

1. コンクリートの主要な劣化と特徴、劣化要因の推定方法

- 1. 1 コンクリートの主要な劣化と特徴
- 1. 2. 1 ひび割れタイプと劣化要因
- 1. 2. 2 劣化要因の推定方法
- 1. 3 外観変状写真

【位置付け】

本資料は、手引き本編の以下の部分を補足するための資料である。

主に構造性能に影響する対象施設の変状等のレベルを指標化したものを「健全度指標」という。農業水利施設のストックマネジメントにおいては、主に健全度指標を用いる。施設の健全度評価は、機能診断調査の結果から対象施設がどの健全度に該当するか判定することにより行う。

また、管理水準は健全度指標により設定することができる。

第2章 スtockマネジメントの基本事項 2.2 性能の管理 2.2.3 健全度指標

1.1 コンクリートの主要な劣化と特徴

1.1.1 コンクリート構造物

(1) 主要な劣化

コンクリート構造物に現れる代表的な劣化は下表のとおりである。

表 1.1.1 変状・劣化の種類と劣化要因

「コンクリート診断技術」(社)コンクリート工学協会を参考に整理

変状・劣化の種類		変状・劣化要因								
		初期欠陥	中性化	塩害	A S R	凍害	化学的腐食	疲労	摩耗・風化	構造・外力
初期欠陥	豆板	○								
	コールドジョイント	○								
	内部欠陥（空洞等）	○								
	砂スジ	○								
	表面気泡	○								
	非進行性ひび割れ ・ 乾燥ひび割れ ・ 乾燥収縮ひび割れ ・ 温度ひび割れ	○	◆非進行性ひび割れは、施工中、または完成後早い時期に処理を行えば、耐久性に問題は生じない。放置しておいた場合は、他の劣化要因と複合し、進行性のひび割れに変わる場合もある。							
材料劣化 （内部要因 によるもの が多い※）	ひび割れ	鉄筋腐食先行型		○	○					
		ひび割れ先行型				○	○	○	○	○
	浮き・剥落			○	○	○	○	△		
	錆汁			○	○	△		○	△	
	エフロレッセンス						○			○
	変色				○	○			○	
	すりへり（摩耗）								○	
	断面欠損			△	○			○	○	○
構造劣化 （外部要因 によるもの が多い※）	曲げ・せん断ひび割れ									○
	たわみ							○		○
	変形			△	△	○			△	○
	振動（剛性の低下）			△	△	○			△	○

※ 材料劣化は主に内部要因、構造劣化は外部要因によるものが多い。

しかし、材料劣化でも疲労や構造外力のような外部要因でもひび割れなどの変状・劣化が生じる、あるいは、中性化や塩害などによる耐荷力の低下のような内部要因でも変形等の構造劣化を生じる場合もある。

表 1.1.2 劣化の特徴（初期欠陥）

変状の種類			変状の原因、内容	影響
豆板			コンクリート打設時、材料の分離、締め固め不足、型枠下端からの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不良部分が生じるもの。	空隙が多くなり、水密性やコンクリートの中酸化抑制効果が低下する。中酸化や塩害などを誘発しやすい。
コールドジョイント			コンクリートの打ち重ね部分が一体化せず、不連続面が生じる。	コールドジョイント発生部位は一般に強度が低下している。水密性の低下により中酸化、塩害、化学的腐食を誘発することがある。
内部欠陥（空洞等）			コンクリートとモルタル、タイル貼りの界面、あるいはコンクリートと岩盤の界面に生じる空洞や、躯体内部に生じる空洞など様々な形態がある。原因も、施工不良や地盤の変形など、様々である。	コンクリート本体に空洞が生じている場合は耐力の低下や中酸化、塩害など他の劣化要因を誘発することがある。
砂スジ			ブリージング水の多いコンクリートの打ち足しやコンクリートの過度の締め固めにより、コンクリート中の水分が分離して表面に流れ出し、表面に細骨材が縞状に露出した状態	
表面気泡			傾斜型枠面などに余剰水や空気が溜まり、コンクリート面があばた状になる状態。	表層部にブリージング水が残りやすいため、水セメント比が大きくなり、かつ水密性も低いいため、強度や中酸化抑制効果が低下しやすい。
ひび割れ	乾燥収縮ひび割れ		コンクリートが乾燥する際に体積減少（収縮）を起こし、ひび割れが発生。	乾燥収縮ひび割れなど、施工に由来する初期欠陥そのものがコンクリートの品質に悪影響を及ぼすことは少ないが、ひび割れ面から水や空気の侵入による鋼材腐食を防止するために、早期の補修が望ましい。
	温度ひび割れ （熱膨張ひび割れ）	硬化熱（自己収縮）	水和反応熱により内部温度が上昇してコンクリートが膨張し、温度低下によりひび割れを生じる。水セメント比が小さいコンクリートや躯体が厚い部材ほど熱の発散効率が悪く、大きな貫通ひび割れを起こす。	
		太陽熱	完成後、直射日光を長時間受け続けると、壁面温度が高くなり、コンクリートが膨張しひび割れを生じる。	
	沈下ひび割れ		ブリージングにともなってコンクリートが沈下するが、鉄筋付近はコンクリートが拘束されるので、周囲との沈下量の差でひび割れが生じる。	

表 1.1.3 劣化の特徴（材料劣化）

変状の種類		変状の原因、内容		影響
ひび割れ	鉄筋腐食先行型	中性化	水セメント比が過大な場合や鉄筋かぶりが少ない場合に、コンクリートによる中性化抑制効果が低下し、鉄筋腐食を起し、ひび割れに至る。一般に塩害を伴って品質の低下を起す。 1978年に鉄筋被りとひび割れに関する設計強度が規定された。	アルカリ性のコンクリートがpH 9以下に下がった状態であるが、中性化によってコンクリートが強度を失うことはないので無筋コンクリートでは実害は少ない。 中性化によりOH ⁻ が減少し、Cl ⁻ （塩素イオン）が不動態被膜（新しい鉄筋の表面についている青黒い被膜）を破壊し、鉄筋の錆が発生し、鉄筋断面不足、コンクリート断面不足により耐力が「低下する」。
		塩害	塩分を含む材料の使用や海水、融雪材などの塩分飛来により鉄筋腐食を起し、ひび割れを発生さす。多くの場合中性化と複合して発生する。 1986年塩分総量規制施行により材料に由来する塩害は減少したが、海岸付近や融雪材使用地域では塩害が見られる。	コンクリート中の鉄筋が、Cl ⁻ （塩素イオン）が原因となって錆びる、または錆びて体積膨張をおこした結果、コンクリートを押し割ってひび割れを生じる。 ただし、コンクリートが強アルカリを保っている場合は、Cl ⁻ が多く含まれても鉄筋の錆は生じるとは限らない。
	ひび割れ先行型	アルカリ骨材反応	コンクリートに含まれている骨材（粗骨材・細骨材）とセメント中に含まれているアルカリ金属イオンとが反応し、そこに水が入って膨張する現象。 ある種（輝石安山岩系など）の反応性骨材が混入している場合に起こる。	西日本で多く見受けられるが、近年では反応性骨材が規制対象となっているために、新築構造物（1968年以降）に関してはあまり問題となっていない。
		凍結融解	コンクリート中の毛細管や内部に存在する空洞等に水が侵入し、その水が凍結することにより体積膨張をおこしコンクリートを押し割ってしまう現象をいう。	寒冷地における建造物でコンクリート表面を防水被覆していない場合によく見受けられる。
		疲労	繰り返し荷重によって部材が疲労し、ひび割れ、剥離、崩落にいたる現象。 橋梁や建築の床版などのように、たわみを許容して設計された構造物に多くみられる。	構造ひび割れと同様に、構造的弱点部分にひび割れが多数発生するため、耐力が低下する。
		化学的腐食	セメント分が化学反応を起こして劣化するもので、一般には特殊条件に置かれているコンクリートに起こる。	温泉水、化学工場や食品加工場の廃液など、特殊な条件の場合にのみ問題となる。
浮き・剥落		中性化・塩害・凍害などを原因としてコンクリート表面の付着力が低下し、表面から次第にコンクリートが剥げ落ちていく。		断面の不足、鉄筋被り不足などによる構造物の耐力性低下、コンクリート塊の落下被害などが生じる。

