

付録-3 詳細調査要領

目 次

1. コンクリートの健全性調査	1
A-1 中性化深さ調査	2
A-2 圧縮強度試験	5
B アルカリ骨材反応調査	8
C 塩害調査	11

1. コンクリートの健全性調査

コンクリートの健全性を調査するため、中性化深さ調査を実施する。また、中性化深さが過大な施設は、コンクリートの品質の低下が懸念されるため、圧縮強度調査を実施する。

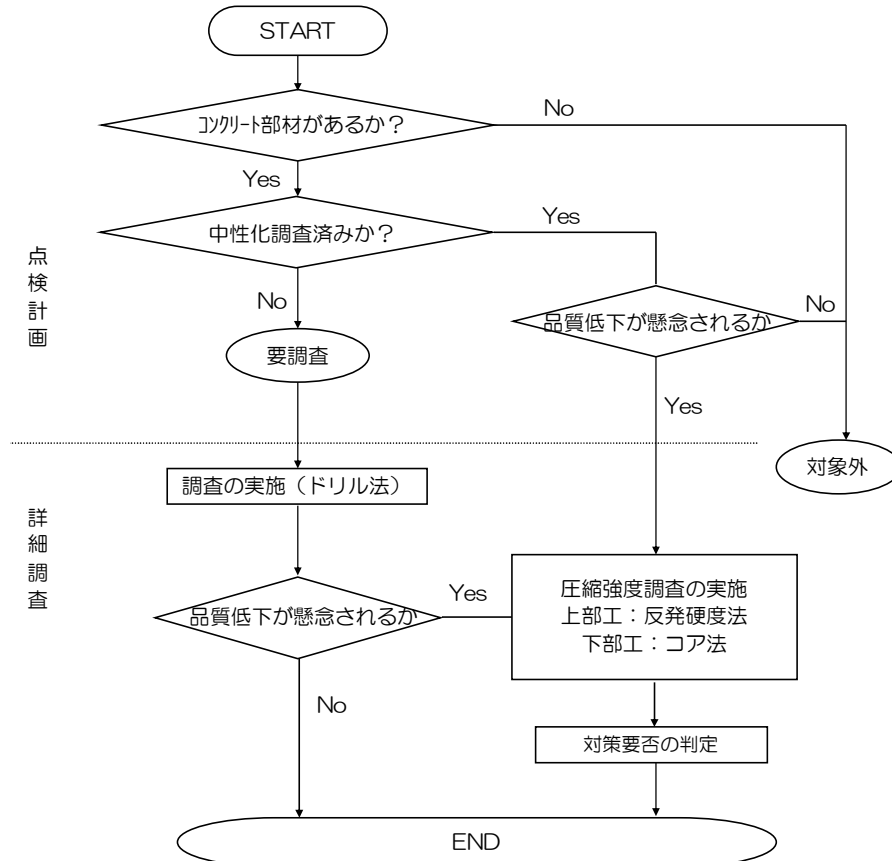


図-1.1 コンクリートの健全性調査のフロー

[点検計画の方法]

中性化深さ調査：主構造におけるコンクリート部材の有無を判定し、コンクリート部材があれば要調査、無ければ対象外とする。コンクリート部材は、床板、側壁を対象とする。調査箇所は、それぞれ1箇所とする。

圧縮強度調査：過年度実施された中性化深さ調査において、コンクリートの品質低下が懸念されるコンクリートに対し、圧縮強度試験を実施する。調査要否は、中性化試験結果より判断する。

[詳細調査の方法]

中性化深さ調査：ドリル法により中性化深さを測定する。

圧縮強度調査：調査は原則としてシュミットハンマーによる反発硬度より圧縮強度を調査する。ただし、中性化深さ調査において、品質低下が著しく懸念される場合は、コア採取により圧縮強度室内試験を実施し、圧縮強度を調査するため、監督職員と協議すること。

