

補強土（テールアルメ）壁工法
モニタリングパネル活用の手引き

2024年3月

一般社団法人 日本テールアルメ協会
維持管理部会

<目次>

1. 概説	1
1.1. 本手引きの目的	1
1.2. モニタリングパネルの概要	1
1.3. モニタリングパネルの用途	2
2. モニタリングパネルの材料	3
2.1. 部材構成	3
2.2. コンクリートスキン	4
2.3. 試験ストリップ	5
2.4. 保護管	7
2.5. 防砂材	7
3. モニタリングパネルの配置計画	8
3.1. 配置の考え方	8
3.2. 配置計画の流れ	9
3.3. 適用対象	10
3.4. 配置数	10
3.5. 適用箇所の制限	10
3.6. 考慮事項	10
3.6.1. 維持管理性の考慮	10
3.6.2. 分散性の考慮	10
3.6.3. 地形・構造的特徴の考慮	11
3.7. 配置計画の例	12
4. モニタリングパネルの設置	17
5. 試験ストリップの引抜き試験	19
5.1. 試験の流れ	19
5.2. 設計引抜き力の算出	19
5.3. 機器設置	22
5.4. 載荷方法	23
5.5. 試験結果の整理	23
5.6. 試験結果の評価	24
6. 試験ストリップの腐食調査	25
6.1. 調査の流れ	25
6.2. 試験ストリップの採取	25
6.3. 目視検査	26
6.4. 平均腐食量の測定	28
6.5. 亜鉛めっきの残存量の測定	29

6.5.1.	重量法による方法	29
6.5.2.	膜厚計による方法	30
6.6.	最大腐食量の測定	31
6.6.1.	引張試験による方法	31
6.6.2.	板厚測定による方法	32
6.6.3.	重量法による方法	32
6.7.	腐食量の評価	33
7.	盛土材料の土質調査	35
7.1.	土質試験	35
7.2.	試験結果の評価	36

1. 概説

1.1. 本手引きの目的

補強土（テールアルメ）壁の維持管理を行う上で、盛土内部の状態を調査するためには、従来では、壁面の削孔やはつりなどの破壊を伴う作業が必要であった。そこで、盛土内部の状態を容易に確認でき、効率的な維持管理を可能とすることを目的に、モニタリングパネルを開発した。

本手引きは、モニタリングパネルを用いて、テールアルメにおける経年後の健全性を評価するにあたって必要な計画、調査、評価方法を記し、適切な維持管理への活用を促進することを目的とする。

1.2. モニタリングパネルの概要

モニタリングパネルはパネルの中央に開口部（点検口）があることを特徴とする。開口部の裏側に、本設のストリップとは別のダミーのストリップ（試験ストリップ）を設置することで、ストリップの引抜き試験やの採取を可能とする。それにより、摩擦特性や腐食減量などの内部状態を効率的に調査することができ、テールアルメとしての健全性の診断を容易にする。

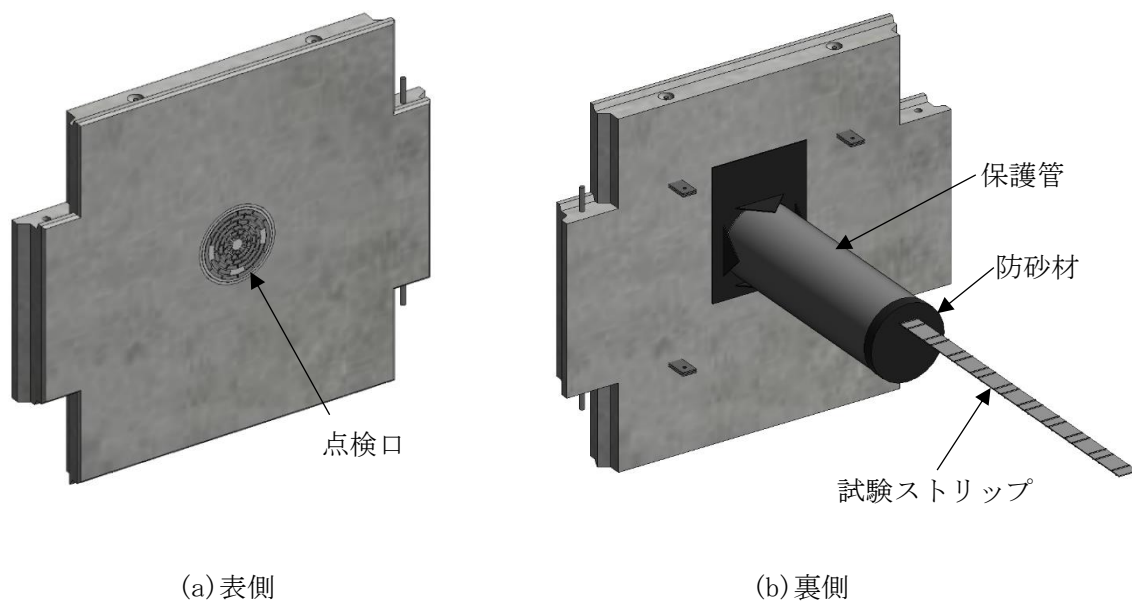


図-1 モニタリングパネルの概要

1.3. モニタリングパネルの用途

モニタリングパネルは主に変状が確認された場合の原因究明や、復旧を想定した調査時に用いられ、その用途として、以下の3つを想定している。

(1) 摩擦特性の確認

ストリップの摩擦抵抗力を確認するために用いる。テールアルメはストリップと盛土材料との摩擦特性が構造安定上、極めて重要な要素になる。あらかじめ点検孔内に摩擦特性を確認できる専用のストリップを埋設し、必要に応じて引抜き試験を実施することで、設計上見込まれているストリップの摩擦抵抗力を有しているか確認する。

(2) 耐久性の確認

ストリップの耐久性を確認するために用いる。テールアルメの耐用年数はストリップの腐食速度に大きく依存する。あらかじめ点検口内に腐食特性を確認できるめっき（場合によっては黒皮）のストリップを埋設し、調査時にストリップを採取し、腐食減量調査（室内試験）を実施することで、経年後のテールアルメの耐久性を確認する。

(3) 盛土状態の確認

盛土内部に容易にアプローチできる調査孔として利用する。調査孔から盛土材料の採取を行い、土質試験を実施する、湿潤状況などを確認することに用いる。

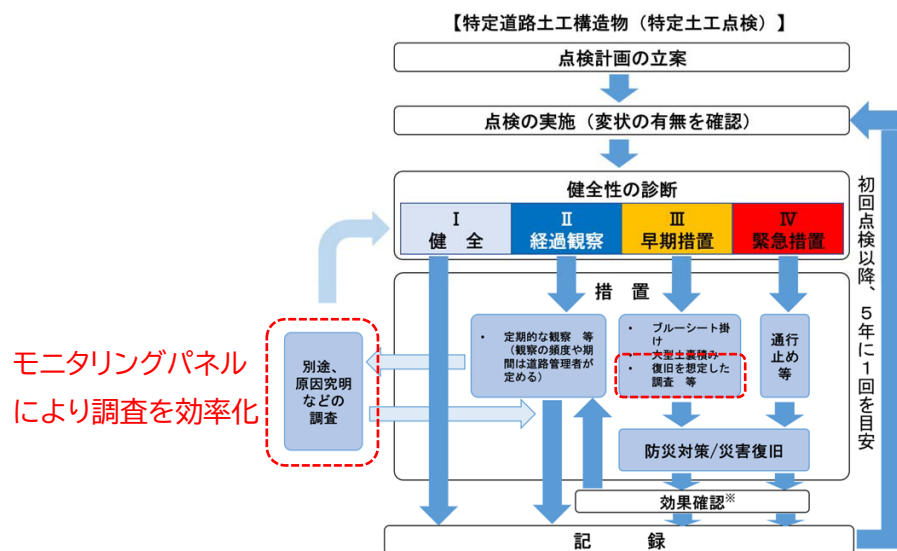


図-2 維持管理のフローにおけるモニタリングパネルの位置づけ
 （道路土工構造物点検要領，平成 29 年，国土交通省道路局より抜粋，加筆）

2. モニタリングパネルの材料

2.1. 部材構成

モニタリングパネルの構成および材料の仕様は、その目的によって異なるが、代表的な部材構成を以下に示す。

- ① コンクリートスキン
- ② 試験ストリップ
- ③ 防砂材
- ④ 保護管
- ⑤ 点検口蓋

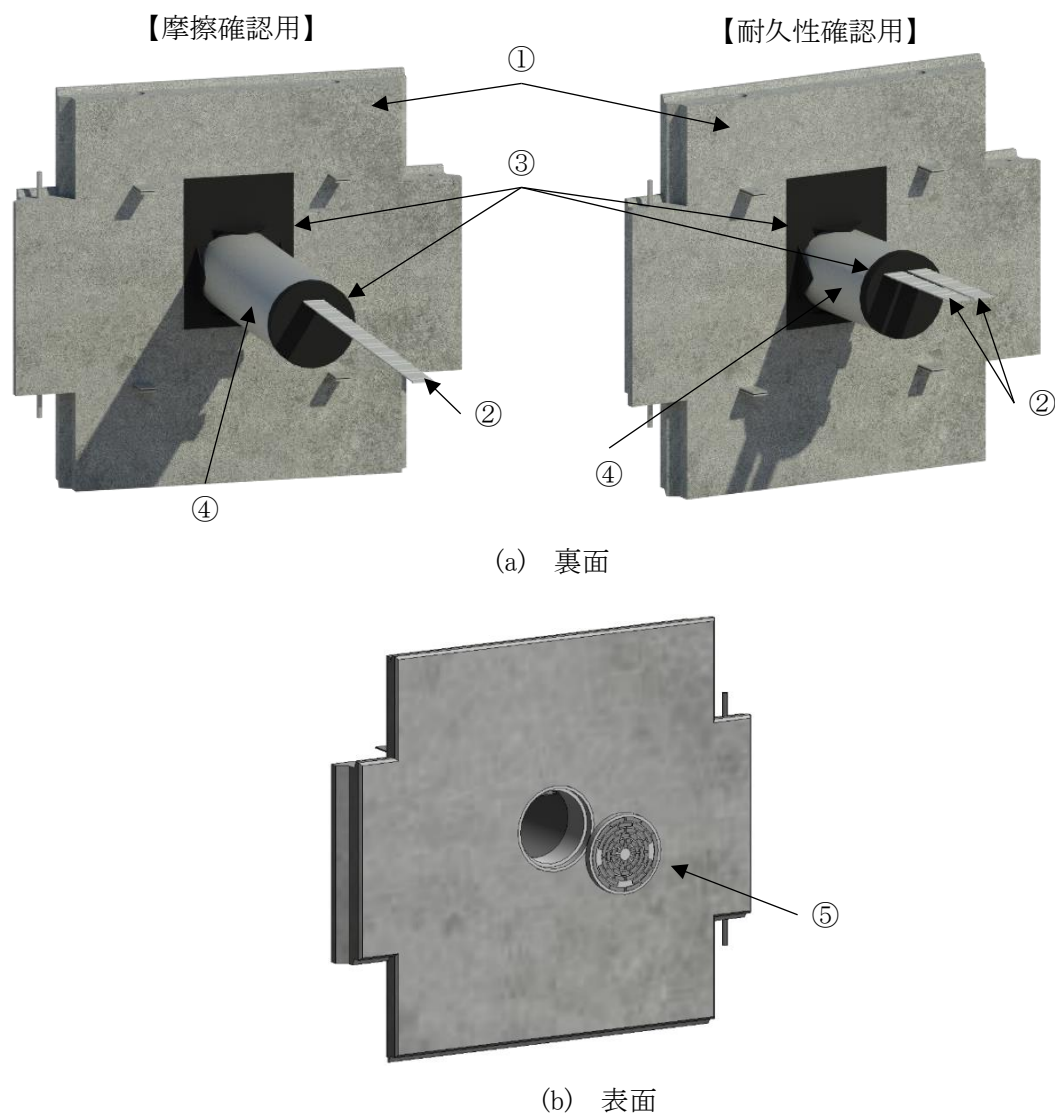


図-3 モニタリングパネルの構成の例

2.2. コンクリートスキン

モニタリングパネルは、中央部にφ300mm程度の点検口を有する1.5m×1.5mの十字形コンクリートスキン（フルサイズ）を用いる。コネクティブ取付数は8箇所以下となる。