表 1.1.4 劣化の特徴（材料劣化）

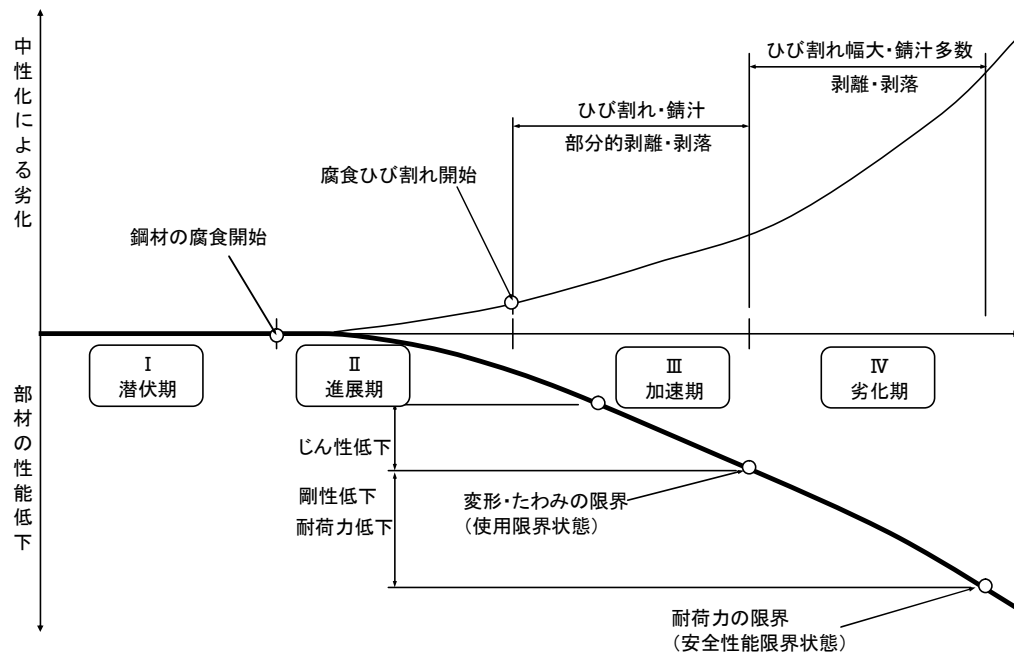
変状の種類	変状の原因、内容		影響
錆汁	中性化による錆	コンクリートの中性化により鉄筋の不動態被膜が破壊し、鉄筋の錆が発生する。 錆の成分は Fe_3O_4 、無定形オキシ水酸化鉄などで、一般に黒色の錆汁が発生する。	中性化残りが10mm（塩害を伴う場合は15mm）以下になると鉄筋腐食が急激に進展する。中性化のみで発錆することは稀で、多くは塩害など他の要因と複合している場合が多い。
	塩害による錆	コンクリート中の鉄筋が、 Cl^- （塩素イオン）が原因となって錆びる。 錆の成分は Fe_3O_4 、 $\alpha\text{-FeOOH}$ 、無定形オキシ水酸化鉄などで、黒色や赤褐色、黄色などの錆汁が発生する。 中性化を伴っている場合は、 $\beta\text{-FeOOH}$ で、淡褐色の錆汁が発生する。	塩害を主とする場合、ひび割れが発生していない場合でも鉄筋の腐食が内部で進行しており、ひび割れと錆汁が同時に発生している場合、劣化はかなり進行していると考えられる。
	剥離、ひび割れによる錆	錆の成分は $\gamma\text{-FeOOH}$ 、 $\alpha\text{-FeOOH}$ で、黒～赤褐色の錆汁が発生する。塩害を伴っている場合は、 $\beta\text{-FeOOH}$ で、淡褐色の錆汁が発生する。エフロレッセンスを併発していることがある。	ひび割れ部分などから水が浸透し、鉄筋腐食を起すもので、一般にひび割れ幅が0.2mm以上の場合に可能性が高い。
	骨材の錆	鉄鉱石などが骨材に含まれている場合、錆汁が発生することがある。	骨材のみの錆だけなら問題は少ないが、中性化や塩害を原因としている可能性があり、鉄筋の腐食も同時進行している、あるいは進行する可能性がある。
	周辺鋼材の腐食	コンクリート表面に設置される、鋸や手摺などの鋼材腐食による錆汁。 部材内部の鋼材による錆汁と区別する必要がある。	美観を損ねるが、鉄筋コンクリート部材そのものの影響は少ない。
エフロレッセンス	混練水等のコンクリート中の水分がコンクリート表面で蒸発し、可溶成分（カルシウム）が乾燥して生成され、一般に白い析出物が付着する。		エフロレッセンス自体がコンクリートの品質に悪影響を及ぼすことはないが、エフロレッセンスの発生は水の移動に関係しているため、ひび割れや内部欠陥など、他の劣化が発生している可能性があるので注意を要す。
変色	コンクリートの変色には、塩害、中性化、凍害等の劣化要因の作用で変色を起す場合、火災による場合、セメントの水和物の変質による場合などがある。		セメントの水和物による変色だけでコンクリートの耐力が低下することは稀であり、殆どの場合は、変色を起した元来の要因（塩害、中性化、凍害、火災等）により劣化する。
摩耗（すりへり） ・風化	摩耗	水路のような場合で、セメント質の部分が摩擦により削り取られ、骨材を支えきれなくなり、やがて骨材がはずれるパターンの摩耗と、衝撃が加わることによって割れて消失するという摩耗がある。	鉄筋被りの減少や断面不足により全体的に強度が低下する可能性が高い。 また、被り不足により中性化や鉄筋腐食を進展させる可能性がある。
	風化	工場煤煙や硬度の高い水質によって、セメント成分が溶出して風化する。	コンクリートが粗化し、強度が低下する。

表 1.1.5 劣化の特徴（構造劣化）

変状の種類	変状の原因、内容	影響																									
構造的なひび割れ ・ 曲げひび割れ ・ せん断ひび割れ	設計荷重以上の荷重や偏荷重を受けることにより、曲げモーメントが卓越する箇所では部材軸にほぼ直角に、せん断力が卓越する箇所は斜め方向にひび割れが生じる。	構造上弱点となっている可能性があり、耐力性を検討のうえ、補修、補強などの対策を検討する必要がある。																									
たわみ	構造的欠陥や中性化・塩害・凍害・化学的腐食・ASR・疲労・摩耗など、様々な劣化要因の作用により劣化進行が著しく進行すると、部材のじん性や剛性が低下し、たわみが大きくなる。 たわみが発生する構造物は、橋梁や梁・床スラブのように構造上たわみを前提している場合に多く見られる。	たわみは、以下の条件を考慮し対策を検討するのが望ましい。 たわみ・スパン比 <table><tr><th>劣化度</th><th>たわみ/スパン</th></tr><tr><td>I（なし）</td><td>1/300 未満</td></tr><tr><td>II（軽度）</td><td>1/200 未満</td></tr><tr><td>III（中度）</td><td>1/100 未満</td></tr><tr><td>IV（重度）</td><td>1/100 以上</td></tr></table> ひび割れ <table><tr><th>劣化度</th><th>ひび割れ幅</th><th>総長さ</th></tr><tr><td>I（なし）</td><td>0.5mm 未満</td><td>6m未満</td></tr><tr><td>II（軽度）</td><td>1.5mm 未満</td><td>15m未満</td></tr><tr><td>III（中度）</td><td>3.0mm 未満</td><td>20m未満</td></tr><tr><td>IV（重度）</td><td>3.0mm 以上</td><td>20m以上</td></tr></table> 出典：「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性向上技術」（国土開発技術センター：技報堂出版1986、P. 75～78）	劣化度	たわみ/スパン	I（なし）	1/300 未満	II（軽度）	1/200 未満	III（中度）	1/100 未満	IV（重度）	1/100 以上	劣化度	ひび割れ幅	総長さ	I（なし）	0.5mm 未満	6m未満	II（軽度）	1.5mm 未満	15m未満	III（中度）	3.0mm 未満	20m未満	IV（重度）	3.0mm 以上	20m以上
劣化度	たわみ/スパン																										
I（なし）	1/300 未満																										
II（軽度）	1/200 未満																										
III（中度）	1/100 未満																										
IV（重度）	1/100 以上																										
劣化度	ひび割れ幅	総長さ																									
I（なし）	0.5mm 未満	6m未満																									
II（軽度）	1.5mm 未満	15m未満																									
III（中度）	3.0mm 未満	20m未満																									
IV（重度）	3.0mm 以上	20m以上																									
変形	外力により変形する場合と、コンクリートの性質上（水和熱上昇による乾燥収縮・膨張、クリープ等）変形するものがある。	外力による変形の場合、曲げひび割れやせん断ひび割れを併発していることが多い。進行性の場合には構造的に弱点となるため、早急の対策が必要である。 コンクリートの性質によるものは、多くの場合は非進行性で劣化が進むことは少ないが、変形が大きく、設計耐力性が確保されていない場合は早急の対策が必要である。																									
振動	構造物の劣化が構造物の剛性を低下させ、その結果、固有振動が低下する性質がある。 固有振動が低下すると振動による振幅が増大し、たわみ量が増大して破損・破壊に至ることがある。	振動が問題となる構造物は、一般に橋梁のような長いスパンを持つものが代表的である。 農業水利施設では PC タンクのような円筒構造、水路橋、堰柱などが考えられる。 振動による構造物の耐力性は、必要に応じて詳細調査による構造の安全照査段階で実施する。																									

(2) 劣化要因別劣化過程の特徴

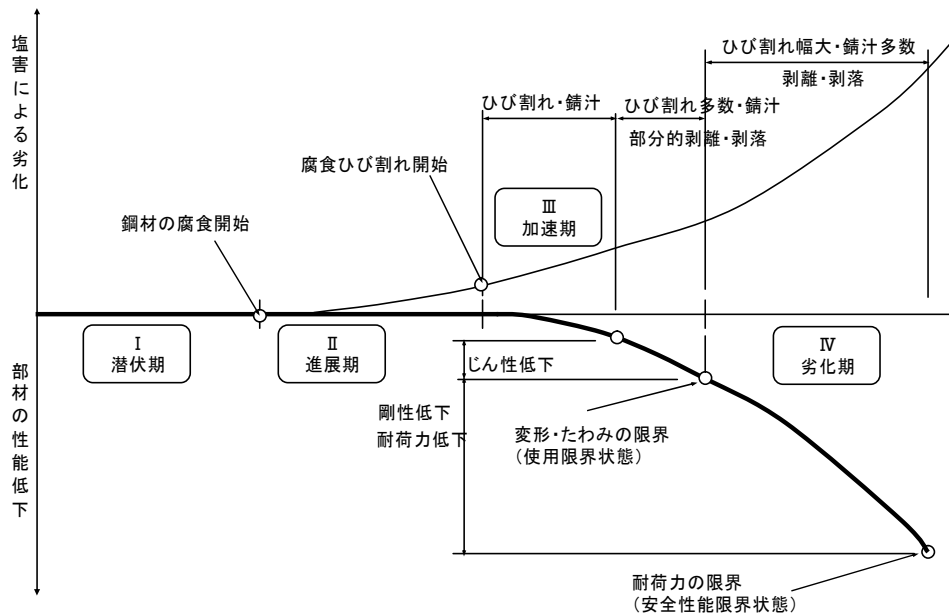
① 中性化



中性化劣化過程の特徴

劣化過程	定 義	外 観 ※印は「鉄道土木構造の耐久性 02」 (山海堂) P38	標準的な機能低下		
			安全 性能	使用 性能	美観 景観
I. 潜伏期	中性化深さが腐食発 生限界に到達するまでの 期間	外観上の変状は見られない			
II. 進展期	鋼材の腐食開始から腐 食ひび割れ発生までの 期間 中性化残りが発錆限界 未満、(鉄筋腐食が開 始)	外観上の変状は見られないが 後期には多少のひび割れ、錆 汁が見られる ※ひび割れ幅 0.35mm 以上の場合、 鉄筋が腐食開始している可能性 が高い (供用年数 40 年以上の場 合)			
III. 加速期 前期	腐食ひび割れ発生によ り鋼材の腐食速度が増 大する期間	腐食ひび割れ 錆汁が発生			美観の 低下
III. 加速期 後期		腐食ひび割れが多数発生 多数の錆汁が見られる 部分的な剥離・剥落が見られ る ※経過年数が 40 年以上の場合、ひ び割れ幅に関係なく鉄筋腐食が 進んでいる可能性がある		剛性の 低下	
IV. 劣化期	鋼材の腐食量の増加に より耐力力の低下が顕 著な期間	腐食ひび割れが多数発生 ひび割れ幅が大きい 錆汁が見られる 多数の剥離・剥落が見られる 変位・たわみが大きい	耐力力 の低下 じん性 の低下		

