

# ため池の基礎知識

令和3年9月29日

福岡県ため池管理保全支援センター

# 1. 技術研修資料の内容

農業用ため池の数は、全国で約16万ヶ所といわれ、農業用水確保、洪水調節、等の重要な役割を担っています。

本研修資料は、**事例(写真・模式図)**をもとに老朽ため池の現状と設計・施工時の留意点についての**初歩的な理解**を深めていただくことを目的としています。

株式会社日設コンサルタント 伊藤純仁 : 技術士(総合技術監理部門・農業部門農業土木)

## レジュメ (要約)

1. ため池の定義
2. ため池の種類
3. 全国のため池の築造年代と分布
4. ため池の構造
5. 堤体改修工法
6. 堤体の老朽化
7. ため池決壊事例
8. 土の基礎知識
9. 施工における留意点
10. 新工法



狭山池 (大阪狭山市 : 現存する日本最古のため池)

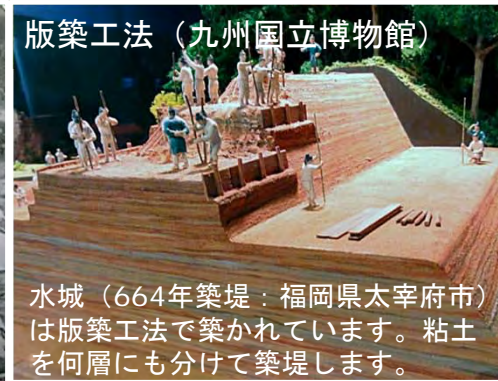
昔の築堤の様子



千本搦き



版築工法 (九州国立博物館)



水城 (664年築堤 : 福岡県太宰府市) は版築工法で築かれています。粘土を何層にも分けて築堤します。

# 目次

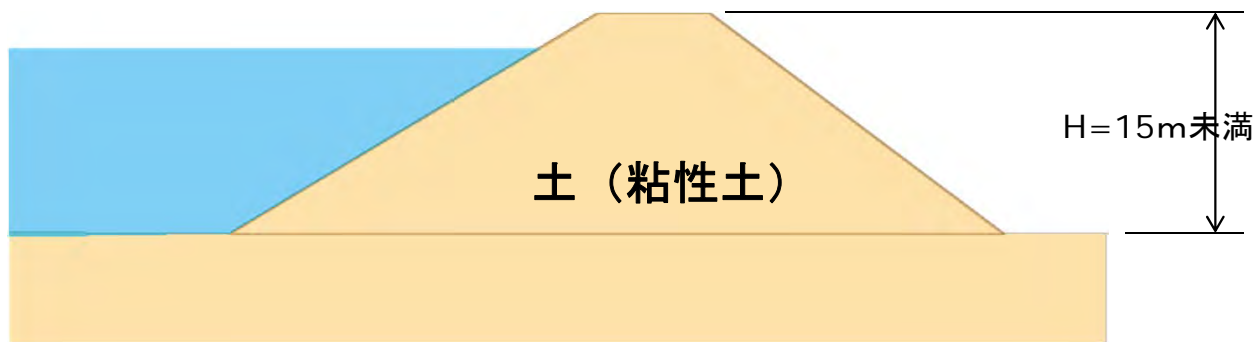
---

	頁
1. ため池の定義 .....	4
2. ため池の種類 .....	6
3. 全国のため池の築造年代と分布 .....	9
4. ため池の構造 .....	10
5. 堤体改修工法 .....	20
6. 堤体の老朽化 .....	29
7. ため池決壊事例 .....	32
8. 土の基礎知識 .....	35
9. 施工における留意点 .....	48
10. 新工法 .....	67

# 1. ため池の定義

ため池とは、高さ(堤高)15m未満の**土えん堤**をいいます

(「ため池整備」H27.5年版 p.1 参照)



全国には約16万ヶ所のため池が存在しています。

福岡県内には約4,800ヶ所存在しています。(p.9 参照)



# 1. ため池の定義

出典	定義
農業土木標準用語辞典	水を貯水する目的で造られる池。河川、溪流などをダムで締切って造られる場合が多い
「溜池の研究」 竹山増次郎	<b>主として灌漑用水に充てる目的をもって築造したところの池を溜池とする</b>
「水の法律」 安田正鷹	灌漑用水に充てる目的を持って、雨水、溪流の水などを貯留するために設けたもの
「池の文化」 末永雅雄	一応人工構築に成り、必要に応じて相当量の貯水能力とその放水設備の完備したもの
「讃岐のため池」香川清美 他	特定の水掛りかんがいに必要な用水を確保するための人為的な営造物

## 2. ため池の種類

# ため池

### 谷池

山間や丘陵地で谷をせき止めて造られたため池



### 皿池

平地の窪地の周囲に堤防を築いて造られたため池



# 谷池



山から流れてくる水を直接堰き止めて水を貯めます。  
山の麓に造られるので、このタイプのため池は「谷池」または「山池」と呼ばれます。  
池底は平らではなく、池面(水面)の形も様々です。



# 皿池



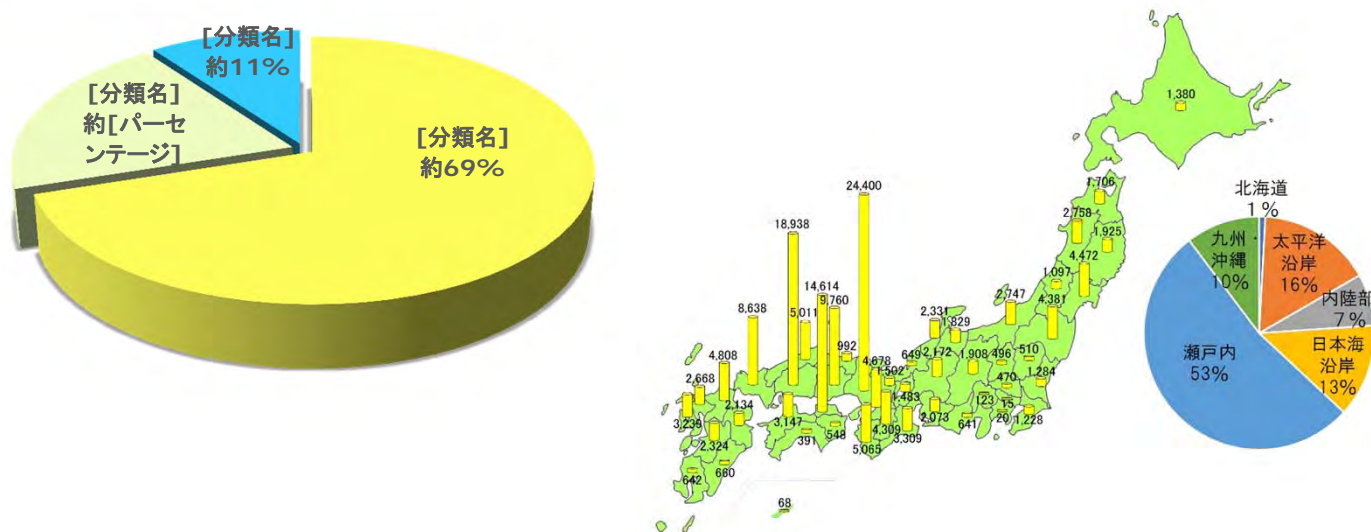
河川や水路から水を引き込んで貯めるタイプです。平坦地や集落のすぐそばに位置しているため、このようなため池は「皿池」や「平池」と呼ばれます。

一般に池底は平らになっており、池面(水面)の形も規則的な者の割合が高くなっています。

また、親水空間として公園や遊歩道を併設することがあるのも皿池の特徴となっています。



### 3. 全国のため池の築造年代と分布



**築堤後約100年を経たため池が90%を超え、堤体の老朽化が問題となっています。**  
 現存する日本最古のため池は、大阪狭山市に位置する狭山池で7世紀前半の築造



狭山池（大阪府大阪狭山市）

型式	均一型アースフィルダム
堤高	18.5 m
堤頂長	997 m
満水面積	36 ha
貯水量	280万m <sup>3</sup>

箇所数順					
1	兵庫県	24,400	25	長野県	1,908
2	広島県	18,938	26	富山県	1,829
3	香川県	14,614	27	青森県	1,706
4	岡山県	9,760	28	京都府	1,502
5	山口県	8,638	29	滋賀県	1,483
6	和歌山県	5,065	30	北海道	1,380
7	島根県	5,011	31	茨城県	1,284
8	福岡県	4,808	32	千葉県	1,228
9	大阪府	4,678	33	山形県	1,097
10	宮城県	4,472	34	鳥取県	992
11	福島県	4,381	35	宮崎県	660
12	奈良県	4,309	36	福井県	649
13	三重県	3,309	37	鹿児島県	642
14	長崎県	3,239	38	静岡県	641
15	愛媛県	3,147	39	徳島県	548
16	秋田県	2,758	40	栃木県	510
17	新潟県	2,747	41	群馬県	496
18	佐賀県	2,668	42	埼玉県	470
19	石川県	2,331	43	高知県	391
20	熊本県	2,324	44	山梨県	123
21	岐阜県	2,172	45	沖縄県	68
22	大分県	2,134	46	神奈川県	20
23	愛知県	2,073	47	東京都	15
24	岩手県	1,925		全国合計	159,543
瀬戸内ブロック		84,175	日本海沿岸ブロック		20,622
九州ブロック		16,543	内陸部ブロック		11,471
太平洋沿岸ブロック		25,352	北海道ブロック		1,380

(農林水産省 防災課調べ 令和2年3月 に加筆)

## 4. ため池の構造



## 4.1 堤体

ため池は川や谷を横断して土を盛り立てて造られる土木構造物です。ため池は、堤体と堤体上流の地山で囲まれた空間（貯水池）に貯水するという重要な働きをします。

そのため、通常は粘性土を突き固めて造られていることが多く、場合によっては水を通しにくい粘土を突き固めた刃金土を堤体の一部に入れているものもあります。



粘性土

## 4.2 洪水吐（余水吐）

大雨時に水が堤体を乗り越えて流れないように、貯水池に流入する水を安全に流下させるための施設です。



側溝型洪水吐



水路流入式洪水吐



昭和池（北九州市）



ラビリンス堰（コンクリート製）



ラビリンス堰（ステンレス製）

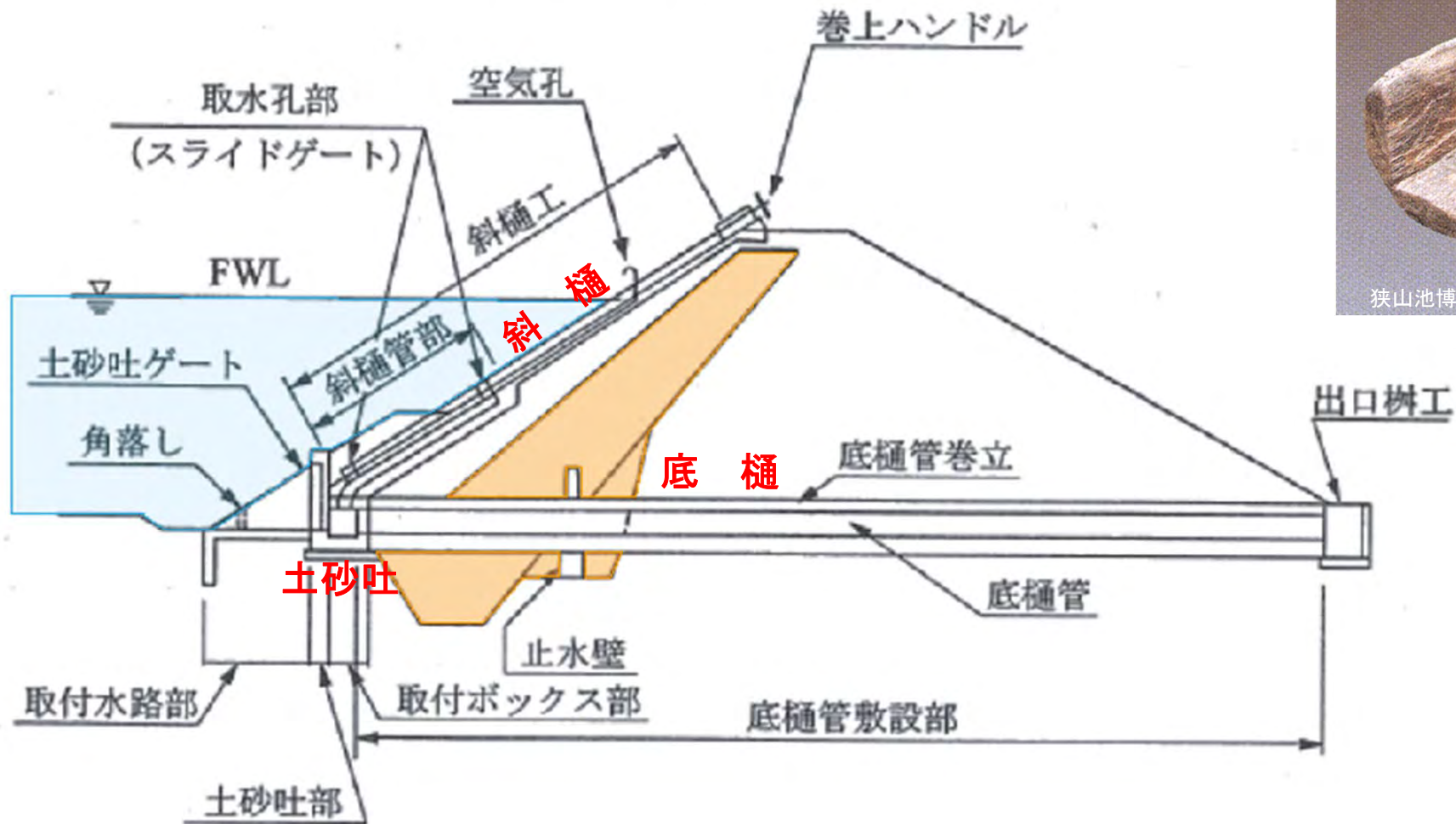


縦樋型洪水吐

## 4.3 斜樋・底樋・土砂吐

(堤体部に設置した取水施設)

図3：取水施設の構造例



樋

ひ。木や竹でつくったとい。かけひ。  
[漢字源 改訂第五版]

木樋(コウヤマキ)



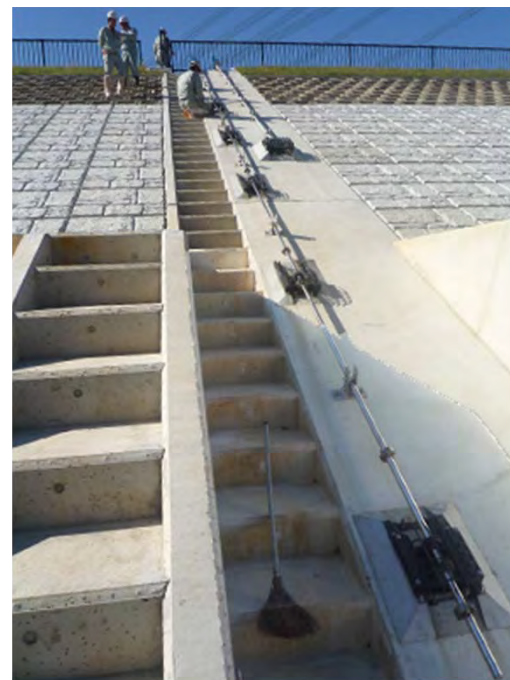
狭山池博物館常設展示案内 p.24 参照

## 4.3.1 斜樋

ため池の水を取水する施設です。



地山設置斜樋（遠景）



堤体設置斜樋（ゲート）



地山設置斜樋（近景）



堤体設置斜樋（ため池栓）



## 4.2.3 斜樋設置事例



## 4.2.4 斜樋老朽化事例

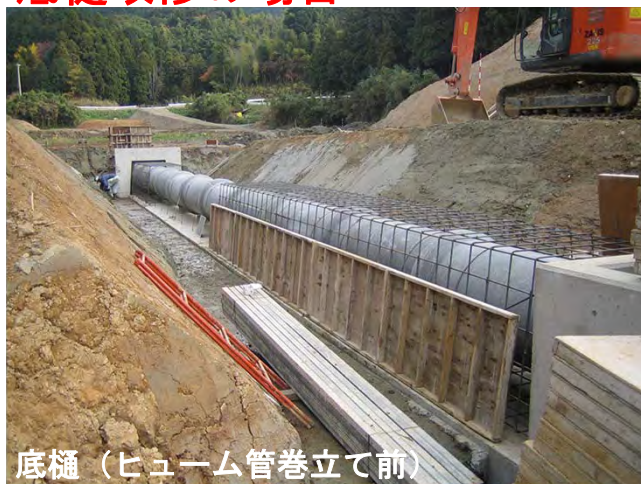




## 4.3.3 底樋・土砂吐

斜樋から取込まれた農業用水は土砂吐に落下し、底樋を流下して堤体下流水路に流入します。

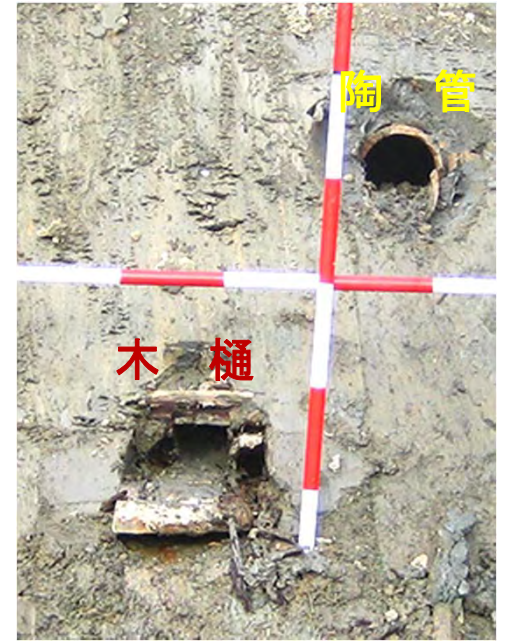
底樋改修の場合



底樋管更生の場合

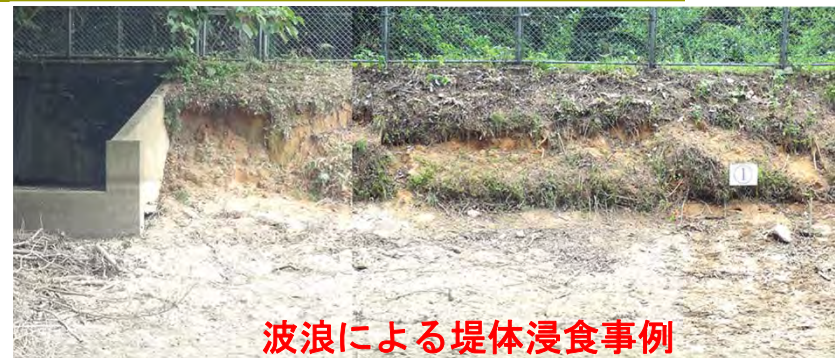


## 4.3.4 底樋設置事例



## 4.4 法面保護工

ため池は山や谷から流れ出る水をせき止めやすい地形を選んで造られています。風が吹きだまりやすいところでもあります。貯水池内の波浪が発生すると、土を材料とする堤体が浸食されてしまうことから、これらを防ぐために法面保護工（護岸）を施します。



