

7 塩害調査

7.1 調査概要

塩害の詳細調査では、ドリル法による含有塩分量調査¹⁾を実施する。コンクリートの含有塩分量の調査は、JCI-SC8⁹⁾によってコンクリートコアを採取し、スライスして粉碎したものをJIS A 1154の電位差滴定法によって含有塩分量を測定するのが一般的であるが、この方法では試料の採取位置や数量に制約を受けることやコアのスライスや粉碎に費用を要すること等から、試料の採取にはコンクリートハンマードリルによる削孔粉を用いる方法（ドリル法^{10) 11)}を採用する。

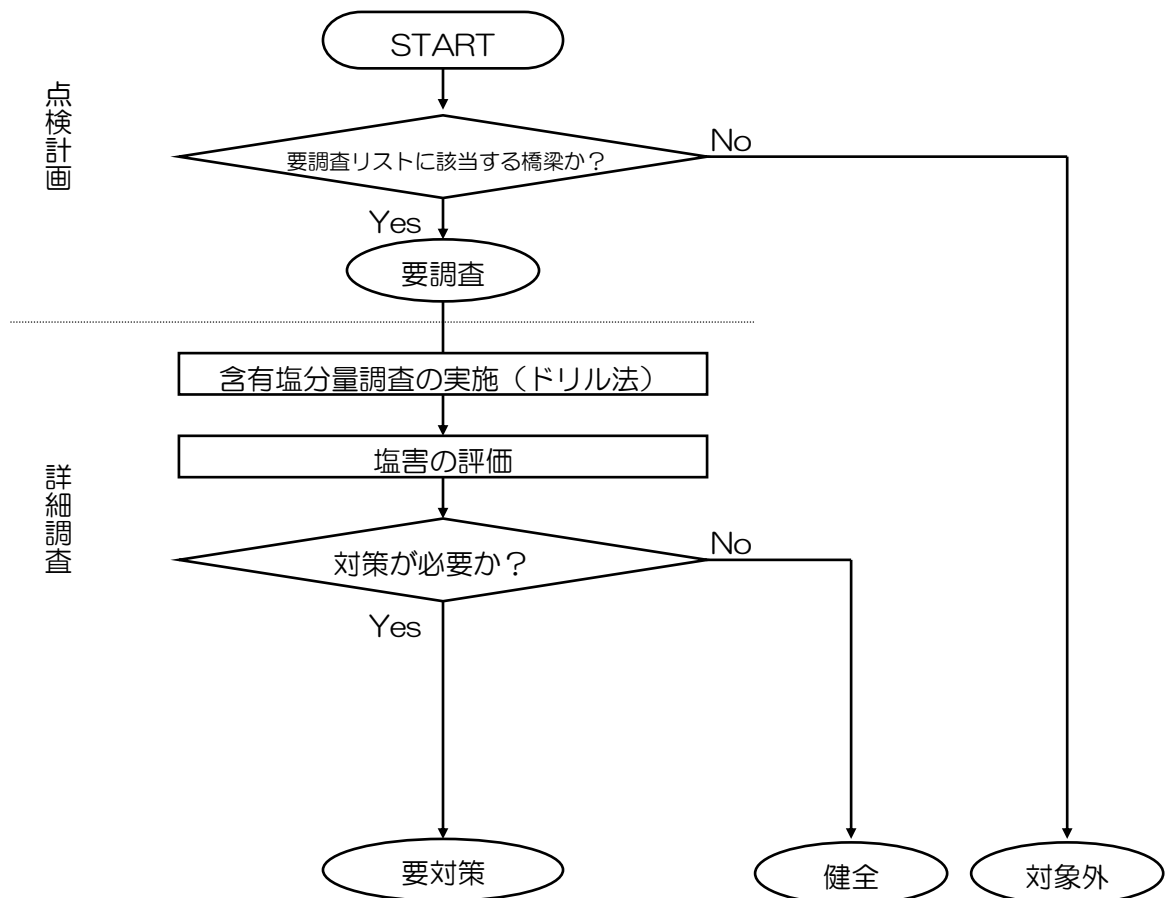


図-7.1 塩害調査のフロー

点検計画の方法：塩害地域でかつコンクリート部材があるか否か判定し、あれば要調査、なければ対象外とする。

詳細調査の方法：含有塩分量試験（ドリル法）を実施し、塩害の評価を行う。

対策の方法：対策を施した場合は、対策済とする。

7.2 試験方法および評価方法

ドリル法による含有塩分量調査は、以下の方法により実施する。

1) 試料採取箇所

塩害調査では、かぶり比較的大きく鉄筋の間隔も広い下部構造（橋台または橋脚）を対象として、塩化物イオン試験を行う。*

調査箇所数は、1橋あたり1箇所を原則とし、歩道橋の規模が大きい場合には、5径間あたり1箇所程度を目安に調査箇所を増やす。調査箇所数を複数とする場合には、周辺環境の違いなどを考慮して、なるべく離れた箇所を選定する。

橋台または橋脚の中での試料採取位置は、主な塩分の供給原因・構造物の形状・風向き・上部構造との位置関係などを総合的に考慮して、外部からの塩分が付着しやすい位置とする。また、今後も調査位置近傍で定期的に試料採取を行うことを考慮し、作業の容易さや美観に与える影響なども検討したうえで、試料採取位置を決定する。

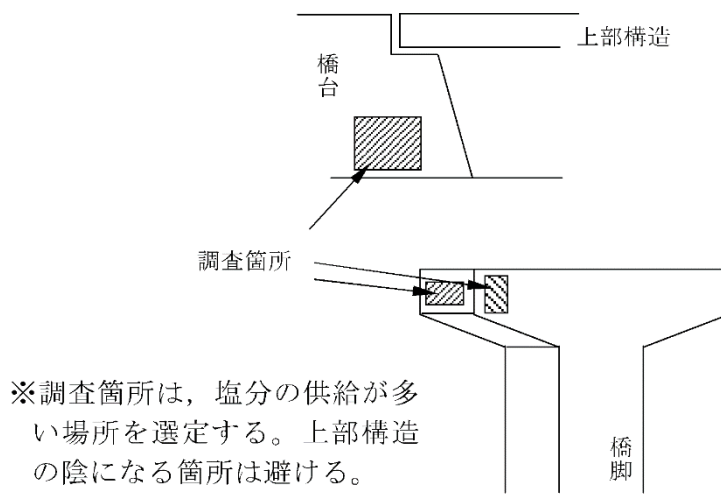


図-7.2 試料の採取箇所の例

※ 構造物の健全度を詳細に調査するという目的からは、塩分が比較的付着しやすく、かつかぶりも小さくなりがちな上部構造の桁下面などで試料採取を行って、塩化物イオン量の試験を行うのが理想的である。しかし、このような箇所には、鉄筋や PC 鋼材などが密に配置されているので、調査時の試料採取のために鉄筋等を傷つけてしまうおそれがあるため、下部構造を対象とした。

2) 使用器具および材料

- ① コクリートハツマドリル：携帯型振動式ドリルとし、JIS C 9605 に規定するもの
又はこれに準ずるもの。
- ② ドリルの刃 ：コンクリート削孔専用で、直径 20 mmのもの。
- ③ 分析装置 ：JIS A 1154 に準じて硬化コンクリート中の塩化物イオン濃度を測定
できるもの。

3) 測定方法

- ④ RC レーダー等によって鉄筋の位置とかぶり厚さを測定する。
- ⑤ 試料の採取位置を、鉄筋に当たらないように水平方向約 5cm 間隔で 3 点決定する。
- ⑥ 4 点の試料の採取位置をコクリートハツマドリルによって削孔し、深さ方向に 0~30mm (表面部)、30~60mm (中間部)、60~90mm (深部)、90~120mm (深部) の試料を採取する。
- ⑦ 試料の採取位置の近傍において中性化深さを測定する (中性化深さ調査 参考)。
- ⑧ 収集した試料の含有塩分量を JIS A 1154 に準じて分析する。

4) 評価

鉄筋位置の塩化物イオン濃度を記録する。鉄筋位置の塩化物イオン濃度が発錆限界濃度 ($1.2\text{kg}/\text{m}^3$) を超える場合は、要対策とする。

5) 修復

削孔した孔は、試験終了後にセメントペースト、モルタルまたはコーキング材を充填して修復する。

8 鋼床版疲労調査

8.1 調査概要

鋼床版の詳細調査では、詳細点検で塗膜の割れやき裂が確認された箇所に対して渦流探傷試験（JIS G 0568）を実施する。また、必要に応じて磁粉探傷試験（JIS G 0565）や応力頻度測定（14参照）も実施する。