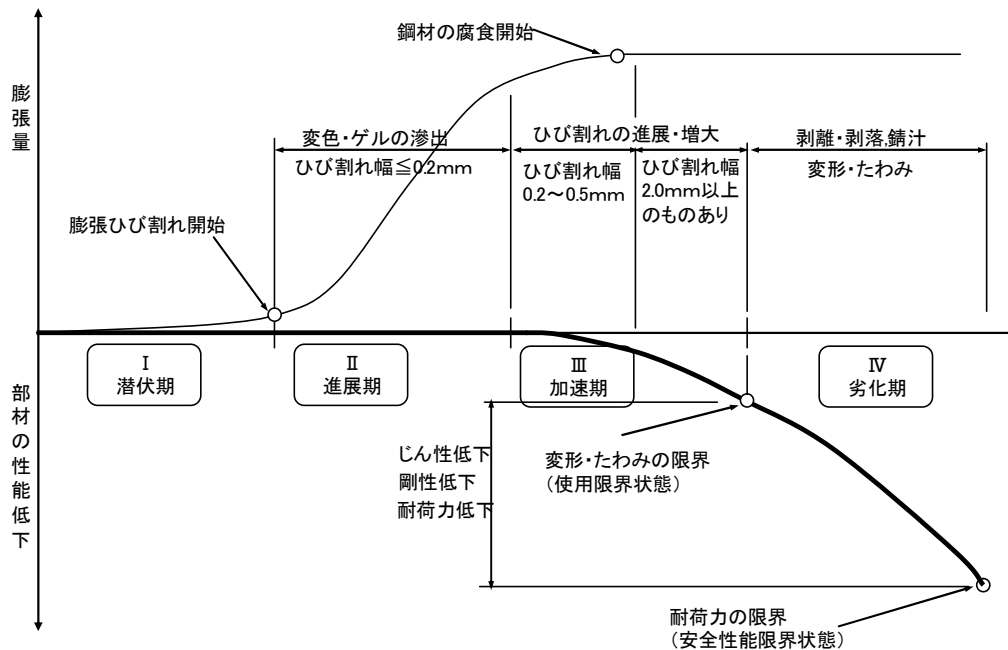
② 塩害



塩害劣化過程の特徴

劣化過程	定 義	外 観 ※印は「鉄道土木構造耐久性研究会」(山海堂) による。	標準的な機能低下		
			安全性能	使用性能	美観景観
I .潜伏期	鋼材の被り位置における塩化物イオン濃度が腐食発生限界濃度まで達する期間。	外観上の変状は見られない。 腐食発生限界塩化物イオン濃度以下。			
II .進展期	鋼材の腐食開始から腐食ひび割れ発生までの期間。	外観上の変状は見られない。 腐食発生限界塩化物イオン濃度以上（鉄筋腐食が開始）。			
Ⅲ.加速期前期	腐食ひび割れ発生により鋼材の腐食速度が増大する期間。	腐食ひび割れが開始 錆汁が見られる。 ※ひび割れ幅 0.35mm以上の場合、鉄筋が腐食開始している可能性が高い（供用年数 40 年以上の場合）。			美観の低下
Ⅲ.加速期後期		腐食ひび割れが多数発生 錆汁が見られる。 部分的な剥離・剥落が見られる（鉄筋の腐食量増大）。 ※経過年数が 40 年以上の場合、ひび割れ幅に関係なく鉄筋腐食が進んでいる可能性がある。	耐 荷 力 低 下 じん性の低下	剛性の低下	
IV.劣化期	鋼材の腐食量の増加により耐荷力の低下が顕著な期間。	ひび割れ幅が大きい。 錆汁が見られる。 剥離・剥落が見られる。 変位、たわみが大きい。			

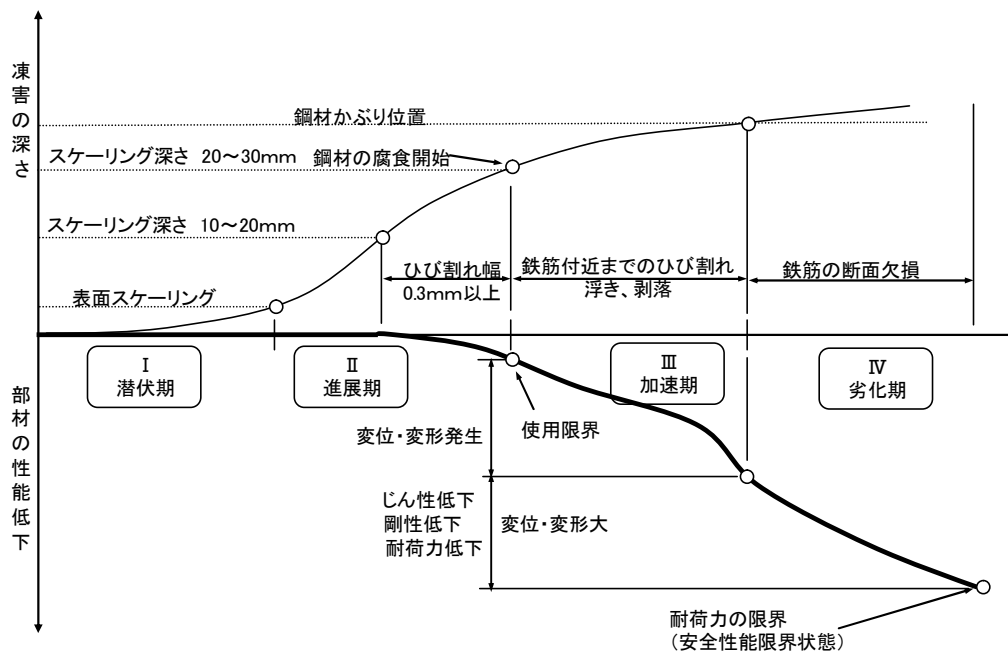
③ アルカリ骨材反応



アルカリ骨材反応劣化過程の特徴

劣化過程	定 義	外 観 ※印は「鉄道総研」による。	標準的な機能低下		
			安全性能	使用性能	美観 景観
I. 潜伏期 (膨張状態 I a)	ASR は進行するが、膨張がまだ顕著に現れない時期。	外観上の変状は見られない。			
II. 進展期 (膨張状態 I b)	水分とアルカリ供給下において膨張が継続的に進行している時期。	ひび割れが発生し、変色、ゲルの滲出が見られる。 ※ひび割れ幅 0.2mm以下 ※ひび割れが密な箇所 30%程度		水密性の低下 変位・変形	美観の低下
III. 加速期 前期・収束期 (膨張状態 II)	ASR による膨張が顕著に現れ、膨張速度が最大になる時期。	ひび割れが進展。 ※ひび割れ幅 0.2～0.5mm ※ひび割れ密度 5 個/㎡以下			
III. 加速期 後期・収束期 (膨張状態 II)	ASR はほぼ収束し、膨張速度が低下する時期。	ひび割れが多数発生。構造物に段差、ズレなどが見られる。 ※ひび割れ幅 2mm以上がある ※ひび割れ密度 5 個/㎡以上	耐力低下 じん性の低下		
IV. 劣化期 終了期 (膨張状態 III)	ASR は収束し、残存膨張量がほぼ 0 となる時期。 過大な膨張が発生した場合は、鋼材が降伏、あるいは破断するなどの影響が出る。	鉄筋被り位置で部分的な剥離・剥落が発生する。 錆汁が見られる。 変位、変形が大きい。 ずれ、段差が見られる。			

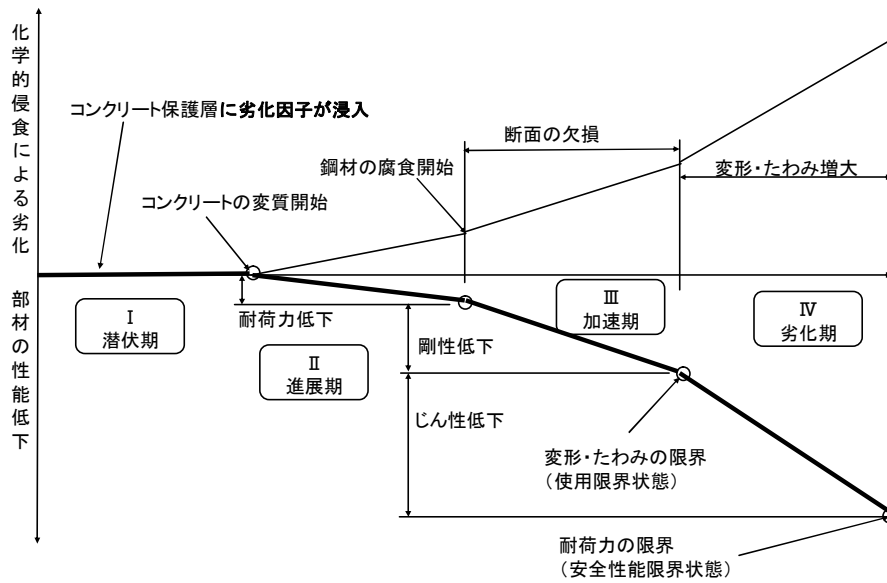
④ 凍結融解（凍害）



凍結融解（凍害）劣化過程の特徴

劣化過程	定 義	外 観 ※印はコンクリート工学協会による。	標準的な機能低下		
			安全性能	使用性能	美観景観
I. 潜伏期 (状態Ⅰ)	凍結融解作用は受けるが劣化が顕在化しない時期 部材の性能低下はなく、健全性を保っている。	融解した水分の滲出しが多少見られるが目立った外観上の変状は見られない。 ※0.2mm以下のひび割れ			
II. 進展期-1 (状態Ⅱ-1)	コンクリート表面の劣化は進行するが、鋼材腐食が無い時期。 凍害深が浅く、剛性を保っている段階。	水分の滲出が見られる。 ※0.2～0.3mmのひび割れ、ポップアウト、中程度スケールリング（深さ10mmぐらいまで）			
II. 進展期-2 (状態Ⅱ-2)		※0.3mm以上のひび割れ、強度のスケールリング（深さ20mmぐらいまで）			
III. 加速期 (状態Ⅲ)	コンクリートの劣化が大きくなり、鋼材腐食が発生し、増大する時期。	凍害深さが大きくなり、水分の滲出、ひび割れ剥落などが激しい。 ※スケールリング深さ30mm程度まで	耐力力低下	剛性の低下	美観の低下
IV. 劣化期 (状態Ⅳ)	凍害によるコンクリートの劣化が被り以上になり、耐力力の低下が顕著になる時期。	コンクリートが浮き上がり、剥離も激しい。 凍害深さが鋼材以上になり、水分の滲出、ひび割れ剥落などが多数発生。 ※スケールリング深さ30mm以上、鉄筋の断面欠損			

