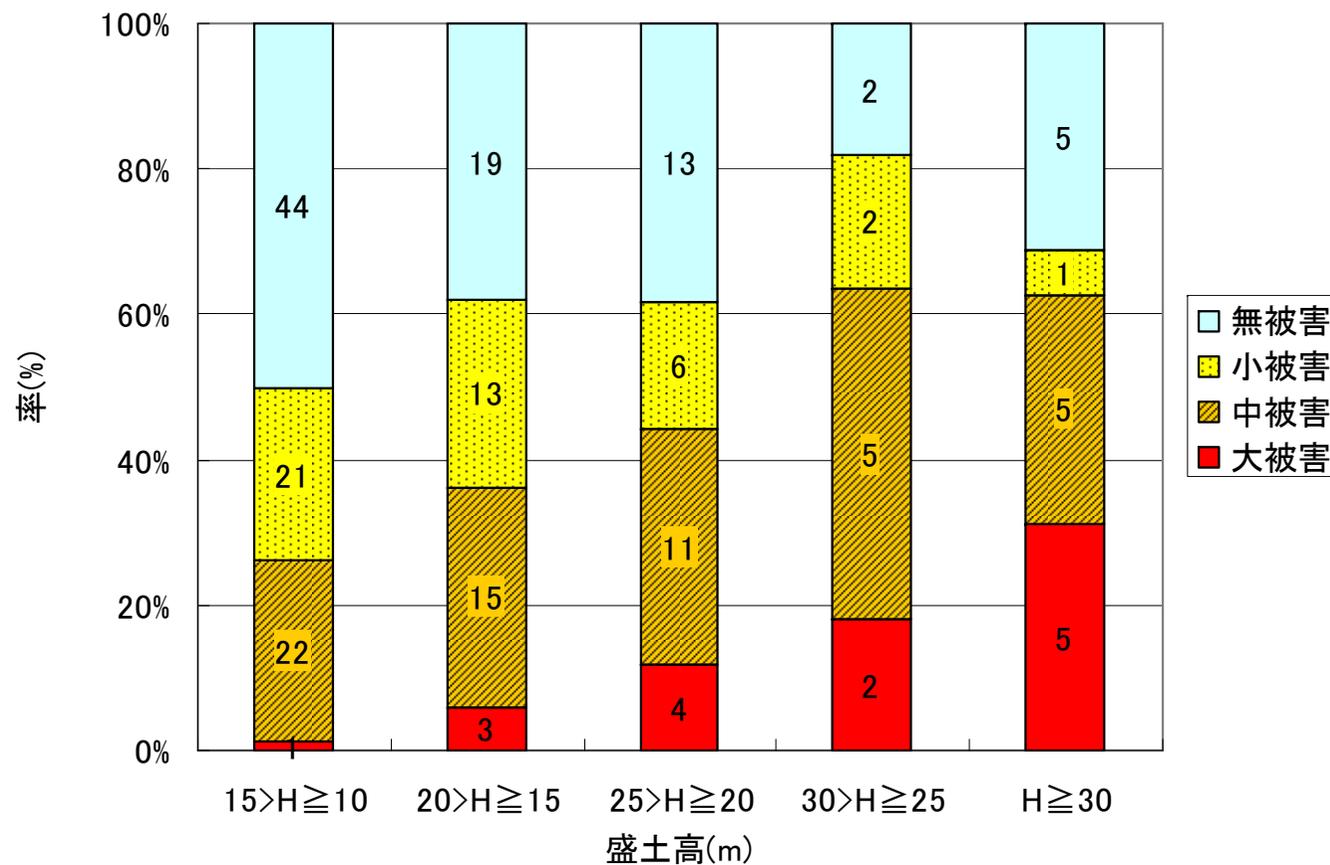
大被害：のり面の崩壊が生じた被害
中被害：路面段差等の被害
小被害：路面クラック等の軽微な被害
無被害：被害が報告されていないもの

震度と被災程度の関係



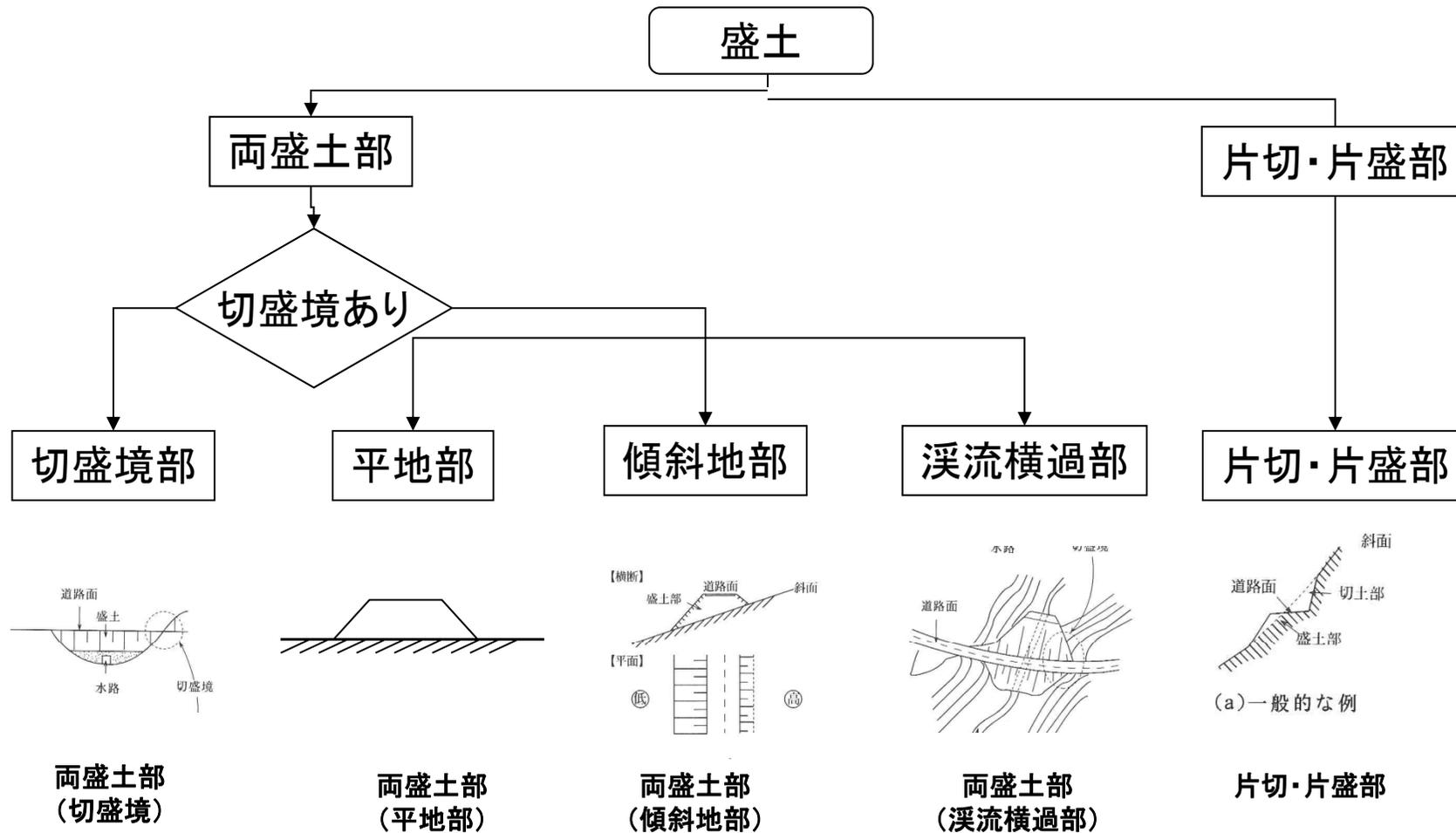
震度が大きいほど被災程度が高くなる傾向が見られた。
震度5強以上で盛土に何らかの被害が生じ、震度6弱以上で大被害となる事例が生じている。

盛土高と被災程度の関係



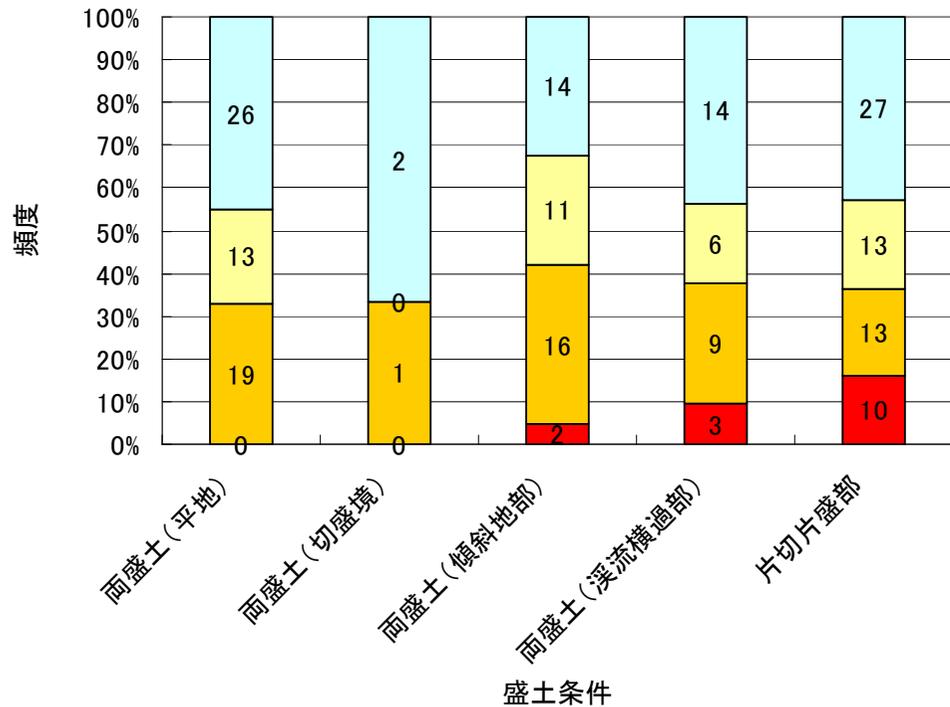
盛土高が高いほど被災程度が高くなる傾向が明らか。特に、盛土高30m以上では、大被害が3割程度に及んでいる。

盛土条件と被災程度の関係

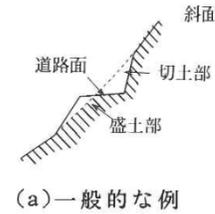


盛土条件の定義

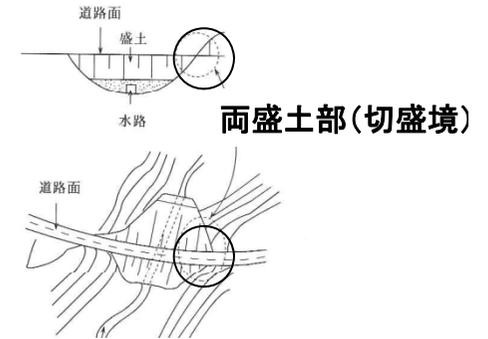
盛土条件と被災程度の関係



■ 無被害
■ 小被害
■ 中被害
■ 大被害



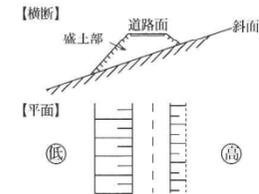
片切・片盛部



両盛土部(溪流横下部)



両盛土部(平地部)



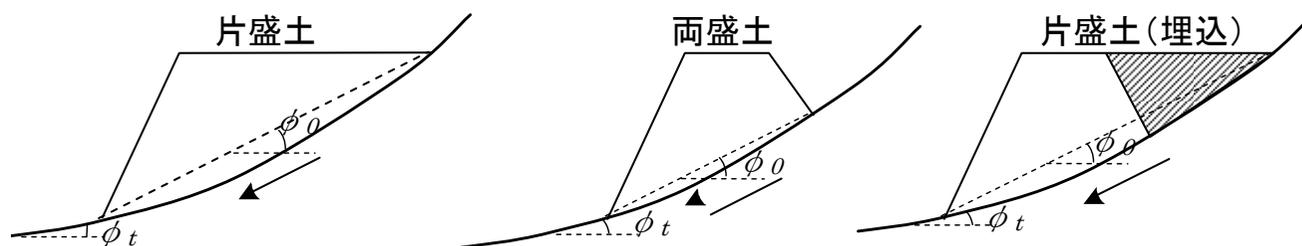
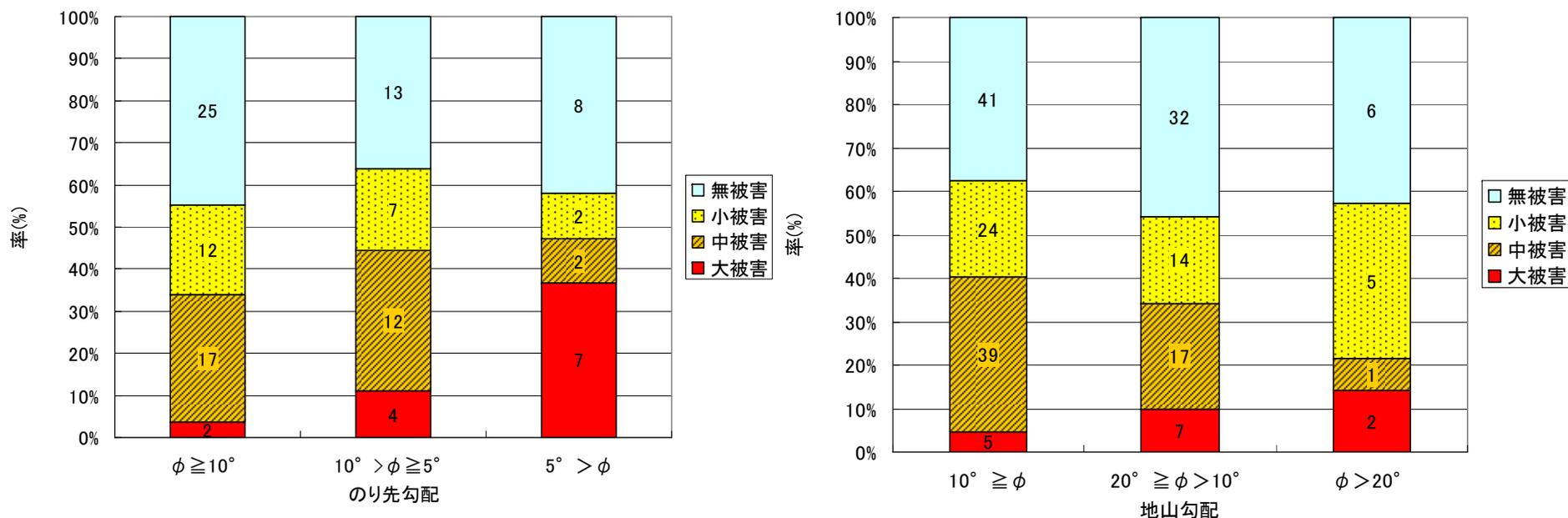
両盛土部(傾斜地盤)

盛土条件と被災程度の関係

盛土条件の定義

両盛土(傾斜地部), 両盛土(溪流横過部), 片切・片盛部で大被害の割合が高く, 両盛土(平地部), 両盛土(切盛境)では大被害に至った事例は見られない。
 地山から盛土内に水が浸透しやすい地形条件での被害が大きく, 基礎地盤の液状化よりも盛土内の浸透水が盛土の被災程度に大きく影響すると推察される。

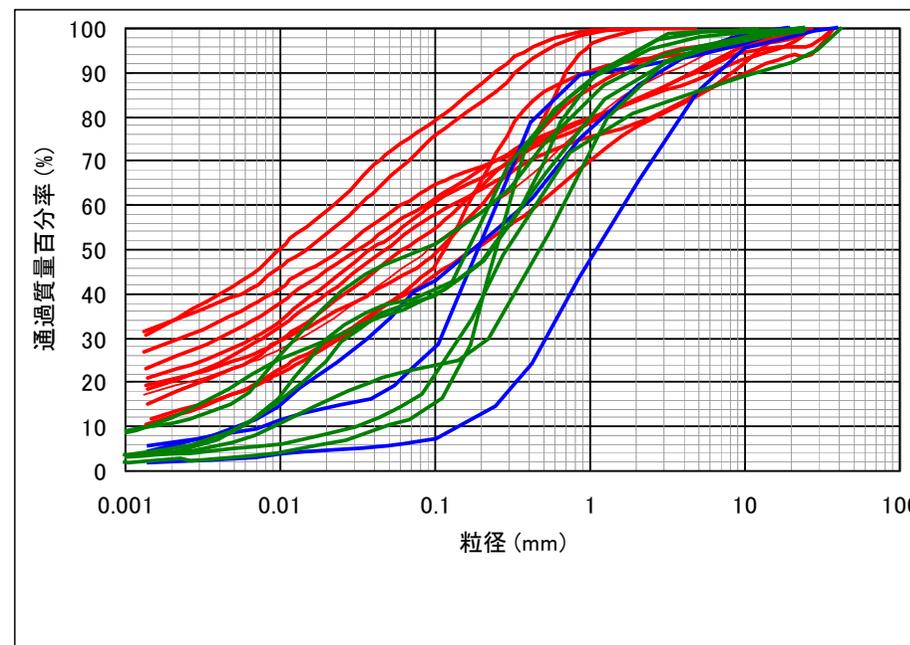
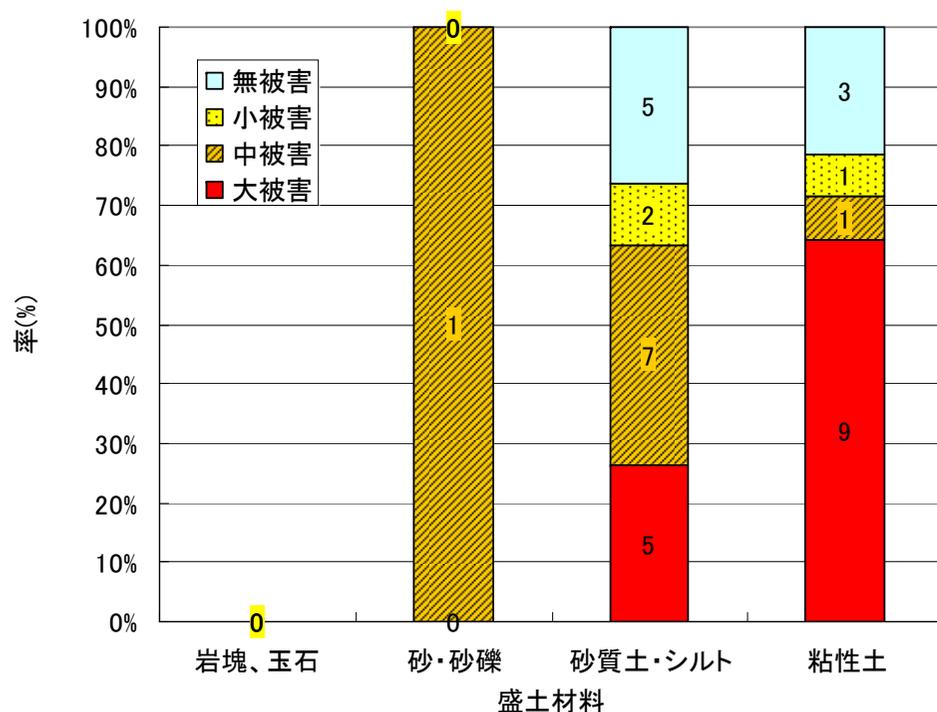
のり先勾配, 地山勾配と被災程度の関係



地山勾配(ϕ_0)とのり先勾配(ϕ_t)の定義

地山勾配が急でのり先勾配が緩いほど、大被害の割合が高い。地山勾配が急でのり先勾配が緩いほど浸透水により盛土のり尻部の水位が上昇しやすいことが原因と考えられる。

盛土材料の種類と被災程度の関係



- 日本海中部地震 (R4三戸町目地)
- 釧路沖地震 (R391鳥通, R272東阿歴内)
- 能登半島地震 (能登有料道路)

粘性土で被災程度が高くなる傾向が見られる。ただし、ここでの盛土材料は既往の防災点検データ等に示されていた概略のもので、中間土も粘性土に含まれている可能性があり、今後さらなる調査が必要。

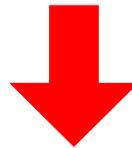
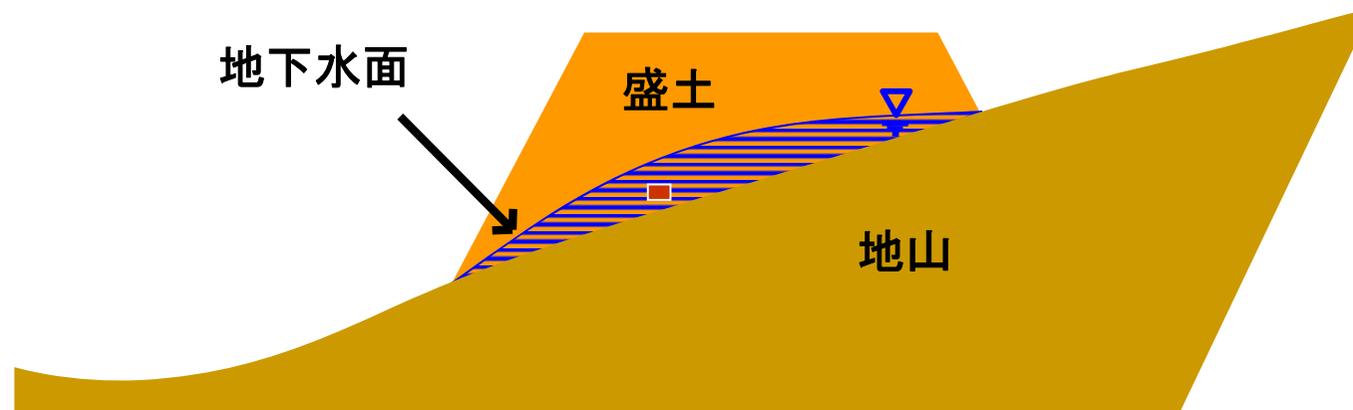
道路盛土の被害の傾向のまとめ

- 震度が大きいほど被災程度が高くなる傾向が見られた。震度5強以上で盛土に何らかの被害が生じ、**震度6弱以上で大被害**となる事例が生じていた。
- **盛土高が高いほど被災程度が高くなる**傾向が明らかであった。特に、盛土高30m以上では、大被害が3割程度に及んだ。
- **両盛土(傾斜地部)**、**両盛土(溪流横下部)**、**片切・片盛部で大被害の割合が高くなる**傾向が見られた。一方で、両盛土(平地部)、両盛土(切盛境)では大被害に至った事例は見られない。
- **地山勾配が急でのり先勾配が緩いほど、大被害の割合が高くなる**傾向が見られた。
- 盛土材料について、**粘性土で被災程度が高くなる**傾向が見られた。ただし、データに限りがあること、また、ここでの盛土材料は概略のもので、中間土も粘性土に含まれている可能性があり、今後さらなる調査が必要。

沢(谷)埋め盛土はなぜ崩壊しやすいのか？



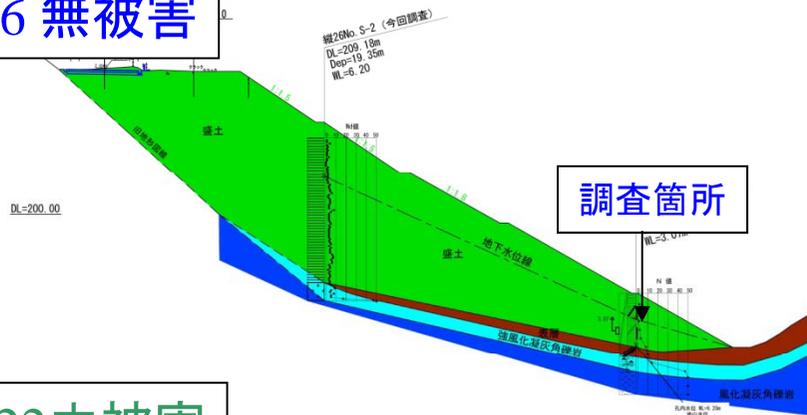
考えられる要因：地下水、土質、締固め度



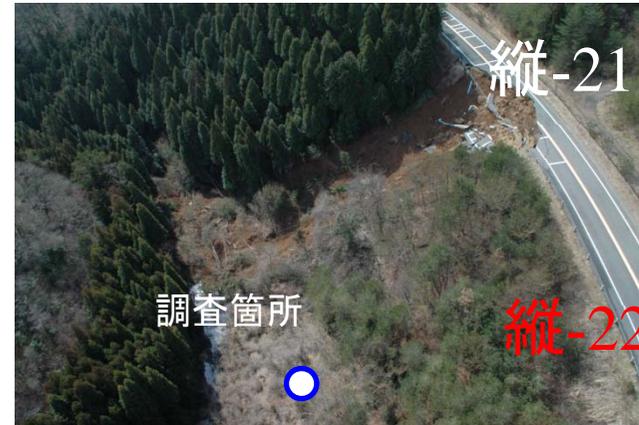
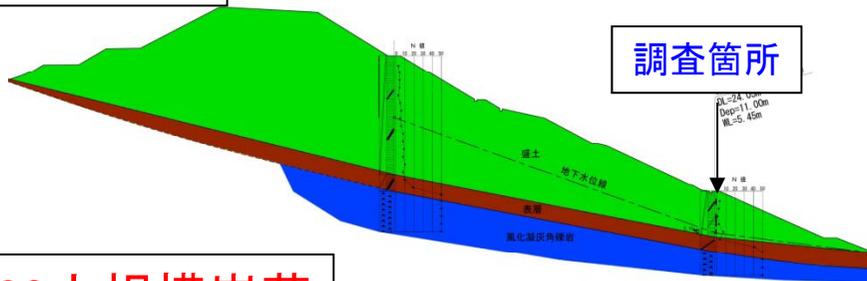
被災事例の調査，模型実験による検討

2007年能登半島地震における能登有料道路の被害

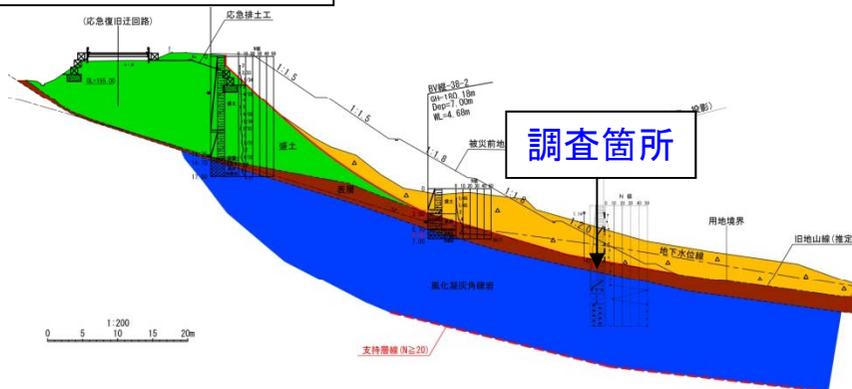
縦-26 無被害



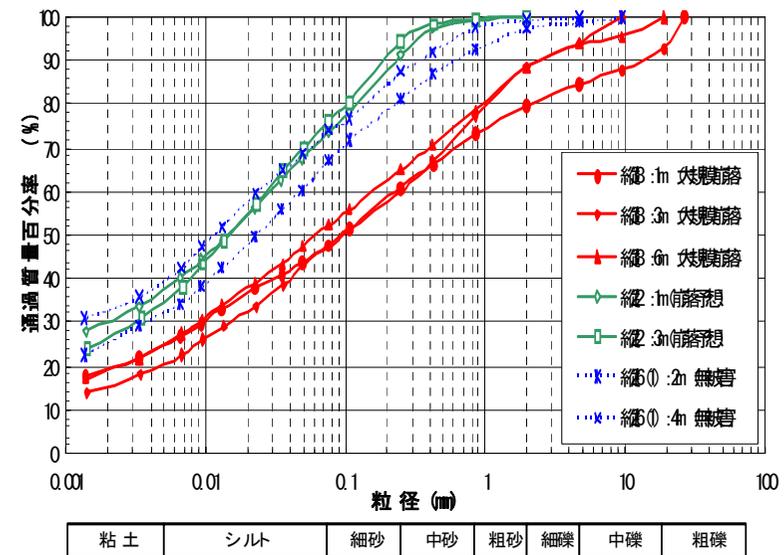
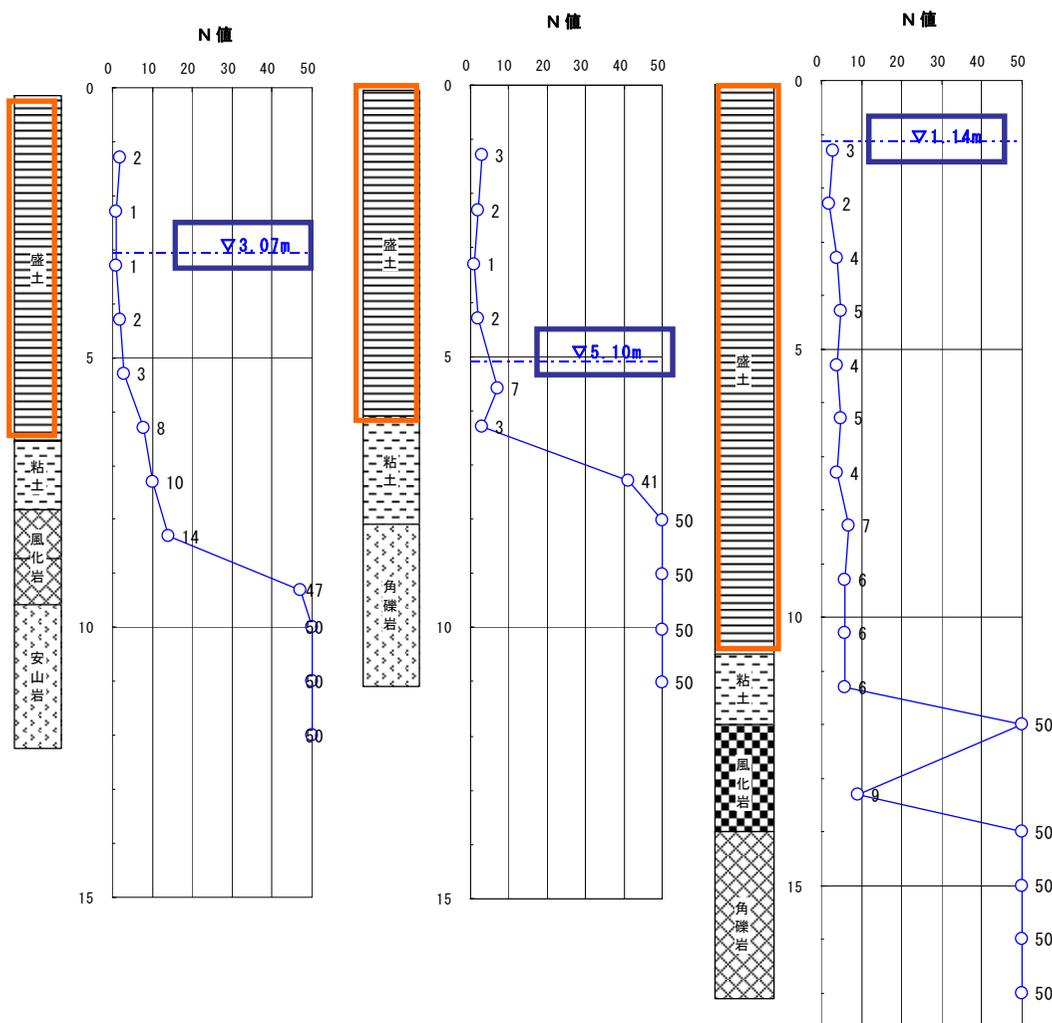
縦-22 中被害