鋼部材の主な非破壊検査方法の種類と特徴を6.1の表-6.1に示し、鋼床版疲労き裂の主な発生箇所を図-8.1に示す¹²⁾。

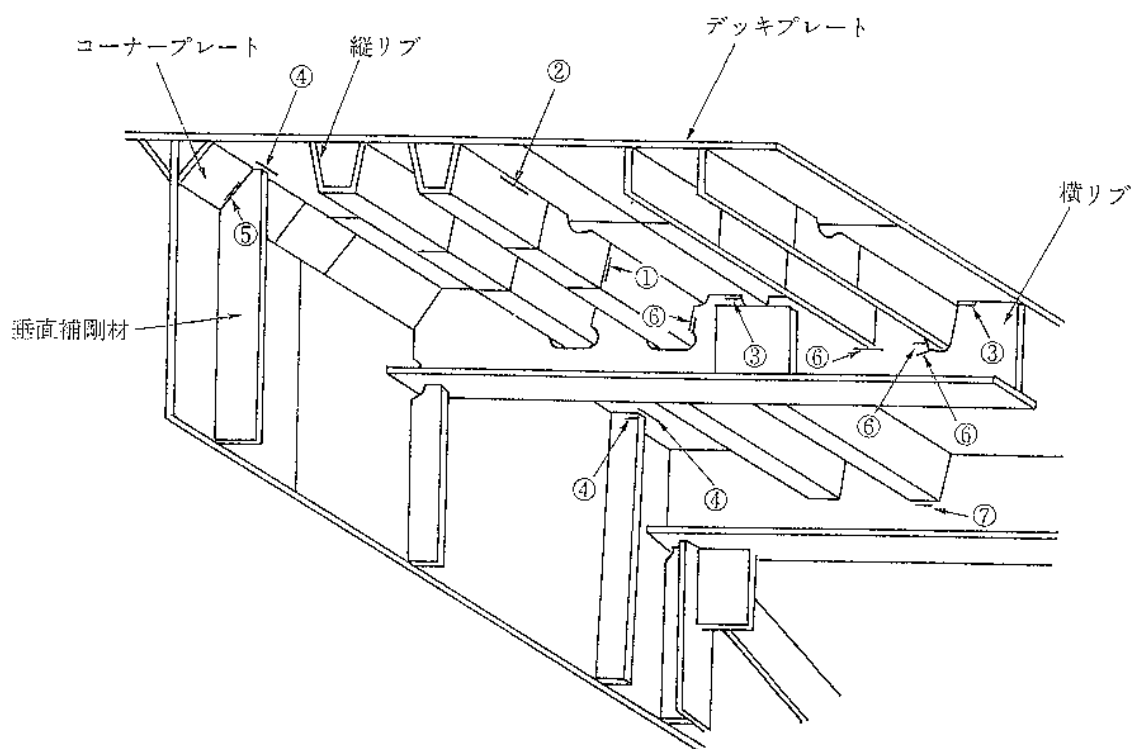


図-8.1 鋼床版疲労き裂の主な発生箇所¹²⁾

渦流探傷試験は、塗膜上からの探傷が可能であることから、目視点検にて亀裂の発生が疑わしい箇所を、塗膜を除去することなく検査できる利点があり、検査後の塗膜の補修を考えると非常に有望な非破壊検査方法である。しかしながら、渦電流は、傷の存在以外にも、試験体の形状や材質、試験コイルの大きさによっても変化することから、調査においては注意が必要である。したがって、試験にあたっては、事前に対比試験片を用いて欠陥の判定精度を確認しておくことが重要である¹³⁾

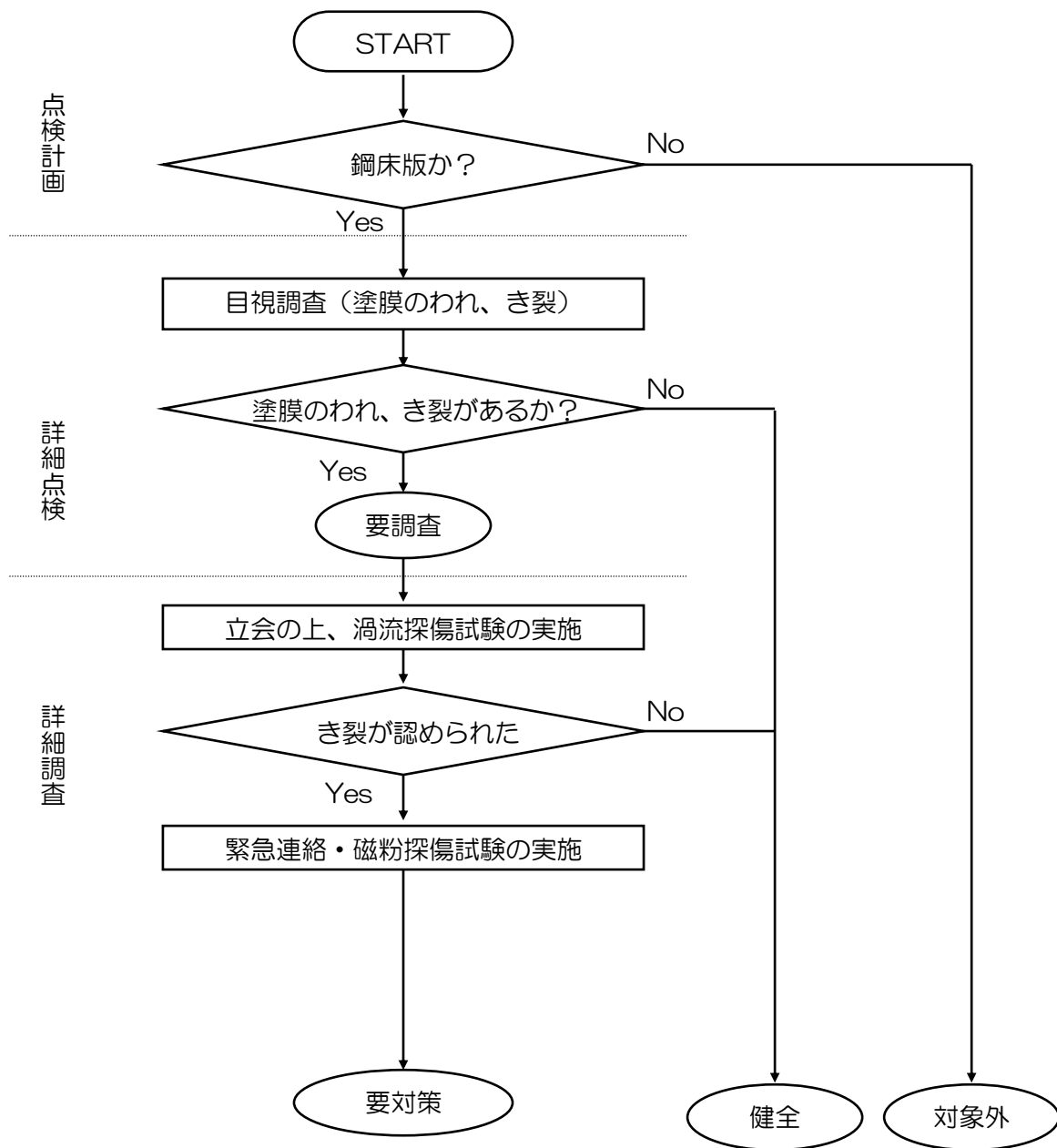


図-8.2 鋼床版疲労調査のフロー

点検計画の方法：床版の種類と構造を確認し、鋼床版であれば要調査、なければ対象外。
 詳細点検の方法：目視により疲労が懸念される損傷（塗膜のわれ、き裂）の有無を確認し
 無ければ健全、あれば要調査。
 詳細調査の方法：疲労が懸念される損傷に対して渦流探傷試験を実施し、き裂の程度を
 確認する。（必要があれば磁粉探傷試験も実施）

8.2 試験方法および評価方法

鋼床版の疲労調査の方法および評価方法を以下に示す。

1) 使用器具および材料

- ① 探傷器：形式、試験周波数、指示の表示方法は、試験の目的に合った性能をもつものとする。
- ② 記録装置：記録装置は、探傷器から得られたデジタル又はアナログ出力を記録するもので、目的に適した方式、性能をもつものとする。
- ③ 対比試験片：対比試験片は試験装置の整合性能の確認、基準感度を含む試験条件の設定及び確認のために用いる。

2) 測定方法

目視点検にて亀裂の発生が疑わしい箇所に対して塗膜の上から渦流探傷試験を実施し、傷の有無を確認する。

3) 評価

傷が確認された場合は、塗膜を除去し、磁粉探傷試験等によって疲労亀裂か否かを確認し、疲労亀裂であれば亀裂の大きさと先端を確認する。

4) 修復

塗膜を除去した場合は、部分補修（塗り替え）を実施する。

9 F11T遅れ破壊調査

9.1 調査概要

F11T遅れ破壊の詳細調査では、F11TのHTB（HTB）が使用されている箇所に対して手動叩き点検を実施し、ゆるみや脱落がある場合は脱落防止対策を施す。

HTBの遅れ破壊は、一定の応力を受けた状態で、一定の時間の経過後に塑性変形を伴わず突然脆性的に破壊する現象である。遅れ破壊等による破断や脱落は遠方目視で判断できるが、ゆるみは近接調査しないと判明せず、脱落すると第三者被害が起きる可能性があることから注意する必要がある。¹³⁾