A-1 中性化深さ調査

・調査概要

中性化深さの詳細調査では、ドリル法による中性化深さ試験を実施する。

コンクリートの中性化深さの測定方法にはコア法やはつり法等があるが、詳細調査では構造物に与える影響が少ない簡易なドリル法によって測定する。

試験の実施者は、紅色についての色覚が正常であり、コンクリート構造物およびその劣化に関する知識を十分に有している必要がある。

・試験方法および評価方法

(1) 使用器具および材料

- ① 電動ドリル：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 10 mm のもの。
- ③ ノギス：JIS B 7507 に規定する M 形ノギスで、最大測定長が 150 mm または 200 mm のもの。
- ④ ろ紙：JIS P 3801 に規定するろ紙で、直径が 185 mm 程度のもの。
- ⑤ フェノールフタレイン
：JIS K 8799 に規定するフェノールフタレイン。
- ⑥ エタノール：JIS K 8102 に規定する 1 級。
- ⑦ 水：蒸留水又はイオン交換水。
- ⑧ 試験液：JIS K 8001 に従って調製した 1% フェノールフタレインエタノール溶液。エタノール(95) (JIS K 8102) を 90ml はかり取り、その中にフェノールフタレインを 1.0g 加え、更に、100ml になるまで水を加えて調製する。

参考：試験液の調製方法は、JIS K 8001 に従うことを原則とするが、JIS K 8101 に規定するエタノール(99.5)を使用し、以下の方法により調整しても良い。
エタノール(99.5) (JIS K 8101) を 85ml はかり取り、その中にフェノールフタレインを 1.0g 加え、更に、100ml になるまで水を加えて調製する。

(2) 測定方法

- ① 試験箇所にモルタルあるいはタイルが貼ってある場合は予めそれらを剥がし、コンクリート面を露出させておく（備考 1）。
- ② 試験紙は、ろ紙に噴霧器等を用いて試験液（1% フェノールフタレインエタノール溶液）を噴霧し吸収させる。
- ③ 試験操作は 2 名の技術者により行う。一人の技術者は、電動ドリルをコンクリート壁面・柱・梁などの側面に直角に保持し、ゆっくり削孔する。他の技術者は、削孔開始前に、試験紙を削孔粉が落下する位置に保持し、落下した削孔粉が試験紙の一部分に集積しないように試験紙をゆっくり回転させる。落下した削孔粉が試験紙に触れて紅色に変色したとき、直ちに削孔を停止する（備考 2）。
- ④ ドリルの刃を孔から抜き取り、ノギスのデプスバーと本尺の端部を用いて孔の深

さをmm単位で小数点以下一桁まで測定し、中性化深さとする。

- ⑤ 試験する箇所は依頼者と協議して定めるが、特定箇所の中性化深さを求める場合は、相互に 3cm 程度離れた削孔 5 箇所について試験を行い、最小値と最大値を除く 3 箇所の平均値を中性化深さとする。