点検口の形式には、薄肉部を設けた薄肉タイプ、コンクリート製の蓋または塩化ビニール製の蓋で開閉が可能な蓋式タイプがある。

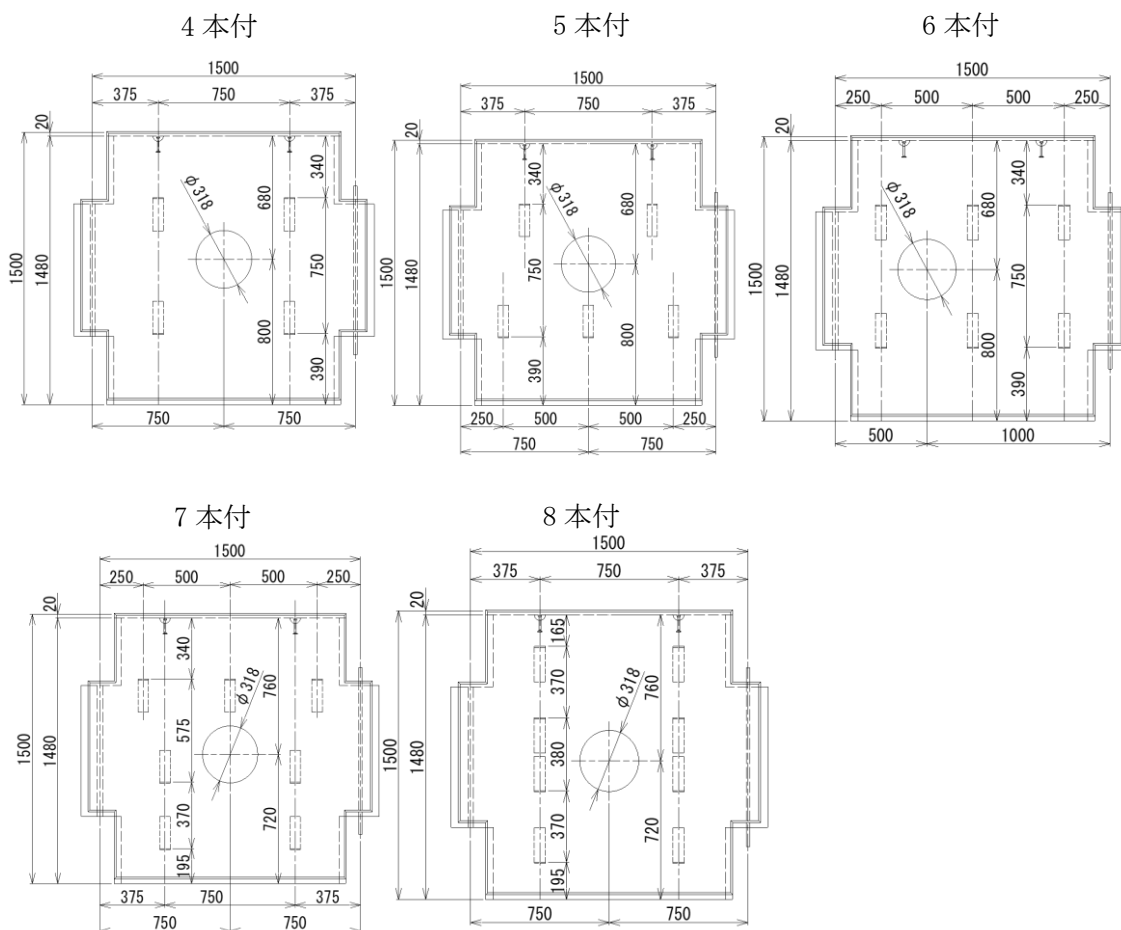


図-4 コンクリートスキン形状の例



(a) 薄肉タイプ

(b) コンクリート蓋タイプ

(c) 塩ビ蓋タイプ

図-5 点検口の例

2.3. 試験ストリップ

試験ストリップは、原則として本設のストリップと同仕様のものを使用し、ストリップ長は目的に応じて適切に設定する。

表-1 ストリップの仕様の例

	鋼材材質	亜鉛めっきの付着量	断面寸法 (mm)	ボルト径	ボルト・ナット強度区分
リブ付きストリップ	JIS G 3101 SS400	1000g/m ² ※ (HDZ50)	80×4	M12	ボルト 8.8 ナット 4, 5, 8
高強度リブ付きストリップ	JIS G 3106 SM490A	1000g/m ² ※ (HDZ50)	60×4	M12	ボルト 8.8 ナット 4, 5, 8

※亜鉛めっきの付着量は上下面の合計

(1) 摩擦確認用ストリップ

摩擦確認用のストリップの長さは、引抜き試験を実施した際に適した引抜き抵抗力となるよう、設置箇所の土被り、単位体積重量、補強材の形状に応じて設定する。計算方法は「5. 試験ストリップの引抜き試験」を参照されたい。補強材長さの参考値を表-2 に示す。

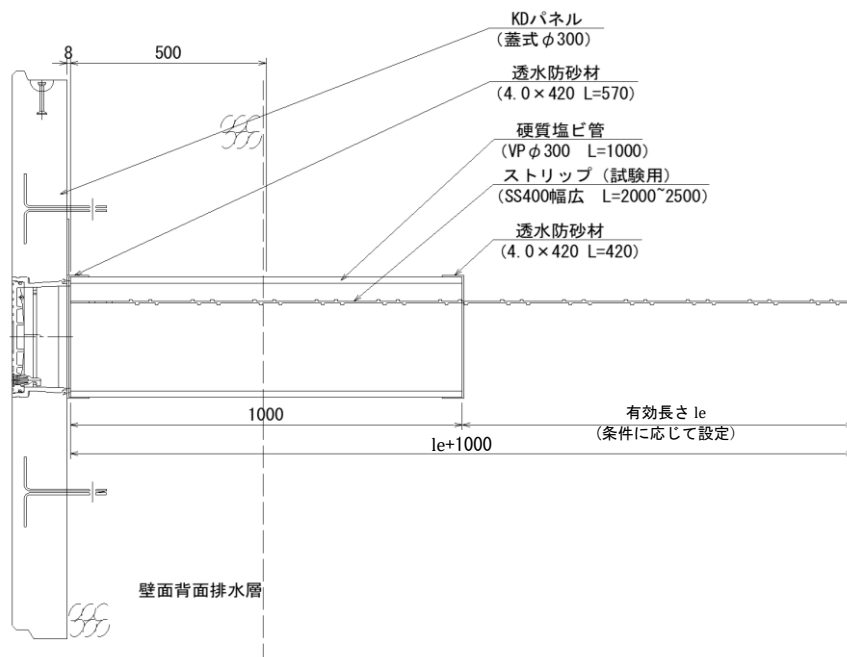


図-6 摩擦確認用モニタリングパネルの例 (断面図)

表-2 摩擦確認用補強材長(参考値)

土被り (m)	補強材長 (m)		摩擦有効長 (m)		設計引張荷重 (kN)	
	60mm	80mm	60mm	80mm	60mm	80mm
1~3	6.0	4.5	4.0	3.0	30.46	30.46
3~5	4.5	3.5	4.0	3.0	39.01	39.01
5~10	3.0	2.5	2.5	2.0	41.41	44.17

※1 設計荷重は，最大土被りにて設定した。

※2 試験片の長さは，降伏荷重の70%以下となるように決定した。

(2) 耐久性確認用ストリップ

試験ストリップは本設されるストリップと同ロットで製造されたものを100cmに切り出し，先端部にボルト接続用に削孔したものを使用する。設置前に，予めそれぞれの試験ストリップの初期の重量，厚さを計測し，保管する。また，同ロットの試験ストリップを用いて，垂鉛めっき量，引張強度をそれぞれ試験の上，取得し保管する。

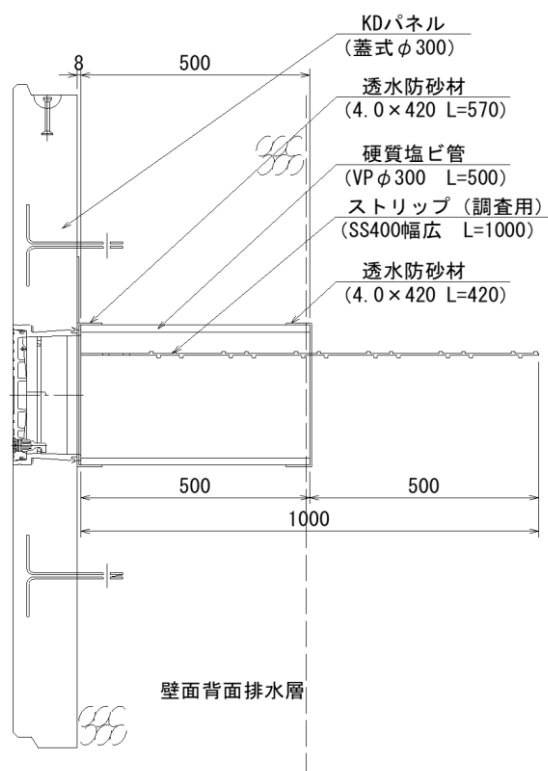


図-7 耐久性確認用モニタリングパネルの例 (断面図)

2.4. 保護管

保護管は、調査対象範囲を限定するために設置され、目的により長さが異なる。摩擦確認を目的とする場合は、人力締固め範囲は補強土全体を代表とする締固め度と異なる可能性があることから、その範囲の引抜き抵抗を除外するため、長さを1.0mとする。耐久性の確認を目的とする場合は壁裏排水層（砕石層）を避けるため、長さを0.5mとする。

材質および厚みは上載土圧に対する耐力を確保できるものを選定する。一般に硬質塩ビ管 VP300 が用いられる。

2.5. 防砂材

保護管端部からの盛土材料の漏出を防止するために設置される。一般に、ポリエステル製の長繊維不織布が用いられる。

3. モニタリングパネルの配置計画

3.1. 配置の考え方

モニタリングパネルの配置に当たっては、それぞれの目的に応じて調査方針を定め、配置数や箇所を選定する必要がある。

(1) 調査方針

摩擦確認は、引抜き試験を実施することで確認するが、その引抜き抵抗力は盛土材料の性状や締固め状態に依存する。その性状は経年的に大きく変化することは少ないため、基本的には、定期的の実施する必要はない（スレーキング材の疑いがあるなどを除く）。竣工前の盛土材料の適正確認（試験施工）や、竣工直後の検査、壁面変形が確認された際の要因分析のための調査として実施する等の活用が望ましい。

耐久性確認は、試験ストリップを引抜いて腐食減量調査を行うことで、耐久性を評価するため、調査を行うタイミングと本数を計画し、配置する必要がある。調査を行うタイミングとして、20年毎など定期的に調査を実施する方法、設計耐用年数等の所定の年数を経過した時点で調査を実施する方法、壁面変形や錆汁など異常が確認された時点で腐食調査を実施する方法などが考えられる。

(2) 配置数

設置数は、同壁体においても盛土材料や締固め状態には一定の不均一性があることから、複数設けることが望ましく、壁規模に応じて、増やすことが望ましい。本書では、3箇所以上かつ盛土材料 5000m³ に1箇所以上を標準とした。また、信頼性の高い情報を得たい場合には、サンプル数が多いことが望ましく、取得するデータの活用方法に応じて設置数を検討する。例えば、実態に合わせた供用年数とする目的で、耐久性について信頼性の高い評価が必要である場合は、そのばらつきを評価するのに十分なサンプル数となるよう配置数を定める必要がある。

(3) 配置箇所

事前に局所的な変状が生じる壁面位置を推定するのは困難であることから、一般にモニタリングパネルは、局所的な状態の確認ではなく、全体的な状態の確認を目的とする。そのため、所定の設置数を壁全体にわたって均等に分散して配置することが基本になる。一方で、被災や過小評価となるリスクを低減する観点から、不具合が生じるリスクが高いと考えられる箇所、例えば、壁高の高い箇所、背面に湧水が予想される箇所、排水施設周辺（漏水、越水の懸念）などは優先的に設置箇所に含めることが望ましい。理想的には、壁の高さ方向にも分散して配置するのが望ましいものの、高い位置にある場合、調査時に足場が必要となることから、維持管理性についても考慮が必要である。また、調査によっては設置が適さない箇所があり、例えば、摩擦確認（引抜き試験）において、ストリップ密度の多いコーナー部は、盛土内部が全体を代表する応力状態と異なる可能性があることが適さないことから、これらについても考慮する。