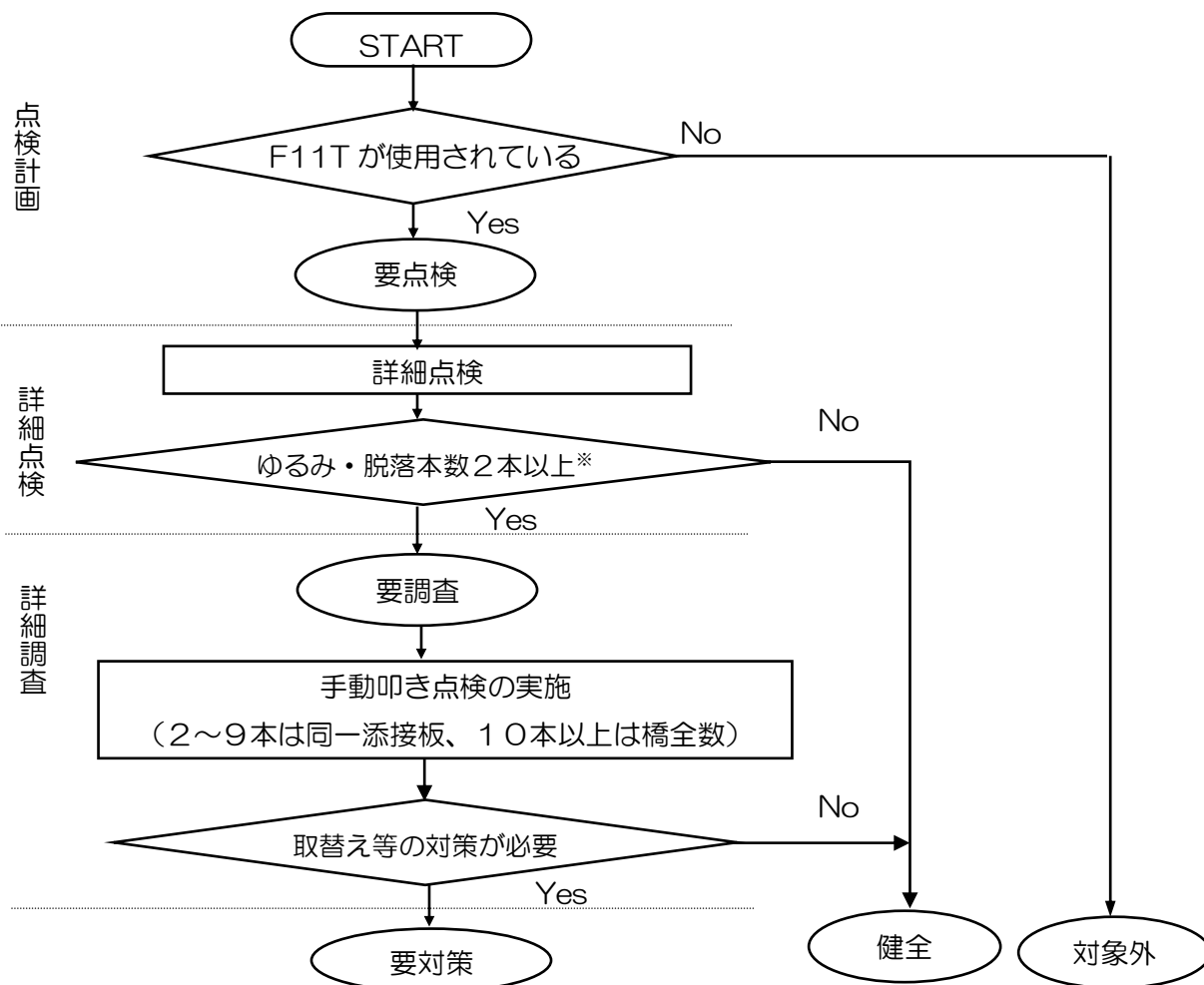


図-9.1 F11T遅れ破壊調査のフロー ※橋単位

点検計画の方法：F11Tを使用し、かつ第三者被害が想定されれば要調査、使用していなければ対象外。

詳細調査の方法：F11Tに対して手動の叩き点検を実施し、ゆるみ・脱落がある場合は要対策、それ以外は健全。

9.2 調査方法および評価方法

F11T 遅れ破壊調査の方法と評価方法を以下に示す。

1) 使用器具および材料

- ① 検鉋ハンマ

2) 測定方法

HTB のナット側面を 3~4 回たたき、ハンマー打撃点と 90° ~ 180° の位置に当てた指に伝わる振動、打撃時のナットの挙動あるいは音の違いによって損傷ボルトや軸力不足ボルトを検出する。

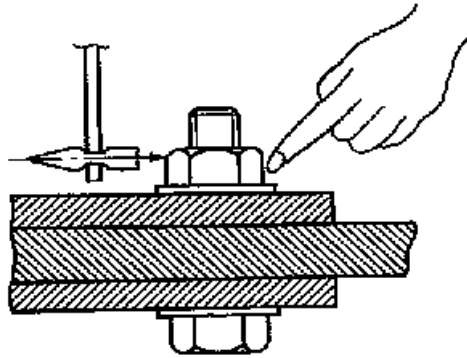


図 9.2 手動叩き点検の打診方法 ¹⁴⁾

3) 評価

ボルトの脱落、破損、ゆるみが確認された場合は、ボルトの取替を行う。また、第三者被害が想定される場所では、脱落、破損、ゆるみの有無に関わらずネット等による落下防止対策を施す。

4) 修復

ボルトの脱落、破損が確認された場合は F11T 以下のボルトを取り換える。また、打撃によって塗膜に傷が入ったときは、部分補修（塗装）を実施する。

10 第三者被害抑止調査

10.1 Co 地覆・壁高欄

10.1.1 調査概要

第三者被害抑止の詳細調査では、対策の有無に関わらず、全面に対して叩き落とし点検を実施する。叩き落とし点検では、未対策ではく落するものはく落させ、対策済みでは浮き等を確認する。第三者被害が想定される箇所は全て要対策とし、叩きもれ範囲がないよう確実に点検を行う。

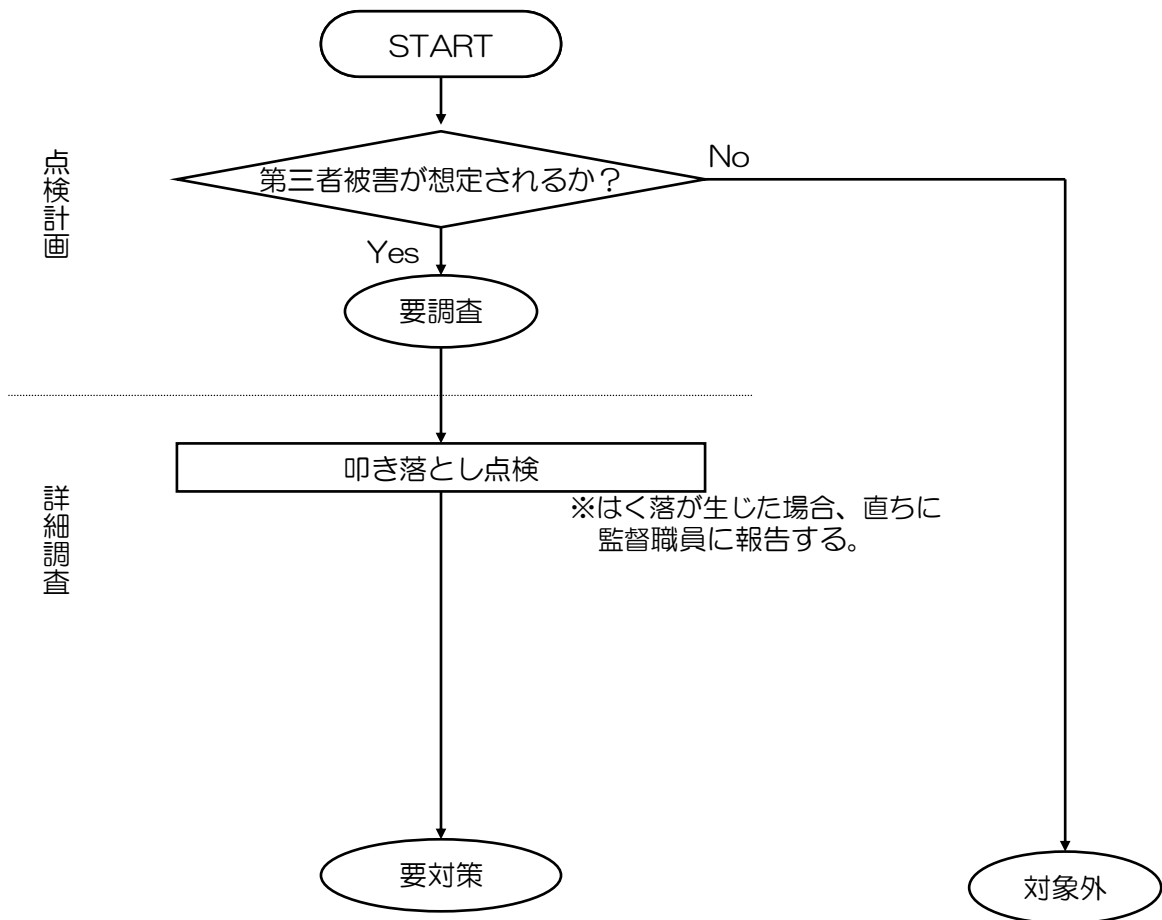


図-10.1 第三者被害抑止調査のフロー

点検計画の方法：第三者被害が想定されれば要調査、想定されなければ対象外とする。

詳細調査の方法：対策の有無に関わらず、全面に対して叩き落とし点検を実施する。

叩き落とし点検では、未対策ではく落するものはく落させ、対策済みでは浮き等を確認する。第三者被害が想定される箇所は全て要対策とする。叩き落とし後に鉄筋が露出した場合には、鉄筋に防錆材を塗布するものとする。

10.1.2 調査方法および評価方法

第三者被害抑止調査の方法と評価方法を以下に示す。

1) 使用器具および材料

- ① 点検ハンマー：コンクリート点検用ハンマー



図 10.2 コンクリート点検用ハンマー

2) 調査範囲

コンクリート片のはく落が第三者被害につながる恐れがある全てのコンクリート面を調査範囲とする。調査範囲は図 10.3 を標準とする。なお、叩き落としを行う範囲については、現地踏査後、監督職員と協議し確認することとする。

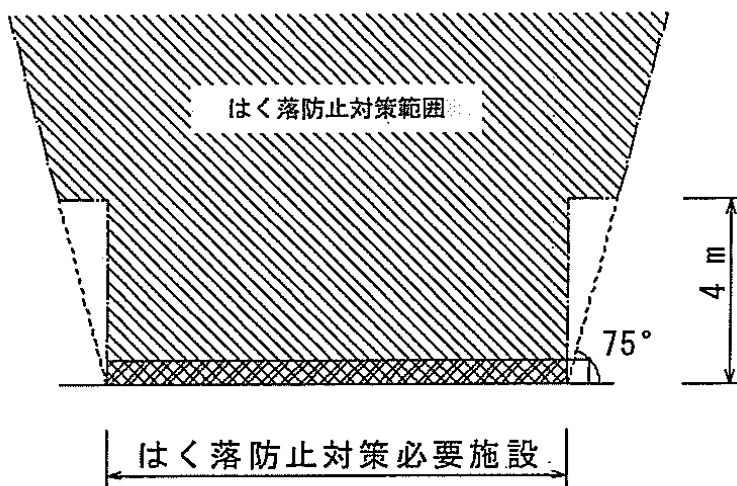


図 10.3 調査範囲

3) 調査方法

- ② 対象となるコンクリート面の前面を点検ハンマーで打撃し、打撃音によって浮き等の有無を確認する。
- ③ 浮きやはく離が確認された場合は、可能な限りその場で叩き落とす。
- ④ 打撃によって鋼材が露出した場合は防錆処理を施す。

4) 評価

下表の判定区分に基づくものとする。調書には、各判定区分の位置及び範囲、面積を記録する。

表 10.1 第三者被害判定区分

判定区分	措置結果
a	近接目視及び打音検査の結果、異常無し
b	遠望目視及び非破壊検査の結果、異常無し
c	応急措置（叩き落とし作業）で落ちなかった。
d	応急措置（叩き落とし作業）で落ちた。
e	・うき、剥離の面積が広い場合等、点検作業での対応が困難 ^{※1} ・打音検査不可能 ^{※2}

※1 うき・剥離の範囲が広い場合や PC 桁等、叩き落とすことで当該箇所付近の応力状態が変化する場合等（叩き落とすことで構造安全性が損なわれる恐れがある場合には別途の方法を検討する必要があるため、点検作業において対応が困難）