縦-38 大規模崩落

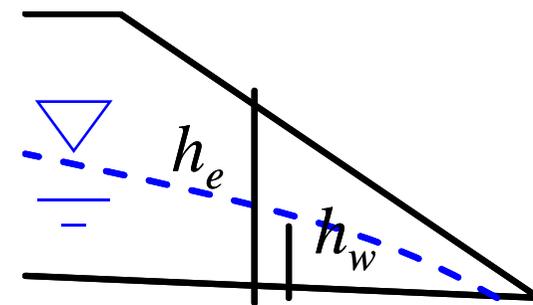
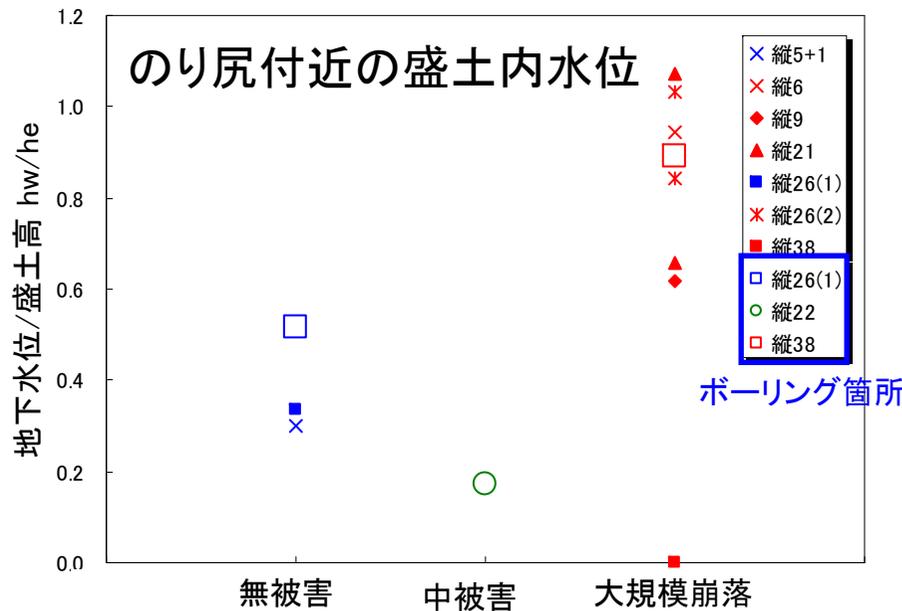
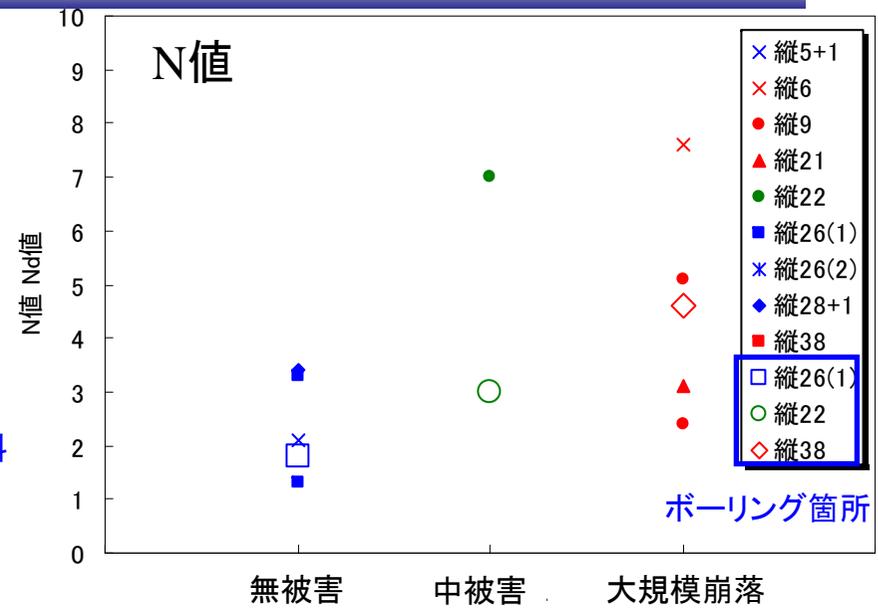
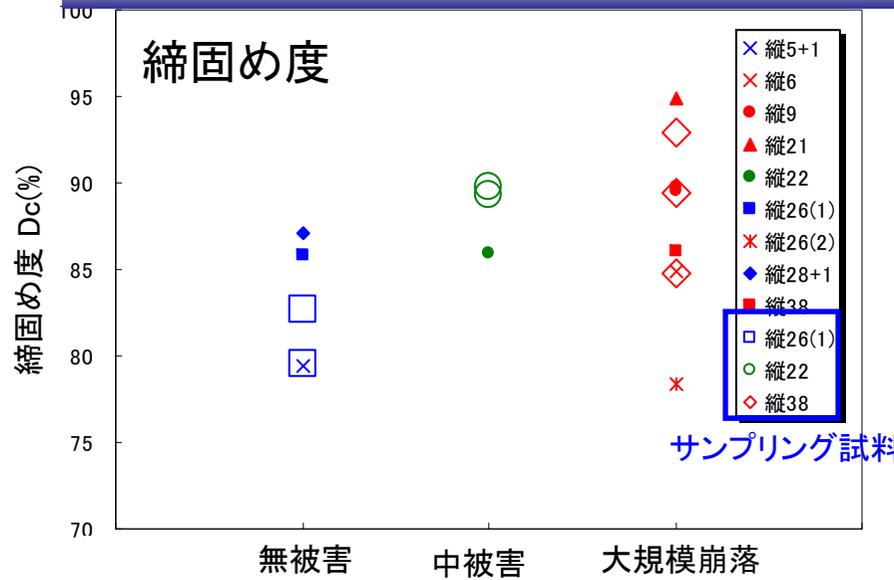


能登有料道における地盤調査結果(盛土のり尻付近)



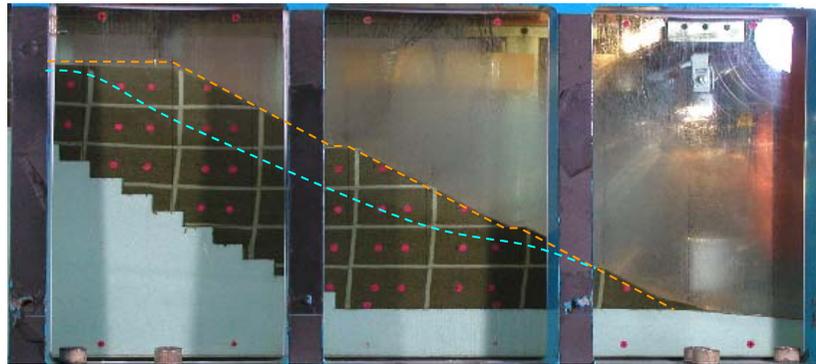
縦-26 無被害 縦-22 中被害 縦-38 大規模崩落 (未崩落部)

能登有料道路における地盤調査結果と被害程度の関係

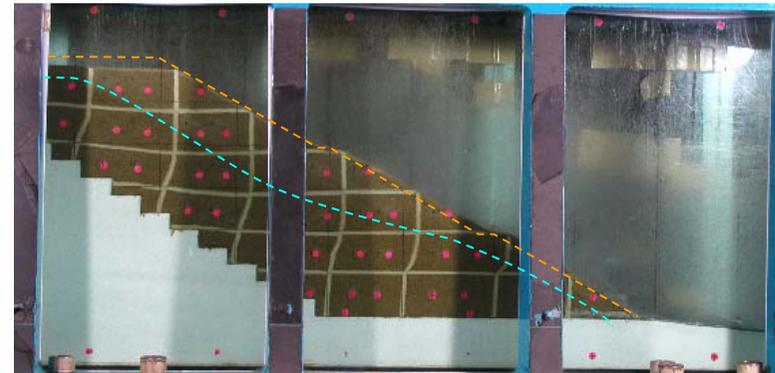


遠心模型実験の結果(締め固めの効果)

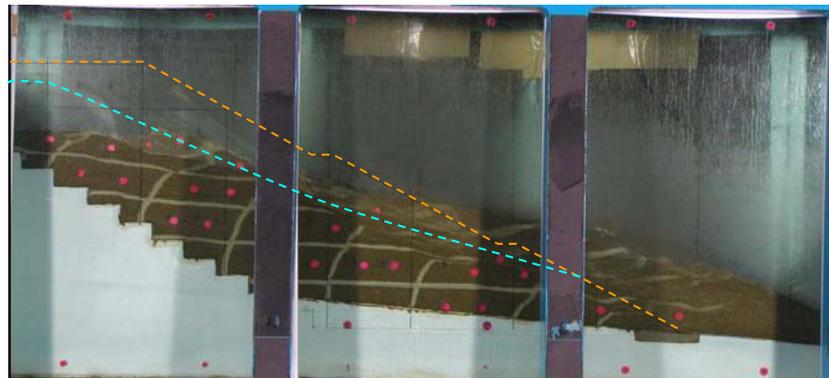
盛土高15mの傾斜地盤上の盛土を対象に、50Gの遠心場で盛土内に水を浸透させた状態でレベル2(タイプII)地震動を入力



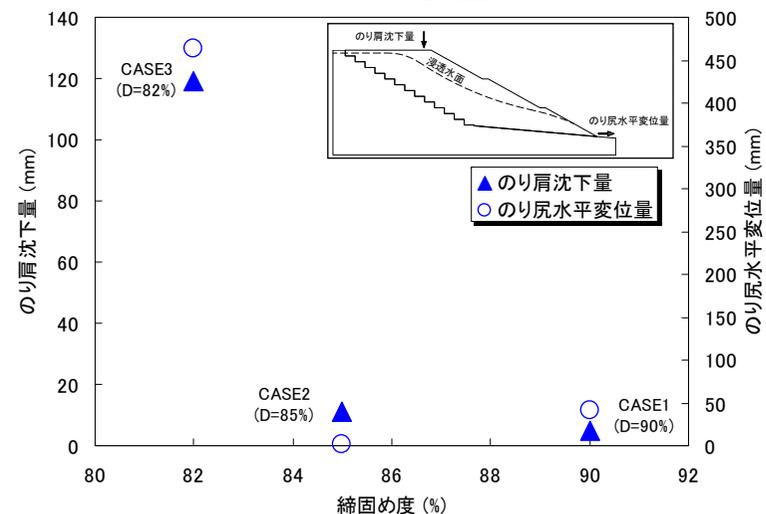
$D_c=90\%$ 、のり尻水位GL-19mm



$D_c=85\%$ 、のり尻水位GL-21mm

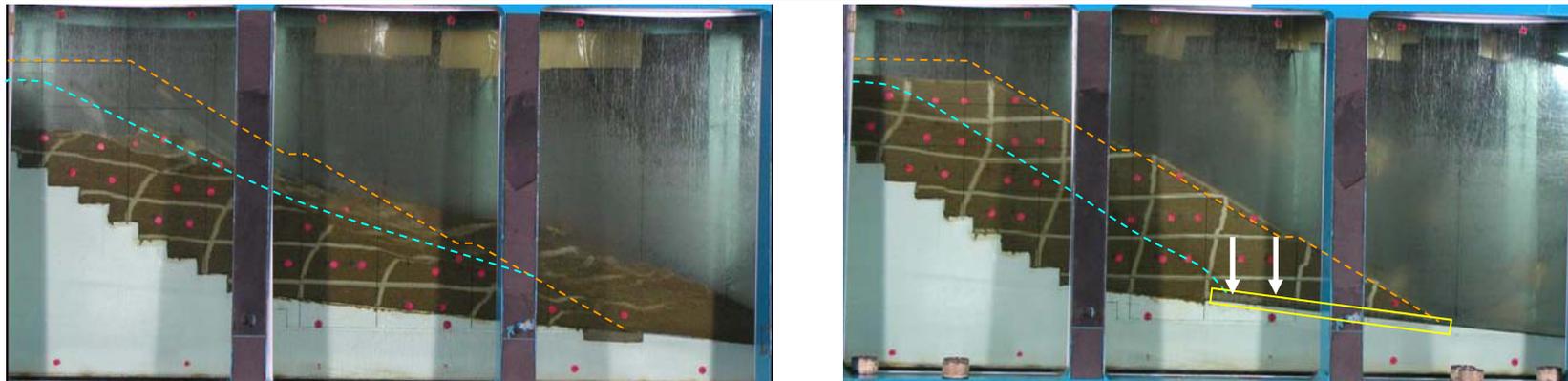


$D_c=82\%$ 、のり尻水位GL-28mm



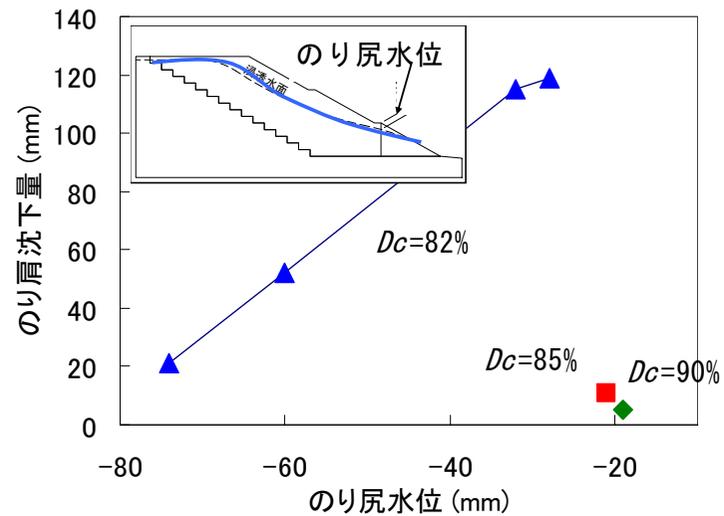
・盛土をよく締め固めると耐震性は格段に向上する。

遠心模型実験の結果(排水対策等の効果)



$D_c=82\%$ 、無対策

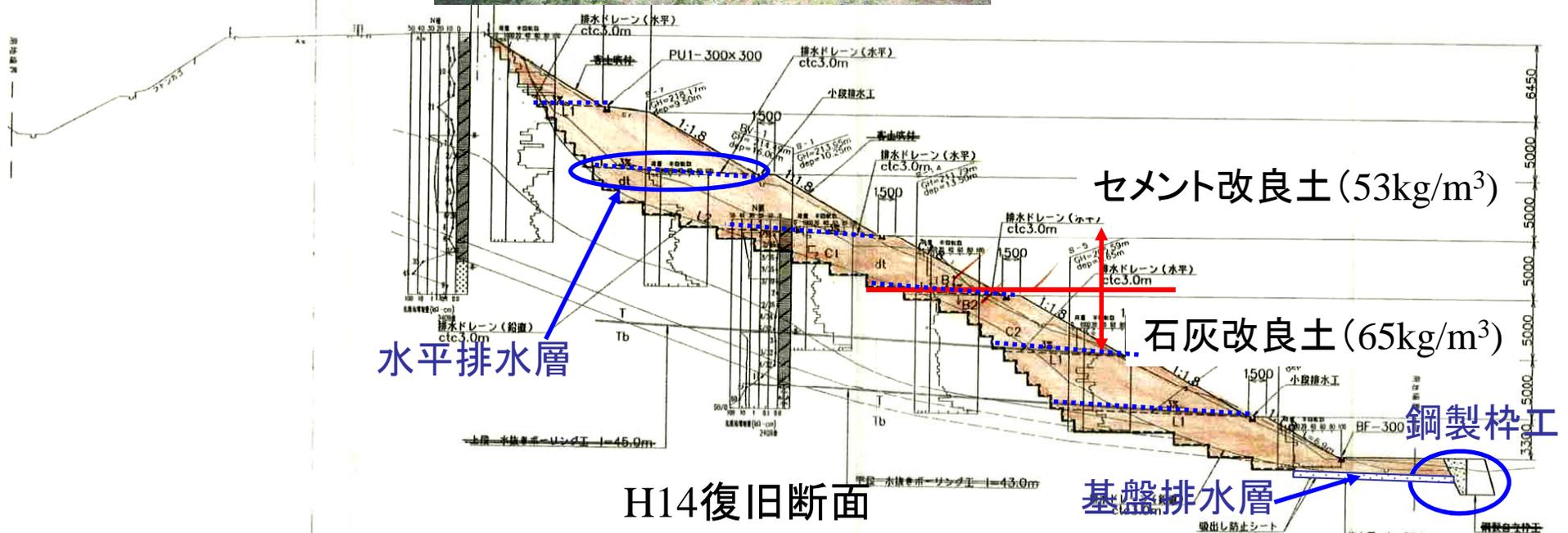
$D_c=82\%$ 、のり尻の水位を低下



・盛土内水位を低下させると耐震性は格段に向上する。

排水対策により大規模崩壊を防止した例 (能登有料道路)

H14年に降雨によりのり面が崩壊し、排水対策及び改良土を用いて復旧された盛土



道路盛土の被害の特徴

- 被害の傾向

大規模な崩壊事例は山岳部の高盛土に多く、崩壊した土はいずれも含水比が高かった。これらの被害は応急復旧が比較的長期間に及ぶ。

- 盛土材料

能登有料道路の調査結果では、盛土の材料は、細粒分40～60%程度であった。細粒分の多い盛土材を用いる場合に特に注意が必要。

東名高速道路の被害では、盛土材として使用した泥岩のスレーキングが被害の要因と考えられた。

- 盛土の締固め度

大規模な崩壊が見られた箇所の締固め度は80～90%であった。模型実験の結果から十分な締固めにより盛土の耐震性は向上する。

- 盛土内水位

山岳部盛土の崩壊事例では、盛土内の浸透水が被害の要因と推察された。能登有料道路における大規模崩落が生じた箇所においては、盛土のり尻付近において地下水位が高い傾向にあった。十分な排水施設の設置により盛土内水位を低下させると耐震性は向上する。

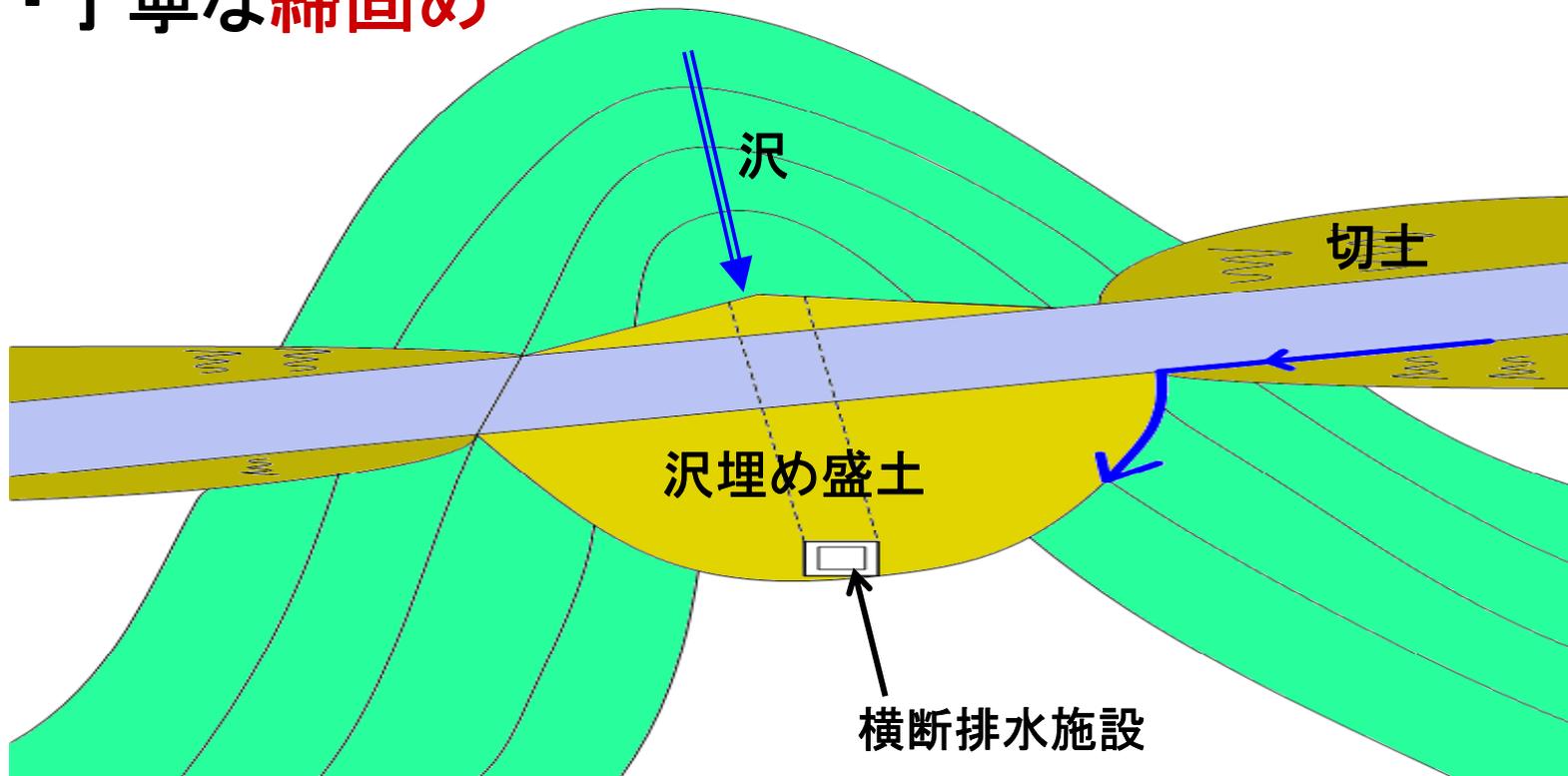
耐震性の向上のためには、基礎地盤の処理、排水処理、締固め等の入念な施工が基本

2. 耐震性の向上の考え方

- ・ 指針における地震への対応

(1) 盛土の耐震性向上 — 新設時に配慮すべきこと —

- ・十分な**排水施設** (地下排水、側溝、横断排水)
- ・**地山処理** (崖錐掘削、段切り)
- ・丁寧な**締固め**



4-3盛土の安定性の照査

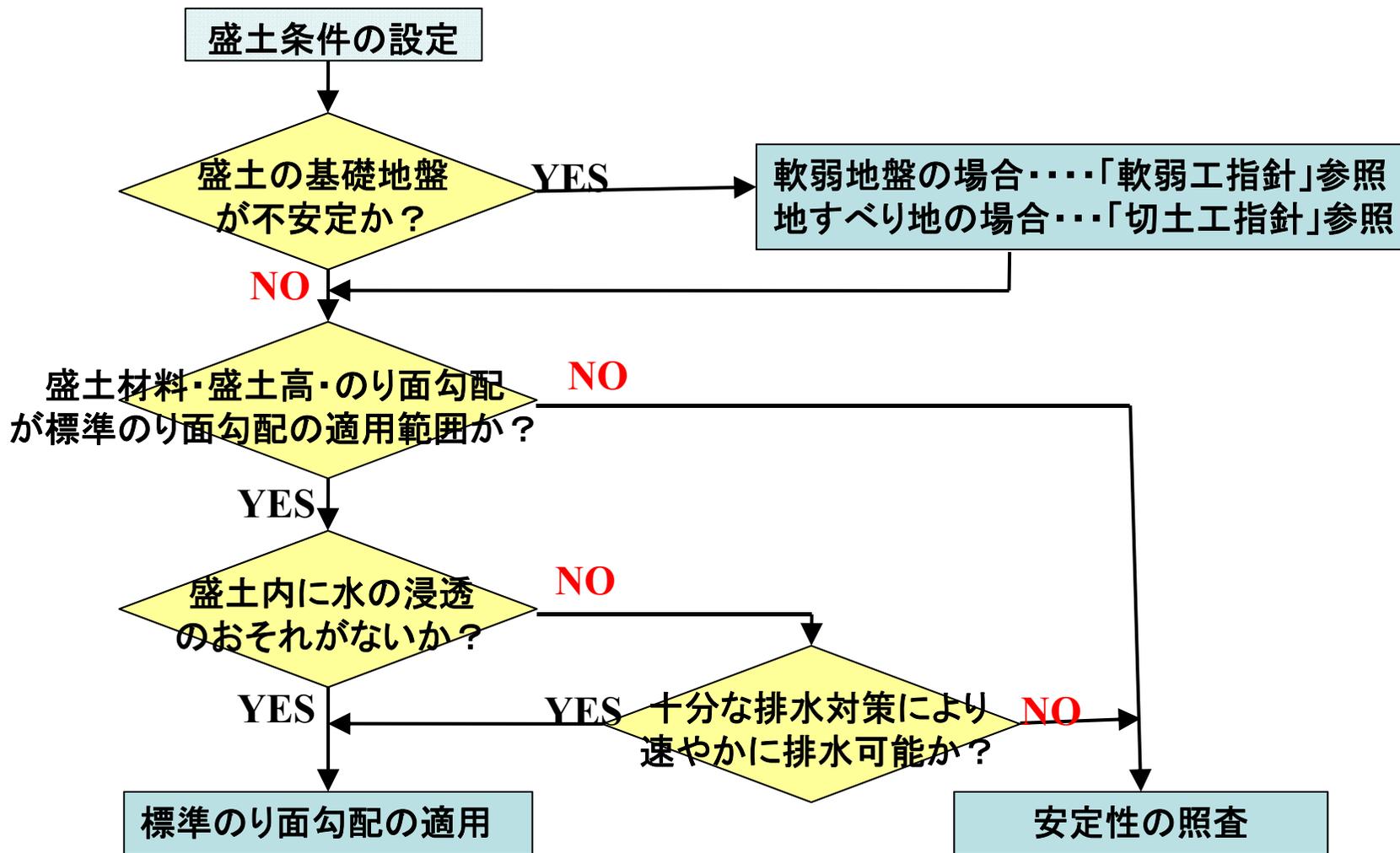
4-3-1 一般

- (1) 盛土の設計に当たっては、想定する作用に対し、盛土及び基礎地盤の安定性を照査することを原則とする。ただし、既往の経験・実績に基づく仕様に基づいて設計を行えばこれを省略してよい。
- (2) 常時の作用、降雨の作用及び地震動の作用に対する盛土の安定性の照査は、それぞれ4-3-2、4-3-3及び4-3-4に従ってよい。
- (3) 上記(1)、(2)は5章以降に示した施工、品質管理、維持管理が行われることが前提である。

【解説文】 (1) 盛土の安定性の照査の基本的な考え方
…(略)既往の経験・実績や近隣あるいは類似土質条件の盛土の施工実績・災害事例等から要求性能を満足するとみなせる仕様については、その適用範囲においてはこれを活用し、実績を大きく超える場合や、既往の事例から想定する各作用により変状・被害が想定されるような条件の場合において工学的計算を適用するよう配慮するのが現実的である。 ……(略)

(指針p.102～108参照)

解図4-3-1 盛土の安定性検討のフローチャートの例 (指針p.104)



耐震性についても十分な締固めと排水処理を前提に標準のり面勾配を適用できる盛土については省略可

4-3-4 地震動の作用に対する盛土の安定の照査

- (1) 重要度1の盛土のうち、**盛土の特性や周辺地盤の特性から大きな被害が想定される盛土については地震動の作用に対する盛土の安定性の照査を行うことを原則とする。**地震動の作用に対する盛土の安定性の照査に当たっては、**十分な排水処理と入念な締固めを前提に**、レベル1地震動に対する照査を行えば、レベル2地震動に対する照査を省略してよい。ただし、極めて重大な二次的被害のおそれのある盛土についてはレベル2地震動に対する照査を行うことが望ましい。
- (2)地震動の作用に対する盛土の安定の照査においては、地震動レベルに応じて**盛土及び基礎地盤がすべりに対して安定であること、変位が許容変位以下であることを照査するものとする。**このとき、許容変位は、上部道路への影響、損傷した場合の修復性及び周辺施設への影響を考慮して定めるものとする。
- (3) **レベル1地震動の作用に対する性能1の照査及びレベル2地震動の作用に対する性能2の照査は、地震の影響を考慮した円弧すべり法によって盛土及び基礎地盤の安定を照査することにより行ってよい。**

4-3-4 地震動の作用に対する盛土の安定の照査

【解説】

(1) 地震動の作用に対する照査の基本的考え方

- ・地震被害を防ぐには、基礎地盤の処理、排水処理、締固め等の入念な施工により対応することが基本(また、安定照査の前提条件)。
- ・重要度1の盛土のうち大きな被害が想定される盛土については安定の照査を行うのが望ましい。
- ・被害が想定される盛土としては、軟弱地盤や傾斜地盤上の高盛土、谷間を埋める高盛土、片切り片盛り部の高盛土、切り盛り境部の高盛土、著しい高盛土、過去に被災履歴のある盛土等
- ・計算結果だけに依存せず総合的に判断。

(2) ,(3) 地震動の作用に対する照査の方法

1) 照査指標と許容値 ……地震時残留沈下量

2)照査の考え方

①性能1の照査 ……地震時残留沈下量、円弧すべり安全率

②性能2の照査 ……地震時残留沈下量、円弧すべり安全率

3)照査手法 ……適切な照査手法を選定する必要がある

①安定解析手法 ……震度法+円弧すべり面法を紹介

②地震時残留変形解析法 ……代表例としてニューマーク法を紹介

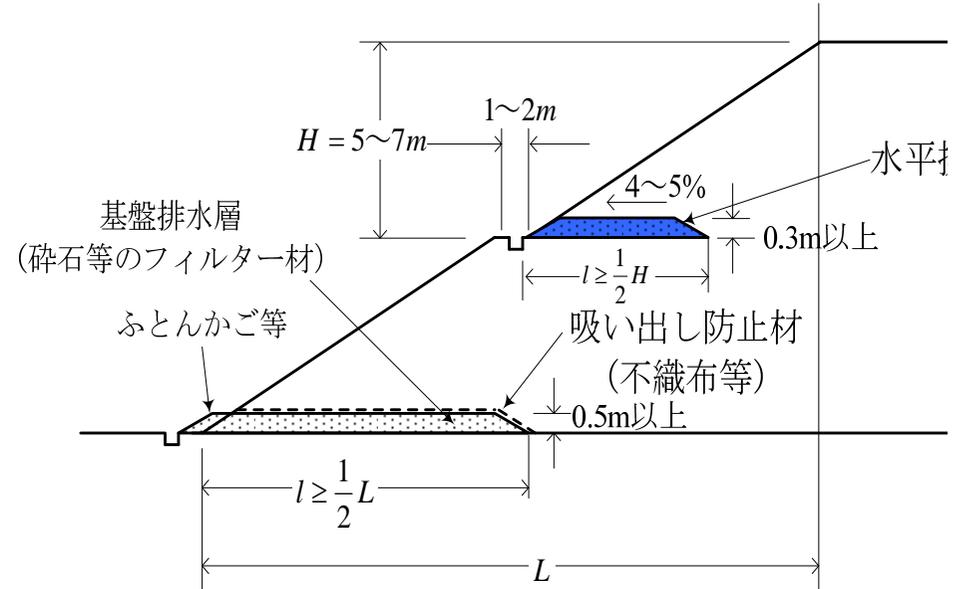
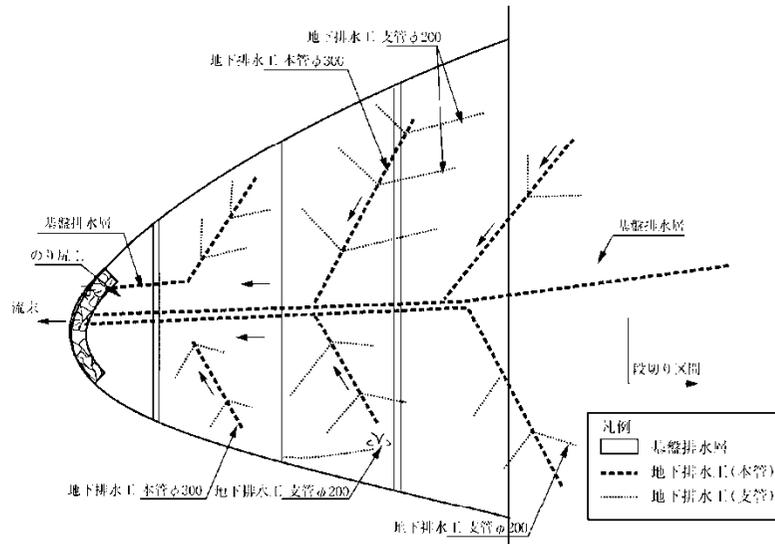
41

(指針p.119～127参照)

地下排水工の設置

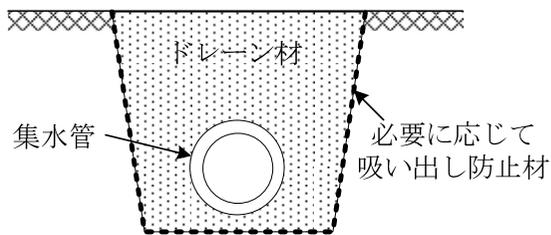
4-9-5 地下排水工

1) 地下排水溝

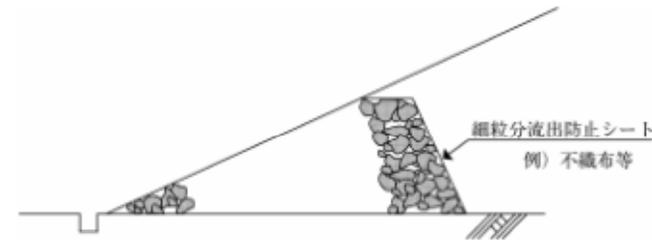


基盤排水層・水平排水層

沢埋め盛土における地下排水溝及び基盤排水層の設置例



地下排水溝



のり尻工

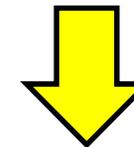
(指針p.149~178参照)

第5章 施工 締固め管理基準値の目安

解表5-4-4 (1) 日常管理の基準値の目安【路体】

区分	施工層厚	管理基準値					施工含水比
		土砂区分	締固め度Dc(%)	特別規定値Ds(%)	空気間隙率va(%)	飽和度Sr(%)	
土砂	30cm以下	粘性土	— (※1)	—	10以下	85以上	(※2)
		砂質土	90以上 (A,B 法)	—	—	—	
		40mm以上が主体	—	90以上	—	—	
岩塊	試験施工により決定	試験施工により決定					