3.2. 配置計画の流れ

モニタリングパネルの配置計画の流れを以下に示す。

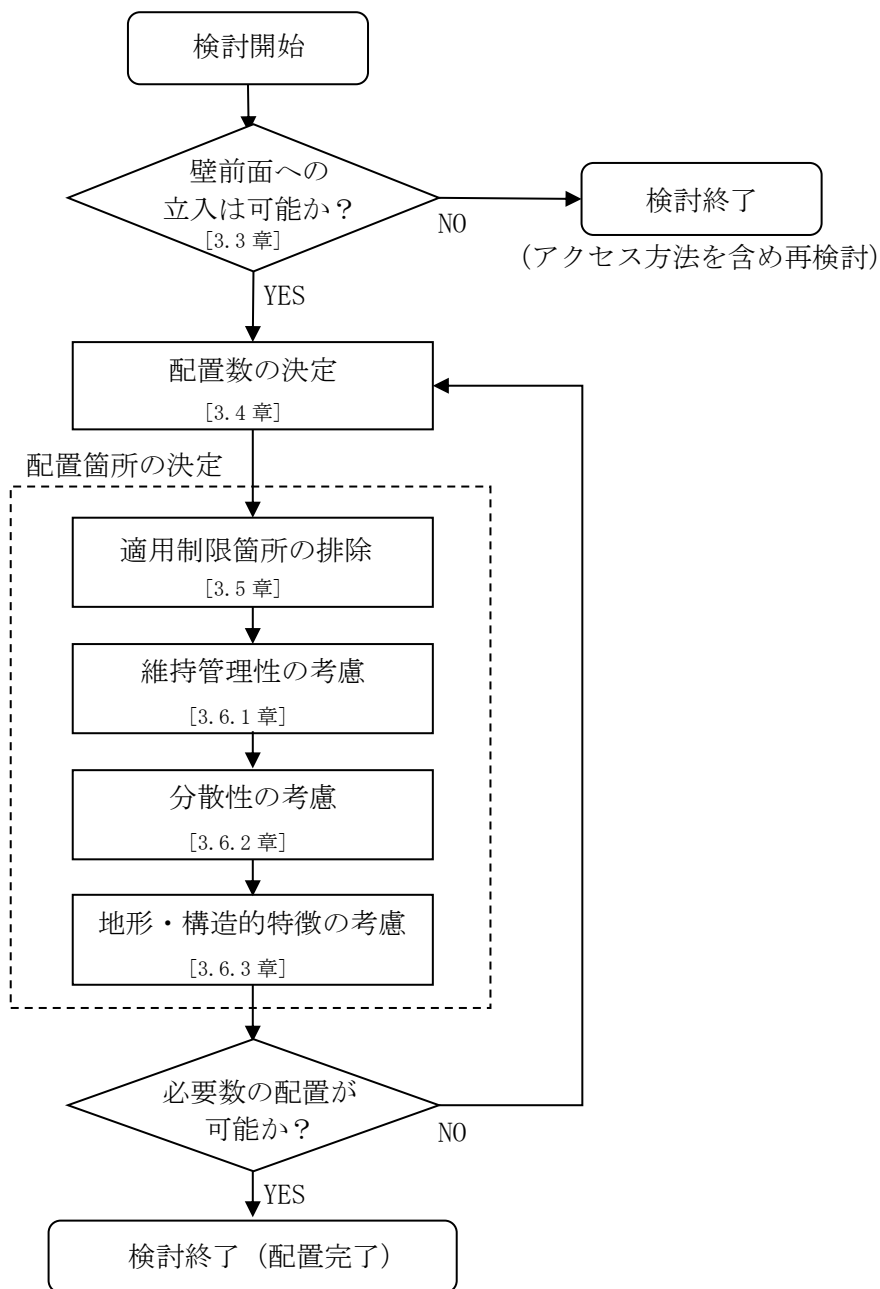


図-8 モニタリングパネルの配置計画フロー

3.3. 適用対象

モニタリングパネルは、施工後、壁前面への立ち入りが可能であり、モニタリングパネルの蓋の開閉および引抜き試験の実施など目的に応じた作業が可能な壁体に適用することを原則とする。また、必要な機材の搬入方法や交通規制の必要性など、作業時における条件の有無を合わせて確認する必要がある。

3.4. 配置数

モニタリングパネルの配置数は調査計画に基づき決定されるが、以下の数を配置することを標準とする。

- (1) 1 壁あたり 3 箇所以上
- (2) 盛土材料 5000 m³に対し 1 箇所以上
(H=7.5m の場合、壁延長 100m 毎に 1 箇所程度)

上記は、盛土材料の不均一性を考慮した上で最低限の箇所数を示したもので、採取地や土性が変わる場合は、変化毎に 5000 m³に 1 箇所以上の設置数とすることが望ましい。耐久性の確認においては、1 箇所あたり 2 本の試験ストリップを設置することも可能であるが、同時期の調査においては、採取する箇所は異なることが望ましいことから、それらを考慮の上、調査に必要な本数があるか確認する。

3.5. 適用箇所の制限

モニタリングパネルは、部材の仕様上、以下の箇所には設置できない。

- (1) 1.5m×1.5m の十字形スキン（フルサイズ）以外のスキンおよび部材箇所
- (2) スキン 1 枚あたりのコネクティブ取付本数が 8 本より多いスキン箇所
- (3) 地中（または水中）に埋没する箇所

3.6. 考慮事項

3.6.1. 維持管理性の考慮

引抜き試験や採取時の作業性やアクセス性を考慮する。基本的には、壁前面の地盤付近が足場工の必要がなく容易に作業できることから望ましい。やむを得ず、前面地盤から高い箇所等、作業性の悪い箇所に適用する場合は、足場を設けるスペースを確保しておくなど、作業時の条件を関係者と確認する必要がある。また、草木などによる阻害により調査時に伐採が必要など、経年後の状態についても考慮する。

3.6.2. 分散性の考慮

一般にモニタリングパネルは、局所的な状態の確認ではなく、全体的な状態の確認を目的とするため、所定の設置数を壁全体にわたって均等に配置することを基本とする。上述

した維持管理性の考慮の都合上、難しい場合が多いものの、可能であれば、延長だけでなく、壁高にわたっても分散させることが望ましい。これは、盛土構築の都合上、高さ方向に土質の違いが生じやすいことに加え、摩擦特性および腐食特性に土被り深さが影響することにも由来する。摩擦確認においては、ストリップと盛土材との見かけの摩擦係数は土被り（拘束圧）によって変化する特徴があり、耐久性確認においては、土被りが浅い方が盛土内への雨水の浸入の影響により、腐食が促進されやすい特徴がある。

また、摩擦確認用と耐久性確認用のモニタリングパネルのそれぞれについても分散させることが望ましい。これは、調査時の状況などによっては、計画時より信頼性の高い情報が必要になり、調査数量を増やすことが必要になる場面も考えられるが、摩擦確認用と耐久性確認用のモニタリングパネルは、役割を入れ替えることもできるためである（例えば、摩擦用の試験ストリップを耐久性確認に使用する等）。ただし、同箇所にてそれぞれの調査が行いたい場合はこの限りではない。また、それぞれのモニタリングパネルは、試験ストリップや保護管の長さなど、仕様が異なることから、測定の精度や作業効率が低くなることに留意する。

3.6.3. 地形・構造的特徴の考慮

(1) 共通

モニタリングパネルの配置は、所定の設置数を壁全体にわたって均等に配置することを基本とする一方で、被災するリスクや過小評価となるリスクを低減する観点から、不具合が生じるリスクが高いと考えられる箇所は優先的に配置することが望ましい。例えば、以下のような箇所が考えられる。

- ・ 壁高の高い箇所
- ・ 沢地形における最低レベル高など、盛土内水位の上昇が考えられる箇所
- ・ 排水柵などの排水施設の周辺で、漏水や越水により高含水状態となる懸念がある箇所

(2) 摩擦確認

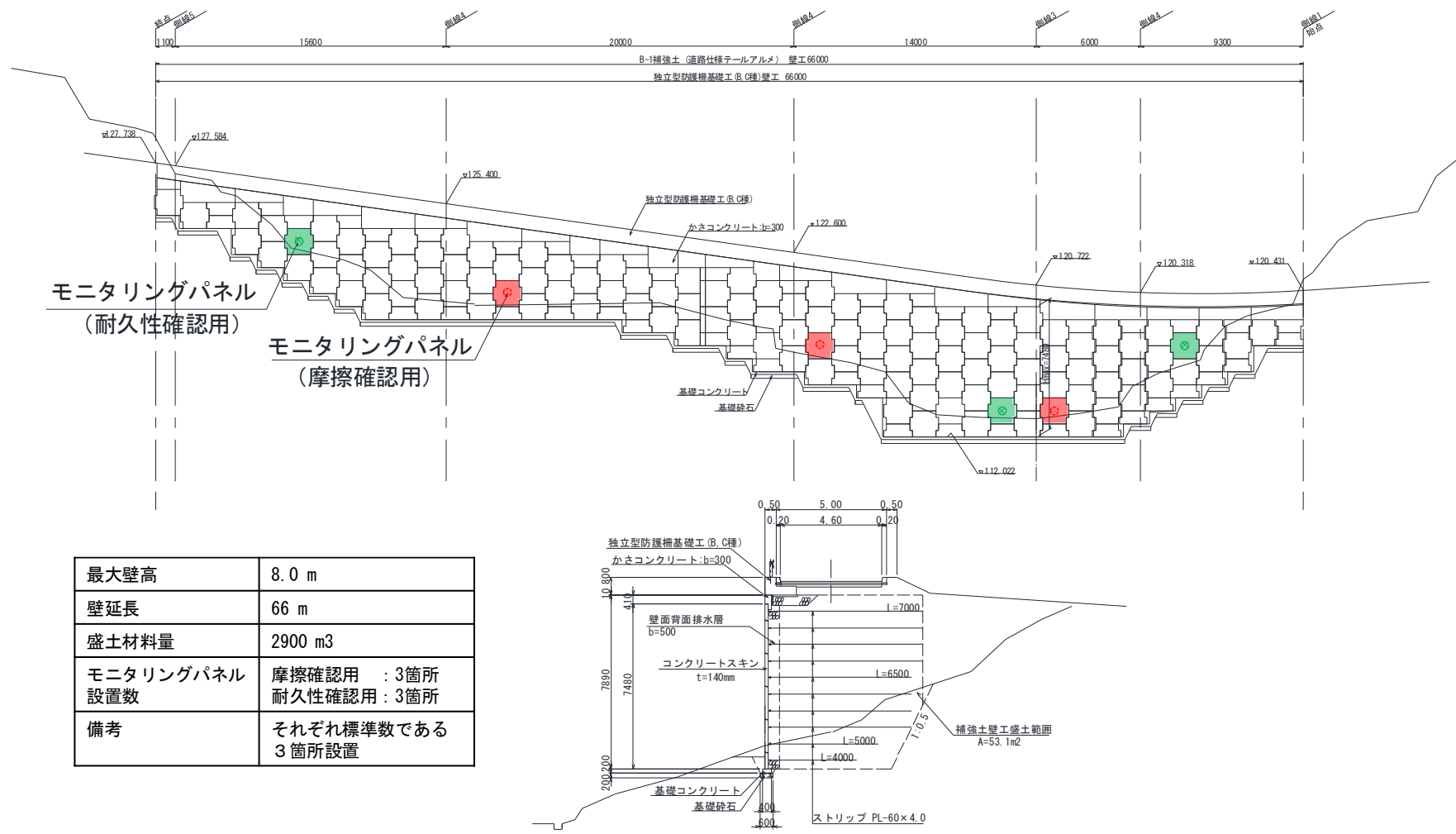
壁面屈曲部（コーナー部材付近等）は、補助ストリップが敷設され、補強材密度が多いため、試験ストリップに上載荷重が十分に伝わらない懸念があり、引抜抵抗力を過小評価する可能性があることから好ましくない。また、隣接構造物やカルバート等の構造物近接部も、構造物の壁面摩擦などの影響が考えられるため、避けることが望ましい。

通常、試験ストリップは2.0m（有効抵抗長1.0m）以上であることが望ましいが、土被りが深い位置に設置する場合、盛土材料の重量によっては、その長さの試験ストリップを設置できない場合がある（ストリップの降伏が先行する）。その場合は、測定結果の精度が低くなることを考慮する必要がある。

3.7. 配置計画の例

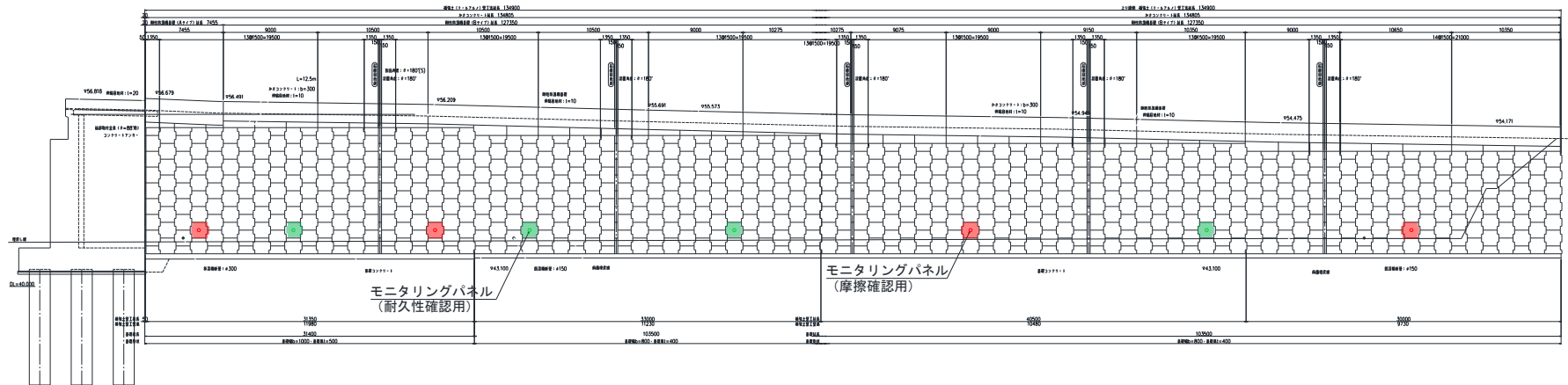
モニタリングパネルの配置例を以下に示す。各ケースの配置の考え方を表-3に示す。

技術資料：モニタリングパネル活用の手引き



最大壁高	8.0 m
壁延長	66 m
盛土材料量	2900 m ³
モニタリングパネル設置数	摩擦確認用 : 3箇所 耐久性確認用 : 3箇所
備考	それぞれ標準数である 3箇所設置

図-9 モニタリングパネルの配置例 (ケース1)



最大壁高	13.6 m
壁延長	135 m
盛土材料量	18000 m ³
モニタリングパネル設置数	摩擦確認用：4箇所 耐久性確認用：4箇所
備考	5000m ³ に1箇所以上として、それぞれ4箇所設置

