

補強土（テールアルメ）壁工法の詳細調査（案）

変状したテールアルメ壁に対する詳細調査の案を表-1に示す。詳細調査は道路土工構造物点検要領に準じ必要な手法で調査を実施することが望ましい。

表-1 詳細調査項目（案）

対象部材	必要とする場面	目的	調査法
壁面変位	精度の高い変形量が必要	壁面変形量の測定	壁面変位詳細測量 (トータルステーション等)
	広範囲の変形把握が必要		
盛土材 補強材	排水能力不足の疑い	盛土内水位の確認	水位測定(ボアリング等)
	不適切な盛土材の疑い, 数値解析等による評価が必要, 等	補強効果の確認	補強材の引抜試験
		土の力学特性の把握	密度試験
			含水比試験
			粒度試験
	腐食性土壌の疑い	土の腐食性の確認	pH試験
			電気比抵抗試験
塩化物イオン溶出試験			
硫酸物イオン溶出試験			
酸化還元電位測定			
スレーキング [®] 性材料の疑い	スレーキング [®] 性の確認	スレーキング [®] 試験	
補強材	腐食速度の把握, 残存耐力の把握	腐食量の確認	亜鉛メッキ残量測定
			板厚測定
壁面材	経年劣化進行度合い確認	中性化深さの確認	中性化試験
	塩化物イオンの浸透度合いの確認 (沿岸地域等)	塩化物イオンの浸透深さの確認	塩化物イオン濃度測定試験

(1) 壁面変位詳細調査

(参考文献「補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究」)

1) 調査目的

壁面変位は、テールアルメ壁の健全性を調査する上で重要な指標である。理由としては、壁面変位のパターンにより補強土壁に生じている変形モードを特定し、継続的に進行性をモニタリングすることによって健全性評価の判断材料にすることができる。壁面の変位は、地震や降雨の作用により、盛土や排水施設、基礎地盤の不良などの設計・施工に関わる条件や、集水地や軟弱地盤など立地に関わる条件など種々の素因により生じる。図-1 に示すように壁面変位には、前傾、はらみ、後傾、局所的な抜け出しによる変位などがある。

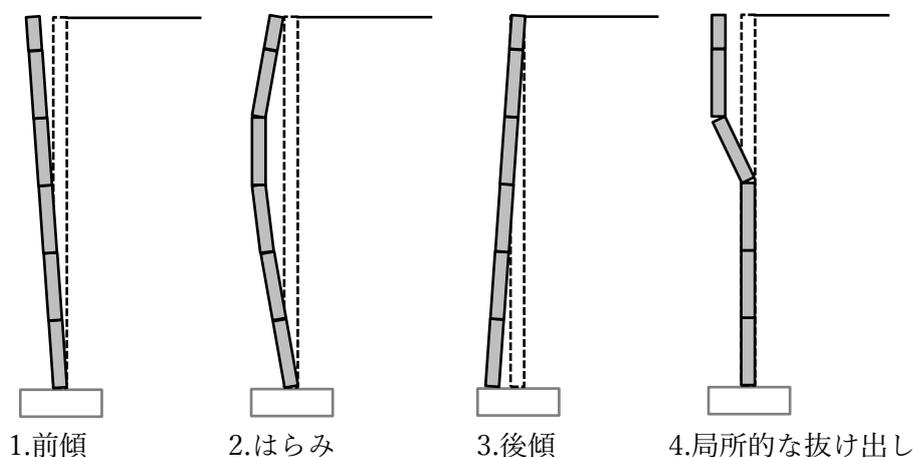


図-1 壁面変位の例

2) 調査方法

壁面変位の計測には、①トータルステーション測量、②角度計付きレーザー距離計による測量、③下げふりによる測量、④写真測量、⑤傾斜計による測定、⑥3D レーザースキャンによる測量などがある。

① トータルステーション (TS) 測量

計測対象となる壁面にターゲットとなるプリズムを取り付けて、継続的に壁面変位を計測する。特徴としては、広範囲かつ高精度で計測可能であり、ターゲットを設置するため、継続的な計測時に計測位置のずれなどによる計測誤差が少ないが、対象となるテールアルメ壁の前面側にある程度の空間が必要であることや、ターゲットを取り付けるために高所作業が必要となる。