※2 狭隘部のため打音作業ができない場合や、関係機関協議に時間を要する場合等

5) 修復

調査範囲は浮き等の有無に関わらず、監督職員と協議の上、はく落防止工等の要否を検討する。また、既に対策が施された箇所で浮きが確認された場合も、監督職員と協議の上、はく落対策の張り替え等の要否を検討する。

10.2 遮音壁のボルト等

10.2.1 調査概要

遮音壁のボルト等について、近接目視によりその健全性を確認し、ボルトのゆるみ、腐食などにより第三者被害の恐れがある場合は、対策方法について監督職員と協議する。

評価方法は、「付録-1 損傷評価基準 ③ゆるみ・脱落」に準じる。

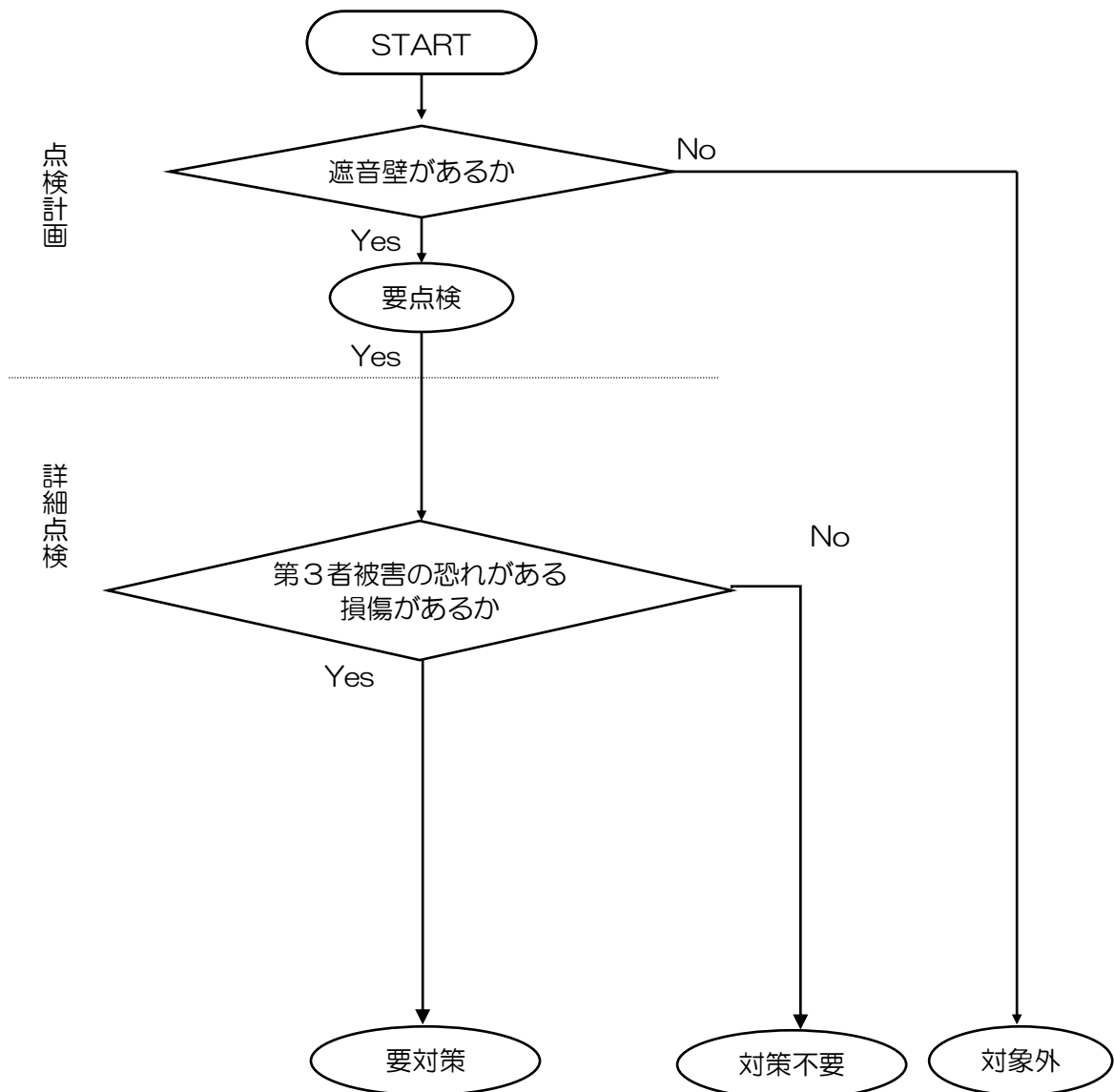


図-10.4 第三者被害抑止調査のフロー（遮音壁のボルト）

10.3 照明灯

10.3.1 調査概要

照明灯について、近接目視によりその健全性を確認し、柱溶接部の亀裂、基部腐食などにより第三者被害の恐れがある場合は、対策方法について監督職員と協議する。

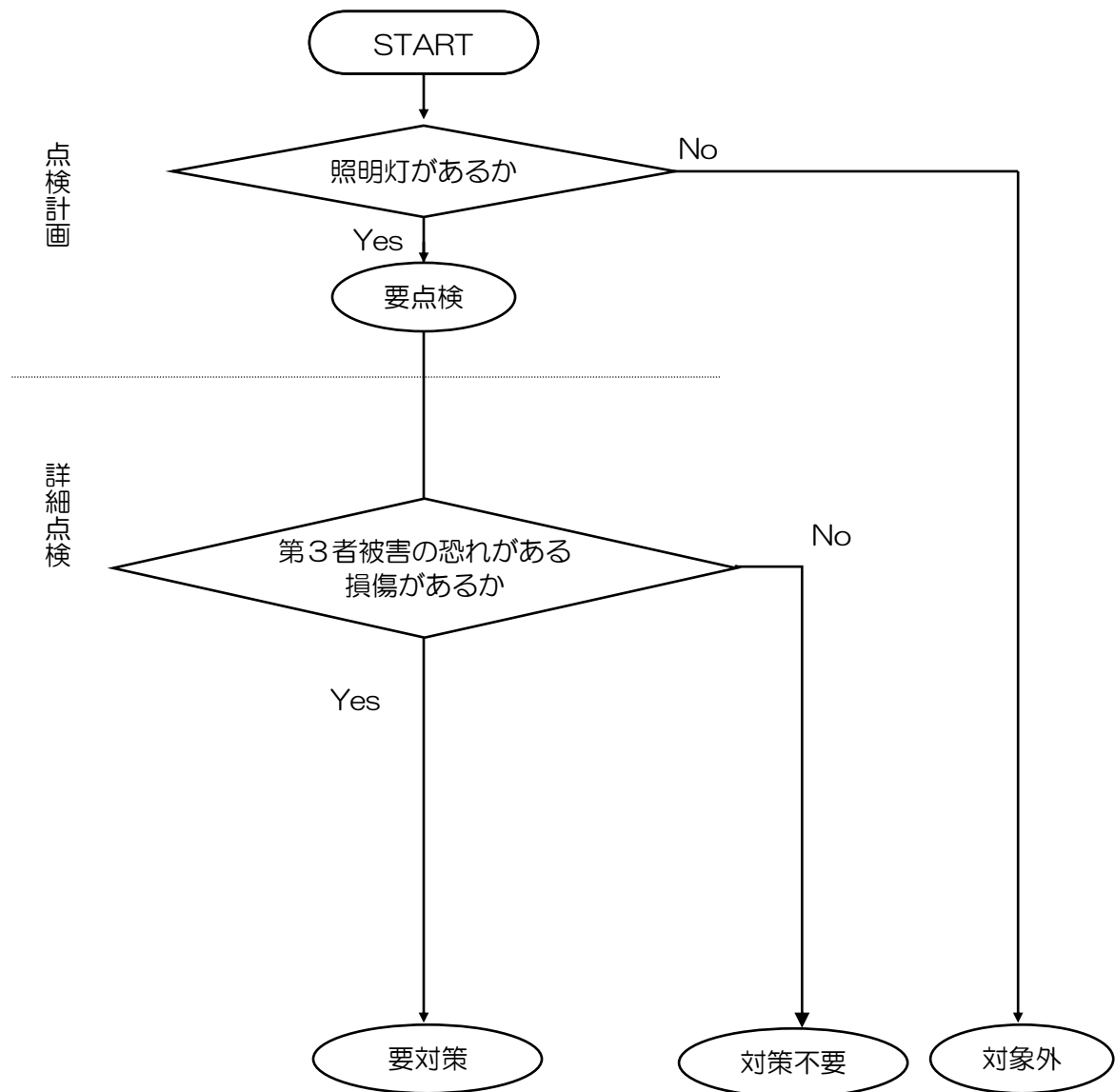


図-10.5 第三者被害抑止調査のフロー（照明灯）

10.4 標識柱

10.4.1 調査概要

標識柱について、近接目視によりその健全性を確認し、ボルトのゆるみ、基部腐食などにより第三者被害の恐れがある場合は、対策方法について監督職員と協議する。

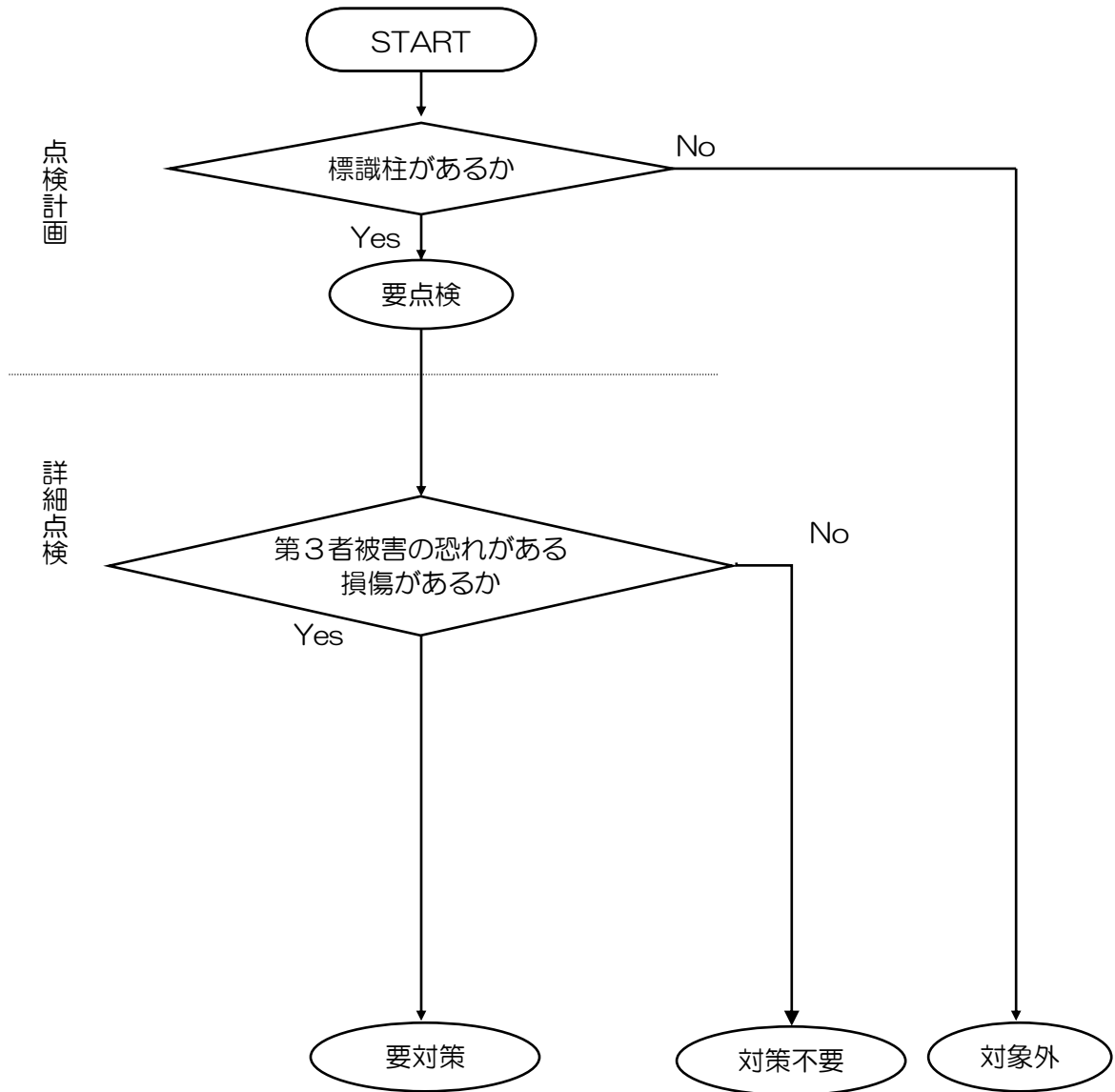


図-10.6 第三者被害抑止調査のフロー（標識柱）

11 BOX構造内部調査

11.1 調査概要

BOX 構造内部については、結露、滞水などにより厳しい腐食環境となる場合がある。本詳細調査では、BOX 構造の内面を調査する。

詳細調査の方法は外面の点検（詳細点検）と同じとするが、BOX 内部は通常閉塞されていることから必ず事前に内部の状況を確認し、換気、照明、足場等の仮設および安全管理計画を立案するものとする。

特に鋼床版の場合は、鋼床版面に亀裂がある可能性があるため、必ず鋼床版面に近接目視し、亀裂の有無を確認すること。

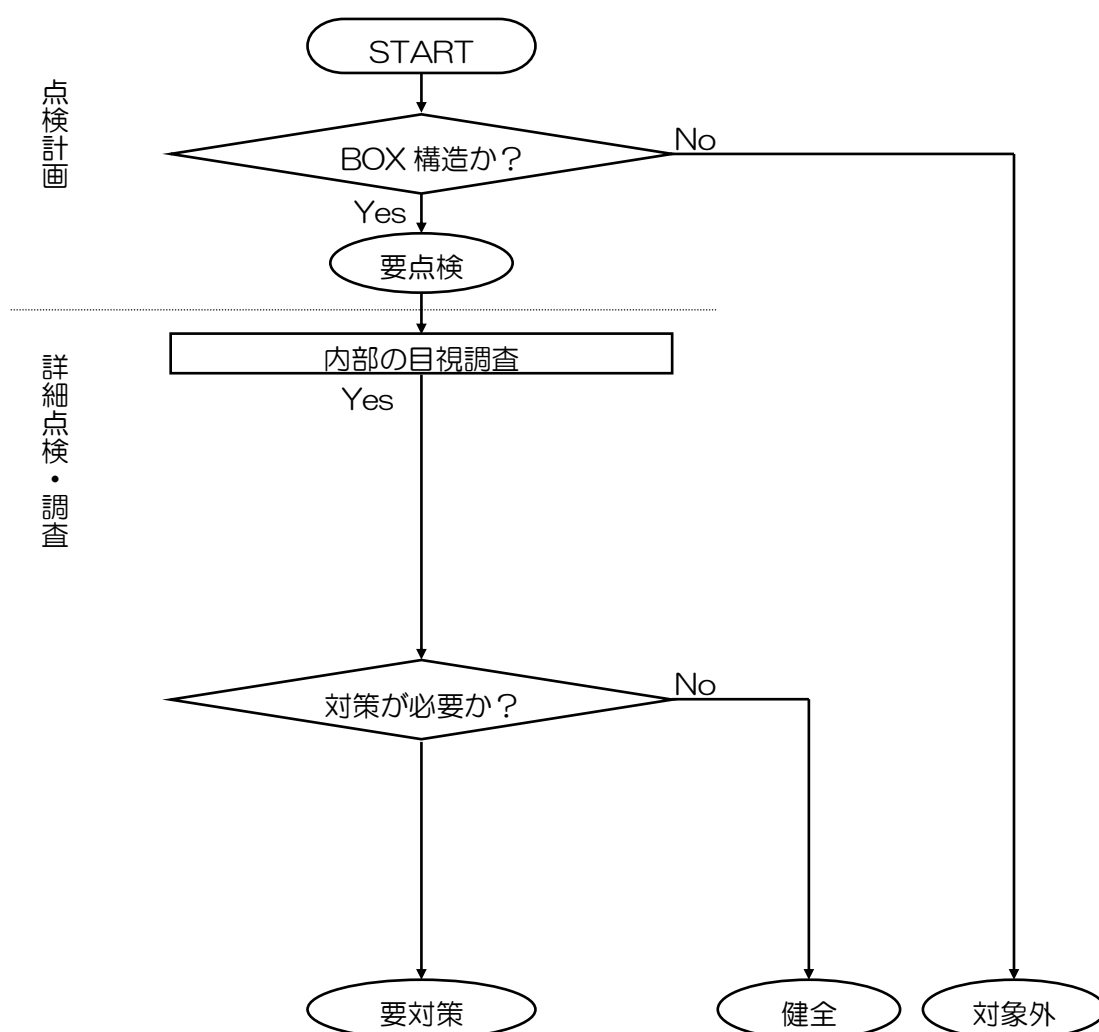


図-11.1 BOX 構造内部調査のフロー

点検計画の方法：構造を確認し、BOX 構造であれば要調査、なければ対象外とする。

