

耐久性能照査

小委員会幹事

松井 淳（電力中央研究所）

2018

1

第5章 耐久性能照査の全体構成

5.1 基本的な考え方

5.2 ひび割れに対する照査

5.3 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査

5.4 塩害に対する照査

5.4.1 鉄筋に腐食が発生しないことを限界状態とする場合

5.4.2 鉄筋腐食に起因するひび割れ発生を限界状態とする場合

5.5 凍害に対する照査

【関連する照査例および技術資料】

- ・照査例Ⅳ 耐久性能の照査例
- ・技術資料Ⅹ 補修または修復されたコンクリートの塩害性能の評価
- ・技術資料ⅩⅠ 塩害進展期の腐食進行予測法

2

耐久性能に関する原則事項

(1)屋外重要土木構造物の耐久性能の照査では、以下の3種類の環境作用を考慮することを基本とする。

- ・コンクリートの中性化
- ・塩化物イオンの侵入
- ・凍結融解作用

(2)屋外重要土木構造物の耐久性能は、設計耐用期間において、**環境作用による材料の変状が、耐震性能に影響しない**こととする。

(3)新規設計における耐震性能の照査のための指針であるが、経年劣化の影響が顕著でない**既設構造物への適用も踏まえ、補修や修復に関する原則的な事項**についても記載した。

3

5.1 基本的な考え方

耐久性能照査では、環境作用による経年劣化指標の設計値が、照査用の限界値を超えないことを確認する。

$$\gamma_i \frac{S_d}{R_d} \leq 1.0$$

ただし、凍害に対する照査では、次式を適用する。

$$\gamma_i \frac{R_d}{S_d} \leq 1.0$$

ここに、 S_d : 経年劣化指標の設計値(鋼材位置における塩化物イオン量等)
 R_d : 照査用の限界値
 γ_i : 構造物係数

4

5.2 ひび割れに対する照査

(1)コンクリート標準示方書[設計編]で規定される手順に沿って、ひび割れ幅を算定する。

(2)ひび割れの状況(ひび割れ無し/許容ひび割れ幅以内)に応じて、環境作用に伴う経年劣化の評価に反映された評価式を用いて照査を行う。

(3)構造物の供用開始前の段階において、収縮等によるひび割れに対する備えとして、ひび割れ補修材の補修効果(遮塩性能等の回復性状)を確かめておくことが得策である。

5

5.3 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査

コンクリート標準示方書[設計編]の規定に沿って、照査を実施する。

(1)手順1

・鋼材腐食深さが、設計耐用期間中に鋼材腐食深さの限界値に達しないことを確認する。

(2)手順2

・中性化深さが、設計対応期間中に鋼材腐食発生限界深さに達しないことを確認する。

6

5.4 塩害に対する照査(1)

5.4.1 鉄筋に腐食が発生しないことを限界状態とする場合【潜伏期】

5.4.2 鉄筋腐食に起因するひび割れ発生を限界状態とする場合【進展期】

(1)耐震性能指針・マニュアル2005制定後、コンクリート標準示方書[設計編]・[規準編]において、新たに盛り込まれた事項を記載した。

①コンクリート中における塩化物イオンの見掛けの拡散係数
 ・結合材の種類と水結合材比から算出する評価式
 ・規準試験法(浸せき法、電気泳動法、実構造物調査)

②鋼材腐食発生限界塩分濃度

③コンクリート表面塩分塩化物イオン濃度

(2)構造物の供用開始前の段階において、コンクリートの収縮等に起因するひび割れに対する備えとして、ひび割れ補修材や断面修復材による補修効果(遮塩性能の回復性状)を確認する方法

7

5.4 塩害に対する照査(2)

ひび割れ補修領域および断面修復材による補修効果の回復性状(遮塩性能)の確認方法

(1)接着性能を阻害する一般的要因

- ①吸水・吸湿
- ②温度依存性
- ③力学的要因(クリープ、疲労)
- ④紫外線の照射

(2)(1)の①、②を考慮した室内実験を実施し、補修/修復の効果(遮塩性能の回復の程度)との関連を、実験的に検証した。補修後の再供用を踏まえ、遮塩性能の評価は、土木学会の規準試験方法(電気泳動法(JSCE-G571-2013))を準用し、実効拡散係数で評価した。

8

5.4 塩害に対する照査(3)

実験水準表(ひび割れ補修材による補修領域の遮塩性能の評価実験)

水準番号	エポキシ樹脂の種類	補修時のコンクリート表面の湿潤状態	環境負荷の概要			備考		
			水の種類	形態	温度(°C)			
1	A	乾燥	塩水	浸せき	40	基準		
2	B							
3	C							
4	A	湿潤	塩水	浸せき	20			
5		準飽和						
6								
7		乾燥	真水	飛来	40			
8							塩水	干満
9								浸せき
10					0			
11								