備考 1 モルタル又はタイル貼り仕上げで、下地コンクリートの中性化深さが明確に判定できる場合は、予め仕上げを剥離することなく試験を実施してもよい。

備考 2 ③の作業が技術者 1 名で行えるような器具を用いる場合は、技術者 1 名で試験を実施してよい。

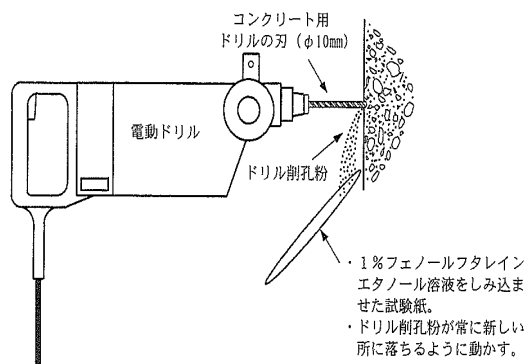


図-1.2 ドリル削孔粉を用いた
中性化深さ試験

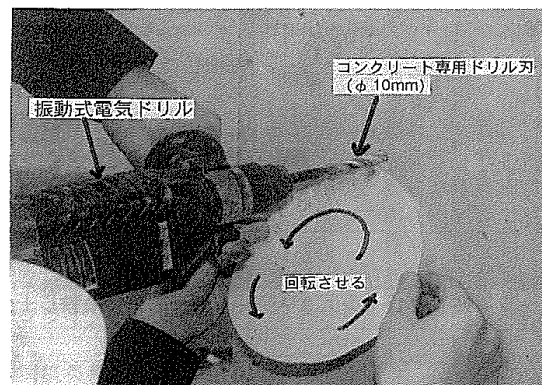


図-1.3 ドリルによるろ紙の動かし方



図-1.4 試験技術者の作業姿勢



図-1.5 削孔深さの測定状況

(3) 評価

特定箇所の中性化深さを求める場合は、削孔 3 個の平均値を算出し、小数点以下一桁に丸めて平均中性化深さとする。

削孔 3 個の値は、それらの平均値からの偏差が±30%以内でなければならない。削孔 3 個の値のうち、いずれかの値の偏差が± 30%を越える場合は、粗骨材の影響が考えられるため、新たに 1 孔を削孔し、削孔 4 個の平均値を求めて平均中性化深さとする。また、新たに削孔した 4 個目の値の偏差が、最初の 3 個の平均値に対して±30%を越える場合は、更に 1 孔を削孔する。この場合は、削孔 5 個の平均値を平均中性化深さとする。(備考3)

備考3 平均値からの偏差(%)=[(個々の値－平均値)／平均値]×100

コンクリートの品質の低下が懸念される施設の抽出にあたっては、コンクリート最低設計基準強度の 18N/mm^2 (道路橋示方書 I 共通編) を想定し、これを下回るコンクリートは、コンクリートの品質低下が懸念されると判断する。

セメント水比とコンクリートの圧縮強度は、直線関係にあることから、

$f_c=18\text{N/mm}^2$ となる時の水セメント比を実験データより導くと、水セメント比が 83%の時に、最低設計基準強度を下回る計算となる。

そこで、水セメント比が 83%を下回ると考えられる施設を抽出し、コンクリートの圧縮強度を確認することで健全性の評価を行うこととする。

具体的には、経過年数に対する中性化深さが、水セメント比 83%のコンクリートの中性化進行予測値を上回る施設を抽出する。(図 1.6 黄色範囲部)