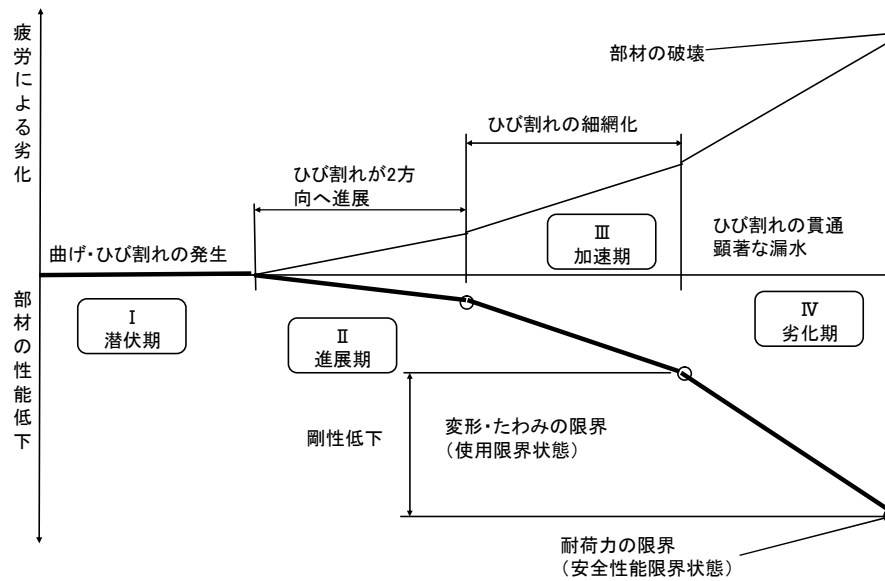
⑤ 化学的腐食



化学的腐食劣化過程の特徴

劣化過程	定義	外 観	標準的な機能低下		
			安全性能	使用性能	美観景観
I.潜伏期	コンクリートの変質が生じるまでの時期。	外観上の変状は見られない。 保護層に劣化因子が浸入しているが外観の変状は見られない。			
II.進展期	コンクリートの変質が鋼材位置に達するまでの時期。	コンクリート表面が荒れた状態、もしくはひび割れが見られる。			美観の低下
III.加速期	鋼材腐食が進行する期間。	コンクリートの断面欠損が著しく、骨材露出あるいは剥落している。	耐力力低下	剛性の低下	
IV.劣化期	コンクリートの断面欠損、鋼材の断面減少等により耐力力の低下が顕著な時期。	変位・たわみが大きい。 (鋼材の腐食が著しい)	耐力力低下 じん性の低下		

⑥ 疲労劣化



疲労劣化過程の特徴

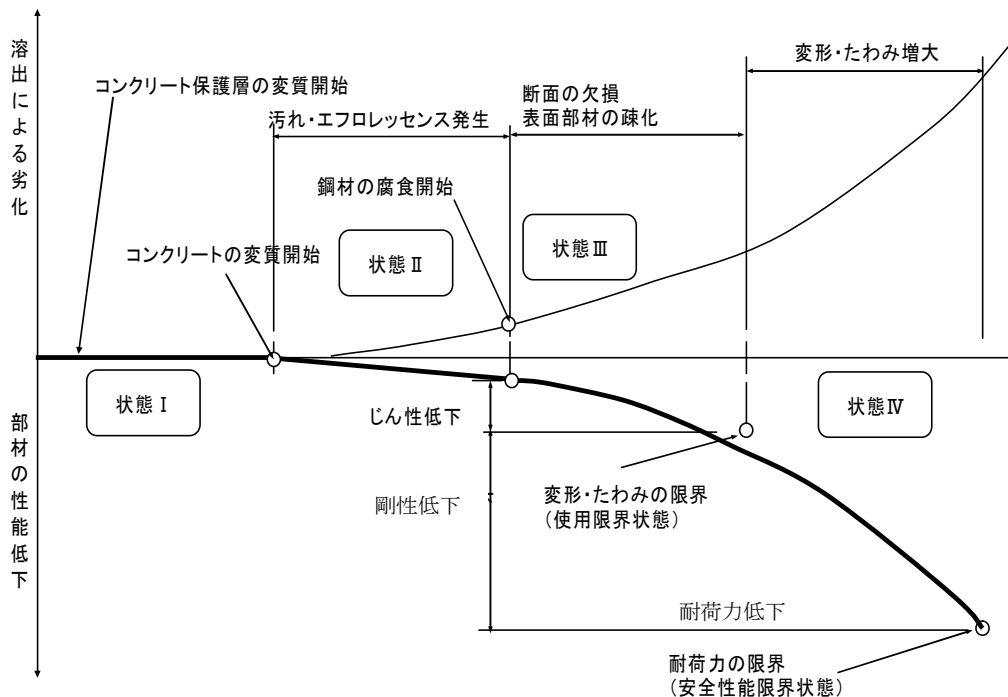
劣化過程	定 義	外 観	標準的な機能低下		
			安全性能	使用性能	美観景觀
I.潜伏期	乾燥収縮もしくは載荷によるひび割れが発生する時期。	主筋に沿った一方向のひび割れが見られるが、その他の外観上の変状は見られない。			
II.進展期	主筋に沿った曲げひび割れが進展し、配力筋方向のひび割れも進行する時期。	格子状のひび割れが見られるが、その他の外観上の変状は見られない。			
III.加速期	ひび割れの網細化が進み、ひび割れ幅の開閉やひび割れ面のこすり合わせが始まる時期。 耐力が急激に低下し始める。	ひび割れが進展し、網細化したひび割れが多数見られる。	せん断剛性の低下		美観の低下
IV.劣化期	貫通ひび割れで区切られた梁状部材として荷重に抵抗する時期。 雨水浸透や鉄筋腐食が問題となる。	ひび割れの拡大がみられる。 部位によっては疲労破断などの損傷がみられる。	耐力力の低下	疲労進行による表面の損傷	

⑦ 摩耗・風化

農業水利施設における摩耗及び風化による変状は、外観目視調査段階では区別が困難であるため、同じカテゴリーとして扱うものとするが、それぞれのメカニズムは以下に示すように異なるので、いずれかの特徴を有している現象により劣化過程を判断するものとする。

a.風化

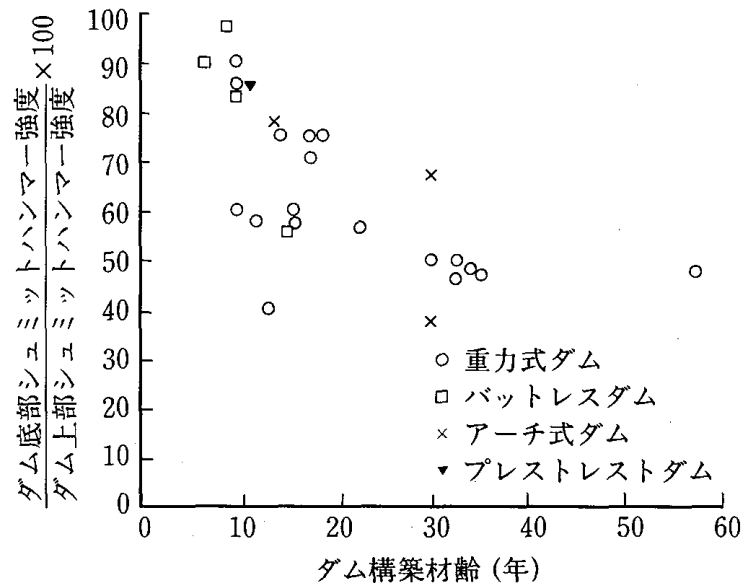
セメント水和物成分が水に溶解して硬化体組織が疎化になる変状・劣化現象であり、溶出による劣化速度は、水質（特に酸性雨や炭酸ガスを多く含んだ水）と水に接している時間の影響が大きい。他の劣化グレードと厳密には性質が異なるため、潜伏期、進展期等の用語は使わず、状態Ⅰ～状態Ⅳの表現とした。



風化劣化過程の特徴

劣化過程	定 義	外 観	標準的な機能低下		
			安全性能	使用性能	美観景観
状態Ⅰ	水に接する表面からアルカリ分の喪失による pH の低下が徐々に進行する。	外観上の変状は見られないが、若干のエフロレッセンスが見られる状態。			美観の低下
状態Ⅱ	p Hの低下が進行し、水和組織の多孔化が始まる。	汚れやエフロレッセンスが発生。	耐荷力の低下	剛性の低下	
状態Ⅲ	多孔化が進展し、粗骨材が露出する。 鋼材の腐食が進展する。	多孔化による部材表面の疎化が目視できる。 部分的に粗骨材の露出や断面欠損が見られる。	じん性の低下		
状態Ⅳ	鋼材の腐食が著しい。	粗骨材の露出が顕著。 変形・たわみが大きい。			

