

(4.2) コンクリート表面の外観目視調査方法及び評価方法

目視調査にあつてはコンクリート表面にできるだけ近接して入念に目視で観察する。コンクリート面が汚れている場合は、必要に応じて清掃するのが望ましく、夜間や暗い箇所を調査する場合は照明設備等により、できるだけコンクリート面を明るい状態にして観察する。

ひび割れ位置やその他の表面変状は、調査物表面に直接チョークで書き込み、写真で記録しておき、写真記録と調査票から変状展開図を作成すると効率的である。

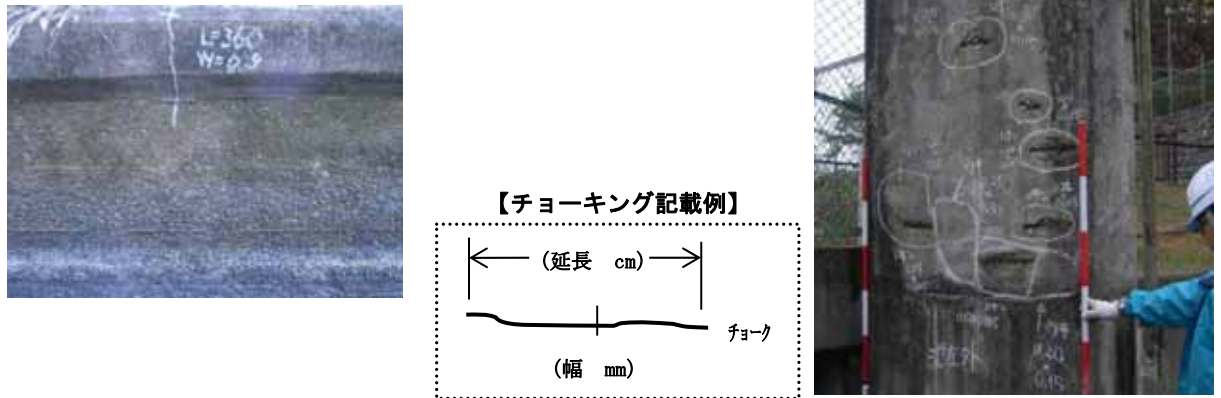


写真-4.2.7 記録写真例

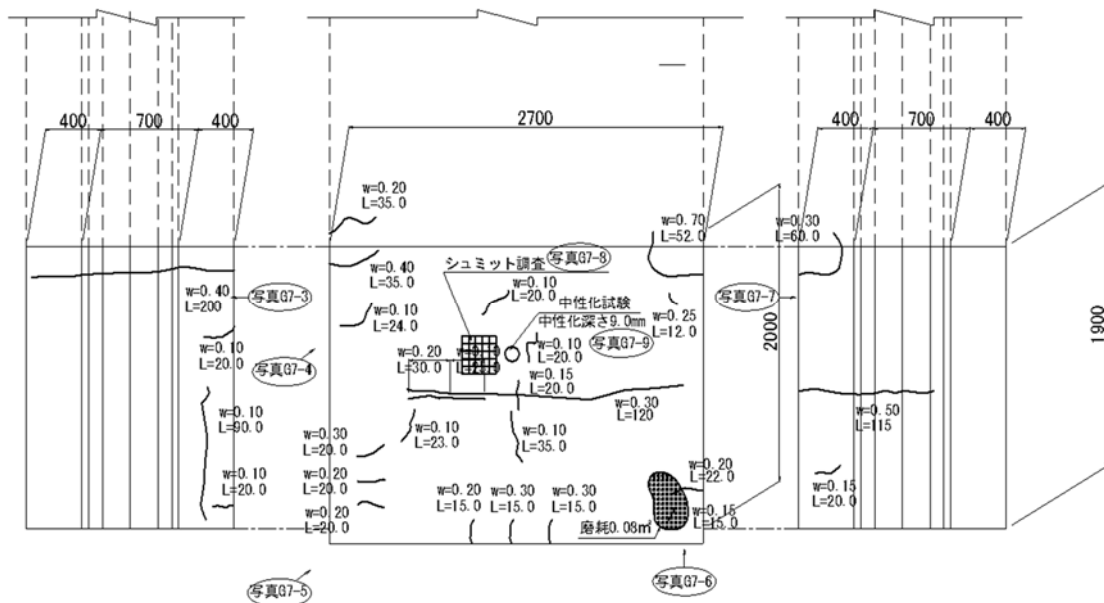


図-4.2.10 変状展開図の作図例



摩耗



欠損



鉄筋露出(摩耗による)



ひび割れ(外力)



ひび割れ(凍害)



ひび割れ(初期ひび割れ)



護岸工背面の空洞化
(護岸ブロックの崩落)



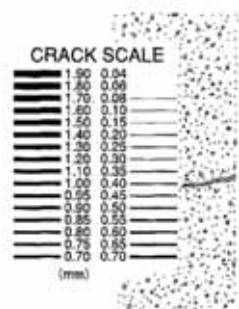
エプロン下の空洞化

写真-4. 2. 8 頭首工の代表的な変状例

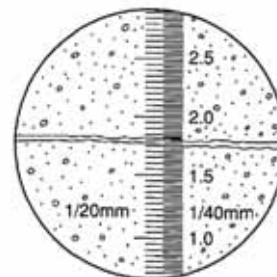
1) ひび割れ

■ ひび割れ幅の測定

- ・ 図-4. 2. 11に示すようなクラックスケール、ルーペなどを用いて行う。
- ・ 測定値は最大幅とするが、最大幅を示す部分がひび割れの全長のうち、極めて僅かな一部分である場合などには、適当な数箇所のひび割れ幅を測定し記録しておく。
- ・ 測定単位は、mm単位とし、小数第2位まで0.05mmきざみで測定する。



クラックスケールによる測定



ルーペ(顕微鏡)による測定

図-4. 2. 11 ひび割れ幅測定器具



写真-4.2.9 ひび割れ幅計測

【参考】 ひび割れ幅の考え方

【鉄筋コンクリート構造物】：鉄筋の腐食に対する影響度を考慮した区分

通常的环境			
ひび割れ最大幅			
0.20	1.00	→ 全体的	
対策不要:S-5	要観察:S-4	補修・補強:S-3	S-2(補強・補修)

厳しい腐食環境			
ひび割れ最大幅			
0.20	0.60	→ 全体的	
対策不要:S-5	要観察:S-4	補修・補強:S-3	S-2(補強・補修)

【無筋コンクリート構造物】：変状の程度を考慮した区分

ひび割れ最大幅			
0.20	5.00	→ 全体的	
対策不要:S-5	要観察:S-4	補修・補強:S-3	S-2(補強・補修)

■ひび割れ長さの測定

- ・ 通常用いられるスケールなどを用いて、ひび割れに沿って測定する。
- ・ ひび割れが分岐している場合は、それぞれのひび割れ長さを個別に測定する。
- ・ 厳密にひび割れの屈曲に沿った長さの測定をする必要はない。
- ・ 測定単位はcm単位とする。
- ・ 亀甲状のひび割れの場合、全ひび割れの概ねの延長とする。

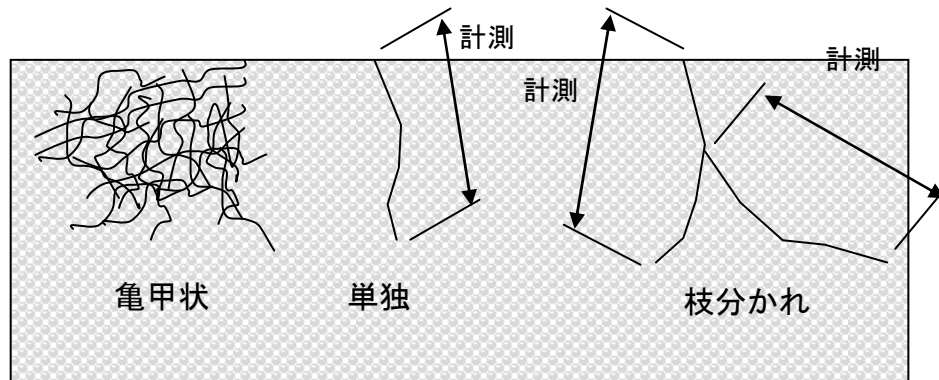


図-4.2.12 ひび割れ長さの測定例

■ひび割れタイプの判定

鉄筋コンクリートにおけるひび割れの評価に当たって、ひび割れをその発生メカニズム等から分類した上で評価を行う必要がある。分類は、事前調査における劣化要因判定表と現地調査(定点調査)によるひび割れの発生場所・形状などの結果に基づいて行う。

ひび割れは、大別すると、初期ひび割れ（温度応力・乾燥収縮ひび割れ）、外力によるひび割れ（外力による曲げ・せん断ひび割れ）、鉄筋腐食先行型ひび割れ、ひび割れ先行型ひび割れの4タイプに分類することができる(表-4.2.8 参照)。

劣化要因を特定できるような特徴的な症状がなく、複合的な要因から生じているひび割れは、上記の4タイプに分類することができないため、劣化要因不特定ひび割れとする。

なお、ひび割れタイプの判定は「4.2.3 (4.2) 1) ■ひび割れタイプの判断方法」を参考にされたい。

表-4. 2. 8 ひび割れのタイプ別分類表

ひび割れタイプ			発生メカニズム	特 徴
1) 初期ひび割れ			乾燥収縮、温度応力ひび割れなどで、他に劣化要因がなければ数年で進行が止まる	① 部材開放部に鉛直にひび割れを生じる（乾燥収縮ひび割れ） ② 部材拘束部に鉛直にひび割れを生じる（温度応力ひび割れ）
供用開始後ひび割れ	外部要因（構造外力起因）	2) 外力によるひび割れ（曲げ、せん断ひび割れ）	オーバーロードなど、外力によって部材が変形して生じるひび割れ ※外力との釣り合いでひび割れが進行しない場合もある	① 曲げひび割れ；引張り曲げ応力の発生部位に部材に直角にひび割れが生じる ② せん断ひび割れ；せん断応力の発生部位（曲げモーメントの反転位置）に斜めにひび割れが生じる ※ 水路壁などでは、せん断ひび割れは部材横断面には斜めに入るが、壁面は水平ひび割れとして現れる
	内部要因（材料劣化起因）	3) 鉄筋腐食先行型ひび割れ	主に中性化・塩害による鋼材腐食によって生じるひび割れ	① 被りの薄い場所から鉄筋に沿ったひび割れが発生する ② 錆汁を伴うことが多い ③ エフロレッセンスなどの析出物を伴うことが多い
		4) ひび割れ先行型ひび割れ	ASR、凍害、化学的腐食、疲労などによりコンクリートが劣化して生じるひび割れ	① 表面からひび割れが進行し、格子状、亀甲状とひび割れが細網化していく ② コンクリートの浮き、剥落が生じやすい ③ ASRの場合はゲルなどの析出物を伴う ④ 鉄筋腐食が進むと鉄筋に沿ったひび割れが卓越してくる

※複合的な要因から生じており、劣化要因を特定できるような特徴的な症状がなく、上記のタイプに分類できない場合は、「劣化要因不特定ひび割れ」とする。

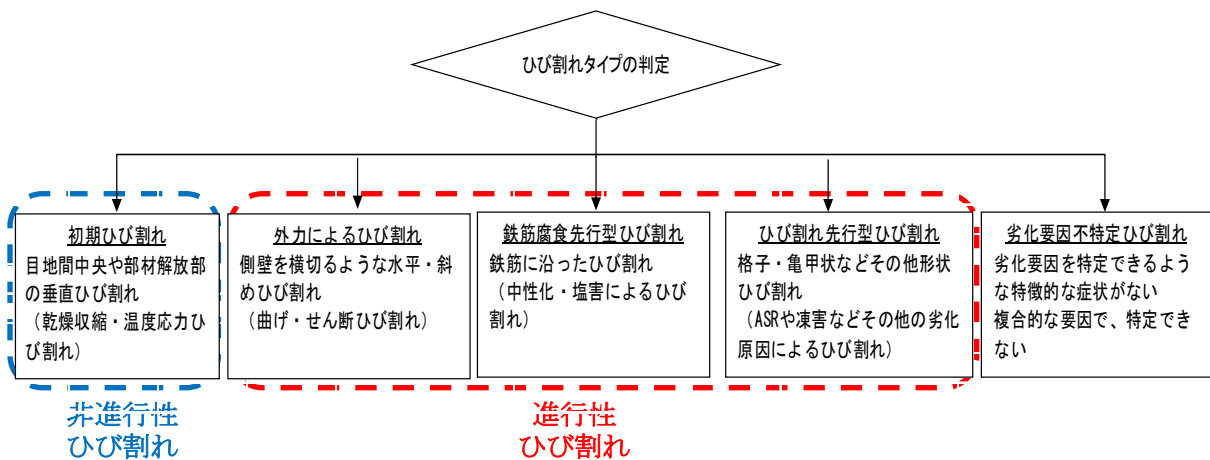
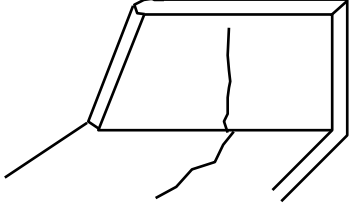
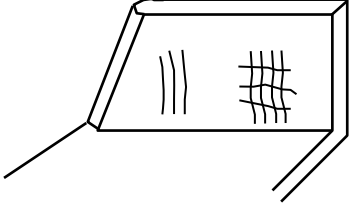
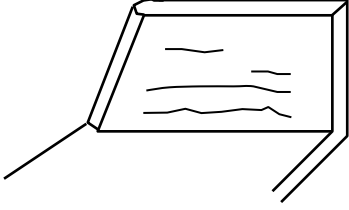
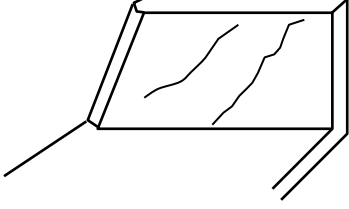
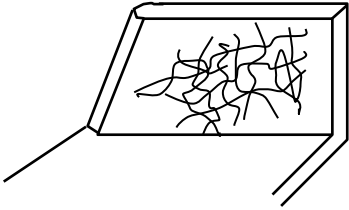
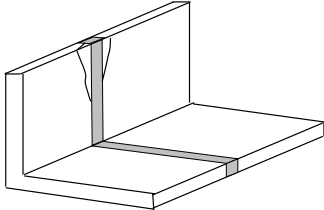