図-2 ターゲットの設置 (例)

維持管理:補強土(テールアルメ)壁工法の詳細調査(案)

② 角度計付きレーザー距離計による測量

計測対象となる壁面にレーザー光を照射・反射させることにより距離を計測する。レーザー距離計ではTSのようにターゲットとなるプリズムを必要としないものもあるため、高所作業を必要としない。壁前面より鉛直線上の水平変位の計測となるため、広範囲での測定においては複数の計測位置に切り替える必要がある。

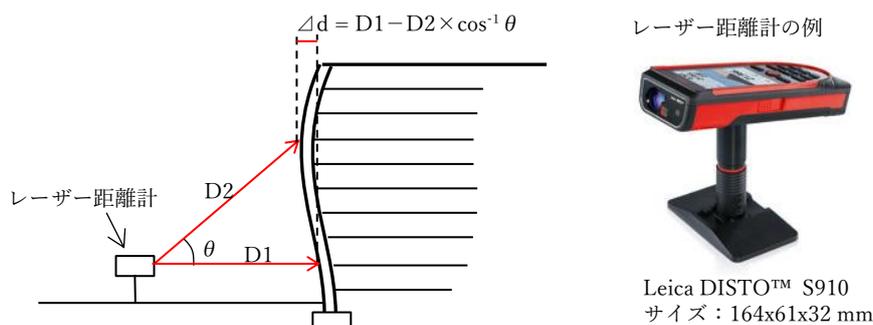


図-3 角度計付きレーザー距離計による測量 (例)

③ 下げふりによる測量

計測対象となる壁面の上部と下部に計測用スケールを設置し、上部スケールからさげ振りを垂らして下部スケールの値を読み取り、その差異を計測することにより壁面変位を得る。機材が軽量で計測が容易であり、テールアルメ壁前面が狭小な場合でも計測可能であるが、壁上部の計測などは高所作業が必要となる。



図-4 下げふりによる測量

④ 写真測量

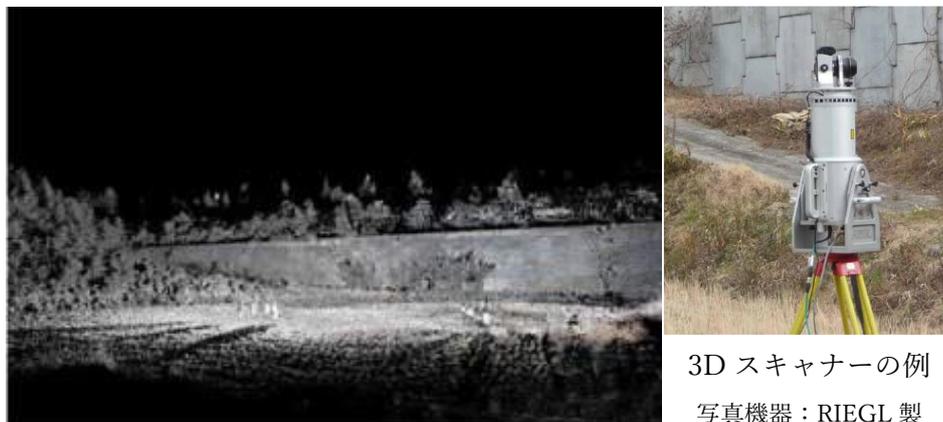
デジタルカメラより2定点以上から対象となる壁面を撮影し、解析ソフトにより壁面の変位を計測する。対象となるテールアルメ壁の前面側にある程度の空間が必要である。

⑤ 傾斜計による計測

計測対象となる壁面に傾斜計を直接取付け、角度により変位を計測する。壁上部の計測などは高所作業が必要となる。

⑥ 3D レーザースキャンによる測量

計測対象となる壁面表面の凹凸を感知し、X,Y,Zの座標データをもった点群を取得し、解析ソフトにより壁面の変位を計測する。特徴としては、広範囲かつ高精度で計測可能であり、TSのようにターゲットとなるプリズムを必要としない。



3D スキャナーの例
写真機器：RIEGL 製
レーザースキャナー

図-5 3D レーザースキャンによる測量

(2) 壁面材劣化の詳細調査

(参考文献「補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究」)