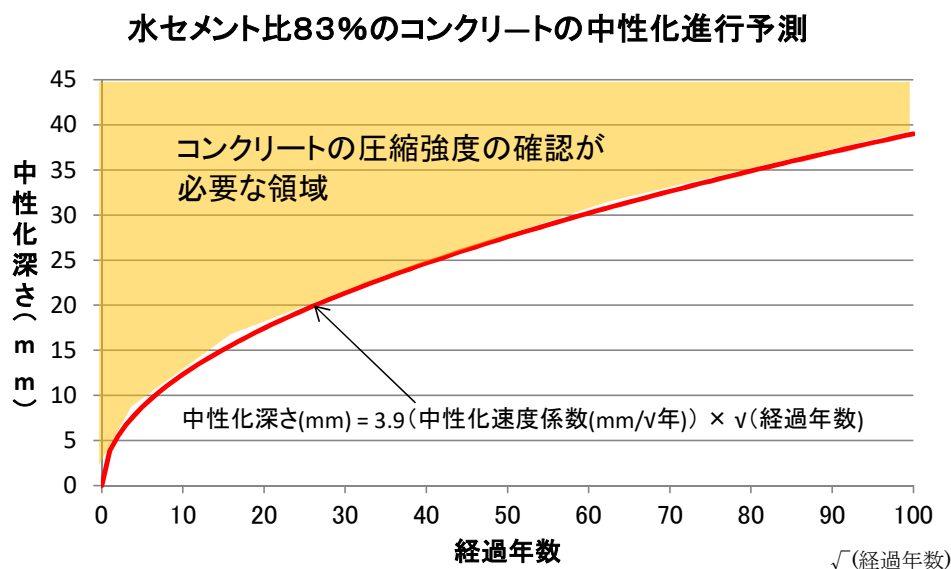


図-1.6 水セメント比 83%のコンクリートの中性化進行予測

(4) 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。

A-2 圧縮強度試験

・調査概要

上部工においてはシュミットハンマーによる反発硬度より圧縮強度を、下部工においてはコア採取により圧縮強度室内試験を実施し、圧縮強度を調査する。

・シュミットハンマーによる反発硬度試験方法および評価方法

JSCE-G 504: 1999「硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法」に基づき、シュミットハンマーでコンクリート表面を打撃して反発硬度を測定し、その反発硬度からコンクリート圧縮強度を推定する。

1 箇所の測定は、互いに 3cm 以上の間隔を持った 20 点以上について測定し、全測定値の算術平均をその箇所の測定反発度(R)とする。この測定反発硬度に打撃角度補正を行った値を用いて、コンクリートの圧縮強度を推定する。

調査箇所は、「試験方法および評価方法 (3) 評価」に示される、コンクリートの品質低下が懸念される部位で実施する。

シュミットハンマーによるコンクリートの圧縮強度は、シュミットハンマー計算方法のフローチャートにより、日本材料学会の提案式、傾斜角に対する補正值を用いて算出する。

表-1.1 傾斜角による補正值

反発度 R	傾斜角に対する補正值 (ΔR)			
	+90°	+45°	-45°	-90°
10	—	—	+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

表-1.2 材令係数による補正值

材令 (日)	28	100	300	500	1000	3000
α	1.0	0.78	0.70	0.67	0.65	0.63

シュミットハンマーによる圧縮強度試験において反発硬度の測定結果とコンクリートの圧縮強度の関係は、コンクリートの材齢により変化すると考えられている。このためシュミットハンマーのマニュアル等で材齢による影響を補正するための補正係数（材令係数）が示されている場合がある。大阪市では「表-1.2 材令係数による補正值」を用いるものとするが、材齢が3000日を超える場合は上表の数値を限界値として算出する。