図-4. 2. 13 ひび割れタイプ分類

■代表的なひび割れの特徴

表-4.2.9 頭首工における代表的なひび割れの特徴

ひび割れ形状	外観変状の特徴	ひび割れ原因	備考
①横断方向ひび割れ 	スパン中央に規則的に発生	温度応力の発生 乾燥収縮	1)
	不同沈下により目地部に段差が生じている場合は、目地部周辺にもひび割れや欠損が生じる	不同沈下	2)
②直線状又は方形状のひび割れ 	鉄筋部分で、鉄筋方向に直線状または方形状のひび割れが発生 錆汁を伴うことが多い	中性化 塩害	3)
③水平方向のひび割れ 	コンクリートの沈降により発生	急激な打込み	1)
	局所的な引張りひび割れが発生	型枠の早期脱型、沈下	1)
	打込みを中断した時の不連続面に発生	コールドジョイント	1)
	壁高が高い場合、壁中段に水平ひび割れが発生	温度応力の発生	1)
④斜め方向ひび割れ 	打込みを中断した時の不連続面に発生	コールドジョイント	1)
	右記の原因でも、現場の条件によってひび割れが斜めに発生することがある	急激な打込み 温度応力 型枠の早期脱型、沈下 不同沈下	1)、 2)
⑤不規則なひび割れ 	コンクリート硬化中に網目状ひび割れが発生	骨材の泥分	1)
	比較的短めの微細ひび割れ（打設後早期）	セメントの異常収縮	1)
	乾燥ひび割れより大き目の網目状ひび割れ	アルカリシリカ反応 硫酸塩鉱物の成長	4)
	微細な網目状ひび割れ	養生中の急激な乾燥	1)
	微細な網目状ひび割れ、剥離・剥落	凍害	4)
⑥目地付近のひび割れ・欠損 	横断目地付近のひび割れやコンクリートの剥落、欠損	コンクリートの温度膨張 コンクリートの不十分な充填 漏水による目地部浸食 不同沈下による段差	目地の 変状

※備考欄の番号は、表-4.2.8における4つのひび割れタイプを示している。

■ ひび割れタイプの判断方法

各種ひび割れの特徴を以降に示す。

① 初期ひび割れの特徴

初期ひび割れは乾燥収縮ひび割れ、温度応力ひび割れ、コールドジョイントによるひび割れがある。乾燥収縮及び温度応力によるひび割れは、スパン中央に規則的に発生することが多い。

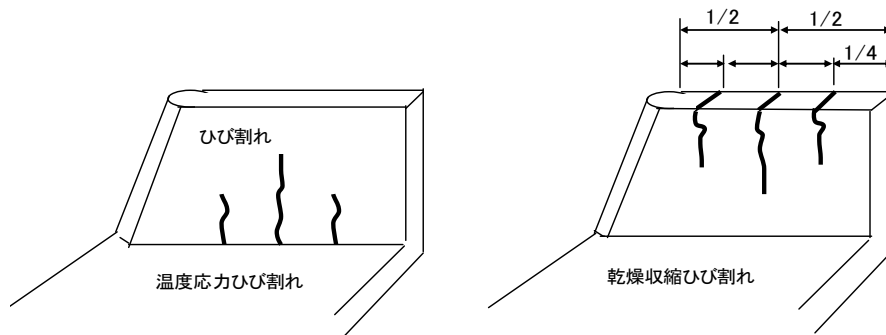


図-4. 2. 14 乾燥収縮・温度応力ひび割れ発生位置（堰柱等）



写真-4. 2. 10 乾燥収縮ひび割れ

頭首工は堰柱、門柱、管理橋などが下から上に重層的に構築されるため、コンクリート打ち込みが数回に分けて行われることが多い。そのために、施工打ち継目のコールドジョイントによるひび割れが発生しやすいので、注意して観察する必要がある。コールドジョイントによるひび割れは、他の劣化要因を誘発しやすいので、同じ初期ひび割れでも注意が必要である。



写真-4. 2. 11 コールドジョイントによるひび割れ

なお、コールドジョイントは、先に打設したコンクリート部の硬化が進行し打ち重ね部分が一体化せず、不連続面が生じる現象であり、設計段階で考慮する打ち継ぎ目とは異なる。この部分はコンクリートが脆弱であり、ひび割れの発生、力学的安定性、耐久性、水密性の低下の原因となる。

②-1 外力によるひび割れの特徴

外力によるひび割れには曲げひび割れやせん断ひび割れがある。なお、ある程度ひび割れが進行した段階で、外力と耐荷力が釣り合い、ひび割れの進行が一時停止する場合があるが、外力と耐荷力との関係が微妙な状態なので注意する必要がある。

②-2 曲げ、せん断ひび割れの特徴

曲げひび割れは曲げ変形を受ける部材において、引張り側に生じるひび割れである。

せん断ひび割れは、せん断力が発生する場所（曲げモーメントが反転する場所等）に斜めに生じるひび割れで、両端（両辺）が固定されている部材などに生じる。

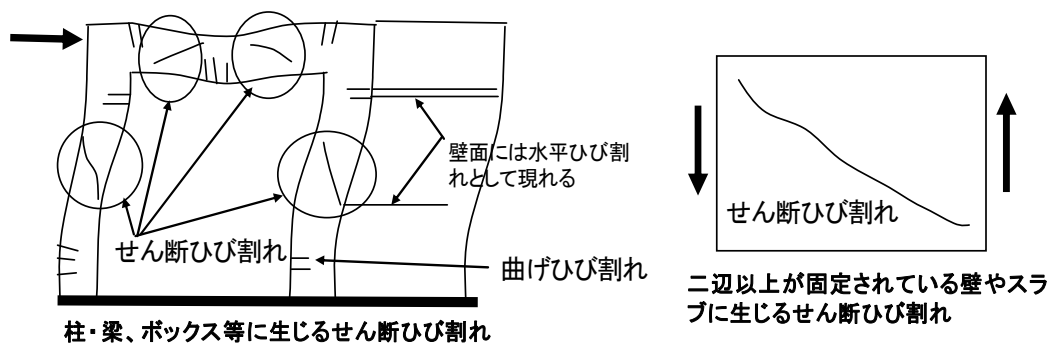


図-4.2.15 せん断ひび割れ

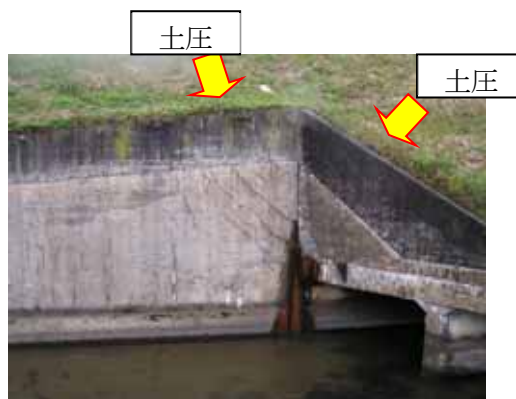


写真-4.2.12 土圧によるせん断ひび割れ

③鉄筋腐食先行型（中性化・塩害）の特徴

被りの薄い場所から鉄筋に沿ったひび割れが発生する。ひび割れ周囲が膨張しているのが特徴的である。

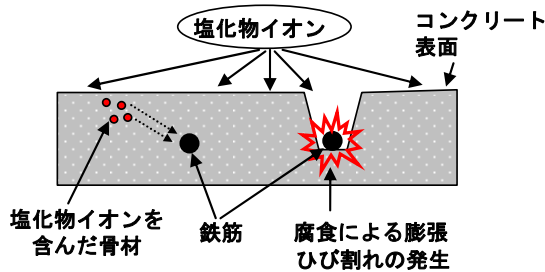


図-4.2.16 塩害のメカニズム

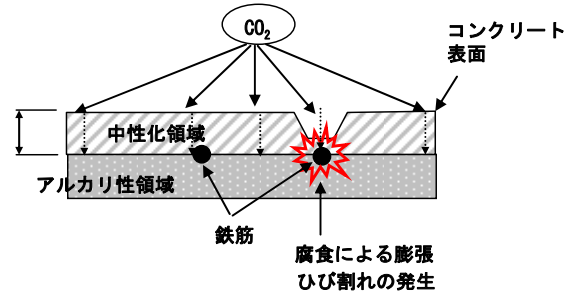


図-4.2.17 中性化のメカニズム

中性化や塩害は他の劣化要因と複合化することが多いので、例えば塩害と ASR が複合化した場合、亀甲状のひび割れが発生するなど、他の劣化要因の特徴も出現する。



写真-4.2.13 塩害（RC 管理橋）
（塩害と ASR の複合劣化）



写真-4.2.14 塩害（水門門柱）
（鉄筋に沿ったひび割れ）

④-1 ひび割れ先行型（ASR）の特徴

格子状や亀甲状に不規則にひび割れが発達する。鉄筋腐食が併発すると、腐食先行型と同様に鉄筋に沿ったひび割れも発生し、浮き、剥離・剥落が激しくなる。

アルカリシリカ反応（ASR）は、骨材中の反応性鉱物とセメントに含まれるアルカリ金属イオンが反応し、吸水膨張性の反応ゲルが生成することによってコンクリートが膨張し、ひび割れを生じる現象である。比較的劣化の早い時期にひび割れやゲルの滲出が見られるため、外観目視で発見しやすい。

ゲルはエフロレッセンスのように白化した汚れであるが、網状に展開するのでその違いは比較的容易に判別できる。

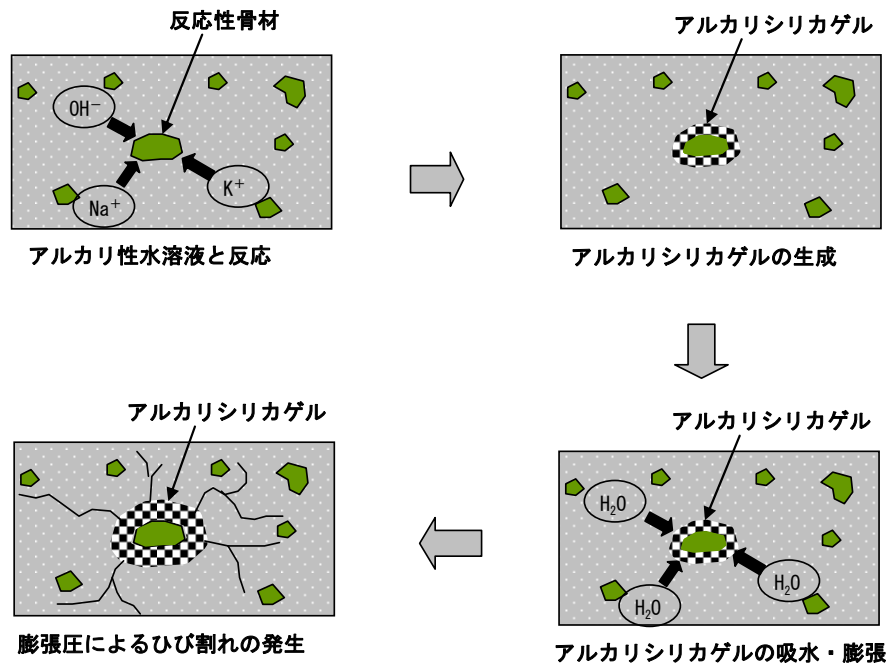


図-4. 2. 18 アルカリシリカ反応のメカニズム



写真-4. 2. 15 ASR（堰柱；ゲルの滲出が見られる）

④-2 ひび割れ先行型（凍害）の特徴

凍害は、コンクリート中の自由水や吸水率が高い骨材の水分が凍結融解作用を繰り返し受けることによってひび割れが生じたり、表層部が層状に剥離（スケーリング）したりして、表層に近い部分から破壊し、次第に劣化していく現象である。一般に水が拘束のない自由な状態で凍結した場合、その膨張量は9%といわれている。