成分溶出は、コンクリート中のセメント水和物が周囲の水に溶解し、組織が疎となる変状・劣化の現象である。下図はコンクリートダム堤体の上部と底部の強度比の経年変化を表したものであるが、常に貯水に接している底部ほど強度の経年劣化が大きいことを示している。



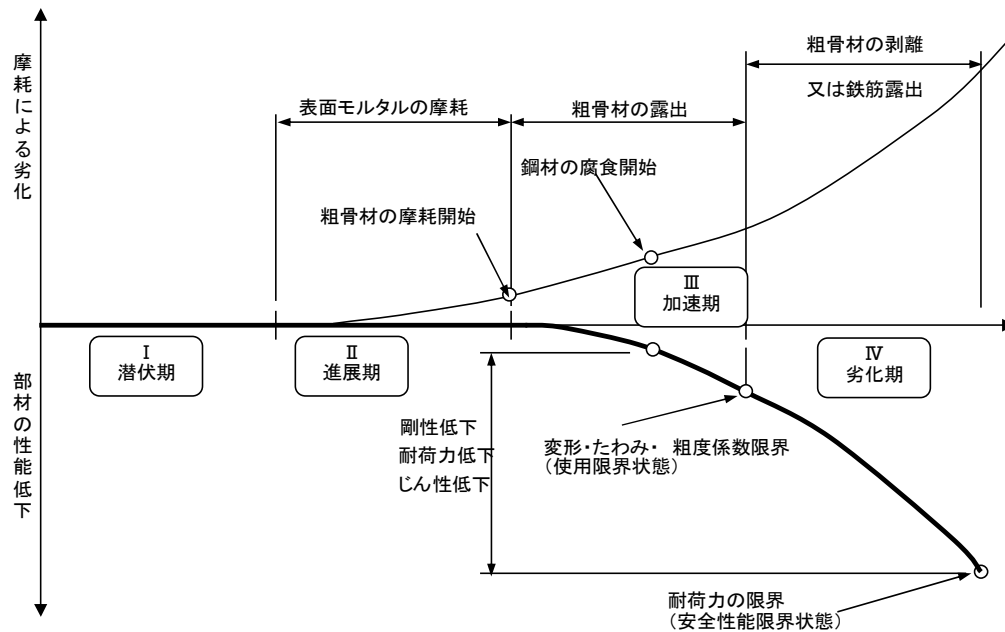
ダム堤体強度推定値

(スコットランドの事例－「コンクリート診断技術」14 [基礎編] 社団法人 日本コンクリート工学会」P. 62)

コンクリートの概略的な強度は、シュミットハンマー等の簡易調査で容易に判断できるので、それが成分溶出を原因としたものかどうかは、水に接する時間が少ないと見られる部位との相対比較で判断することができる。

b. 摩耗

摩耗による劣化度については、一般的に、Ⅰ.表面モルタルの摩耗状態（軽微）、Ⅱ.粗骨材の露出、摩耗状態（中度の劣化）、Ⅲ.粗骨材の剥離状態（重度の劣化）のようにランクされている。このランクを鉄筋コンクリートの一般的な劣化グレードにあてはめ、以下のような区分とした。



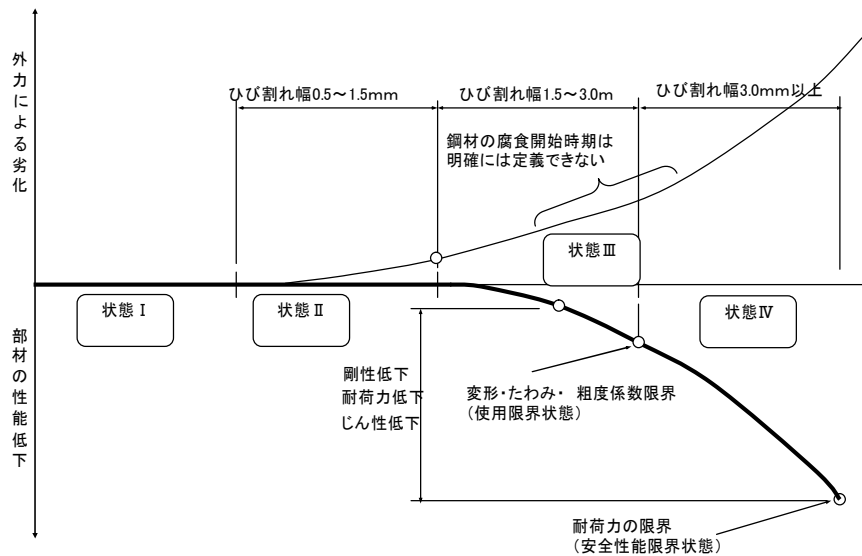
摩耗劣化過程の特徴

劣化過程	定 義	外 観	標準的な機能低下		
			安全性能	使用性能	美観景観
状態Ⅰ	摩耗を生じさず水理条件にあるが、目立った摩耗は生じていない状態。	外観上の変状は見られない。			
状態Ⅱ	コンクリート表面・モルタル部分の摩耗が生じている状態。	表面のモルタル部分が摩耗。			美観の低下
状態Ⅲ	粗骨材が露出して粗骨材の摩耗が始まっている。 粗度係数が増加し始める。 鉄筋の被りが減少、部材断面の減少により、耐力力が低下し始める段階。	粗骨材が露出している。	耐力力の低下 じん性の低下	剛性の低下	
状態Ⅳ	部材断面力が不足する状態。 粗度係数が増大。	粗骨材が剥離している状態。			

⑧ 構造・外力

外力による曲げひび割れ、せん断ひび割れは、鋼材腐食の有無に関わらず、部材の耐荷力に問題がある可能性があるため、十分な検討を行い、対策を検討する必要がある。

外力による変状は鋼材腐食との関連付けを行わないため、他の劣化要因の劣化過程とは性格を異にするので、状態Ⅰ、Ⅱのように変状の状態区分で劣化過程を定義するものとする。定義にあたっては、「外力によるひび割れ状態」と「部材の変形・たわみ」との関係から劣化ランク付けが行われており、これを参考に劣化過程を定義した（「コンクリート診断技術‘03 基礎編」 p 29 コンクリート工学協会）。



構造外力劣化過程の特徴

劣化過程	定 義	外 観 ※ひび割れ幅から見た条件は、「コンクリート診断技術'14 基礎編」 P.30 コンクリート工学会	標準的な機能低下		
			安全性能	使用性能	美観 景観
状態Ⅰ	変状・劣化は生じてない。	外観上の変状は見られない、 または僅かである。 ひび割れ幅 0.5mm 未満			
状態Ⅱ	曲げ・せん断・引張ひび割れが部分的に生じている。	曲げ応力部に部材軸直角の、 せん断応力部に部材軸に斜めのひび割れが発生。 ひび割れ幅 1.5mm 未満			美 観 の 低 下
状態Ⅲ	曲げ・せん断・引張ひび割れが全面的に拡大している。	ひび割れ幅が 1.5mm 以上 3.0mm 未満	耐 荷 力 の低下 じん性 の低下	剛 性 の 低下	
状態Ⅳ	変形・たわみが許容値を超えている。	ひび割れ幅が 3.0mm 以上			

1.2.1 ひび割れタイプと劣化要因

ひび割れ形状等の表面劣化の症状と劣化要因の関係は以下のとおりである。

表 1.2.1 鉄筋コンクリートのひび割れ形状等の変状と劣化要因の関係

「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針（案）・同解説 日本建築学会

ひび割れ形状 コンクリート表面変状	鉄筋腐食先行型		ひび割れ先行型			初期 ひび割れ	外力
	中性化	塩害	ASR	凍害	化学的腐食	乾燥収縮	
亀甲状			○	○	○	○	
細かい不規則なひび割れ				○	○	○	
鉄筋に関係しない軸方向ひび割れ			○				
軸力に対して直角のひび割れ(注-1)						○	○
軸力に対して斜めのひび割れ(注-1)						○	○
鉄筋に沿ったひび割れ	○	○				注-2	
スケーリング				○	○		
コンクリート表層の軟化					○		

注-1；軸力に対して直角および斜めひび割れは、水路壁では水平ひび割れとして現れる。

注-2；被りの薄い部材では、乾燥収縮の場合でも鉄筋に沿ってひび割れが発生する。

コンクリート構造物の外観構変状と原因の関係は、「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」（社団法人 日本コンクリート工学協会）で以下のように整理されている。

表 1.2.2 コンクリート構造物の外観変状と原因（1/2）

区 分			番号	原因	ひび割れ等の外観変状の特徴
材 料	使 用 材 料	セメント	A- 1	セメントの異常凝結	短く不規則なひび割れ
			A- 2	セメントの水和熱	部材の拘束部に多様なひび割れ
			A- 3	セメントの異常膨張	
		骨材	A- 4	骨材に含まれている泥分	不規則な網目状のひび割れ
			A- 5	低品質な骨材	ポップアウト状に発生
			A- 6	反応性骨材（アルカリ骨材反応）	網目状のひび割れとシカゲルの析出
	コンクリート		A- 7	コンクリート中の塩化物	C-8 と同様の変状
			A- 8	コンクリートの沈下・ブリーディング	打ち重ね面に沿ってひび割れ
			A- 9	コンクリートの乾燥収縮（応力集中）	拘束条件によってひび割れ状態や発生箇所が異なる
			A-10	コンクリートの自己収縮	
施 工	コ ン ク リ ー ト	練り混ぜ	B- 1	混和材料の不均一な分散	部分的に細かいひび割れ
			B- 2	長時間の練り混ぜ	全面に網目状のひび割れ
		運 搬 打ち込み	B- 3	ポンプ圧送時の配合の変更	
			B- 4	不適当な打ち込み順序	

表 1.2.3 コンクリート構造物の外観変状と原因 (2/2)