詳細点検の方法：BOX 内面を目視調査する。

：BOX 内面の目視調査を記録する。

11.2 調査方法および評価方法

BOX構造内部調査の方法と評価方法を以下に示す。

1) 使用器具および材料

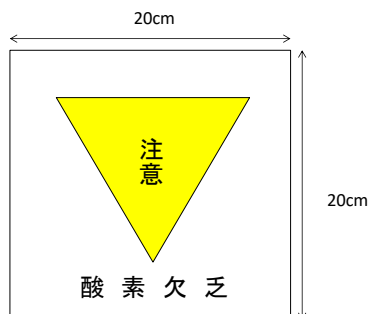
- ① カメラ：フラッシュ付で暗所で撮影できるもの。
- ② スケッチ用具
- ③ 必要な仮設機器：換気設備、照明設備、足場等

2) 調査方法

- ④ 事前に現場と内部の状況を確認し、仮設および安全管理計画を立案する。
- ⑤ 目視によって損傷の有無を確認し、損傷が確認された場合は損傷展開図として記録するとともに、写真撮影を行う。
- ⑥ 損傷が確認された場合は損傷評価および原因の究明を行った上で、対策の必要性を判断する。

3) その他留意点

箱桁内部に進入する際は、マンホールの酸素欠乏等危険場所の標識の貼り付け有無を確認し、標識が無い場合は貼り付けを行うこと。



酸素欠乏等危険場所の標識（第1種用）

12 ケーブル詳細調査

12.1 ケーブル腐食調査

12.1.1 調査概要

本調査ではケーブルの腐食調査を実施する。

ケーブルの腐食調査方法には近接目視による方法、渦流探傷法や全磁束法等の非破壊調査及び開封検査による微破壊検査があるが、詳細調査では構造物に与える影響が少ない渦流探傷法による非破壊検査で調査することを基本とする。

渦流探傷法では目視により錆汁やケーブルカバーの損傷があった歩道橋のケーブルに対して実施する。本手法ではケーブル内または同種ケーブル間での相対評価による腐食可能性の最大箇所を抽出することを目的とする。

渦流探傷法で最大箇所を抽出した箇所は、その腐食量を調査することとし、腐食量の調査は全磁束法または開封検査で実施する。

全磁束法では計測機器の適用範囲が限定的である。ケーブル径（被覆含む）が125mm以下の場合には適用可能であるが、それ以上のケーブル径の場合には対応可能かどうかを調査する必要がある。

全磁束法で対応不可能な箇所や全磁束法での調査結果でE判定となった場合は開封検査を行う。開封検査にあたっては、復旧箇所に水が溜まり損傷の要因となる可能性があるため、復旧を行う際は十分な止水対策を行うとともに、開封検査時にはなるべく開封範囲を少なくし、不必要なダメージを与えないことに留意する必要がある。