写真-4. 2. 16 凍害とASRの複合劣化（近接すると凍害によるスケーリング・剥離が観察される）

■ひび割れの進行性の判断

ひび割れには、前述したようにひび割れタイプから進行性と非進行性に大別されるが、これは、ひび割れ進行に関する潜在的な性質を指すものであって、実際にひび割れが進行しているかどうかを意味したものではない。進行性のひび割れであっても、一時的に安定して見かけ上、非進行性のような性質を示す場合があり、非進行性のひび割れであっても、複合的な要因によってひび割れが進行する場合がある。

したがって、潜在的なひび割れの進行性、非進行性の評価に加え、実際にひび割れが進行しているかどうかを継続調査により把握することが重要である。ひび割れの進行状況の把握は、ひび割れ展開図の比較によって行う。



図-4.2.19 ひび割れの進行性

なお、写真はレンズの歪み、撮影地点などによって変状の微妙な形状や位置がずれてしまうので、展開図作成のための基礎資料にとどめる。

■ひび割れ規模の評価方法

ひび割れ規模の判定は、ひび割れ密度とひび割れの分布により行う。

ひび割れ分布の部分的か全面的かの判断は、下図に示すように、ひび割れ展開図上で構造物の調査延長方向にブロック間隔が等分になるよう、概ね1m幅を目安にブロック化し、それぞれのブロックごとのひび割れ密度を求める。

$$\text{ブロック別ひび割れ密度} = \frac{\text{幅 } 0.2\text{mm以上 のひび割れ総延長 (cm)}}{(L \times B)}$$

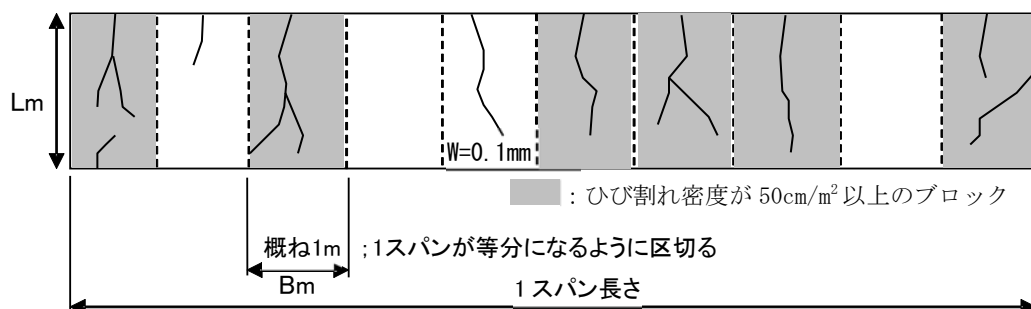


図-4.2.20 ひび割れ規模の考え方

ひび割れ密度が50cm/m²以上のブロックが50%以上ある場合を全面的、50%未満を部分的と判断する。

なお、堰柱、底版それぞれについてひび割れ密度とひび割れ分布を求めるが、全体としての評価は、例えば、右岸堰柱60%、左岸堰柱側壁40%、底版10%の場合は、右岸堰柱の60%で評価して「全面的」とする、というように、最も厳しい評価となる部位を採用する。

また、ひび割れ以外の変状の部分的か全面的かの判断方法もこれに準ずるが、単位は変状密度でなく、単純にブロック内の変状の有無で判断し、変状有のブロックが50%以上の場合を全面的とする。

2) 材料劣化（ひび割れ以外の変状）

材料劣化（浮き、剥離・剥落、スケーリング、ポップアウト、析出物（エフロレッセンス・ゲルの滲出）、錆汁、変色、摩耗・風化、漏水（痕跡）、鉄筋露出）は、変状箇所の有無、箇所数、位置を記録する。その他の変状の例として、エフロレッセンスと豆板、摩耗・風化について示す。

■析出物（エフロレッセンス・ゲルの滲出）

セメント中の可溶性成分（カルシウム塩やアルカリ塩）が水分の移動によってコンクリートの表面に溶出し、水分の蒸散や空気中の炭酸ガスなどの吸収によって析出したもの。エフロレッセンスそれ自体がコンクリート部材性能を低下させることは少ないが、エフロレッセンスは水分移動との関係が深いため、コールドジョイント等の初期欠陥や各種のひび割れを伴っていることが多いため、その他の変状・劣化の発生を疑う必要がある。



写真-4.2.17 エフロレッセンス（堰柱）



写真-4.2.18 エフロレッセンス+錆汁
（管理橋）

■豆板

コンクリート表面や内部に、主として粗骨材だけが集中して空隙の多い不均質な部分が生じる。壁下端に多く見られ、放置するとコンクリートが剥落し、鉄筋が露出する。



写真-4.2.19 豆板

■摩耗・風化

摩耗は、一般に以下のレベルで進行する。

- レベル1 モルタルがはがれて細骨材が露出している状態で、構造的な耐久性の問題は少ない。
- レベル2 粗骨材が露出した段階で、耐荷力は保持しているが、摩耗の進行が早まり耐久性に問題を生じる可能性がある。
- レベル3 粗骨材が剥落し断面が小さくなる段階なので、摩耗範囲が全面的に展開した場合は、耐荷力の低下をきたす恐れがある。以上を勘案し、評価を下表のように設定する。

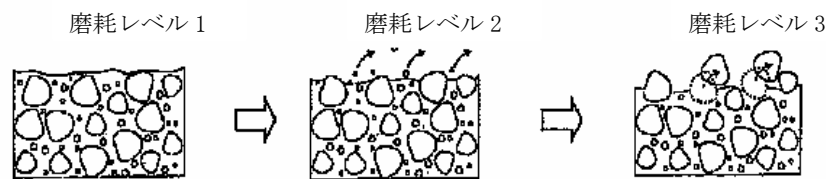


図-4.2.21 摩耗の進行レベル

摩耗は細骨材・粗骨材の露出、剥離状況を整理し、表-4.2.10のように評価する。

表-4.2.10 摩耗レベルと評価

レベル	状態	部分的な場合	全面的な場合
1	細骨材露出	S-5	S-4
2	粗骨材露出	S-4	S-3
3	粗骨材剥落	S-3	S-2



写真-4.2.20 細骨材の露出



写真-4.2.21 粗骨材の露出

3) 圧縮強度

コンクリートの表面をリバウンドハンマーによって打撃し、その反発硬度から圧縮強度を推定する方法である。（日本コンクリート工学会による）

■調査箇所の選定

リバウンドハンマーの調査位置は、調査のための仮設を必要としない場所を選択し、立ち位置から概ね 1.0～1.5mあたりの高さを目安に調査点を選定する(図-4. 2. 22 参照)。堰柱や導流壁の場合、両面 1 箇所毎について行う。なお、表面が平坦で縁部から 5cm 以上離れた位置を選択する。また、浮きや剥離、ひび割れ、気泡等によって反発の程度に影響を及ぼす可能性のある箇所は避ける。

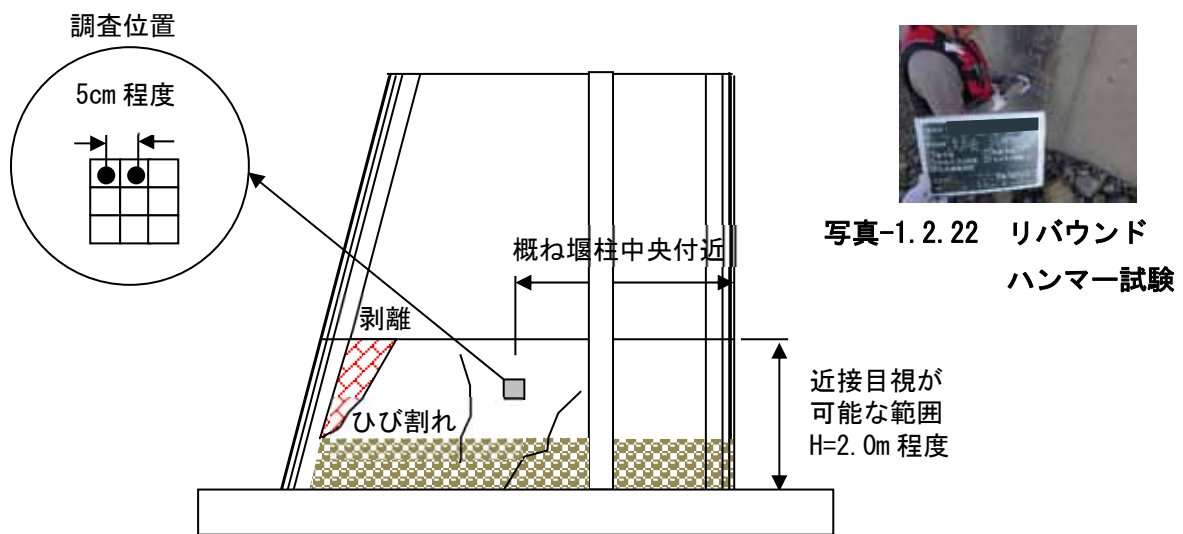


図-4. 2. 22 頭首工（堰柱の場合）におけるリバウンドハンマー調査位置

■測定器の検定

測定を開始する前には反発度の既知なテストアンビルを用いて検定を行う。一度に多数の測定を行う場合には測定中であっても500回に1回程度、検定を繰り返し、所定の反発度が得られているかを確認する。



写真-4. 2. 23 テストアンビル

■表面処理

表面の凹凸、塗膜、打込み面のブリーディング、付着物があるような場合には砥石等を用いてこれらを除去する。

■測定

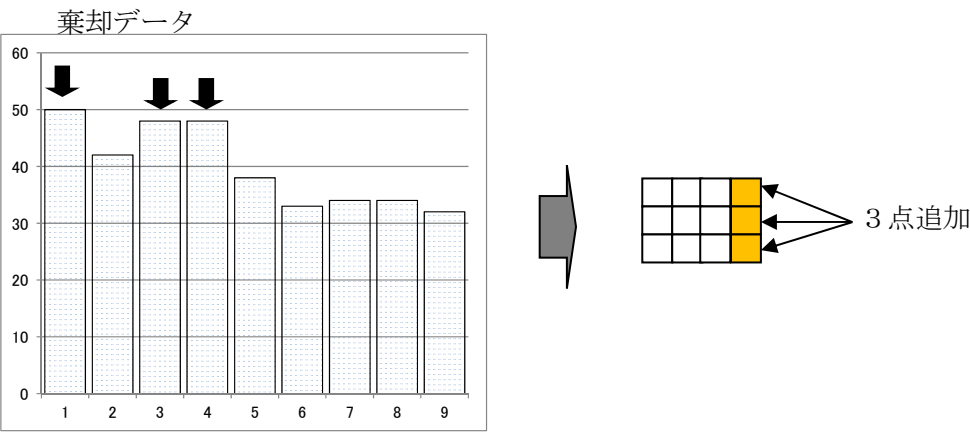
1箇所の測定では、互いに2.5cm～5cmの間隔をもった9点について測定し、同一点は打撃しない。反響やくぼみ具合などから判断して明らかに異常と認められる値、または、その偏差が平均値の20%以上になる値があれば、その反発度を捨て、これに代わる測定値を補うものとする。事前に基盤目状にマーキングを行っておけば、効率よく測定を行うことができる。打撃は、測定器を測定面に対して垂直に配置し、ゆっくり壁面に押し付けるようにして打撃する。

■計算

各測定箇所の反発度は有効な9回の測定値の計算した平均値とする。

【参考】測定結果

- ・記録紙式（自動計測するものを除く）の場合、有効データが9点に満たない場合は調査点数を追加する。



- ・有効データの範囲

平均値	平均－20%	平均＋20%
20	16	24
30	24	36
40	32	48
50	40	60
60	48	72
70	56	84
80	64	96

■強度の推定

現地調査(定点調査)後に反発度を集計し、角度補正、乾湿状態に応じた補正を行い、換算式により推定強度を求める。

$$F = F_0$$

$$F_0 = 1.27 \times (R + R_1 + R_2) - 18.0$$

ここに、 F : 推定強度(N/mm²)

R : 平均反発度 (有効反発度の平均値)

R_1 : 打撃角度による補正值

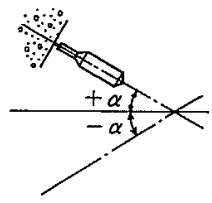
R_2 : コンクリート表面の乾湿による補正值

各補正係数、補正值は以下のように求める。

・ R_1 角度補正

打撃角度(α)が水平でない場合、平均反発度(R)に角度補正值(R_1)を加える。

表-4.2.11 打撃角度による補正值(R_1)