近年の地震や豪雨による道路盛土の被災事例を踏まえ、締固めに関する記述を強化。



■ただし、本来、基準値は土質や要求性能によって変わるべきもの。

解表5-4-4 (2) 日常管理の基準値の目安【路床及び構造物との接続部】

施工部位	施工層厚	土砂区分	管理基準値		施工含水比
			締固め度Dc(%)	空気間隙率va(%)	
路床	20cm以下	粘性土	—	8以下	最適含水比付近
		砂質土	95以上 (A,B 法) 90以上 (C,D,E 法)	—	
構造物接続部	20~30cm	粘性土	—	8以下	
		砂質土	95以上 (A,B 法) 90以上 (C,D,E 法)	—	

※1回3点以上の試験を行った場合の最低値に対するもの

(指針p.211~220参照)

(2)維持管理段階における留意事項

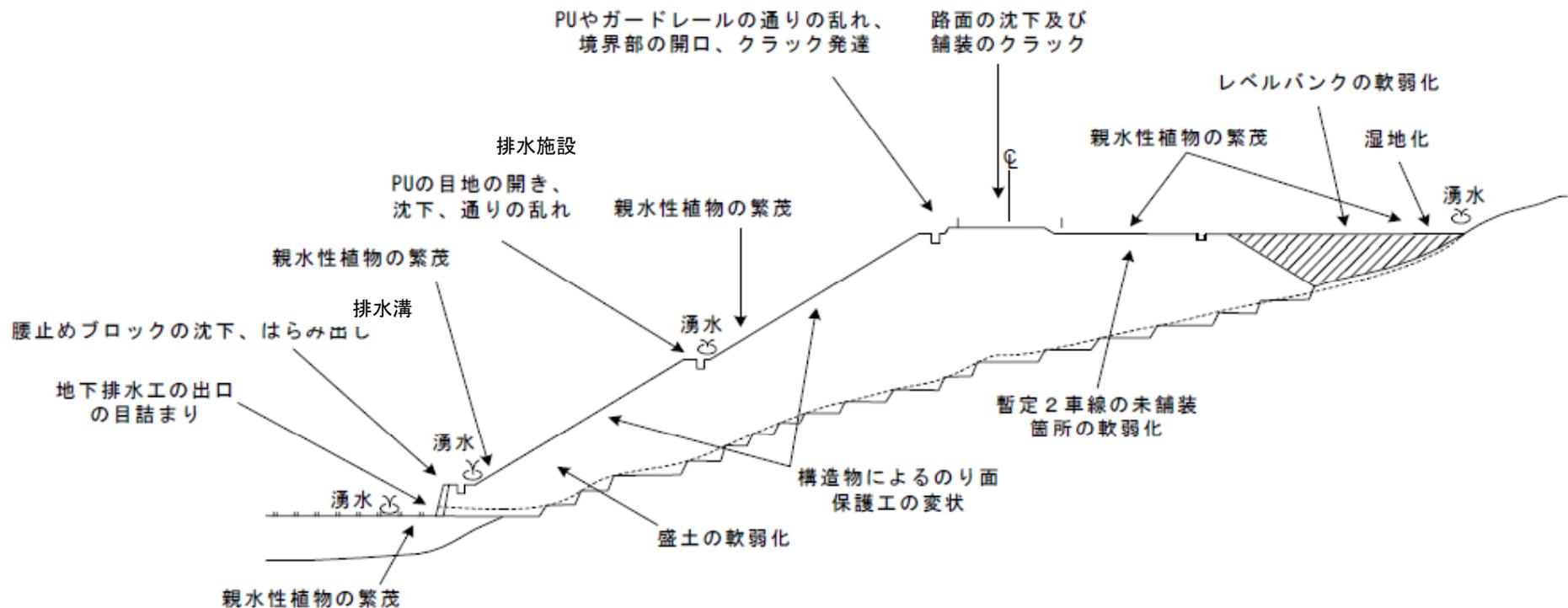
○道路盛土は、排水施設の変状・損傷や設計・施工時の想定を上回る湧水等が存在する場合には、豪雨時や地震時に崩壊等の大きな被害を受けたりすることがある。

○路面の沈下に伴う微小な亀裂や排水施設の変状・損傷等を放置していると、そこから雨水が盛土内に浸入して盛土が脆弱化し、豪雨時や地震時に大きな災害に至ることもある。

○維持管理において、盛土の微細な変状や湧水等の兆候をできるだけ早期に見出し、必要な補修・補強対策等を行うことが重要。

点検の着眼点

- 1) 路面・のり肩・のり面(のり面保護工を含む)・排水施設等の変状・損傷
- 2) のり面の湧水, 植生の状況やのり面・のり尻部の軟弱化の有無に着目



(指針p.279~281参照)

耐震点検の経緯

回数	実施時期	対象道路	点検対象施設	点検実施の主な要因・契機
第1回	昭和46年 4月	直轄国道以上（全区間） その他道路（一部区間）	橋梁、トンネル	ロサンゼルス地震（S46.2）
第2回	昭和51年 7月	直轄国道以上（全区間） その他の道路（一部区間）	橋梁、トンネル、 横断歩道橋	昭和51年の防災点検に併せて震災対策の一層の推進
第3回	昭和54年 2月	主要地方道以上（全区間） その他道路（一部区間）	橋梁、トンネル、 横断歩道橋	伊豆大島近海地震（S53.1.14） 宮城県沖地震（S53.6.12）
第4回	昭和61年 4月	主要地方道以上（全区間） その他道路（一部区間）	橋梁、トンネル、 横断歩道橋 <u>盛土</u>	浦河沖地震（S57.3.21） 日本海中部地震（S58.5.26） 長野県西部地震（S59.9.14）の各地類 と震災対策への要望の高まり
第5回	平成3年 5月	主要地方道以上（全区間） 一般県道（下記の区間） ・DID地区内 ・東海地震対策強化地域 ・南関東地域 市町村道（一部区間）	橋梁、トンネル、 横断歩道橋 <u>盛土、共同溝</u>	道路の耐震性の一層の向上
第6回 （「道路防災総点検」として実施）	平成8年	高速自動車道・首都高速道路・阪神高速道路 本州四国連絡道路および有料道路を含む一般国道 都道府県道 主要な市町村道	橋梁、トンネル、 横断歩道橋 <u>盛土、共同溝</u> 掘割道路 開削トンネル 擁壁 ロックシェッド スノーシェッド	兵庫県南部地震（H7.1.17） 防災カルテの導入

降雨を対象としてH17盛土のり面の緊急点検、H18フォローアップ点検を実施
現在東名の被災を受け「盛土のり面緊急点検」を実施中

盛土のり面の緊急点検

1. 点検対象となる道路

・ 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社、首都高速道路株式会社、

阪神高速道路株式会社及び本州四国連絡高速道路株式会社の管理する有料道路

・ 一般国道(国が管理する指定区間の国道)

2. 点検の対象(以下の条件の全てに該当する盛土)

・ スレーキングしやすい岩質材料が用いられている可能性のある盛土

・ 沢埋め部等の水の集まりやすい地形条件に造成された盛土

・ 盛土のり尻から測った盛土高が10mを上回る盛土

3. 点検の内容

[1] 現地踏査

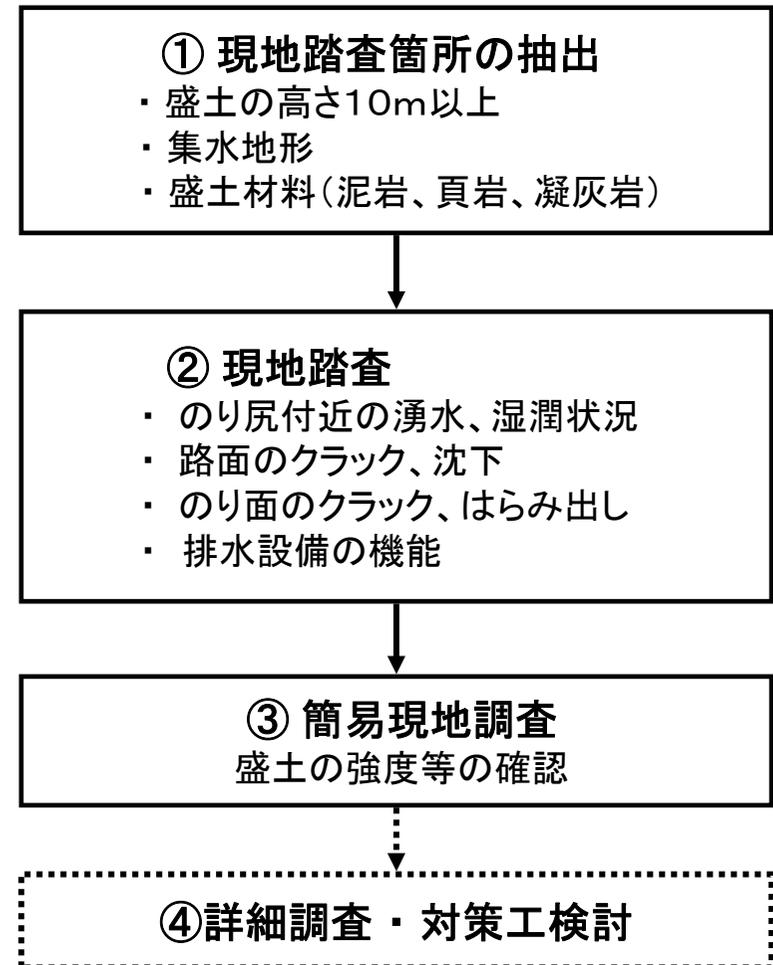
盛土のり面に湧水がないか、平常時及び降雨後に確認を実施。

[2] 簡易現地調査

現地踏査により湧水が確認された盛土について、盛土の強度及び地下水位を確認。

(のり尻から高さ2mの箇所
で簡易動的貫入試験及び試験孔を利用した水位観測を実施)

今回の調査結果を踏まえ、必要に応じて、詳細な調査又は継続的な観察を実施。

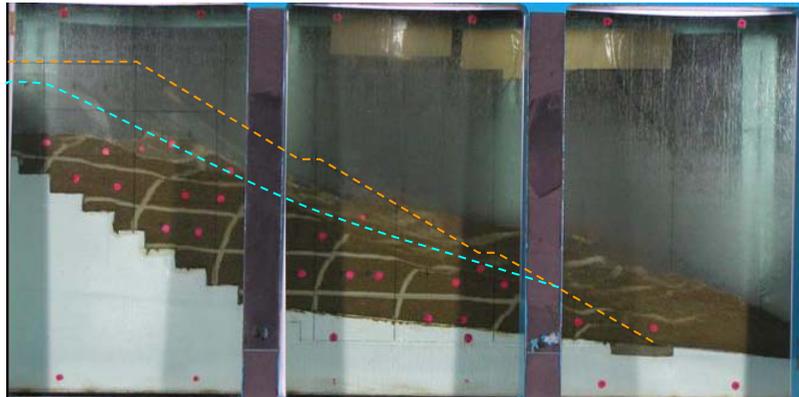


盛土補強の考え方

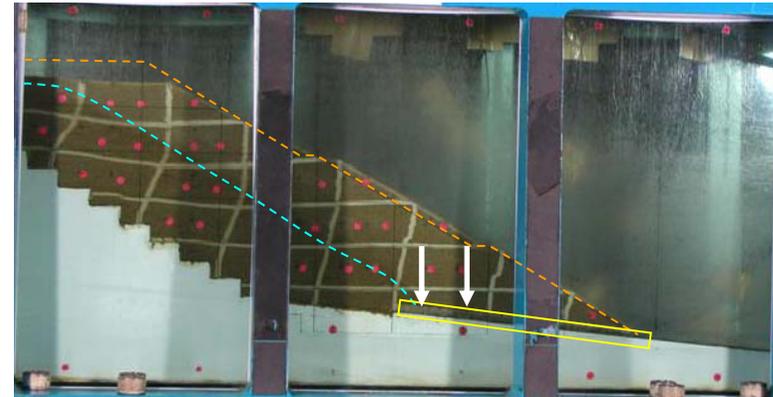
- a) 地盤が軟弱，特にゆるい砂質地盤の場合
締固めなどの地盤改良により地盤破壊を防止する，または矢板＋タイロッドのように地盤破壊による変形を拘束する。
- b) 地下水が盛土または地盤に浸透・集水しやすい箇所
地下排水工等により地下水位を低下させる。また，のり先に蛇かご(ふとんかご)を設置する。
- c) 傾斜が急な地盤
土圧に抵抗することのできる構造物形式の土留対策を施す
(コンクリート擁壁，井げた組擁壁，杭(深礎杭)＋アンカー工，のり枠工＋アンカー工等)。

「道路震災対策便覧(震前対策編)」より

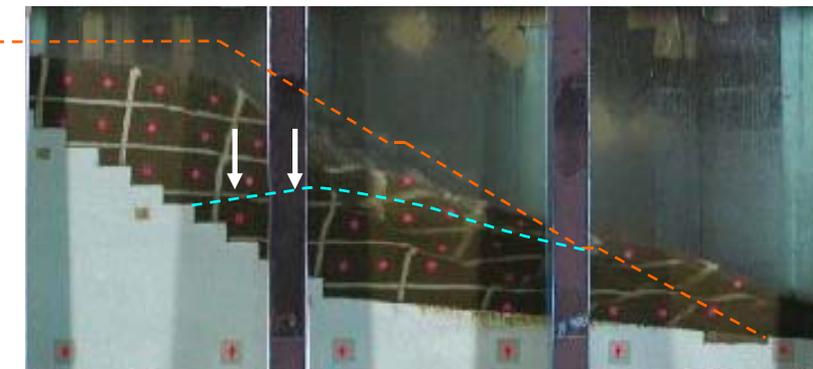
模型実験の結果(排水対策等の効果)



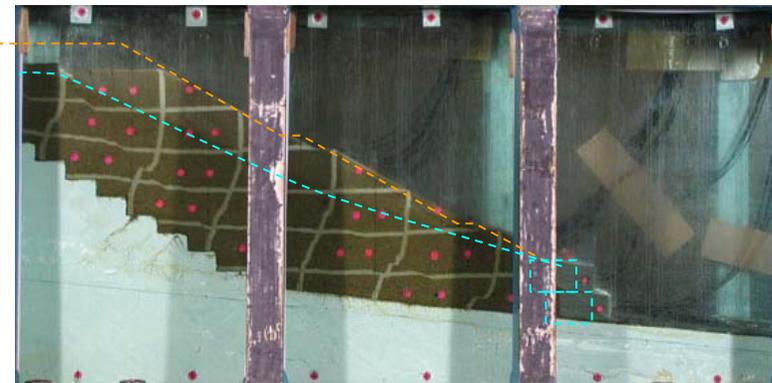
$D_c=82\%$ 、無対策



$D_c=82\%$ 、のり尻の水位を低下



$D_c=82\%$ 、盛土背面の水位を低下



$D_c=82\%$ 、のり尻ふとんかご設置

盛土のり尻付近の水位を低下させる、あるいはのり尻部にふとんかご等を設置することで、大規模な崩壊を防止することが可能。
既設盛土の対策としては、排水ボーリング、のり尻ふとんかご等の設置あるいは両者の併用が基本。

排水対策の例



ふとんかごの設置



排水ボーリングの打設



盛土の耐震性についてのまとめ

(被害の実態)

- ・地震被害が多いのは、地下水(浸透水)の影響
- ・盛土の締固め、地山処理にも課題がある可能性

(被害のメカニズム)

- ・広義の液状化による
- ・盛土の締固め度が低いと流動性崩壊に至ることもある。

(被害の防止・軽減のために)

- ・盛土新設の際には、十分な締固め、地下排水施設の設置、地山の処理
- ・既設盛土については、常時の変状履歴、水の浸出状況、簡易な土質調査等により要注意盛土を抽出し、対策は地下排水孔、ふとんかご・蛇かごなど。

盛土の耐震設計

「震度法」とは？

1. 下図のような盛土があったとする。



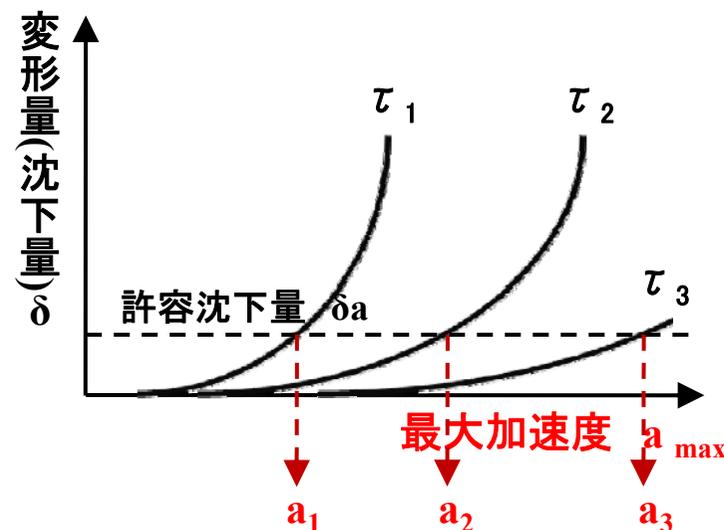
2. 締固め度、すなわちせん断強さの異なる3つのケースを想定する。

$$(\tau_1 < \tau_2 < \tau_3)$$

3. これに下図のような地震動が作用することを想定する。



4. 地震動による盛土の被災度(変形量)は以下のようなになる。



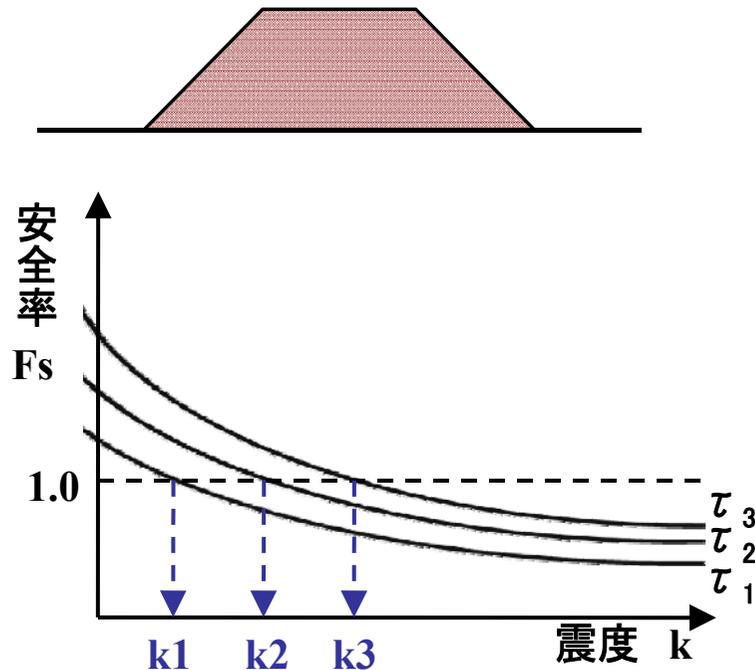
◎盛土のせん断強さ(τ)が大きいほど、地震動による沈下量(δ)は小さくなる。

◎盛土のせん断強さ(τ)が大きいほど、所定の許容沈下量(δa)を生じさせる限界加速度(a)は大きくなる。

盛土の耐震設計

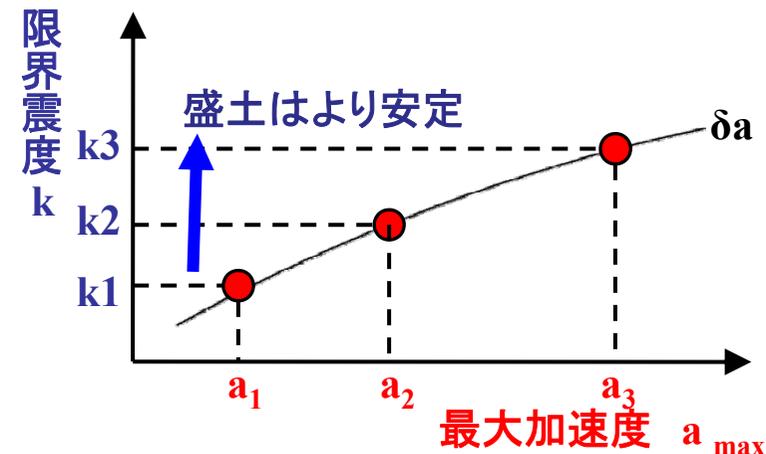
「震度法」とは？

5. 先に示した下図の盛土を震度法すべり面計算法により安全率を計算すると下図のようになる。



- ◎盛土のせん断強さ(τ)が大きいかほど、 $F_s=1.0$ となる限界震度(k)は大きくなる。

6. この盛土に許容沈下量(δa)を生じさせる限界加速度(a)と、すべり安全率 $F_s=1.0$ となる限界震度(k)との関係を求めると下図が得られる



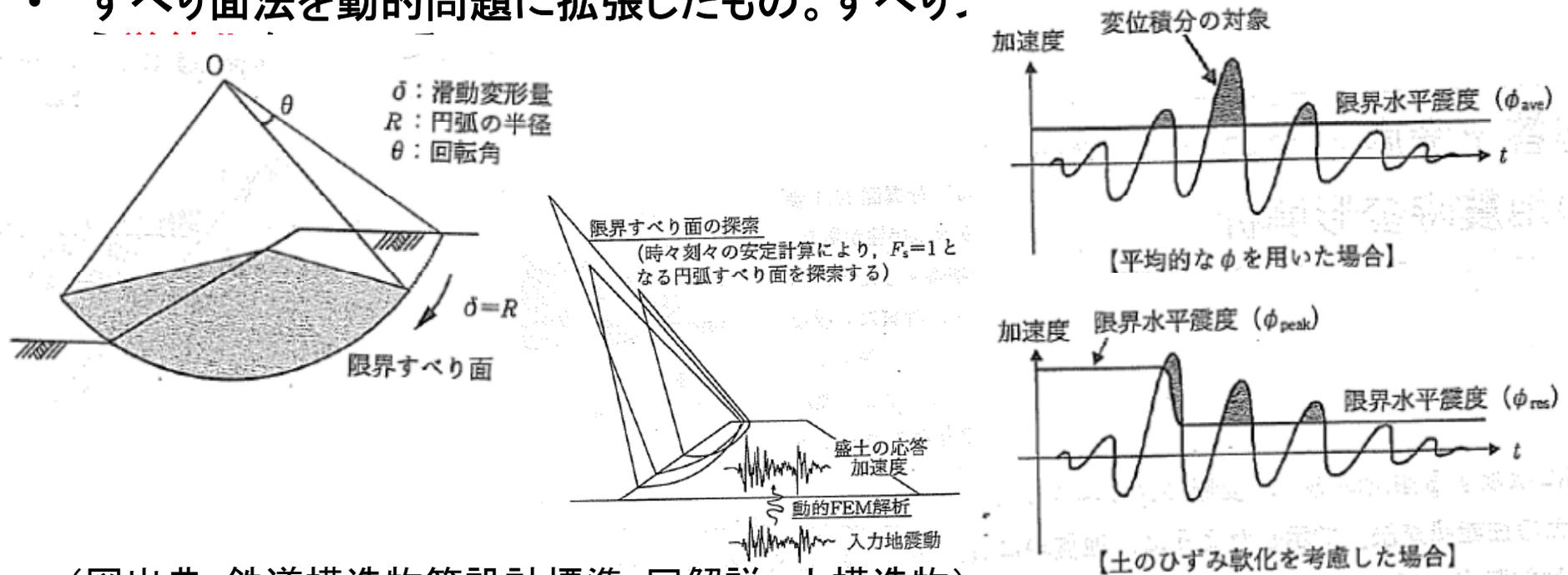
- ◎限界震度(k)と限界加速度(a)の関係は、安全率計算式やせん断強さのとり方に依存する経験的なものである。このため、「逆算震度」とも呼ばれる。

(指針p.304～307参照)

盛土の耐震設計

「ニューマーク法」について

- 正確には「ニューマークのすべりブロック法」(Newmark's sliding block model)
- すべり面法を動的問題に拡張したもの。すべり



(図出典: 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物)

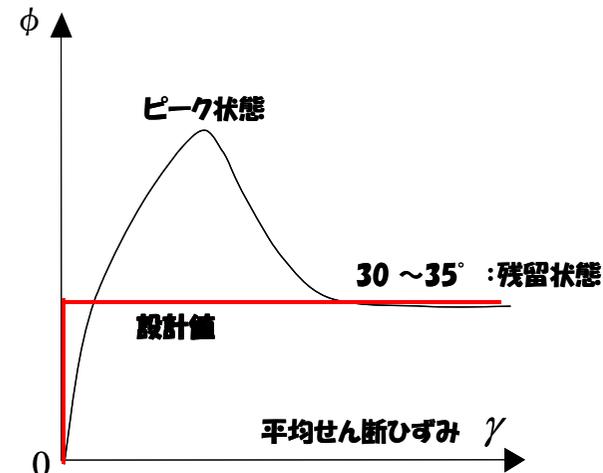
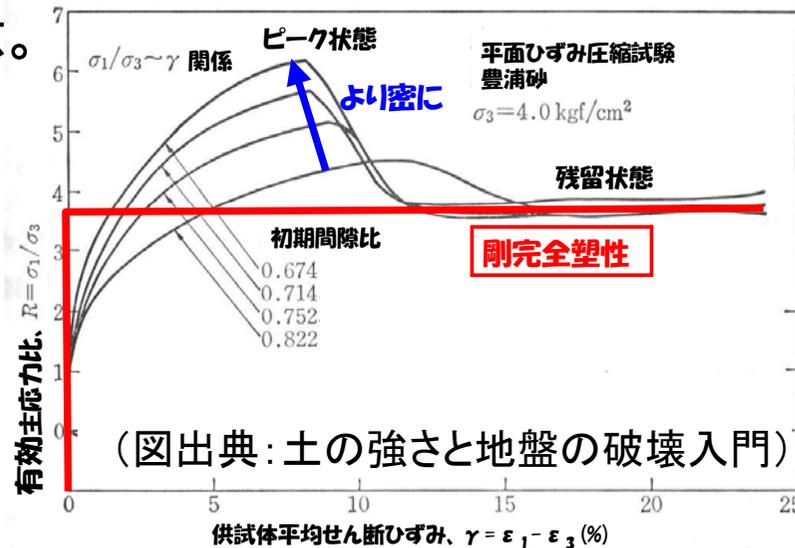
- 土のせん断強さが繰返し载荷などにより大きく変化しない場合に、近似的に適用できる。したがって、飽和土で繰返し载荷により顕著な剛性低下・強度低下

オズレニカ場合(典型的には流石ル)には適用できない、(指針p.119~127参照)

盛土の耐震設計

「ニューマーク法」について

- 土を三軸圧縮せん断した場合に、ピーク応力が発生する場合と発生しない場合がある。これを剛完全塑性モデル化する場合に、どの応力レベルをとるかは悩ましい。
- 特にピーク応力が生じるとき、降伏応力をピーク応力にとれば強度の過大評価、残留応力にとれば過小評価となる。
- この場合、剛完全塑性モデルでなく、すべり変位に応じてピーク応力から残留応力に連続的に変化させるモデルが龍岡・古関により提案されている。
- ただし、土の強度定数の設定により結果は大きく変動し得ることに留意する必要あり。 締固め程度、飽和・不飽和、破壊包絡線の描き方によるcの変動などに注意。



(指針p.119~127参照)

道路盛土の施工の実態

道路土工に関する講習会
盛土工指針分科会

本日の説明内容

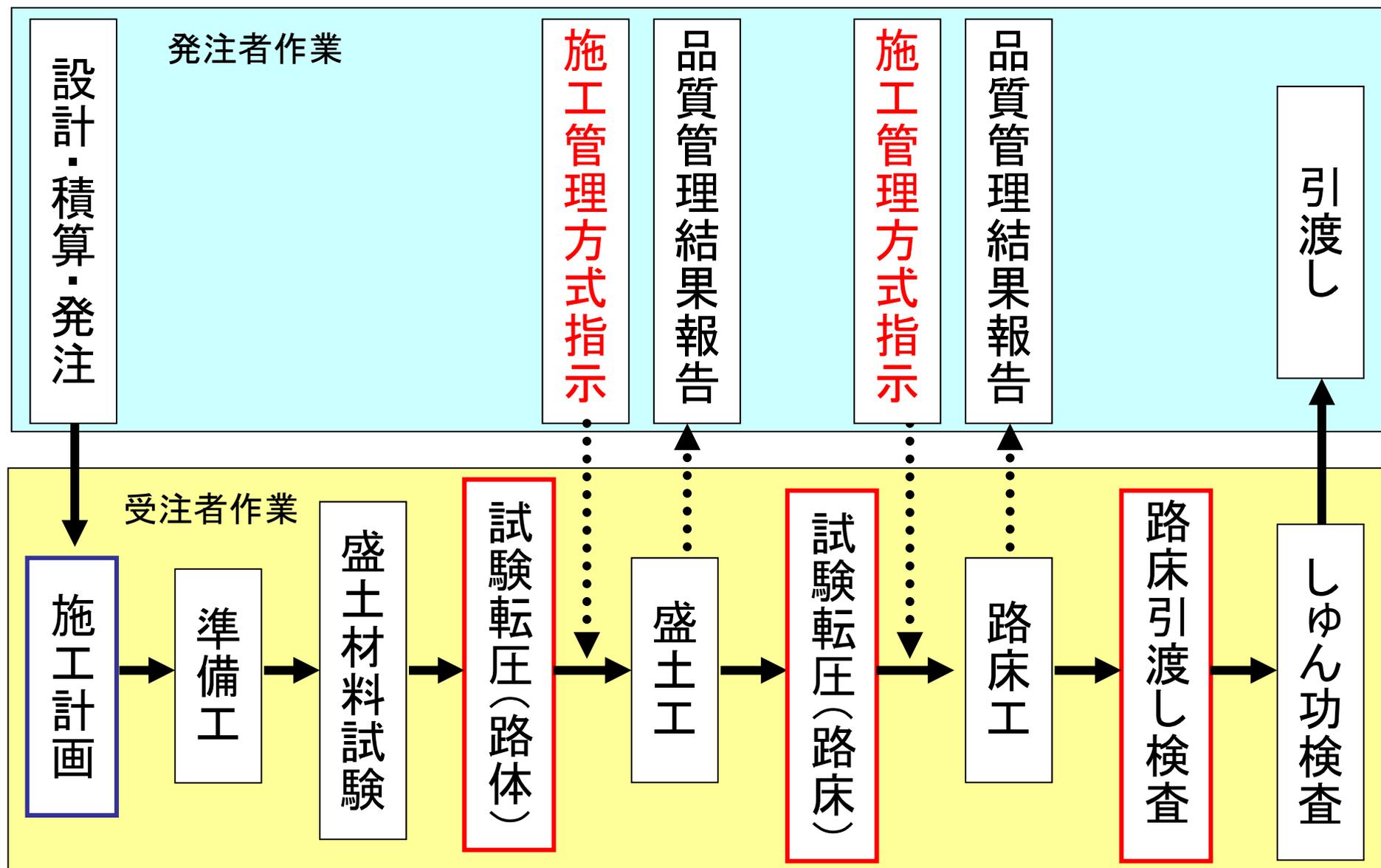
高速道路における盛土施工の実態について紹介

- ①盛土の品質管理方法
- ②締固めの試験施工
- ③締固めの実態
- ④R I 法
- ⑤構造物接続部の締固めの検証
- ⑥排水工の実施例

① 盛土の品質管理方法

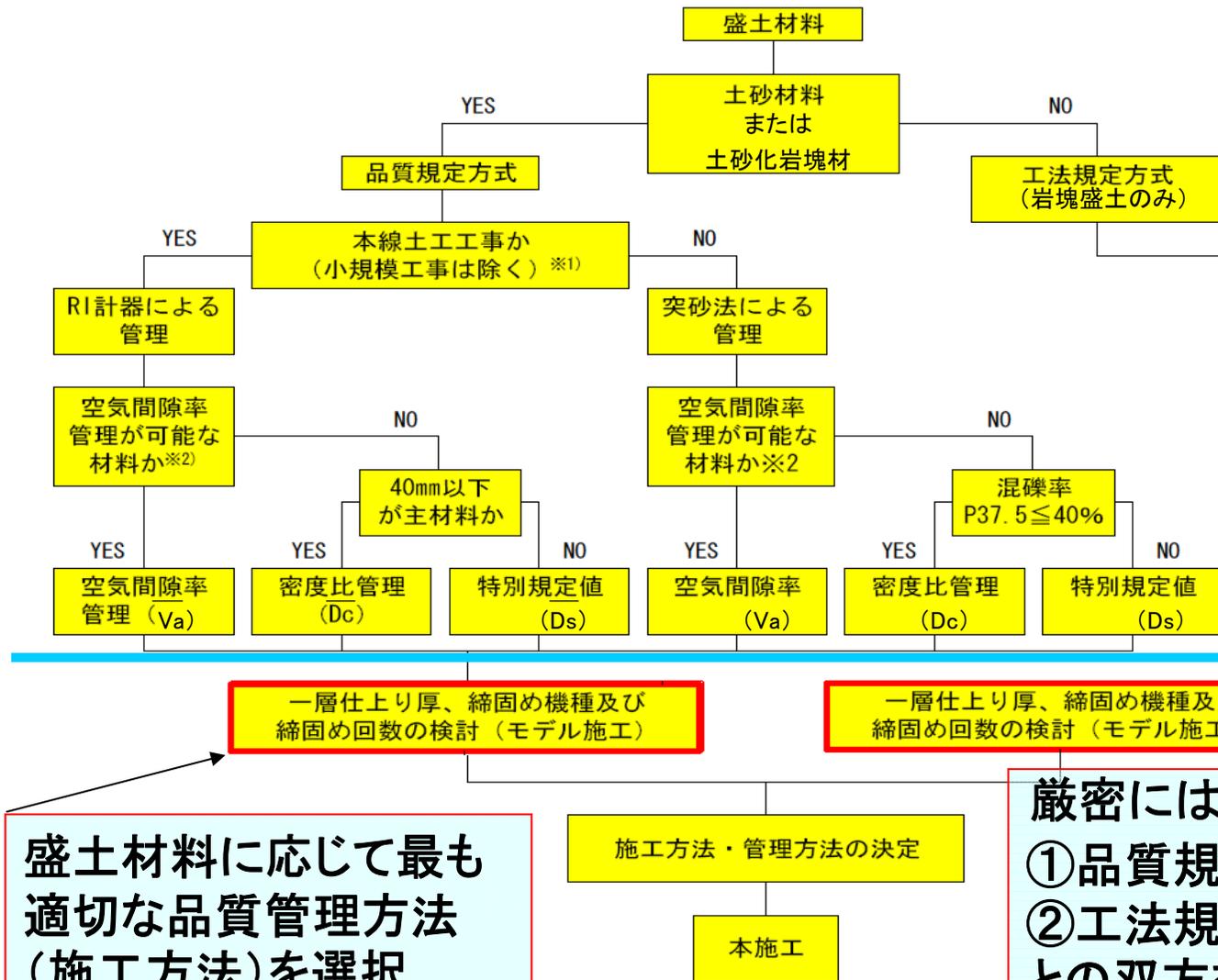
土工工事の作業フロー

切土盛土工事



NEXCOの品質管理方法

(土工施工管理要領により規定)