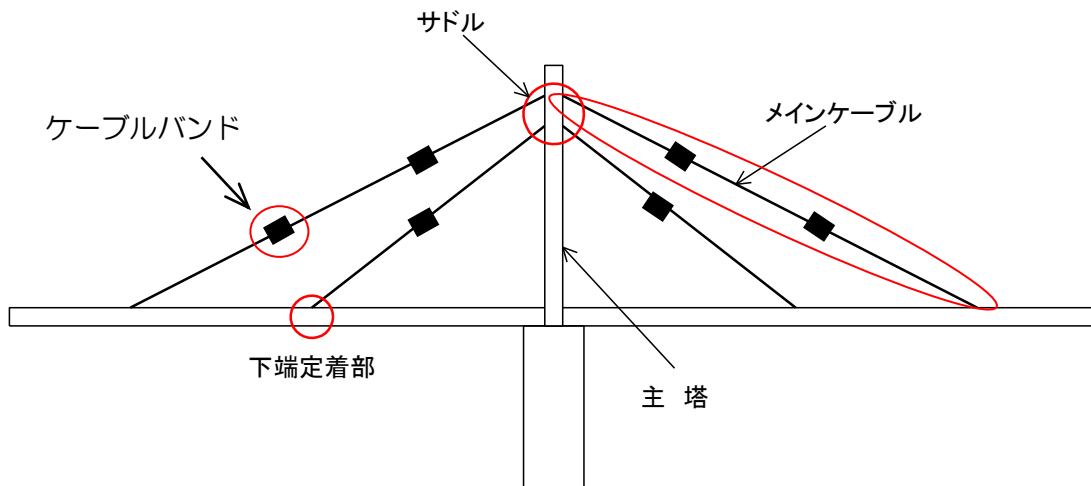


図-12.1 ケーブルを有する長大橋の調査着目箇所

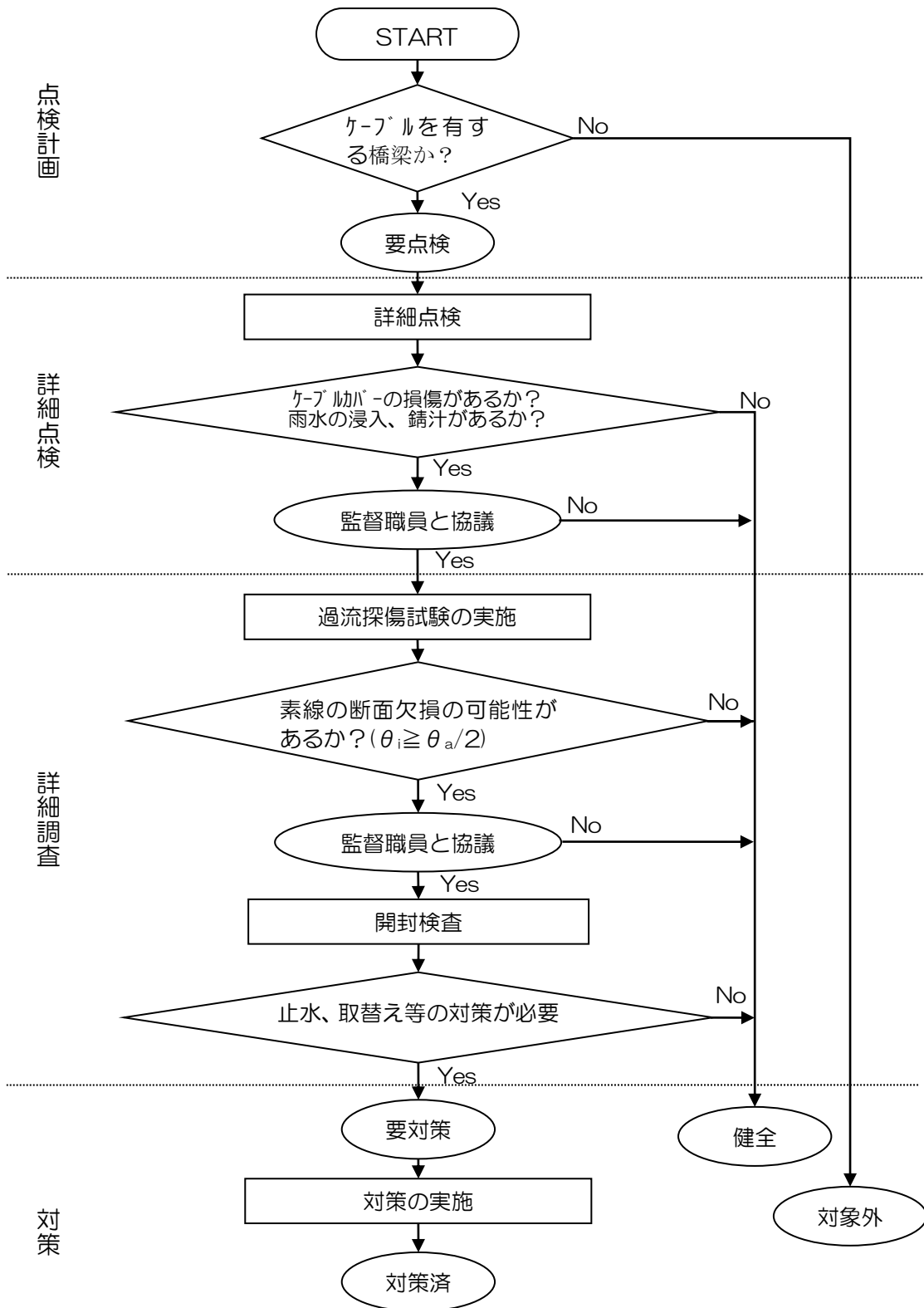


図-12.2 ケーブル腐食調査のフロー

点検計画の方法：ケーブルを有する歩道橋かを確認し、ケーブルを有していれば要調査、なければ対象外とする。

詳細点検の方法：目視によってケーブルカバー、ケーブル定着部、ケーブルバンドなどから錆汁や漏水の有無を確認し、無ければ健全、あれば監督職員と協議の上、要調査対象を選定する。

詳細調査の方法：腐食が懸念されるケーブルを有する歩道橋に対し、全ケーブルの過流探傷調査を行う。素線の断面欠損が懸念される場合は最大箇所1箇所に対して全磁束法による調査または開封検査を行い腐食量の確認を行う。

対策の方法：必要な対策手法の検討を行う。

12.2.2 調査方法および評価方法

ケーブル腐食調査の方法と評価方法を以下に示す。

1) 過流探傷調査

(1) 使用器具および材料

- ① 過流探傷測定機器：（図-12.3参照）
- ② 記録装置：記録装置は、探傷器から得られたデジタル出力を記録するもので、目的に適した方式、性能を持つものとする。
- ③ 発電機：調査に必要な電力が得られる性能を持つものとする。

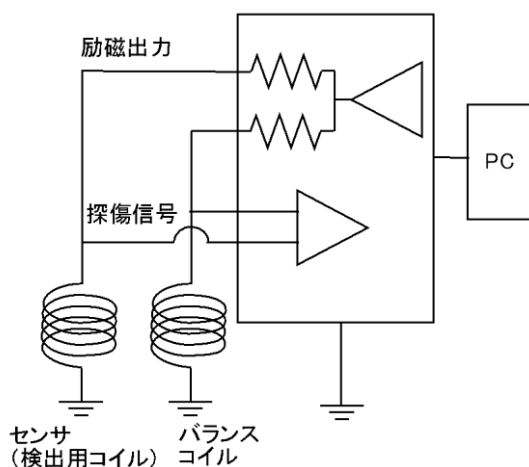


図-12.3 過流探傷調査用機器構成



写真12.1 過流探傷法測定状況

(2)測定方法

図-12.3の渦流探傷調査用機器のうち、センサーをケーブルに設置し、ケーブル上端から下端までを移動させて計測する。ケーブル上端が計測困難な場合は相対評価の可能な範囲（最低下端より高さ 10m）は調査を実施すること。

3) 評価

① 方法 I : 腐食可能性判定

センサーはあらかじめ、亜鉛めっきのある素線とない素線で計測を行い、図 12.4 に示す交流電流を流した場合に計測される電圧の X 成分と Y 成分データによる腐食評価基準グラフを作成する。そのグラフ上に計測データをプロットして腐食の可能性について評価を行う。

腐食の可能性に関しては亜鉛めっきなしのラインと亜鉛めっき有りのラインからなる角度 θ_a と、亜鉛めっきありのラインと計測データとの最大角度 θ_i で評価する。

評価式： $\theta_i \geq \theta_a / 2$: 腐食可能性有り

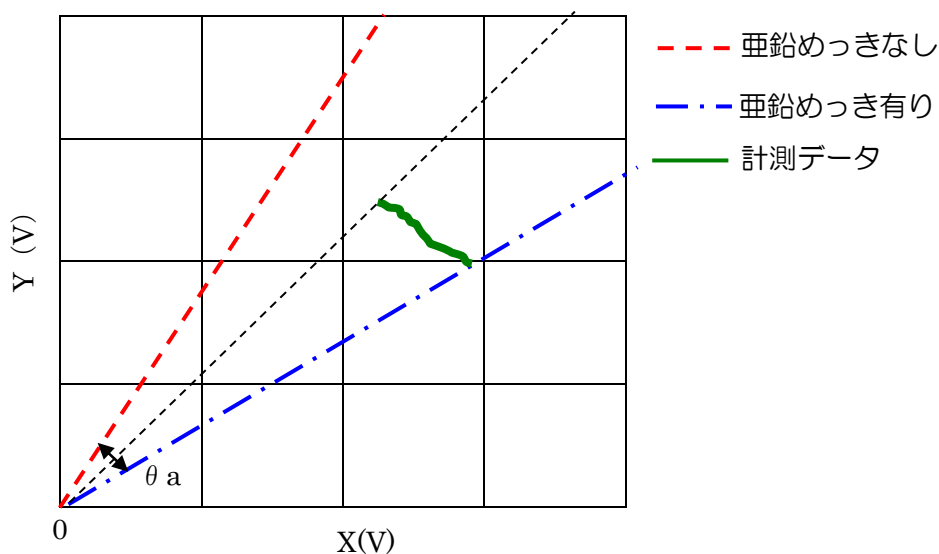


図-12.4 腐食評価基準グラフ

※なお、今回示している評価式は、平成 23 年度業務で実施した試行点検で確認された範囲で、開封の結果が表面錆であったことを根拠にしている。

② 方法Ⅱ：腐食最大位置の判定

計測されたデータの相対評価で腐食の可能性及び最大箇所を評価する。図 12.5 に示す電圧変化グラフを作成し、同一ケーブル内の相対的な変化で最大位置を確認する。最大位置の確認の際には、電圧変化グラフのX軸およびY軸のデータからそれぞれ最大位置を確認し、両軸での最大位置を照合する。なお、素線以外の磁性体の存在がある場合はデータが変化する可能性があるため、それらのデータを除外すること。