打撃角度(α) 平均反発度(R)	+90°	+45°	±0°	-45°	-90°	備考
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	

※なお、使用機材のマニュアル等に補正係数が示されている場合は、それを用いる。

・ R_2 コンクリート表面の乾湿による補正

定点調査時に乾燥状態にあるコンクリート表面が得られない場合などは、打撃面の状態に応じて表-4.2.12に示す補正を行う。

表-4.2.12 コンクリート表面の乾湿による補正值(R_2)

打撃面が気乾の場合	補正なし
打撃面が湿っており打撃の跡が黒点になる場合	平均反発度(R)に3を加える
打撃面が濡れている場合	平均反発度(R)に5を加える

(財)国土開発技術研究センター：J I C E 1986年で、圧縮強度と劣化度の関係を表-4.2.13のように規定している。これに基づき、P C、R C、無筋構造のそれぞれの評価を表-4.2.13右欄のように設定する。

表-4.2.13 材料別圧縮強度と劣化度

劣化度	設計基準強度比	設計基準強度			評価
		P C 構造 30N／mm ²	R C 構造 21N／mm ²	無筋 18N／mm ²	
I；なし	100%以上	30 以上	21 以上	18 以上	S-5
Ⅱ；中度	75%以上 100%未満	21 ≤ σ < 30	15 ≤ σ < 21	12 ≤ σ < 18	S-4
Ⅲ；重度	75%未満	21 未満	15 未満	12 未満	S-3

※ 小数点以下は切り捨て表示とした。

【参考】コンクリートテスターによる圧縮強度試験

コンクリートテスターは、独自の研究により表面劣化の影響を受けにくいコンクリートの強度を推定することが可能である。試験が容易であること（足場の不安定な調査地でも実施可能）、測定結果はパソコンで抽出・加工ができる等の利点があるが、従来のリバウンドハンマーの測定値との相関性が確立されていないことから、使用に当たっては、同一施設内でリバウンドハンマー測定値との相関を把握した上で参考値扱いとする等注意が必要である。



写真-4.2.24 コンクリートテスター

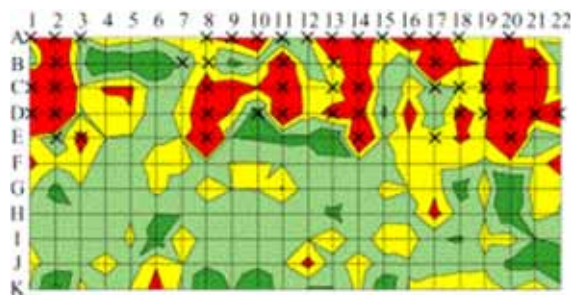


図-4.2.23 コンクリートテスター測定結果例

4) 中性化

ドリルでコンクリートを削孔し、試薬（1%フェノールフタレイン溶液）をしみ込ませた試験紙の反応から中性化深さを測定する。削孔径が小さいので、構造物に対する負担が少なく、非破壊検査に分類されている。なお、調査実施の際には、試薬の反応速度に見合った削孔速度で行い、正確な中性化深さを確認できるように注意する。

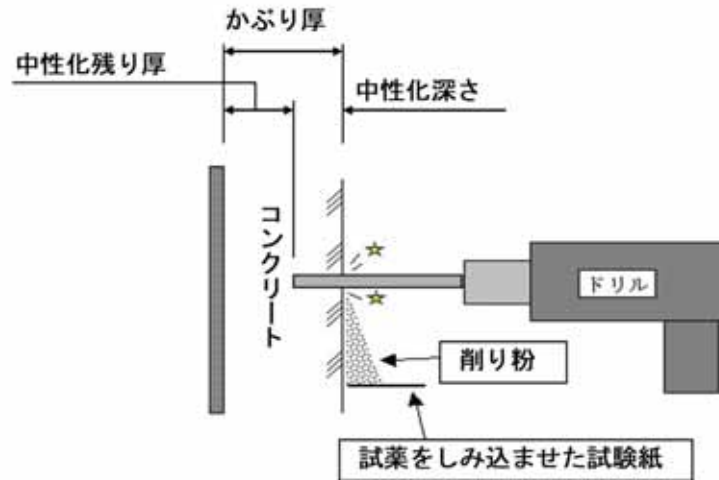


図-4.2.24 ドリル法による中性化試験



写真-4.2.25 ドリル法による中性化試験

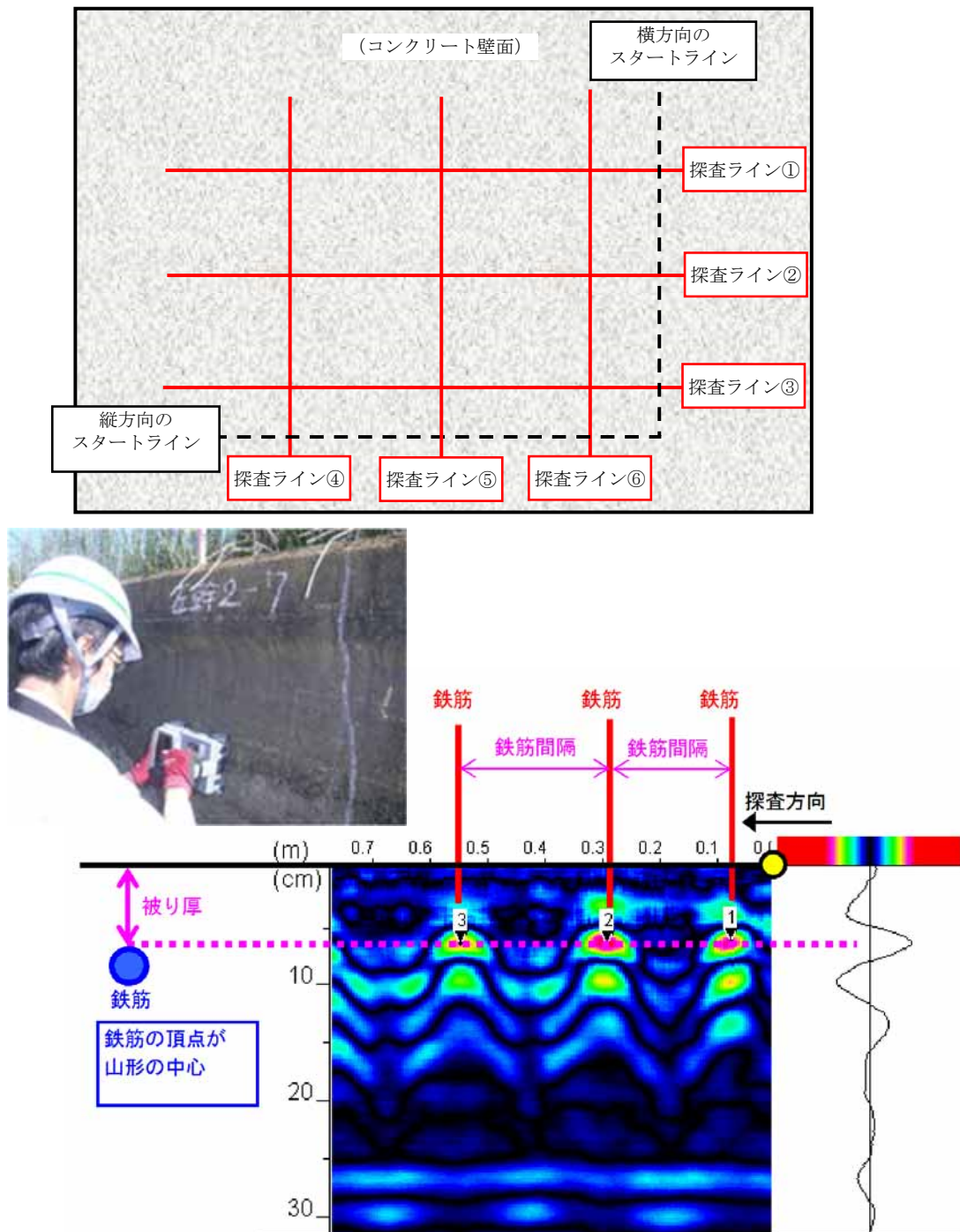
中性化残りは、これまでの実験結果より、15mm以下では鋼材腐食が始まる可能性が高まり、10mm以下では鋼材腐食の進展が見られるとされている。塩害の条件がある場合はさらに発錆条件が厳しく、規準によって中性化残りの限界値の設定が10～15mmの間でばらつきが見られるが、本資料では、10mmを基準値とし、10mm以上では対策不要、10mm未満では対策が必要と評価するものとした。

なお、中性化残り厚を正確に把握するためには、既設コンクリート開水路の鉄筋被り厚を測定しておく必要がある。鉄筋被り厚は、次頁「【参考】鉄筋被り厚の測定」に示すような手法により現地で計測する。

【参考】鉄筋被り厚の測定

【手順：電磁波レーダ法の場合】

- ・測定対象とする配筋と直角方向に探査ライン①～⑥を設ける。
- ・スタートラインを決定し、探査ラインに沿って探査計を走行させる。
- ・探査計の出力波形から鉄筋の径・間隔及び被り厚を読み取り、記録する。
- ・探査装置は、メーカー等により校正された機材を用い、測定者は使用に際して校正記録を確認するものとする（「非破壊試験によるコンクリート構造物中の配筋状態及びかぶり測定要領」P.7、H24.3、国土交通省）。

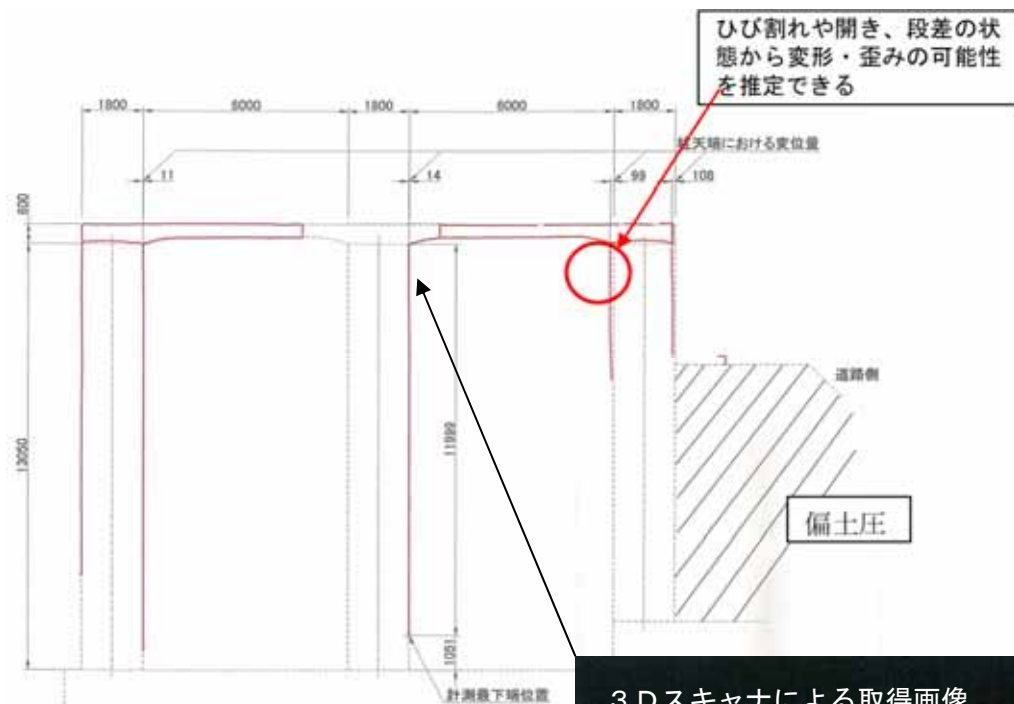


5) 構造物の変形・歪み

構造物全体の傾斜や沈下などの損傷の有無についても観察し記録する。この場合は、コンクリート面に近接して目視しても分からない場合があるので、門柱などの鉛直構造物については下げ振り等を用いると変形・傾きの状態が把握しやすくなる。

また変位が生じている場合、施工打ち継目や目地などに開きや段差が生じていることが多いので、注意深く観察する必要がある。

構造物の耐久性や門扉などの操作に影響を及ぼすような変形が疑われる場合は、別途変形量を精査することが望ましい。



3Dスキャナによる取得画像をもとに
図化し、出来高図面等と重ね合わせる



図-4.2.25 門柱の変計量調査結果事例（3Dセンサーによる測定）

変形・歪みが発生する原因には、外力によるもの、施工欠陥によるもの、材料劣化による耐荷力低下によるものなど様々である。変形・歪みの原因は、現地の状況から総合的に判断するしかないが、原因の種類に関わらず、変形・歪みが大きい場合は、使用性（水理的な劣化等）や安全性に重大な影響を及ぼすため、変形・歪みの生じている部位や規模によって評価する。