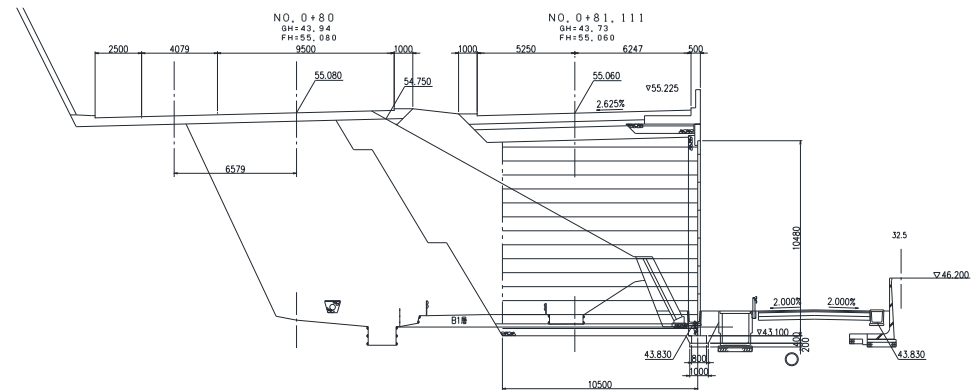


図-10 モニタリングパネルの配置例（ケース2）

技術資料：モニタリングパネル活用の手引き

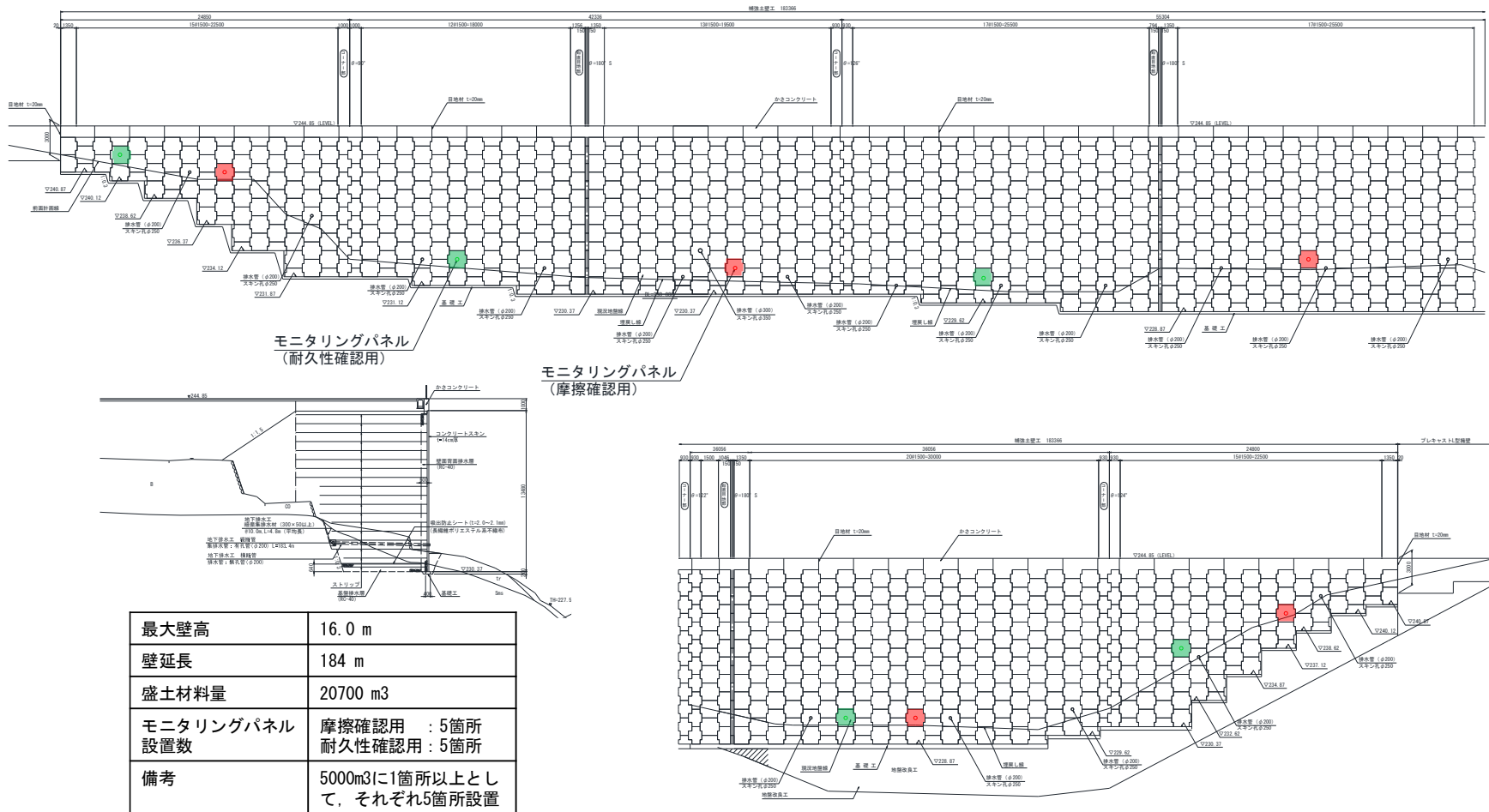


図-11 モニタリングパネルの配置例（ケース3）

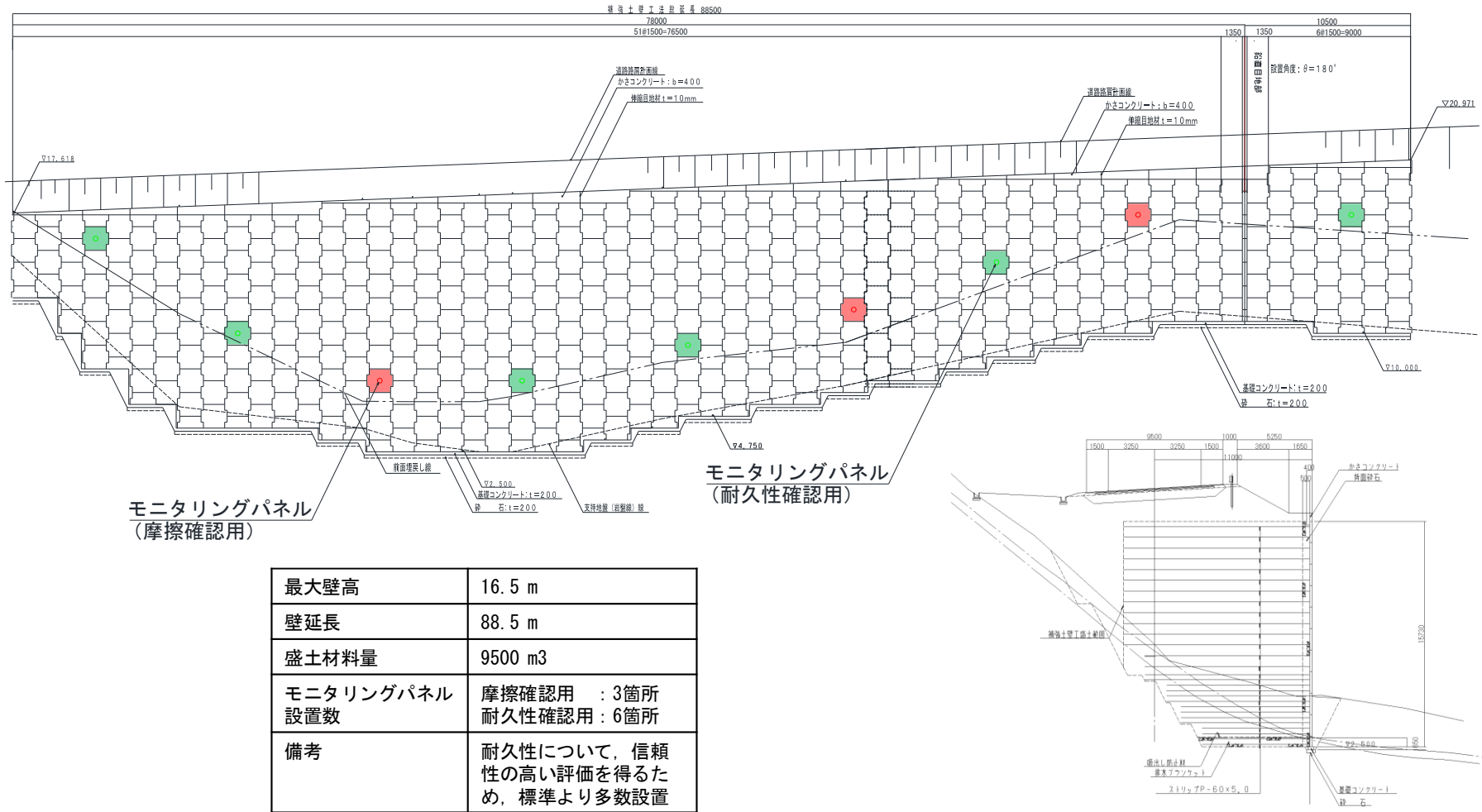


図-12 モニタリングパネルの配置例（ケース4）

表-3 配置の考え方

ケース	考え方
ケース 1	<p>設置数は 1 施設につき 3 箇所以上として、摩擦確認用と耐久性確認用をそれぞれ 3 箇所とした。</p> <p>最もレベルの低い位置は壁高が高く、水位上昇の懸念があるため、摩擦確認用および耐久性確認用をそれぞれ近傍に配置した。他については、延長方向および高さ方向に均等分散させるように位置決めをし、壁両端部の地盤が傾斜した箇所は作業がしにくいことを考慮し、摩擦確認に比べ作業が容易な耐久性確認用を配置した。</p>
ケース 2	<p>設置数は、盛土材 5000m³ に 1 箇所以上の頻度とするため、摩擦確認用および耐久性確認用をそれぞれ 4 箇所とした。最も壁高の高い橋台近傍を優先して、摩擦確認用と耐久性確認用をそれぞれ配置した後、延長方向に均等に分散させた箇所を設置箇所とした。摩擦確認用は土被りに応じた摩擦特性を確認するため、可能な限り土被りに差が出る配置とした。</p>
ケース 3	<p>設置数は、盛土材 5000m³ に 1 箇所以上の頻度とするため、摩擦確認用および耐久性確認用をそれぞれ 4 箇所とした。</p> <p>壁高が最も高い位置のみ摩擦確認用と耐久性確認用を近傍に配置し、その他については、延長方向、高さ方向に分散させるように交互に配置した。</p>
ケース 4	<p>摩擦確認用の設置数は、1 施設につき 3 箇所以上として 3 箇所とし、耐久性確認用は、集水地形につき高含水率化が懸念されたことから、信頼性の高い腐食速度を得るため、設置数を 6 箇所（1 箇所につき、2 サンプル設置で計 12 サンプル）とした。</p> <p>最も壁高が高い位置に、摩擦確認用と耐久性確認用をそれぞれ配置し、摩擦確認用は土被りに差をつけるため、壁高が低い位置およびその中間に配置した。耐久性確認用はその他の位置に分散して配置した。</p>

4. モニタリングパネルの設置

所定の箇所にモニタリングパネルを設置する。コンクリートスキンの建て込みは従来のスキンと同様の手順で行い、コンクリートスキンの裏に保護管（塩ビ管等）および試験ストリップを敷設する。この際、防砂材を用いて保護管の後端（開口）部や、保護管とコンクリートスキンの境界等から盛土材料の漏出を防止しなければならない。詳細な施工手順については、メーカー各社による施工要領書等を参照されたい。