区 分			番号	原因	ひび割れ等の外観変状の特徴	
施 工			B- 5	急速な打ち込み(コンクリートの沈下)	部材厚や配筋量の変化部にひび割れ	
		締め固め	B- 6	不十分な締め固め	ひび割れと空隙の発生	
		養生	B- 7	硬化前の振動や載荷		
			B- 8	初期養生中の急激な乾燥	不規則な網目状のひび割れ	
			B- 9	初期凍害		
		打継ぎ	B-10	不適当な打継ぎ	打継ぎ部のひび割れと漏水	
	鋼材	鋼材配置	B-11	鋼材の乱れ		
			B-12	被り（厚さ）の不足	C-7 と同じ変状	
	型枠	型枠	B-13	型枠のはらみ		
			B-14	漏水（型枠からの、路盤への）		
			B-15	型枠の早期除去		
		支保工	B-16	支保工の沈下	張り出し部などにひび割れ	
	その他	コールドジョイント	B-17	不適当な打継ぎ処理	コールドジョイントが発生	
		PC グラウト	B-18	グラウト充てん不良（PC 構造）	主桁側面のシーズに沿ってひび割れ	
	使用環境	物理的	温度・湿度	C- 1	環境温度・湿度の変化	拘束方向にひび割れ
				C- 2	部材両面の温度・湿度の差	拘束部材間の中間に平行してひび割れ
				C- 3	凍結融解の繰り返し	不規則なひび割れ、ポップアウト等
				C- 4	火災	網目状の微細なひび割れ、剥落
C- 5				表面加熱		
摩耗			C- 5-1	土砂等の流下	骨材の露出	
化学的		化学作用	C- 6	酸・塩類の化学作用	鋼材位置にひび割れ、剥落	
			C- 7	中性化による内部鋼材のさび	鋼材に沿ってひび割れ	
			C- 8	塩化物の浸透による内部鋼材のさび	ひび割れ部から錆汁流出、剥落	
構造・外力		荷重	長期荷重	D- 1	設計荷重以内の長期的な荷重	曲げモーメントを受ける部材に垂直方向ひび割れ、せん断ひび割れ（斜めひび割れ）の場合は詳細調査が必要 スラブではひび割れが細網化
				D- 2	設計荷重を超える長期的な荷重	
			短期荷重	D- 3	設計荷重以内の短期的な荷重	
	D- 4			設計荷重を超える短期的な荷重		
	構造設計		D- 5	断面・鋼材不足	D-2、D-4 と同じ	
	支持条件	D- 6	構造物の不同沈下	沈下部の上位にひび割れが集中		
		D- 7	凍上			
そ の 他			E	その他		

以上のコンクリート構造物のひび割れの形状等の外観変状、発生部位とその他の変状との関係を整理したものを次表に示す。なお、状況に応じて多様なひび割れ形状を示すものは、ひび割れ形状を図示していない。

表 1.2.4 劣化要因とひび割れ（1/3）

ひび割れの特徴と発生原因	大分類	A 材料										
	中分類	使用材料						コンクリート				
	小分類	セメント				骨材						
	ひび割れ要因	初期欠陥					アルカリ骨材反応	塩害	初期欠陥			
	番号	A-1	A-2		A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10
	①ひび割れ要因の推定 ひび割れ図や特徴と照合し、可能性のある要因番号の下欄に○印を記入（複数選択可）											
	ひび割れ図(1) （一般的なコンクリート構造物）											
	外観上の特徴(1) （一般的なコンクリート構造物）	幅が大きく、短いひび割れが比較的に早期に不規則に発生	部材の拘束部に多様なひび割れ	断面の大きいコンクリートで、1～2週間してから直線状のひび割れがほぼ等間隔に規則的に発生し、表面だけのものと部材を貫通するものがある	放射型の網状のひび割れ	コンクリート表面の乾燥につれて、不規則に網状のひび割れが発生	ポップアウト状に発生	網目状のひび割れとシカゲの析出。コンクリート内部から爆裂状に発生、多湿な箇所に多い	ひび割れ部から錆汁流出、剥落。C-8と同様の変状	打ち重ね面に沿ってひび割れ。打設後1～2時間で、鉄筋の上部や壁と床版の境目などに断続的に発生	拘束条件によってひび割れ状態や発生箇所が異なる。2～3ヶ月してから発生、次第に成長し、発生状況は特徴的	
	ひび割れ図(2) （開水路等の構造物）						同上		同上	同上		
	外観上の特徴(2) （開水路等の構造物）	比較的に短めの微細ひび割れ（打設後早期）	パレル中央とその中間に規則的に発生。トンネル場合、アーチ肩部、天端部に発生	横断目地付近のひび割れやコンクリートの剥落、欠損	部材中央部付近に細かいひび割れが発生	コンクリート硬化中に網目状のひび割れが発生	同上	乾燥ひび割れより大き目の網目状ひび割れ。ひび割れ中心より120度の角度に3本のひび割れが発生	同上	同上	パレル中央及び目地と中央の間に天端から垂直にひび割れが発生	細かいひび割れが発生
ひび割れ原因	セメントの異常凝結	セメントの水和熱（温度応力）		セメントの異常膨張	骨材に含まれている泥分	低品質な骨材	反応性骨材（アルカリ骨材反応） 硫酸塩好物の生長	コンクリート中の塩化物	コンクリートの沈下・ブリージング	コンクリートの乾燥収縮（応力集中）	コンクリートの自己収縮	
②その他の変状・劣化 （①の要因に対して変状・劣化の有・無を判別）	浮き											
	剥離・剥落・スケーリング							有・無	有・無			
	ポップアウト						有・無					
	ゲルの滲出											
	エフロレッセンス							有・無				
	変色							有・無				
	摩耗・風化											
	錆汁							有・無	有・無			
	漏水（痕跡）											
	鉄筋露出							有・無	有・無			
	変形・歪み							有・無	有・無			
	目地の劣化		有・無									
	地盤変形（開水路）											
	舗装剥離（ダム）											
抜け上がり（頭首工）												
主要因の推定結果（複数選択可）												

表 1.2.5 劣化要因とひび割れ（2/3）

ひび割れの特徴と発生原因	大分類	B 施工																		
	中分類	コンクリート										鋼材		型枠				その他		
	小分類	練混ぜ		運搬・打込み			締固め	養生			打継ぎ	鋼材配置		型枠			支保工	コールドジョイント	PCグラウト	
	ひび割れ要因	初期欠陥									凍害	初期欠陥								
	番号	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10	B-11	B-12	B-13	B-14	B-15	B-16	B-17	B-18	
	①ひび割れ要因の推定 ひび割れ図や特徴と照合し、可能性 がある要因番号の下欄に○印を 記入（複数選択可）																			
	ひび割れ図(1) （一般的なコンクリート構 造物）			—				—							—					
	外観上の特徴(1) （一般的なコンクリート構 造物）	部分的に細かいひび割れ	全面に網状のひび割れや長さの短い不規則なひび割れが発生	—	施工不良箇所を基点として各種のひび割れが発生	部材厚や配筋量の変化部にひび割れ、打設後1～2時間で、鉄筋の上部や壁と床版の境目などに断続的に発生、2～3ヶ月してから発生、次第に成長し、発生状況は特徴的		—	不規則で微細な網目状ひび割れ		細かいひび割れ、脱型するとコンクリート面が白っぽく、スケーリングする	打継ぎ部のひび割れと漏水	鉄筋の表面に沿ってひび割れが発生、床スラブの場合は欠陥場所周辺にサークル状に発生	型枠の動いた方向に平行して部分的に発生	—	局所的な引張りひび割れが発生	張り出し部などにひび割れ、端部中央および中央部下端にひび割れが発生	コンクリートの打継ぎ箇所やコールドジョイントのひび割れ	主桁側面のシースに沿ってひび割れ	
	ひび割れ図(2) （開水路等の構造物）	同上	同上	—	—			—				同上	同上	同上	—		水平方向のひび割れ、コンクリートの沈降により発生		木製支柱式支保工により施工された場合にみられ、アーチ肩部の同一箇所に連続して発生	
	外観上の特徴(2) （開水路等の構造物）	同上	同上	—	—		横断目地付近のひび割れやコンクリートの剥落、欠損	—	不規則で微細な網目状ひび割れ		ハンチ下の打継ぎ処理	鉄筋方向に直線状または法形上のひび割れが発生	同上	同上	—	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	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	打込みを中断した時の不連続面に発生	—	
	ひび割れ原因	混和材料の不均一な分散	長時間の練り混ぜ	ポンプ圧送時の配合の変更	不適当な打ち込み順序	急速な打ち込み（コンクリートの沈降）	不十分な締め固め	硬化前の振動や載荷	初期養生中の急激な乾燥	初期凍害	不適当な打継ぎ処理	配筋の乱れ	被り（厚さ）の不足	型枠のはらみ	漏水（型枠からの、路盤への）	型枠の早期除去	支保工の沈下	不適切な打重ね	グラウト充てん不良（PC構造）	
②その他の変状・劣化 （①の要因に対して変状・劣化の有・無を判別）	浮き									有・無										
	剥離・剥落・スケーリング									有・無			有・無							
	ポップアウト									有・無										
	ゲルの滲出																			
	エフロレッセンス																			
	変色																			
	摩耗・風化																			
	錆汁													有・無		有・無				
	漏水（痕跡）																			
	鉄筋露出										有・無			有・無						
	変形・歪み										有・無									
	目地の劣化							有・無												
	地盤変形（開水路）																			
	舗装剥離（ダム）											有・無								
抜け上がり（頭首工）																				
主因子の推定結果（複数選択可）																				

表 1.2.6 劣化要因とひび割れ (3/3)