6) 欠損・損傷

欠損、損傷の原因には、施工不良によるものと地震や事故（施工機械による事故も含む）による衝撃、衝突によるものがある。典型的な欠損・損傷は以下のとおりであるが、衝撃・衝突によるもの以外は、一般にモルタル充填などの補修で対応可能である。衝撃・衝突によるものは、構造物自体の異常な変形、欠損を伴う場合が多いので、補強や打換えなどの対策が必要となる場合が多い（表-4.2.14 参照）。

表-4.2.14 欠損・損傷の原因と特徴

区分	内容	特徴
施工不良	充填不足	不十分な締め固めや、施工時の内部応力の発生によりコンクリートが十分に充填されずに、内部空洞が生じたり、コンクリート表面の欠損や表面モルタルの変形、剥離が生じる。表面変状の場合はモルタルによる表面整形が一般的である。
	豆板	材料の分離や締め固め不足、型枠からセメントペーストの漏れなどにより粗骨材が多く集まって空隙の多い不良部分ができる。一般にはモルタル充填による補修で対応可能であるが、変状規模が大きい場合は、打換えなどで対応している。
	コールドジョイント	コンクリートの打重ね部が一体化せず、不連続な状態になる現象で、ひび割れを伴い、耐久性、耐荷力を低下させる原因となる。一般にはひび割れ補修工法に準じた対応が行われている。
地震・事故等	衝撃・衝突	重機械などの衝突や衝撃により、コンクリートの欠損や変形を生じる。欠損や変形が不自然な場合が多く、耐久性、耐荷力に問題がある可能性が高く、補強や打換えが必要である。

7) 背面土（エプロン下）の空洞化

コンクリート表面近傍の空洞等の有無の把握には打音法が一般的に行われるが、エプロンの場合、コンクリートの厚さが1m程度と厚いことから、有効ではない。

そのため、事前調査において施設管理者へエプロンの沈下・歪みや下流河床の異常洗掘など、空洞化に関連した項目を聴き取る。また、現地踏査・現地調査において実際にエプロンの状況（変形、歪み、ひび割れ位置・形状）や下流河床の異常洗掘等の周辺変状を確認する。

なお、エプロン下の空洞化は、頭首工設置による流水の加速・乱れに伴う土砂吸出し、上下流の水位差の水頭によるパイピング※により発生する。

※パイピング

浸透性地盤上で堰により水位を堰上げると、上下流の水位差の水頭によって地盤内を浸透する流水が地盤を構成する土粒子の最小粒径のものを移動させようとする。この作用が進行すると地盤内に水孔を作り、やがて空洞ができて基礎の破壊に至る。このような作用をパイピングという。

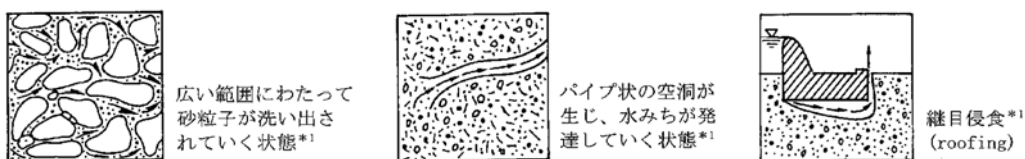


図-4.2.26 パイピングのメカニズム

事前調査、現地踏査及び現地調査によってエプロン下の空洞化が疑われる場合、食紅等を用いた流出状況調査、削孔による空洞量調査等により空洞の有無及び空洞深さを把握することも検討する。

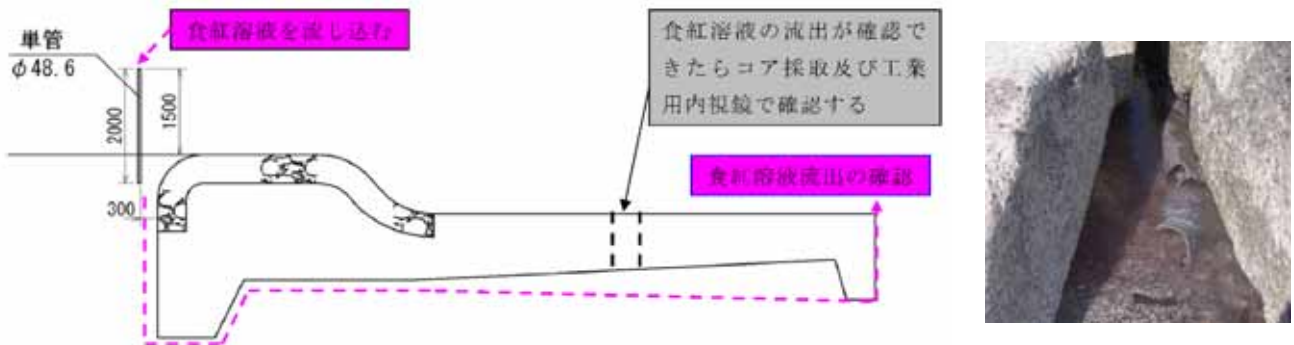


図-4.2.27 食紅を用いた流出状況調査（例）

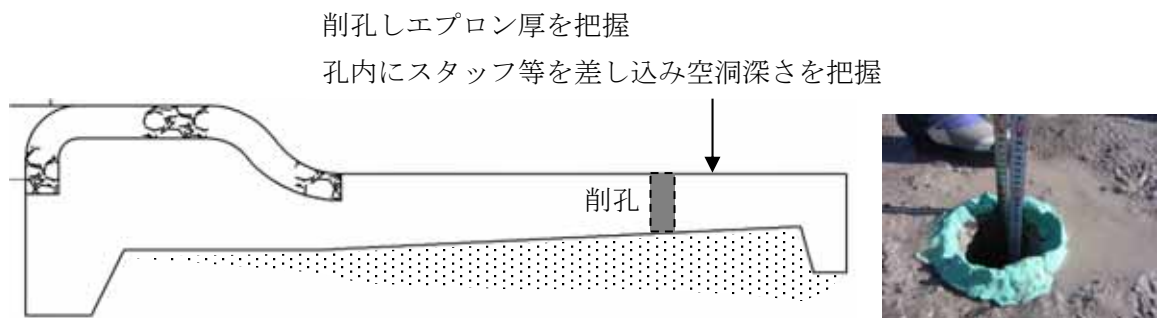


図-4.2.28 削孔による空洞量調査（例）

(4.3) 水利用機能と水理機能の調査方法及び評価方法の例

1) 流量観測

現場粗度係数を算定するために、取り入れ口下流の開渠等の流速を測定し、縦流速曲線と等流速曲線を描くことにより縦断面の流速分布と横断面の流速分布の状態を観察する。

なお、正確に水路の粗度係数を計測するためには、水路敷高の縦断測量が不可欠であるが、水路敷高の縦断測量には水路を断水する必要があるため、難しい場合は、設計図書を参考とする。ただし、経年的に沈下が著しい水路では底版の不陸が大きく、竣工図と現在の縦断勾配が大きく異なる場合があるので留意する。

■計画準備

現場粗度係数を評価するためには以下の条件が整う区間を抽出する。なお、計測は降雨がなく、また、水路の流量の変化のない日に実施する。

- ・断面が一定かつ直線の開水路区間
- ・他水路からの流入・流出のない区間
- ・管理施設などがあり、水路を横断しての計測が容易な箇所を有する区間

これらの区間を選定するためには、あらかじめ平面図で区間を選定するほか、対象区間の標準断面図を入手しておく。

■流速計の検定

流速計は毎年1回、懸念があるときは随時、検定を行い、回転式流速計では回転子の回転数から流速に換算するための回帰式の係数の妥当性を保っておかなければならない。（「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 調査編」P.43、建設省河川局監修、S51.6）

■流量観測

流量観測を行う際の測定断面例を図-4.2.29に示す。横断方向には水路幅の20%程度の断面分けを行い、水路幅に応じて測定ピッチを設定する（例：5m水路の場合は1m毎、3m水路の場合は60cm毎等）。流量観測は、流入・流出のない区間であれば、1箇所実施する。

流量観測は、電磁流速計などの流速計を水流の中に挿入することで計測する。流速計測は、1計測点に対して5～10回計測し、平均値を求める。

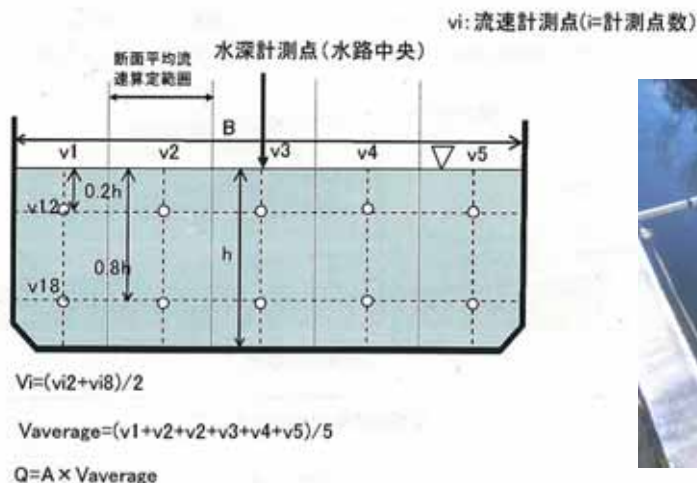


図-4.2.29 流量観測の断面（例）



写真-1.2.26 流量観測

(5) 調査頻度

機能診断の実施時期と頻度は、施設・設備の劣化に伴う頭首工の性能低下や偶発的な事故により、農業や周辺環境にどのような影響があるのか、その影響がどの程度までなら許容できるのか、修復の難易度や所要時間はどの程度かといった視点で検討を行い、調査に要する費用を加味して検討を行い施設ごとに定められた影響度や健全度、調査に要する経費との関連も含めて適切に設定する必要がある。

また、劣化があまり進行しておらず、偶発的な事故によるリスクが小さい場合であっても、当該施設が今後どのような劣化過程をたどるのかを観察し予測するため、定期的な機能診断を実施する必要がある。

(6) 現地調査(定点調査)票

頭首工の現地調査(定点調査)票の記載例を表-4. 2. 15～表-4. 2. 17 及び図-4. 2. 30 に示す。

表-4. 2. 15 頭首工の現地調査(定点調査)票 (1/3) 記載例

整理番号	18121004		調査年月日	平成24年10月24日	
地区名	S沿岸地区		記入者	〇〇コンサルタンツ㈱	
施設名	T頭首工		調査部材番号	堰柱(土砂工) P1	
定点調査番号	1821		例: P-〇		
劣化要因の推定 (劣化要因推定表による)	劣化要因	評価	特記事項(可能性のある劣化要因等)		
	中性化	△	例) ① 現場の状況から構造外力(土圧)が認められる。 ② 土砂吐と一体のピア部分が土砂吐と一緒に変形している。 ③ 摩耗が認められる。		
	塩害	△			
	ASR				
	凍害	△			
	化学的腐食				
	疲労				
	摩耗・風化	○			
	外部要因	△			
調査部位	規格 堰柱、L=13M、W=1.8m		調査施設概要図		
データ整理No.	スケッチ	☒ あり ☐ なし	No.		
	写真	☐ あり ☒ なし	No.		
変 状 項 目			変状の状態・程度		
ひび割れ	ひび割れ最大幅	鉄筋	☒ 0.2mm未満	☐ 0.2mm以上～1.0mm未満	☐ 1.0mm以上
	※鉄筋の()の値は厳しい腐食環境の場合に適用する。 ※無筋の()の値は部材を貫通する可能性がある場合に適用する。		(0.2mm未満)	(0.2mm以上～0.6mm未満)	(0.6mm以上)
		無筋	☐ 0.2mm未満	☐ 0.2mm以上～5.0mm未満	☐ 5.0mm以上
			(0.2mm以上～1.0mm未満)	(1.0mm以上)	
		☐ ひび割れなし		実測値	0.10 (mm)
	最大幅ひび割れの延長			2.50 (m)	
	ひび割れ延長	幅2.0(5.0)mm以上			0.00 (m)
		幅1.0mm以上2.0(5.0)mm未満			0.00 (m)
		幅0.20mm以上1.0mm未満			0.00 (m)
		幅0.20mm未満			2.50 (m)
	ひび割れ形状	☐ 1.目地間中央や部材解放部の垂直ひび割れ ☒ 2.特徴的な形状を示さないひび割れ ☐ 3.格子状・亀甲状などのひび割れ ☐ 4.側壁を横切るような水平もしくは斜めのひび割れ ☐ 5.鉄筋に沿ったひび割れ			
	※複数指定可				
進行性(前回との変化)	☐ あり				
ひび割れ規模	☐ ひび割れ密度: ひび割れ幅0.2mm以上のものが50cm/m ² 以上 ☐ 全体的(表面の50%以上)				
ひび割れ付随物(析出物、錆汁、浮き)	☐ あり ☒ なし				
ひび割れからの漏水	☐ 滲出し、漏水跡、滴水 ☐ 流水、噴水 ☒ なし				
ひび割れ段差	☐ あり ☒ なし				
材料劣化	※いずれか該当するチェックボックスに印をつけ、右欄に計測値を記入する。				
	浮き	☐ 部分的(表面の50%未満) ☐ 全体的(表面の50%以上) ☒ なし	0.00	(m ²) 面積	
	剥離・剥落・スケリング	☒ 部分的(表面の50%未満) ☐ なし ☐ 全体的(表面の50%以上)	0.05	(m ²) 面積	
			0.15	(cm) 深さ	
	析出物(エフロレッセンス・ゲルなど)	☐ 部分的(表面の50%未満) ☐ 全体的(表面の50%以上) ☒ なし	0	(箇所)	