ここまでのフロー
は一般論
(これで一律品
質管理方法が決
まる訳ではない)

盛土材料に応じて最も
適切な品質管理方法
(施工方法)を選択

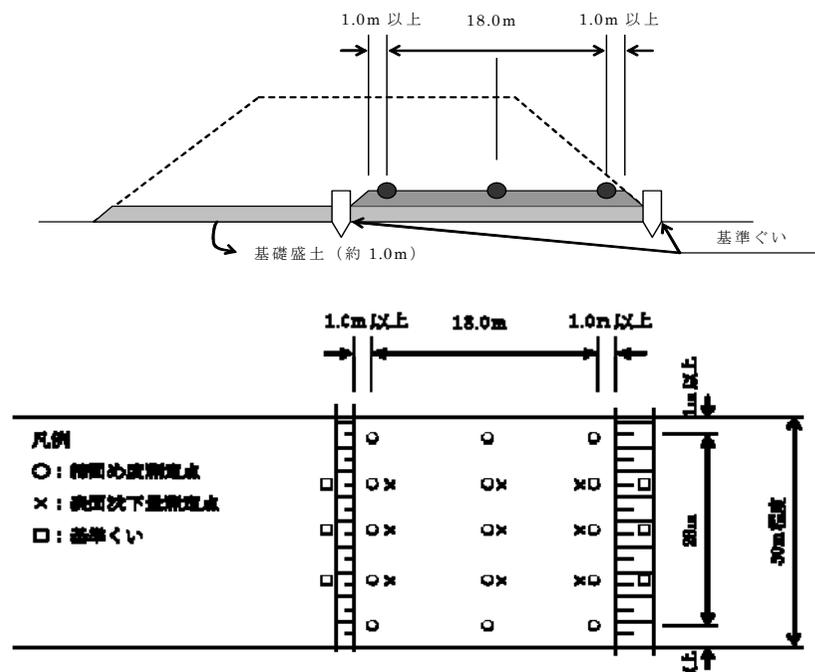
厳密には、
①品質規定方式(管理基準値)、
②工法規定方式(施工方法を)
との双方を確保する

盛土工指針においても、①品質規定方式と②工法規定方式を記載しています。
(指針p.216～227参照)

② 締固めの試験施工

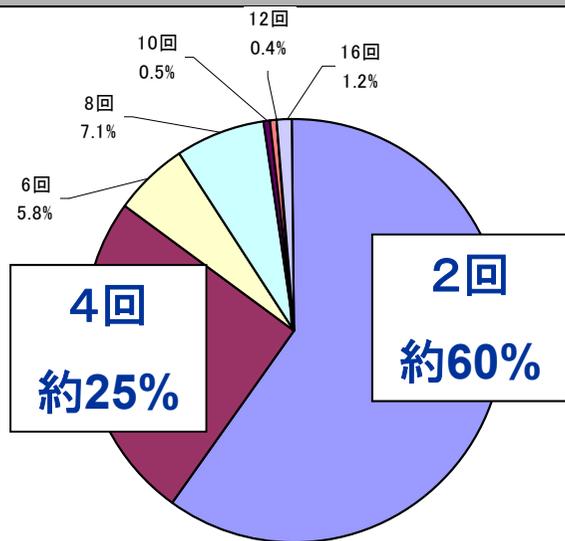
締固めの試験施工（モデル施工）

- ① 試験施工は、一層の仕上り厚、締固め機種および締固め回数、品質管理方法、管理基準値の検討をおこなう。
- ② さらに、オペレーターや作業員にいたるまで徹底して作業体制を習得させるとともに、現場技術者には品質管理の要点を把握してもらうことを目的に実施されます。
(NEXCO土工施工管理要領より)

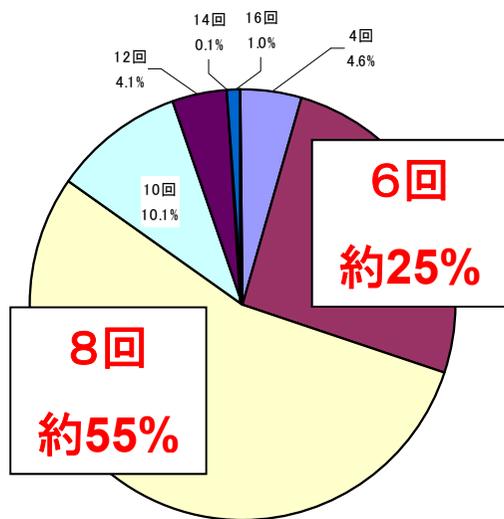


試験施工は、設計で想定した盛土の要求性能を確保できるかを事前に把握するため、あるいは設計で想定した盛土の要求性能を確保できる施工条件を定めるために実施するものである。(指針p.73～参照)

試験施工の実態

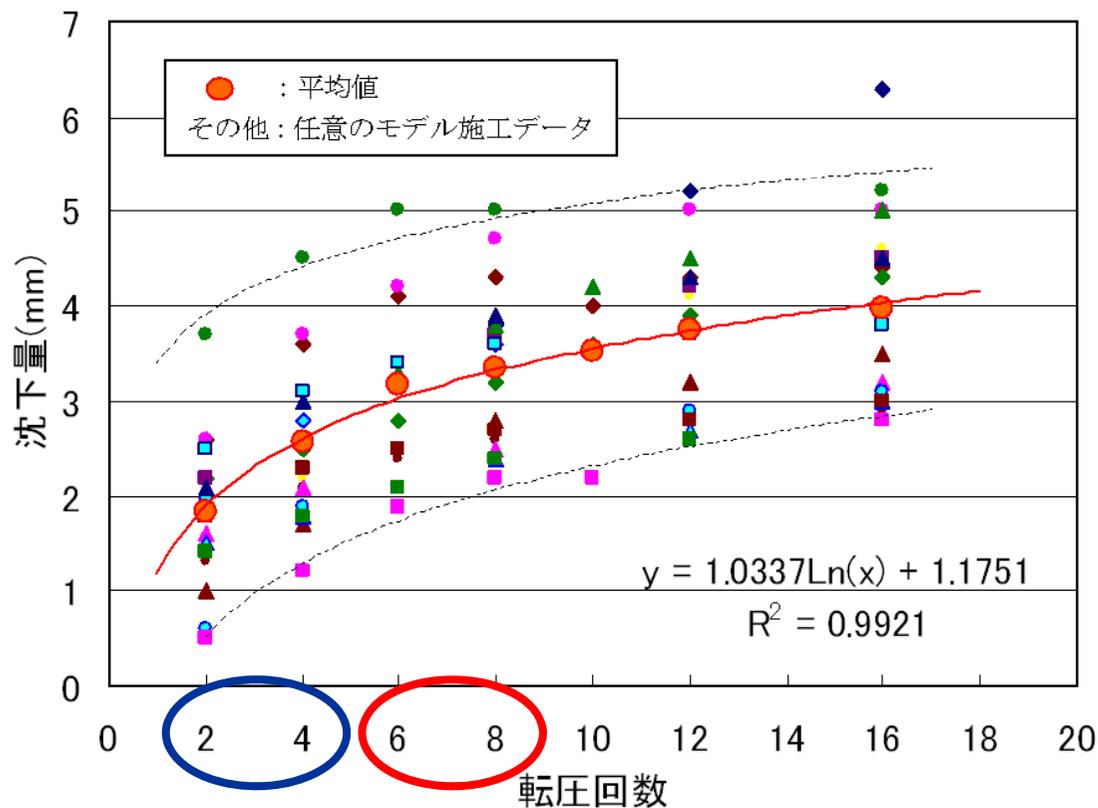


Dc=90%を確保できる転圧回数



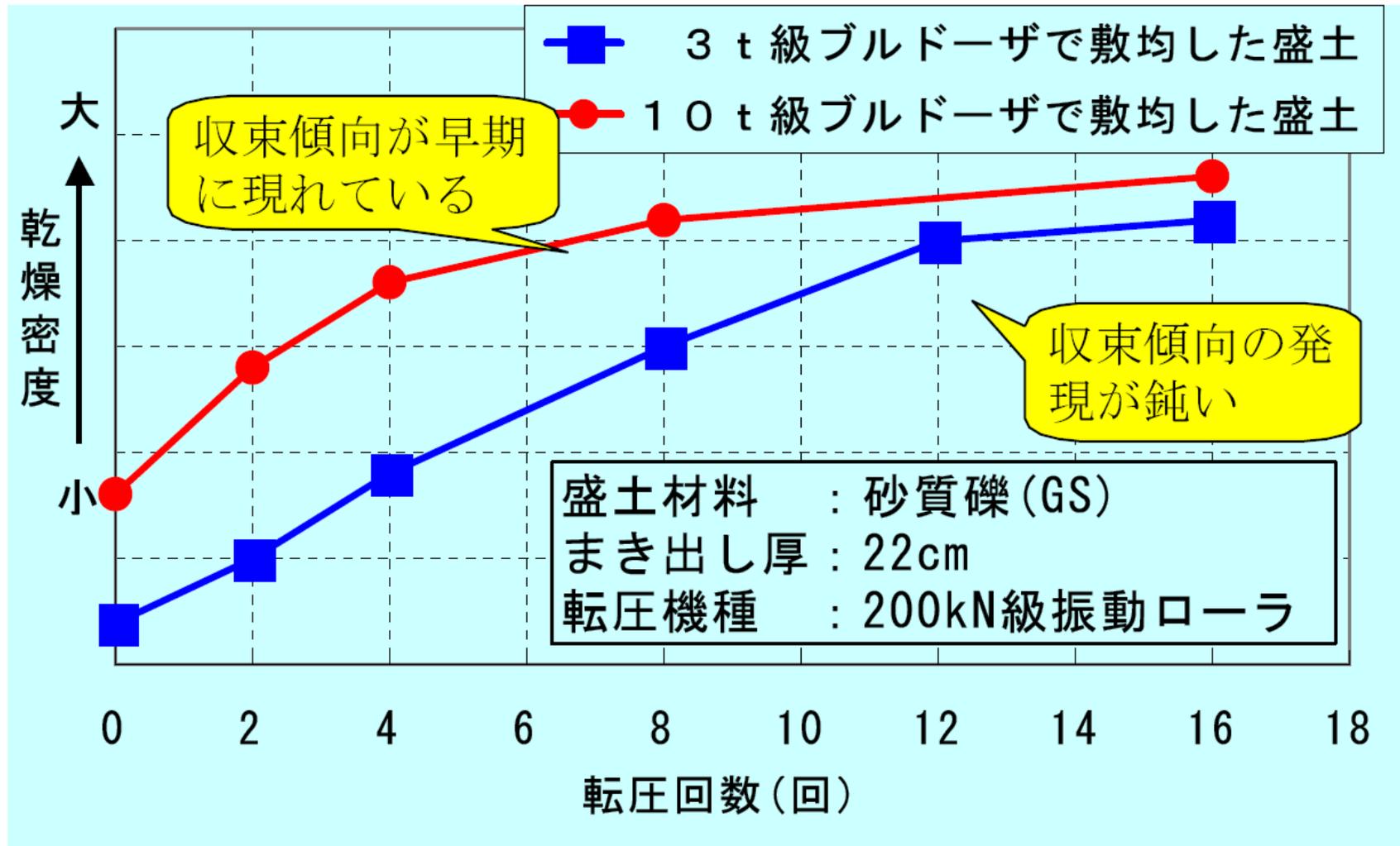
実際に指示している転圧回数

着眼点は、沈下の収束を確認することにある



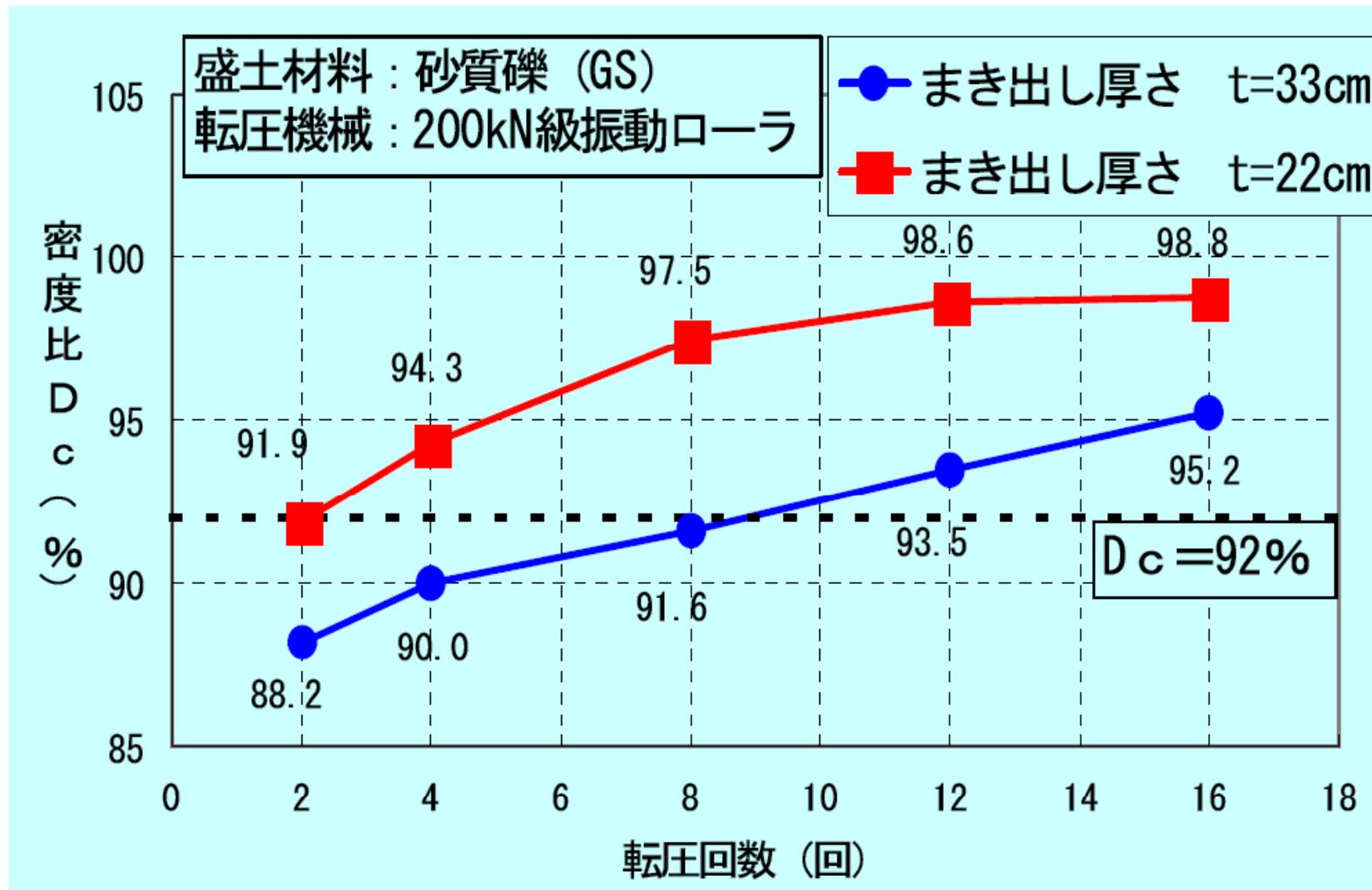
路体品質管理の留意点

敷均し: 材料と敷均し機械(能力)の組合せ



路体品質管理の留意点

まき出し厚さ：できるだけ薄層で締固める⇒品質向上



試験施工(モデル施工)を踏まえた指示事項

① 転圧機械:十分な締固めができる機械選定(施工規定)

盛土材料の物性に応じて選定(200kN級振動ローラが基本)

② 転圧回数:締固め度を確保すること(施工規定)

転圧による沈下が収束すること

③ 品質管理方法:密度比管理か空気間隙率管理

または,双方の併用(品質規定)

④ 管理基準値:最大乾燥密度等の物性値の妥当性

室内試験と現地材料との相違(品質規定)

⑤ 敷均し厚:仕上がり厚30cm以下となる厚さ(施工規定)

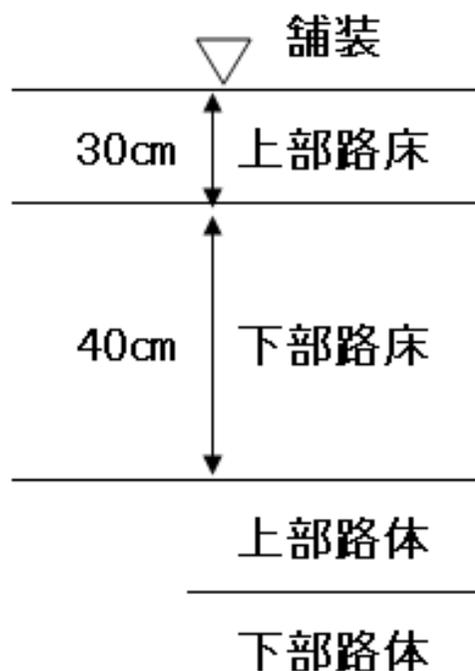
締固め度90%以上を確保さえすれば良いという訳ではない

③ 締固めの実態

高速道路での盛土の締固め管理基準

■密度比(Dc)の例

【盛土の構成】



		管理基準値 密度比(RI計器)	締固め方法 の種類
路床	上部路床	97%以上	(E法)
	下部路床	92%以上	
路体	上部路体	92%以上	(B法)
	下部路体	92%以上	

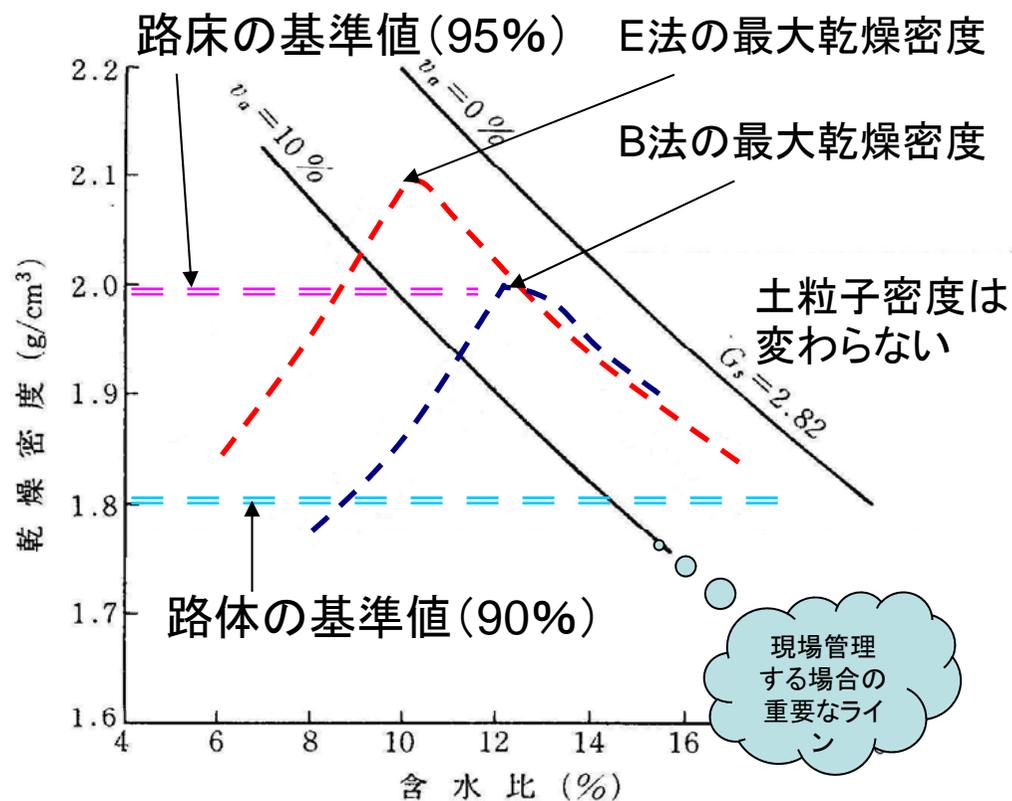
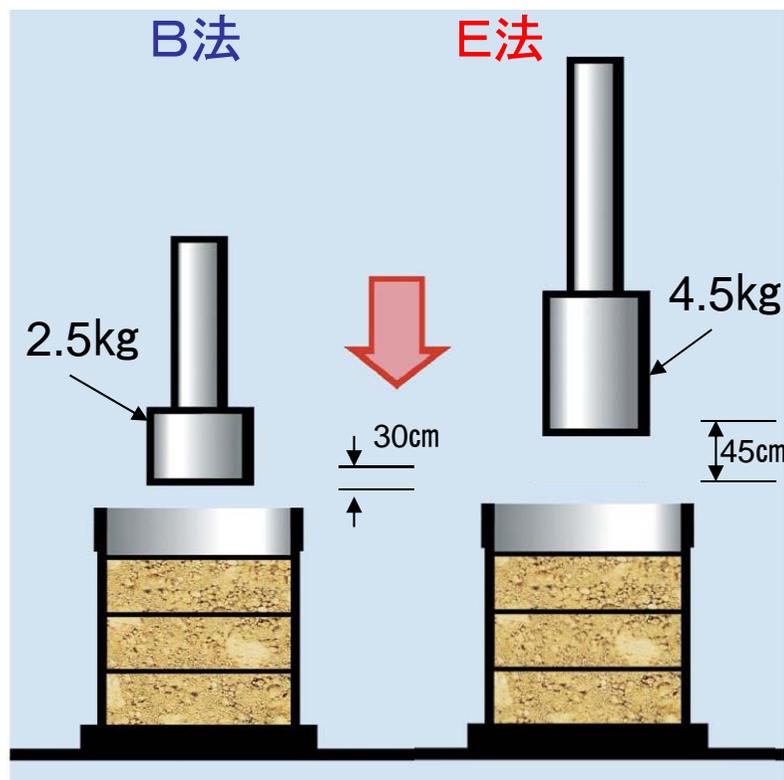
■上部路床 仕上がり面の基準を設定
⇒たわみ測定基準 5mm以下

※路床材が良質な場合の例

(方法:プルーフローリングなど)

盛土工指針においては、締固め管理基準値の目安を記載しており、重要度の高い盛土等においてはその目安にとらわれず、より適切な管理基準値を採用することを検討するのが望ましいとしています。(指針p.218~219参照)

【おさらい】 突固め試験・JHS (JIS A 1210)



呼び名	ランマ重量	突固め回数/層	落下高さ	エネルギー	最大粒径	適用
B法	2.5kg	55回	30cm	1Ec	37.5mm	路体
E法	4.5kg	92回	45cm	4.5Ec	37.5mm	路床・裏込め

同じ締固め度100%でもエネルギーは4.5倍異なる

③ 締固めの実態

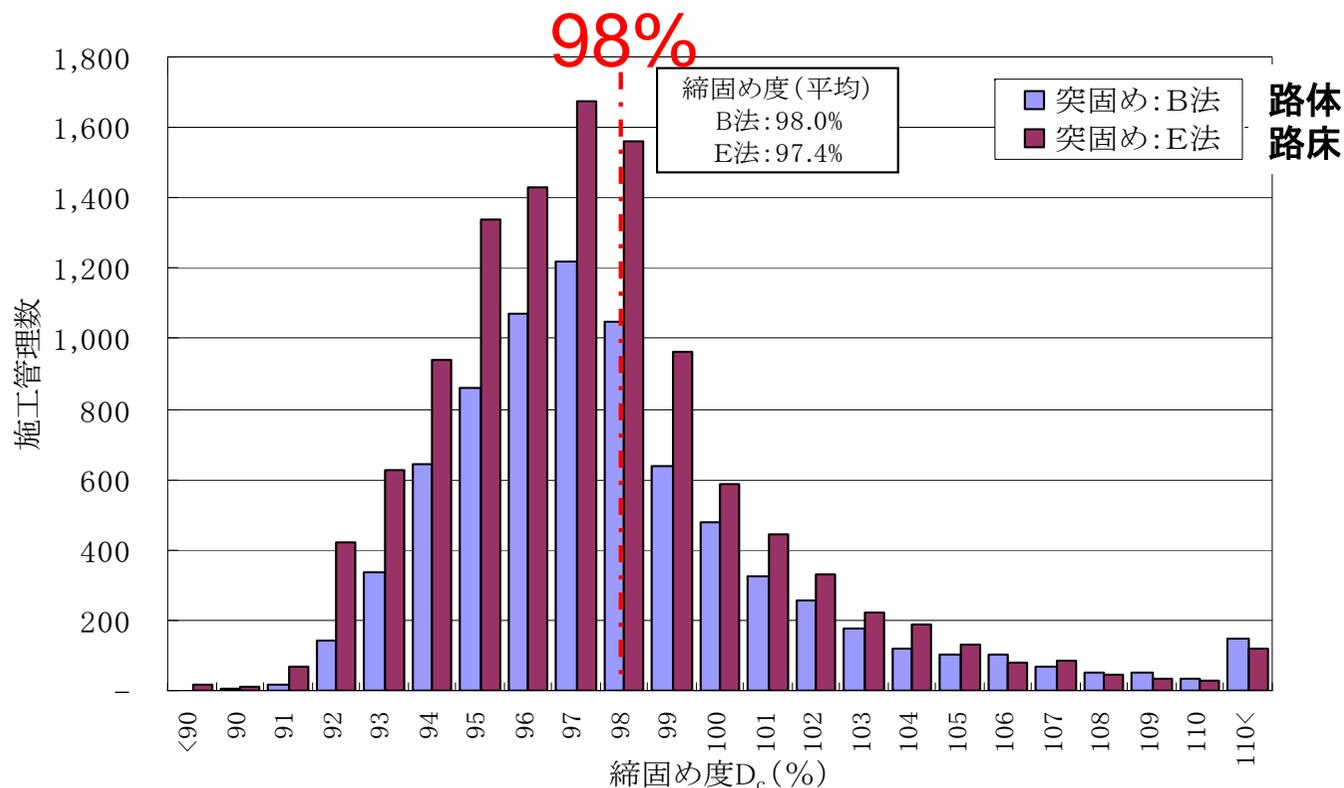
締固め(日常管理)の実態

- 高速道路の盛土締固め・日常管理試験データ
- 日常管理試験：透過型RI計器、施工箇所一層ごとに
1日15点(路体・路床の場合)
- 期間：2004年11月～2008年6月(3年7ヶ月)
- 115工事 日常管理記録42,897データ
(うち、密度比管理：19,245データ、94工事
空気間隙率管理：7,643データ、58工事)

密度比管理

19,245データ、94工事

- ① NEXCOでは、最大粒径40mm以下でかつ細粒分含有率が20%以下の場合に、密度比管理を適用します。
- ② データ整理の結果、平均密度比は、路体部でB法の98%、路床部でE法の97.4%であり、どちらも**98%程度の締固め度を有していました。**
- ③ また、**路体はB法の平均管理基準値92%を大きく上回っており、実際に構築した現場の盛土締固め度は非常に高く、適切であることが確認できた。**



④ 土の現場密度測定
RI計器による方法

盛土品質管理(締固め管理)の変遷

盛土品質管理手法

1956

1987

2001

200?