波浪による堤体浸食事例



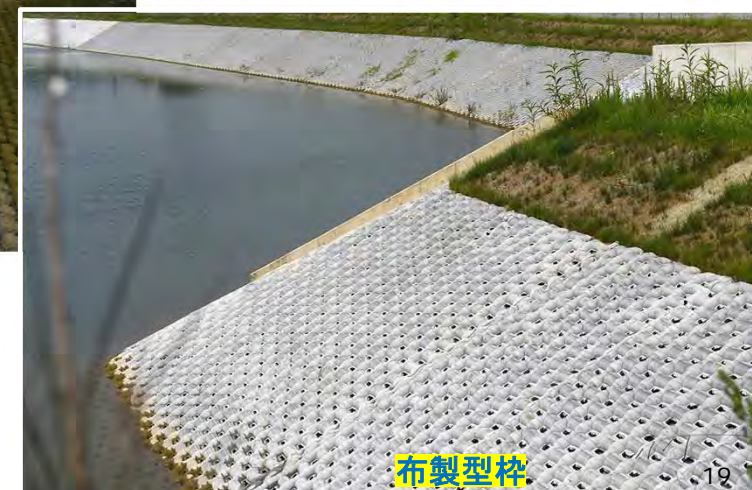
擬岩ブロック



ブロックマット



滑り止め張りブロック



布製型枠



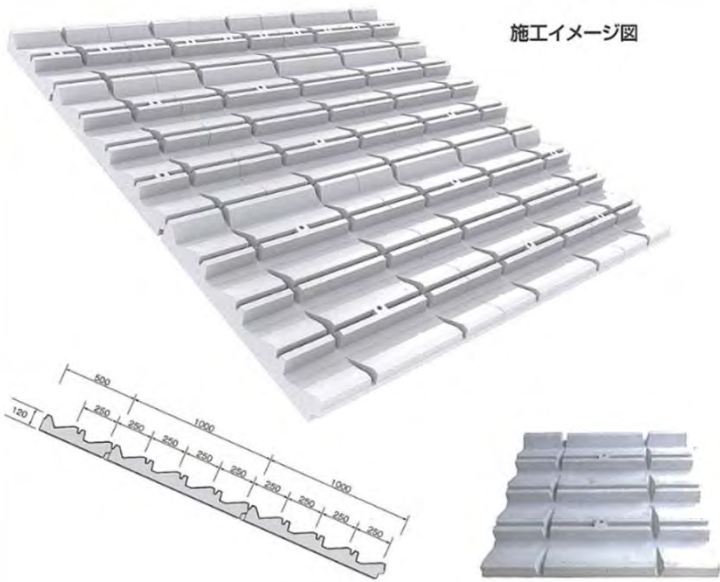
## 防災型張りブロック

- 使用用途として、**ため池**、河川、クレーク、遊水地などの護岸工事に使用できます。
- ブロック表面部縦目地が細かく配置され、表面排水に優れているため、ほこり、土砂などの溜りの抑制効果があります。
- 表面形状前面に渡り階段状となり、足掛として作業性、安全性が向上します。
- 表面形状の凹凸を細かく設置しているので、**転倒**、**滑落時の手掛かりとしての機能**を有しています。
- 大型張りブロックであるため、工事費の削減、機械施工による省力化及び工期短縮を図れます。

### 防災型張りブロック(滑り止め張りブロック)

2013.10月現在

施工イメージ図



農業用ため池 転落死防げ

階段ブロック

はい上がれる

西日の山田下谷のり面で既設のた  
り面を改良する防災型張りブロック。階段状  
になり、滑り止めの効果も

も水たまりは上がりやす  
いよう、ブロックの表面に  
工夫を凝らした。池へのち  
入りは止まされ、市  
農業課は「おれ」を  
よと呼びかけている。

福岡市は、市が管理する  
武の西山下谷のり面を改良  
する。従来のり面は、物  
を滑りやすく、雨を溜め  
て、足が滑りやすくなる  
という。同市では、年  
間、同様のり面は、世  
に発生する事故が、再  
発防止を目的として、

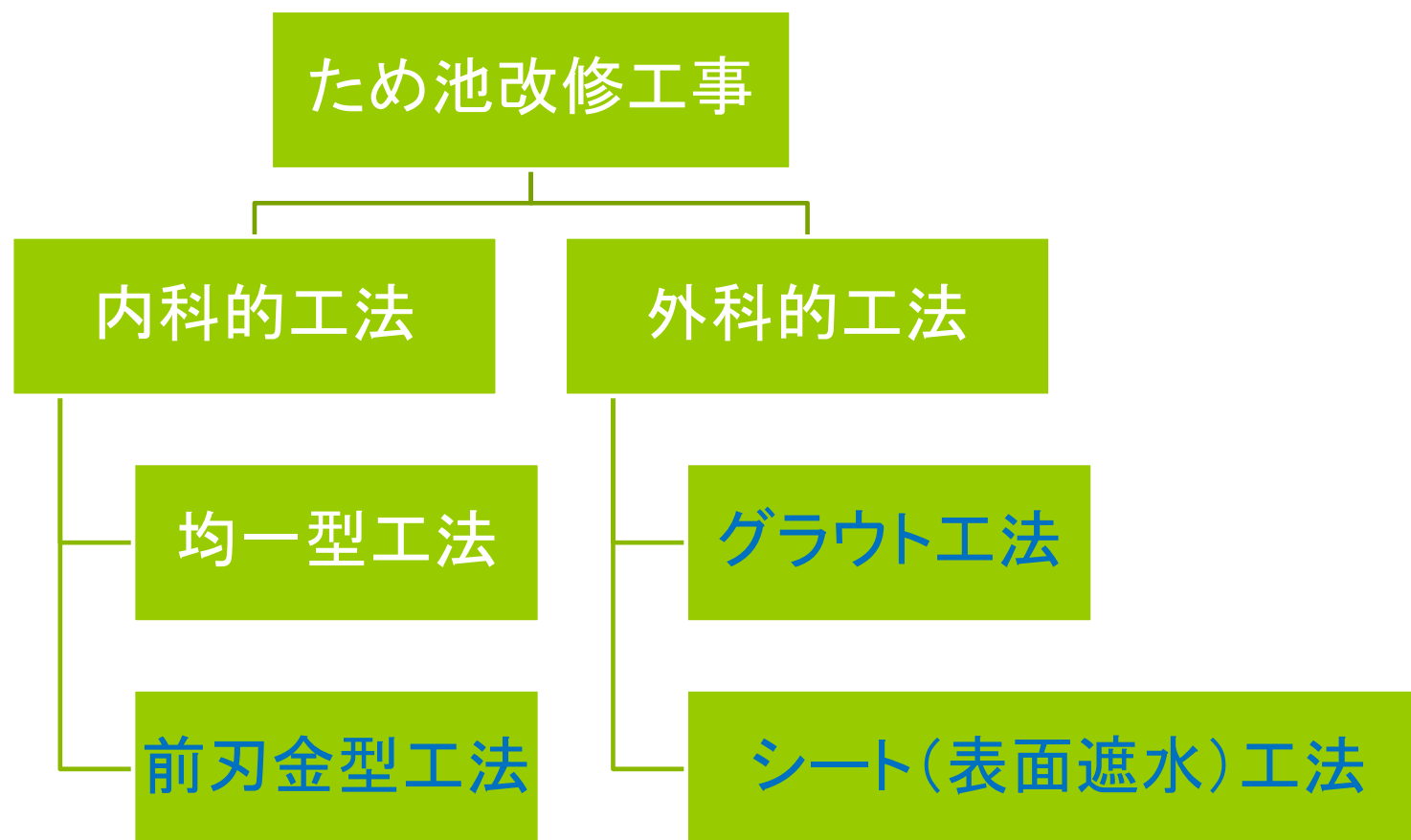
福岡市職員考案「まず立ち入らないで」

備蓄が1・6倍とあか  
る。市は数年かけて劣  
化の状況を確認し、本  
格な入念な調査を  
池の縁が壊れ、人が  
は、約10メートル  
所を調査し、4箇所の  
防壁が壊れているの  
間隙が、約10センチ  
を埋め、約10センチ  
陸上を築き、4箇所の  
農水課の農水課入組  
合(四)は、ブロックを  
埋め、入組は、戻さ  
れ、いたが、この状態  
事故が起きてからは、滑  
るので、個人でかかる  
要は「はい」と話し  
たい。

西日本新聞 H26.8.15

## 5. 堤体改修工法

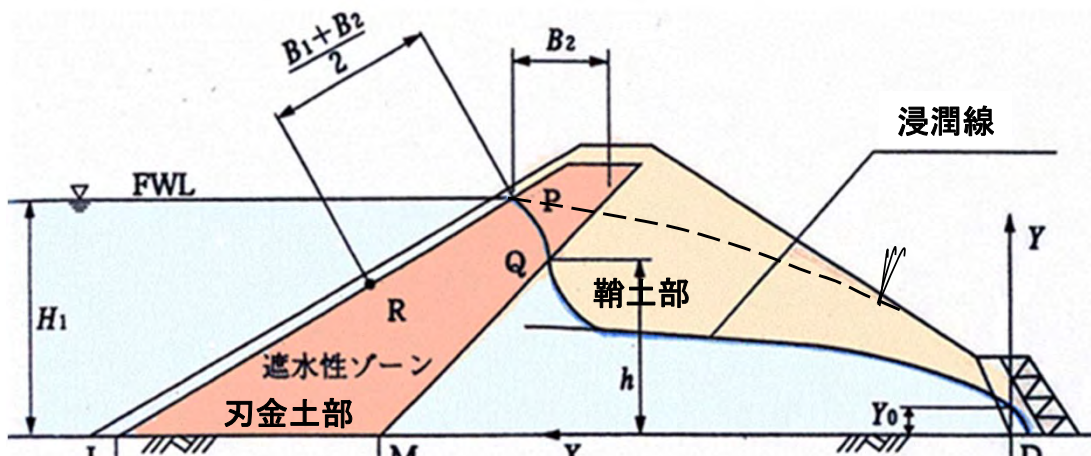
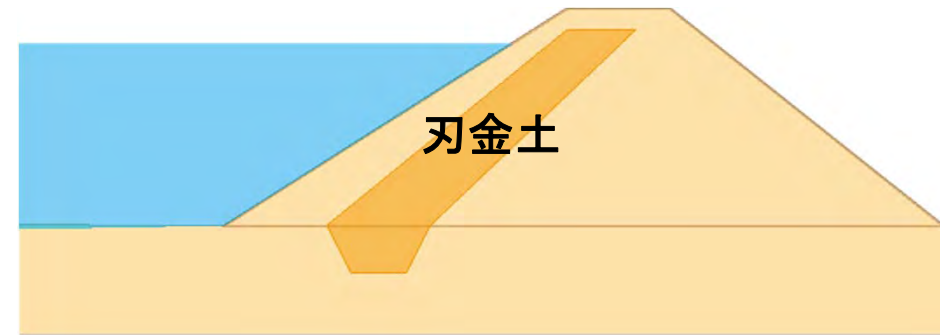
---



## 5.1 堤体改修工法（前刃金工法）

### □ 現況堤体の前面に粘土層（前刃金）を置く止水工法

- ため池改修工法の約9割がこの工法を採用しています。
- 止水が確実です。
- 工費はグラウト工法と比べると割高となる場合があります。
- 工期もグラウト工法と比べると長期となります。
- 刃金土に用いる粘性土の確保が困難になってきています。



## 5.1 前刃金工法（刃金土と鞆土の関係）

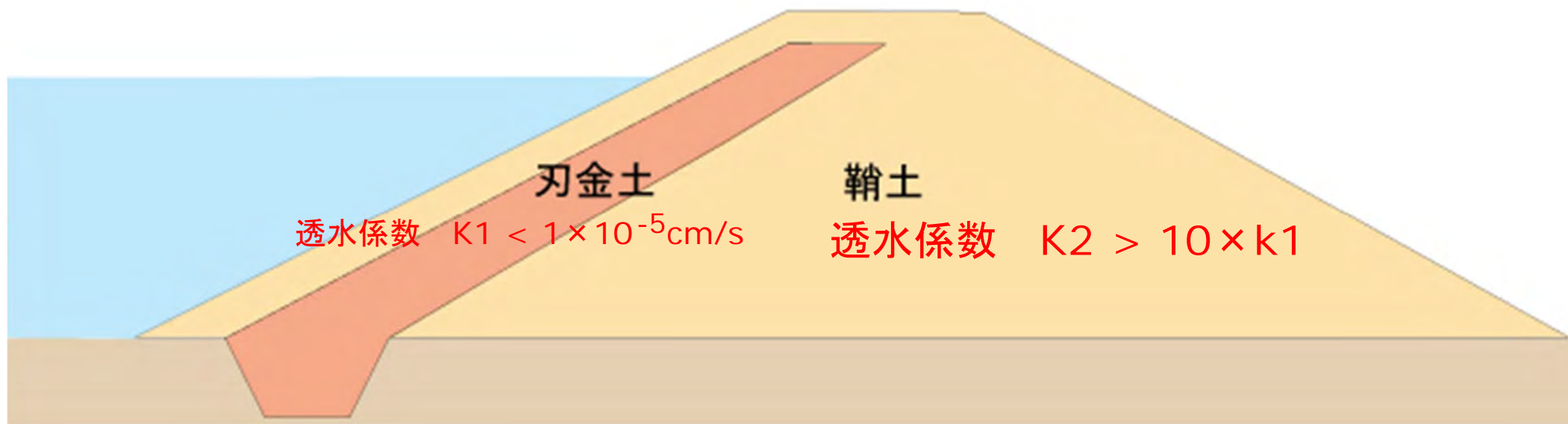
刃金土は締固めた土質材料の透水係数が  $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$  より小さいもの（設計指針 p.18 参照）をいいます。

鞆土は相対的に刃金土の10倍以上の透水係数を持った土質材料（設計指針 p.52 参照）をいいます。

ですから鞆土の透水係数は常数ではなく、刃金土の透水係数により変動します。

逆に鞆土の透水係数が仮に  $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$  とした場合、その刃金土は  $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$  の土質材料が必要になるということです。

これは刃金土と鞆土の透水係数の比率が10倍（鞆土透水係数／刃金土透水係数）以上となる場合に、前刃金として堤体内の浸潤線が検討できるということです。



## 5.1 前刃金工法（事例）

①堤体段切



②トレンチ部掘削状況



③地山すり付け部トレンチ掘削状況



前刃金工法とは現堤体の前面に刃金土（粘性土）を置くことにより堤体の止水を確保するものです。施工手順としては以下のようです。

1. 現堤体と刃金土のなじみ（滑り止め）を良くするため写真①に示すように現堤体に段切を施します。
2. 刃金の基礎となるトレンチ部の掘削（写真②、③）を行います。施工不良による漏水の主原因としてトレンチが基礎地盤まで掘削されていないことが多い。計画時と実施での相違。
3. 刃金の転圧に関しては十分な施工管理を行うことで設計密度を確保する必要があります。  
施工含水比を厳守しないと写真⑦に示すように転圧後に轍（わだち）ができますので即時に工事を中止し、生石灰等により含水比の調整を行います。

前刃金の施工は、老朽ため池工事の最重点項目であり、十分な知識のもとに丁寧な施工と厳密な土質管理が必要となります。

④刃金土盛土状況（断面）



⑤刃金土盛土状況



⑥底樋部転圧状況



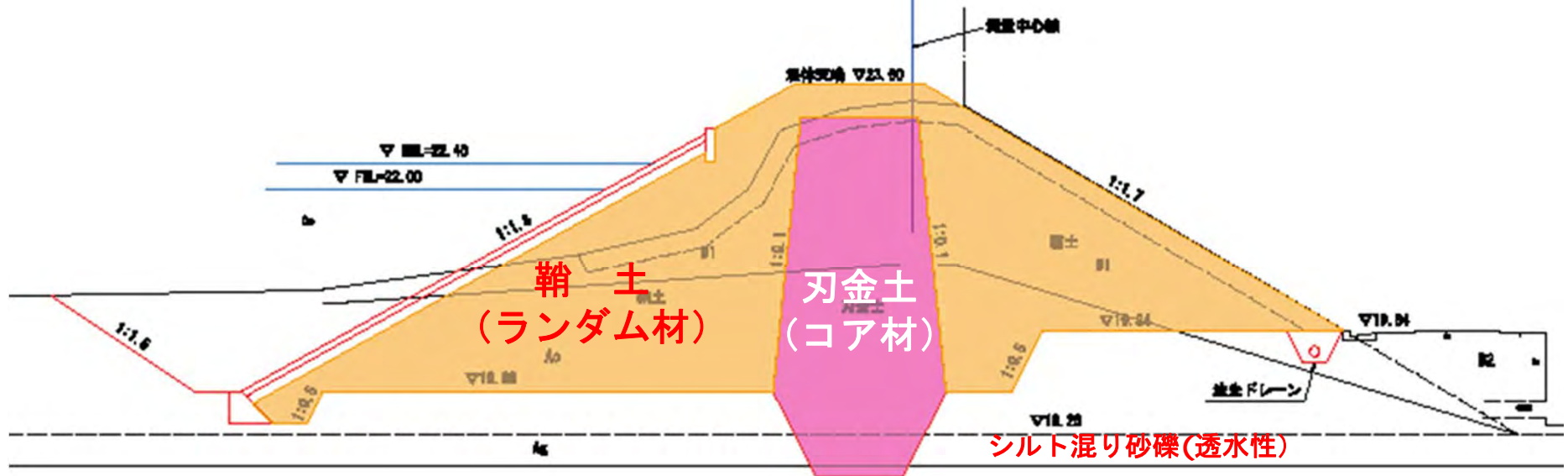
⑦施工不良による刃金土転圧状況





## 5.1 前刃金工法（旧堤全撤去による中心コア工法）

小規模のため池の場合、旧堤体全撤去し新堤を築堤したほうが堤体の安定性、施工性に優れています。



砂質シルト（難透水性）



## 5.2 シート工法

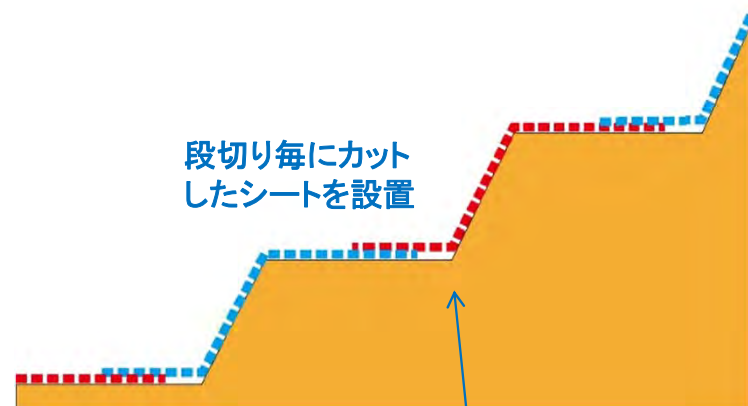
シート工法は、材料の入手が容易で、施工性に優れるため、下記の条件では使用もやむを得ませんが、基礎部、地山擦り付け部の確実な止水工法の検討が必要です。

- ①山頂付近や山間部で十分な工事用道路が確保できないため池
- ②民家が密集している近辺のため池
- ③池敷きからも漏水が見られる丘陵部や島嶼(とうしょ)内のため池