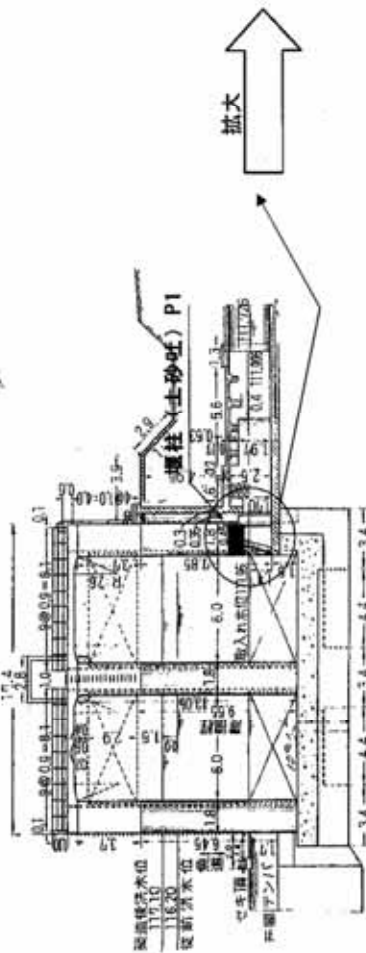
表-4.2.16 頭首工の現地調査(定点調査)票 (2/3) 記載例

変 状 項 目		変 状 の 状 態 ・ 程 度			
材料劣化	錆計	☐ あり ☒ なし		0	(箇所)
	摩耗・すりへり	☐ 1.細骨材露出 ☐ 2.粗骨材露出 ☒ 3.粗骨材剥離 ☐ なし		0.46	(m ²)面積
		☐ 全体的(表面の50%以上)		0	(箇所)
	鉄筋露出	☐ 部分的(表面の50%未満) ☒ なし ☐ 全体的(表面の50%以上)		0	(箇所)
圧縮強度	反発硬度法(左・右側壁)	測定No.	P-1	26.4	(N/mm ²)
	測定No.	—			
	平均値(設計基準強度比)	☒ 100%以上 ☐ 75%以上100%未満 ☐ 75%未満			
中性化深さ	ドリル法	測定No.	P-1	4.0	(mm)
	鉄筋被り(測定値又は設計図書による)			60.0	(mm)
	中性化残り=鉄筋被り-中性化深さ			56.0	(mm)
	平均値	☒ 中性化残り10mm以上 ☐ 中性化残り10mm未満			
変形・歪み	変形・歪みの有無	☐ 局所的(施設の一部のみで発生) ☒ 全体的(変状が構造物全体にある) ☐ なし			
	変形・歪み箇所の略図 				
欠損・損傷	欠損・損傷の有無	☐ 局所的(施設の一部のみで発生) ☒ なし ☐ 全体的(変状が構造物全体にある)			
	戸当たり周辺、巻き上げ機周辺の損傷	☒ 局所的(施設の一部のみで発生) ☐ なし ☐ 全体的(変状が構造物全体にある)			
不同沈下	構造物の沈下、傾倒	☐ 局所的(施設の一部のみで発生) ☒ なし ☐ 全体的(変状が構造物全体にある)			
エプロン・護床工周辺河床	エプロン直上下流の箇所洗掘、下流側護床工の消失・沈下、洗掘	☐ 局所的(施設の一部のみで発生) ☒ なし ☐ 全体的(変状が構造物全体にある)			
エプロン・床版下部	床版・エプロン下からの噴水 床版・エプロン下の空洞	☐ 局所的(施設の一部のみで発生) ☒ なし ☐ 全体的(変状が構造物全体にある)			
護岸工周辺地盤	背面土の空洞化	☐ 局所的(施設の一部のみで発生) ☒ なし ☐ 全体的(変状が構造物全体にある)			
	周辺地盤の沈下、陥没、ひび割れ	☐ 局所的(施設の一部のみで発生) ☒ なし ☐ 全体的(変状が構造物全体にある)			
魚道下流	下流河床低下など	☐ 局所的(施設の一部のみで発生) ☒ なし ☐ 全体的(変状が構造物全体にある)			

表-4.2.17 頭首工の現地調査(定点調査)票 (3/3) 記載例

変 状 項 目		変状の状態・程度		
目地の変状 (護岸、エプロン、構造物境界)	目地の開き	☐ 局所的(施設の一部のみで発生)	☐ なし	
		☒ 全体的(変状が構造物全体にある)	5.0	(mm)
	止水板の破損	☐ あり ☒ なし	0	(箇所)
	漏水の状況	☐ 滲出し、漏水跡、滴水	☒ なし	
		☐ 流水、噴水	0	(箇所)
	段差	☐ 局所的(施設の一部のみで発生)	☒ なし	
☐ 全体的(変状が構造物全体にある)		1	(箇所)	
周縁コンクリートの欠損等	☐ 局所的(施設の一部のみで発生)	☒ なし		
	☐ 全体的(変状が構造物全体にある)	1	(箇所)	
管理橋	橋桁や床版の損傷	☐ 局所的(施設の一部のみで発生)	☒ なし	
		☐ 全体的(変状が構造物全体にある)	0	(箇所)
	沓座・堰柱張出し部の損傷	☐ 局所的(施設の一部のみで発生)	☒ なし	
		☐ 全体的(変状が構造物全体にある)	0	(箇所)
操作室 (堰柱と一体的に設置された小規模なもの)	雨漏り・壁・柱の損傷・ひび割れ	☐ 局所的(施設の一部のみで発生)	☒ なし	
		☐ 全体的(変状が構造物全体にある)	0	(箇所)
点検担当者の主観的な評価				
対策の必要性	1. 対策必要有 (以下から選択) ☐ ① 早急に詳細調査を実施し、補修対策を実施する必要有り。 ☒ ② 詳細調査を実施し、対策の必要有無を検討するのが望ましい。 ☐ ③ 緊急の対策、調査は必要ない。 ☐ 2. 対策必要無し 【特記事項】			
想定される主な劣化要因 ※複数指定可	【劣化要因】 ☐ 1.初期欠陥 ☐ 2.中性化 ☐ 3.塩害 ☐ 4.アルカリ骨材反応 ☐ 5.凍害 ☐ 6.化学的腐食 ☒ 7.疲労 ☒ 8.摩耗・風化 ☐ 9.過荷重(地震含む) ☐ 10.近接施工 ☐ 11.支持力不足 ☐ 12.外力(緩み土圧、塑性土圧、偏圧) ☐ 13.その他 【特記事項】			
想定される劣化過程評価	【劣化過程】 ☐ I ; 潜伏期 ☐ II ; 進展期 ☒ III ; 加速期 ☐ IV ; 劣化期 【特記事項】			

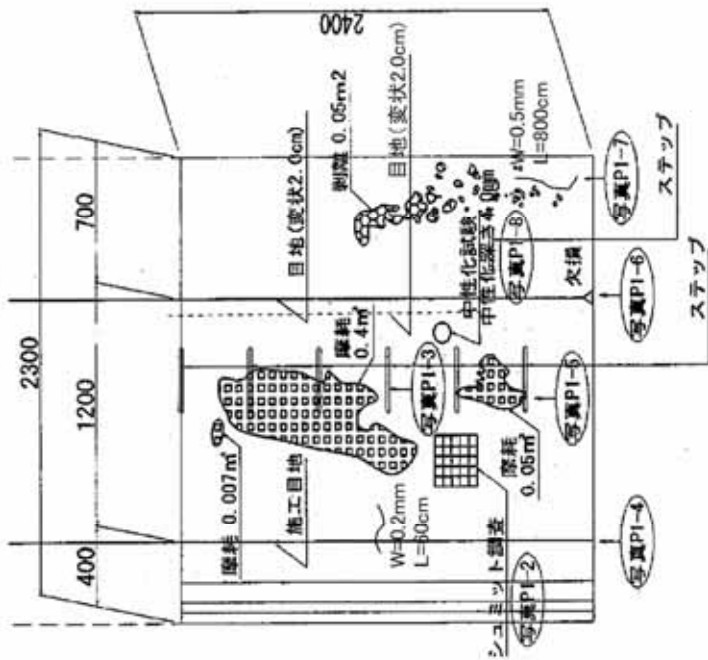
土砂吐門正面圖



調査対象の位置図

(※調査位置が分かる図面をつけ、図示する)

(記載例)



調査対象の展開図

(※調査対象寸法を決める)

凡例 ※凡例は必要に応じて追加する

※凡例は必要に応じて追加する			
ひび割れ (幅及び長さを記入)	---	目地の変状	
浮き		漏水 (漏跡)	
割離・剥落			
析出物 (石炭分など)			
摩損・すりへり		写真撮影方向・番号	

調査概要		【特記事項】 ・ 堰柱が河川側に傾斜 (h=2.4m位置で20mm)
整理番号	024	
地区名	S沿岸地区	
施設名	T頭首工	
定号調査番号	1821	
規格・調査施設	堰柱 h=13.0m W=1.8m	
調査年月日	平成18年10月31日	
記入者	山田 三郎	

図-4.2.30 頭首工の現地調査(定点調査)スケッチ図例

4.3 機能診断評価

4.3.1 評価の手順

施設の機能診断評価は、施設の状態からみた健全性の評価によって行うが、当該施設の性能低下をもたらす要因によって、その後の劣化進行が大きく変わることから、当該施設の性能低下の主要な要因（支配的要因）を特定し、当該要因に適した手法によって、現在の健全度の評価及び劣化の予測を行う。

このため、施設の種類に応じて、構造部材の劣化による性能低下（内部要因）、地盤沈下や荷重など外部の要因による性能低下（外部要因）、その他の要因による劣化と、大きく分類し、検討を行う。

なお、農業水利施設の目的は、水利用機能の発揮であることから、状況に応じて水利用性能、水理性能に係る指標も併せて考慮する。

【解説】

施設の性能低下には、かならずその要因が存在し、当該要因の内容如何により、現状評価や劣化予測の手法が自ずと異なることとなる。このため、まず大きく、以下の3つに主要な要因を分類し、これについてその後の検討を行う。

(1) 性能低下の要因

- ・ 内部要因（コンクリート等材料そのものの劣化）

コンクリートの摩耗、塩害、中性化、凍害、複合的な要因による劣化など。

- ・ 外部要因（構造物の変形・変位・損傷など）

地震、流水、荷重、圧密沈下、洗掘、パイピングなど。

- ・ その他の要因（目地の劣化など）

コンクリート施設の目地、ゲート操作に関連する管理橋及び門柱と一体化した小規模な操作室の損傷など。ただし、ゴミ、雑草などによる構造的劣化に帰結しない水理性能の低下は別途検討するものとし、本資料では取り扱わない。

表-4.3.1 頭首工の機能診断評価のポイント

評価箇所	評価のポイント
堰 体	・ コンクリート構造物共通の変状・劣化として、ひび割れの規模、形状やコンクリート部材表面の外観変状、転石による摩耗、及び必要に応じて実施される圧縮強度、中性化深さにより材料劣化の状態を把握し、コンクリート構造物としての安全性、耐久性を評価する。 ・ 変形・歪み、沈下については、他の部位への影響の大小にも留意して評価する。 ・ 変形、沈下が顕著でなく外観目視では確認できない場合でも、変形、沈下を疑わせるようなひび割れの発生場所やひび割れ形状にも留意して評価する。
エプロン	・ コンクリート構造物共通の変状・劣化について評価するが、特に顕著な変状・劣化として摩耗による材料劣化に着目して評価する。 ・ 河床材の吸出しによるエプロン下地盤の空洞化が発生しやすいが、外観変状調査では直接空洞化の状態を把握することが困難ため、沈下・歪みや下流河床の異常洗掘の状況、ひび割れ形状やひび割れ発生場所などから総合的に評価する。
護床工	・ 洪水による流失、河床変動による不同沈下、下流河床の異常洗掘の状況により、護床工の安定性を評価する。
護岸・ 取付擁壁	・ コンクリート構造物一般の変状・劣化の評価の他に、変形、歪み、及び、これらの原因となる堤防地盤の沈下、陥没、変形に注意を払う必要がある。