ひび割れの特徴と発生原因	大分類	C 使用環境								D 構造・外力							E その他	
	中分類	物理的						化学的		荷重				構造設計	支持条件			
	小分類	温度・湿度					摩耗	化学作用		長期的な荷重		短期的な荷重						
	ひび割れ要因	風化（温度・湿度）		凍害	火災（ストマネ調査には含まない）		摩耗	化学的腐食	中性化	塩害	疲労（反復荷重）、または、過荷重				支持力不足			その他
	番号	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-5-1	C-6	C-7	C-8	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	E
	①ひび割れ要因の推定 ひび割れ図や特徴と照合し、可能性 がある要因番号の下欄に○印を 記入（複数選択可）																	
	ひび割れ図(1) （一般的なコンクリート構 造物）																	
外観上の特徴(1) （一般的なコンクリート構 造物）	拘束方向にひび割れ、乾燥収縮のひび割れに類似、発生したひび割れは温度、湿度変化に応じて変動する	拘束部材間の中間に平行してひび割れ、低温側または低温側の表面に、曲がり方向と直角に発生	不規則なひび割れ、ポップアウト等、表面がスケーリングを起し、ポロポロになる	網目状の微細なひび割れ、剥落、表面全体に細かい亀甲状のひび割れが発生	骨材露出、部材厚減少	鋼材位置にひび割れ、剥落、コンクリート表面が侵食されたり、膨張性物質が形成され、全面にひび割れが発生	鋼材に沿ってひび割れ、中性化そのものではひび割れは発生せず、鉄筋錆によるひび割れが発生	ひび割れ部から錆汁流出、剥落、鉄筋に沿って大きなひび割れが発生、被りコンクリートが剥落したり錆汁が流出する	曲げモーメントを受ける部材に垂直方向ひび割れ、せん断ひび割れ（斜めひび割れ）の場合は詳細調査が必要スラブではひび割れが細網化	D-2、D-4と同じ	沈下部の上部位にひび割れが集中、45度方向に大きなひび割れが発生							
ひび割れ図(2) （開水路等の構造物）				—	—		同上								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			
外観上の特徴(2) （開水路等の構造物）	拘束方向にひび割れ、乾燥収縮のひび割れに類似、発生したひび割れは温度、湿度変化に応じて変動する	温度差が生じやすい天端と下端の間に水平に発生	微細な網目状ひび割れ、スケーリング、乾湿の繰り返す側壁上方や天端に発生しやすい	—	—	流水に晒される側壁下部や底盤で骨材の露出が見られる	同上	鉄筋方向に直線状または法形上のひび割れが発生、錆汁を伴うことが多い	鉄筋方向に直線状または法形上のひび割れが発生、錆汁を伴うことが多い	外力により発生するモーメントの引張側にひび割れが水平に発生する。多くは底版と側壁の拘束部に発生するが、側壁中間部に発生する場合は構造的な弱点になっている可能性あり	地震時の短期荷重によるひび割れ	床版にひび割れ		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		底版の浮き上がりや側壁の変形、歪みが生じる		
ひび割れ原因	環境温度・湿度の変化	部材両面の温度・湿度の差	凍結融解の繰り返し	火災	表面加熱	土砂等の流下	酸・塩類の化学作用	中性化による内部鋼材のさび	塩化物の浸透による内部鋼材のさび	設計荷重以内の長期的な荷重	設計荷重を超える長期的な荷重	設計荷重以内の短期的な荷重	設計荷重を超える短期的な荷重	断面・鋼材不足	構造物の不同沈下	凍上	その他	
②その他の変状・劣化 （①の要因に対して変状・劣化の有・無を判別）	浮き	有・無	有・無	有・無			有・無		有・無									
	剥離・剥落・スケーリング	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無					
	ポップアウト			有・無														
	ゲルの滲出																	
	エフロレッセンス	有・無	有・無				有・無		有・無									
	変色							有・無										
	摩耗・風化	有・無	有・無				有・無											
	錆汁	有・無	有・無				有・無	有・無	有・無	有・無								
	漏水（痕跡）							有・無			有・無	有・無	有・無	有・無				
	鉄筋露出	有・無	有・無	有・無			有・無	有・無		有・無								
	変形・歪み	有・無	有・無	有・無			有・無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無	有・無				
	目地の劣化	有・無	有・無				有・無	有・無			有・無	有・無	有・無	有・無		有・無		
	地盤変形（開水路）										有・無	有・無	有・無	有・無				
舗装剥離（ダム）	有・無	有・無	有・無			有・無				有・無	有・無	有・無	有・無					
抜け上がり（頭首工）										有・無	有・無	有・無	有・無		有・無			
主因子の推定結果（複数選択可）																		

1. 2. 2 劣化要因の推定方法

機能診断調査における現地調査の調査項目の設定や、調査地点の選定を効率的に行う観点から、「3. 2. 5 劣化要因の推定」において示されている下記劣化判定表を用いることとしているが、劣化要因判定項目の地域特性における根拠は次ページに示すとおりである。

表 1.2.7 施設（開水路）が置かれた環境と劣化要因との関連性（劣化要因推定表）

劣化要因 使用・劣化環境		内部要因								外部要因					
		コンクリート							鋼矢板						
		中性化※1	塩害※1	ASR※2	凍害	化学的腐食	疲労	摩耗風化	腐食	土圧・後背土滑り	凍上圧	地下圧	地盤沈下	その他転石衝突等	底面浸食盤膨れ
供用年数	40年以上	○	○	○	○	○	○	○	◎						
	20～40年未満	△	△	△	△	△	△	○	○						
施工年	1986年以前		△	△											
	1978年以前	△													
鉄筋被り	t < 30mm	○	○												
地域 図1.1.1 ～ 図1.1.7 参照	①塩害を起こしやすい(起きた)地域	△	○	△	△										
	②ASRを起こしやすい(起きた)地域		△	○	△										
	③凍害を起こしやすい(起きた)環境		△	△	○						○				
	④ASR、塩害複合劣化地域	△	○	○	△										
	⑤塩害、凍害複合劣化地域	△	○	△	○										
	⑥凍害、ASR複合劣化地域		△	○	○										
供用環境	①南向き面の部材	△			○						○				
	②融雪剤・凍結防止剤の使用		△		△				○						
	③接水時間が長い(常時)							△	○						
	④周辺に樹木等の植生あり									◎					
	⑤海水の流入あり		○						◎						
材料	①水セメント比60%以上	○	○		○										
	②海砂の使用		◎												
	③反応性材料使用			○											
水質	①硫酸分水質(温泉)					○			◎						
	②化学工場・食品加工場等の廃液流入					○			◎						
	③硬度が小さい							○							
土壌・地盤	①腐食性土壌(酸性土壌)	△		△		△									
	②地下水位(高い)			△	△	△						○			○
	③軟弱地盤									○			○		○
	④片盛土区間・切盛境界									○			○		
	⑤地山の透水性が高い									○	○	○			
地圧	①自動車荷重(直接)						○		◎						
	②自動車以外の荷重						△		○						
	③設計荷重を大きく上回る荷重の負荷								◎					○	
	④極端な偏荷重が作用								◎						
	⑤過去に地震被害を受けた								○				○		○
摩耗条件	①射流の水路							○							
	②砂礫・転石の流下							○						○	

【関連性：高 ← ◎・○・△・なし → 低】

※1 無筋コンクリートの場合は劣化要因としない。

※2 1986年以降の施工の場合は劣化要因としない。

※3 1978年に鉄筋被りと設計基準強度について規定、1986年に塩分総量規制施行・ASR対策について規定

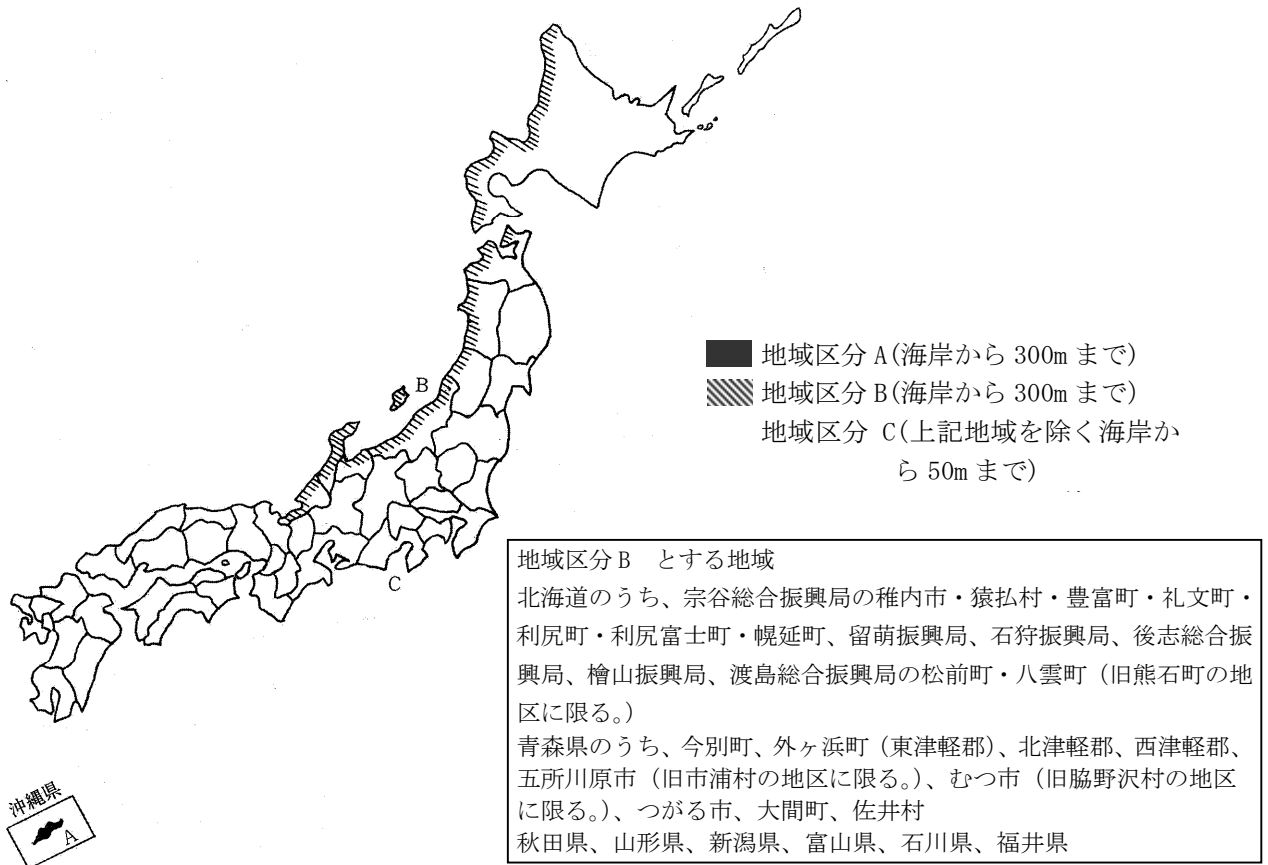


図 1.2.1 塩害範囲地域(道路橋)