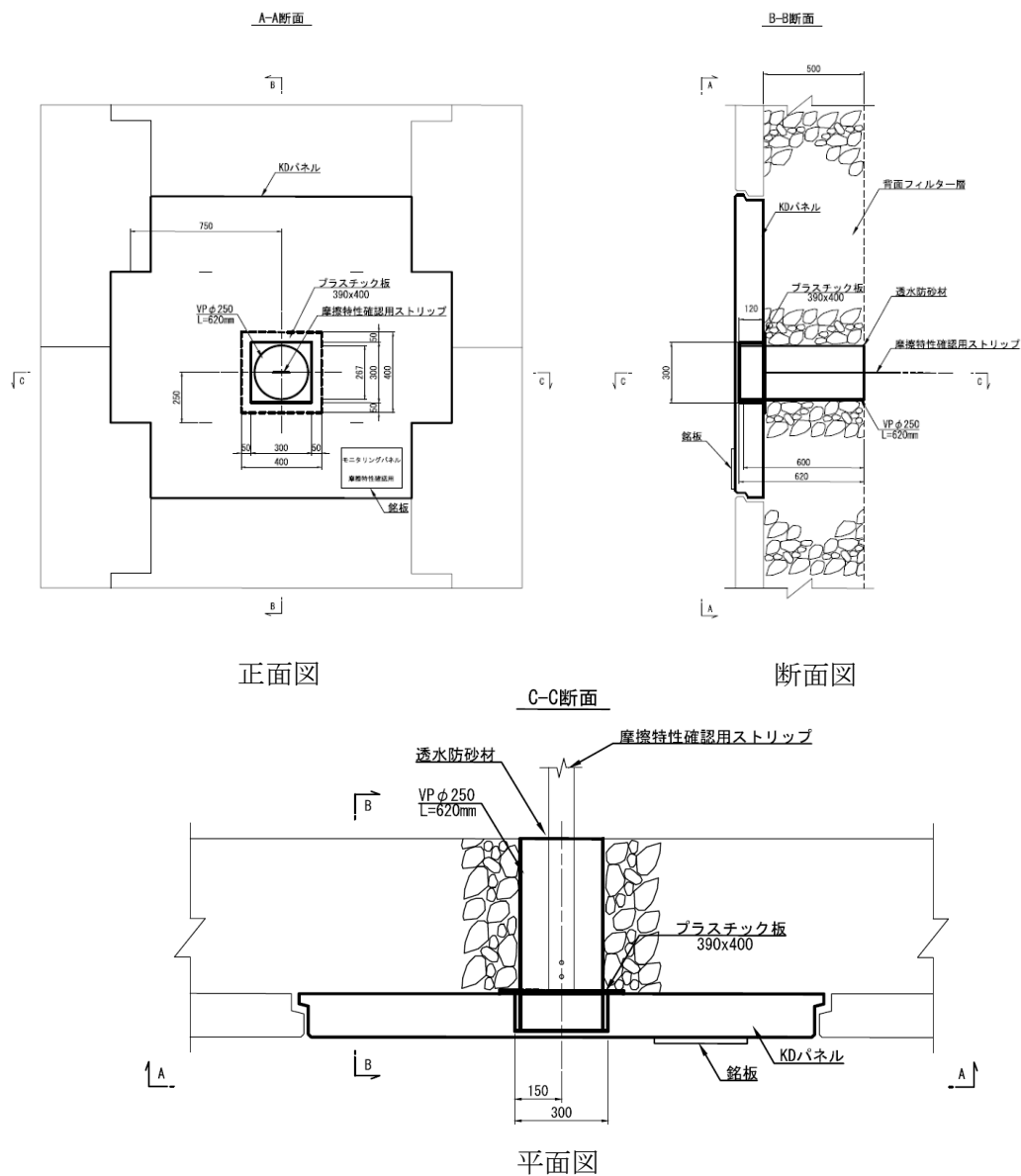


図-13 モニタリングパネルの設置例

5. 試験ストリップの引抜き試験

5.1. 試験の流れ

試験片の調査の流れを以下に示す。

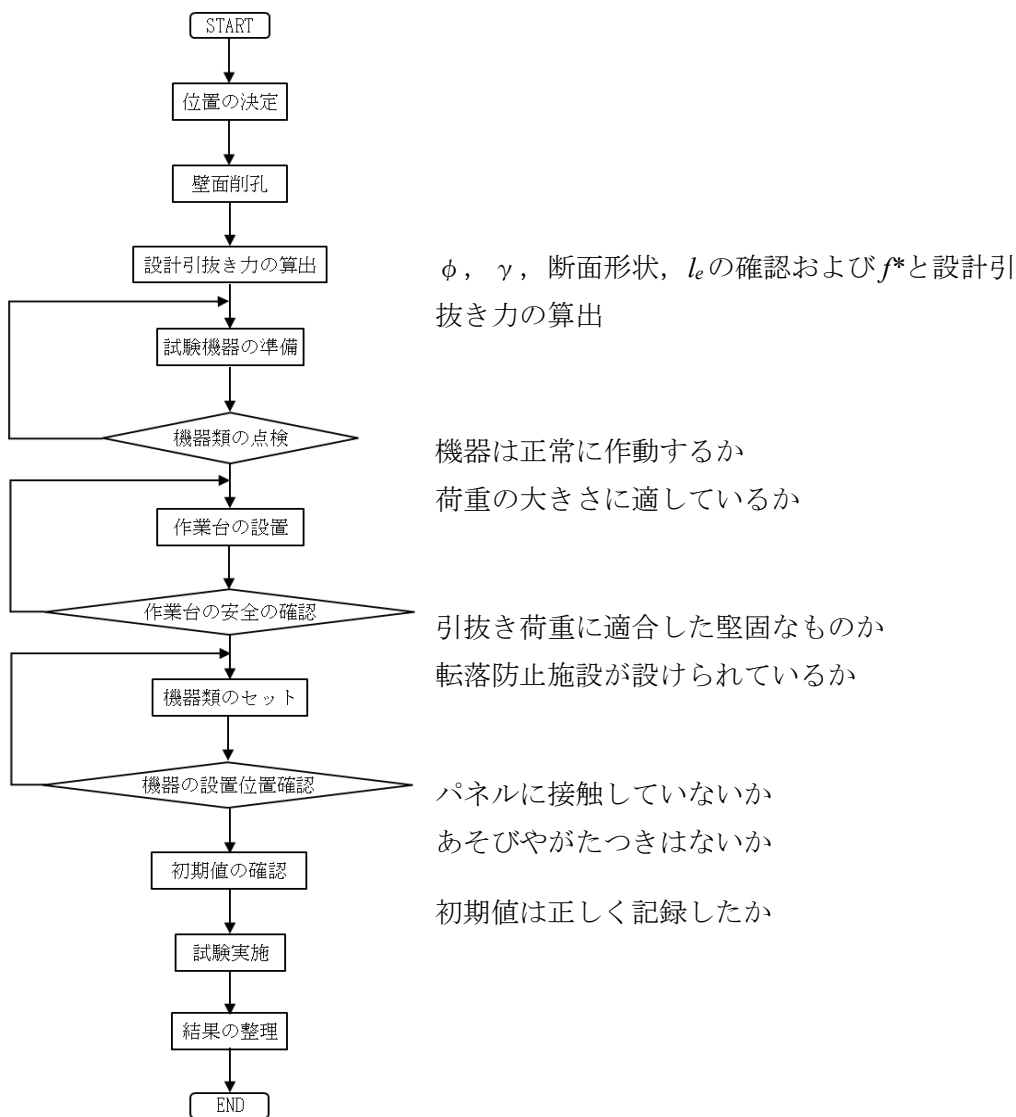


図-14 引抜き試験の手順

5.2. 設計引抜き力の算出

引抜き試験において用いる試験目標値は、ボルト孔などの断面欠損を考慮したストリップの降伏応力を上限とし、土被りから逆算される『設計引抜き力』を目標値に設定する。

(1) ストリップの設計引抜き力の逆算

ストリップの設計引抜き抵抗力の逆算は、実際に用いられたストリップ材料のもつ摩擦係数から実際の土被りより逆算を行う。逆算にあたっては、『補強土(テールアルメ) 壁工法設計・施工マニュアル第4回改訂版』(以下、『マニュアル』と呼ぶ)に示された関係式の変形式より逆算を行う。

算定式は、マニュアル p.134(2)に示された各ストリップ材料の見かけの摩擦係数算定式を変形して用いる。マニュアル p.136 式(5.1.7)『リブ付きストリップの場合』の算定式を変形させた式を用い逆算する。以下の例は、盛土材料区分の〔A〕材料を想定するものとする。

$$\begin{aligned}
 f_i^* &= f_0^* \left(1 - \frac{Z}{Z_0}\right) + \tan \phi_1 \cdot \frac{Z}{Z_0} && Z \leq Z_0 = 6.0\text{m のとき} \\
 f_i^* &= \tan \phi_1 && Z > Z_0 = 6.0\text{m のとき}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} f_i^* &= f_0^* \left(1 - \frac{Z}{Z_0}\right) + \tan \phi_1 \cdot \frac{Z}{Z_0} \\ f_i^* &= \tan \phi_1 \end{aligned}} \right\} \dots \dots (1)$$

ここに、 f_i^* ：着目するストリップ(i 段目)の見かけの摩擦係数

$$f_0^* = 1.50$$

ϕ_1 ：〔A〕材が適用され、所定の締固め度で盛り立てたとき

$\phi_1 = 36^\circ$ とする。したがって $\tan \phi_1 = 0.726$

Z ：仮想壁高上端よりストリップまでの深さ(m)

Z_0 ：仮想壁高上端より摩擦係数変化点までの深さ $Z_0 = 6.0\text{m}$

式(1)より1本のストリップが有する摩擦抵抗力は、式(2)で示される。

$$S_i = 2 \cdot f_i^* \cdot \sigma_v \cdot b \cdot l_e \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 S_i ：着目するストリップ(i 段目)の摩擦抵抗力

f_i^* ：式(1)に同じ

σ_v ：着目するストリップに作用する鉛直応力

$$\sigma_v = \gamma \cdot h + q$$

γ ：盛土材料の単位体積重量(kN/m^3)

h ：補強土壁の壁高の上端から着目するストリップまでの深さ(m)

q ：上載盛土あるいはサーチャージによる鉛直荷重(kN/m^2)

b ：ストリップの幅(m)

l_e ：摩擦抵抗力に対して有効と見なすストリップ長さ(m)

引抜き試験によって、ストリップの引抜き力 P が測定されれば、式(2)の S_i を P と置き換えることにより、 f^* を逆算することが可能である。

このときの f^* を実験(experiment)による見かけの摩擦係数 f_E^* とすると、式(3)に示すとおりとなる。

$$f_E^* = \frac{P_{\max.}}{2 \cdot \sigma_v \cdot b \cdot l_e} \dots\dots\dots (3)$$

したがって、 f_E^* は次の三要素が判れば算出できることになる。

- a) ストリップの引抜き力 $P(\text{kN/m}^2)$
- b) 着目する断面(引抜き試験を実施する補強土壁の断面形状)から定まる仮想壁高 $H(\text{m})$ 、ストリップの埋設深さ $Z(\text{m})$ 、および上載荷重の大きさ $q(\text{kN/m}^2)$
- c) ストリップの有効長 $l_e(\text{m})$

【引抜き試験用ストリップの見かけの摩擦係数 f^* の算出】

式(1)より本試験における見かけの摩擦係数の目標値を算出する。

$$f^* = f_0^* \left(1 - \frac{Z}{Z_0}\right) + \tan \phi_1 \cdot \frac{Z}{Z_0} \quad (Z \leq Z_0 = 6.0\text{m}) \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

【引抜き試験用ストリップの見かけの摩擦抵抗力 S の算出】

式(2)より本試験における引抜き力の目標値を算出する。

$$S = 2 \cdot f^* \cdot \sigma_v \cdot b \cdot l_e = 2 \cdot f^* \cdot \gamma \cdot Z \cdot b \cdot l_e \dots\dots\dots \text{式(2)}$$

(2) ストリップの降伏応力の算出

本調査の試験対象は本設のストリップであることから、有効引抜き抵抗長 l_e が長くなり、引抜き荷重載荷中にストリップの持つ降伏強度を上回る可能性が考えられる。引抜き試験の引抜き荷重がストリップの降伏強度を超えた場合、引抜き変位量の計測値が引抜きによるものか、鋼材の伸びによるものか判定が困難となり、試験目的が得られない状況となる。したがって、鋼材の断面欠損と降伏強度から求まる引抜き力を上限値とする。

(3) 試験目標値の決定

試験目標値は、「(1) ストリップの設計引抜き力の逆算」で算出した値が「(2) ストリップの降伏応力の算出」で算出した値を超えないことを確認し、試験目標値として採用する。

5.3. 機器設置

壁面材の削孔後、ストリップの引抜き試験を行う。試験機器の設置手順を以下に示す。試験機器の設置例を図-14に示す。

- ① 削孔により露出させたストリップにガセットプレートを取り付ける。狭窄部での作業のため、ボルト・ナットの取り付け作業はラチェット等で行う。
- ② ストリップ周辺にかかるジャッキの圧力を分散させ、また壁表面の傷防止のため、鋼板製の反力架台を壁面材にあてがう。反力板にはストリップを通すためのスリットが開けられている。
- ③ ガセットプレートとカップラーをボルトにより接続する。この時、引抜き量を測定するためのアタッチメント（ダイヤルゲージ当て板）も一緒に取り付ける。
- ④ 反力板の前面にラムチェアーをあてがう。
- ⑤ センターホールジャッキをカップラーに通し、ボルトで固定する。この時、偏心やジャッキとラムチェアーとの間にあそびや、ストリップと反力板が接触していないか十分に注意する。
- ⑥ マグネットスタンドを使用してストリップの引抜き量を測定するダイヤルゲージを固定する。この時、ダイヤルゲージの先端がアタッチメントに垂直に接触するように調整する。