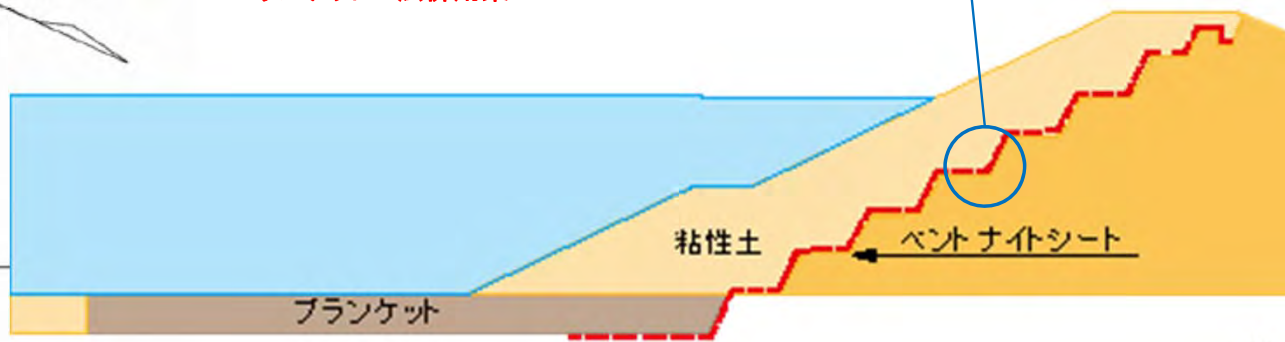
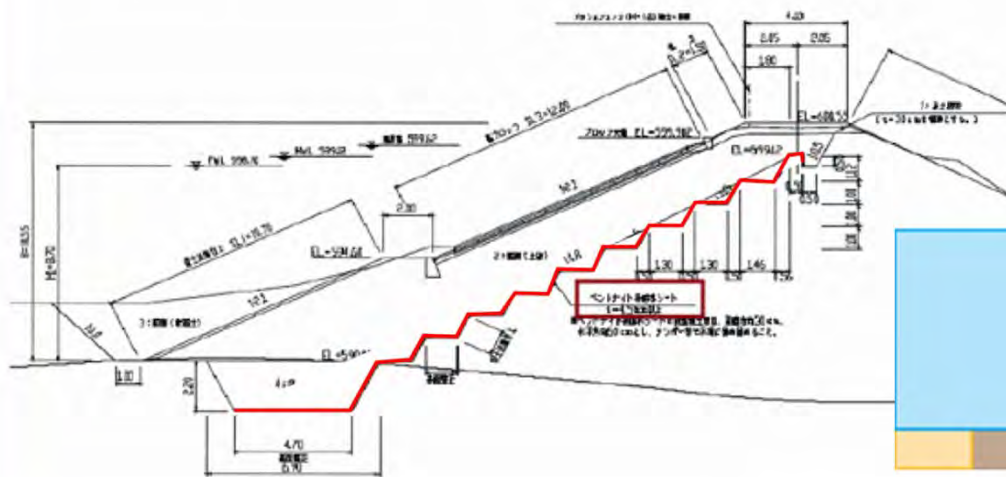
以上のようなため池では運搬が容易なシートの利用も考えられます。

しかし、構造物回りや地山とのすり付け部からの漏水が過去多く見られたことから、刃金土とシートの併用ができればより安全な止水が可能となります。

シート設置方法

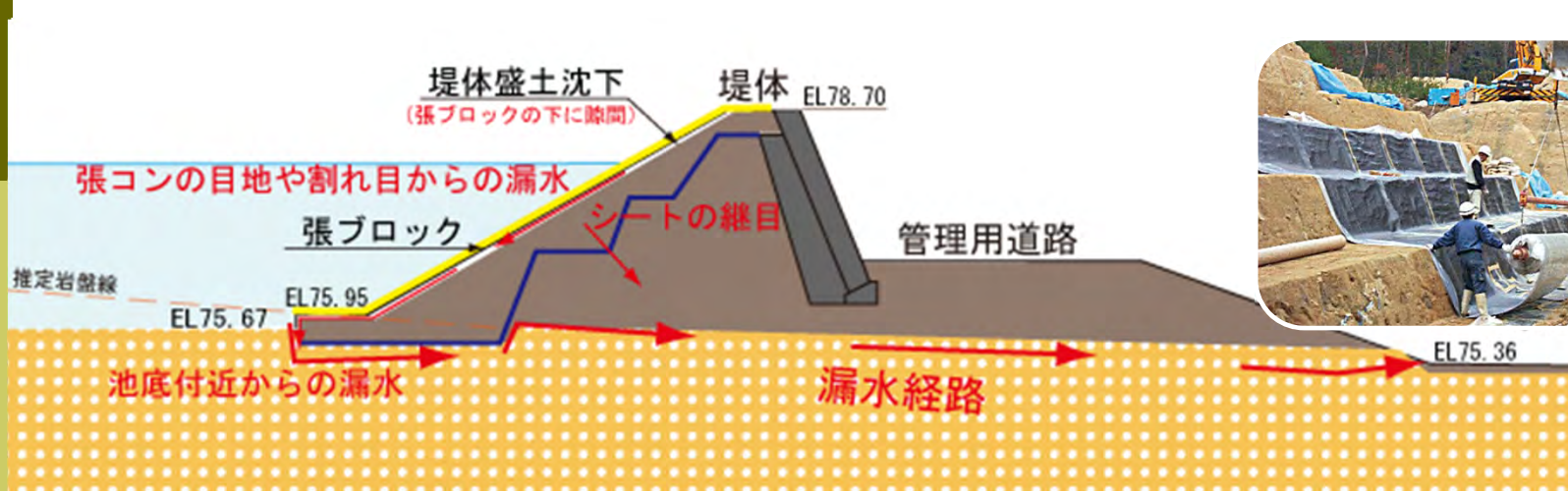


ブランケット工法併用案

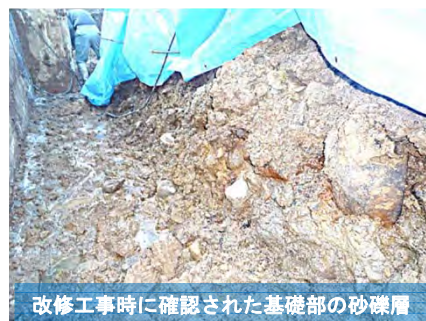
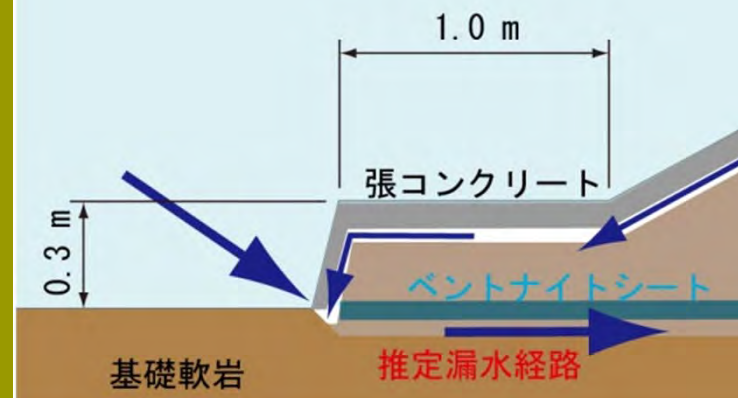


## 5.2 シート工法

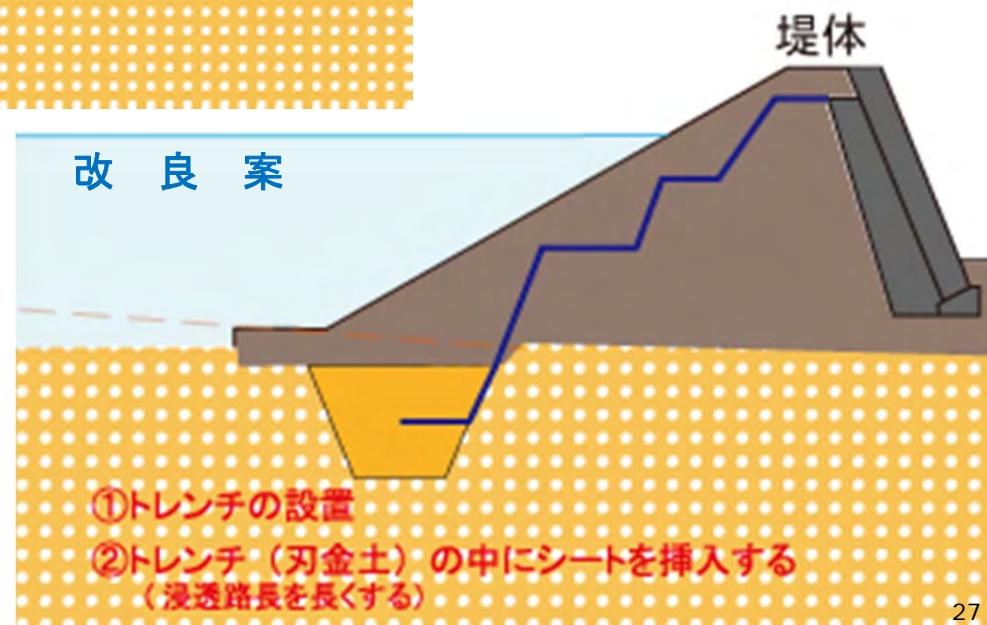
堤体基礎部には砂礫層や岩層が存在する場合があります。刃金土との併用で基礎処理する必要があります。



### 基礎部の詳細



### 改良案



## 5.3 ブランケット工法 (池敷きの止水工法)

- トレンチが基礎地盤に達せず、かつ、池敷きに礫層がある場合に有効です。
- 池敷き掘削により砂礫層が出現した場合の止水工法として有効です。
- 前刃金と併用されることが多い。
- 管理基準は刃金土と同等です。
- 地下水位が高い場合は、湧水処理の検討が必要となります。

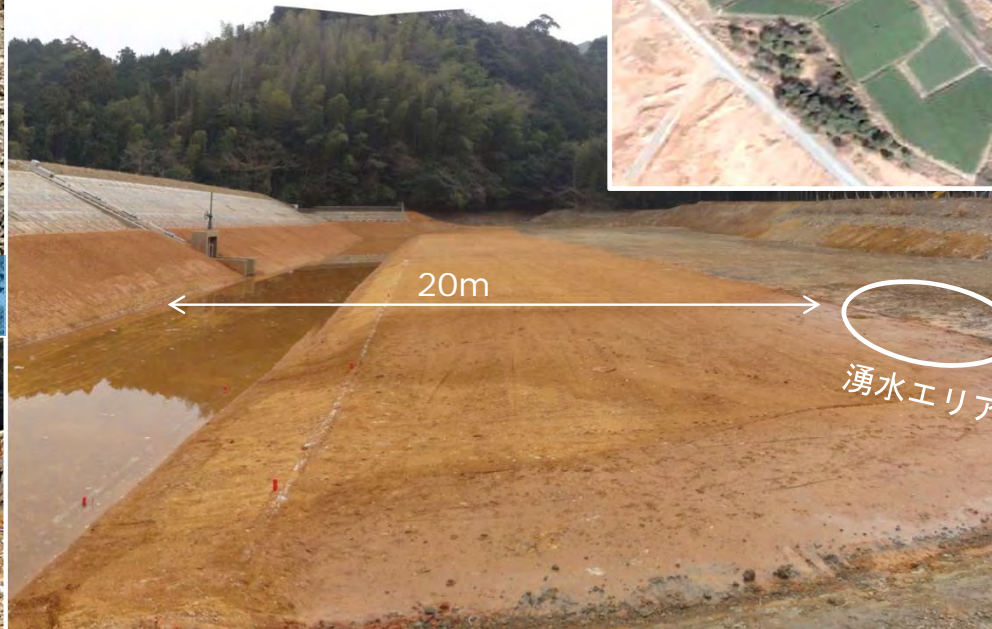
池敷き6haのブランケット施工 (佐賀県嬉野市牟田池)



谷部に位置するため池の場合、堤体基礎部に1~2mの礫層が存在することが多い



刃金土と同等の施工管理が必要

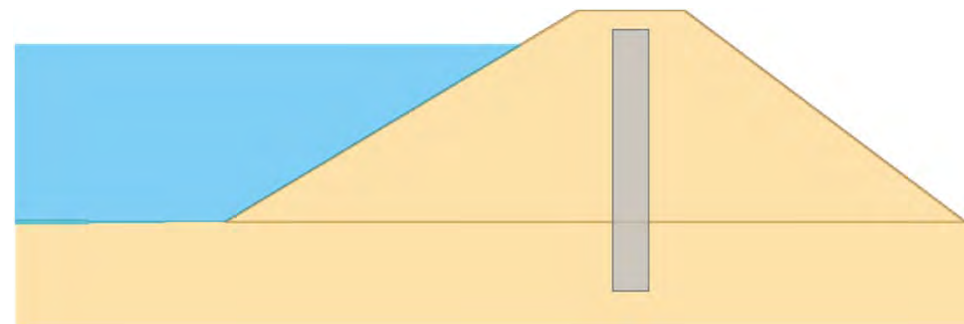


スラライザーを用いた  
ベントナイト混合池敷き施工

## 5.4 堤体改修工法（グラウト工法）

□ セメントミルクをボーリング孔から圧入し、連続壁による止水壁を作る工法

- 漏水ヶ所（パイピング）が限定される場合は有利
- 前刃金工法と比べると止水は不確実
- 前刃金工法と比べると工費は安価
- 前刃金工法と比べると工期は短期間
- 砂礫分が多い堤体の場合、止水が確実



## 6. 堤体の老朽化

ため池の堤体は粘性土を突き固めて出来ています。粘性土で完全に止水ができていると思われがちですが、水は締まった粘性土でもその粒子の間を通過します。そのため堤体の中では常に水が時間をかけて流れています。

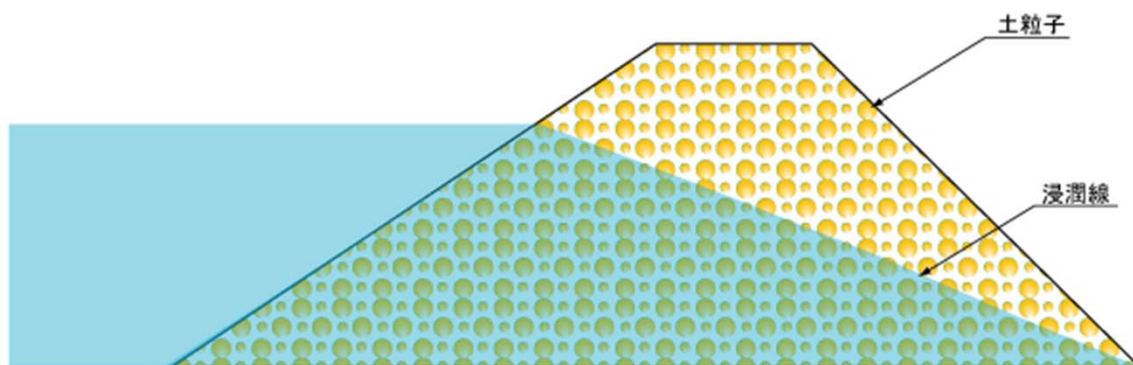
長期にわたる水の流れるは、堤体内の粘土分を堤体外に流下させ、土粒子間の隙間ができるため止水効果が徐々に低下していきます。

これをため池の老朽化といいます。

堤体が老朽化するとパイピング(水みち)が発生し、堤体決壊の恐れが出てきます。

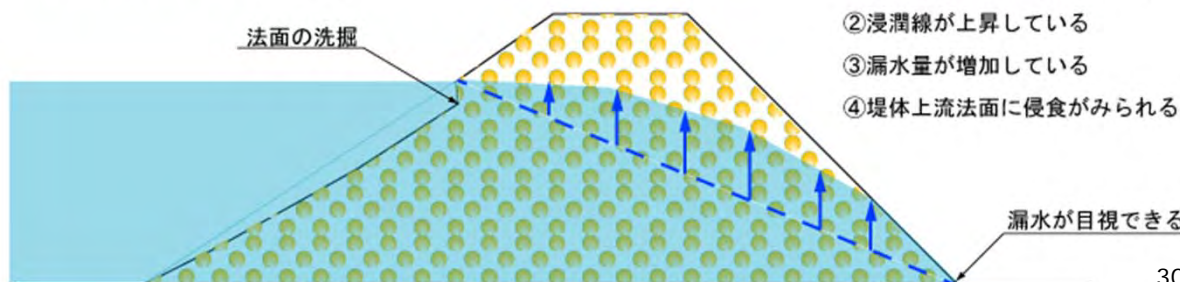


築堤直後の堤体



老朽化した堤体

(築堤後約50年以上経過したもの)



## 6. 堤体の老朽化

ため池は、50年～100年の期間で見れば、堤体の粘土分が流亡し、弱体化します。  
これを**堤体の老朽化**と言います。老朽化によりパイピングや堤体陥没が発生します。



# パイピングの始まり



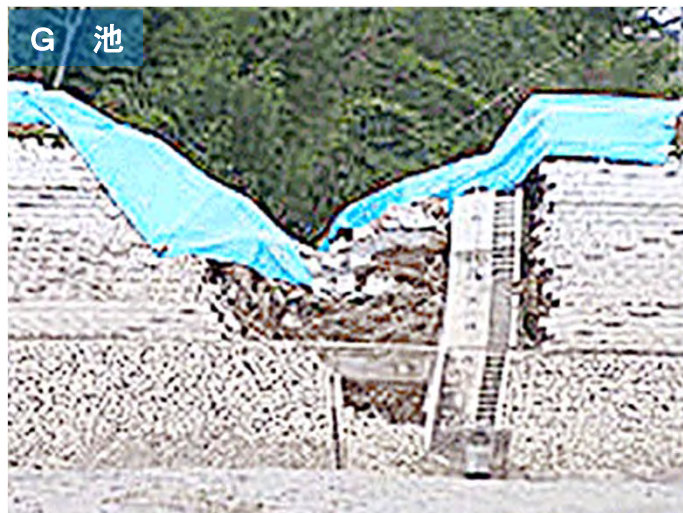


## 6. 堤体の老朽化（パイピング事例）

陥没している張ブロックを剥ぐと、その下に50～90cmサイズのパイピングが確認できた。現在は修復工事が完了している。



## 7. ため池決壊事例（改修後）



G池決壊原因調査検討委員会は、決壊原因として、施工上の問題点を指摘。

① 底樋管（長さ約40メートル、直径約60センチ）下部の地盤強化に使われた置換土が十分に締め固められていなかった。

② 地盤の軟化につながる掘削面の湧水が不完全処理だった。

などが原因と推測。そのうえで、「地盤沈下が端緒になり、漏水量の増加や土の流出による地盤の空洞化で堤防が決壊したとみられる」とまとめた。（毎日新聞）



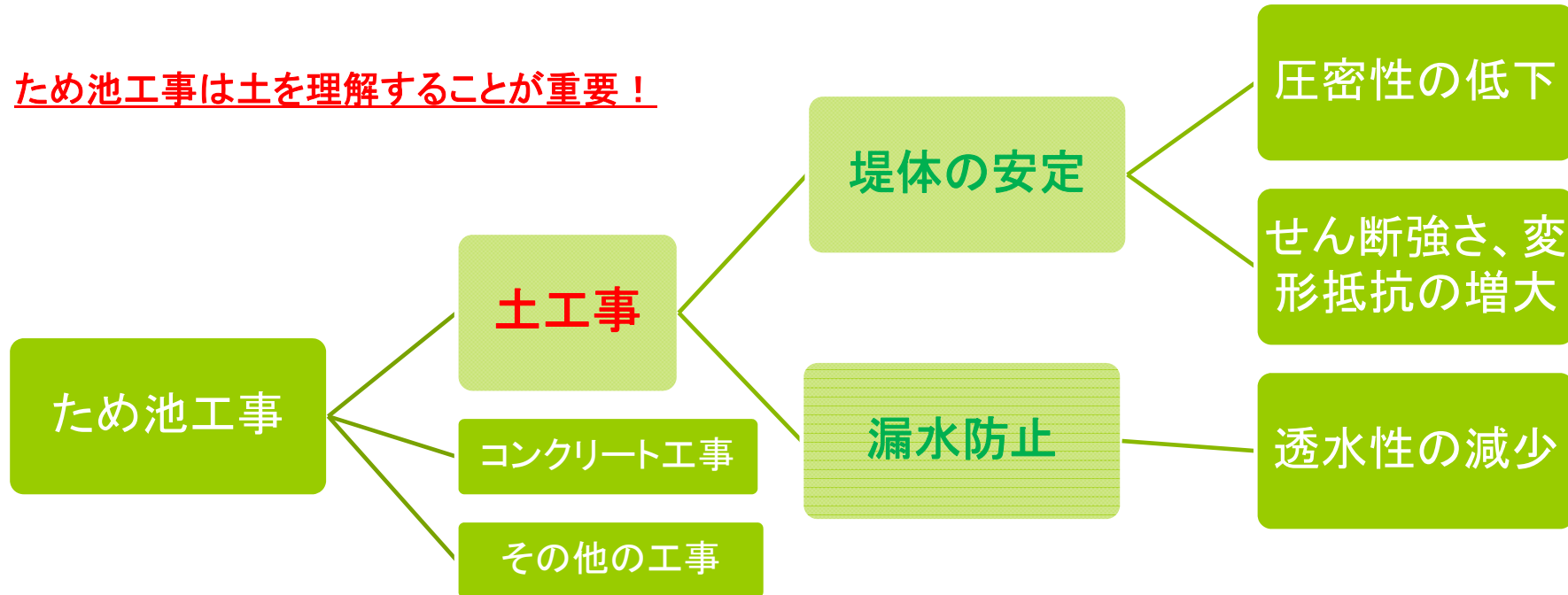
設計では、タンパーで転圧することになっていたが、施工者は実際には重量60kgの小型の振動コンパクターを使用していた。その結果、**締め固めが不足した**。調査検討委員会が実施した試験でも、小型の振動コンパクターを使用した場合、仕様書通りに8回転圧しただけでは締め固め度が規定値を大幅に下回ることを確認した。（日経コンストラクション 2005 8-12号）