砂置換法(突き砂法)

(点管理)



R I 法

(平均値管理 15点/層・日)

GPS 法

(全面管理: 転圧回数管理)

GPS



ローラー-加速度応答法

(路床: 面的管理・強度管理)

加速度計



締固め機械

20t級タイヤローラー

200kN級振動ローラー

200kN級振動ローラー
300kN級振動ローラー(厚層施工)

砂置換法(突き砂法)

点管理

1点/日



従来法:

- ① **時間がかかる** → 試験結果を即時に品質管理に反映できない
- ② **点での管理であり、より高い品質管理が望まれた**

RI法

多点・平均値管理



試験手順

打込み棒、ハンマーを用いて、線源棒挿入用の孔をあける。



挿入孔にRI計器を設置する。



RI法による盛土の密度、水分量の測定を実施する。

- ① 短時間の測定で結果が得られ、即時に品質管理に反映できる
- ② 測定値に個人誤差がほとんどない
- ③ 非破壊測定であり、同一箇所でも繰り返し測定ができる
- ④ 多点管理が可能となり、ある程度面的な管理ができるようになった

RI計器の導入

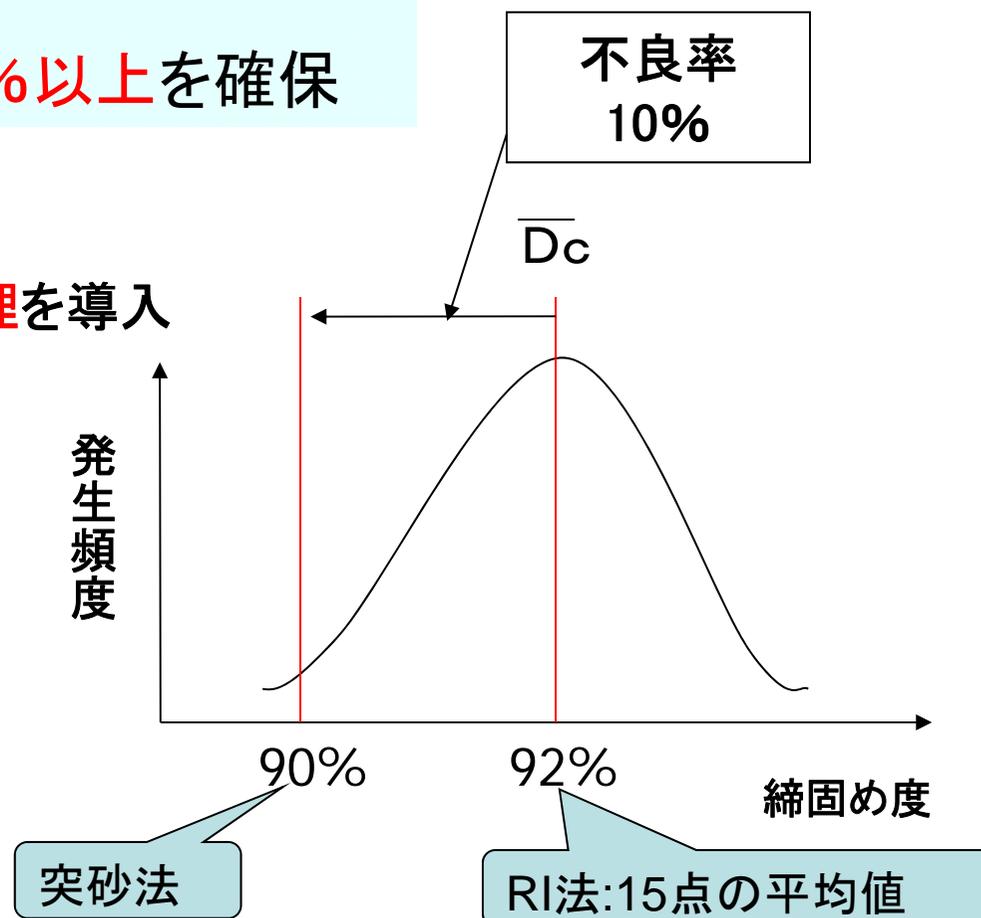
高速道路では、大規模土工への対応を踏まえ、盛土の品質管理に必用な締固め度(Dc、Va)を得るために昭和60年頃からRI計器による計測を導入しています。

突砂法・・・1点で全て90%以上を確保

RI法・・・15点で平均値が92%以上を確保

RI計器により多点管理が可能

15点測定を導入により、**平均値管理**を導入



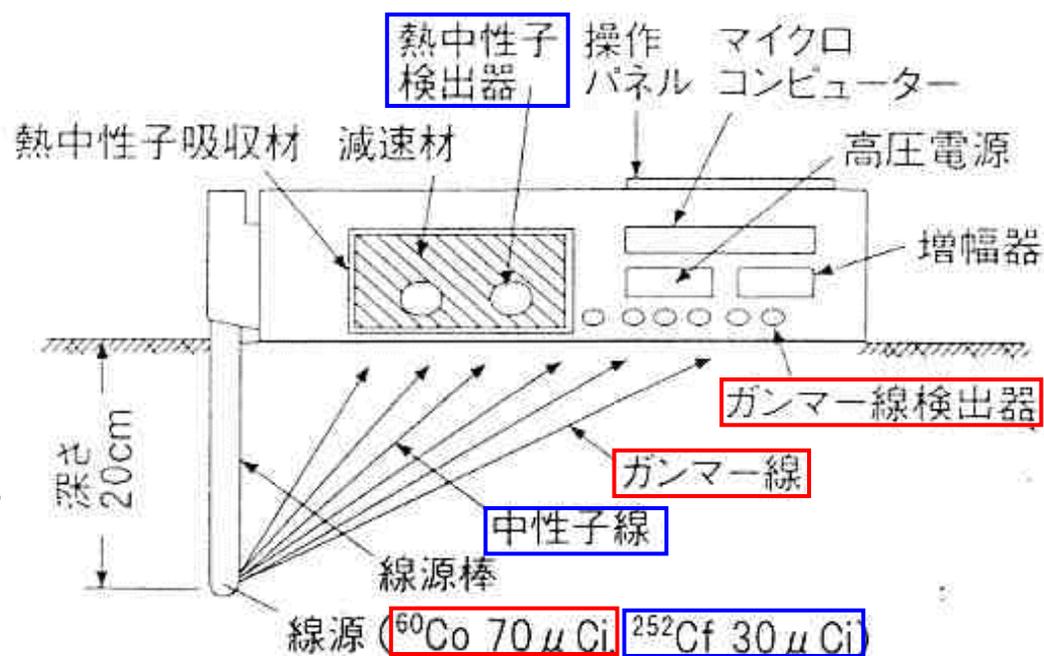
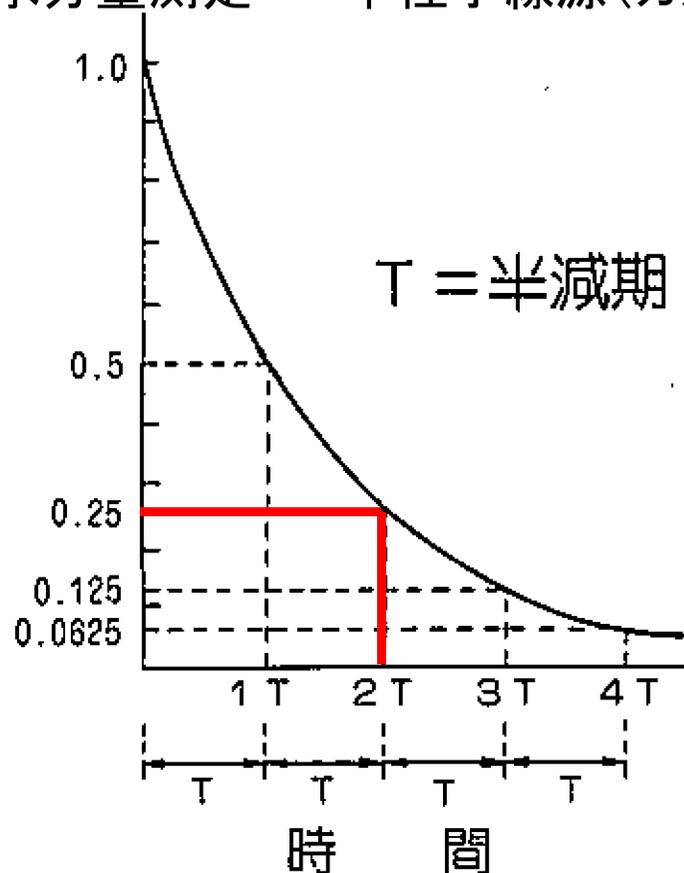
RI計器のしくみ

高速道路の品質管理においては、2年8ヶ月(2.65年)ごとに線源を交換し、(株)高速道路総合技術研究所で検定試験を実施

密度測定 ⇒ガンマ線源(コバルト60)半減期:5.26年

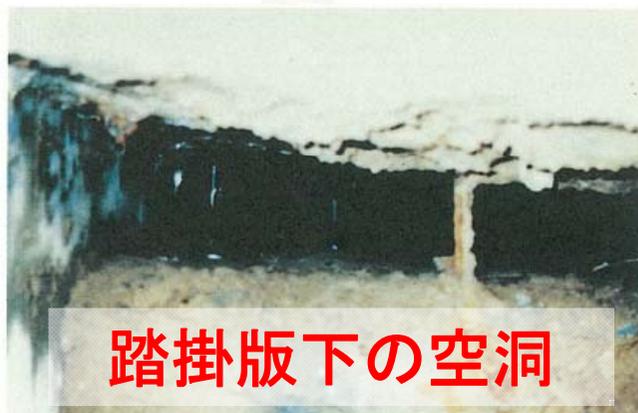
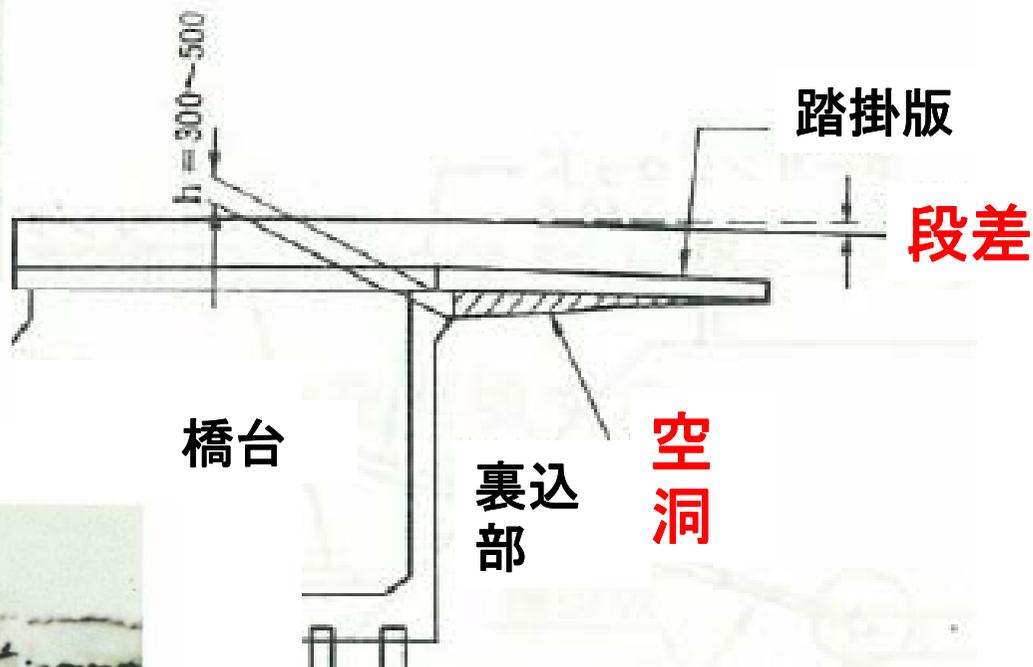
水分量測定 ⇒中性子線源(カルフォルニウム252)半減期:2.65年

放射性元素の数の割合



⑤ 構造物接続部の締固めの検証

構造物裏込め部の沈下



盛土工指針においても、盛土と他の構造物との取り付け部の段差等の発生を抑制するために、良質の材料を用いること、十分な排水処や締固めを行うこと、踏掛板を設置する旨を記載しています。（指針p.179～184参照）

狭小部箇所での締固め度の検証



C-BOX 裏込め工



橋台部 裏込め工

小型の転圧機械



80kgランマー



1t振動ローラ



4tコンバインドローラ

各種小型機械での締固め度の違いについて検証

現場より発生する施工材料の性状

細粒分砂まじり礫 (GF-S)

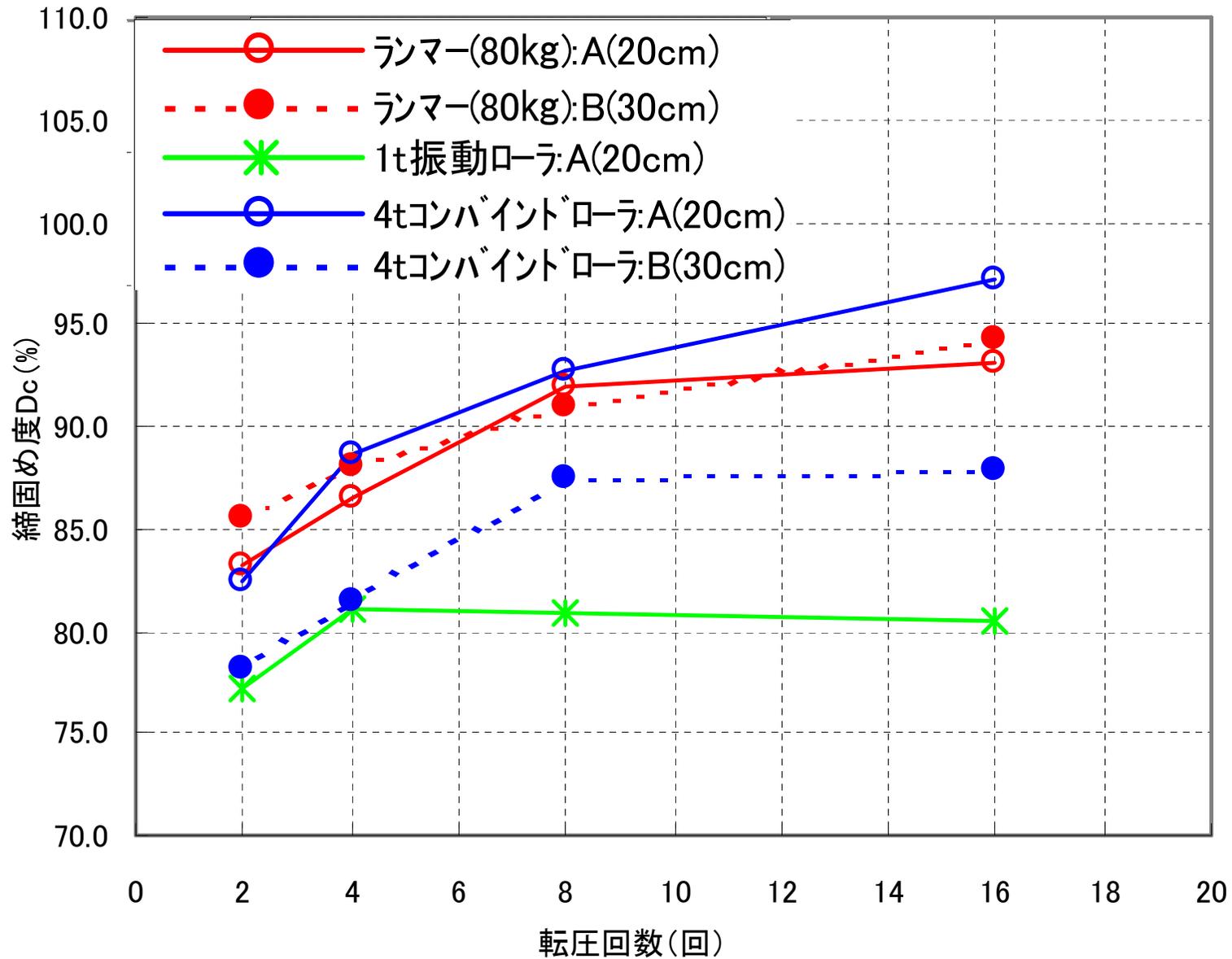
- ・自然含水比 17.0%
- ・破碎率 23.5%
- ・スレーキング率 20.8%
- ・礫分 72%
- ・砂分 18%
- ・シルト分 10%
- ・塑性指数 8.6
- ・修正CBR(95) 14.3%

施工概要

種別	施工機械	施工厚
小型	80kg ランマ	20 cm
		30 cm
	1t 振動ローラ	20 cm
		30 cm
4t コンバインドローラ	20 cm	
	30 cm	



転圧回数と締固め度 (D_c)



検証の結果

- ① 4tコンバインドローラの施工厚20cmでは締固め効果が得られたが、施工厚30cmでは締固め効果が上がらない。
このことから、施工厚さの違いによる締固め度の違いがある。
- ② 1t振動ローラでは、施工厚20cmにもかかわらず、締固め度が上がらない。
→ 転圧エネルギー不足
- ③ 80kgランマでは、施工厚20cm・30cmにかかわらず、締固め効果が得られた。

⑥ 排水工の実施例

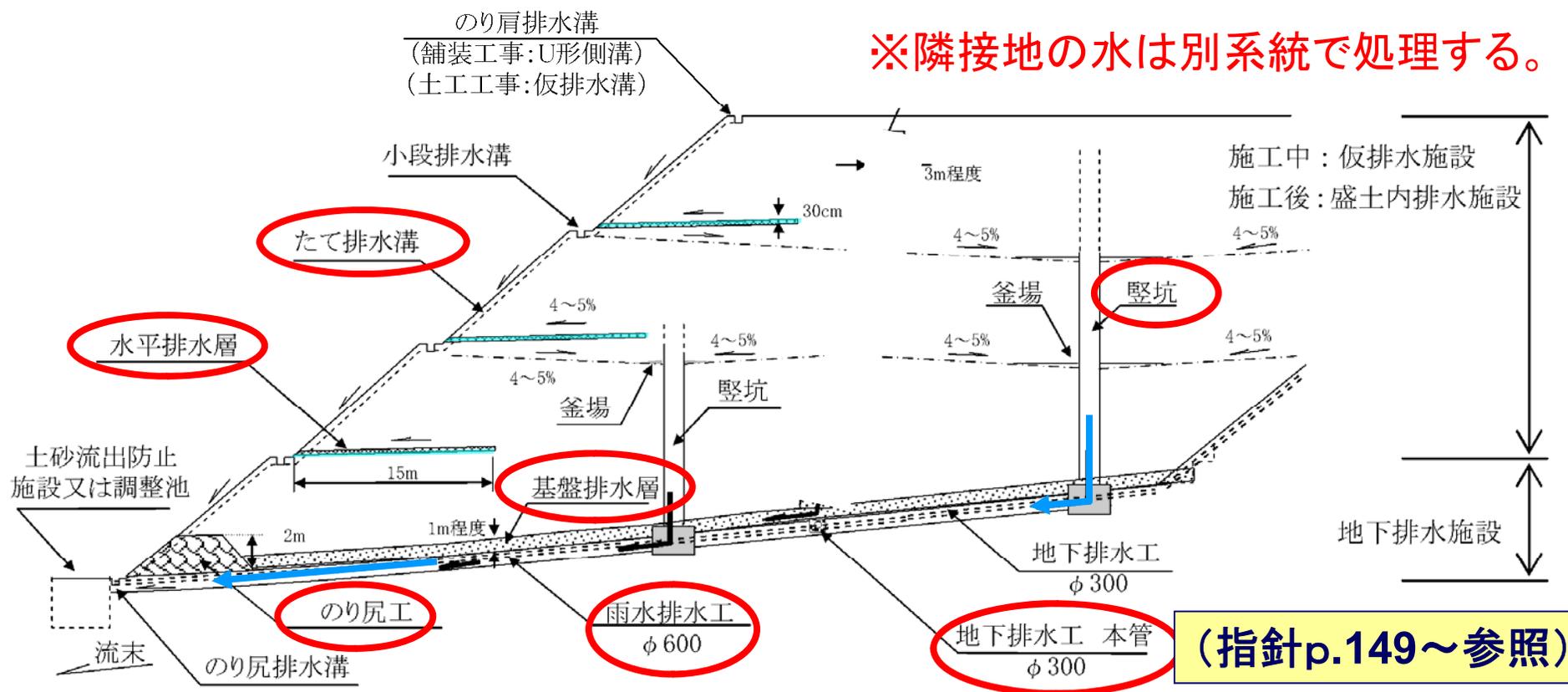
高速道路会社では、2009.7に高盛土・大規模盛土に関する設計要領を制定しました。

この設計要領から、盛土工指針の改訂に反映された内容について、紹介いたします。

高盛土・大規模な盛土における排水処理施設

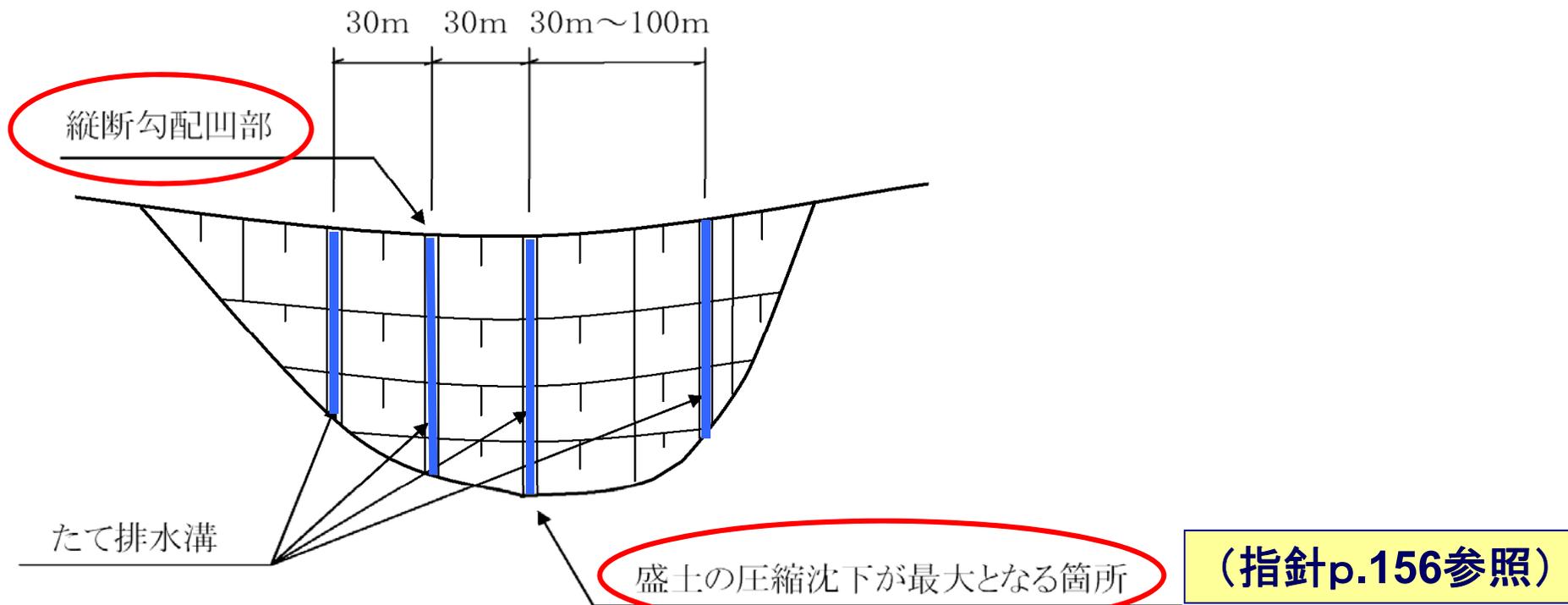
- ① 盛土の**安定確保**のためには**盛土内に水位面を生じさせない**ことが不可欠で、特に、沢部、傾斜地盤、原地盤などにおいては十分な排水対策を実施したい。
- ② 地山からの湧水、地下水や透水層の存在は、事前の調査のみで正確に把握することが難しく、施工中にその存在が判明することが多い。
- ③ したがって、**施工中の現地状況に応じて最も適した排水対策を実施**したい。

(NEXCO設計要領第一集土工編p6-30参照)要約



縦排水溝

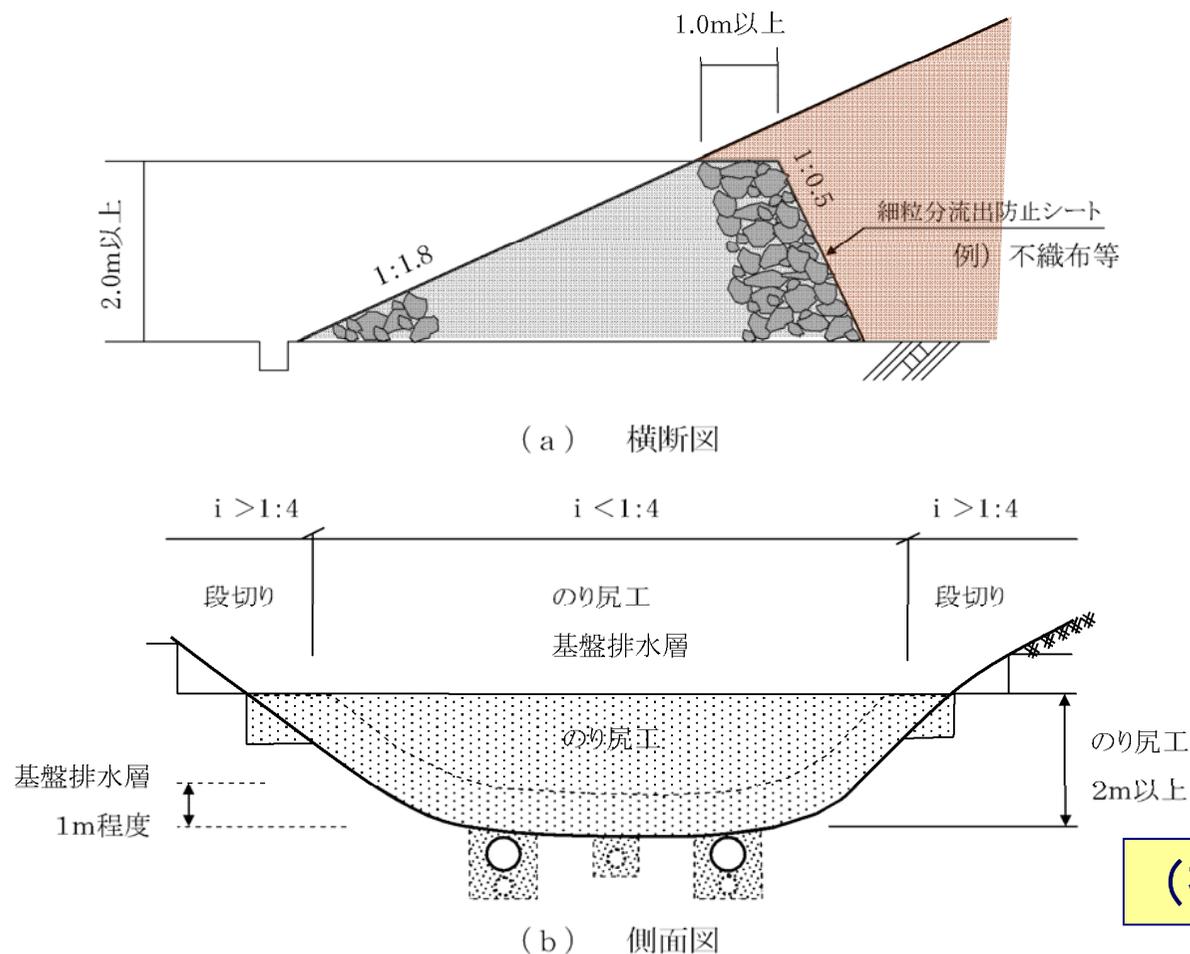
- ① 縦排水溝は、小段排水溝からの水をのり尻に設けた水路に導く目的でのり面に沿って設けるもの。
- ② 中間小段において、位置の変更は原則として行わない。
- ③ 高盛土においては、最も沈下量の大きい盛土中心部には必ず設置する。
- ④ 路面縦断勾配の凹部には、最も低くなる位置とその前後30mの位置に設置することを標準とする。
(NEXCO設計要領第一集土工編p6-42参照)要約



のり尻工

- ① 高盛土ののり尻には、**のり尻の強化を目的**として、「のり尻工」を設置する。
- ② 特に**傾斜地盤上の高盛土**には、**安定対策として設ける必要がある**。
- ③ のり尻工は、**排水機能を有するような構造とする**。

(NEXCO設計要領第一集土工編p6-42参照) 要約

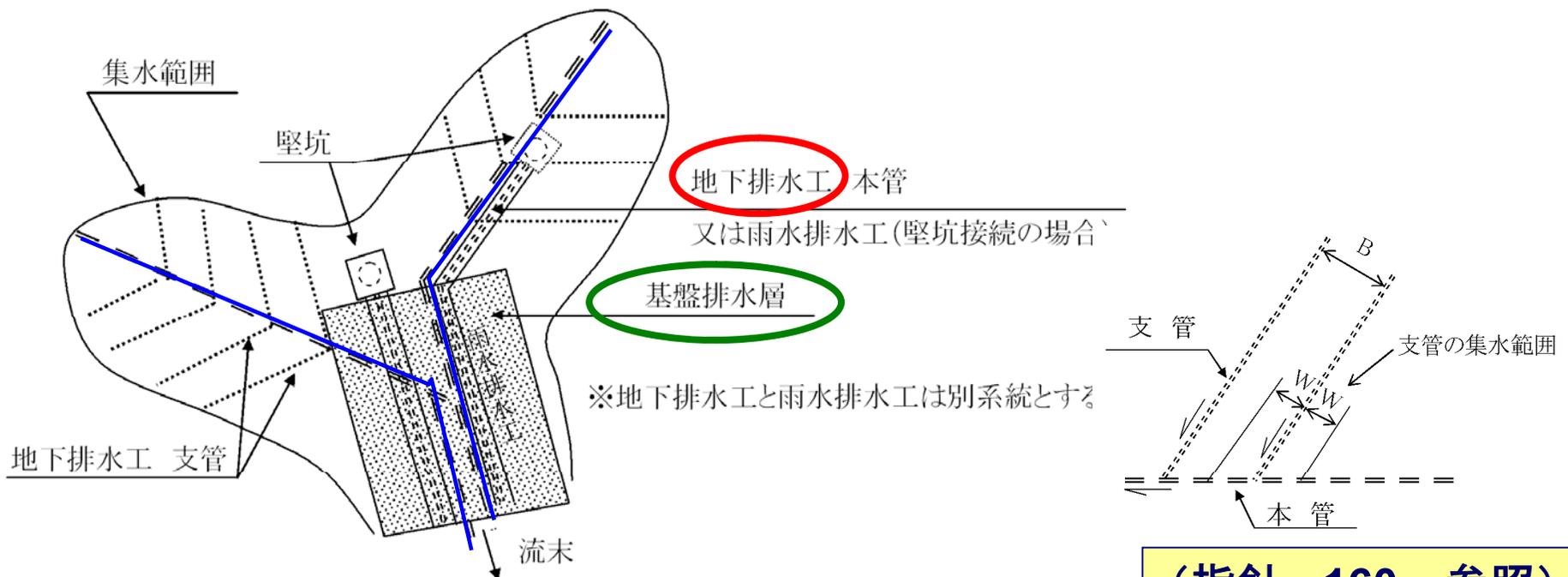


(指針p.158参照)

基礎地盤の排水処理

- ① 盛土の崩壊や沈下の原因の多くが湧水、地下水、降雨、融雪水等の浸透水によるものである。
- ② その中で最も問題となるのが、沢部、湿地部、傾斜地盤などの湧水処理である。
- ③ 季節的な湧水状況、周辺の水の利用状況、基礎地盤の状況など湧水に関する情報把握に努める。
- ④ 地下排水施設は、切盛境、沢の低地部、湧水箇所に設置する。

(NEXCO設計要領第一集土工編p6-34参照) 要約



(指針p.160~参照)

地下排水工

支排水工



本排水工



接続部

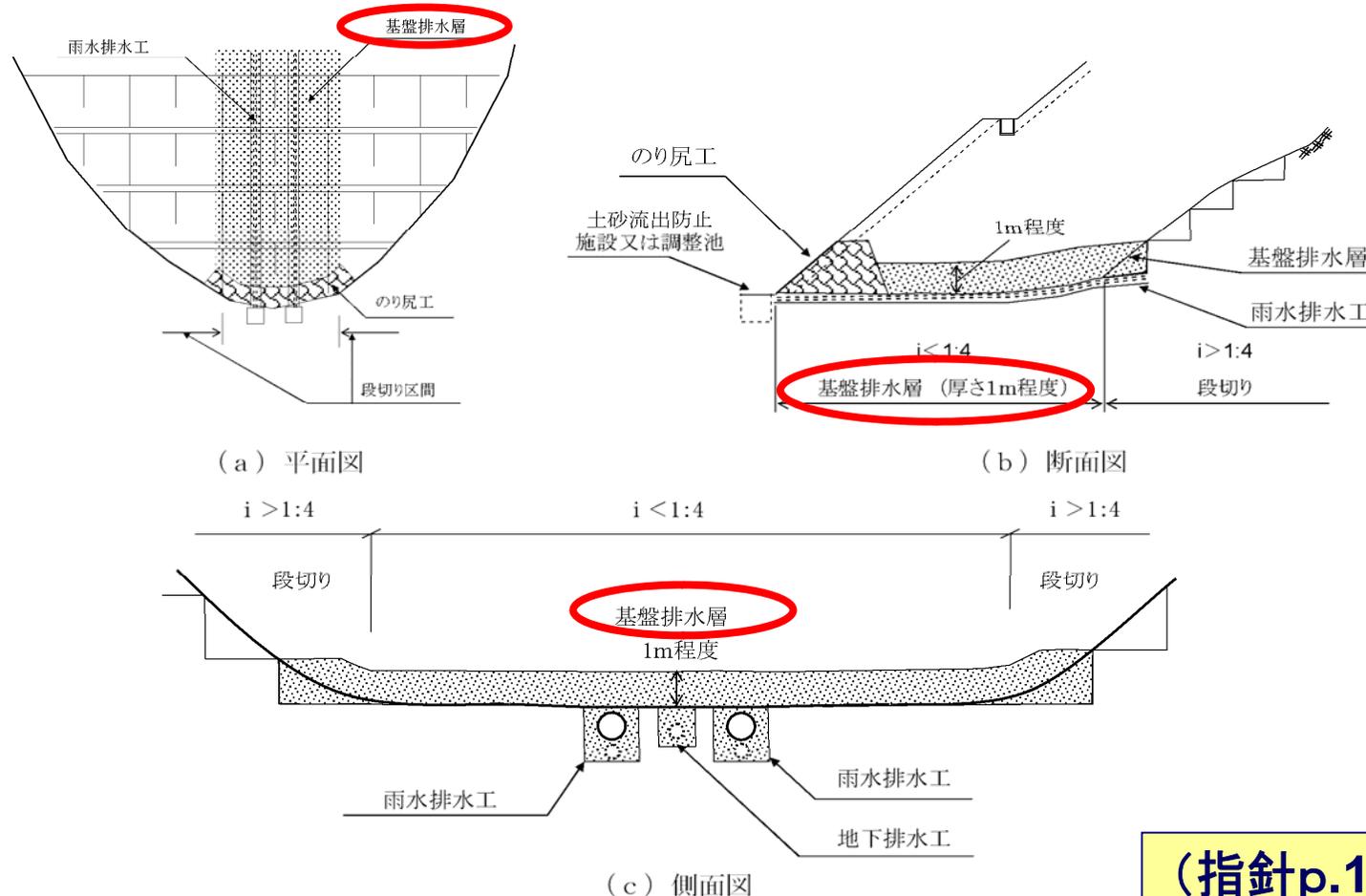


基盤排水層

① 高盛土の基盤排水層は、**地山からの湧水および地下水を面的に集水し、速やかに盛土外に排水**するために設置します。

② 基盤排水層は、**現地盤の段切りを施工しない範囲全面に設置**します。

(NEXCO設計要領第一集土工編p6-37参照) 要約



(指針p.160~参照)