1) 調査目的

コンクリート製壁面材の劣化には、中性化、塩害、凍害、アルカリシリカ反応、化学的浸食、火災による強度低下などがある。壁面材の劣化は、環境条件や使用材料により進行度が異なり、新設時の部材と比較して評価を行い、変状の程度を把握する目的で実施する。

2) 調査方法

① 中性化試験（フェノールフタレイン法：JIS A 1152）

中性化は、大気中の二酸化炭素がコンクリート中に侵入することによって、コンクリート中のpHが低下する現象である。中性化が進行すると、鉄筋が腐食しコンクリートにひび割れやはく離を引き起こし、鉄筋の断面減少に伴う、構造物としての所定の機能を果たせなくなる。

中性化の一般的な詳細計測には、フェノールフタレイン法（JIS A 1152）があげられる。フェノールフタレインは、pH指示薬であり、pH 8.2～10.0以上のアルカリ側で赤紫色に着色する。中性化深さの測定方法は大きく分けて、a)はつりによる方法、b)コア採取、c)ドリル法による方法がある。



図-6 フェノールフタレイン法による中性化調査

② 塩害（硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法：JIS A 1154）

塩害は、コンクリート中の鋼材の腐食が塩化物イオンの存在により促進され、鉄筋が腐食することでコンクリートにひび割れやはく離を引き起こし、鉄筋の断面減少に伴う、構造物としての所定の機能を果たせなくなる。

塩化物イオンを測定する方法としては、コアを採取して、硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法（JIS A 1154）により実施する。測定方法にはa)重量法、b)モール法、c)電位差滴定法がある。コアの直径は粗骨材の3倍以上、長さはコアの直径以上を目安とすることが一般的である。

③ 凍害

凍害は、コンクリート中の水分が0°C以下になったときの凍結膨張によって発生するものであり、長年にわたる凍結と融解の繰返しによってコンクリートが徐々に劣化する現象である。凍害を受けたコンクリートは表面にスケーリング、微細ひび割れおよびポップアウトの形で劣化が顕在化するのが一般的である。計測では、採取した試料から気泡間隔係数と細孔径分布などを計測する。

④ アルカリシリカ反応

アルカリシリカ反応は、化学反応によって生成されるアルカリシリカゲルの給水膨張に起因して発生する。アルカリシリカ反応が発生したコンクリート構造物では、コンクリート内部でのアルカリシリカ反応の進行およびそれに伴う微視的なひび割れの進展と、コンクリート表面での巨視的なひび割れの発生がある。

アルカリシリカ反応の計測では、損傷度が最も適切に評価できる箇所を選んで、コアを採取する。採取したコアは、使用骨材のアルカリシリカ反応性の判定、岩石学的試験（偏光顕微鏡観察、粉末X線回析分析）、薄片によるコンクリート構成の観察、酢酸ウラニル蛍光法および走査型電子顕微鏡によるアルカリシリカゲルの検出、化学成分分析、圧縮強度試験などを実施する。

⑤ 化学的浸食

化学的浸食は、コンクリートが外部からの化学的作用を受け、その結果として、セメント硬化体を構成する水和生成物に変質あるいは分解して結合能力を失っていく現象である。一般的な環境において化学的浸食が問題になることが少なく、温泉地や酸性河川水域に築造された構造物が影響を受ける場合がある。

酸性劣化の場合、フェノールフタレイン溶液による中性化深さの測定によって、劣化の程度を測定する方法がある。

⑥ 火災

コンクリートは、火熱を受けるとセメント硬化物と骨材とは、それぞれ異なった膨張収縮挙動を示し、それによってコンクリートの組織は緩み、熱応力によってひび割れが生じ、コンクリートが劣化、はく落する。

計測では、リバウンドハンマーによる反発度試験、中性化試験、コンクリートコアの抜取試験、鉄筋の抜取試験、受熱温度の推定（UVスペクトル法、X線回析、示差熱・熱重量分析）などを実施する。

(3) 壁面材のクラック、欠け

(参考文献「補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究」)

1) 調査目的

壁面材のクラックや欠けは、壁面変位により生じ、耐力の低下、部材の一部が落下するおそれ、または劣化因子の侵入による劣化の促進などに繋がる可能性がある。そのため、壁面材のクラックや欠けの進展性を確認する目的で実施する。