斜樋、底樋の改修に伴う堤体の部分改修であった。工事においては適切な施工がなされていたが、旧堤体部と改修部の土質の違い（旧堤体の現場透水係数 $10^{-3}\text{cm/s}$ 、改修部 $10^{-6}\text{cm/s}$ ）によりその境目にパイピングが発生したものと推測された。

## 8. 土の基礎知識

ため池工事は土を理解することが重要！



### 土の締固め

• 土に力を加えて、土の間隙にある空気を追い出し、その密度を高めること。

### 圧密性の低下

• 荷重が乗った時の沈下を少なくする。

### せん断強さ・ 変形抵抗の増大

• 土粒子のかみ合わせがよくなることで、せん断抵抗が高まり、土構造物に必要な強さを与える。

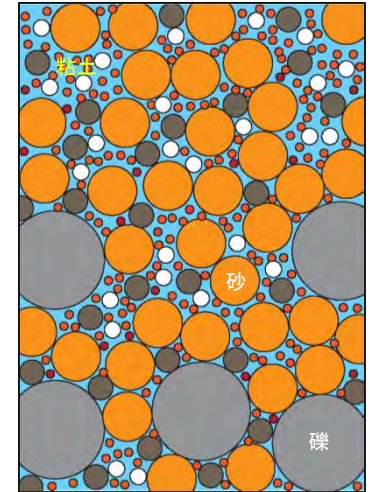
### 透水性の減少

• 水が通りにくくなることで、雨水の浸入による土の軟化や膨張を防ぎ、堤体漏水量を基準値以内に抑える。

## 8. 土の基礎知識（粒径による区分）

土は大小さまざまな土粒子が集合してできたものです（右図模式図参照）。

その土粒子は粒径によって下表のように区分され、それぞれに呼び名がつけられています。土として取り扱われるのは粒径が75mm以下の粒子までです。



粒径による土粒子の区分とその呼び名

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

シルトや粘土粒子が多い土は細粒土、または粘り気をもつため粘性土と呼ばれます。

砂や礫粒子が多い土を粗粒土といい、砂が多い場合は砂質土、礫が多い場合は礫質土と呼ばれます。

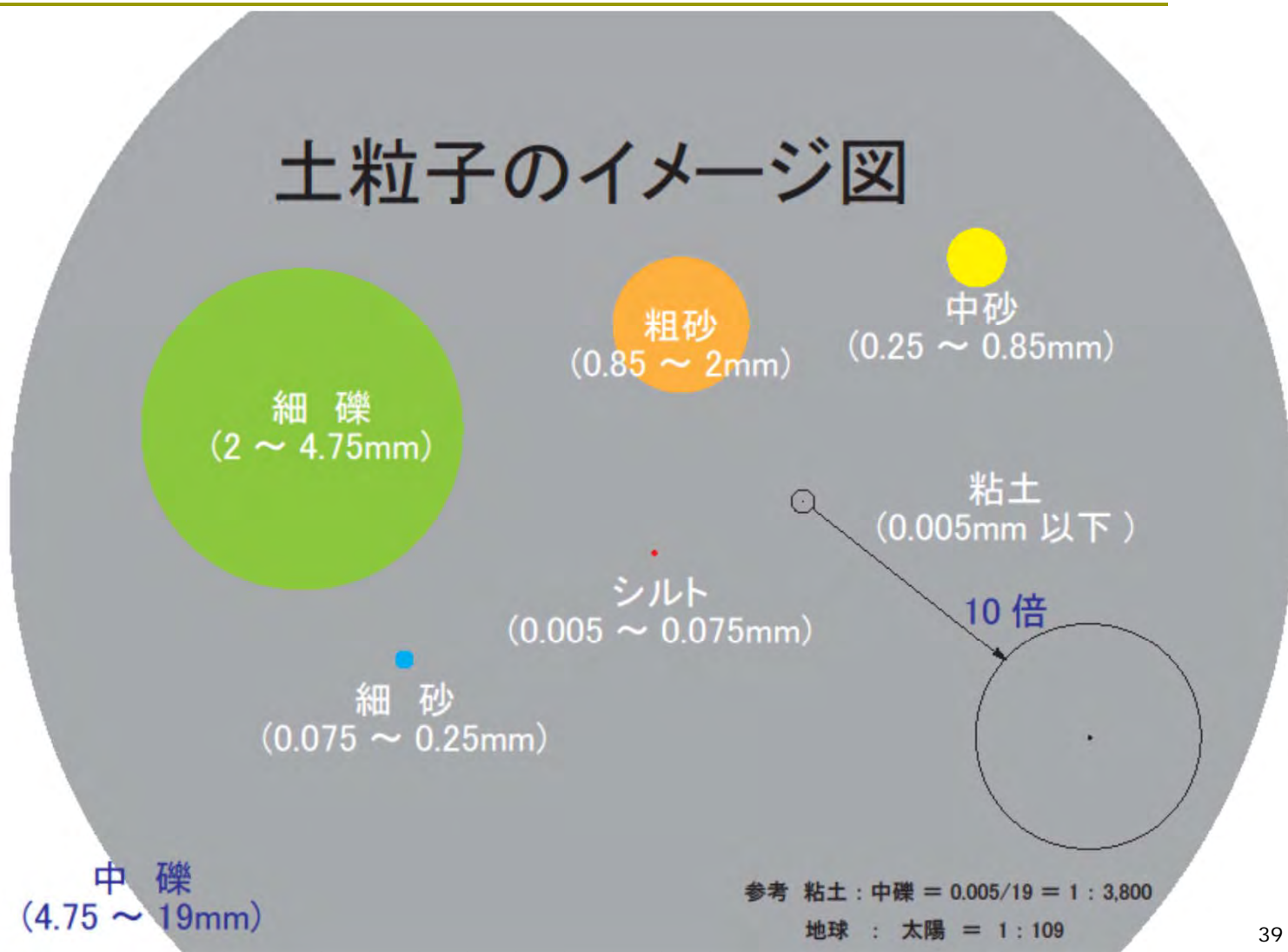
「絵とき土質力学」オーム社 p.10 参照

## 8. 土の基礎知識 (土粒子のイメージ)

土粒子の粒径の比率は、右図のイメージ図に示すとおりです。粘土と中礫では実に1:3800の比率になります。

土はこれらの各粒子が多様な比率で混じり合っていますので、同じ土はないと言っても過言ではありません。

そこで、各地の土質を判断するためには各々の土の土質試験を実施して土の分類、土性を知る必要があります。



## 8. 土の基礎知識（粒度試験）

粒径加積曲線を求めるためにフルイ分け試験と沈降試験を行います。  
粗粒分はフルイ分け試験、細粒分は沈降試験により粒径区分を求めます。



フルイ分け試験



沈降試験

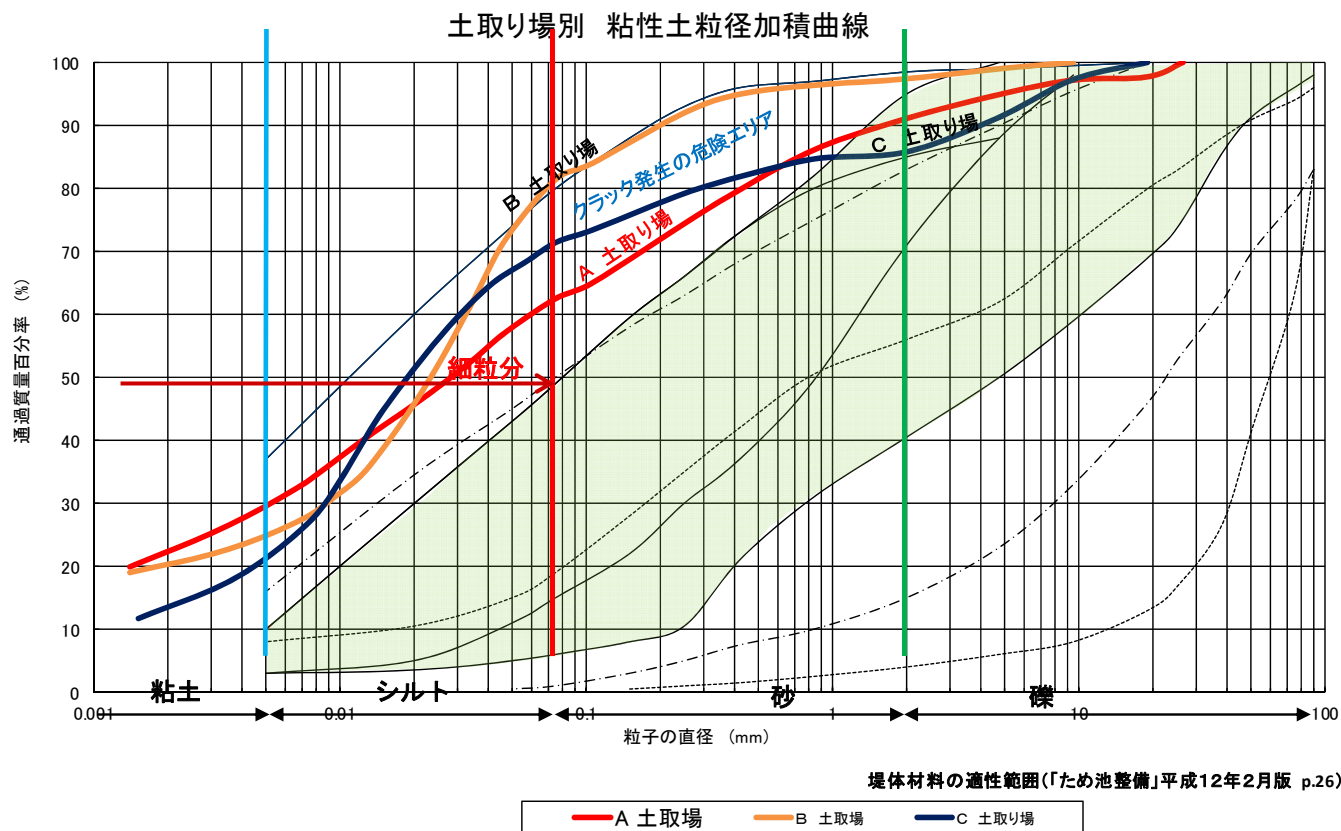


## 8. 土の基礎知識（粒径加積曲線）

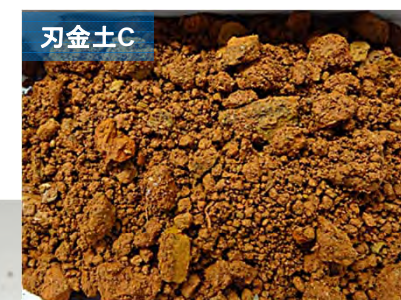
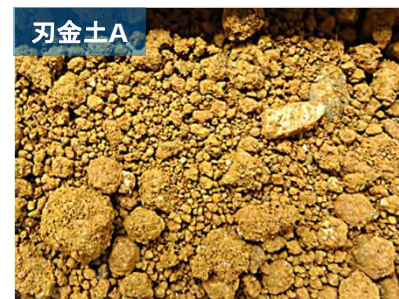
土の分類を行う場合、粒径加積曲線を作成します。

曲線作成はふるい分け、沈降試験により粒径別の重量を求め作成します。

下図の事例は、刃金土の適否について検討した事例です。



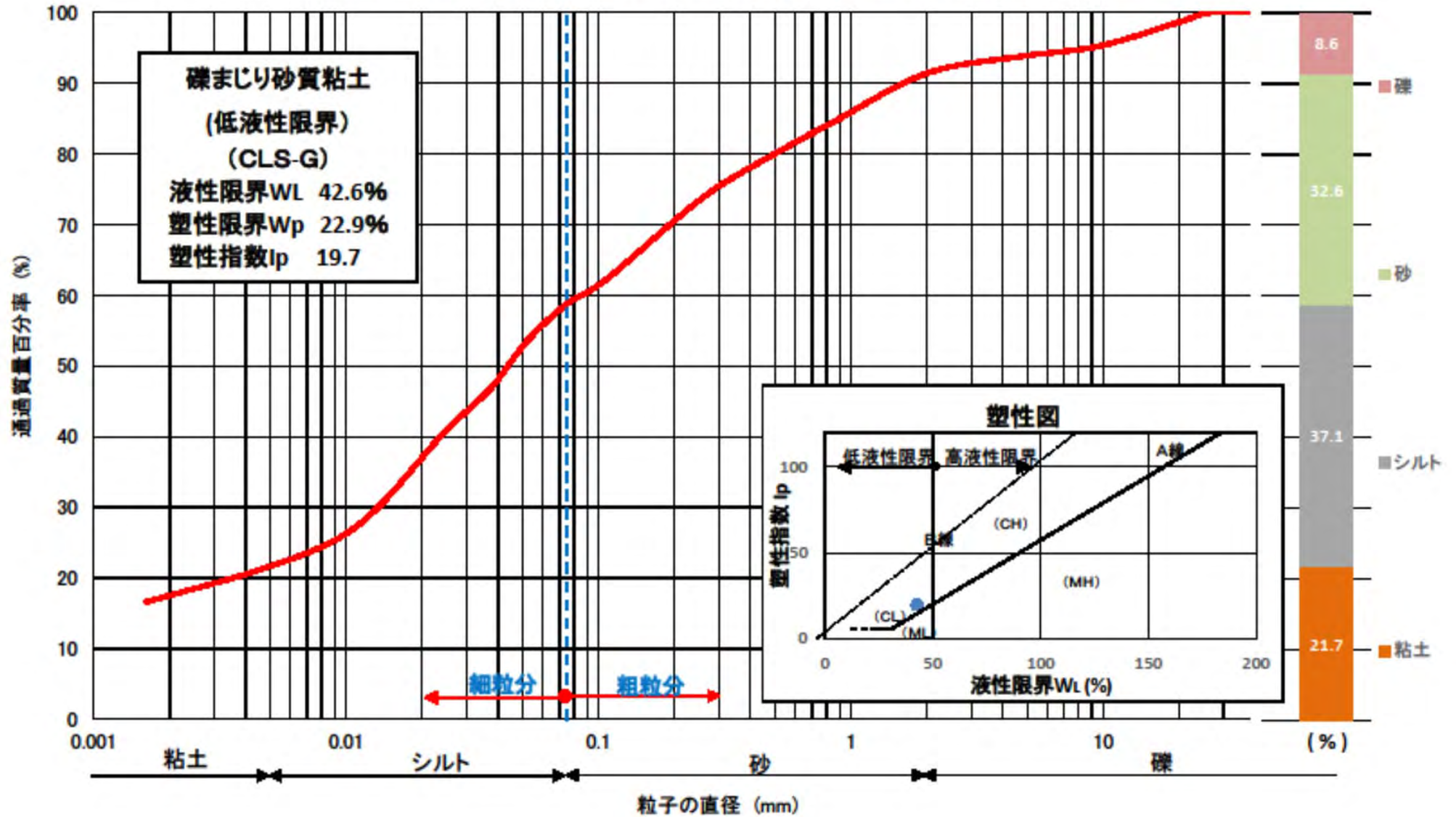
※ 着色部は遮水性材料の領域を表す。



塑性限界付近の粘性土

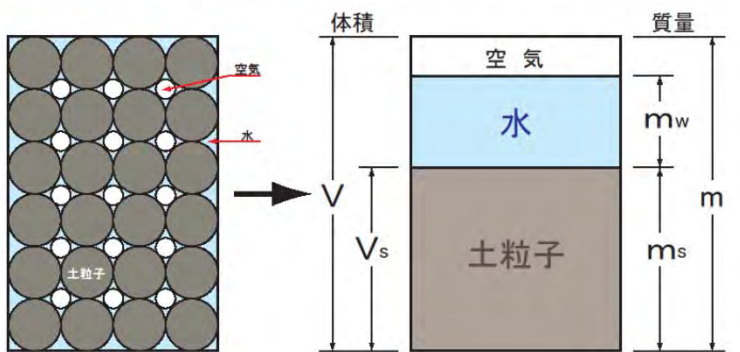
# 参考例

## 圃場整備地区 基盤土(No.1) 粒径加積曲線



# 8. 土の基礎知識 (土の液性・塑性限界)

模式的に表した土の構成図



$$\text{湿潤密度} = \frac{\text{土の全質量}}{\text{土の全体積}} = \frac{m}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$\text{含水比} = \frac{\text{水の質量}}{\text{土粒子の質量}} = \frac{m_w}{m_s} \times 100(\%)$$