4.3.2 機能診断評価の方法

施設の健全度の評価は、施設種類、構造等を踏まえて、施設の性能低下に関係するそれぞれの要因についての評価区分を設定した施設状態評価表を用い、機能診断調査の結果により行う。複数の要因が影響している場合には、劣化を進行させるより支配的な要因や、施設全体の機能に及ぼす影響を考慮して評価する。

【解説】

機能診断評価は、工種別の現地調査（近接目視、計測）結果を施設状態評価表に当てはめることで実施する。この施設状態評価表は、個別の変状項目について施設の機能に与える影響を勘案して、点数付けがされており、項目間の相対的なバランスが確保されている。

頭首工を構成する施設・設備の健全度の評価に当たっては、施設・設備ごとの性能低下に関係する要因とその評価区分を設定した施設状態評価表を作成することなどにより、構成要素ごとに評価を行う。また、施設の状態評価は、「構造物自体」、「構造物周辺」、「その他の附帯設備」のそれぞれについて実施し、総合化して全体評価を行う。

また、施設状態評価表に基づく評価だけでは施設の状態を適切に表現しきれない場合もあるため、様々な要因を含めた最終的な評価を下すため、健全度の総合評価を行う。健全度の総合評価は、それまでの評価の過程を検証し、必要に応じて現場条件等の確認や専門的な知見を有する技術者の協力を得るなどして、総合的な技術的判断（エンジニアリングジャッジ）を踏まえたものとして行う。

なお、支配的要因の検討やエンジニアリングジャッジ等の結果により、施設状態評価表で定量的に区分される評価とは異なる評価区分を採用する際には、定量的な計測等の結果も記録した上で、どのような考え方にに基づきその評価を行ったのかについて、記録しておくことが重要である。

【参考】エンジニアリングジャッジの例

- ・堰柱の最大ひび割れ幅 0.8mm（劣化要因不特定）から S-4 評価と評価されているが、亀甲状の不規則なひび割れから ASR が要因であるとともに、取水工に凍害による部分的な剥離がみられることから、進行性のある凍害と ASR の複合劣化であると判断し、S-3 評価とした。



写真-4.3.1 アルカリ骨材反応が要因のひび割れ

表-4.3.2 頭首工(鉄筋コンクリート施設)の健全度ランクの設定

健全度 ランク	施設の状態	現象例	対応する 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態。	① 新設時点とほぼ同等の状態。 (劣化過程は、潜伏期)	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態。	① コンクリートに軽微なひび割れの発生や摩耗が生じている状態。 (劣化過程は、進展期)	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態。劣化の進行を遅らせる補修工事などが適用可能な状態。	① 鉄筋に達するひび割れが生じている。あるいは、鉄筋腐食によるコンクリートの剥離・剥落が生じている。 ② 摩耗の進行により、粗骨材の剥落が生じている。 (劣化過程は、進展期から加速期に移行する段階)	補修・補強
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態。補強を伴う工事により対策が可能な状態。	① コンクリートや鉄筋の断面が一部で欠損している状態。 ② 地盤変形や背面土圧の増加によりコンクリート躯体に明らかな変形が生じている状態。 (劣化過程は、加速期又は劣化期に移行する段階)	補強・補修
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態。近い将来に施設機能が失われる、又は著しく低下するリスクが高い状態。補強では経済的な対応が困難で、施設の更新が必要な状態。	① 貫通ひび割れが拡大し、鉄筋の有効断面が大幅に縮小した状態。S-2 に評価される変状が更に進行した状態。 ② 補強で対応するよりも、更新した方が経済的に有利な状態。 (劣化過程は、劣化期)	更新

*同欄の記載内容は目安として示したものであり、健全度ランクに対応する対策の必要性の有無及びその内容は、重要度や影響度、劣化要因、劣化の進行性等に応じ検討するものとする。

表-4.3.3 頭首工（無筋コンクリート施設）の健全度ランクの設定

健全度 ランク	施設の状態	現象例	対応する 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態。	① 新設時点とほぼ同等の状態。 (劣化過程は、潜伏期)	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態。	① 軽微なひび割れが見られる。 ② 周辺地盤の変状（不同沈下や陥没など）が見られるが躯体の変状は認められない。 ③ 河床の盤膨れが見られるが躯体の変状は見られない。 (劣化過程は、進展期)	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態。劣化の進行を遅らせる補修工事などが適用可能な状態。	① 無筋コンクリートの場合、躯体に0.2mm～5.0mm程度のひび割れが全面的にある、あるいは部分的でも5.0mm以上のひび割れがある。 ② 軽微な基礎の滑り、沈下、ブロック面のせり出し、傾斜などが見られる。 ③ 河床材の吸出しによるエプロン下の空洞化やパイピングが疑われるような変形（不同沈下や陥没など）が見られる。 ④ 沈下・歪等、異常洗掘が見られる。 (劣化過程は、進展期から加速期に移行する段階)	補修・補強
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態。補強を伴う工事により対策が可能な状態。	① 躯体に5.0mm以上のひび割れがあり、かつ全面的にひび割れが発達している。 ② 顕著な基礎の滑り、沈下、破損、脱落が見られる、あるいは壁のせり出しや傾斜変形が見られるが、崩壊、転倒には至っていない。 (劣化過程は、加速期又は劣化期に移行する段階)	補強・補修
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態。近い将来に施設機能が失われる、又は著しく低下するリスクが高い状態。補強では経済的な対応が困難で、施設の更新が必要な状態。	① S-2の症状がさらに進んだ状態で、壁が転倒あるいは損壊している。 (劣化過程は、劣化期)	更新

*同欄の記載内容は目安として示したものであり、健全度ランクに対応する対策の必要性の有無及びその内容は、重要度や影響度、劣化要因、劣化の進行性等に応じ検討するものとする。

表-4.3.4 機能診断調査結果に基づく施設状態評価表（頭首工）記載例

頭首工（コンクリート施設）の施設状態評価表

区名		S沿岸地区		評価年 月 日		平成24年10月24日				
施設名		I頭首工		評価者		〇〇コンサルタンツ(株)				
定点調査構造物名称		土砂吐ゲート堰柱		調査部材番号 例: P-〇		堰柱(土砂工)P1				
施設の状態		S-5:変状なし S-4:変状兆候 S-3:変状あり S-2:顕著な変状あり S-1:重大な変状あり								
評価項目				評価区分				評価の流れー		
健全度ランク				S-5	S-4	S-3	S-2	変状別 評価	主要因別 評価	施設状態 評価
内部要因	構造物 自体の変状	ひび割れ	タイプ: 初期ひび割れ 形状: 目地間中央や部材解放部の垂直ひび割れ 原因: 乾燥収縮・温度応力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的	S-4		
			タイプ: 劣化要因不特定のひび割れ 形状: 特徴的な形状を示さないひび割れ 原因: 症状が複合的であり劣化要因を特定できないもの	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的			
			タイプ: ひび割れ先行型ひび割れ 形状: 格子状・亀甲状などのひび割れ 原因: ASRや凍害などの劣化要因	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的			
			タイプ: 外力によるひび割れ 形状: 側壁を横切るような水平もしくは斜めのひび割れ 原因: 構造物に作用する曲げ・せん断力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的			
			タイプ: 鉄筋腐食先行型ひび割れ 形状: 鉄筋に沿ったひび割れ 原因: 中性化・塩害	無		有	S-3に該当するものが 全体的			
		最大ひび割れ幅(無筋) [部材を貫通する可能性がある場合]			最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 0.2～5.0mm [0.2～1.0mm]	最大ひび割れ幅 5.0mm以上 [1.0mm以上]			S-3に該当するものが 全体的
		進行性 (ASRや凍害などの場合)			有りの場合1ランクダウン					
		ひび割れ規模					① ひび割れ密度 (ひび割れ幅0.2mm以上) 50cm/㎡以上			S-3に該当するものが 全体的
		ひび割れ付随物 (析出物、錆汁、浮き)			無		② 有			又は
		ひび割れからの漏水			無		③ 滲出し、漏水跡、滴水			流水、噴水
		ひび割れ段差			無					有
	ひび割れ 以外の劣化	浮き	無		部分的	全体的		S-4		
		剝離・剝落	無		部分的	全体的				
		析出物(フロッケス・ゲルなど) (ひび割れを含むものを除く)	部分的(S-4の場合以外)	全体的又は鉄筋に 沿った部分的						
		錆汁 (ひび割れを含むものを除く)	無	有						
		摩耗・すりへり	細骨材露出	粗骨材露出	粗骨材剥落	－				
		鉄筋露出の程度	無		部分的	全体的				
		圧縮強度	反発強度法(鉄筋) (圧縮強度換算)※設計強度 21N/mm ² の場合	21N/mm ² 以上 (設計基準強度比 100%以上)	15～21N/mm ² (設計基準強度比75% 以上100%未満)	15N/mm ² 未満 (設計基準強度比75% 未満)			S-5	
		反発強度法(無筋) (圧縮強度換算)※設計強度 18N/mm ² の場合	18N/mm ² 以上 (設計基準強度比 100%以上)	13～18N/mm ² (設計基準強度比75% 以上100%未満)	13N/mm ² 未満 (設計基準強度比75% 未満)		－			
	中性化 (鉄筋)	ドリル法 (中性化残り)	残り10mm以上		残り10mm未満		S-5			
	外部要因	構造物 周辺の変状	変形・歪み	変形・歪みの有無	無		局所的	全体的	S-5	S-5
			欠損・損傷	欠損・損傷の有無	無		局所的	全体的	S-5	
			戸当たり周辺、巻き上げ機周辺の損傷	無		局所的	全体的	S-5		
不同沈下			構造物の沈下、傾倒	無		局所的	全体的	S-5		
エプロン・護床 工周辺河床			エプロン直上下流の局所洗掘、 下流側護床工の消失・沈下、深掘れ	無		局所的	全体的	S-5		
エプロン・ 床版下部			床版・エプロン下からの噴水 床版・エプロン下の空洞	無		局所的	全体的	S-5		
護岸工周辺 地盤			背面土の空洞化	無		局所的	全体的	S-5		
周辺地盤の沈下、陥没、ひび割れ			無		局所的	全体的	S-5			
魚道下流	下流河床低下など	無		局所的	全体的	S-5				
その他の 要因	目地の変状 (護岸、エプロン、構 造物境界)	目地の開き	無	局所的	全体的		S-4	S-4		
		止水板の破断	無		有		S-5			
		漏水の状況	無	漏水跡、滲出し、滴水	流水・噴水		S-5			
		エプロンの場合は1ランクダウン								
	段差	無	局所的	全体的		S-5				
		周縁コンクリートの欠損等	無	局所的	全体的		S-5			
	管理橋	橋桁や床版の損傷	無	局所的	全体的		S-5			
		沓座・堰柱張出し部の損傷	無	局所的	全体的		S-5			
	操作室 (堰柱と一体的に設置さ れた小規模なもの)	雨漏り・壁・柱の損傷・ひび割れ	無	局所的	全体的		S-5			

(評価の流れにおける、主要因別評価及び施設状態評価の判定の考え方)
ひび割れは劣化要因不特定のひび割れであるが、亀甲状の不規則なひび割れであり、ASRが要因で考えられるとともに、取水工に凍害による部分的な剝離が見られたことから、進行性のある凍害とASRの複合劣化であると判断し、エンジニアリングジャッジにより評価をS-3とした。

注1) 「部分的」とは概ね全体の50%未満を示し、「全体的」とは全体の50%以上を示す。

注2) 「変形・歪み」、「地盤変形」などにおける「局所的」とは施設の一部で当該変状が生じている状態を指し、「全体的」とはそれが構造物全体に及んでいる状態を指す。

注3) ひび割れ先行型ひび割れのうち、ASRや凍害などにより現在においても進行性があると判断できる場合は健全度ランクを「1ランクダウン」。

注4) 変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。

注5) S-1の評価は、この評価表に依らず評価者が技術的観点から個別に判定する。

注6) 圧縮強度及び中性化の調査は、必要に応じて実施する。

注7) ひび割れの規模に係る評価区分S-3は、①+②又は①+③を満たす場合に該当する。

注8) ひび割れ幅における[0.6mm]は、厳しい腐食環境の場合適用する。

注9) 主要因別評価から施設状態評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とすることを基本とする。

注10) 摩耗すり減りの1ランクダウンについては、水理機能、水利用機能に支障がなければ、1ランクダウンを行わないものとする。

4.4 専門的調査

専門的調査を実施している、あるいは計画している施設では、機能診断調査の現地調査（定点調査）地点を同一地点とし、調査の合理化と機能診断調査手法の精度向上に資することが望ましい。

また、機能保全対策を具体的に実施する段階では、「農業水利施設のコンクリート構造物調査・評価・対策工法選定マニュアル」、「農業水利施設の長寿命化の手引き」を参考に専門的調査を実施し、適切な対策工法の選定を行う必要がある。

【解説】

4.4.1 専門的調査への移行

機能保全対策の長期計画や基本計画段階では、外観目視調査を主体とする調査で十分であるが、具体的に機能保全対策を実施する段階では、ひび割れの発生場所、幅、形状、規模（密度）の他に、ひび割れ深さやコンクリート材質の劣化、鉄筋の腐食状況などの情報が必要となる場合が少なくない。