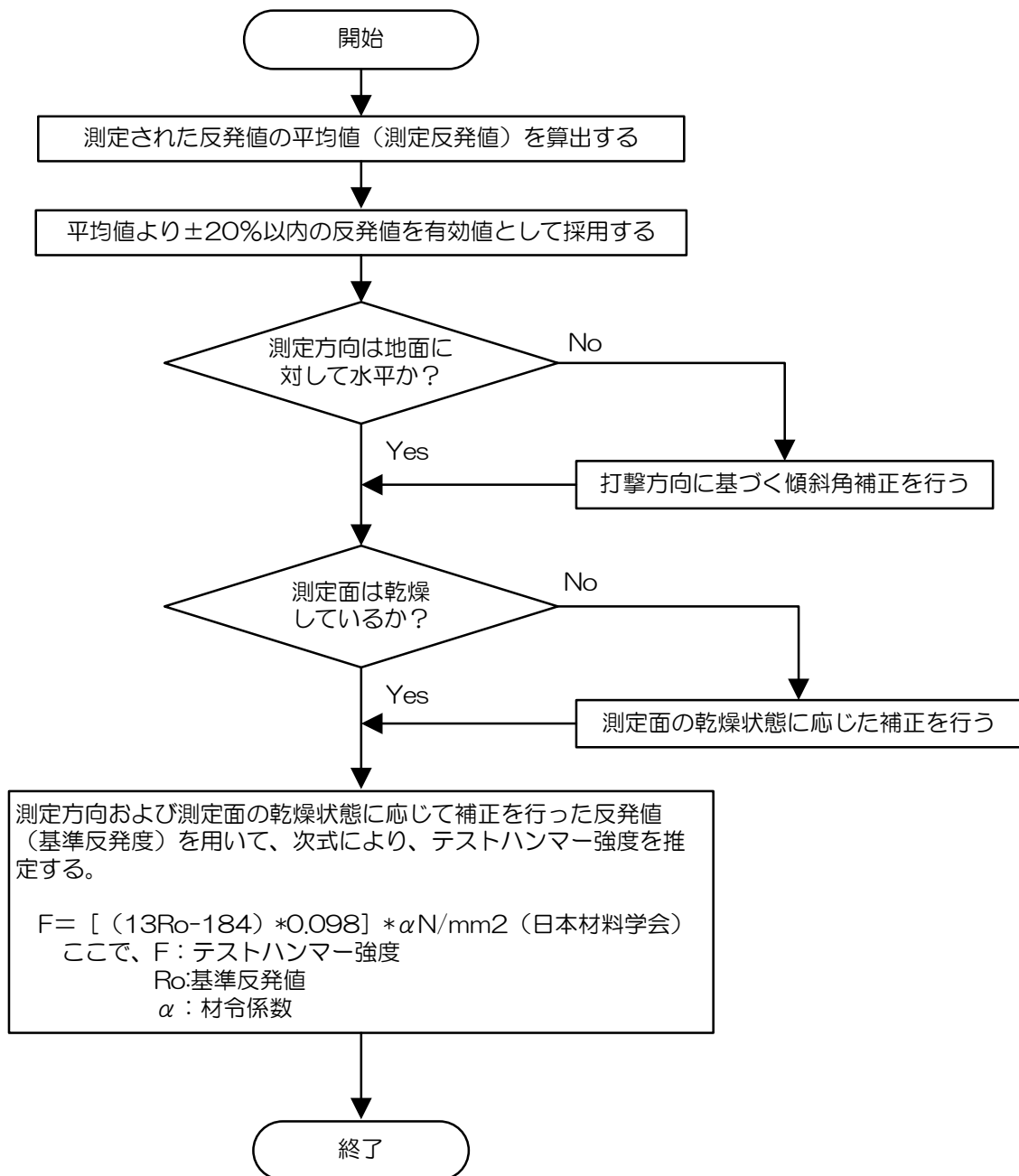


図-1.7 シュミットハンマーによる反発硬度試験フロー

・コアの圧縮試験による圧縮強度調査方法および評価方法

圧縮強度・静弾性係数の調査手法は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮試験方法」および JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」により行うことを基本とする。

試料の採取箇所は、コンクリートの表面にひび割れがないところから採取する。また、かぶりより内側の部位を整形して試料とする。（これは、一般にかぶり部はひび割れが顕著なため試料を整形することが難しいということと、部材深部の方は表面付近より強度が低い傾向があるという指摘があるためである。）

試料の寸法については、JIS A 1107 に示される規定に従う。以下に要点を示す。

- ア) コア供試体の寸法は、一般に粗骨材寸法の 3 倍以下としてはならない。
- イ) コア供試体の高さとの比は、1.90～2.10 とし、どのような場合にも 1.0 以下としてはならない。
- ウ) コア供試体の高さが直径の 2 倍より小さい場合には、試験で得られた圧縮強度に補正係数を乗じて直径の 2 倍の高さをもつ供試体の強度に換算する。

表-1.3 供試体の寸法による補正係数（JISA1107）

高さとの比 h/d	補正係数	備考
2.00	1.00	h/d がこの表に示す値の間にある場合、補正係数は補間して求める。
1.75	0.98	
1.50	0.96	
1.25	0.93	
1.00	0.89	

コア供試体の直径は 100mm が理想であるが、コア採取部の配筋状況および粗骨材の最大寸法が概ね 25mm 程度であることを勘案し、75mm(25mm の 3 倍)以上とする。