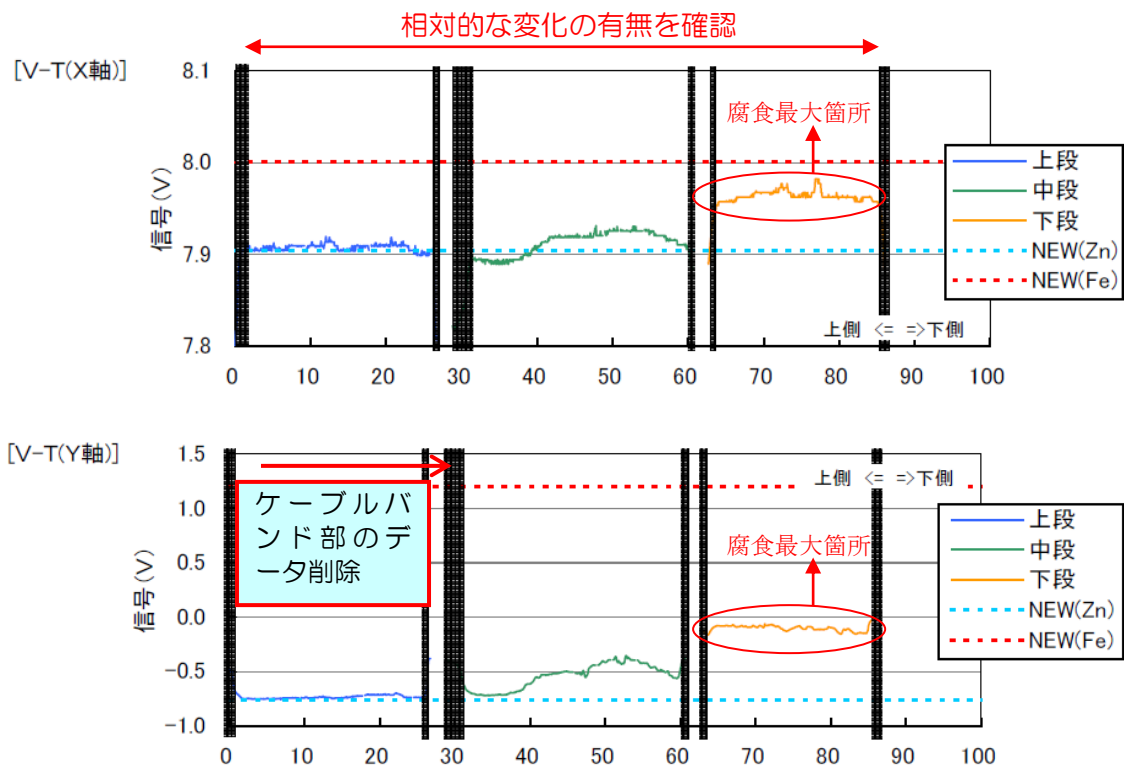


図-12.5 電圧変化グラフ

4) 開封調査

(1) 使用器具および材料

- ① 開封用機材：素線を傷つけないような機材とする。
- ② 楔：木製のものとする。
- ③ 復旧材料：磁性体でなく、耐久性・水密性に優れた材料とする。

(2) 調査方法

開封調査は開封範囲を 1.5m程度とする。開封する際には両端にケーブル止めを設置し、ケーブルカバーが損傷しないよう留意すること。

開封した箇所を写真撮影するとともに、腐食の状態（表層、内部）・腐食範囲・断面欠損の有無（孔食含む）を詳細に目視で確認する。

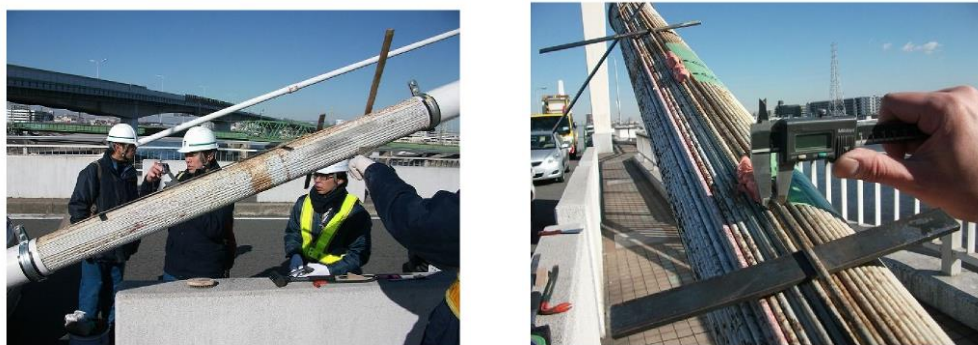


写真 1 2.2 開封調査状況

5) 評価方法

ケーブルの素線は腐食により孔食による断面欠損が生じると著しく耐力が低下するとともに、特に疲労や延性に影響が生じる。したがって、腐食の評価は、断面欠損のある素線の本数の全体との比率で評価を行う。

表 1 2.2 ケーブル調査評価基準

損傷区分	評価基準
a	・変状なし
b	・点錆がある
c	・表面錆のある素線が全体の 30%未満
d	・表面錆のある素線が全体の 30%以上
e	・破断している素線がある ・断面欠損量が素線断面積の 5%以上