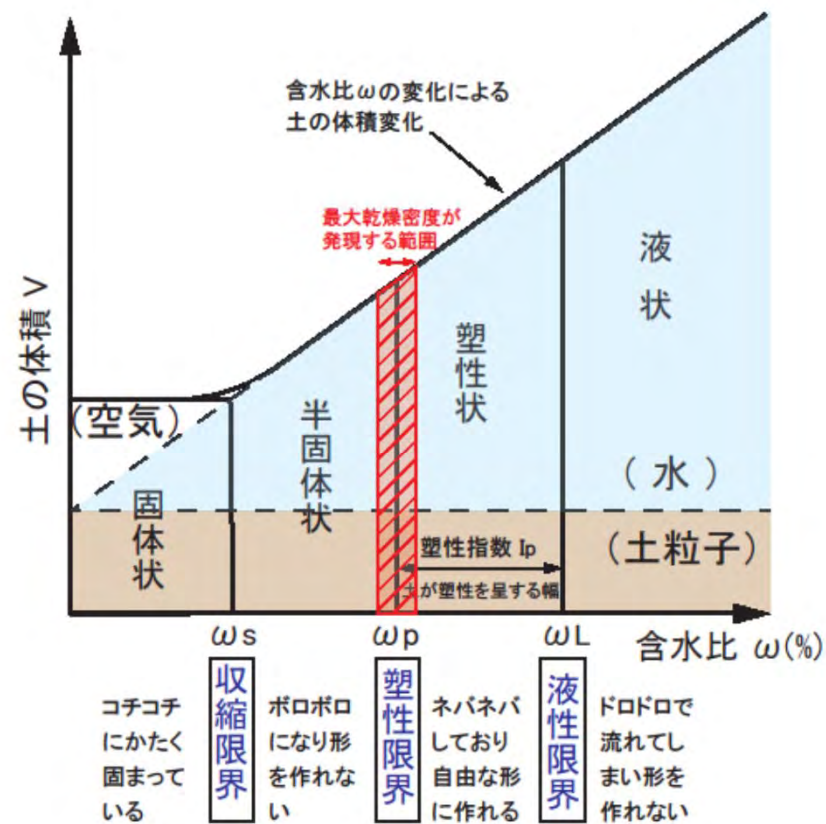
$$\text{乾燥密度} = \frac{\text{土粒子の質量}}{\text{土の全体積}} = \frac{m_s}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

土は、右図に示すように含水比の変化により



と変化します。その変化のなかで、塑性限界付近が最も良く締め固まります(最大乾燥密度の発現)。

よって、施工管理において含水比の管理とは、塑性限界付近の含水比の確保を目的とすることで



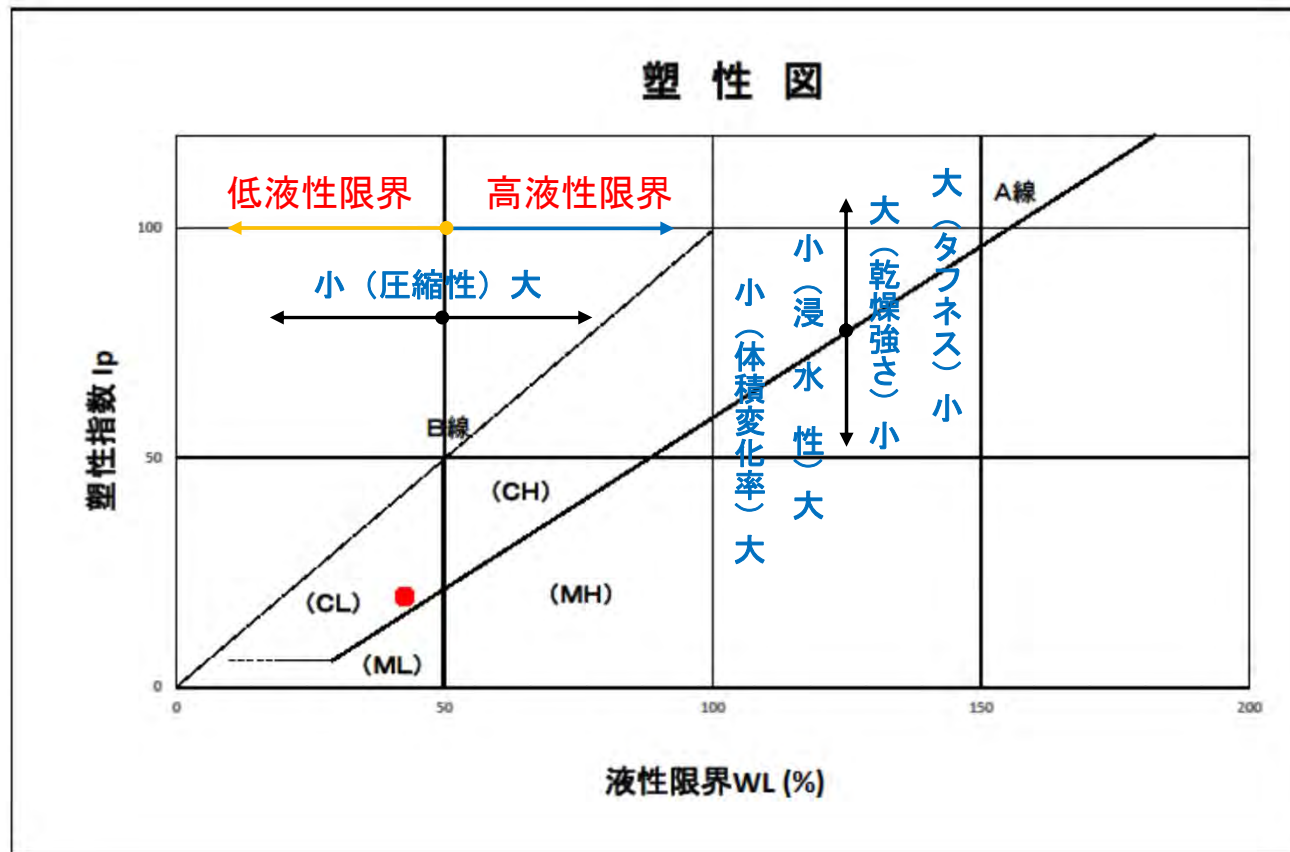
コチコチ にかたく 固まっ ている	<b>収縮限界</b>	ポロポロ になり 形を作 れない	<b>塑性限界</b>	ネバネバ しており 自由な 形に作 れる	<b>液性限界</b>	ドロドロ で流 れてし まい 形を 作れない
----------------------------	-------------	---------------------------	-------------	----------------------------------	-------------	---------------------------------------

土の状態変化とコンシステンシー限界

## 8. 土の基礎知識（塑性図）

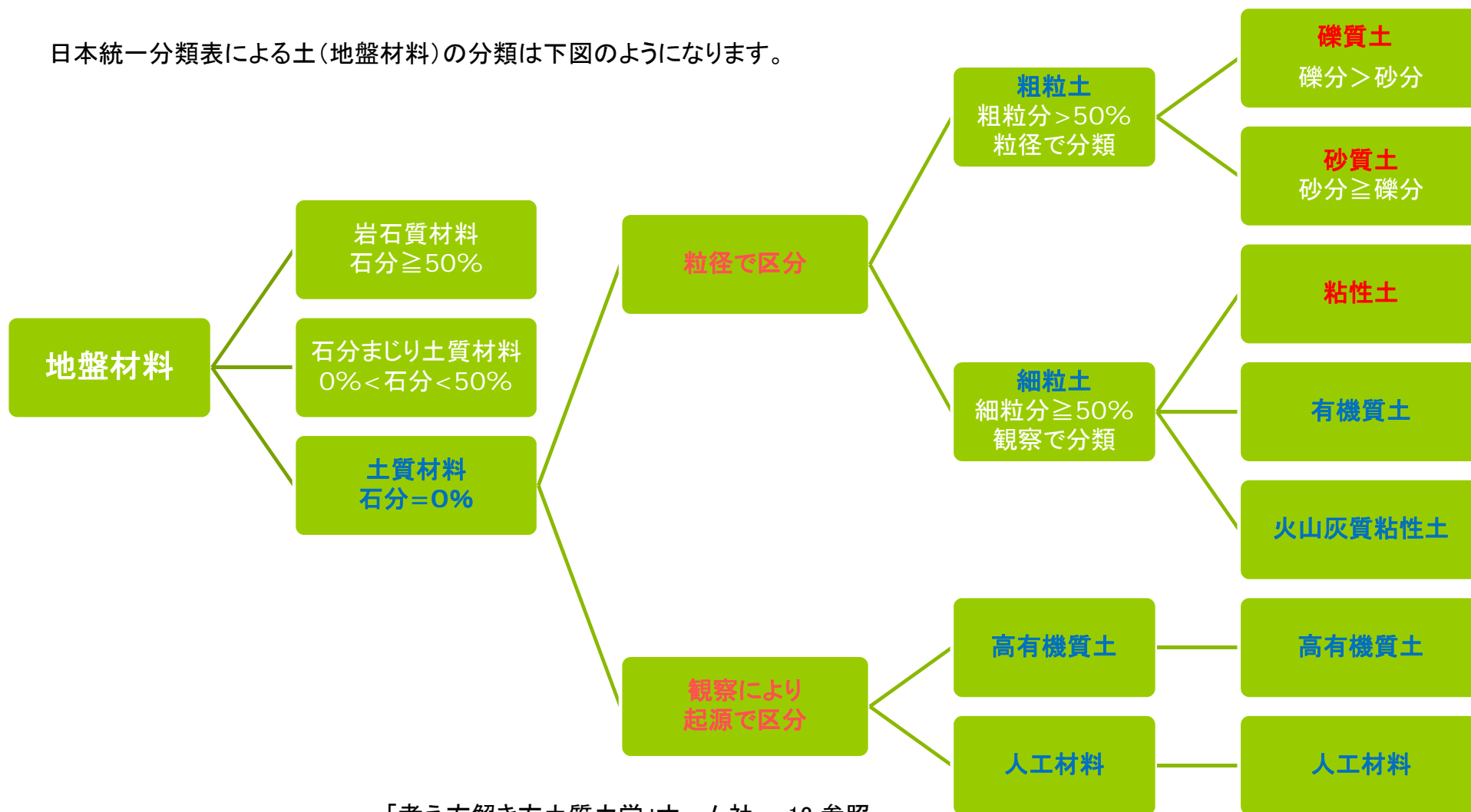
塑性図を用いて細粒土の分類（粘土、シルト）を行います。液性限界と塑性指数（＝液性限界－塑性限界）を用いて塑性図を作成し、塑性図のA線より上部にプロットされれば粘土、下部ならばシルトと判定します。各々の性質を青字で示します。

また、液性限界がB線より右（ $WL \geq 50\%$ ）ならば高液性限界、左（ $WL < 50\%$ ）ならば低液性限界とします。



## 8. 土の基礎知識（土の分類:地盤材料）

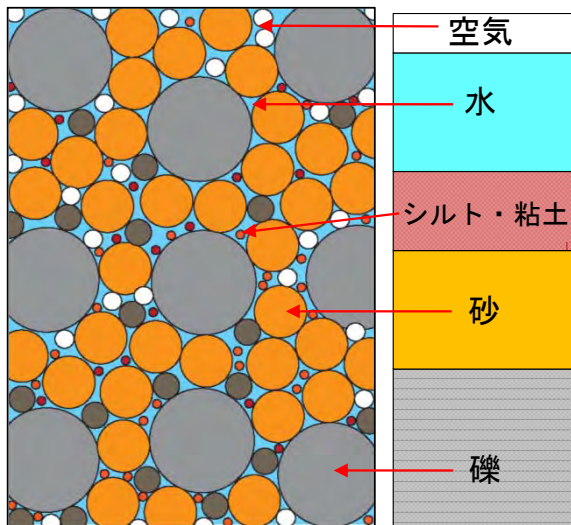
日本統一分類表による土(地盤材料)の分類は下図のようになります。



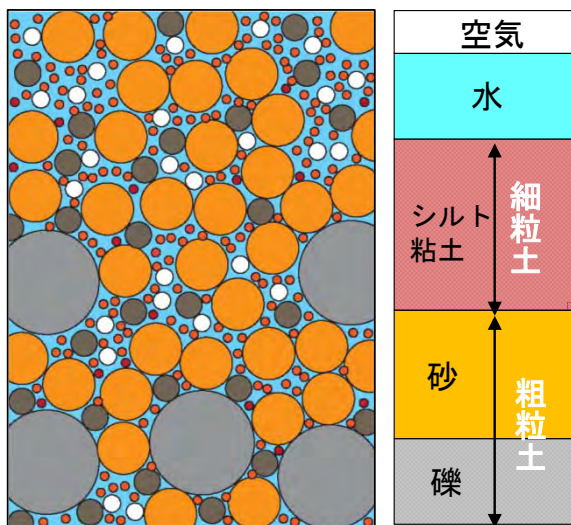
「考え方解き方土質力学」オーム社 p.12 参照

# 8. 土の基礎知識 (土の分類: 土質材料)

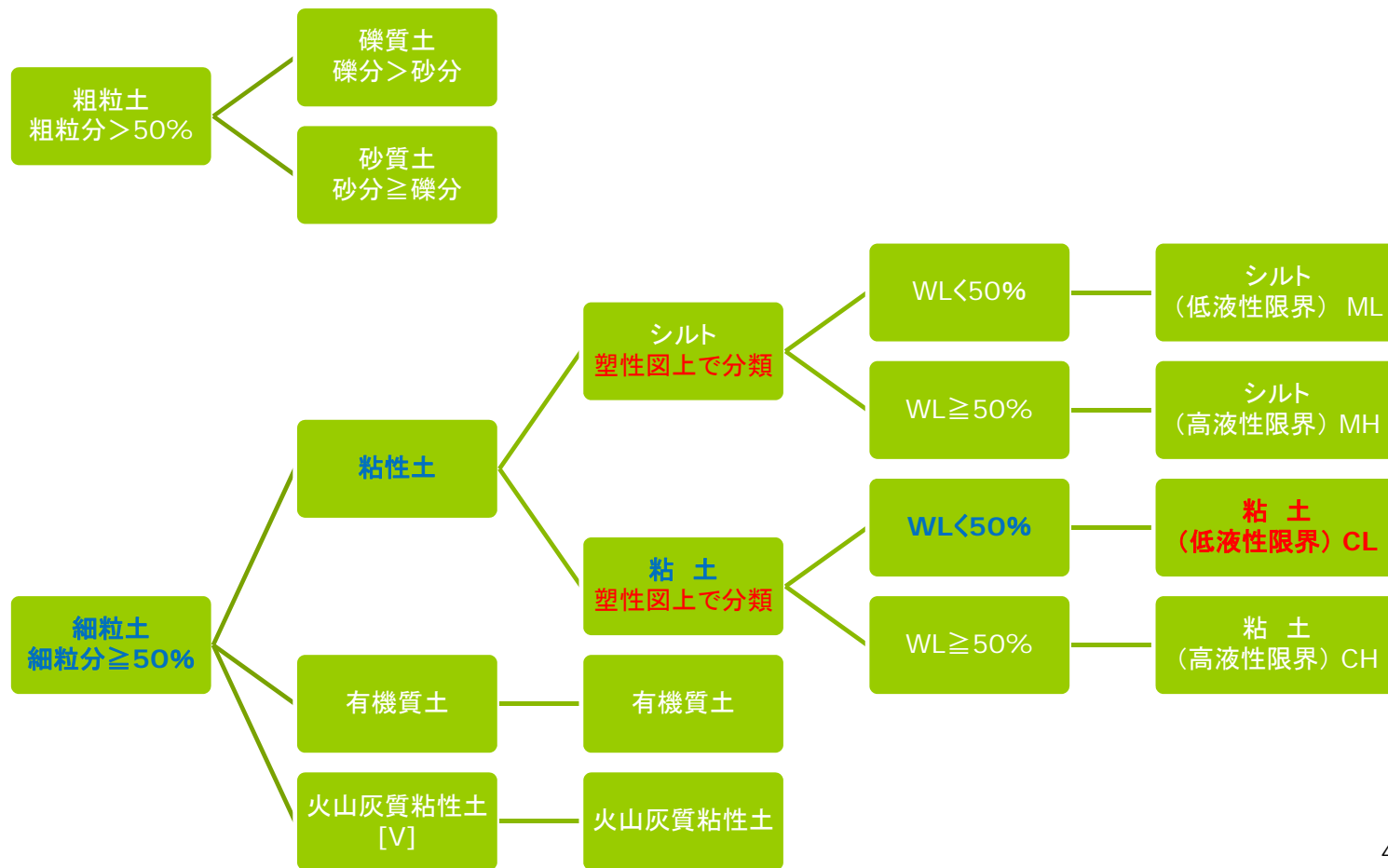
粗粒土



細粒土



土塊には左図の模式図に示すように、空気+水+細粒分(シルト・粘土)+粗粒分(砂・礫)が含まれています。土の分類とは、これらの重量比率と塑性図によって土を分類することを言います。



## 8. 土の基礎知識（土の透水係数の見方）

土粒子の中を流れる水の移動のしやすさ（\*1）の割合を透水係数として定量的に表します。土質の違いによる透水係数は下表に示すとおりです。  
粘性土と呼ばれる土質の場合、透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-7}$  cm/s の範囲にあります。

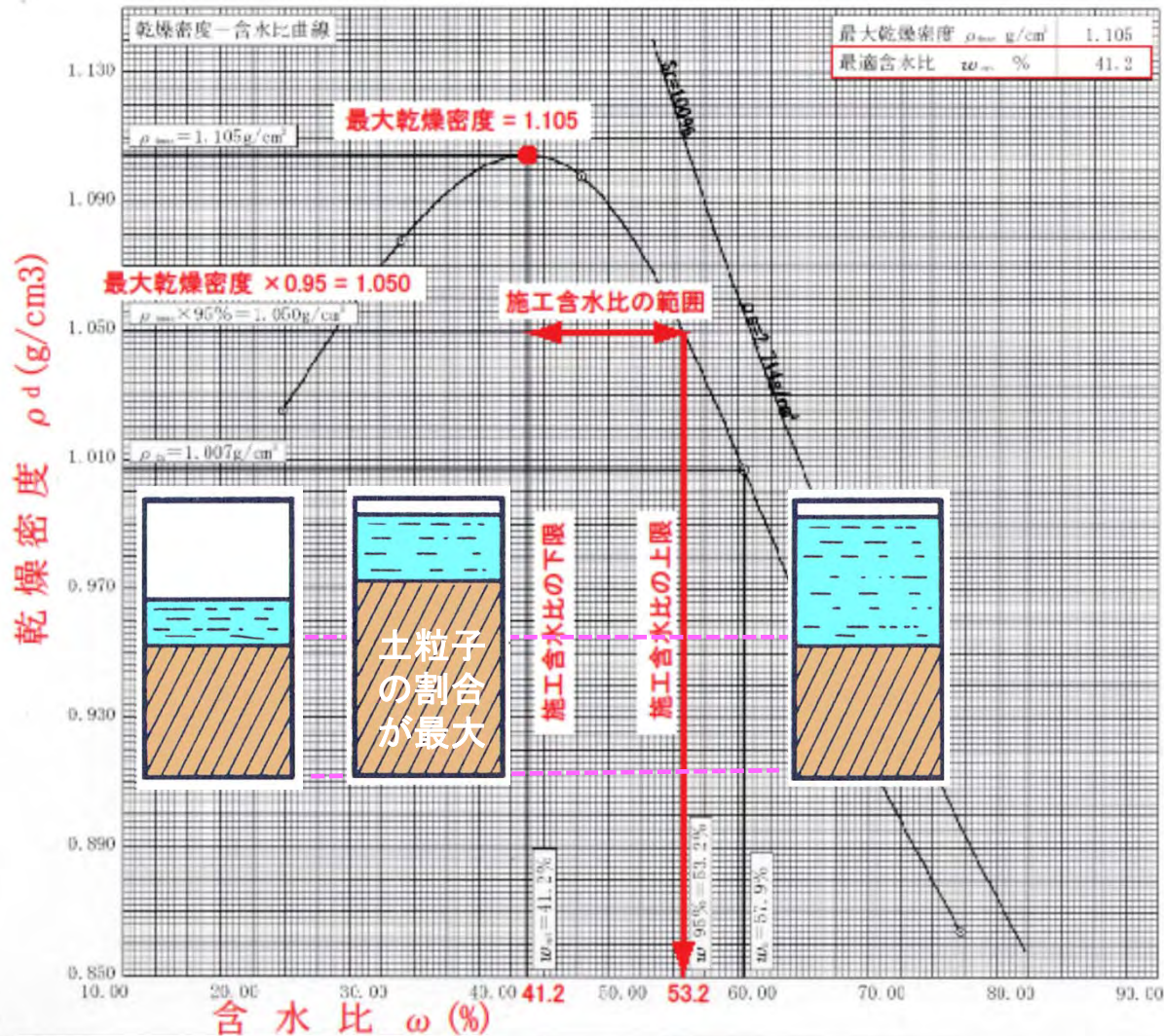
土の透水性および適用される透水試験

		透 水 係 数 $k$ (cm/s)											
		$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$	$10^1$	$10^2$
透水性		実質上不透水		非常に低い		低い		中くらい		高い			
対応する土の種類		粘 土		微細砂、シルト、砂 - シルト - 粘土混合土				砂 および 礫		礫			
透水試験の求め方	直接測定する方法	特殊な変水位透水試験		変水位透水試験				定水位透水試験		特殊な変水位透水試験			
	間接的に推定する方法	圧密試験結果から計算			な し			粒度と間隙比から計算 (きれいな砂と礫に適用できる)					