供試体の採取数量は、1 施設あたり 2 箇所とし、圧縮強度が低い場合や 2 箇所で大きくばらつきがみられた場合には、別途数量を増やすことが望ましい。

なお、削孔した孔は、試験終了後にセメントモルタル、ポリマーセメントモルタルを充填して修復する。

B) アルカリ骨材反応調査

・調査概要

アルカリ骨材反応の詳細調査では、反応性骨材か否かを確認する試験や膨張量を調べる試験を実施する。

アルカリ骨材反応は骨材がセメント内のアルカリ分と反応して膨張し、ひび割れや鉄筋破断を引き起こす損傷である。アルカリ骨材反応か否かを確認するための方法には、

- 1) 骨材の岩種および反応性鉱物の種類とその量を調べるための試験（岩石学的試験：偏光顕微鏡観察、粉末X線回折、SEM-EDXA（走査型電子顕微鏡）、赤外線吸収スペクトル分析等）
- 2) 骨材のアルカリシリカ反応性を確認する試験（化学法（JIS A 5308）、モルタルバー法（JIS A 5308）、促進モルタルバー法（ASTM C 1260）等）
- 3) 残存膨張量を捉える試験（促進養生試験（JCI-DD2））

に大別される。

本要領では、今後の進行を確認する促進養生試験によってアルカリ骨材反応か否かを判定することを基本とする。（状況によって、アルカリ骨材反応によって生じる白色析出物（反応リム）に対する二酸化珪素含有試験実施の必要性も検討する。）