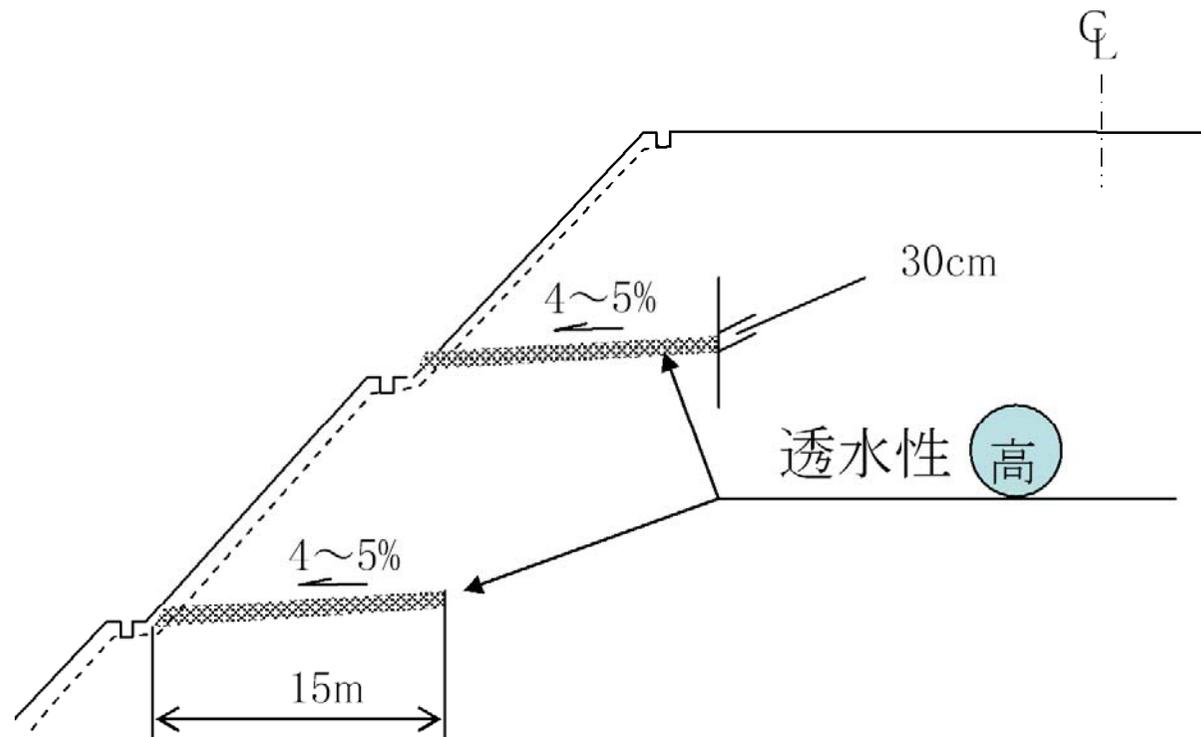
基盤排水層



透水性のよい良質材による
基盤排水層の施工

水平排水層

- ① 水平排水層は、**盛土内部の間隙水圧をすみやかに消散する**目的で、設置する。
(NEXCO設計要領第一集土工編p6-38参照) 要約



(b) 脆弱岩材料もしくは砂質土の場合

(指針p.160~参照)

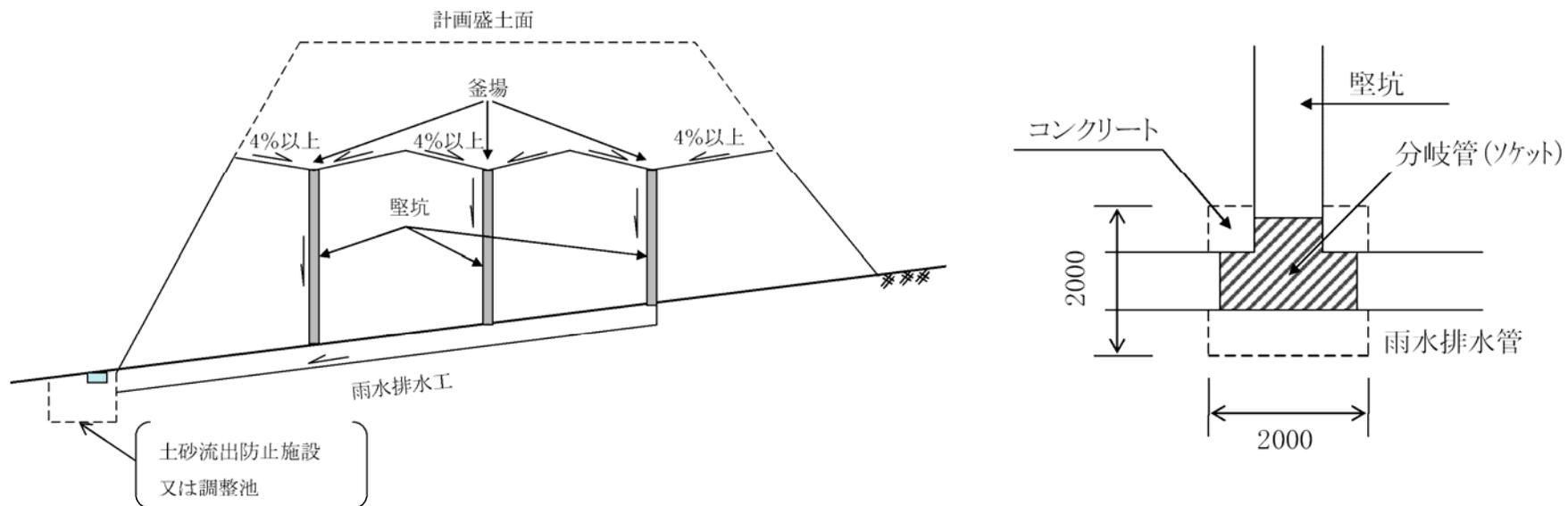
水平排水層



トンネルズリを粒度調整した
材料で排水層の施工

盛土施工中の排水処理

- ① 高盛土および大規模盛土の施工中においては、雨水の流出量が工事前より増大するとともに、土砂および濁水が流出する可能性が高い。
- ② これらを防止する**仮排水施設**として、**堅坑および釜場**を設けるものとする。
(NEXCO設計要領第一集土工編p6-38参照) 要約



山砂や火山灰質土による盛土及び高盛土における仮排水・・・

・・・中央縦排水管方式が有効である。この方法は高盛土にも有効、

(指針p.236参照)

施工中の排水(豎坑)



1~2haに1箇所設ける

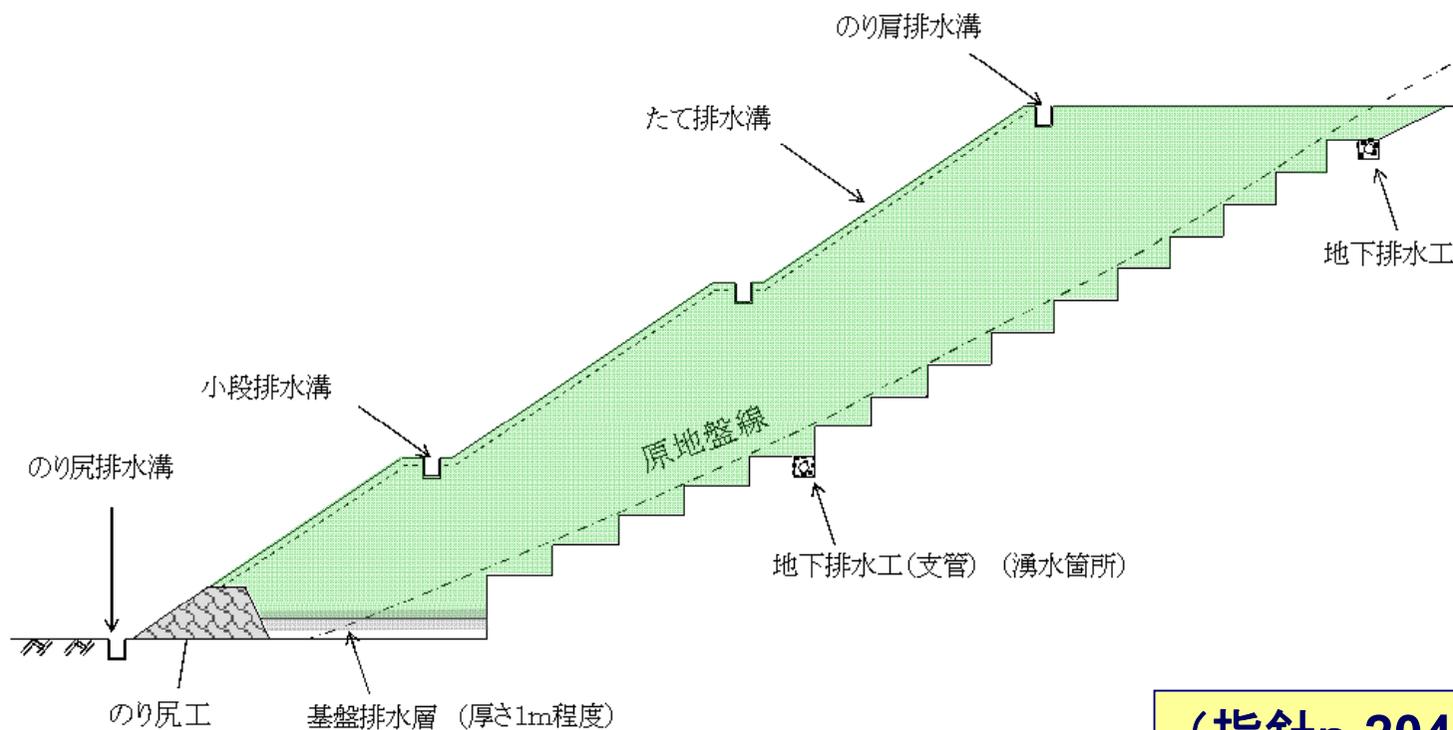


盛土内排水の流末の状況



【その他】傾斜地盤上の高盛土

- ① 盛土基礎地盤における、**不安定地盤の除去あるいは処理**
- ② 傾斜地盤に沿った**盛土の滑動防止**。表土除去後に**段切り**を行う。
(NEXCO設計要領第一集土工編p6-9参照) 要約



(指針p.204~参照)

不安定地盤の掘削除去

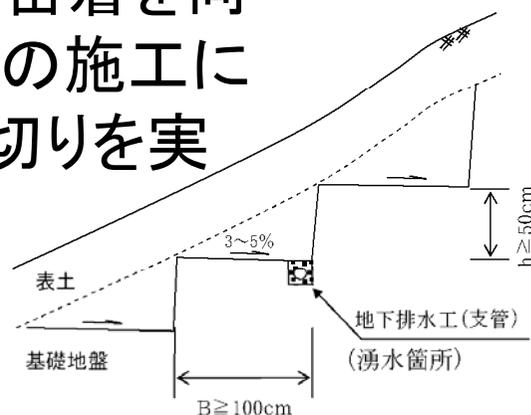


盛土の安定性確保のため、盛土基盤の不良土を撤去し置換を実施します。

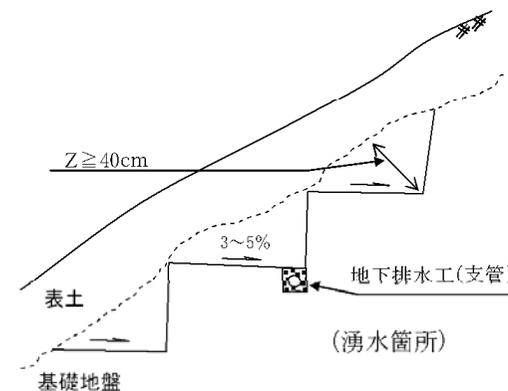


段切り

基礎地盤と盛土との密着を向上させるために、盛土の施工に先立ち予め地山の段切りを実施します。



(a) 基礎地盤（地山）が土砂の場合



(b) 基礎地盤（地山）が岩の場合



盛土施工についてのまとめ

- 近年の豪雨や地震による盛土の被害を踏まえ、盛土工実施にあたっては特に**排水施設**及び**締固め**について**留意**したい。
- 排水処理は細心の注意を払って設計・施工する。
 - ・基盤排水層、のり尻部などの排水処理を念入りに実施したい。
 - ・地下排水と工事中仮排水管は別系統。延長を短く配慮。
※盛土内の排水は将来直せない・・・
- 盛土の締固め
 - ・適切に地盤の処理と排水処理がなされ、通常の方法を用い、十分に締め固められた盛土は、ある程度の降雨・地震に耐えることが経験的に確認されている。このことから、今後とも、これまで以上に丁寧な施工と施工管理が求められる。
- 本日は、高速道路の排水処理や盛土の品質管理の実態を紹介させていただきましたが、これらの内容は改定された盛土工指針へも取り入れられております。

道路土工—カルバート工指針の 改訂の概要について

道路土工—カルバート工指針改訂分科会

カルバート工指針改訂のポイント

まえがき

- ① 考え方や配慮事項等を枠書きとした。
- ② 指針が適用対象とする構造物を明らかにした。
- ③ 性能規定の枠組みを取り入れた設計法を採用する際に基づくべき、解析手法、設計方法、材料、構造等に関する基本的な考え方を示した。
- ③ 従前の慣用的な設計法の位置づけを示し、従前の慣用的な設計法によるカルバートとそれ以外の方法により設計するカルバートとを明確化した。
- ④ 従前の慣用的な設計法を適用するカルバートにおいても、構造物本体、基礎、埋戻し、構造細目等の項目を揃え、各項目で満たすことが必要となる要件や仕様等を整理した。

⑤旧排水工指針に記されていた、道路横断排水カルバートに関する留意事項を本指針に移した。水路カルバートの流路や流出入口の設定、土石による閉塞の恐れがある場合の対策の必要性について記述を加えた。切土・斜面安定工指針を参照のうえ検討することとした。

⑥ボックスカルバートの基礎地盤対策の選定法を明確化した。杭基礎は特殊な場合に使う基礎型式とし、地盤改良を新たな選択肢に加えた。旧指針に掲載されていた杭支持の設計法の記述を削除した。

⑦従来型カルバートのうち、剛性パイプカルバートのセラミック管については使用実績がなくなったため削除した。一方、高強度のたわみ性管として実績が増えている高耐圧ポリエチレン管を新たに追記した。

⑧液状化対策として埋め戻しに改良土を使用する方法の例示、剛性ボックスカルバートの塩害に対する最小かぶりについて追記を行った。

1-3 カルバートの概要

1-3-1 カルバートの種類と適用 (p5)

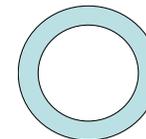
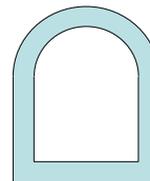
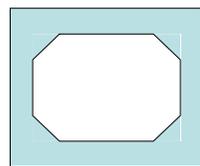
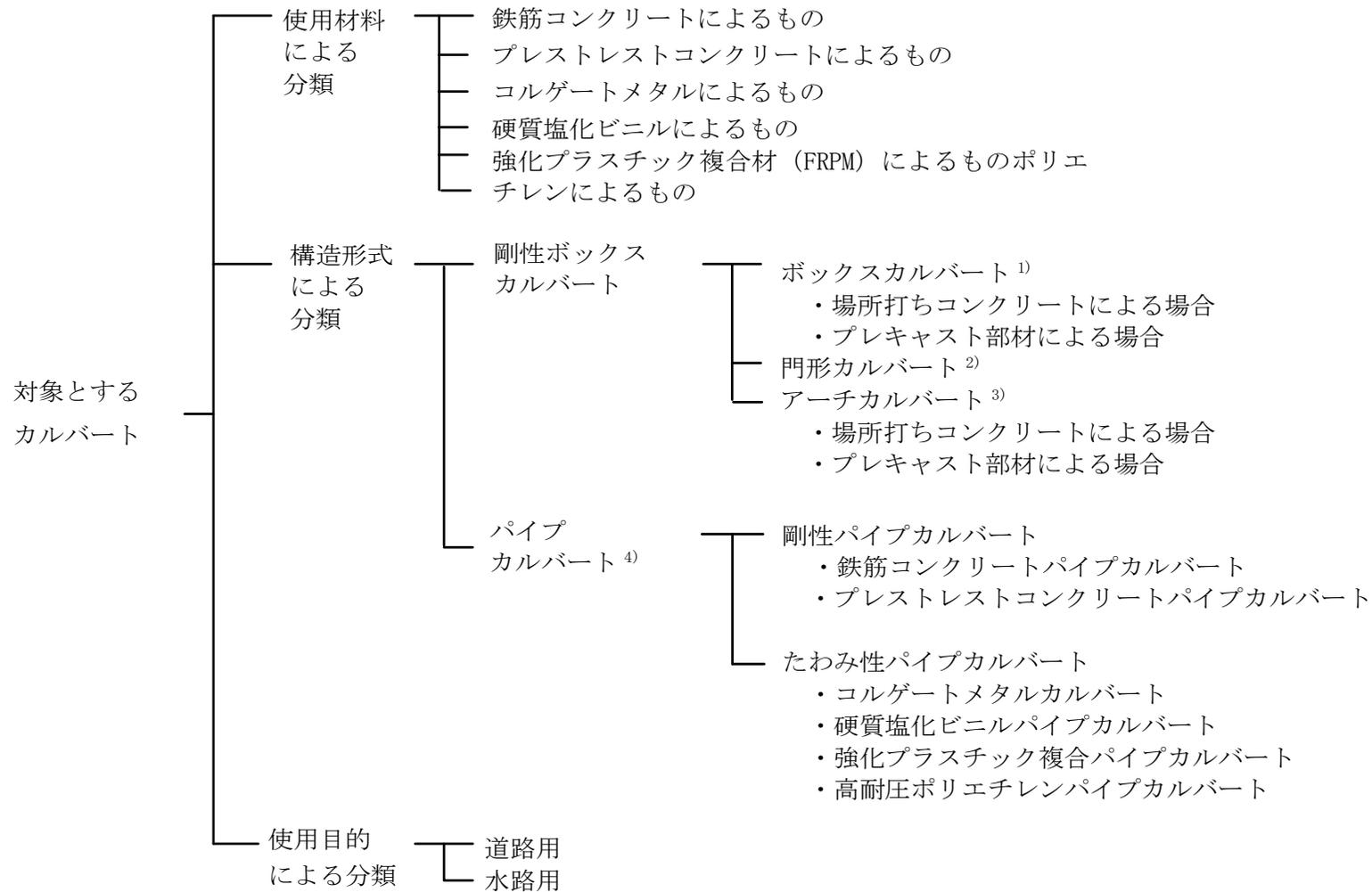
＜カルバート, カルバート工＞ (1-2 用語の定義より)

道路の下を横断する道路や水路等の空間を得るために盛土あるいは地盤内に設けられる構造物をカルバート, カルバートを構築する一連の行為をカルバート工という。

○道路構造令に規定される橋, 高架の道路, 非開削で施工される構造物等については, 構造形式や材料, 規模等に関係なく本指針では取り扱わないこととし, それぞれの技術基準等によるものとする。

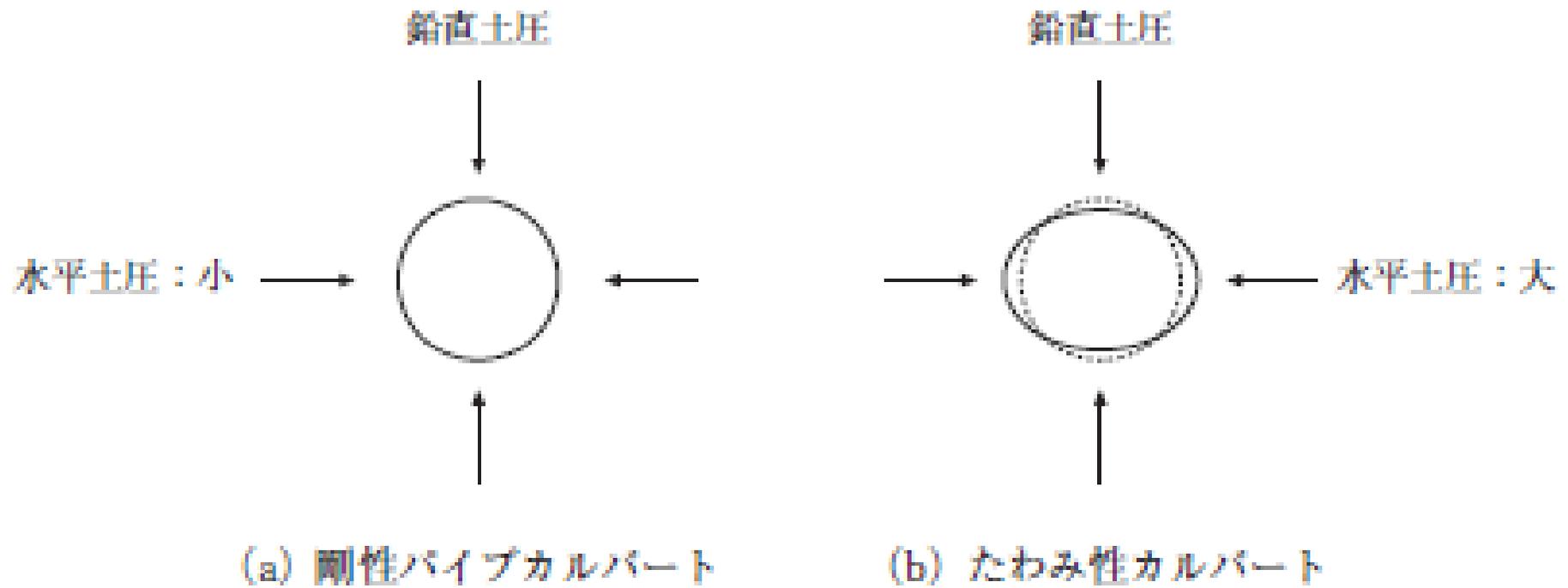
○盛土内に設けるカルバートと橋梁の違い, あるいは地盤内に設けるカルバートと開削工法で施工される道路トンネルとの違い等, 厳密に定義し区分することが難しい場合もある。このような場合には, 関係する法令, 基準, 指針等を総合的に勘案し, 設計対象の構造物の要求性能を適切に設定するとともに, 要求性能が満足されることを適切に照査することが望ましい。

○これをカルバートとして設計する場合には, 原則として「第4章 設計に関する一般事項」に従ってカルバートの要求性能が満足されることを照査することが求められる。



1) ボックスカルバート 2) 門形カルバート 3) アーチカルバート 4) パイプカルバート

解図1-1 従来型カルバートの種類



解図1-2 剛性パイプカルバートとたわみ性パイプカルバートの特性の違い
(p7)

解表1-1 従来型カルバートの適用範囲

(p10)

カルバートの種類		項目	適用土かぶり (m) 注1)	断面の大きさ (m)
剛性ボックスカルバート	ボックスカルバート	場所打ちコンクリートによる場合	0.5 ~ 20	内空幅 B : 6.5 まで 内空高 H : 5 まで
		プレキャスト部材による場合	0.5 ~ 6 注2)	内空幅 B : 5 まで 内空高 H : 2.5 まで
	門形カルバート		0.5 ~ 10	内空幅 B : 8 まで
	アーチカルバート	場所打ちコンクリートによる場合	10 以上	内空幅 B : 8 まで
		プレキャスト部材による場合	0.5 ~ 14 注2)	内空幅 B : 3 まで 内空高 H : 3.2 まで
剛性パイプカルバート	鉄筋コンクリートパイプカルバート		0.5 ~ 20 注2)	3 まで
	プレストレストコンクリートパイプカルバート		0.5 ~ 31 注2)	3 まで
たわみ性パイプカルバート	コルゲートメタルカルバート		(舗装厚 + 0.3) または 0.6 の大きい方 ~ 30 注2)	4.5 まで
	硬質塩化ビニルパイプカルバート (円形管 (VU) の場合) 注3)		(舗装厚 + 0.3) または 0.5 の大きい方 ~ 7 注2)	0.7 まで
	強化プラスチック複合パイプカルバート		(舗装厚 + 0.3) または 0.5 の大きい方 ~ 10 注2)	3 まで
	高耐圧ポリエチレンパイプカルバート		(舗装厚 + 0.3) または 0.5 の大きい方 ~ 26 注2)	2.4 まで
注1) 断面の大きさなどにより、適用土かぶりの大きさは異なる場合もある。				
注2) 規格化されている製品の最大土かぶり。				
注3) 硬質塩化ビニルパイプカルバートには、円形管 (VU, VP, VM)、リップ付き円形管 (PRP) があるが、主として円形管 (VU) が用いられる。				

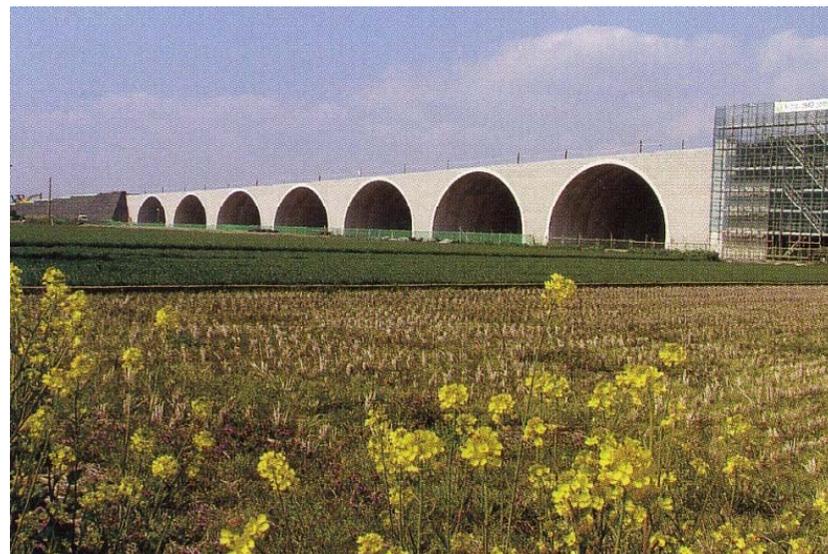
従来型カルバートの条件

(p10,11)

- 1) 裏込め・埋戻し材料は土であること
- 2) カルバートの縦断方向勾配が10%程度以内であること
- 3) 本体断面にヒンジがないこと
- 4) 単独で設置されること
- 5) 直接基礎により支持されること
- 6) 中柱によって多連構造になっていないこと
- 7) 土かぶり50cmを確保すること

(4)従来型以外のカルバート等

(p12)



- ・分割組み立て方式により、プレキャスト製品の大型化、長尺化が進んでいる。

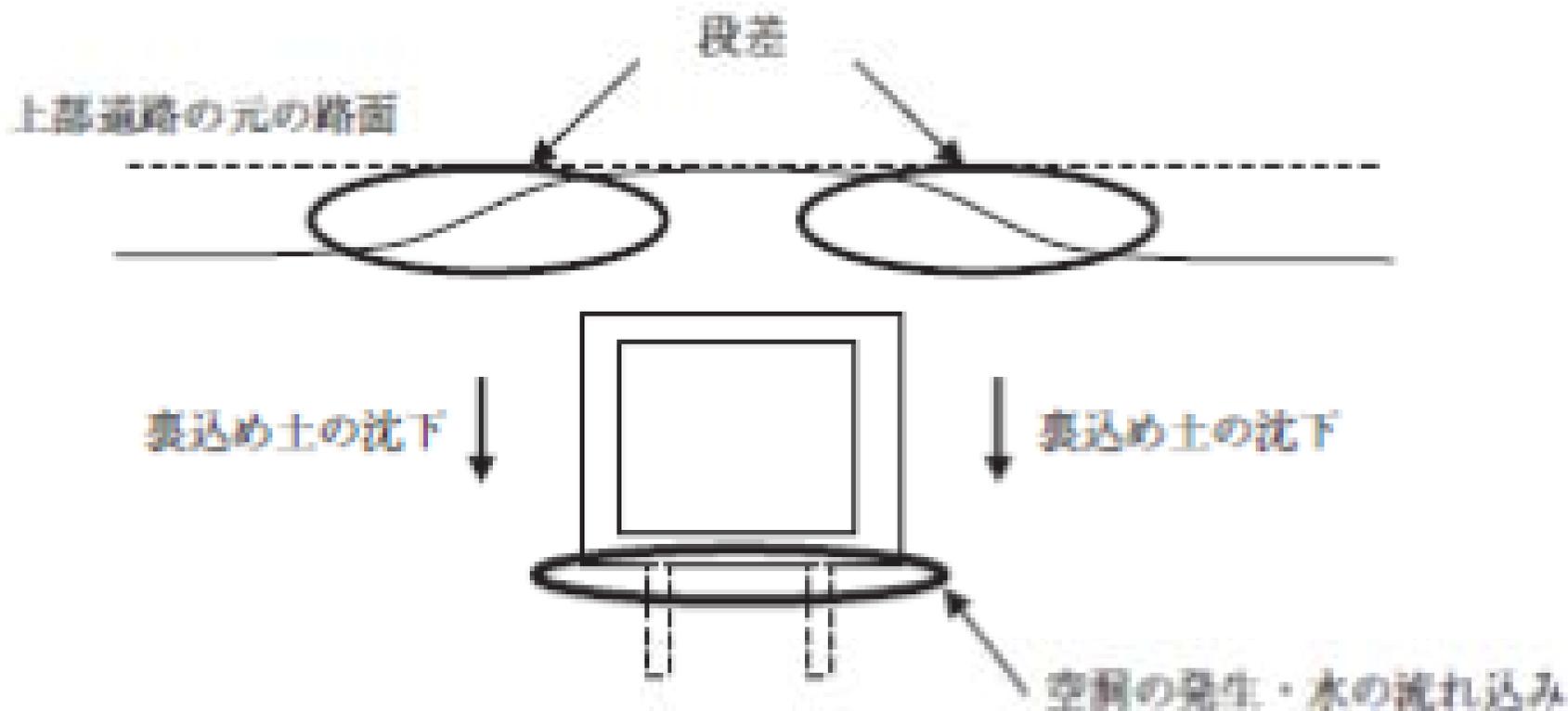
- ・ヒンジ挿入など特殊な構造形式のものもみられるようになってきている。

- ・ソイルセメントを用いて人工地山を築き、その後内部を掘削して必要な内空断面を完成させる工法などが開発されている。ただし、非開削で掘進する施工法であるため、本指針では取り扱わない。

軟弱地盤対策等として多連で使うケースも。ただし、本指針の対象外となる。

1-3-2 カルバートの変状・損傷の主な発生形態

(p13)