12.2.3 復旧方法

磁性体でなく、耐久性・水密性に優れた材料とする。

参考に防食テープによる復旧方法を示す。

酸化重合硬化型防食テープによる防食テープ巻きとその上から FRP 補強を行う。

既存 FRP カバーとの取合い部はFRPカバーにラップし、雨水等の浸入防止を図る。

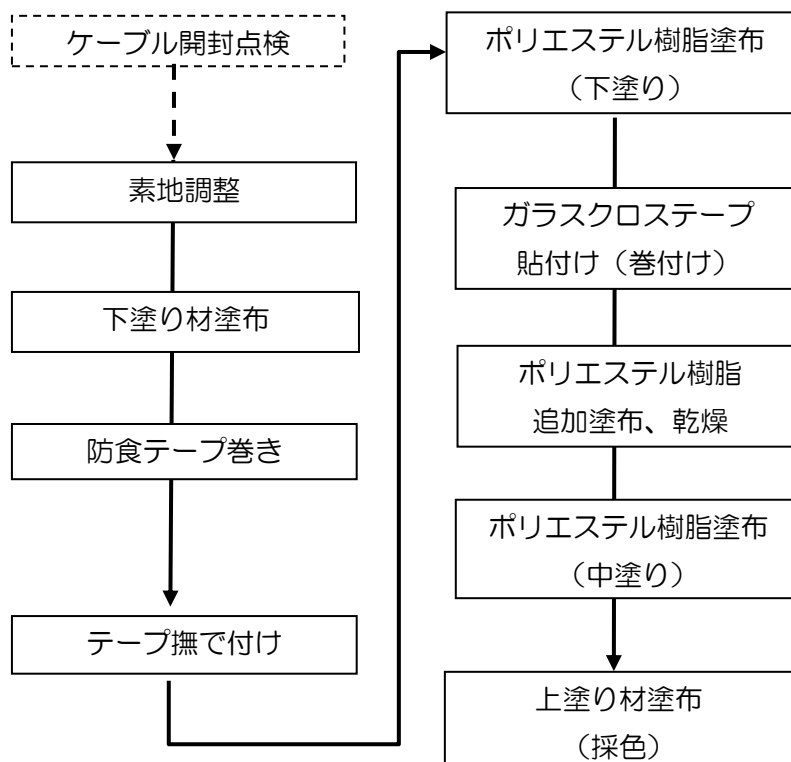


図12.6 ケーブル復旧フロー



下塗り材塗布



防食テープ巻き付け



ガラスクロステープ巻き付け



樹脂塗布含浸（FRP下塗り工程完了）



乾燥硬化後ペーパー掛け



上塗り材塗布（1回目）

写真12.3 ケーブル復旧状況

12.3 ケーブル張力調査

12.3.1 調査概要

本調査では振動計によりケーブルの振動を計測する。

計測された振動の固有周期より張力を推定する。建設当初から、または、初回計測データとの比較により、張力の変動がないかをモニタリングする。

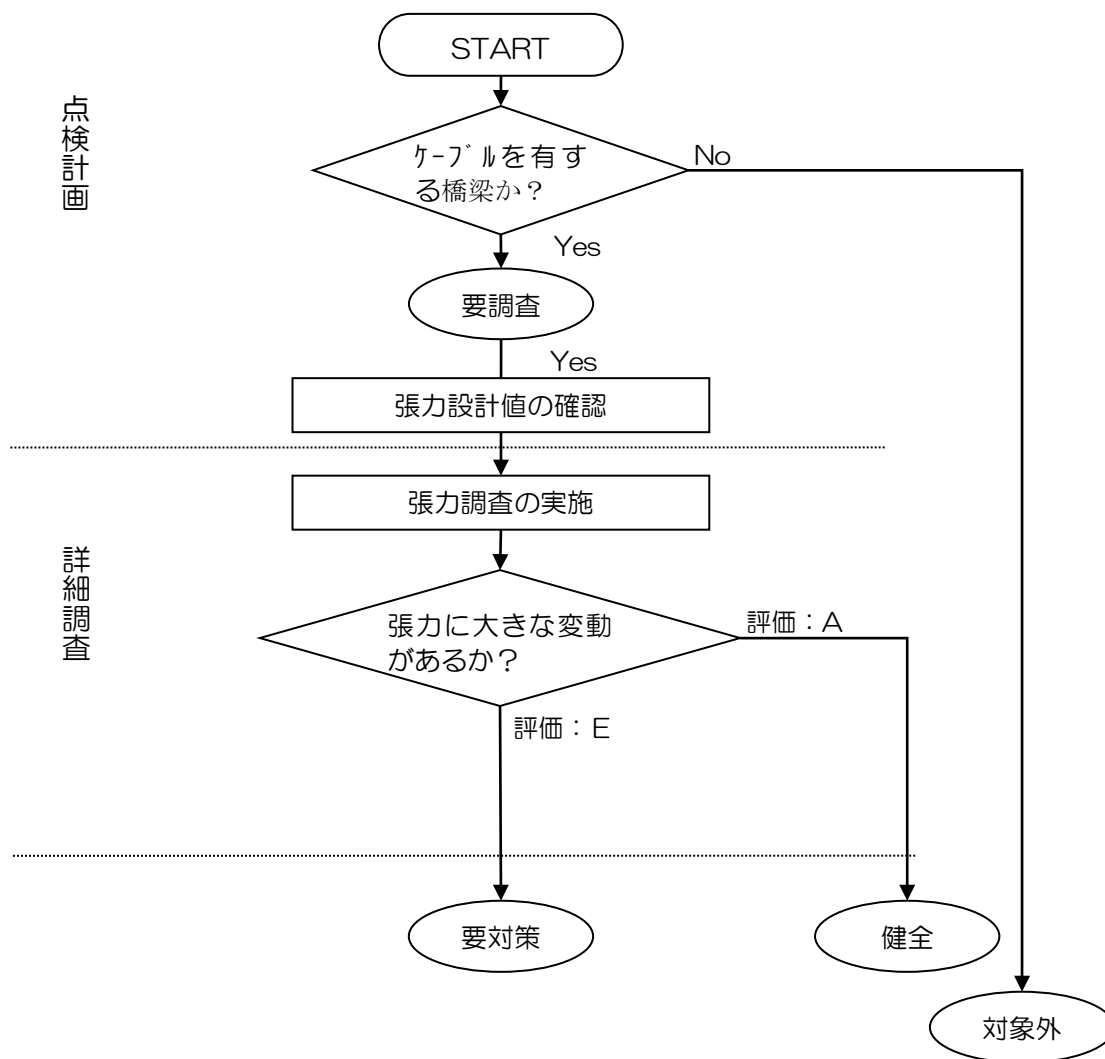


図12.7 ケーブル張力調査フロー

点検計画の方法：ケーブルを有する歩道橋かを判定し、該当しなければ除外する。

詳細調査の方法：構造計算書および竣工図から建設当時の張力を調査し、振動計測から求められる張力と比較を行い変動がないかを確認する。2回目以降の調査では、初回計測で求められた張力と比較を行う。

対策の方法：対策が必要な場合は、対策手法の検討を行う。

12.3.2 調査方法および評価方法

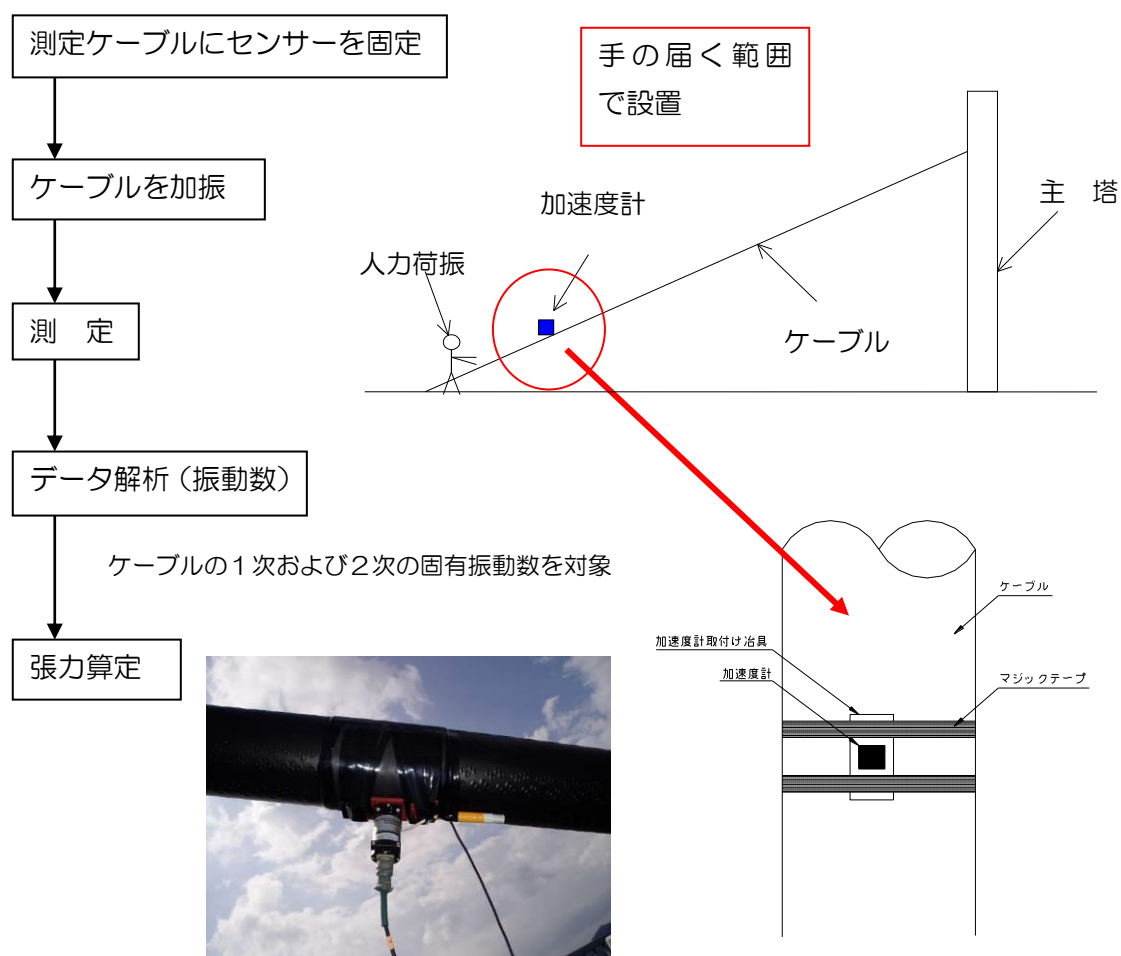
ケーブル張力調査の方法と評価方法を以下に示す。

1) 使用器具および材料

- ① 加速度計：対象歩道橋のケーブル規模により、求める振動を調査できるもの。
- ② 記録装置：記録装置は、探傷器から得られたデジタル出力を記録するもので、目的に適した方式、性能を持つものとする。
- ③ 発電機：調査に必要な電力が得られる性能を持つものとする。

2) 測定方法

測定ケーブルに加速度計センサーを取り付け、人力による強制加振もしくは風・大型車両などによる常時微動により直接ケーブルの振動特性(固有振動数)を計測する。この固有振動数とケーブルの張力との関係は弦理論で算定できるため、固有振動数を測定し張力を算出するものである。



3) 評価方法

求められた振動波形から固有値解析を行い、1次または2次モードの振動周波数(Hz)を算定する。算定された振動周波数を以下の式に代入し張力を求める。

$$\left. \begin{aligned}
 T &= \frac{w}{g}(f_2 l)^2 \left\{ 1 - 4.40 \frac{C}{f_2} \right\} && (60 \leq \xi) \\
 T &= \frac{w}{g}(f_2 l)^2 \left\{ 1.03 - 6.33 \frac{C}{f_2} - 1.58 \left(\frac{C}{f_2} \right)^2 \right\} && (17 \leq \xi \leq 60) \\
 T &= \frac{w}{g}(f_2 l)^2 \left\{ 0.882 - 85.0 \left(\frac{C}{f_2} \right)^2 \right\} && (0 \leq \xi \leq 17)
 \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

- T : 張力(kN)
- A : 係数(N/s²)
- w : 単位重量(0.0125 kN/m)
- ℓ : ケーブル長さ(m)
- g : 重力加速度
- E : ヤング率(N/m²)
- I : 断面二次モーメント(m⁴)
- F2 : ケーブルの逆対称1次固有振動数(2次)

上式(1)は、ξの値により使用する式が異なるため、推定張力からξを算出して各ケーブルに適合する式を確定する。

$$C = \sqrt{\frac{EIg}{wl^4}}, \xi = \sqrt{\frac{T}{EI}}$$

求められた張力と建設当初または初回計測張力と比較を行い、変動がないかを確認する。このとき、変動量が多い場合には変動要因について特定し、必要に応じ対策するのが望ましい。以下に変動の大きい場合の判定例を示すが、現地状況に応じて適宜検討を行い判定するのが望ましい。

表 12.3 ケーブル張力調査評価基準

損傷区分	評価基準
a	・変化なし
b	—
c	—
d	—
e	設計値と比較の場合 : ±15%以上の変動 建設時導入値と比較の場合 : ±10%以上の変動 初期計測値と比較の場合 : ± 5%以上の変動

参考文献一覧

- 1) (社) 日本鋼構造協会、鋼橋塗膜調査マニュアル、JSS IV-03、1993 年
- 2) (社) 日本非破壊検査協会、ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法 NDIS 3419 1999、1999 年
- 3) 国土交通省道路局国道・防災課、橋梁定期点検要領(案)、平成 16 年 3 月、pp.18
- 4) (社) 日本コンクリート工学協会、JCI 規準集(1977-2002)、2002 年
- 5) (社) 日本コンクリート工学協会、コンクリートの診断技術 基礎編、2001 年
- 6) (社) 日本道路協会、鋼橋の疲労、平成 9 年 5 月
- 7) 国土交通省道路局国道課、鋼製橋脚隅角部の疲労損傷臨時点検要領、平成 14 年 5 月
- 8) (社) 日本鋼構造協会、土木鋼構造物の点検・診断・対策技術、2005 年
- 9) (社) 日本コンクリート工学協会、コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに規準(案) JCI-SC8、1987 年 4 月
- 10) (社) 日本コンクリート工学協会、コンクリートの診断技術 基礎編、2001 年
- 11) (独) 鉄道総合技術研究所、鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) コンクリート構造物、平成 19 年 1 月
- 12) (社) 日本道路協会、鋼橋の疲労、平成 9 年 5 月
- 13) (社) 日本鋼構造協会、土木鋼構造物の点検・診断・対策技術、2005 年
- 14) (財) 道路保全技術センター、橋梁点検・補修の手引き、平成 13 年 7 月
日本道路公団、コンクリート片はく落防止対策マニュアル、平成 12 年 11 月