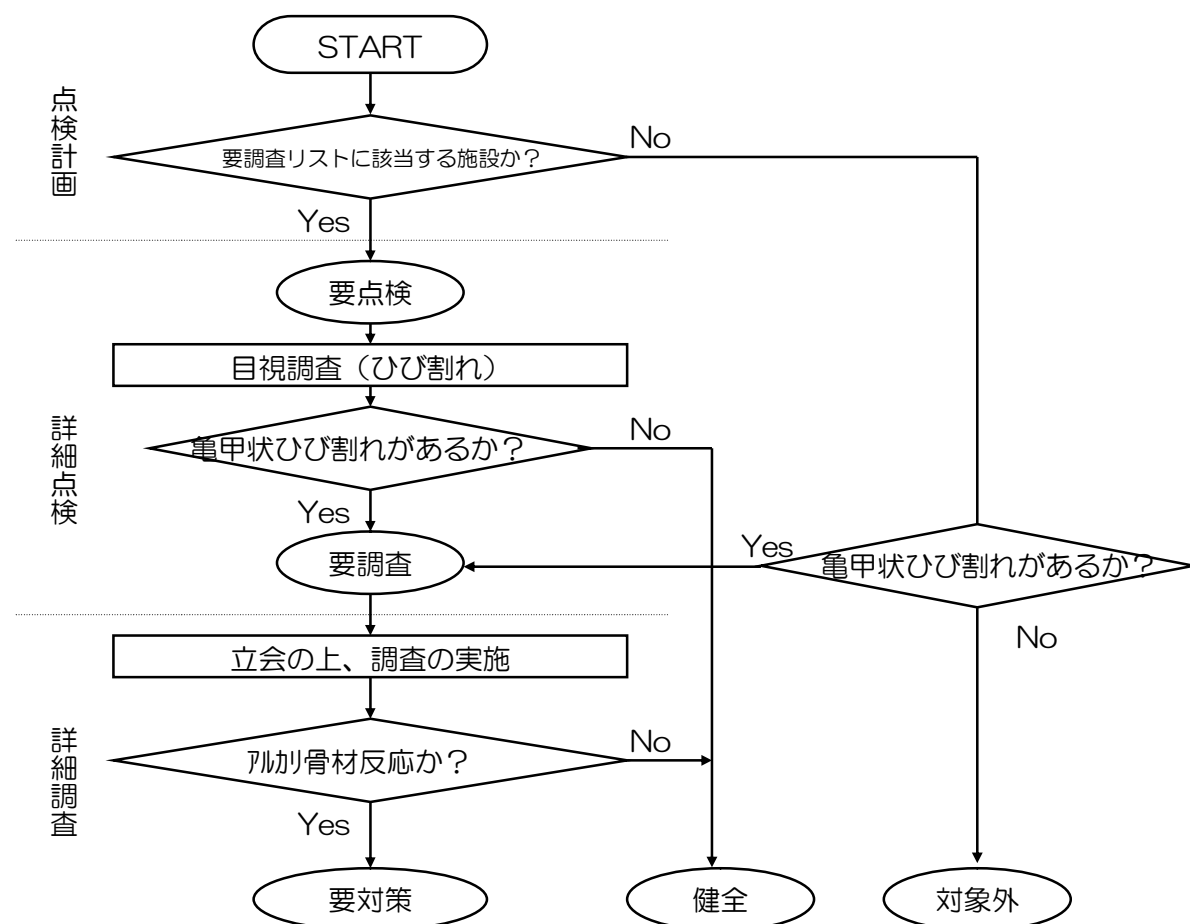


図-1.8 アルカリ骨材反応調査のフロー

点検計画の方法：コンクリート部材の有無を判定し、コンクリート部材があれば要点検、無ければ対象外とする。

詳細点検の方法：目視によってアルカリ骨材反応が懸念されるひび割れの有無を確認し、無ければ健全、あれば要調査とする。

詳細調査の方法：二酸化珪素含有試験や促進養生試験によってアルカリ骨材反応か否かを確認し、アルカリ骨材反応であれば要対策とする。

・調査方法および評価方法

以下に、促進養生試験（JCI-DD2）の内容を示す。

なお、点検工期内に完了することが困難である場合は、促進養生試験法としてカナダ法を適用してもよい。

< JCI-DD2法 >

1) 使用器具および材料

- ① コンクリートコア：直径 100mm、長さ 250mm 以上のコアが採取できるもの
- ② 湿気箱：温度 40℃、湿度 100%の条件が維持できるもの

2) 測定方法

- ① 直径 100mm、長さ約 250mm 以上のコアを採取し（JIS A 1107）、乾燥や炭酸化の影響を受けないように現地で抜き取り、直ちに厳重に密封し試験室に運ぶ。
- ② 供試体に金属製バンドを取り付け、恒温室内にて膨張量を測定した後、温度 40℃、相対湿度 100%の湿気箱にて残存膨張量を測定する。

3) 評価

上記の測定で 0.1%以上の膨張量が確認できた場合に残存膨張性ありと判定する。

4) 修復

コンクリートコアを採取した孔は、採取後にポリマーセメント等によって修復する。
採取本数については、現地状況に応じて採取すること。

＜カナダ法＞

1) 使用器具および材料

- ① コンクリートコア 卍：直径 100mm、長さ 250mm 以上のコアが採取できるもの
- ② 湿気箱 ：温度 40℃、湿度 100%の条件が維持できるもの

2) 測定方法

- ① 直径 100mm、長さ約 250mm 以上のコアを採取し（JIS A 1107）、乾燥や炭酸化の影響を受けないように現地で抜き取り、直ちに厳重に密封し試験室に運ぶ。
- ② 供試体に金属製バンドを取り付け、恒温室内にて膨張量を測定した後、温度 40℃、相対湿度 100%の湿気箱にて残存膨張量を測定する。

3) 評価

上記の測定で 0.1%以上の膨張量が確認できた場合に残存膨張性ありと判定する。

4) 修復

コンクリートコアを採取した孔は、採取後にポリマーセメント等によって修復する。
採取本数については、現地状況に応じて採取すること。

C) 塩害調査

・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を実施する。コンクリートの含有塩分量の調査は、JCI-SC8 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）を採用する。