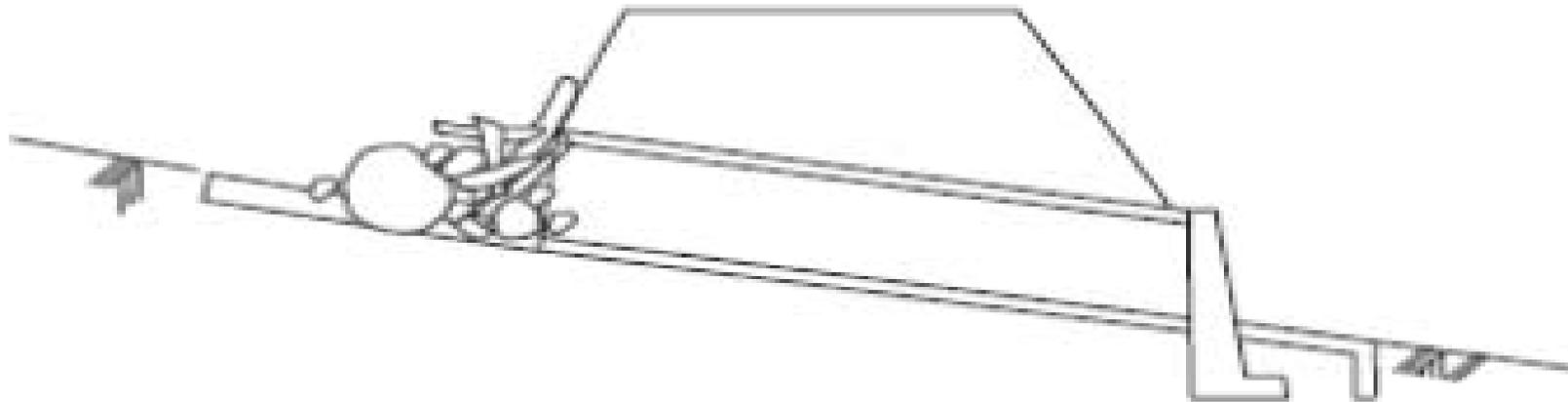
解図1-3 カルバート前後区間での段差



解図1-4 カルバートの沈下による滞水



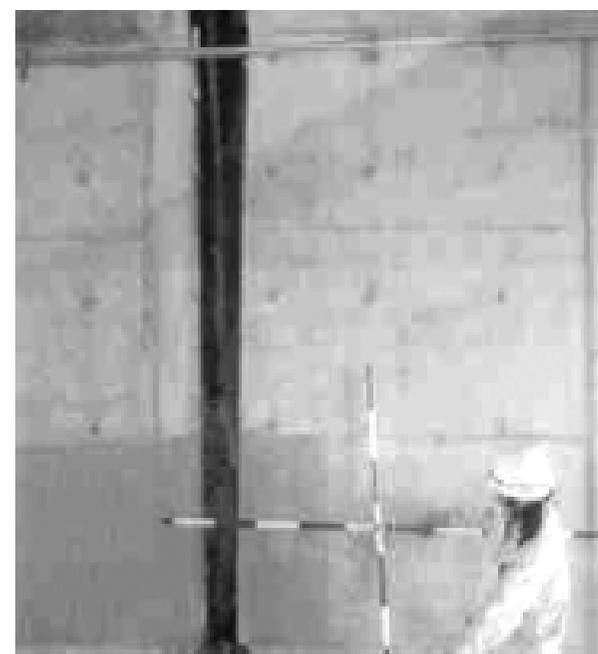
解図1-6 土砂流入による水路カルバートの通水阻害



解図1-5 土石によるカルバートの閉塞



解図1-7 地震によりカルバート区間で発生した段差



解図1-8 継ぎ手部の開き₁₂



凍上によるボックスカルバート上の舗装の押上げと亀裂



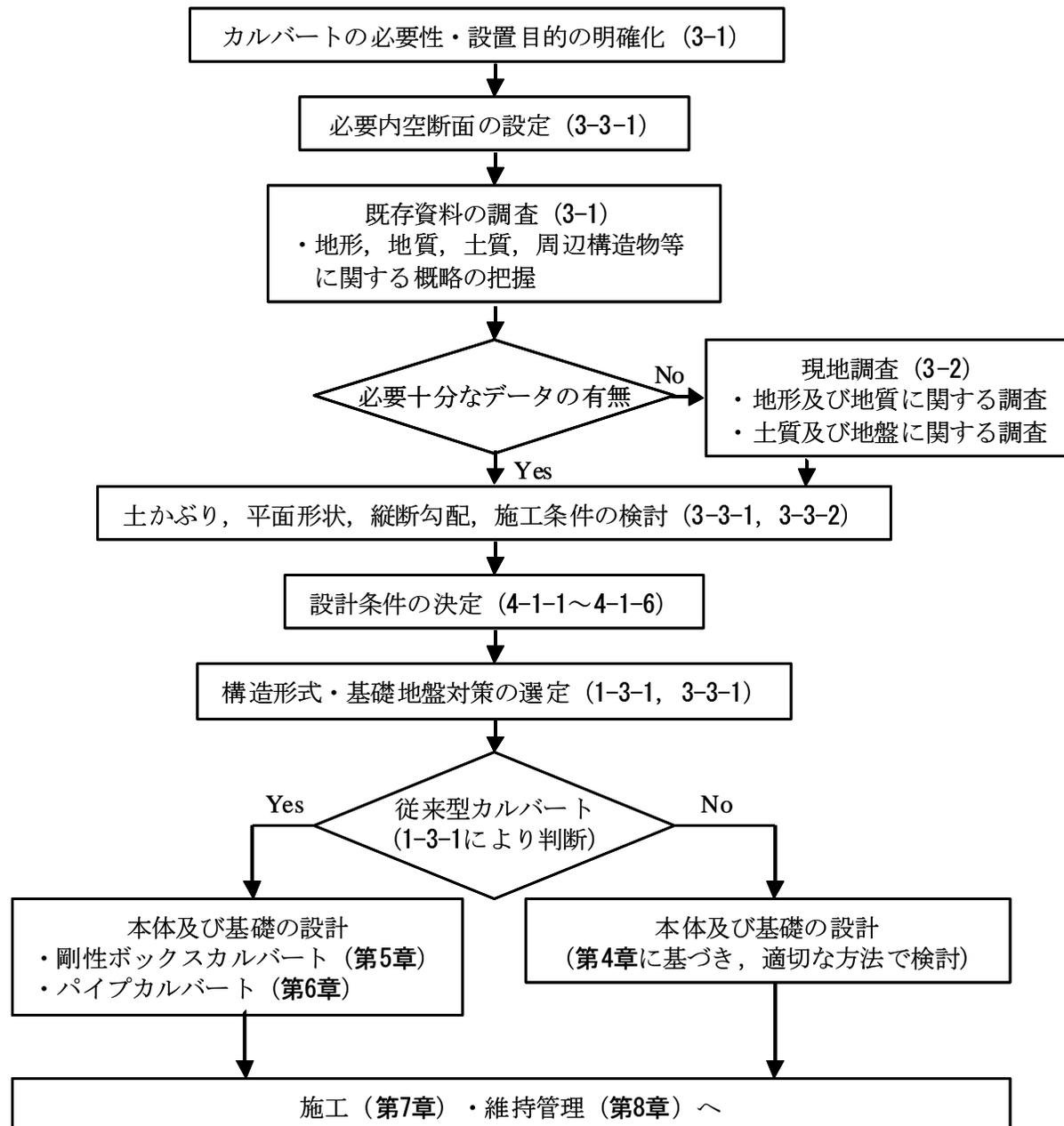
凍上によりボックスカルバート側壁に発生したクラック



解図1-11 コルゲートメタルカルバートの腐食

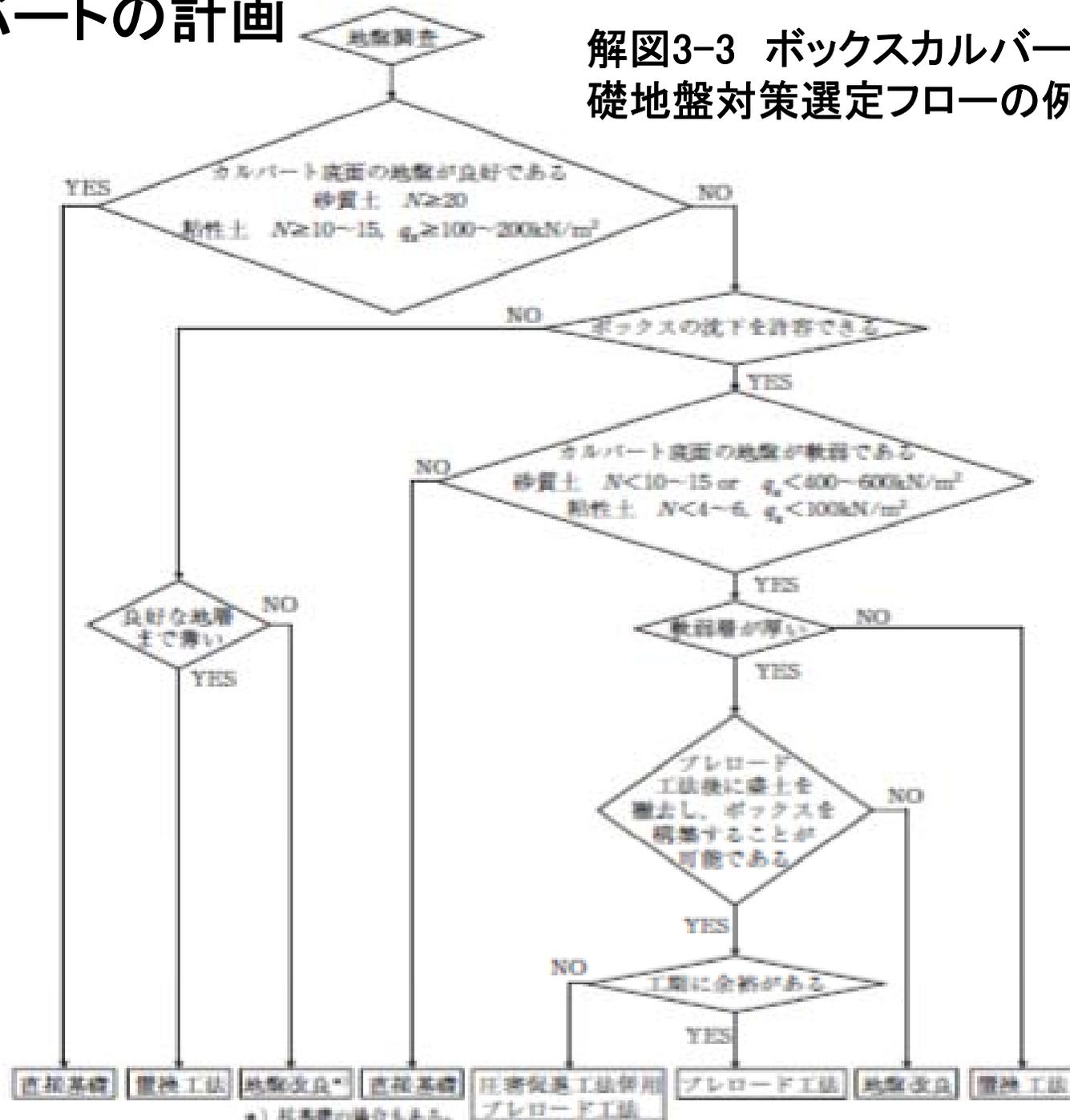
2-2 カルバート工の基本

(p22)



3-3 カルバートの計画 (p39)

解図3-3 ボックスカルバート基礎地盤対策選定フローの例



解図3-8 カルバートにおける流れの状況(p45)

タイプ	水理条件	流れの形態	備考
1	流入口で限界水深が発生 $D > (h_1 + z_1 - z_2) / 1.5$ $h_1 < h_c$ $S_0 > S_c$		出口付近で跳水が生じることが考えられるので、洗堀防止策を講じねばならない。
2	流出口で限界水深が発生 $D > (h_1 + z_1 - z_2) / 1.5$ $h_1 < h_c$ $S_0 < S_c$		出口での洗堀防止策を講じるのが望ましい。
3	全体を通してゆるやかな流れ(常流) $D > (h_1 + z_1 - z_2) / 1.5$ $h_c < h_1 \leq D$		計画として最も望ましい条件である。
4	全体を通して満流(流出口が水没) $D < h_1$		異常事態としては起こる可能性があるが、計画としては用いてはならない。
5	流出口で射流 $h_c \leq D \leq (h_1 + z_1 - z_2) / 1.5$		*
6	全体を通して満流(流出口は自由放水) $h_1 \leq D \leq (h_1 + z_1 - z_2) / 1.5$		*

注) 記号の説明

D : カルバートの高さ、 h : 水深、 z : 河床高、 S : 河床勾配、 h_c : 限界水深、 S_c : 限界勾配、 L : 流入口長さ

第4章 設計に関する一般事項

4-1 基本方針

(p49)

○「第5章 剛性ボックスカルバートの設計」あるいは「第6章 パイプカルバートの設計」にこれまでの経験・実績から妥当と見なせる手法を示しており、一般にこれに従い常時の作用に対する照査を行えば、地震の影響を考慮した解析を行わなくても地震動の作用に対する所定の性能を満たしているとみなせるものとした。

○また、従来型カルバートの適用範囲を大きく超える規模のカルバート、異なる構造形式のカルバートや異なる材料で構成されるカルバート等、従来型カルバートと規模や力学特性が異なると想定される構造形式のカルバートについては、従来型カルバートとの各作用に対する挙動の相違を検討した上で、適切かつ総合的な検討を加えて設計を行う必要がある。

4-1-3 カルバートの要求性能

(p51)

○道路土工の設計にあたっては、**安全性、供用性、修復性の観点から、要求性能を設定することを基本。**

○道路土工の要求性能

性能1：想定する作用によって土工構造物としての**健全性を損なわない性能**

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、土工構造物としての機能の回復が速やかに行いうる性能**

性能3：想定する作用による**損傷が土工構造物として致命的とならない性能**

(←道路橋示方書の記載内容に準拠)

○重要度の区分

重要度1：万一損傷すると交通機能に著しい影響を与える場合、あるいは、隣接する施設に重大な影響を与える場合

重要度2：上記以外の場合

○この場合には、工学的計算を適用し、要求性能を満足するかどうかを照査するのが妥当であるが、計算のみに依存するのではなく、従来型カルバートとの相違や被災事例等を考慮して総合的な工学的判断を下すことが必要である。

計算による方法においても、解表1-1に示す適用範囲を大きく超えない範囲で、従来型カルバートと同様の応答特性や破壊特性を有すると認められる場合には、慣用設計法の適用を妨げるものではない。

解表4-1 カルバートの要求性能の例 (p53)

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
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	

	安全性 人命を損なうことのない性能	修復性 降雨・地震等による損傷を修復できる性能	供用性 通行機能や緊急輸送路としての機能を維持できる性能
性能 1	○	○	○
性能 2	○	○	—
性能 3	○	—	—

カルバートの限界状態と照査項目(例)

要求性能	カルバートの限界状態	構成要素	構成要素の限界状態	照査項目	照査手法
性能 1	カルバートの機能を確保でき得る限界の状態	カルバート及び基礎地盤	カルバートが安定であるとともに、基礎地盤の力学特性に大きな変化が生じず、かつ基礎地盤の変形がカルバート本体及び上部道路に悪影響を与えない限界の状態	変形	変形照査
		カルバートを構成する部材	力学特性が弾性域を超えない限界の状態	安定性	安定性照査・支持力照査
		継手	損傷が生じない限界の状態	強度	断面力照査
性能 2	カルバートに損傷が生じるが、損傷の修復を容易に行い得る限界の状態	カルバート及び基礎地盤	復旧に支障となるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
		カルバートを構成する部材	損傷の修復を容易に行い得る限界の状態	安定性	支持力照査
		継手	損傷の修復を容易に行い得る限界の状態	強度・変形	断面力照査・変形照査
性能 3	カルバートの変形・損傷が内部空間及び隣接する施設等への甚大な影響を防止し得る限界の状態	カルバート及び基礎地盤	隣接する施設等へ甚大な影響を与えるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
		カルバートを構成する部材	カルバートの耐力が大きく低下し始める限界の状態	安定性	支持力照査
		継手	継手としての機能を失い始める限界の状態	強度・変形	断面力照査・変形照査
				変位	変位照査

2)地震動の作用に対する要求性能

(p54)

○地震動の大きさと重要度に応じて性能1～性能3を要求することとした。

○カルバートの性能2や性能3の照査では、カルバートに許容する損傷の程度の評価が必要となる。カルバートが地震時にどの程度損傷するかについては、カルバートが設置される盛土や地盤を構成する材料特性の不確実性や不均一性、カルバート自体の材料特性の経年変化、カルバートの被災パターンや被災程度を精度よく予測するための解析手法の不確実性等から、現状の技術水準では未だ定量的な照査が困難である場合も多い。

○このため、カルバートに性能2や性能3を要求する場合には、震前対策と震後対応等の総合的な危機管理を通じて必要な性能の確保が可能となるように努める視点も重要である。

○なお、道路震災対策の考え方については「道路震災対策便覧」に示されているので参考にするとよい。

(3) 地盤の支持力

(p74)

○カルバートは、直接基礎で設置される場合が多く、カルバートを地中に埋設する場合は基礎地盤に作用する鉛直荷重が施工前の先行荷重よりも小さく、盛土内に設置する場合でも周囲の盛土と比較して増加荷重は小さいため、盛土の沈下に比べてカルバートの沈下が大きくなることは一般的にはない。このため、カルバートの支持力の検討を行う場合は、一般的には基礎地盤の支持力について室内試験や原位置試験により調べる必要はなく、解表4-7に示す許容鉛直支持力度を使用してよい。

○ただし、門型カルバート等の底版を有さないカルバートで規模の大きいもの、大規模なカルバート、特殊な構造形式のカルバート、特殊な施工条件となるカルバート、重機等により供用後に比べて施工時に大きな上載荷重が加わるようなカルバート、ゆるい砂質地盤上あるいは軟らかい粘性地盤上のカルバートで変位の制限が厳しい場合については、地盤の支持力について原位置試験等により慎重に検討する必要がある。

○地盤の許容鉛直支持力度は、カルバート基礎地盤の極限支持力及びカルバートの沈下量を考慮して求めるものとする。

- ・静力学公式で求められる荷重の偏心傾斜及び支持力係数の寸法効果を考慮した基礎底面地盤の極限支持力は、標準貫入試験による N 値、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験等の結果から得られたせん断抵抗角 ϕ 、粘着力 c を用いて求める場合。
- ・平板載荷試験の結果により確認した地盤の粘着力 c 、せん断抵抗角 ϕ を用いて求める場合があり、それぞれ、「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」の「10.3.1 基礎底面地盤の許容鉛直支持力」に従って求めるものとする。

○地盤の許容鉛直支持力度は、上記で求めたカルバート底面地盤の極限支持力を、限界状態に応じた安全率及び基礎底面の有効載荷面積で除した値とする。一般には、解表4-6の安全率を用いてよい。

○カルバートに生じる沈下に対する制限が厳しい場合には、沈下の照査を行う必要があるが、**常時の最大地盤反力度を解表4-7に示す値程度に抑えれば、沈下の照査を省略してもよい。**

○なお、**沈下の照査が必要となるのは、ほとんどが軟弱地盤における圧密沈下に関するものであり、これについては「道路土工－軟弱地盤対策工指針」を参照されたい。**

解表4-6 安全率

常時	地震時
3	2

解表4-7 支持地盤の種類と許容支持力度(常時値)

支持地盤の種類		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_{uc} (kN/m ²)	N 値
岩盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1000	10000 以上	—
	亀裂の多い硬岩	600	10000 以上	—
	軟岩・土丹	300	1000 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	200 ~ 400	15 ~ 30
	堅いもの	100	100 ~ 200	10 ~ 15

4-4 使用材料

4-4-1 一般

(p77)

○使用材料は個々の要求性能を満足するための品質を有しているとともに、カルバートの材料として用いられた場合にどのような性状を発揮できるかが明確にされている必要がある。

○したがって、これまでの実績からその材料の性状が明らかなものを除き、試験、検査によってその性状を確認し、カルバートを構成する材料として要求性能を満足することを確認した上で使用しなければならない。

○カルバートに用いる材料は、JIS等の公の品質規格に適合するものが望ましく、その適用範囲が明らかな用途に限り使用することができる。

○なお、材料特性がカルバートの性能に及ぼす影響を試験等によって確認するとともに、品質についてもJIS等の規格と同等であることを確認しなければならない。

4-4-2 コンクリート

(p78)

○カルバートの躯体に用いるコンクリートは、原則として次に示す**最低設計基準強度以上のものを用いるものとする。**

- ・無筋コンクリート部材 **18N/mm²**
- ・鉄筋コンクリート部材 **21N/mm²**
- ・プレキャスト鉄筋コンクリート部材 **30N/mm²**

○コンクリートの耐久性は、水セメント比 W/C に関係する。このため、**劣悪なコンクリートを排除する趣旨**から、水セメント比 W/C と直接的に関係する**コンクリートの設計基準強度**について、**少なくとも上記の最低設計基準強度以上としなければならないこととした。**

○また、**耐久性確保の観点**から水セメント比 W/C の**最大値**が別途指定される場合では、**水セメント比 W/C の最大値**が満たされるように、使用するコンクリートの呼び強度の値を定めなければならない。

4-5 許容応力度

4-5-1 一般

(p82)

表4-2 許容応力度の割増し係数

荷重の組合せ	割増し係数
温度変化の影響を考慮する場合	1.15
地震の影響を考慮する場合	1.50

- (1) 許容応力度設計法に用いる許容応力度は、使用する材料の基準強度や力学的特性を考慮して、適切な安全度が確保できるように設定するものとする。
- (2) 許容応力度は、4-5-2から4-5-4までに示す値とする。
- (3) 温度変化の影響、地震の影響を考慮する場合の許容応力度は上記の許容応力度に、表4-2に示す割増し係数を乗じた値とする。

4-5-2 コンクリートの許容応力度

(p83)

表4-3 コンクリートの許容圧縮応力度及びせん断応力度 (N/mm²)

コンクリートの設計基準 強度(σ_c)		21	24	27	30	36	40	50
		応力度の種類						
曲げ圧縮応力度		7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0
せん断 応力度	コンクリートのみでせん 断力を負担する場合 τ_c	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.27
	斜引張鉄筋と共同して負 担する場合 τ_c	1.6	1.7	1.8	1.9	2.2	2.4	2.4

表4-4 部材断面の有効高 d に関する補正係数 C_e

有効高 d (mm)	300 以下	1,000	3,000	5,000	10,000 以上
C_e	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5

表4-4に示す部材断面の有効高 d に関する補正係数 c_e を τ_{a1} に乘じる。

表4-5 軸方向引張鉄筋比 p_t に関する補正係数 c_{pt}

軸方向引張鉄筋比 p_t (%)	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0 以上
C_{pt}	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5

表4-5に示す軸方向引張鉄筋比 p_t に関する補正係数 c_{pt} を τ_{a1} に乘じる。
 ここで、 p_t は中立軸よりも引張側にある軸方向鉄筋の断面積の総和を bd で除して求める。

第5章 剛性ボックスカルバートの設計

5-1 基本方針

(p91)

解表5-1 剛性ボックスカルバートの照査項目

構成要素	照査項目	照査手法	従来型の剛性ボックスカルバートの照査項目 ^{注)}			適用
			ボックスカルバート	門形カルバート	アーチカルバート	
カルバート及び基礎地盤	変形	変形照査	△	△	△	基礎地盤に問題がない場合には省略可
	安定性	安定照査・支持力照査	△	○	△	門形カルバート以外の従来型の剛性ボックスカルバートで基礎地盤に問題がない場合には省略可
カルバートを構成する部材	強度	断面力照査	○	○	○	門形カルバート以外の従来型の剛性ボックスカルバートでは地震動の作用に対する照査は省略可
継手	変位	変位照査	×	×	×	本指針に示す継手構造を採用した従来型の剛性カルバートでは省略可

注) ○：実施する，△：条件により省略可，×：一般に省略可

(2) 従来型剛性ボックスカルバートの検討 (p93)

○従来型剛性ボックスカルバートでは、門形カルバートを除き、地震動の作用に対する照査を省略してもよい。門形カルバートについてはレベル1地震動の作用に対する照査を行えば、レベル2地震動に対する照査を省略してよい。

○これらは、

①既往の剛性ボックスカルバートの被災事例によると、大きな被害が生じた事例はないこと、

②剛性ボックスカルバートは橋脚等の地上に突き出した構造物と比較して周辺地盤の挙動の影響が大きく、カルバート自身の慣性力の影響が少ないこと、

③剛性ボックスカルバートは不静定次数の高いラーメン構造であり、部分的な破壊がカルバート全体の崩壊につながる可能性は低いこと、

等を考慮したものである。

5-3 剛性ボックスカルバートの安定性の照査(p106)

(2)カルバートの安定性の検討

- 一般にカルバートを地中に埋設する場合等、基礎地盤に作用する鉛直荷重が施工前の先行荷重よりも小さく、また、盛土内に設置する場合でも、周囲の盛土と比較して増加荷重は小さいため、盛土の変位に比べてカルバートの変位が大きくなることはない。このため、門形カルバートを除く剛性ボックスカルバートで、偏荷重や基礎地盤に問題のない場合は、一般に安定性に関する検討は省略してもよい。
- 門形カルバートでは、常時及び地震時の設計で考慮する荷重に対し、支持及び滑動に対して安定であることを照査する。斜角があり、偏土圧によってカルバートが回転移動を起こす可能性がある場合には、回転に対する照査を行う。

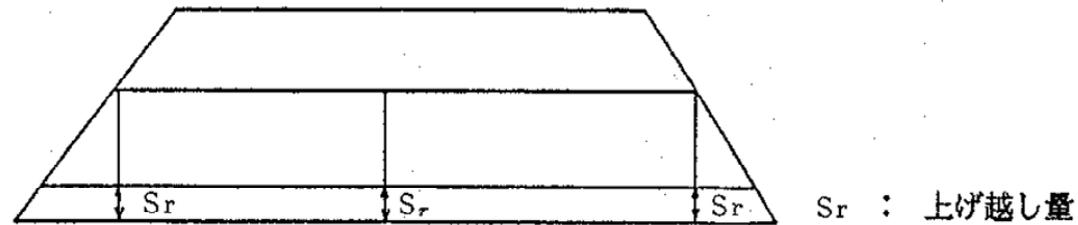
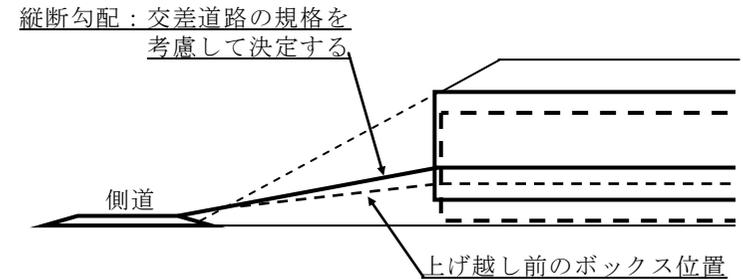
○高盛土の場合や、基礎地盤が軟弱で、沈下の影響がカルバートの機能、カルバートの安全性及び上部路面に影響を与えることが想定される場合には「道路土工－軟弱地盤対策工指針」に従い、沈下に対する照査を行う。

○地下水位が高い軟弱地盤で基礎地盤の置き換えを行う場合には、地震時に基礎地盤の置き換え砂が液状化してカルバートの過大な沈下が生じるのを防ぐために、置き換え砂の安定処理や地盤改良等、置き換え部に液状化が生じないような処理を施すことを原則とする。

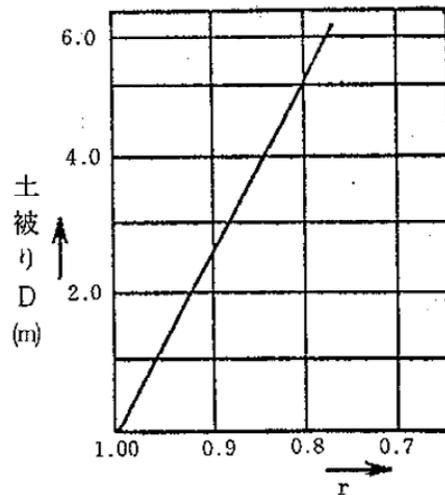
○高盛土の場合や、基礎地盤が軟弱で、沈下の影響がカルバートの機能、カルバートの安全性及び上部路面に影響を与えることが想定される場合には「道路土工－軟弱地盤対策工指針」に従い、沈下に対する照査を行う。

ボックスカルバートの上げ越しについて

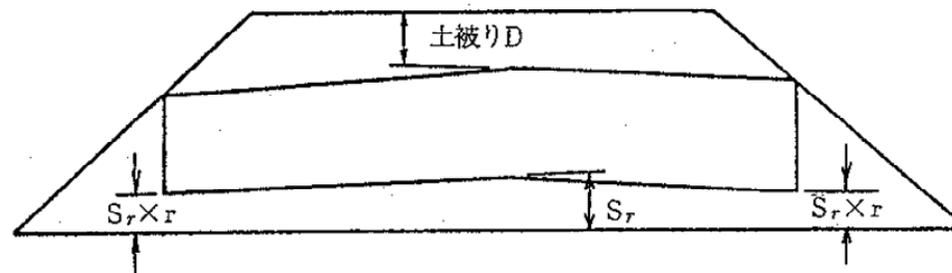
軟弱地盤対策工指針を参照



解図6-30 プレロードを採用した場合の上げ越し形状



解図6-31 土被りと上げ越し量



$$\text{沈下比 } r = \frac{\text{(カルバート端部の沈下量)}}{\text{(カルバート中央部の沈下量)}}$$

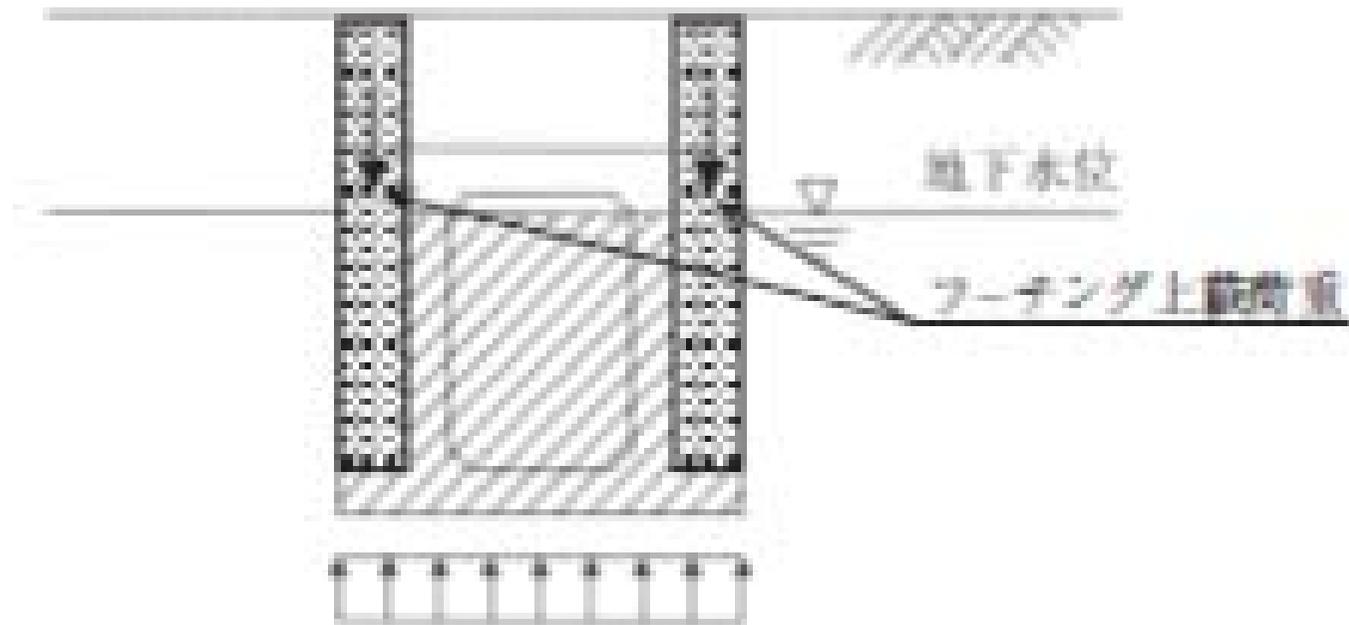
解図6-32 プレロードを採用できない場合の上げ越し形状

(3) 浮き上がりに対する安定の検討

(p107)

○剛性ボックスカルバートが地震時の浮上がりにより安全性や機能に重大な影響を及ぼす被害を受けた事例はない。

○このため、ある程度の鉛直変位が生じてもカルバートや上部道路の機能に大きな影響を与えない、あるいは機能の速やかな回復が著しく困難とならないと判断される場合や、構造形式上大きな変位が生じないと判断される場合等には、地震時の浮上がりに対する検討を省略してよい。



解図5-6 浮上がりに対する安定対策の例

5-9 門形カルバートの設計

(p153)

1) 地震の影響

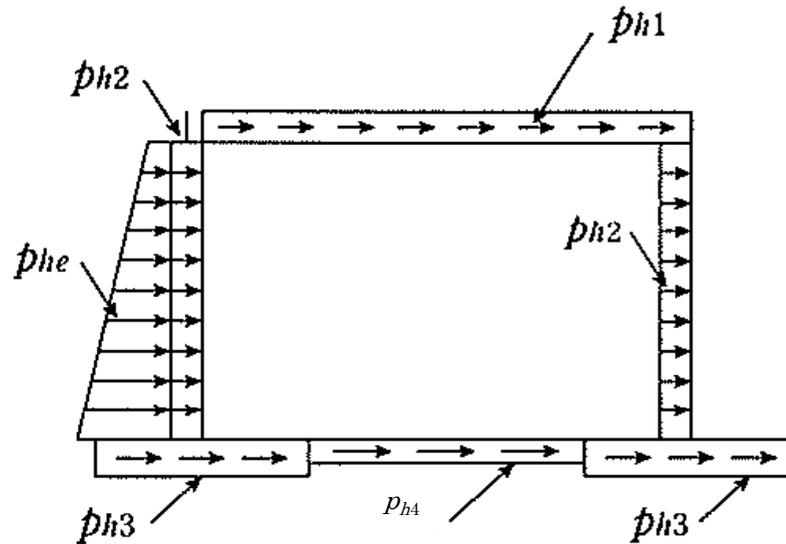
○設計の簡便性より解表5-12に示す設計水平震度に対して「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」に規定する地震時水平土圧(修正物部・岡部式)と死荷重, 慣性力を作用させて, カルバートを構成する部材の応力度が許容応力度以下となること及び基礎が安定であることを照査する(解図5-42)。