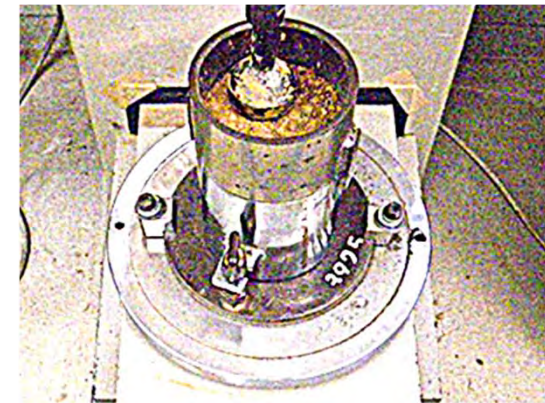
「考え方解き方 土質力学」 p.35 参照

\*1 土中を流れる水の流速はダルシーの法則  $V = \text{透水係数 } k \times \text{動水勾配 } i$  (cm/s) で求められます。

## 8. 土の基礎知識 (土の締固め)



同じ土でも含水比の違いにより土の乾燥密度は変化します。その様子を示したのが左図です。最大乾燥密度が出現する含水比を最適含水比といいます。これらの数値を得る試験を土の締固め試験といいます。



突固めエネルギー

$$E_c = \frac{W \cdot H \cdot N \cdot Ln}{N}$$

$$\approx 4.69 \text{ kg} \cdot \text{cm/cm}^3$$

$$V = 1000 \text{ cm}^3$$

$$W = 2.5 \text{ kg}$$

$$H = 25 \text{ cm}$$

$$N = 25 \text{ 回}$$

$$Ln = 3 \text{ 層}$$



# 8. 土の基礎知識 (土質別適性度)

土質および砂礫材料の性質と材料としての適性度

分類記号	土質名	重要な性質				材料の適性度				
		転圧後の透水性	転圧後飽和時のせん断強度の程度	転圧後飽和時の圧縮性	盛立て材料としての作業性	堤体			基礎	
						均一型ダム	遮水性ゾーン	透水ゾーン	浸透流を重視	浸透流を無視
GC	粘土まじり礫	不透水性	良-可	極小	良	1	1	-	2	6
SC	粘土まじり砂	不透水性	良-可	小	良	3	2	-	4	8
CL	粘土 (低液性限界)	不透水性	可	中	良-可	5	3	-	5	10
GM	シルトまじり礫	半透水性-不透水性	良	ほとんどない	良	2	4	-	1	4
SM	シルトまじり砂	半透水性-不透水性	良	小	可	4	5	-	3	7
ML	シルト (低液性限界)	半透水性-不透水性	可	中	可	6	6	-	6	9
CH	粘土 (高液性限界)	不透水性	不可	大	不可	7	7	-	9	13
OL	有機質粘土 (低液性限界)	半透水性-不透水性	不可	中	可	8	8	-	7	11
MH	シルト (高液性限界)	半透水性-不透水性	可-不可	大	不可	9	9	-	8	12
OH	有機質粘土 (高液性限界)	不透水性	不可	大	不可	10	10	-	10	14

注) 「材料の適性度」欄の数字”1”は最も適性度が高く、数字が多いほど適性度が低いことを示す。

土地改良事業設計指針「ため池整備」平成12年2月版 p.26 に修正、加筆

粘性土も左表に示すように堤体刃金土としての適性があります。刃金土に用いる粘性土については十分な検討が必要となります。

表 5.2 土質によるローラー適性<sup>2)</sup>

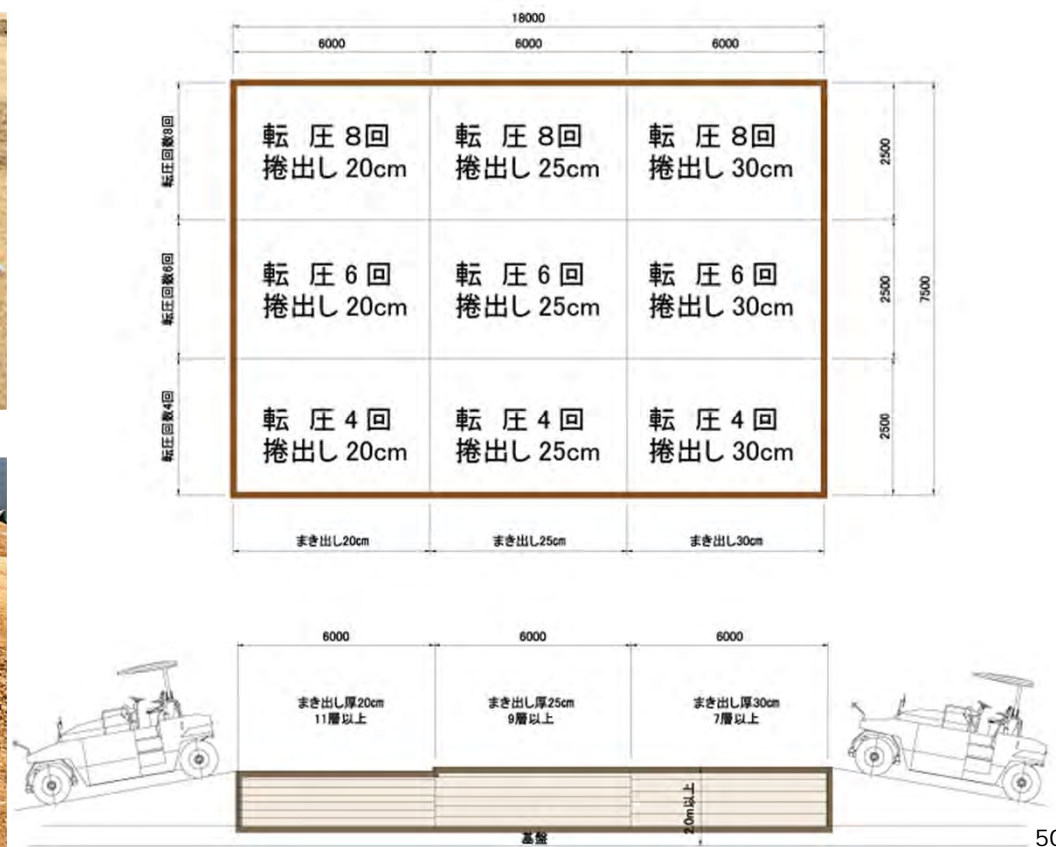
ローラー種類	平滑胴ローラー	タイヤローラー	メッシュローラー	タンピングローラー	ウェーブローラー	振動ローラー	コンバクター	ランマー
GW	○	○				○	○	○
GC 1	○	○		○	○	○	○	○
GP	○	○				○	○	○
GM 4	○	○		○	○	○	○	○
SW	○	○	○			○	○	○
SC 2	○	○	○			○	○	○
SP	○	○	○			○	○	○
SM 5	○	○	○	○	○	○	○	○
ML 6		○	○	○	○	使用不可		
CL 3		○	○	○	○			
OL 8		○	○	○	○			
MH 9		○	○	○	○			
CH 7		○	○	○	○			
OH 10		○	○	○	○			
Pt								

「実務者のための土質工学」大根義男 著 p.74

## 9. 施工における留意点 (盛土試験：転圧状況&各試験)

盛土試験は転圧機種、撒きだし厚、転圧回数を選定する上で重要です。転圧後に現場密度試験、現場透水試験を実施します。

盛土試験では室内締固め試験により求めた施工管理密度が確保できる転圧機種、撒きだし厚、転圧回数を求めますが、刃金に用いる粘性土では転圧機の重量は最低でも3 t 以上は必要です。



## 9. 施工における留意点 (日々の施工管理)

### 施工含水比

- 毎日実施する
- フライパン法、RI法などがある

### 現場密度

- 延長50m、盛土高0.6mに1か所を目途に実施
- 砂置換法

### 現場透水

- 延長50m、盛土高0.6mに1か所を目途に実施
- 目標透水係数  $1\sim 5 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$  以下



# 9. 施工における留意点 (施工含水比の管理:フライパン法)

施工含水比を確認するため毎日、刃金土及び靴土の含水比を測定する。

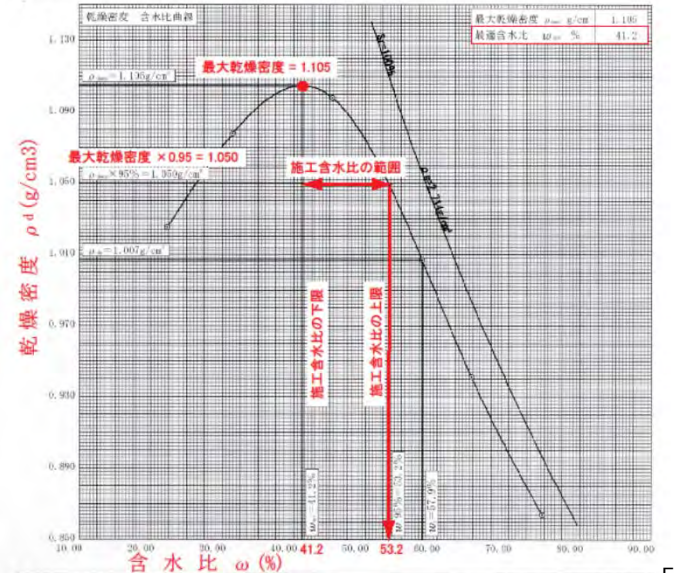


$$\begin{aligned} \text{含水比} &= \frac{\text{湿潤重量} - \text{乾燥重量}}{\text{乾燥重量} - \text{フライパン重量}} \\ &= \frac{\text{水分}}{\text{乾燥土の重量}} \times 100(\%) \end{aligned}$$

参考例 (左図参照)

最大乾燥密度 = 1.105 g/cm<sup>3</sup>  
 管理乾燥密度 = 1.105 × 0.95 = 1.050 g/cm<sup>3</sup>  
 管理乾燥密度における施工含水比の上限値 53.2%  
 " 下限値 (最大乾燥密度) 41.2%  
 よって、施工含水比は 41.2 ~ 53.2%の間とする  
 (最大乾燥密度以下の含水比で施工すると現場透水係数が確保できない)

含水比	乾燥密度 ρ <sub>d</sub> (%)	層	高さ (cm)
1	74.7	3	12.73
2	64.8	4	
3	57.9	5	
4	45.4	6	
5	31.5	7	
6	22.3	8	
平均含水比 ω <sub>av</sub> (%)	0.864		
乾燥密度 ρ <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0.941		
	1.007		
	1.058		
	1.078		
	1.025		



## 8. 施工における留意点 (施工含水比の管理: 電子レンジ法)



現場の施工管理室に電気配線が可能な場合、電子レンジ法は検査時間の短縮につながり、毎日実施する必要がある施工含水比管理に有益な検査法といえる。

### <電子レンジを用いた含水比試験>

この試験法は恒温乾燥炉の代わりに電子レンジを用いて土中の水分を蒸発させることにより、15分程度で含水比を求めることができるのが特徴である。ただし、粒径10mm以下の土を対象とする。

- ① 用いる電子レンジはJIS C 9250 に規定するものである(出力500~600W程度で、回転台を有するものが望ましい。)
- ② 試験方法は炉乾燥法と同様に行うが、試料の乾燥過程において電子レンジで一定質量になるまで加熱するところのみ異なる。加熱時間は下表を目安とする。結果の整理は炉乾燥法と同じである。試料はできるだけ、容器内に薄く広げ、水分が蒸発しやすいようにする。

電子レンジ出力	600W	
測定容器	高さ H: 約2cm 直径 D: 約6cm	
試料条件	3個1組、最大粒径2mm、容器1個あたり約10g(湿潤土質量)	
加熱時間	火山灰質高含水比粘土	13~17分
	有機質土	15~20分
	上記以外の一般的な土	7~10分

# 9. 施工における留意点 (現場透水試験:簡易法)



測定は刃金部施工後 (夕方) に開始し、翌朝の作業開始時に水位の下がりを測る。

## 透水係数の計算

計算式

計算式は設計基準「設計・ダム」(p.536)の⑧透水係数の測定法

(立坑法)による。孔底が、地下水位より上にあるものとすれば、

$$k = \frac{Q}{2\pi H^2} \left( H \sinh^{-1} \left( \frac{H}{r} \right) - \sqrt{r^2 + H^2} + r \right) \text{----- (1)}$$

もし H/r が 1 に比較して大きければ、上式は近似的に

$$k = \frac{Q}{2\pi H^2} \left( \sinh^{-1} \left( \frac{H}{r} \right) - 1 \right) = \frac{Q}{2\pi H^2} \left[ \log_e \left\{ \frac{H}{r} + \sqrt{1 + \left( \frac{H}{r} \right)^2} \right\} - 1 \right] \text{----- (2)}$$

H : 試験孔中の平均水深 (cm)

Q : 一定浸透量 (cm<sup>3</sup>/sec)

r : 試験孔の半径 (cm)

K : 透水係数 (cm/sec)

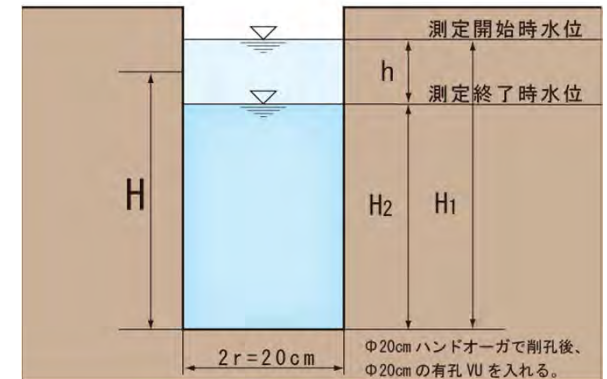
H/r > 1 であると仮定して、(2)式を採用する。

「老朽ため池の設計・積算・施工指針」p.20  
中国四国農政局・土地改良技術事務所  
中国四国地域技術情報連絡協議会

## 2. 試験者

番号	試験順序	算式	I	II
			測点 NO.11 E L 種別 コア土	測点 E L 種別
1	測定開始時刻	日	28	
		時	17	
		分	28	
2	測定終了時刻	日	29	
		時	9	
		分	3	
3	経過時間 sec	(2)-(1)	56,100	
4	測定開始時水深 H1 cm		48.0	
5	測定終了時水深 H2 cm		46.5	
6	平均水深 H cm	(4)+(5)/2	47.3	
7	減水水深 h cm	(4)-(5)	1.5	
8	透水係数 K cm/s		7.50E-07	

備考 : 試験孔の半径 r = 10 cm



## 9. 施工における留意点（刃金土施工 転圧良好な場合1/3）



適正な施工含水比の場合、転圧機の轍も目立たない。

刃金土の転圧は20～25cmのまきだし、仕上がり15～20cmで施工することが多い。

まきだしを行う場合、右図のように転圧層の上部をレイキ等により掻きだし次層とのなじみを良くすることが望ましい。

D値盛土の乾燥密度/最大乾燥密度×100)の管理

刃金土 = 95 % 以上

靴土 = 95 % 以上



### 5.4.2 土またはロック材の締固め特性

一方、粘性材料の場合、その抵抗力は主として粘着力であるから、振動外力は吸収され下部に伝達されるエネルギーは少ない。そして、大きい外力を繰り返し与えて転圧しようとするれば、支持力が低下し破壊が生じ、逆に密度を低下させることもある。したがって、この種の材料に対しては粗粒材料のように振動による締固めは適当ではなく、むしろ衝撃を与えて強制的に締め固めるか、静的外力による圧縮方式（例えばタイヤ系ローラーなど）による締固めがより効果的である。

「実務者のための土質工学」大根義男 著 p.73



## 9. 施工における留意点（刃金土施工 転圧良好な場合2/3）

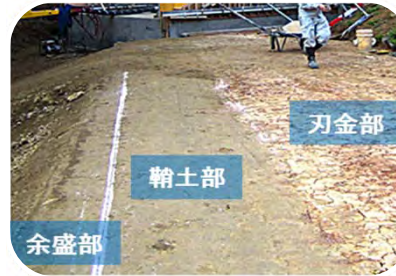
堤体の部分改修の事例。①トレンチ基礎部の確認（基盤に達しているか）、②刃金土+鞆土の同時施工、が重要です。



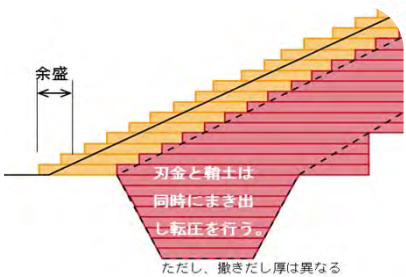
トレンチ基礎部は地山部に入れ込む



礫層が残った基礎部



刃金土+鞆土の同時施工事例



刃金土&鞆土盛立状況模式図



余盛を削取った後は筋状の転圧履歴が確認できます



刃金土の施工を先行した事例





## 9. 施工における留意点 (鞆土施工 転圧良好な場合3/3)



## 9. 施工における留意点 (刃金土施工 転圧不良な場合)

施工含水比を超える含水比の状態で行くと過転圧(オーバーコンパクション)が生じ、転圧機の轍が際立ちました。このような刃金土は、施工管理密度も確保できないため風乾や生石灰等で施工含水比の調整が必要です。