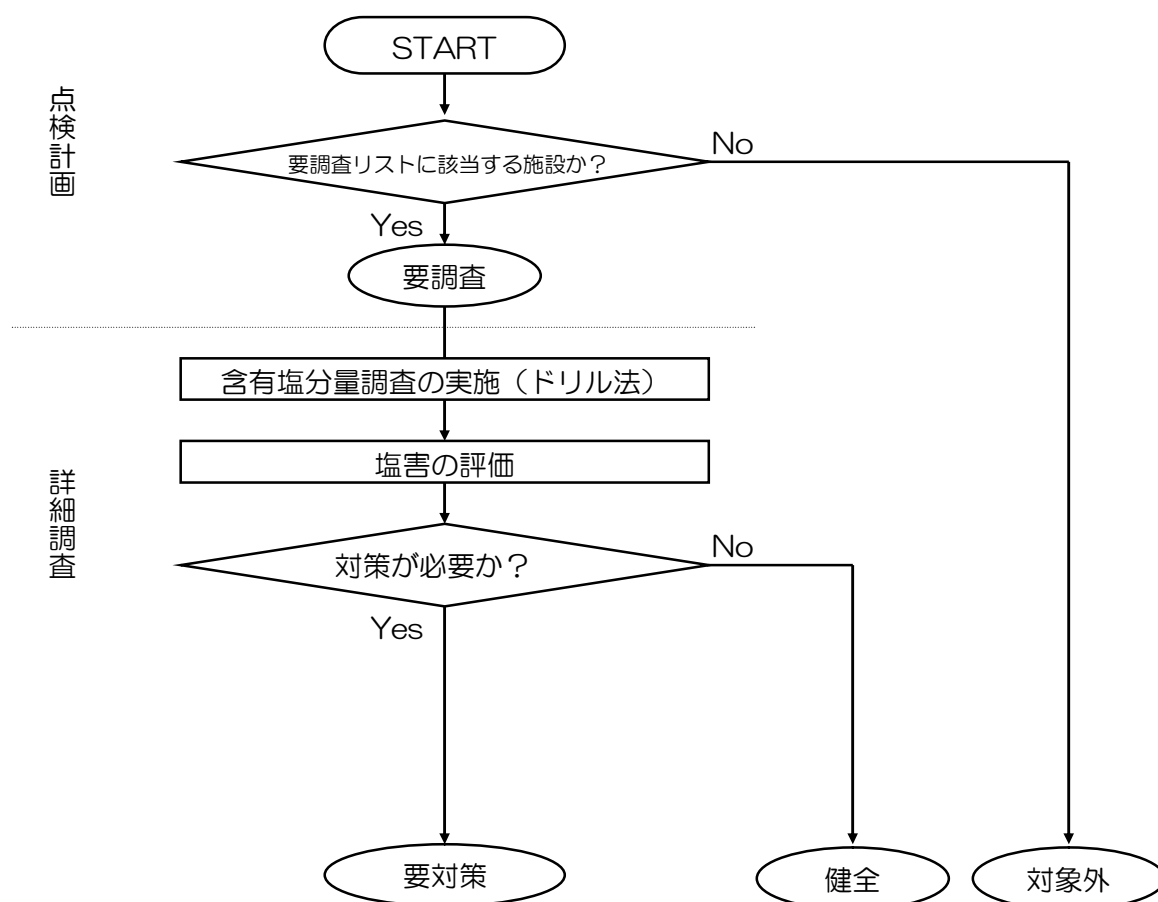


図-1.9 塩害調査のフロー

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。

- ・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、かぶりが比較的大きく鉄筋の間隔も広いコンクリート構造を対象として、塩化物イオン試験を行う。

調査箇所数は、1施設あたり1箇所を原則とするが、周辺環境の違いなどを考慮して、複数箇所を調査する場合は、なるべく離れた箇所を選定する。

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。

2) 使用器具および材料

- ①コンクリートハンマードリル：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

- ①RC 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。
- ②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。
- ③4 点の試料の採取位置をコンクリートハンマー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。
- ④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）。
- ⑤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（ 1.2kg/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。