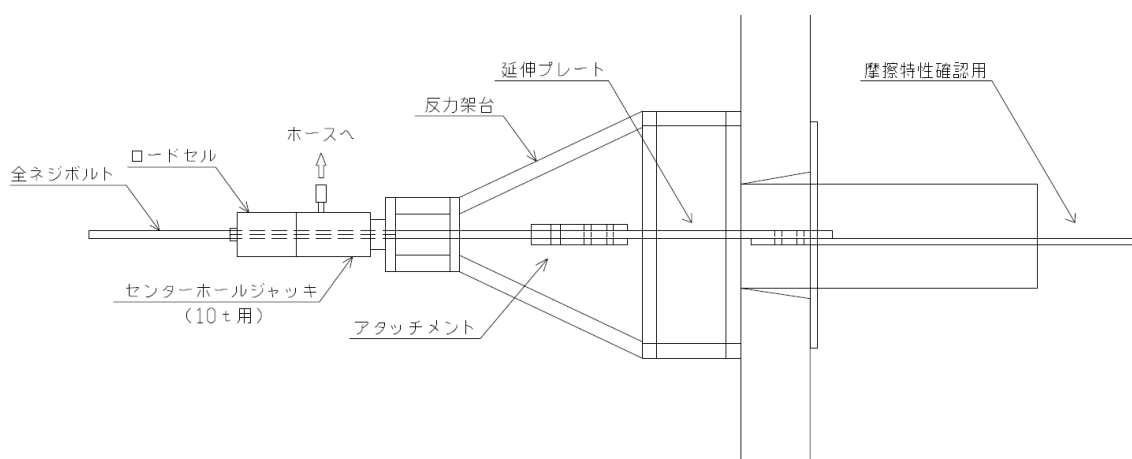


図-15 試験装置の設置例

5.4. 載荷方法

コンクリートパネル背面から本体ストリップ先端までの距離と、本体ストリップ上の土被りを計測し、引抜き力の補正を行う。

- ① 試験機器の設置・試験機材の緩み等を再確認する。
- ② 若干油圧をかけて計測器のゼロ補正を行い、初期値を記録する。
- ③ ストリップの引抜きを開始する。
ストリップの引抜き速度が1分間に1mm以内の緩速となるよう、概ね25～30回/分程度で圧力を与えることとする。
- ④ 引抜き量と引抜き力（または圧力）の関係を記録する。
基本的には引抜き量1.00mm毎に荷重計の数値を読み取り記録するが、ストリップ長が長いなど摩擦抵抗が大きい場合には、荷重の増加に対して引抜き量が小さくなることもある。そのような場合、荷重計の値毎に引抜き量を記録することもある。
- ⑤ 引抜き力が設計値を超えたら載荷を止め、荷重計ならびに引抜き量の読みを記録する。

5.5. 試験結果の整理

ストリップの引抜き試験および盛土内部調査の結果および作業状況写真をとりまとめ、報告書を作成する。ストリップの引抜き試験については、表2に示すデータシートを用いて荷重計の値を記録、結果をグラフ化（図7）し整理する。

表2 ストリップの引抜き試験データシート

引抜き量 (mm)	引抜き力 (kN)	引抜き量 (mm)	引抜き力 (kN)	引抜き量 (mm)	引抜き力 (kN)	引抜き量 (mm)	引抜き力 (kN)
0		10		20		30	
1		11		21		31	
2		12		22		32	
3		13		23		33	
4		14		24		34	
5		15		25		35	
6		16		26		36	
7		17		27		37	
8		18		28		38	
9		19		29		39	

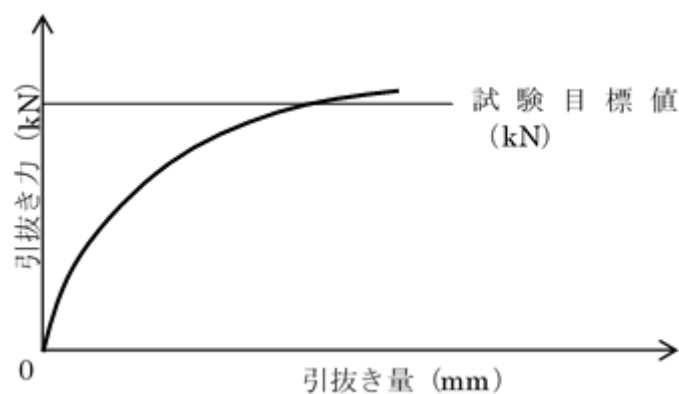


図7 引抜き試験の結果(例)

5.6. 試験結果の評価

引抜き試験で得られた試験結果が、目標値以上の引抜き力が確認できれば、施工されたテールアルメ壁が内的安定の引抜けに対して、安定しているものと判断できる。本試験のほか、詳細調査で得られた試験結果や、目視点検による現地調査の結果等、総合的に判断し補強土壁の健全性を評価する。

6. 試験ストリップの腐食調査

6.1. 調査の流れ

試験ストリップの腐食調査の流れを以下に示す。

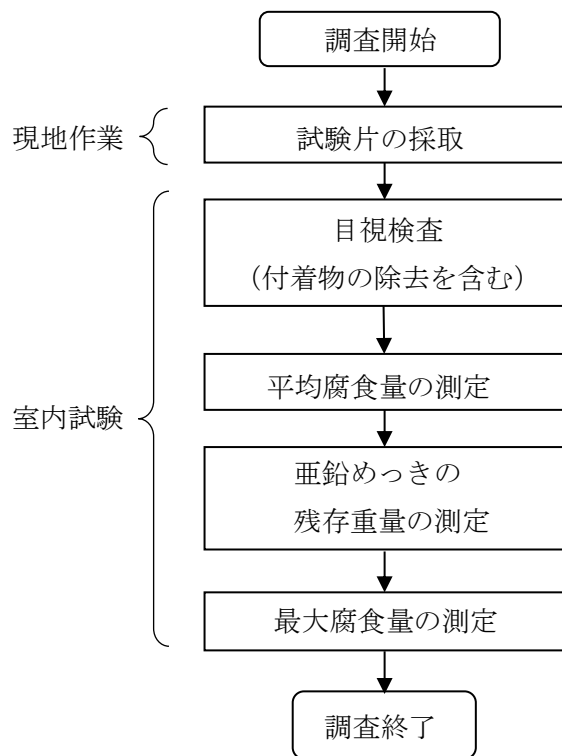


図-16 試験ストリップの腐食調査の流れ

6.2. 試験ストリップの採取

モニタリングパネルを開口させ、専用の引抜き治具を用い、試験ストリップを引き抜く。壁面前には凡そ 1.5m 程の作業スペースが必要である。

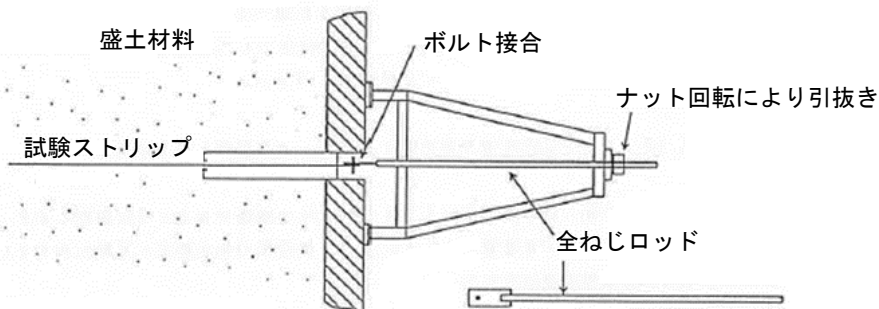


図-17 試験ストリップの採取方法の例

6.3. 目視検査

目視検査では，付着物の除去を行う前後の各部位の状態写真を撮影し，付着物除去後における，腐食の度合い，腐食範囲，孔食や局所的な凹みの有無，位置等を測定し，記録する。

【目視検査項目】

- ・ 両面における腐食範囲（軽微，重度等の度合いに対して，表面の%等で評価）
- ・ 孔食や凹みの箇所，大きさや深さ

【付着物の除去作業の手順】

亜鉛めっき鋼（通常）：

- ・ ワイヤブラシ等で表面を清掃する（この際，必要なら分析用のスケールを採取する）
- ・ 25℃で酢酸アンモニウムを飽和させた水溶液(148.3g/100ml)に15分浸漬させる（水は必ずイオン交換樹脂等により塩類除去した浄水を使用する）
- ・ ワイヤブラシ等で表面を清掃する
- ・ 熱湯を注いだ後，冷水で濯ぐ
- ・ 付着物が除去しきれない場合は，上記手順を繰り返し行う
- ・ アセトン等で表面を清掃する
- ・ 熱風（50℃程度）にて乾燥させる。

黒皮：

- ・ ワイヤブラシで表面を清掃する（この際，必要なら分析用のスケールを採取する）
- ・ 100mg/L，75℃のクロム酸溶液に35分間浸漬させる（水は必ずイオン交換樹脂等により塩類除去した浄水を使用する）
- ・ ワイヤブラシで表面を清掃する
- ・ 付着物が除去しきれない場合は，上記手順を繰り返し行う
- ・ アセトン等で表面を清掃する
- ・ 熱風（50℃程度）にて乾燥させる

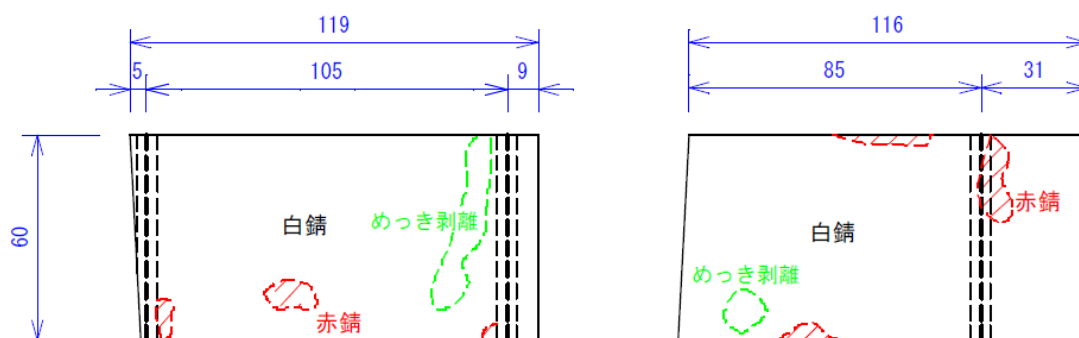


図-18 目視検査の記録の例

6.4. 平均腐食量の測定

付着物を除去した試験片の重量を測定し、初期重量からの差から、試験片全体における平均的な板厚の損失量を算出する。この腐食量は直接的にストリップの残留強度の評価には用いないが、腐食進行の推移や分布などの傾向を把握するのに有用である。

亜鉛めっき重量：

$$W_{z0} = e_{z0} \cdot S \cdot \rho_z$$

鋼材重量の初期値：

$$W_{a0} = W_0 - W_{z0}$$

板厚の初期値：

$$e_{a0} = \left(\frac{W_{a0}}{L \cdot b \cdot \rho_a} - \frac{A_{rib} \cdot n}{L} \right)$$

平均腐食減量（両面）：

$$\Delta e_a = \frac{W_{a0} - W_1}{W_{a0}} \cdot \frac{L}{L - L_e} \cdot e_{a0}$$

ここに、

W_{a0} : 試験片の鋼材の重量 (g)

W_0 : 初期の試験片重量 (g)

W_{z0} : 亜鉛めっき重量 (g)

W_1 : 調査時の試験片重量 (g)

L : 試験片長さ（初期の平均値） (mm)

L_e : 塩ビ管内など非腐食部の試験片長さ (mm)

ρ_z : 亜鉛の単位質量 7.2g/cm³

ρ_a : 鉄の単位質量 7.85g/cm³

e_{z0} : 初期の亜鉛めっき厚

S : 試験片の表面積 (mm²)

$$S = 2 \cdot (b + a) \cdot (L + l_{rib} \cdot n)$$

b : 試験片の幅（平均値） (mm)

a : 試験片の厚さ（平均値） (mm)

n : リブの数

l_{rib} : リブ部の換算長さ 1.25mm

A_{rib} : リブ部の断面積 9.0mm²

6.5. 亜鉛めっきの残存量の測定

試験片を土中に埋設されている範囲を切り出した供試体に、JIS H 0401「溶融亜鉛めっき試験方法」に基づき、亜鉛めっき厚を算出する。

6.5.1. 重量法による方法

重量法（間接法）における測定手順を以下に示す。

【試験片の切り出しによる供試体の作成】

- ・ 試験片を土中に埋設されている範囲（通常 500mm）を切断し、供試体とする（試験設備によってはさらに分割が必要な場合がある）
- ・ 供試体の幅を、5 か所以上測定し、平均値を算出する
- ・ 供試体の長さを、3 か所以上測定し、平均値を算出する
- ・ 供試体の厚みを、5 か所以上測定し、平均値を算出する
- ・ 表面積は実測値を元に、以下の式を用いて算出する。

$$S = 2 \cdot (b + a) \cdot (L + l_{rib} \cdot n)$$

ここに、

S : 表面積 (mm²)

b : 供試体の幅 (mm)

a : 供試体の厚さ (mm)

L : 供試体の長さ (mm)

n : リブの数

l_{rib} : リブ部の換算長さ（表面積／幅） 1.25mm

【亜鉛めっきの残存重量の測定】

- ・ 供試体の重量を測定する
- ・ ヘキサメチレンテトラミン 3.5 g を、密度 1.18 g/cm³ [35 %（質量分率）HCl] 以上の塩酸 500 mL に溶かし、その溶液を水で 1 L に希釈し、試験溶液を作成する
- ・ 供試体を試験溶液に浸漬させる（水溶液の量は少なくとも表面積 1cm² に付き 1ml 以上とし、温度は 38℃未満にする）
- ・ 水素の盛んな発生が止まる（発生する気泡が 2, 3 つ程度になる）ことを確認し、供試体を試験溶液から取り出す
- ・ 供試体を水で濯ぎ、必要なら綿布やブラシ等で、表面を清掃する
- ・ 必要に応じてアセトン等で表面を清掃する
- ・ 十分に乾燥させた後、供試体の重量を測定する。
- ・ 下記の式にて、重量差からめっき厚を算出する