(「道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編Ⅲコンクリート橋編 平成 24 年(社)日本道路協会」P.176)

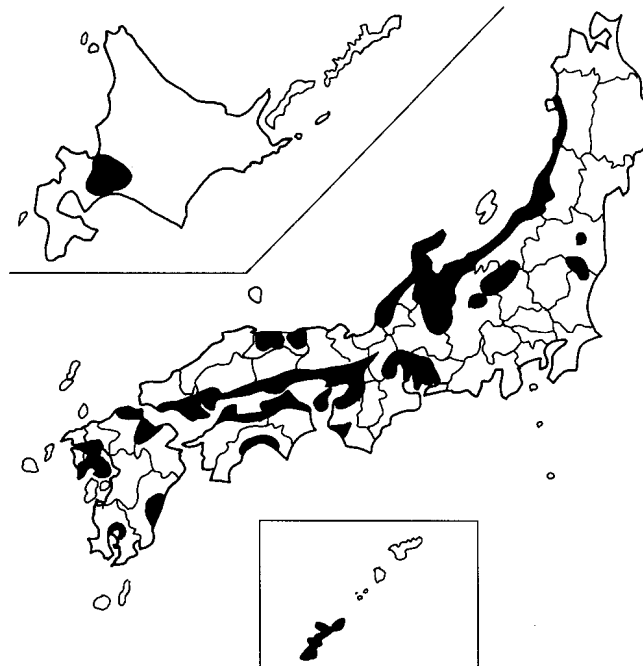


図 1.2.2 ASRによる損傷が報告されている地域

(「コンクリート診断技術」14 [基礎編] 社団法人 日本コンクリート工学会」P.201)

-  反応性試験の対象としなかった岩体（新第三紀よりも新しい堆積岩類）。
 -  反応性のある岩石をほとんど含まない岩体（深成岩類、漸新世よりも古い火山岩類）。
 -  岩型によっては反応性のある岩石を含むおそれのある岩体（古第三紀よりも古い堆積岩類、変成岩類）。
 -  反応性のある岩石が高率で含まれるおそれのある岩体（中新世よりも新しい火山岩類）。
- なお、図示していない地域は今回未調査あるいはコンクリート用砕石を生産していない地域である。

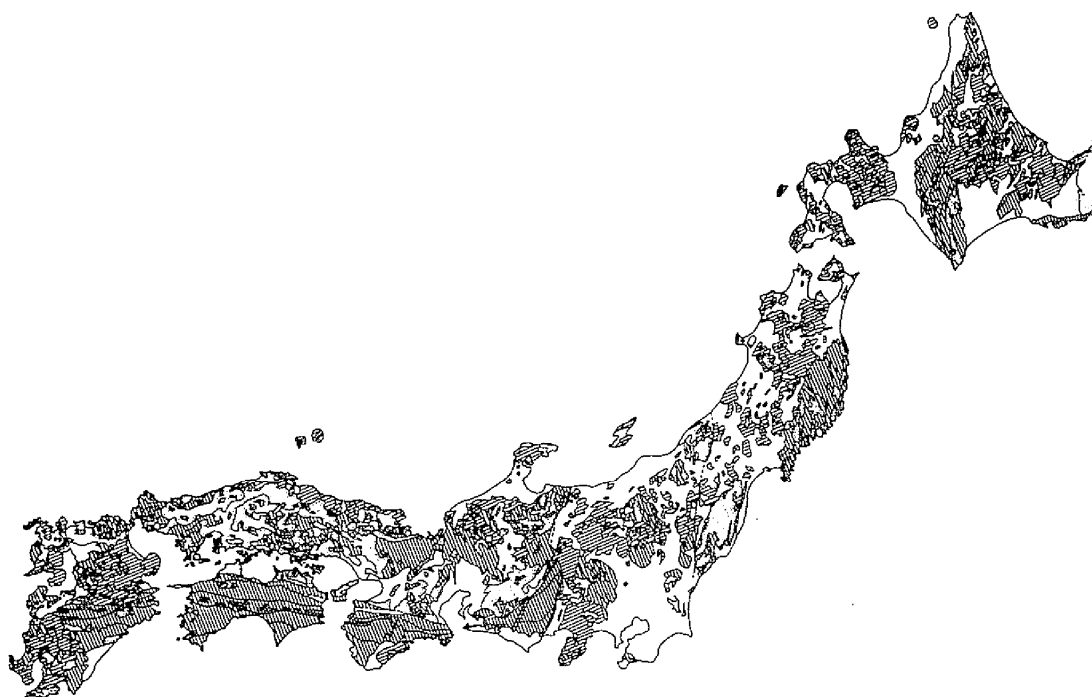


図 1.2.3 アルカリシリカ反応性の骨材分布

（「コンクリートの耐久性向上技術の開発（土木構造物に関する研究成果） 財団法人 土木研究センター」 P.294）

1. ○内の数値は凍害危険度、

凍害危険度	凍害の予想程度
5	極めて大きい
4	大きい
3	やや大きい
2	軽微
1	ごく軽微

2. 凍害重み係数 $t_{(a)}$ ー良質骨材、または

AE 剤を使用したコンクリートの場合。

3. コンクリートの品質が良くない場合には、

―― 内の地域でも凍害が発生する。

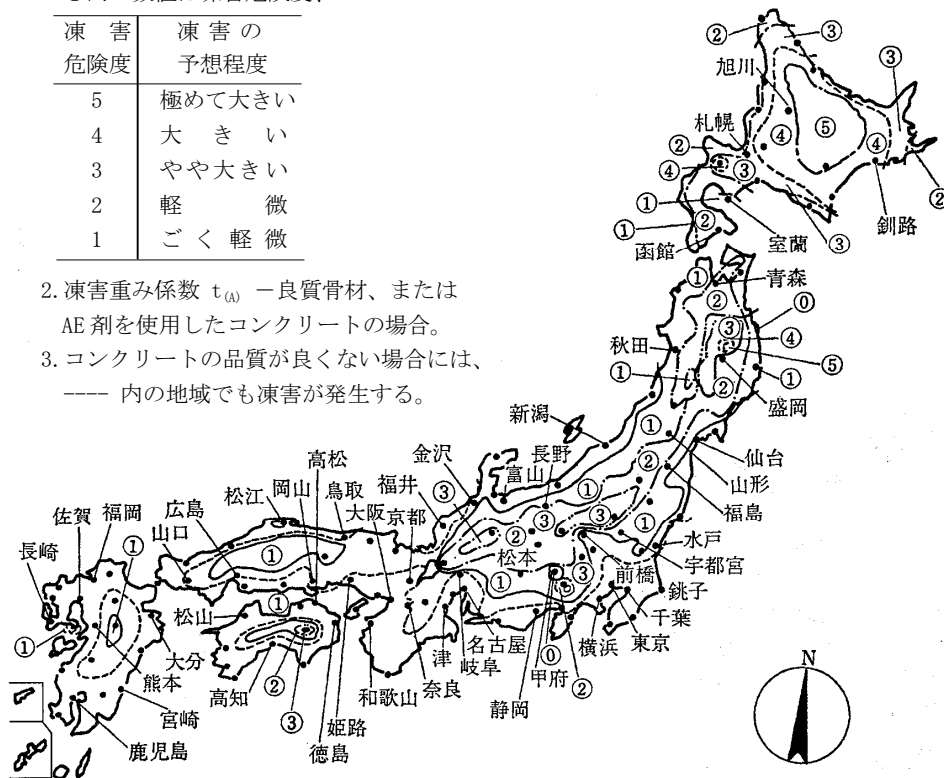


図 1.2.4 凍害危険度の分布図

(「コンクリート診断技術」 14 [基礎編] 社団法人 日本コンクリート工学会」 P. 52)

凍結防止剤散布地域（積雪日数 10 日以上）と反応性骨材分布の合成分布

ASR による構造物の損傷が報告されている地域

ASR と塩害の重複地域



図 1.2.5 ASR と塩害による複合劣化の可能性のある地域

(「複合劣化コンクリート構造物の評価と維持管理計画研究委員会 報告書 社団法人 日本コンクリート工学会」 P. 63)



図 1.2.6 塩害と凍害による複合劣化の可能性がある地域

(「複合劣化コンクリート構造物の評価と維持管理計画研究委員会 報告書 社団法人 日本コンクリート工学協会」 P.62)



図 1.2.7 凍害と ASR の複合劣化の可能性がある地域

(「複合劣化コンクリート構造物の評価と維持管理計画研究委員会 報告書 社団法人 日本コンクリート工学協会」 P.64)

表 1.2.8 塩害をおこしやすい地域区分

周辺環境	地 域 区 分	「道路橋示方書」における対策区分
厳しい	海からの飛来塩分の影響が大きいと考えられる地域。	S または I
やや厳しい	上記以外で、海からの飛来塩分の影響があると考えられる地域。	II または III
普通	上記のいずれにもあてはまらない地域	影響地域外

除塩の不十分な海砂や塩分を多く含んだ混和剤の使用による塩害劣化も無視できない（内的塩害）。1986 年にフレッシュコンクリートの塩分量に関する規制が定められ、1987 年以降に建設された構造物の内的塩害の恐れは少ないが、それ以前の構造物については、とくに海砂が使用された構造物については、内的塩害の可能性について検討するのが望ましい。

表 1.2.9 中性化の条件

中性化しやすい構造物、部材	備 考
南に面している	コンクリート内部に水分を含み、表面が乾燥している場合
コンクリート品質が低い	水セメント比 60%以上；当初から p Hが良質のコンクリートより低い
鉄筋被りが小さい	鉄筋被り 30mm未満；中性化の影響が早く鉄筋に及ぶ
塩害を起こしやすい環境	塩化物イオンにより p Hが低下；塩害と中性化の複合劣化