2) 調査方法

壁面材のクラックや欠けの調査方法は以下の通りである。

① ひび割れの計測

壁面材のクラックは、幅、長さ、総延長、発生位置、範囲、発生パターン、貫通・段差の有無、進展性などを調べる。

ひび割れ幅は、ひび割れが壁面材に与える影響を判断するために用いられるパラメータである。ひび割れ幅の測定は、クラックスケール、ルーペ（顕微鏡）などを用いて行う。ひび割れに伴う不具合は、鉄筋位置におけるひび割れ幅と関連深い場合が多いので、このことを十分考慮して計測を行う。

ひび割れの進展性を計測する方法として、a)テーパーピンをひび割れに挟む方法、b)ひび割れ先端位置を記録する方法、c)ひび割れの上に練返しペーストの薄層を塗り、再度ひび割れが生じるかを確認する方法、d)パイ型変位計やコンタクトゲージなどでひび割れ幅の変化を測定する方法などがある。



図-7 ひび割れの計測（クラックスケール）

② ひび割れ以外の計測

ひび割れ周辺部では、錆汁、エフロレッセンスなど表面の付着物やコンクリートの変色についても計測し記録する。

(4) 盛土品質に関する詳細調査

(参考文献「補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究」)

1) 調査目的

点検にて壁面変位が確認された箇所においては、盛土に使用されている材料の品質不良に起因する可能性が考えられる。これにより本調査は、調査結果と、使用されている盛土材の材料特性と盛土材の仕様規定を比較整理することにより、盛土材の品質の評価を行うことを目的とする。

2) 調査方法

① ボーリング

ボーリングを実施し、孔内水位の確認とともに、室内土質試験のための試料採取を行う。なお、盛土内には補強材が敷設されており、ボーリングにあたっては、補強材の損傷を避けるために、盛土設計資料や竣工図などの既存資料より補強材の敷設位置を確認の上、ボーリング位置を計画する必要がある。

② 室内土質試験

ボーリングにより採取した試料により、主に以下に示す室内土質試験を行い、圧密及び強度定数の評価のための土質情報を取得する。

a) 物理試験

土粒子の密度試験 (JIS A 1202 : 2009)

含水比試験 (JIS A 1203 : 2009)

粒度試験 (JIS A 1204 : 2009)

液性限界・塑性限界試験 (JIS A 1205 : 2009)

土の湿潤密度試験 (JIS A 1225 : 2009)

岩石のスレーキング試験 (JGS 2124 : 2009)

【得られる調査結果】

土粒子の密度, 自然含水比, 粒径加積曲線, 液性限界, 塑性限界, 湿潤密度, スレーキング指数, など

b) 強度試験

一軸圧縮試験 (JIS A 1216 : 2009)

非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験 (JGS 0521 : 2009)

圧密非排水(CU)三軸圧縮試験 (JGS 0522 : 2009)

圧密非排水(\overline{CU})三軸圧縮試験 (JGS 0523 : 2009)

圧密排水(CD)三軸圧縮試験 (JGS 0524 : 2009)

【得られる調査結果】

一軸圧縮強さ, 粘着力, せん断抵抗角, など

(5) 補強材及び連結部材劣化に関する詳細調査

1) 調査目的

鋼材の腐食による補強材もしくは連結部材の劣化の有無を、テールアルメ壁の外形の変化から推定することは難しい。ただし、種々の要因により劣化されやすい環境に曝されている場合は、補強材もしくは連結部材の劣化が発生している可能性がある。これらの部材の劣化が進行した場合、設計で想定した耐久性等の性能を発揮しない状態となることも考えられ、さらに劣化が進行すると、材料が破断し、壁面材が脱落して盛土材が流出するおそれがあるため、劣化に関する調査を実施することが望ましい。

2) 調査方法

鋼材の耐久性など環境作用による検討のために必要な調査には、以下のものがある。

① 補強材の引抜き試験

油圧ジャッキなどの载荷装置を用いて、テールアルメ壁の壁面付近から調査の対象となる補強材に対して強制的に引張力を作用させ、その引張荷重と変位を計測することにより、補強材の状態を調査する方法である。補強材の引張抵抗力を直接計測することが可能である。