残存亜鉛めっき厚（片面）：

$$e_{zn} = \frac{W_1 - W_2}{S \cdot \rho_{zn}}$$

ここに、

- e_{zn} ：残存亜鉛めっき厚（ μm ）
- W_1 ：亜鉛めっき除去前重量（g）
- W_2 ：亜鉛めっき除去後重量（g）
- S ：表面積（ mm^2 ）
- ρ_{zn} ：亜鉛の単位質量 7.2g/cm³

亜鉛めっきの腐食減量（片面）：

$$\Delta e_z = \frac{S}{S - S_e} (e_{z0} - e_{zn})$$

ここに、

- Δe_z ：残存亜鉛めっき厚（ μm ）
- S ：試験片の表面積（ mm^2 ）
- S_e ：ナット等が重なっている部分の面積（ mm^2 ）
- e_{z0} ：初期の亜鉛めっき厚（ μm ）
- e_{zn} ：調査による亜鉛めっき厚（ μm ）

6.5.2. 膜厚計による方法

磁力式測定装置等を用いて試験片の亜鉛めっき厚さを測定する。測定箇所は、端部およびリブ部の淵から 10 mm 以内の部分を除き、1 断面あたり片面で 3 箇所以上、両面で 1 断面あたり 6 箇所以上測定する。長さあたりには、50～200mm の間隔で長さ方向に 5 断面以上測定する。

測定値の記録は、測定箇所毎に、壁面からの距離および上下面が把握できるように記録する。耐久性の評価には主に平均値を使用するが、腐食の分布や傾向を把握することが、評価の判断材料になり得る。

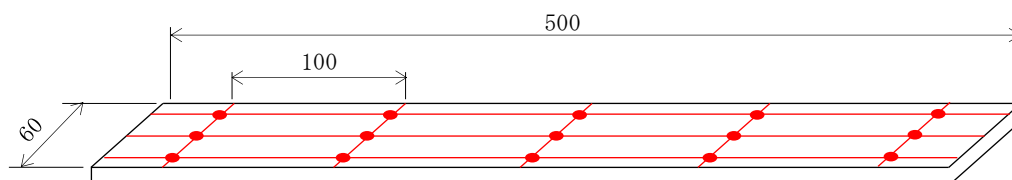


図-19 測定箇所の例

6.6. 最大腐食量の測定

試験片の残留強度を評価するため、以下に示す各方法で試験片の最小断面における腐食減量を測定する。

6.6.1. 引張試験による方法

試験片の引張試験を実施し、測定された破断荷重を初期の破断荷重で除した強度低下率が、最大断面欠損率と同等とみなして腐食減量を算出する。初期の試験片の破断強度は、製造ロットにより異なるため、同ロットのストリップにおける初期の破断強度が明確である必要がある。塩ビ管内の試験片の腐食の程度が小さい（全面にわたって亜鉛めっきが残存する）場合は、この範囲の試験片を切り出し、引張試験を実施することで、初期強度を得ることができる。

試験片の切り出しは、目視検査から腐食の度合いが大きい箇所を含むように、30cm～60cm程度の長さに切断し、供試体とする。この際、供試体の両端部は腐食の程度が小さい範囲となるように範囲を選定するが、それができない（両端部の腐食が激しい）場合は、平板を溶接により連結、あるいは、添接板を溶接し、引張試験装置のチャック部分が破断箇所とならないよう措置をする（この時、溶接部近傍は熱による残留応力の影響で、強度が低下する可能性もあることを考慮し、十分な補強を行う）。

【測定項目】

- ・ 降伏荷重（腐食状況により明確に確認されない場合がある）
- ・ 破断荷重
- ・ 伸び率（降伏時，破断時）

最大腐食減量（両面）：

$$\Delta e_a = \left(1 - \frac{T_1}{T_0}\right) \cdot e_{a0}$$

ここに、

Δe_z ：最大腐食減量（両面）

T_0 ：初期の破断強度 (kN)

T_1 ：調査時の破断強度 (kN)

e_{a0} ：初期の鋼材厚み (mm)

6.6.2. 板厚測定による方法

供試体の板厚をマイクロメーター，あるいは，超音波式の板厚計等を用いて測定し，最小断面積を初期の断面積の差から最大腐食量を算出する。実施にあたっては初期の板厚が明確である必要がある。初期の板厚が不明な場合は，上下面ともに亜鉛めっきが残存している箇所の板厚を5点以上測定し，平均厚さを使用する。

測定箇所は，腐食度合いが大きい断面を含むように長さ方向の位置を複数選定し，幅方向に5mm間隔以内で測定する。

最大腐食減量（両面）：

$$\Delta e_a = \left(1 - \frac{A_1}{A_0}\right) \cdot e_{a0}$$

ここに，

Δe_z ：最大腐食減量（両面）（ μm ）

e_{a0} ：初期の鋼材厚み（mm）

A_0 ：初期の断面積（ mm^2 ）

A_1 ：調査時における最小断面積（ mm^2 ）

6.6.3. 重量法による方法

試験片の腐食度合いが大きい箇所を，一定の長さに切断したものを供試体とし，長さ当りの重量を測定し，初期重量からの差から，最大腐食量を算出する。切り出す供試体の長さは，短いほど，最大腐食量を把握する観点からは適するが，より精度の高い寸法，重量測定が必要になる。

この方法は，切断した供試体の平均値を求めることになるため，最大腐食減量を過小評価することに留意する。他の試験結果と比較評価する際には，供試体長さに応じた補正値を乗じる等の対応が望ましい。

6.7. 腐食量の評価

(1) 評価区分

腐食に伴う健全性の評価は，腐食の範囲や傾向，速度などに加え，構造物の地形条件等を考慮した上で総合的に判断する必要があるが，試験片の腐食の進行性が想定内か否かが大きな判断材料となる。試験片の調査によって得られた腐食量を，設計上想定している腐食量と比較することで，調査時点の腐食量の進行性を評価する。これは，腐食量を下図の対数グラフにプロットすることで確認を容易にできる。

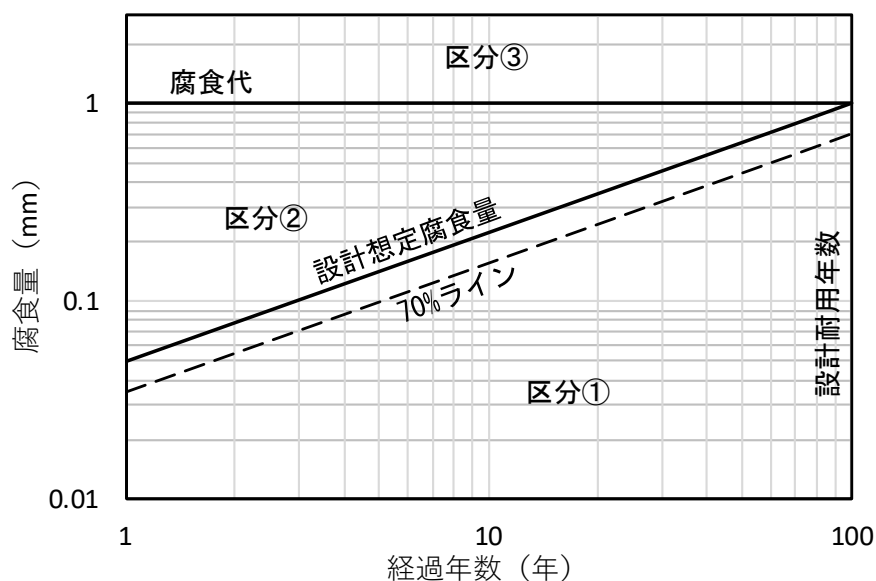


図-20 腐食量のプロット図の例

各区分における評価の考え方を以下に示す。

区分①：設計想定以内

区分①は腐食の進行が設計上の想定より小さいことを示す。耐用年数に達するまで，許容値以内で進行することが期待できる。ただし，平均的に設計想定値の70%以上である場合は，腐食速度のばらつきにより設計想定値を上回るストリップが存在するリスクが増加するため，次回調査を10年後に行うなど調査間隔を短くすることや，追加調査を行い調査サンプル数の増加を図るなどの対応を取ることが望ましい。

区分②：設計想定以上，許容値未満

区分②は，腐食が想定以上に進行しており，現時点では腐食代以内であるが，耐用年数以内に腐食代を超える可能性が高いことを示す。耐用年数内に何らかの措置が必要になる可能性が高く，腐食進行の原因および構造物全体としての健全性を明らかにするための詳細調査を実施することが望ましい。

区分③：許容値以上

区分③は、腐食量が腐食代を超えていることを示す。必要な耐力を満足しない可能性があり、直ちに詳細調査と措置が必要である。

(2) 設計耐用年数および腐食代

当該構造物の設計図書等から設計耐用年数および腐食代を確認する。

一般的に設定される耐用年数に応じた腐食代を下表に示す。

表 4 一般的に設定される腐食代

種類	腐食環境	耐用年数		
		30年	70年	100年
亜鉛めっき有り (70 μm 以上)	水の影響なし(不飽和土)	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm
	淡水の影響あり	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm

(3) 設計想定腐食量

土中に埋設される鋼材の腐食量については、経年的に腐食速度が低下することが知られており、その推移の近似には指数関数が一般に用いられる。ストリップの腐食代の設計も指数関数に基づいており、下式を用いる。

$$P(t) = A \cdot t^n$$

ここに、

P(t) : t 時点における腐食量(mm)

t : 時間(年)

A : 腐食速度に依存する定数 (初期の腐食速度)

n : 腐食速度に依存する定数 (腐食速度の経年的な低下度合い)

n の値は不飽和土中において 0.65、淡水に浸水する環境において 0.60 とする。A の値は、耐用年数経過時の腐食量が腐食代と等しくなる値を逆算し求める。例えば、腐食代 1mm、耐用年数 70 年、不飽和土中 (n=0.65) において、A=63.2 μm となる。

7. 盛土材料の土質調査

7.1. 土質試験

盛土材料の土質試験は主に変状の要因分析のために実施される。実施が考えられる土質試験の例を下表に示す。

表-5 土質試験の例

試験項目	規格	得られる指標	懸念される変状要因
土粒子密度試験	JIS A 1202	土粒子密度	全般
含水比試験	JIS A 1203	含水比	全般
粒度試験	JIS A 1204	粒径加積曲線, 均等係数, 曲率係数	全般
突き固め試験	JIS A 1210	最適含水比	摩擦特性の低下
透水試験	JIS A 1218	透水係数	残留水圧
細粒分含有率試験	JIS A 1223	細粒分含有率	残留水圧, 摩擦特性の低下
湿潤密度試験	JIS A 1225	湿潤密度 (飽和度)	残留水圧, 摩擦特性の低下
凍上試験	JGS 0172	凍上速度	凍上
pH 測定試験	JGS 0211	pH	腐食
比抵抗試験	JGS 0211	比抵抗 (電気伝導率)	腐食
塩化物イオン溶出試験	JGS 0241	塩化物イオン濃度	腐食
硫化物イオン溶出試験	JGS 0241	硫化物イオン濃度	腐食
三軸圧縮試験 (CU 試験)	JGS 0524	内部摩擦係数, 粘着力	摩擦特性の低下
スレーキング試験	NEXCO 試験法 110	スレーキング率	スレーキング

7.2. 試験結果の評価

(1) 土粒子の密度 ρ_s

土粒子の密度とは、土の固体部分を構成する土粒子群および有機物の単位体積当たりの平均質量である。一般的に無機質の砂質土および粘性土の ρ_s は $2.5\sim 2.8\text{g/cm}^3$ の範囲を示すことが多い。一方で、密度の高い砂鉄等の鉱物を含んでいる場合には、 ρ_s は 2.8g/cm^3 よりも高い値を示し、黒ぼく等の有機物を含んだ場合には、 2.5g/cm^3 よりも低い値を示す(表-6)。密度の値自体にテールアルメとしての適性範囲はないが、土質を判断する場合の一つの情報になり得る。

表-6 主な鉱物と土粒子の密度の例

鉱物名	密度 ρ_s (g/cm ³)	土質名	密度
石英	2.6~2.7	豊浦砂	2.64
長石	2.5~2.8	沖積砂質土	2.6~2.8
雲母	2.7~3.2	沖積粘性土	2.50~2.75
角閃石	2.9~3.5	洪積砂質土	2.6~2.8
輝石	2.8~3.7	洪積粘性土	2.50~2.75
磁鉄鉱	5.1~5.2	泥炭(ビート)	1.4~2.3
クロライト	2.6~3.0	関東ローム	2.7~3.0
イライト	2.6~2.7	まさ土	2.6~2.8
カオリナイト	2.5~2.7	しらす	1.8~2.4
モンモリロナイ	2.0~2.4	黒ぼく	2.3~2.6