○「5-2(4)地震の影響」に示される地盤の変形を考慮した手法を用いてもよい。

解表5-12 設計水平震度の標準値

	地盤種別		
	I種	II種	III種
設計水平震度の標準値 k_h	0.16	0.20	0.24

解表5-12に示す設計水平震度の標準値は, 地震の影響として地震時土圧と慣性力を作用させ, 許容応力度法で照査する場合を前提として設定したものである。このため, 構造物の塑性化を考慮する場合には, 解表5-12の値を用いてはならない。



p_{h1} : 頂版自重および上載土による地震時水平力 (kN/m^2 (tf/m^2))

p_{h2} : 側壁自重による地震時水平力 (kN/m^2 (tf/m^2))

p_{h3} : フーチング自重による地震時水平力 (kN/m^2 (tf/m^2))

P_{h4} : ストラット自重による地震時水平力 (kN/m (tf/m))

p_{he} : 地震時水平土圧 (kN/m^2 (tf/m^2))

解図5-42 地震時の断面力計算における作用水平力

5-5 耐久性の検討

5-1 一般(p119)

剛性ボックスカルバートの設計に当たっては、**経年劣化に対して十分な耐久性が保持できるように配慮しなければならない。**

- 一般に、鉄筋コンクリート部材が所要の耐久性を確保するためには、中性化、塩化物イオンの浸透による**鉄筋の腐食(塩害)**、**アルカリシリカ反応**、**凍結融解作用**、**流水等による摩耗**、**化学的侵食を考慮する必要がある。**
- また、まれではあるが、設置地点が温泉地域等に近接する場合には、化学的侵食に対する対策が必要となることがある。
- 水路カルバートにおいては、砂粒を含む流水、砂礫を含む波浪等による摩耗等の作用を受けることがある。そのような現象が危惧される場合には、流水の速度、底面地盤の状況等の周辺環境を十分に把握したうえで、鉄筋のかぶりを増やしたり、コンクリート表面の防護等を行うことが望ましい。

5-5-2 塩害に対する検討(p119)



- 凡例
- 地域区分A
 - 地域区分B
 - 地域区分C (上記地域を除く)

北海道のうち、宗谷支庁の札支庁・利尻富士町・利尻町・稚内市・廣島村・豊留町、留萌支庁、石狩支庁、後志支庁、釧路支庁、渡島支庁の松前町
 青森県のうち、置田町、今別町、平館村、三厩村（東津軽郡）、北津軽郡、西津軽郡、大間町、夜井村、藤野沢村（下北郡）
 秋田県、山形県、新潟県、富山県、石川県、福井県

地域区分Bとする地域

塩害の影響度合い	部材の種類		
	対策区分	現場打ち 鉄筋コンクリート	プレキャスト 鉄筋コンクリート
影響が激しい	I	60	60
影響を受ける	II	60	45
	III	40	30

記載誤り

地域区	地域	海岸線からの距離	塩害の影響度合いと対策区分	
			対策区分	影響度合い
A	沖縄県	海上部及び海岸線から100mまで	S	影響が激しい
		100mをこえて300mまで	I	影響を受ける
		上記以外の範囲	II	
B	図5-1及び表5-8に示す地域	海上部及び海岸線から100mまで	S	影響が激しい
		100mをこえて300mまで	I	影響を受ける
		300mをこえて500mまで	II	
		500mをこえて700mまで	III	
C	上記以外の地域	海上部及び海岸線から20mまで	S	影響が激しい
		20mをこえて50mまで	I	影響を受ける
		50mをこえて100mまで	II	
		100mをこえて200mまで	III	

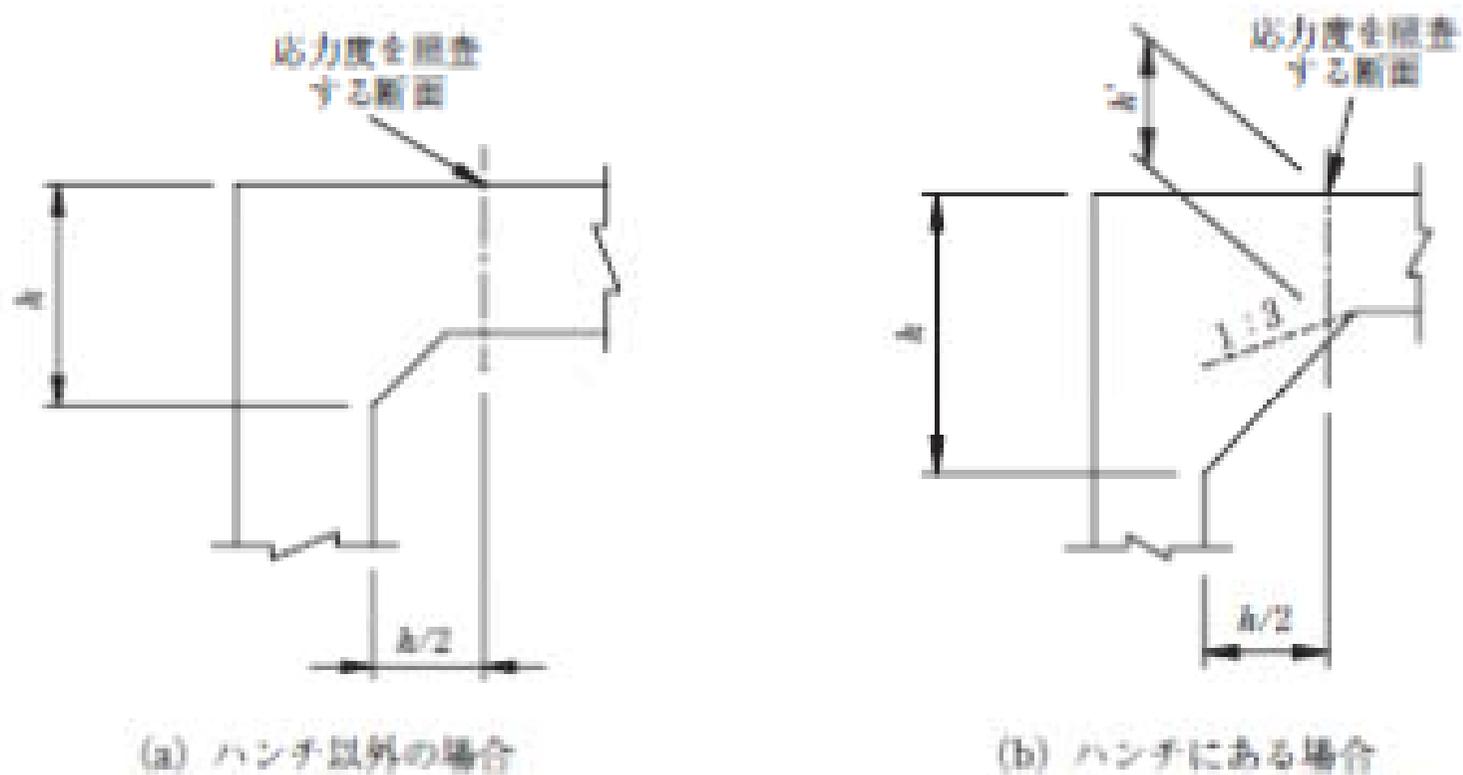
5-6 構造細目 (p122)

- ・最小鉄筋量(軸方向筋)
- ・せん断補強鉄筋
- ・最大鉄筋量(引張り鉄筋)
- ・配力鉄筋, 圧縮鉄筋
- ・鉄筋かぶり
- ・鉄筋あき
- ・鉄筋定着
- ・鉄筋フック, 曲げ形状
- ・継手

5-7 場所打ちカルバートの設計

(2) 構造設計

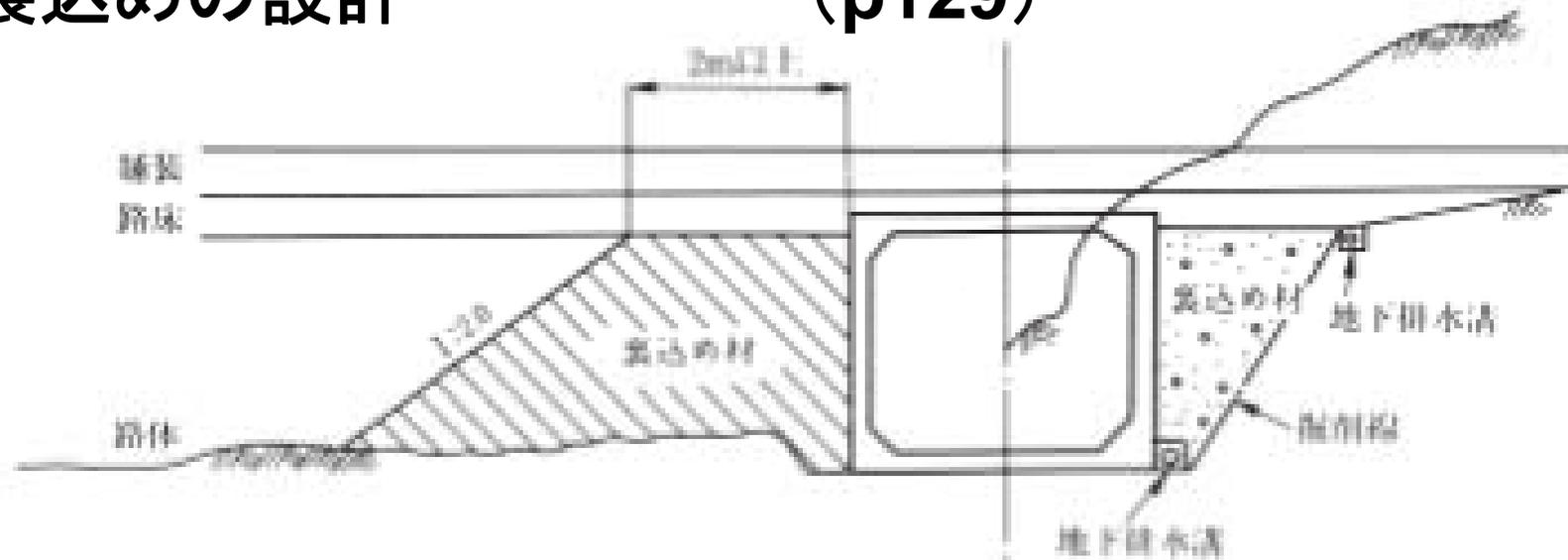
(p128)



解図5-15 せん断力に対する照査位置

5-7 場所打ちカルバートの設計

(4) 裏込めの設計 (p129)



解図5-16 構造物裏込めの例

- ・裏込め材料は締固めが容易で、圧縮性が小さく、透水性があり、かつ水の浸入によっても強度の低下が少ないような安定した材料を選ぶ必要がある。
- ・盛土部においては裏込めを先行して施工するのが望ましい
- ・必要に応じて地下排水溝を設置したり、カルバート本体の側壁やウイングに水抜き孔を設けるなどの配慮をしなければならない。

6章 パイプカルバートの設計

6-1 基本方針

6-2 剛性パイプカルバートの設計

6-3 たわみ性パイプカルバートの設計

6-2 剛性パイプカルバートの設計

6-2-1 一般

6-2-2 剛性パイプカルバートの設計

(1) 管の種類と規格

(2) 管体の設計

(3) 基礎の設計

(4) 被覆部・埋め戻し部の設計

(5) 構造物周辺の配管

(6) 構造細目

6-3 たわみ性パイプカルバートの設計

6-3-1 一般

6-3-3 硬質塩ビカルバートの設計

(1) 管の種類と規格

(2) 管体の設計

(3) 基礎の設計

(4) 埋め戻し部の設計

(5) 構造物周辺の設計

(6) 構造細目

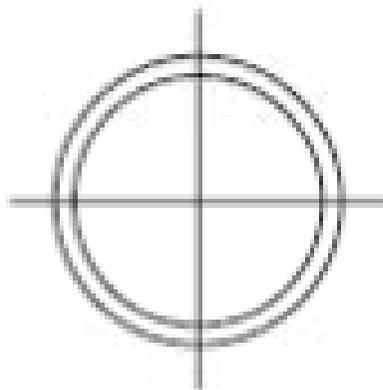
6-3-3 硬質塩化ビニールパイプカルバート(p229)

(1) 管の種類と規格

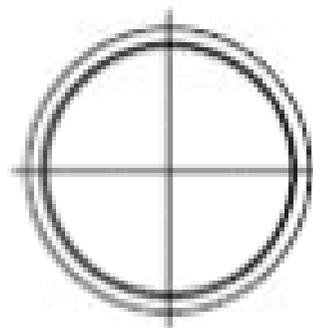
種 類		呼び径の範囲	規 格
円形管	硬質ポリ塩化ビニル管	VP	13 ~ 300 JIS K 6741
		VM	350 ~ 500 JIS K 6741
		VU	40 ~ 700 JIS K 6741
75 ~ 600 JSWAS K - 1			
リップ付円形管	リップ付硬質塩化ビニル管	150 ~ 450	JSWAS K - 13

備考1. 呼び径とは、一般に、管の近似内径を mm 単位の数値で表した管径の呼称である。

備考2. 排水・下水関係の用途で使用される VU は、JIS K 6741 に排水・下水特有の性能を追加規定している JSWAS K - 1 品が使用される。



(a) 円形管



(b) リップ付円形管

(2) 管体の設計

(p230)

解表6-29 許容曲げ応力度及び許容たわみ量

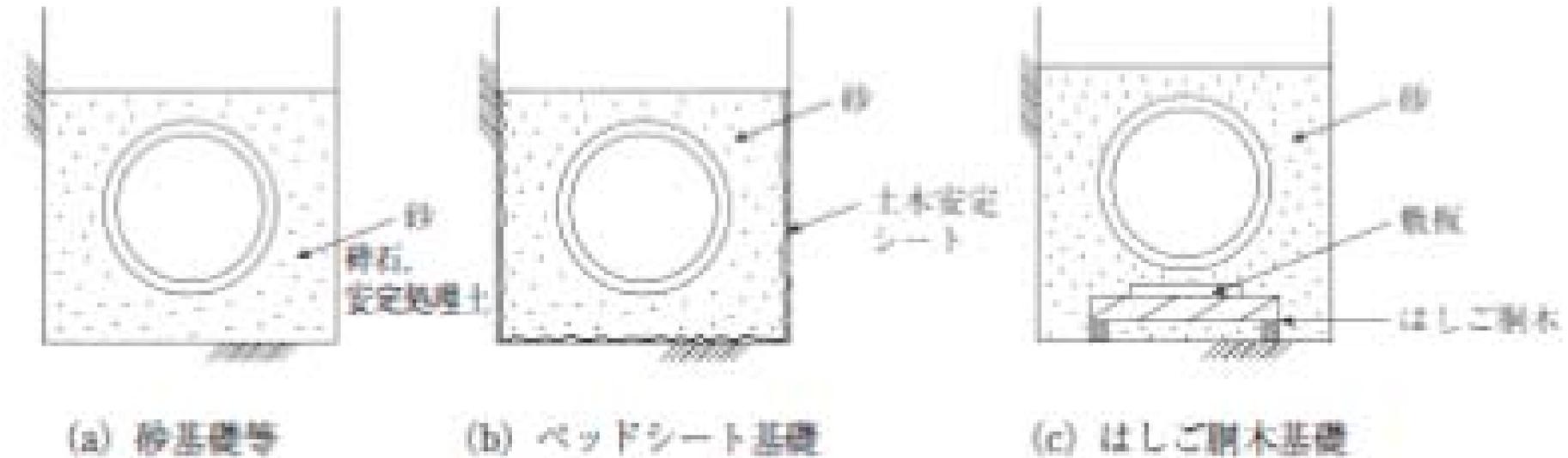
許容曲げ応力度 σ_c	17.7N/mm ²	
許容たわみ率 V_c	硬質塩化ビニル管	5%
	リブ付硬質塩化ビニル管	4%

$$\sigma = \frac{(k_1 \cdot q_d + k_2 \cdot q_l) r^2}{Z} \quad (\text{Nmm}^2) \quad \dots\dots\dots(\text{解6-12})$$

$$\delta = (k_3 \cdot q_d + k_4 \cdot q_l) \frac{r^4}{E \cdot I} \quad (\text{mm}) \quad \dots\dots\dots(\text{解6-13})$$

$$V = \frac{\delta}{2r} \times 100 \quad (\%) \quad \dots\dots\dots(\text{解6-14})$$

(3) 基礎の設計(硬質塩ビ管カルバート) (p213, 237)



注) はしご脚木基礎における敷板と管との間の砂厚は、呼び径に応じて10～15cmとする。

解図6-41 基礎の種類(p237)

解表6-33 標準的な基床厚

呼び径 \ 地盤	普通地盤	岩盤・転石地盤	軟弱地盤
200 以下	10cm 以上	30cm 以上	50cm 以上
250 ~ 450	15cm 以上		
500 以上	20cm 以上		

注1) 円形管・リップ付円形管共通

注2) 軟弱地盤において

①人が掘削作業のできる程度の地盤状態に於いては、普通地盤の2倍程度の基床厚とする。

②基床の下に切込砕石、はしご鋼木等を設ける場合は、普通地盤程度の基床厚とする。

・施工上必要なスペースの確保だけでなく、硬質塩化ビニルパイプカルバートが鉛直土圧によってたわみ、側方に受働土圧が生じることにより外圧に抵抗するのを妨げないようにする観点。

・概ねパイプカルバート外径+0.6m程度を目安とする。土留めを使用する場合は土留材の厚さ等を別途考慮する必要がある。

解表6-34 標準的な掘削幅(硬質塩化ビカルバート)

呼び径 (mm)	150 以下	200	250	300	350
掘削幅 (cm)	50 ~ 60	70	80	85	90
呼び径 (mm)	400	450	500	600	700
掘削幅 (cm)	100	105	110	135	145

注) 円形管・卵形管・リブ付円形管共通

管底側部は、基礎材がまわり込みにくく、締固め不足を生じやすいため、突き棒等で十分締め固める。

(4) 埋め戻し部の設計

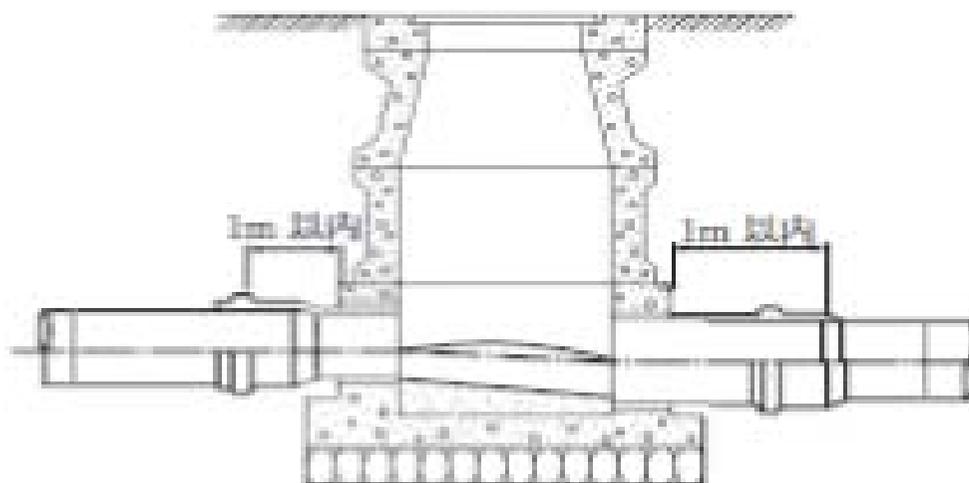
1) 被覆部の上部で、管頂から30cm以内の部分

- ・管頂から10cmから30cmまでの被覆部の上部は、岩塊等の管に有害なものを含まない材料、
埋戻し材に含まれる最大粒径は、円形管では20mm以下、
リブ付円形管では50mm以下とする。
- ・埋戻し材には、道路管理者が指定する良質な発生土や改良土等を用いてもよい。
- ・再生材料を用いる場合は、再生砕石、再生砂等とする。

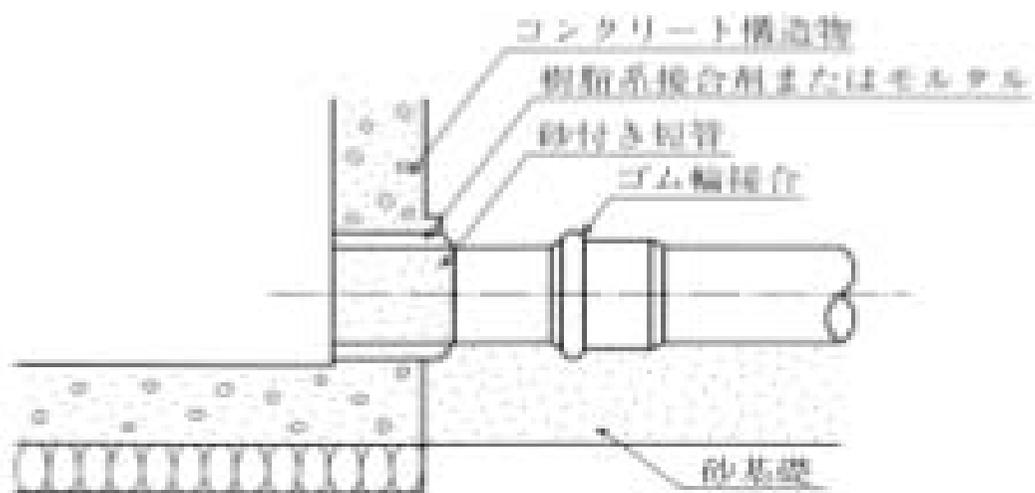
2) 管頂から30cm以上の部分

埋戻し材は、道路盛土や原地盤と同等以上の地耐力が得られるとともに、締固めが可能なものとする。また、耐久性があり、ごみや不純物等を含まず、凍結していないものとする。

(5) 構造物周辺の配管

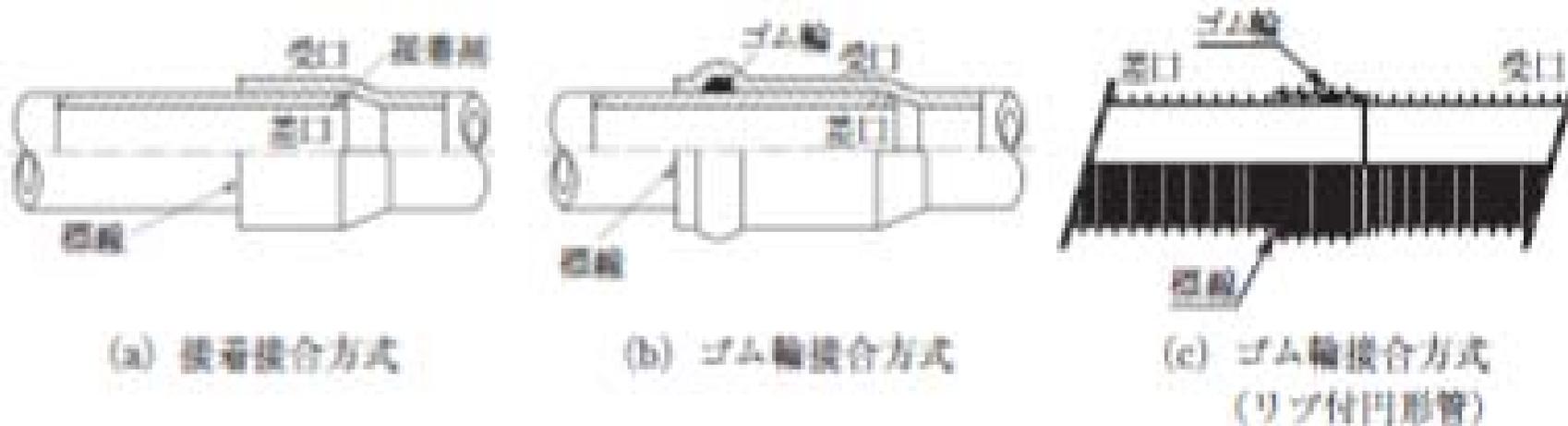


(a)マンホールへの取付け例



(b)接続部の詳細図

(6) 構造細目



・継手の水密性については、「JIS K 6741(接合部水圧試験)」及び「JSWAS K-1(接合部負圧試験)」に規定されており、継手部の照査は省略できるものとする。

・耐震計算硬質塩化ビニルパイプカルバートの接合方式(継手)として、接着接合方式及びを行う場合のゴム輪受口の屈曲角、抜出し量は、「下水道施設耐震計算例—管路施設編—前編」((社)日本下水道協会)に規定される中から選定することができるが、屈曲角、抜出し量の選定に当たっては、地盤及び埋戻し土の液状化に留意する必要がある。

7章 施工

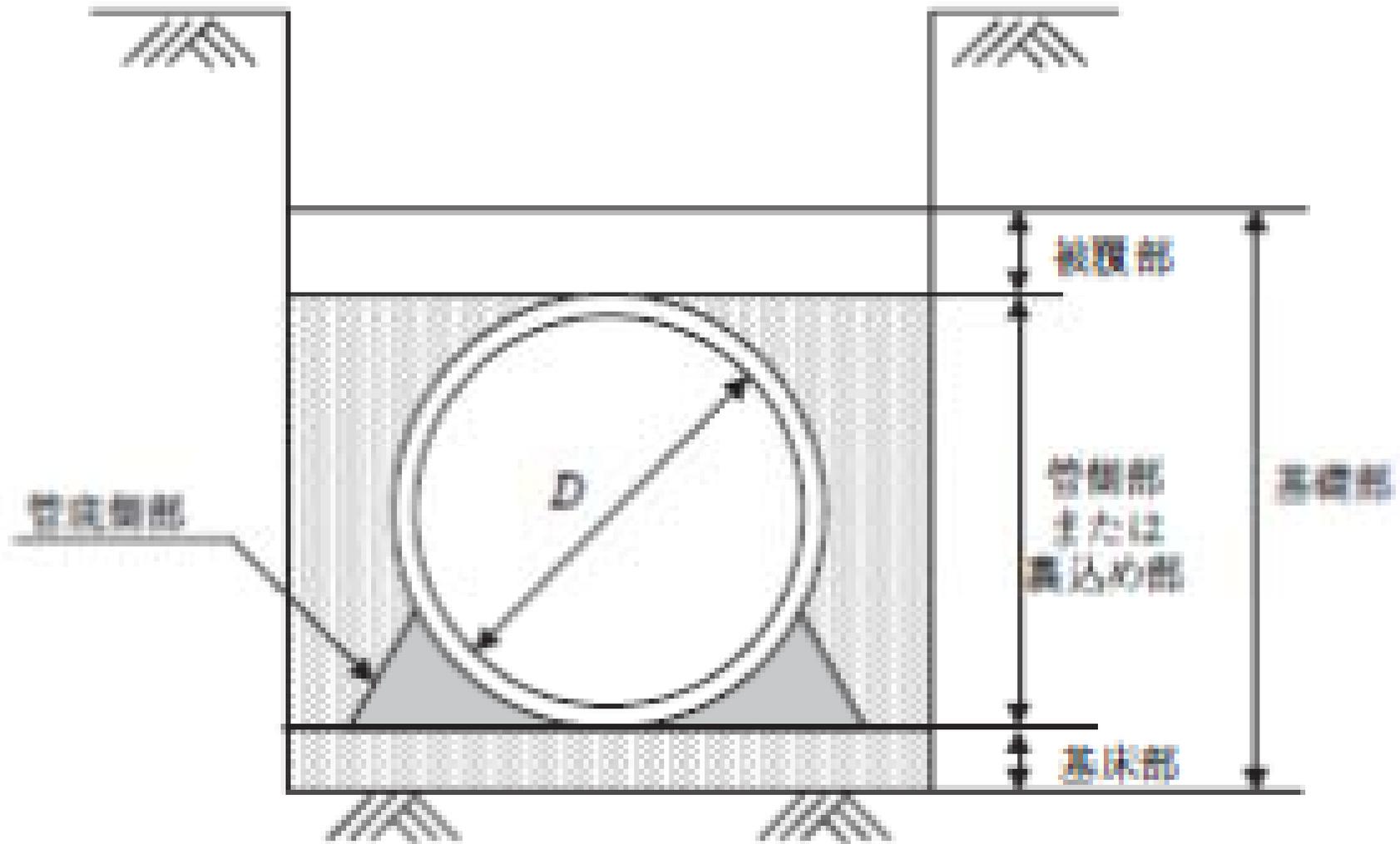
(2) 硬質塩化ビニルパイプカルバートの施工 (p281)

3) 基礎工

基礎部の締固めに当たっては、次の点に注意しなければならない。

- ① 基礎部は、一層の仕上がり厚さ20cm以内になるようにし、小型締固め機械等
で入念に締固める。基礎部の液状化対策の観点からも、十分な締固めが必要で
ある。ただし、管の直上部の締固めは、機械による振動や衝撃を与えてはならな
い。
- ② 管底側部は、基礎材がまわり込みにくく、締固め不足が生じやすいため、基礎
材を盛り付け、突き棒等で十分突固める。
- ③ 継手掘りした箇所は、基礎材を十分に充填し、突き棒等で十分突き固める。

(3) 基礎の設計(硬質塩ビ管カルバート) (p213, 237)



(注) 図は溝型の埋設形式の場合で、突出型でも同様である。

解図6-27 たわみ性パイプカルバートの基礎部

4) 埋戻し工

○埋戻し部は、管頂30cmまでは小型締固め機械等で十分締め固める。締固め機械は、管に衝撃を与えないよう衝撃力の小さい軽量のものを使用する。
その他の留意点は、「7-2(6)コンクリート製パイプカルバートの施工」に準じる

○硬質塩化ビニルパイプカルバートの場合、管径が比較的小さいため、礫等の影響を防止するために、基礎部は基床部から被覆部までとする。

○また、周辺地盤及び埋戻し部が液状化するおそれのある場合の対応策としては、硬質塩化ビニル管の場合、地下水位以深を固化改良土で埋戻す方法が適切である(例えば、現場における一軸圧縮強度の平均値で50 kN/m²～100kN/m²)。

8-4 補修・補強対策



解図8-4 カルバートの更生工法の例 (p293)



自立管：更生材単独で自立できるだけの強度を発揮させ、新設管と同等以上の耐荷能力および耐久性を有するもの。

複合管：既設管きょと更生材が構造的に一体となって、新設管と同等以上の耐荷能力および耐久性を有するもの。

二層構造管：残存強度を有する既設管きょとその内側の樹脂等で二層構造を構築するもの。

9章 道路占用等

(p309)

解表9-2 浅層埋設が可能な管種の例

道路地下占用物件	管路等の種類 (規格)	管径
ガス管	鋼管 (JIS G 3452)	300mm 以下のもの
	ダクタイル鑄鉄管 (JIS G 5526)	300mm 以下のもの
	ポリエチレン管 (JIS K 6774)	300mm 以下のもの
水道管	鋼管 (JIS G 3443)	300mm 以下のもの
	ダクタイル鑄鉄管 (JIS G 5526)	300mm 以下のもの
	硬質塩化ビニル管 (JIS K 6742)	300mm 以下のもの
	水道配水用ポリエチレン管 (引張降伏強度 204kgf/cm ² 以上)	200mm 以下で 外径/厚さ =11 のもの
下水道管	ダクタイル鑄鉄管 (JIS G 5526)	300mm 以下のもの
	ヒューム管 (JIS A 5303)	300mm 以下のもの
	強化プラスチック複合管 (JIS A 5350)	300mm 以下のもの
	硬質塩化ビニル管 (JIS K 6741)	300mm 以下のもの
	陶管 (JIS R 1201)	300mm 以下のもの
地下電線 (電気事業)	鋼管 (JIS G 3452)	250mm 以下のもの
	強化プラスチック複合管 (JIS A 5350)	250mm 以下のもの
	耐衝撃性硬質塩化ビニル管 (JIS K 6741)	300mm 以下のもの
	コンクリート多孔管 (管材曲げ引張強度 54kgf/cm ² 以上)	φ 125 × 9 条以下のもの
地下電線 (電気通信事業等)	硬質塩化ビニル管 (JIS K 6741)	75mm 以下のもの
	鋼管 (JIS G 3452)	75mm 以下のもの

管の設置位置

道路地下占用物件	埋設の深さ	
	車道に設ける場合	歩道に設ける場合
地下電線	道路の舗装の厚さ（路面から路盤の最下面までの距離をいう）に、0.3mを加えた値（当該値が0.6mに満たない場合には、0.6m）以下としないこと	0.5m以下としないこと
水道管、ガス管	道路の舗装の厚さ（路面から路盤の最下面までの距離をいう）に、0.3mを加えた値（当該値が0.6mに満たない場合には、0.6m）以下としないこと	本線以外の線を設ける場合、0.5m以下としないこと
下水道管	道路の舗装の厚さ（路面から路盤の最下面までの距離をいう）に、0.3mを加えた値（当該値が1mに満たない場合には、1m）以下としないこと （ただし本線以外の線の場合は0.6m以下としないこと）	本線以外の線を設ける場合、0.5m以下としないこと
		外圧1種ヒューム管を用いる場合には、1m以下としないこと