次に、転圧不足の場合も、図-2に示すように再掘削した場合、壁面の自立も出来ない状況でした。

最後に、転圧された刃金土の上を踵(かかと)で歩いて締固め具合を確認することができます。図-4、図-5に各状況における足跡の付き具合を示します。



含水比過大による過転圧



転圧不足



含水比過大による過転圧及び刃金土選定ミス



良好な刃金土の転圧状況



不良な刃金土の転圧状況



転圧面が波打つ状況

## 9. 施工における留意点 (刃金土施工状況 転石混入の場合)

刃金土は施工含水比の管理を怠ると過転圧となり堤体盛土が上がるにつれて重機による機械施工が不能になります。

そこで、刃金土に転石を混入することで施工条件(ワーカビリティ)を改善する事例がたまに見うけられます。

しかし、転石が混入することで、

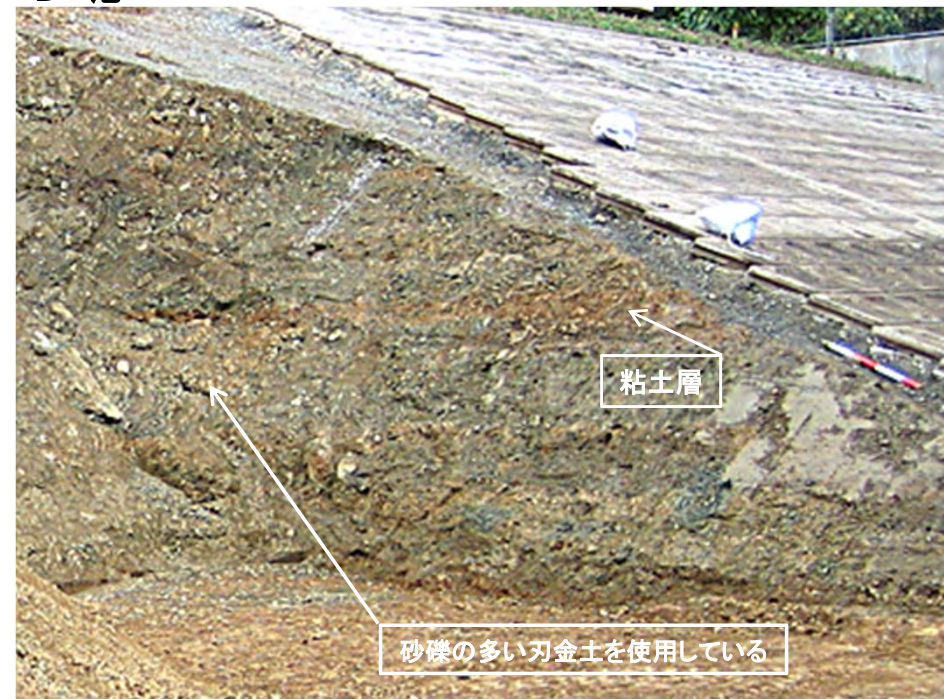
- ①刃金土の施工管理密度が確保できない
- ②転石が敷き詰められることにより水みち形成される

ことにより漏水の原因となります。

A 池

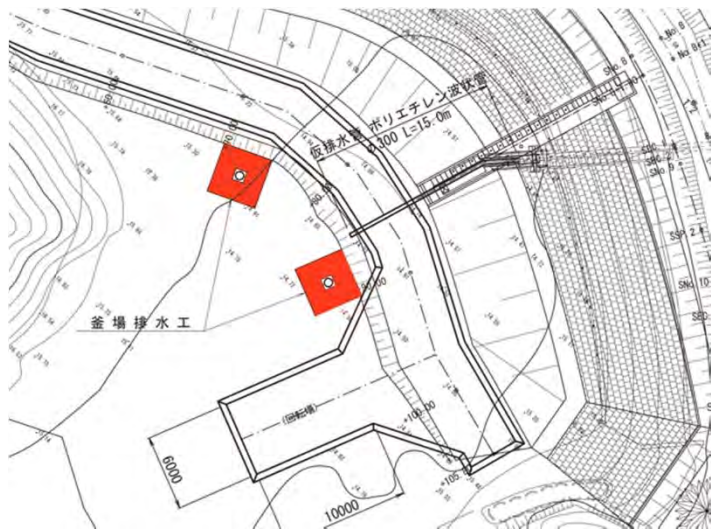


B 池



両池とも改良工事後、許容漏水量を上回る漏水が発生したため、再改修した事例です。

## 9. 施工監理における留意点 (釜場の設置事例)

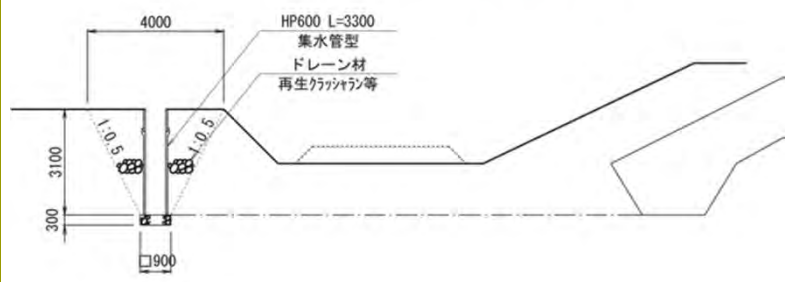


ため池が存在する箇所は地下水が集まるところであり、地下水が高位に位置します。

ため池工事では地下水位を下げていかにドライ施工が出来るかが重要です。

そこで、トレンチの上流側に釜場を設けて地下水を速やかに排水することが必要です。

釜場排水工詳細図  
S=1:100 (1:200)



## 9. 施工監理における留意点 (釜場の設置事例)

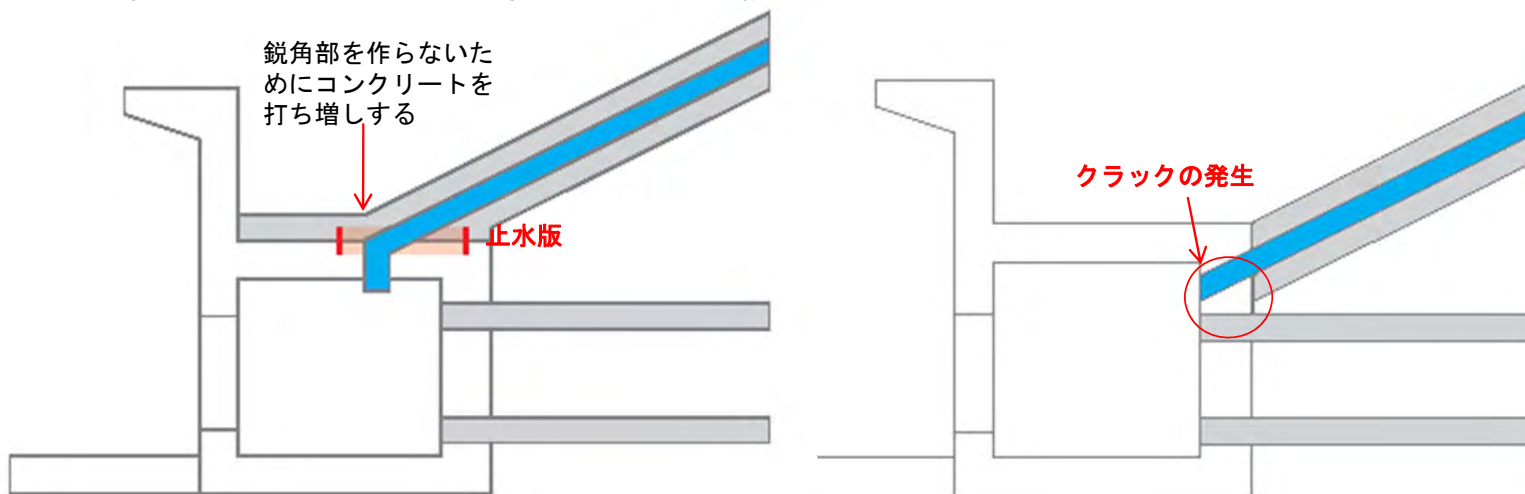


## 9. 施工における留意点（斜樋&土砂吐接合部処理&ため池栓部の構造）

斜樋は粘性土の盛土上に設置するため、盛土の圧密により斜樋全体が不同沈下することがあり、土砂吐との接合部が弱点になります。この結果、土砂吐と斜樋の接合部にクラックを生じ、漏水が生じる場合があります。

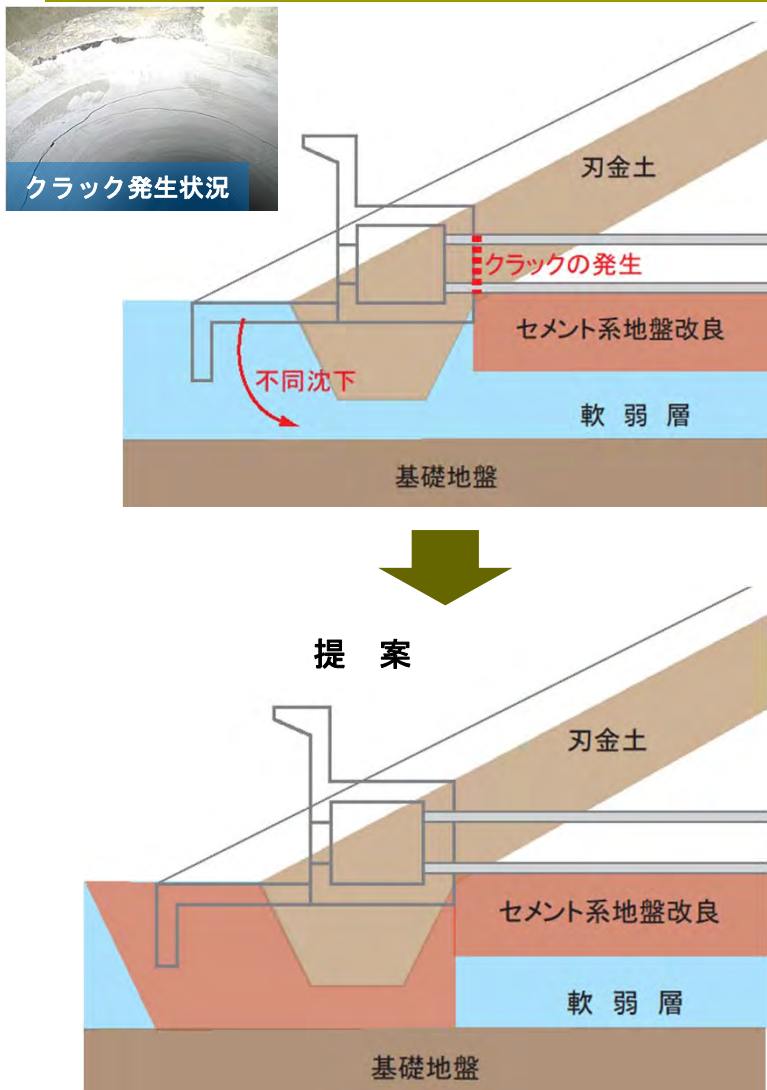
そこで、斜樋と土砂吐の接合部に止水版を設置することで漏水の防止の軽減を図る必要があります。

また、斜樋本体は、土砂吐頂版部に接合したほうが、構造物のずれが生じる可能性は少ない。



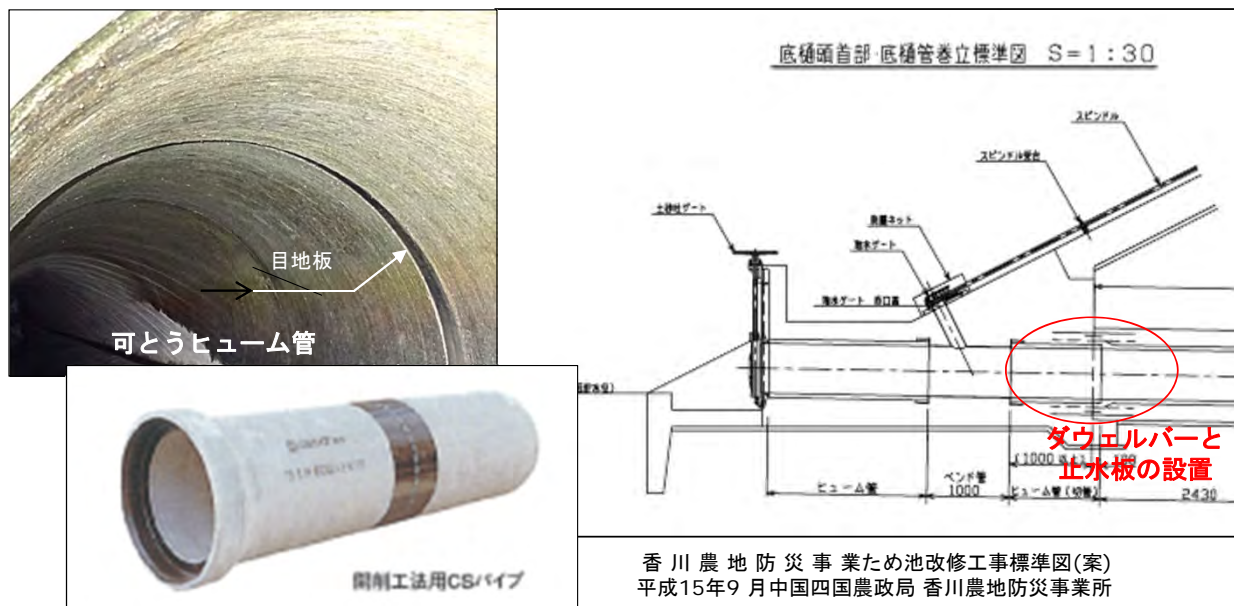
階段部のため池栓の設置には写真のような継ぎ手を用いている。これらの材料を数量として計上する必要がある。

## 9. 施工における留意点（土砂吐基礎部処理 & 底樋とのつなぎ）



底樋部は地盤改良の計画がなされていたが、土砂吐部の基礎が未処理であったため、施工直後に土砂吐部が不同沈下し、土砂吐部と底樋部の接続部にクラックが生じた事例です。

提案として、土砂吐部の基礎は基礎地盤まで改良する必要があると考えます。



土砂吐・底樋の接続部は、荷重の違いによる不同沈下によりクラックが生じやすく、漏水の原因となりやすい。

そこで、従来から接続部にはズレ防止のために、可とうヒューム管を設置していたが、高額のため近年においてはダウエルバーを設置することでそれに代えています。

## 9. 施工における留意点 (構造物のチッピング処理)

堤体を横断する構造物(底樋、洪水吐等)の周りはパイピングが発生しやすいようです。そこで構造物にチッピングを施し、構造物と刃金土の馴染みをよくし、止水効果を上げることもあります。

ただし、チッピングを施すコンクリート部として厚さ2~3cm程度のコンクリート厚を確保する必要があります。





## 9. 施工監理における留意点 (コンタクトクレイ)



構造物(底樋、洪水吐等)周りの漏水処理にコンタクトクレイを施工するケースが増えてきました。特に、山口県内の県営老朽ため池整備では県内基準として底樋周りの漏水対策としてコンタクトクレイの設置が義務づけされています。

コンタクトクレイの品質については設計指針「ため池整備」に次のように指示されている。

**コンタクトクレイ材を用いる場合は表-3.5.8 と同等の材料とする。** 設計指針「ため池整備」p.115 参照

表-3.5.8 土質材料の標準的な品質(参考)

品質項目	標準値
粒度	(75 $\mu$ m以下)50%以上
最大粒径	20 mm
含水比	60~70 %
塑性指数 IP	15 以上

設計指針「ため池整備」p.115 参照



「コンタクトクレイ」とは、土質材料と基礎岩盤面あるいはコンクリート構造物面が接する箇所において密着性をより高めるために貼付ける粘土質材料をいう。

土木工事共通仕様書p.262

受注者は、岩盤面に盛立する場合、浮石やオーバーハング部を取り除き、十分清掃のうえコンタクトクレイをはり付けた後施工しなければならない。

土木工事共通仕様書p.265

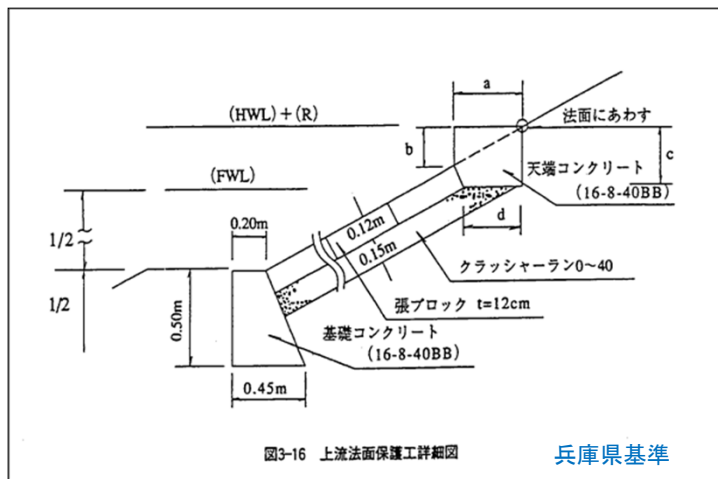
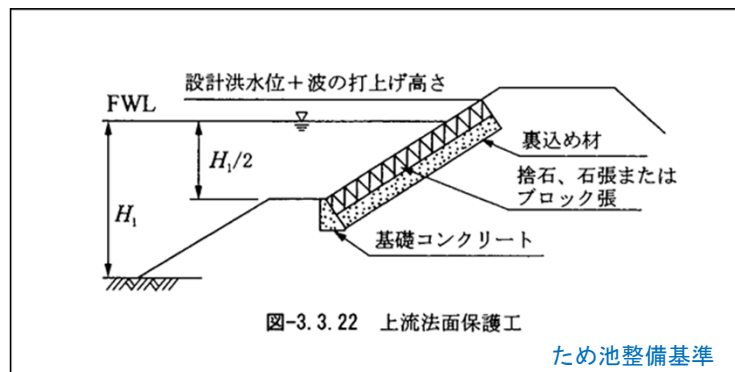
農林水産省農村振興局整備部設計課



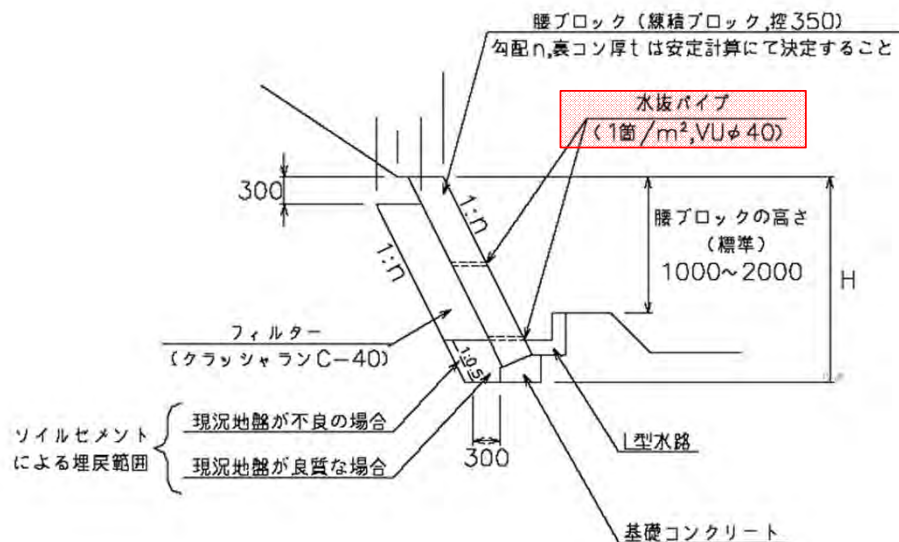
## 9. 施工における留意点 (法面保護工)