「出典：土質試験の方法と解説(2000年地盤工学会)」

(2) 自然含水比 W_n

自然含水比とは、土中水の質量の土の乾燥質量に対する比を百分率で表したものである。 W_n は粒度組成と密接な関係があり、一般に砂分が多いほど W_n が低く、逆に細粒分が多いほど高い値を示す。含水比は、土が飽和状態のとき土粒子の密度が決まれば間隙比、湿潤密度などと良い相関があることが知られているほか、圧縮指数(Cc)や一軸圧縮強さ(q_u)との相関性も報告されており、土の工学的性質に大きく影響する。含水比の一般値を表-7に示す。一般的な値と比較することで、細粒分含有率の高い盛土材の可能性や、飽和化による盛土材強度の低減などの評価に活用できる。

表-7 含水比の一般値

土質名	地域	含水比(%)
沖積粘土	東京	50~80

洪積粘土	東京	30～60
関東ローム	関東	80～50
まさ土	中国	6～30
しらす	南九州	15～33
黒ぼく	九州	30～270
泥炭	石狩	110～1300


(出典：土質試験の方法と解説 地盤工学会， 2000)

(3) 粒度特性

土は様々な大きさの粒子から構成される。土を構成する土粒子全体の質量に対する、粒度毎の質量の比を表したものを粒度特性または粒度組成といい粘土～礫を分類する。この粒度特性を縦軸に通過した土の重量百分率(%), 粒径を対数目盛の横軸に図示したものが粒径加積曲線である。このとき、通過質量百分率 10%, 30%, 50%, 60%のときの粒径を、それぞれ 10%粒径 D_{10} , 30%粒径 D_{30} , 50%粒径 D_{50} , 60%粒径 D_{60} , (mm) という。これらの値は、土の粒度特性を表す指標とされる、均等係数 U_c と曲率係数 U'_c を求めるのに利用される。

均等係数 U_c は、粒径加積曲線の傾きを表す指標であり、 U_c が大きくなるほど粒度分布幅が広いことを示す。従来 U_c が 4～5 以下の土を「粒度分布が悪い」、 $U_c \geq 10$ の土を「粒度分布が良い」と表していたが、2000 年の地盤工学会基準改定 (JGS0051-2000) により、 $U_c \geq 10$ のとき「粒径幅の広い」、 $U_c < 10$ のとき「分級された(粒径幅の狭い締固め特性の悪い土)」と呼ぶことになった。

一方、曲率係数 U'_c は、粒径加積曲線のなだらかさを示すもので、一般に、 U'_c が 1～3 の場合に「粒径幅の広い」といえる場合が多い。

下記に均等係数 U_c と曲率係数 U'_c を求める計算式を示す。また、-21 に粒径加積曲線の例を示す。次頁に地盤材料の工学的分類体系を示す。

$$\text{均等係数} : U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$\text{曲率係数} : U'_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

ここに、 D_{10} : 10%通過粒径, D_{30} : 30%通過粒径, D_{60} : 60%通過粒径

均等係数 U_c と曲率係数 U'_c は、締固めしやすさの指標となることから、締固め不十分による変状の可能性などの判断材料になり得る。

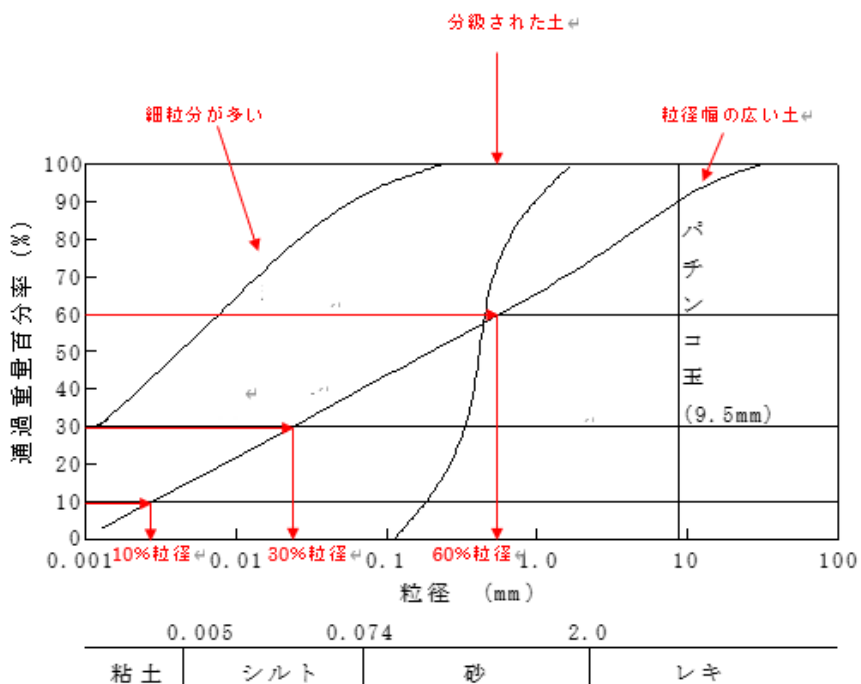
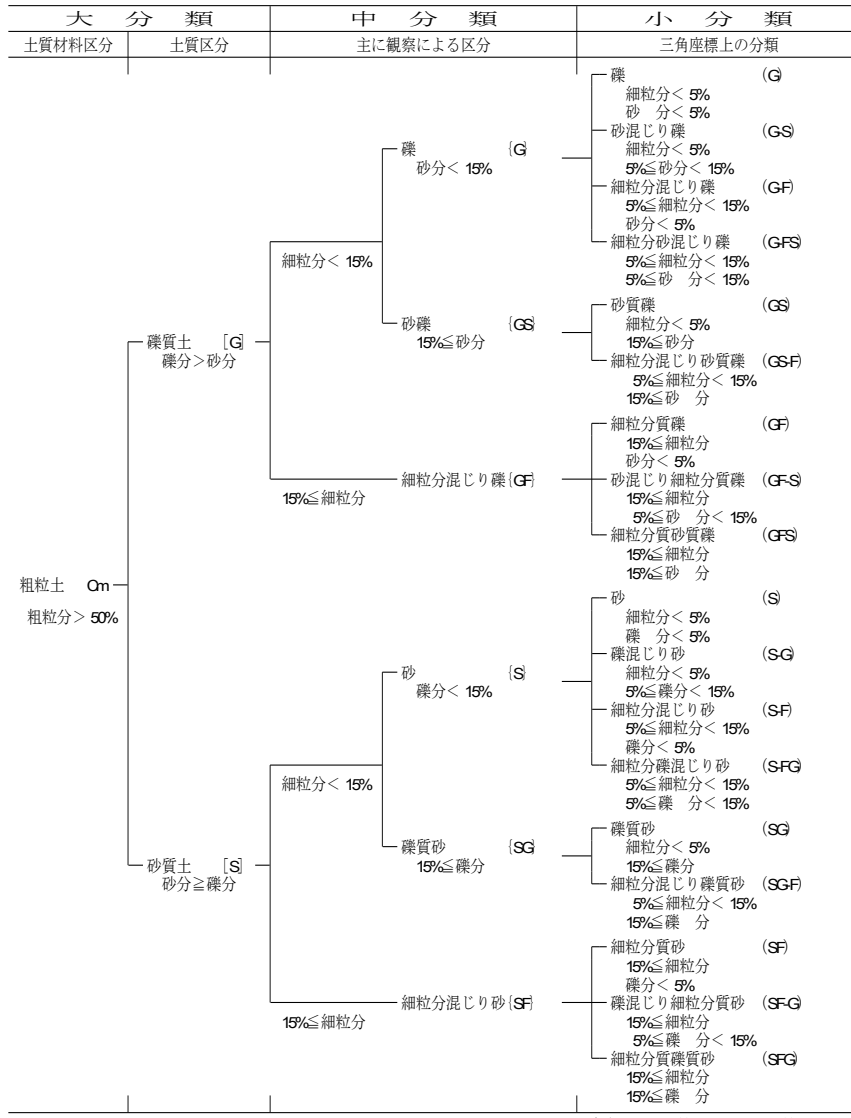
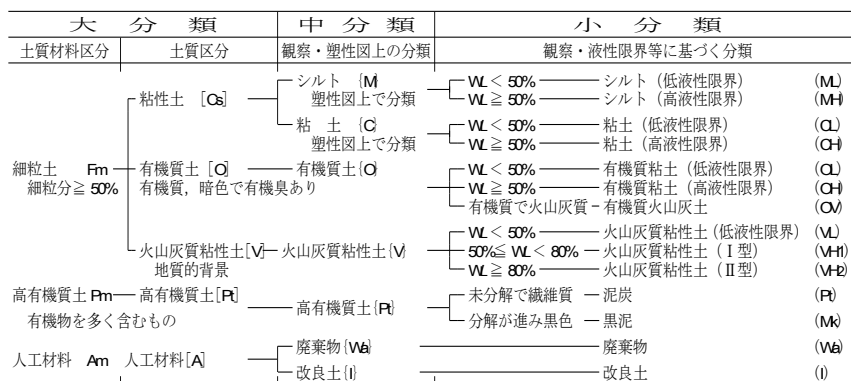


図-21 粒径加積曲線の例



注：含有率は土質材料に対する質量百分率

(a) 粗粒土の工学的分類体系



(b) 主に細粒土の工学的分類体系

図-22 地盤材料の工学的分類体系

～「土質試験の方法と解説 第一回改訂版」(地盤工学会), P217 より引用～

(4) 硫酸イオン

硫化物イオン濃度はコンクリートスキンの劣化要因およびストリップの腐食要因の一つとなり得る。

コンクリートが外界と接する場合において、周囲に SO_4^{2-} を含む液体がある場合、コンクリートを化学的に侵食する可能性があるとされている。土木学会（2003）によると、日本国内においては、 SO_4^{2-} を含む液体により化学的侵食が発生した例は、土壌、温泉水、改良地盤、下水などの環境下で報告されている。

SO_4^{2-} を含んだ液体の作用によるコンクリートの化学的侵食のメカニズムは、 H^+ が共存する酸性度の高い溶液では硫酸の作用が主体となり、 Na^+ 、 K^+ などが主として共存すると SO_4^{2-} による侵食が支配的となることが知られている。

土中の鋼材に対する腐食性を判断する方法として、地盤工学会（2020）「地盤材料試験の方法と解説 [第一回改訂版]」の目安（表-8）や、ANSI/AWWA C105/A21.5 の土壌の腐食性評価基準（表-9）などがある。

(5) 塩化物イオン

塩化物イオンは鋼材および亜鉛メッキ表面の不動態被膜を破壊し、腐食を促進させる要因となる。土中の鋼材に対する腐食性を判断する方法として、地盤工学会（2020）「地盤材料試験の方法と解説 [第一回改訂版]」の目安（表-7）などがある。

(6) 電気伝導率

電気伝導率が高い環境においては、金属の電気化学的変化が促進されることから土中の鋼材の腐食を生じやすい。電気伝導率は、土中の水分率と可溶性塩類の濃度に依存する。電気伝導率の逆数を比抵抗という。

土中の鋼材に対する腐食性を判断する方法として、地盤工学会（2020）「地盤材料試験の方法と解説 [第一回改訂版]」の目安（表-8）や、ANSI/AWWA C105/A21.5 の土壌の腐食性評価基準（表-9）などがある。

(7) pH

酸性、アルカリ性の程度を示す指標で、pH7 を中性とし、これより小さい値を酸性、大きい値をアルカリ性としている。

補強材が腐食や劣化する度合いは、盛土材料の電気化学的性質に影響を受けると考えられている。ANSI/AWWA C105/A21.5 の土壌の腐食性評価基準によると、pH 値 4 以下、または 8.5 以上が耐久性に影響を及ぼす場合があるとされている。

(8) Redox 電位

酸化還元電位のこと、酸化させる力と還元させる力の差を電位差で表した数値のことである。『酸化』とは電子を失う化学反応、具体的には物質に酸素が化合する反応、あるいは物質が水素を奪われる反応などのことである。『還元』とは電子を受け取る化学反応のこと、具体的には物質から酸素が奪われる反応、あるいは物質が水素と化合する反応などのことである。

酸化力が高い、または還元力が高いという能力を示す単位に「Redox 電位 (mv : ミリボルト)」がある。この数値がプラスの場合は酸化力が高く、マイナスなら還元力に優れていることを表す。

ANSI/AWWA C105/A21.5 における土壌の腐食性評価基準の一指標となる (表-9)。

表-8 土中において鋼材が腐食しやすくなる条件 (地盤工学会)

土の電気伝導率	200mS/m より大きい
土の塩化物含有量	1000mg/kg より大きい
土の硫化物含有量	500mg/kg より大きい
土の pH	6 より低いか、または 9 より大きい

※地盤工学会 (2020) 「地盤材料試験の方法と解説 [第一回改訂版]」より引用

表-9 ANSI/AWWA C105/A21.5 の土壌の腐食性評価基準

調査項目	測定値	評価点数
比抵抗 ($\Omega \cdot m$)	<15	10
	15~18	8
	18~21	5
	21~25	2
	25~30	1
	>30	0
pH値	0~2	5
	2~4	3
	4~6.5	0
	6.5~7.5	0
	7.5~8.5	0
	>8.5	3
Redox電位 (mV)	>100	0
	50~100	3.5
	0~50	4
	<0	5
水分	排水悪く常に湿潤	2
	排水良く一般に湿っている	1
	排水良く一般に乾燥している	0
硫化物	検出	3.5
	痕跡	2
	なし	0

(比抵抗の単位を $\Omega \text{ cm}$ から $\Omega \text{ m}$ に変更)