図-8 補強材の引抜き試験

② 埋設鋼材の腐食調査

a) 原位置での外観観察

テールアルメ壁の一部を掘削もしくは壁面の削孔により除去し、対象となる補強材もしくは連結部材を露出させて、原位置での目視による腐食の有無の確認または鋼材の厚みの測定を行う。



図-9 壁面削孔による補強材の外観観測

b) 連結部材の採取による外観観測

原位置での外観観測により腐食が確認された場合、または詳細な腐食調査が必要な場合は、連結部材の採取による外観観測は以下の詳細観測を行う。



図-10 連結部材の採取例

- ・現状の外観観測

採取した状態のまま外観観測を行い、土砂付着状況、亜鉛白錆付着状況、亜鉛めっきの状況、赤錆の状況の確認を行う。観測は敷設時の上面と下面のそれぞれを実施し記録する必要がある。

- ・水洗後の外観観測

水洗にて付着土砂を除去し、亜鉛白錆付着状況、亜鉛めっきの状況、赤錆の状況の確認を行う。観測は敷設時の上面と下面のそれぞれを実施し記録する必要がある。

- ・徐錆後の外観観測

ブラッシングにて除錆した後、亜鉛白錆付着状況、亜鉛めっきの状況の確認を行う。観測は敷設時の上面と下面のそれぞれを実施し記録する必要がある。

- ・残存亜鉛めっき除去後の外観観察

酸洗により残存亜鉛めっきを除去し、供試体（母材）の不均一腐食の有無の確認または度合いを確認する。観測は敷設時の上面と下面のそれぞれを実施し記録する必要がある。

c) 重量法による亜鉛めっきの残存量等の測定

採取した供試体について、常温で希硫酸（0.5N 硫酸）水溶液に浸漬して残存亜鉛めっきを除去し、水洗乾燥後、重量を測定する。残存亜鉛めっきの除去前後の重



図-11 亜鉛めっき除去例

量差から、亜鉛めっきの残存量を推定する方法である。

d) ポイントマイクロメーターによる残存鋼材の厚み測定

赤錆および残存亜鉛めっき除去後の供試体について、ポイントマイクロメーターを用いて、残存鋼材の厚みを測定する。また、最小厚さ位置を含む1断面について、断面方向に1mm間隔でポイントマイクロメーターを用いて残存鋼材の厚みを測定する。厚み測定位置は、連結部材であればコンクリート内部および盛土部にそれぞれ接触する位置にて測定を行うとよい。

③ 盛土材料の土壌試験

- ④ 地下水、湧水があるときや、補強土（テールアルメ）壁の前面に水位がある場合においては、これらのpH値など、水の化学的性質。
- ⑤ 補強材もしくは連結部材の外観観測による腐食の有無の確認や厚み測定、または連結部材の採取し、重量法による腐食減量の測定などの鋼材腐食度調査。

テールアルメの主要な構造部材は、盛土材料中に埋設されたストリップであり、この部材の耐久性が、テールアルメの耐久性を左右する。土中に埋設された鋼材の腐食の要因については、従来から、以下の項目などがあげられている。

◎土の比抵抗

◎土のpH

- ・地盤の含水量
- ・地下水の比抵抗
- ・地下水中における水素イオン濃度（pH）
- ・地下水中における溶存酸素量
- ・鋼材の自然電位
- ・地盤の透水性
- ・バクテリアの活動
- ・付近の電気施設の影響
- ・地盤の復極率

一般に腐食要因の少ない土とは、「排水のよい砂質系の土で有機質を含まないもの」とされているが、この腐食性の大小を定量的に判定することは実際には極めて難しいとされている。しかし、定性的には、上記の諸種の因子のうち、土のpHと比抵抗が腐食の傾向を知るうえでの重要な要素とみられ、また、その測定も比較的簡単であることから、テールアルメの盛土材料や原地盤の土について、この2つの測定を実施することが多い。

上記の2つの値がある一定範囲内に納まっていれば、腐食性の小さい環境であると判断して、腐食代を見込む通常の防食法で対処できる（一般の永久構造物と同等程度の耐久性がある）との考え方を採用している。