裏込材は水位急低下時におけるフィルター材としての役目を持つため香川農地防災基準が示すように単粒度砕石が望ましい。粒径の違うものをブレンド出来ればなお望ましい。

再生クラッシャーランの場合、0mmからの粒径を含むため、逆に締め固まりすぎてフィルターとしての役目を果たさない場合があります。



## 9. 施工における留意点 (腰石積水抜きパイプ)



香川農地防災事業ため池改修工事標準図(案)  
平成15年9月中国四国農政局 香川農地防災事業所

腰石積の目的は堤体内の水を速やかに堤外に排出することです。

以前は石積みで作られていましたが、現在では経済的なブロック積が主流となっています。

このため堤体部の土止めという認識で水抜きパイプの設置個所数を普通のブロック積みの1個/2m<sup>2</sup>という事例を多く見受けます。

しかし、水抜きフィルターとしての石積みの代替え施設と考えれば上記基準にあるように水抜きパイプの設置個所数は1個/m<sup>2</sup>とすべきです。

また、フィルター材と堤体の間に吸出し防止マットを使用される事例を見受けますが、完成後数年でフィルターが目詰まりし腰石積の天端から浸透水が湧出した事例があります。



## 9. 施工における留意点 (地盤改良を必要とする仮設道路)

現況

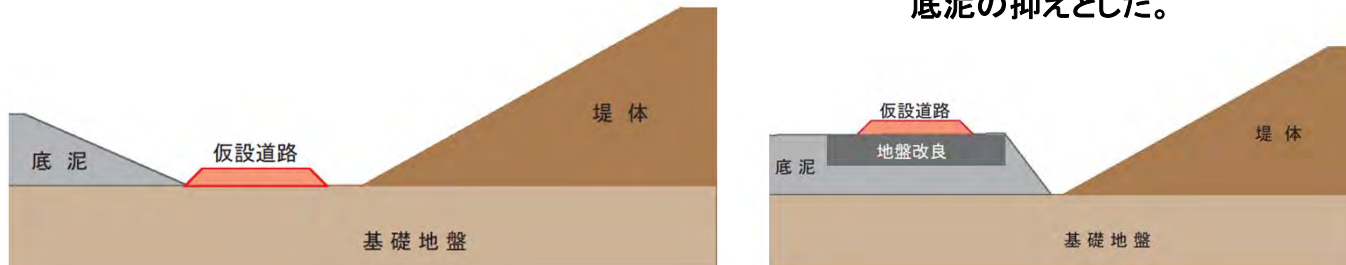


近年、ため池の維持管理がおろそかになり、上図(現況)のように底泥がかなり堆積しているため池が多く見られる。底泥の厚さは2m程度はざらで、中には5m程度の厚さを確認した池もあった。

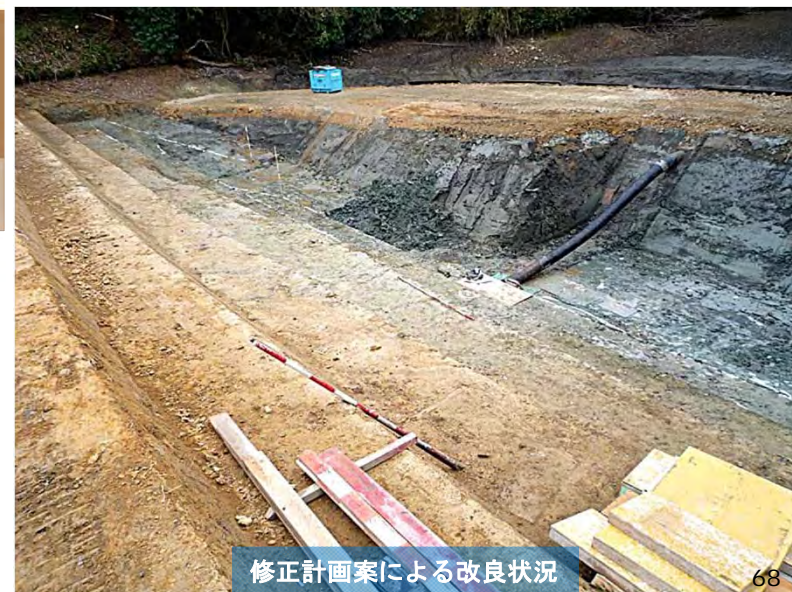
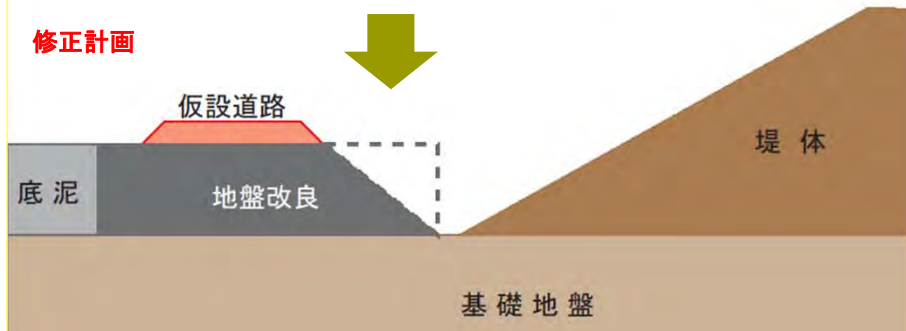
しかし、堤体設計と仮設計画がリンクしておらず、上図(計画)に示すように、到底実施できない計画を良く見受ける。

この事例では、右図(修正計画)に示すように仮設道路の基礎を地盤改良(セメント系)し、その上部に仮設道路を設置した。なお、地盤改良部は工事完了後、撤去せず底泥の抑えとした。

計画



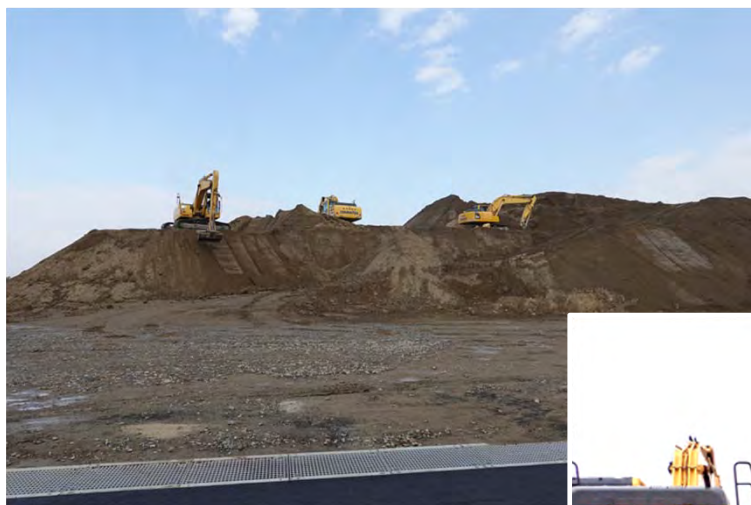
修正計画



## 10. 新工法 (リサイクル土ベントナイト混合刃金土 1/4)

近年、刃金土に用いる粘性土が入手困難となってきています。そこでリサイクル土を用いて刃金土を製造できないか大牟田市のF建設が取り組み、既存の刃金土と比べても遜色ない製品が完成し現在、県内の老朽ため池改修事業において採用されています。

必要な透水係数を確保するために細粒のリサイクル土にベントナイトや粘性土を混合しています。



リサイクル細粒土の保管状況



ベントナイト混合状況



散水による施工含水比調整

# 10. 新工法 (リサイクル土ベントナイト混合刃金土 2/4)

盛土試験状況



振動ローラーによる転圧状況



現場密度試験状況



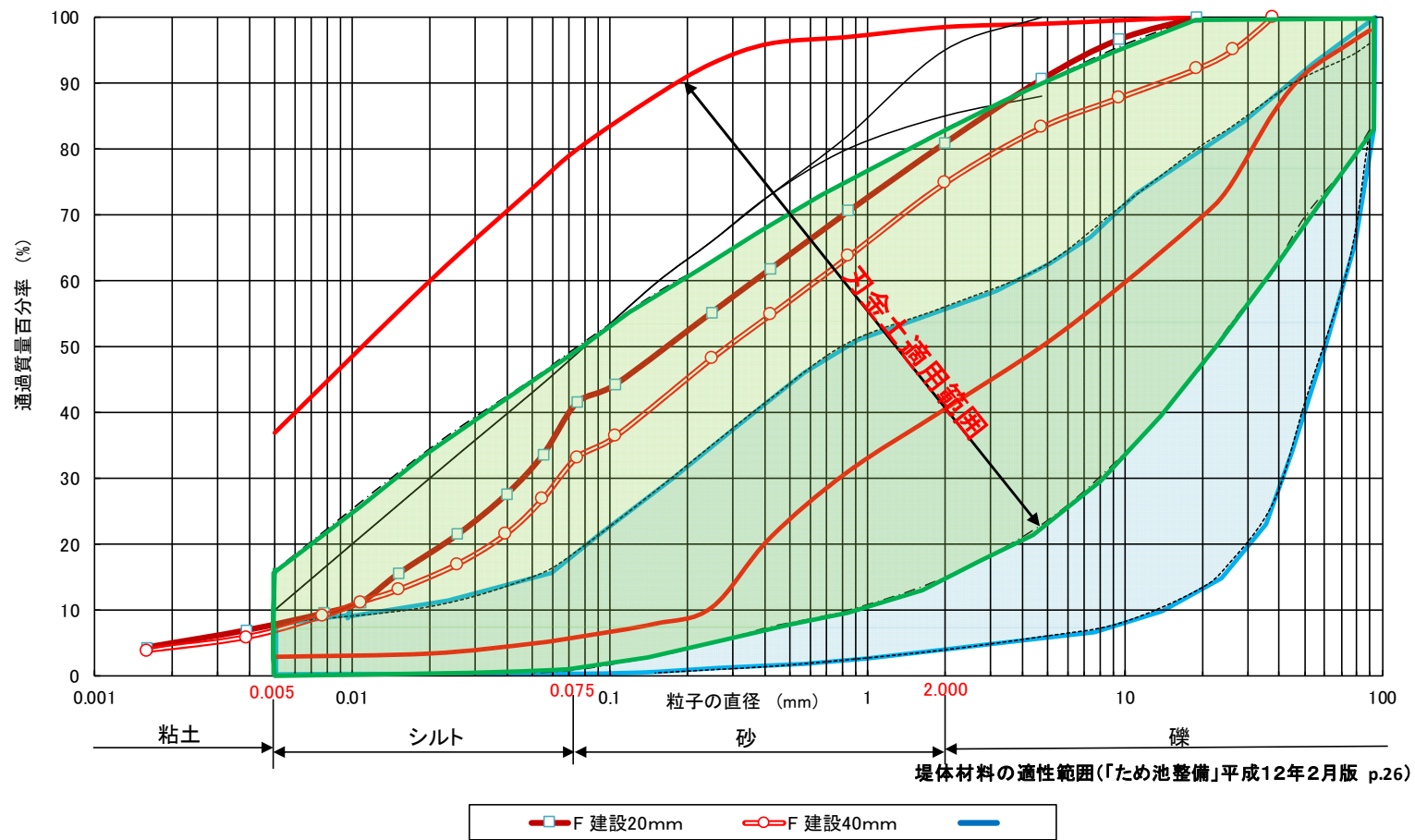
現場透水試験状況



# 10. 新工法 (リサイクル土ベントナイト混合刃金土 3/4)

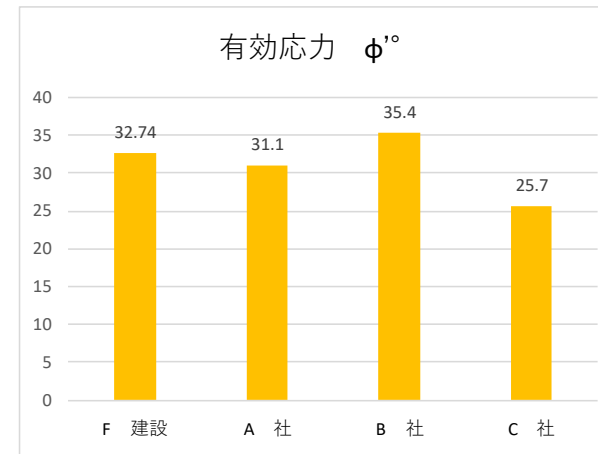
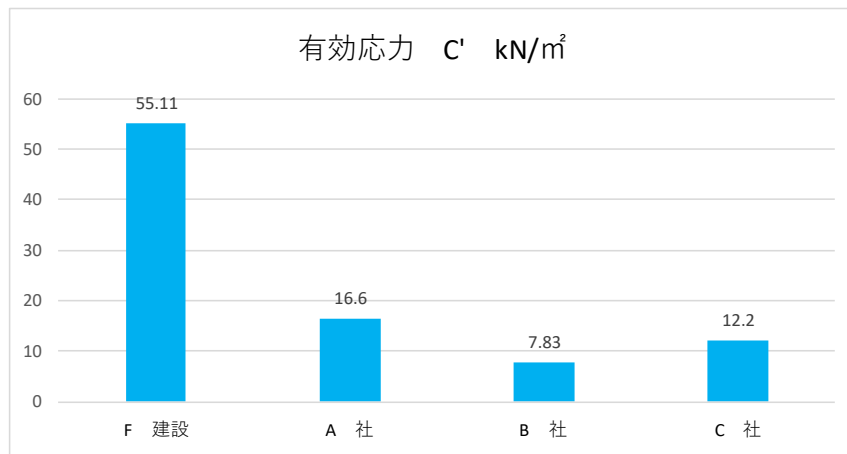
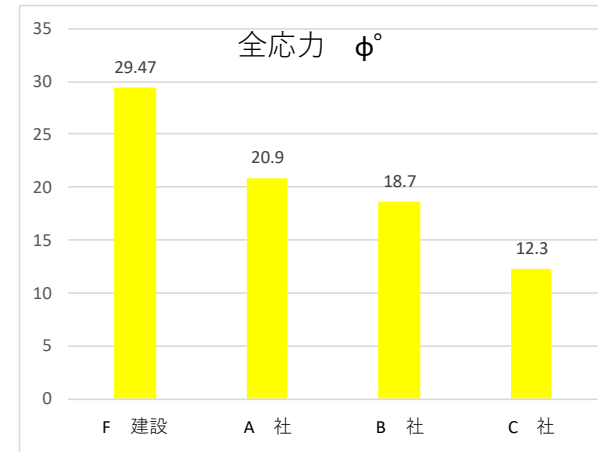
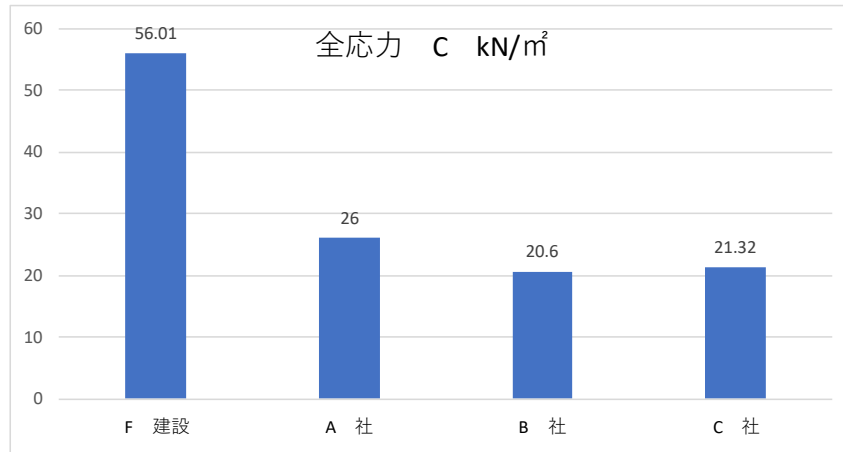
リサイクル土20mm、40mmの粒度分布(各々mmは最大粒径)

鞘土 粒度加積曲線 ( F 建設20mm・40mm)



# 10. 新工法 (リサイクル土ベントナイト混合刃金土 4/4)

各社別 三軸圧縮試験結果



各数値において他社と比較しても良好な値を得た。これはリサイクル土であるため、理想的な粒度調整が可能であるためと推測する。





# 10. 新工法 (プレキャスト底樋管 1/2)

ため池改修工事で工期を要するものに底樋の設置工事があります。特にダウエルバーや止水板の施工が必要な継目を7~12mに設置する(「ため池整備」p.112)必要があり、工程のボトルネックとなっています。

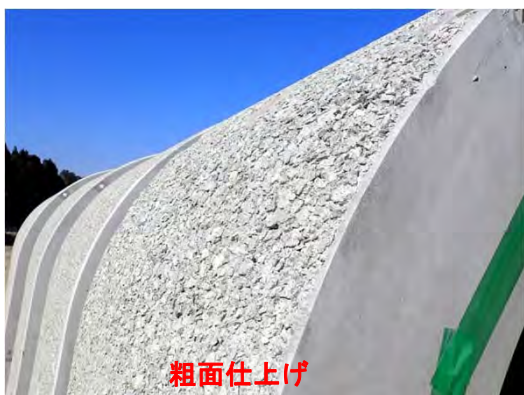
しかしながら底樋部はパイピング発生の最頻箇所となっており十分な止水対策が必要となり、底樋施工においては躯体のチッピングやコンタクトクレーの処理を行うことがあります。

このような状況の中、約20年前から中四国地方を中心に九州でもプレキャスト底樋管の実績が徐々に増えてきています。プレキャスト底樋管の特徴は、

- ① 工期の大幅な短縮(設置のみなら1~3日)が図られる
- ② 1本当りの管長は1m(φ1000以上)、1.5m(φ600・φ800)であり、フレキシブルなジョイントのため柔構造の設計にも対応できる
- ③ アーチ形状により高盛土にも対応できる
- ④ 完全止水工法により0.1MPaの内水圧でも漏水はない

パイピング発生の恐れがある底樋部に二次製品を用いることは、十分な止水対策が必要です。

そこで、製品の表面を薬品処理して粗面仕上げした製品が開発されており、刃金部に接する箇所に粗面仕上げの製品を使用することで止水対策とすることができます。



運搬状況



TSK-ゴム設置



据付状況



設置状況



目地部接合状況



上流側部状況



エポキシ樹脂注入



据付状況



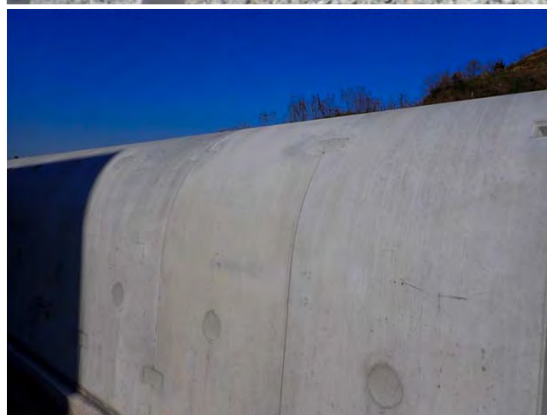
設置完了

## 9. 新工法（プレキャスト底樋管 2/2）

粗面仕上げ



底樋にコンクリート二次製品のボックスカルバートを使用したため施工後、1年目から底樋出口部及び接続水路部で漏水が見られた事例



# Thankyou

## ご清聴ありがとうございました



調査設計時、施工時及び施工後に疑問点・問題点が発生した場合は、遠慮なくご連絡・ご相談ください。

連絡先 : 株式会社 日設コンサルタント

〒812-0035 福岡市博多区中呉服町1番22号吉田善平商店ビル2階

TEL 092-262-2377 fax 092-262-2388

メールアドレス somu@niscon.co.jp

担当者 : 伊藤・野原・秋山・堀・白土・尾中・仲村・奥浜