例えば、表-4.4.1 は鉄筋コンクリートの劣化判定基準の例であるが、判定項目はひび割れ深さ、全塩化物濃度、中性化残り、自然電位が用いられているように、専門的調査でなければ得られない項目が判定基準として用いられている。

このように、機能保全対策の具体的実施段階では、評価の精度を上げるために専門的調査が必要であるが、機能診断調査でも、評価精度を向上するために、専門的調査を実施している施設の調査結果の有効活用や、必要に応じてサンプル調査を実施することが望ましい。

表-4.4.1 鉄筋コンクリートの劣化判定基準例

損傷度	ひび割れ深さ d	全塩化物量 $C\ell$	中性化残り X_c	自然電位 E (mV) (鉄筋の腐食計測)
I	1/2 被り > d	$0.3 \text{ kg/m}^3 > C\ell$	$X_c \geq 1/2$ 被り	$E > -150$
II	被り > d $\geq 1/2$ 被り	$1.2 > C\ell \geq 0.3 \text{ kg/m}^3$	$1/2$ 被り > $X_c \geq 10 \text{ mm}$	$-150 \geq E > -250$
III	d $\geq$ 被り	$2.5 > C\ell \geq 1.2 \text{ kg/m}^3$	$10 > X_c \geq 0$	$-250 \geq E > -350$
IV	d $\geq$ 被り	$C\ell \geq 2.5 \text{ kg/m}^3$	$0 > X_c$	$-350 \geq E$

I 補修不要 II 補修が望まれる III 早い時期の補修 IV 緊急の補修・補強対策

出典：「コンクリート構造物の補修・補強技術の現状と今後の展望」H14 年度, P. 4, (社)日本土木工業協会

施設状態から見た専門的調査方法の目安を表-4.4.2 に示す。

表-4.4.2 施設の状態から見た専門的調査方法の目安

変状タイプ		専門的調査の方法の目安	
		健全度 S-3	健全度 S-2、S-1
ひび割れタイプ	初期ひび割れ	・他の変状が伴っていない場合はひび割れ幅、深さ、範囲を精査する程度で、特に専門的調査は必要としない。 ・析出物等の他の変状が伴っている場合は、コア（又は小口径コア）採取による物性試験（圧縮強度、塩化物イオン濃度、中性化深さ等）を実施し、他の劣化要因が併発していないかどうかを把握するのが望ましい。	・他の変状が伴っていない場合はひび割れ幅、深さ、範囲を精査する程度で、特に専門的調査は必要としない。 ・析出物等の他の変状が伴っている場合は、コア（又は小口径コア）採取による物性試験（圧縮強度、塩化物イオン濃度、中性化深さ等）を実施するのが望ましい。
	鉄筋腐食先行型	・コア（又は小口径コア）採取による物性試験（圧縮強度、塩化物イオン濃度、中性化深さ等）を実施するのが望ましい。	・コンクリートはつりによる鉄筋腐食状況調査を実施するのが望ましい。 ・同時に塩化物イオン濃度、中性化深さ、自然電位の精査を行うのが望ましい。
	ひび割れ先行型	・剥離・スケーリング深さを計測する。 ・析出物等の他の変状が伴っている場合は、コア（又は小口径コア）採取による物性試験（圧縮強度、塩化物イオン濃度、中性化深さ等）を実施し、他の劣化要因が併発していないかどうかを把握するのが望ましい。	・コア採取（又は小口径コア）による物性試験（圧縮強度、塩化物イオン濃度、中性化深さ等）を実施する。 ・錆汁、析出物等のその他の変状が併発している場合は、コンクリートはつりによる鉄筋腐食状況調査を実施するのが望ましい。
	外力によるひび割れ	・荷重条件のチェックを行う。 ・析出物等の他の変状が伴っている場合は、コア（又は小口径コア）採取による物性試験を実施し、他の劣化要因が併発していないかどうかを把握するのが望ましい。	・荷重解析（構造の安定解析）を行う。 ・析出物等の他の変状が伴っている場合は、コア（又は小口径コア）採取による物性試験を実施し、他の劣化要因が併発していないかどうかを把握するのが望ましい。
変形・傾き・不同沈下		・構造物の形状計測により変形・傾き・不同沈下を精査する。	・構造物の形状計測により変形・傾き・不同沈下を精査するとともに、構造の安定解析を行うのが望ましい。
目地の変状		・目地周辺の本体工や地盤に変状が及んでいない場合は、とくに専門的調査は必要ない。 ・周辺地盤の変状が疑われる場合には、背面土の掘削による確認を行う。	—

コンクリート構造物における専門的調査方法の例を表-4.4.3～表-4.4.5に示す。

表-4.4.3 コンクリート構造物の専門的調査方法 (1/3)

調査内容	検査・試験項目	検査・試験方法	調査概要
引張・圧縮強度	コア強度	圧縮試験方法 JIS A 1107, 1108	コア試料による圧縮強度試験により、構造体の強度を評価する。
	局部破壊試験による強度推定	ブルオフ法	コンクリート表面に鋼製ディスクを接着し、ディスク外のコンクリート表面に反力をとってディスクに接着されたコンクリートを引張破断させ、最大引張荷重により求めたブルオフ強度から圧縮強度を推定する。
		ブルアウト法	コンクリート表層に埋込み具をセットし、反力リングを用いて円錐台状のコンクリートコーンを引き抜き、引き抜くのに要する最大荷重(引抜き耐力)から圧縮強度を推定する。
		ブレイクオフ法	コンクリート表層にコアスリットを設け、コア上端部を加力してコア底部を曲げ破壊させ、破壊時の曲げ折り耐力から圧縮強度を推定する。
	弾性係数	弾性係数	静的載荷によって得られた応力-歪み曲線から求める静弾性係数とコンクリートに縦振動またはたわみ振動を与えてコンクリート中に伝播する弾性波速度から求める動弾性係数がある。
	超音波パルス速度	超音波パルス速度	超音波伝搬速度(音速)を求め、コンクリート強度の管理及び構造物コンクリートの強度推定を行う。
鉄筋腐食	中性化深さ	コア法	中性化深さを測定し、コンクリート構造物の劣化予測を行う。
		はつり法	
	塩化物イオン含有量	ドリル法	ドリル削孔粉による塩化物イオン量を測定し、塩害やアルカリ骨材反応の劣化予測を行う。
		重量法(塩化銀沈殿法)	硫酸塩溶液中で、塩化物イオンが銀イオンと反応して生じる塩化銀(沈殿物)の重量を測定することにより、塩化物イオン量を算出する。
		クロム酸銀吸光度法	含有塩化物イオン量を測定し、塩害やアルカリ骨材反応の劣化予測を行う。
		電位差滴定法	含有塩化物イオン量を測定し、塩害やアルカリ骨材反応の劣化予測を行う。
		モール法	指示薬としてクロム酸カリウムを用い、硝酸銀溶液で塩化物イオンを滴定する。
	鉄筋腐食量	腐食面積率の算出	コンクリート中の鉄筋の腐食面積率を調べることにより、鉄筋の腐食状態を把握でき、そのコンクリート構造物が保有している耐荷性能や耐久性能を評価する。
		鉄筋重量減少率の算出	コンクリート中の鉄筋の重量減少率を調べることにより、鉄筋の腐食状態を把握でき、そのコンクリート構造物が保有している耐荷性能や耐久性能を評価する。
	腐食の可能性	自然電位法 JSCE-E601-2000、 ASTM C876	鉄筋が腐食することによって変化する鉄筋表面の電位から、鋼材腐食を診断する。

表-4.4.4 コンクリート構造物の専門的調査方法 (2/3)

調査内容	検査・試験項目	検査・試験方法	調査概要
鉄筋腐食	腐食速度	分極抵抗法	コンクリート表面に当てた外部電極から内部鉄筋に微弱な電流または電位差を負荷したときに生じる電位変化量または電流変化量から、腐食速度(腐食電流密度)と反比例の関係にある分極抵抗を求め、内部鉄筋の腐食速度を推定する。
	腐食性評価	電気抵抗法	被りコンクリートの電気抵抗を測定することによって、その腐食性及び鉄筋の腐食進行のしやすさについて評価する。
アルカリシリカ反応	アルカリ量	水溶性アルカリ	コンクリート中のアルカリ量を振とう溶出法により測定することによって、アルカリシリカ反応の可能性を予想する。
		酸溶性アルカリ	コンクリート中のアルカリ量を酸溶解法により測定することによって、アルカリシリカ反応の可能性を予想する。
	アルカリシリカ反応性	化学法 JIS A 1145	コンクリート用骨材のアルカリシリカ反応性を、化学的な方法によって判断する。
		モルタルバー法 JIS A 1146	モルタルバーの長さ変化を測定することによって、骨材のアルカリシリカ反応性を判定する。
		迅速法 JIS A 1804	主としてコンクリートの生産工程管理用に適用するもので、モルタルバーを高温・高圧で養生し、その特性の変化を測定することによって、骨材のアルカリシリカ反応性を迅速に判定する。
		促進モルタルバー法 ASTM C 1260	迅速にモルタルバーの長さ変化を測定することによって、骨材のアルカリシリカ反応性を判定する。
	アルカリシリカゲルの判定	走査型電子顕微鏡観察 (SEM-EDS)	電子顕微鏡によりコンクリートに生じているアルカリシリカゲルを、遊離石灰やエフロレッセンスと識別する。
	残存膨張量(コアの促進養生試験)	JCI-DD2 法	解放膨張率及び残存膨張率を測定する(湿気槽にて試験する方法)。
		デンマーク法	解放膨張率及び残存膨張率を測定する(外部からNaOHが供給される条件下で試験する方法)。
		カナダ法 (NBRI 法)	解放膨張率及び残存膨張率を測定する(外部からNaClが供給される条件下で試験する方法)。
コンクリートの配合		セメント協会法	コア試料を採取し、セメント量、水量、骨材量を定量分析し、コンクリートの配合を把握する。
		I C P を用いる方法	コア試料を採取し、セメント量、水量、骨材量をICP装置(誘導プラズマ発光分光分析装置)により測定を行うものである。
コンクリートの微細構造	骨材の岩種及び反応性鉱物の種類	偏光顕微鏡観察	コンクリートの劣化に係る骨材の観察。
		粉末X線回折	水和物、骨材などを問わず、その含有鉱物の定性、定量を行う。
		赤外線吸収スペクトル分析	各種結晶における原子団の存在や、構成原子間の相互の結合状態を確認検討する。
		走査型電子顕微鏡 (SEM)	粗骨材周囲の内部、ゲル、粗骨材の割れの観察を行う。

表-4.4.5 コンクリート構造物の専門的調査方法 (3/3)

調査内容	検査・試験項目	検査・試験方法	調査概要
コンクリートの化学成分		電子線マイクロアナライザー (EPMA)	X線などでは分析が難しいアルカリ骨材反応に関連する骨材の含有鉱物を観察する。
ひび割れ・剥離・空洞	赤外線法	サーモグラフィ	物体の表面温度分布を映像として記録できる温度計装置を用い、浮き(剥離)、漏水調査等を行う。
	弾性波法	超音波法	使用周波数が 20kHz 以上の超音波域と呼ばれる周波数帯を主に使用し、到達時間、波形、周波数、位相などの変化を測定装置で読み取ることで表面ひび割れ深さ内部の空隙及び鉄筋及び鉄筋位置を測定する。
		衝撃弾性波法	ハンマーなどによりコンクリート表面を打撃して弾性波を発生させ、これを受振子で測定し、ひび割れ深さ及び内部欠陥の検出。
		打音法	打撃によって生じる空気振動を音響機器を使用して検出し、ひび割れ、剥離、空洞を測定する。
		アコースティックエミッション法 (AE)	ひび割れ発生や既存ひび割れ面のこのすれのような音源からの AE を対象物に設置した AE 変換子(センサ)によって検出し、コンクリート構造物内部におけるひび割れ進展を空間的に調査する。
	電磁波レーダー法	電磁波レーダー法	電磁波をコンクリート内へ放射し、躯体厚・空洞の調査を行う。
鉄筋・被り・埋設物	電磁誘導試験	電磁誘導法	鉄筋との間に発生する電磁誘導現象を利用してコンクリート中の鉄筋、埋設金属の探査を行う。
		電磁波レーダー法	電磁波をコンクリート内へ放射し、コンクリートと電気的性質の異なる物体(鉄筋、埋設管)を検知する。
		X線透過撮影法	構造物に対して一方から X 線を照射し、対向する裏面にフィルムを配置することによって透過像を撮影し、鉄筋径、鉄筋配置、鉄筋被り、埋設物を把握する。
凍害	凍結融解試験(試料作成)	JIS A 1148-5001	コンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性を、供試体を用いて凍結及び融解の急速な繰り返しによって試験する。