ひび割れ補修材:エポキシ樹脂

9

5.4 塩害に対する照査(4)



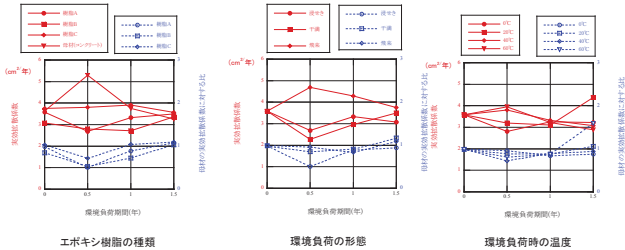
遮塩性能実験に供する試験体の例

10

5.4 塩害に対する照査(5)

ひび割れ補修材(エポキシ樹脂)による補修領域の塩化物イオンの実効拡散係数

・補修領域の実効拡散係数は、母材(コンクリート)とほぼ同一になるまで回復
 ・各種環境負荷下において、1.5年まででは概ね変状はみられない。

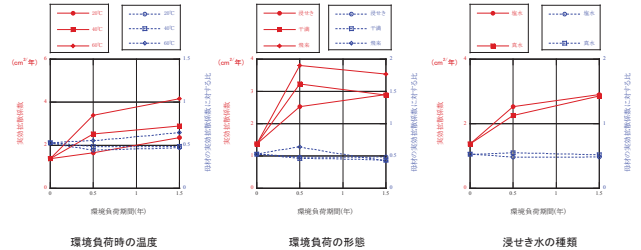


11

5.4 塩害に対する照査(6)

断面修復材-セメント系材料間の界面の塩化物イオンの実効拡散係数

・補修領域の実効拡散係数は、母材(モルタル)とほぼ同一になるまで回復
 ・各種環境負荷下において、1.5年まででは概ね変状はみられない。
 ・母材(モルタル)の変状が先行する傾向。



12

5.4 塩害に対する照査(7)

- 5.4.1 鉄筋に腐食が発生しないことを限界状態とする場合【潜伏期】
- 5.4.2 鉄筋腐食に起因するひび割れ発生を限界状態とする場合【進展期】

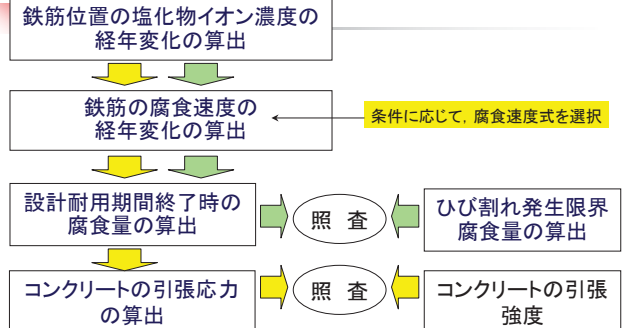
耐震性能照査指針・マニュアル2005においても、腐食ひび割れ発生を限界状態とした照査の手順を提示している。



その後の技術の進展を取り込み、鉄筋の腐食速度に関する新たな知見を取り込むことによって、合理的な照査方法の提案を行う。

13

5.4 塩害に対する照査(8)



14

5.4 塩害に対する照査(9)

3つの手法を提案

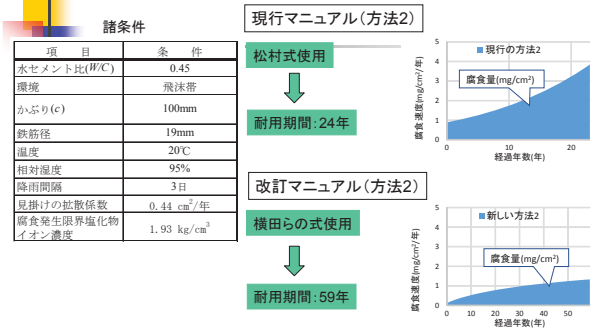
- (1)方法1: 森永の式【既存】
- (2)方法3: 西内の式【既存】
- (3)方法2: 諸条件によって、腐食速度の評価式を選択する方法(今回提案)

・コンクリートの水セメント比と塩化物イオン濃度によって、複数の腐食速度の評価式(鳥取式、横田らの式、松村の式)を選択して適用

条件		提案式
水セメント比(W/C)(%)	塩化物イオン濃度(Cl ⁻)(kg/m ³)	
W/C<50	—	横田らの式
50≤W/C	Cl ⁻ <3.4	鳥取式
	3.4≤Cl ⁻	松村式

15

5.4 塩害に対する照査(10)



新しい算定手法を適用した結果、耐用年数が24年から59年へ延伸する結果となった。

16

5.5 凍害に対する照査

コンクリート標準示方書[設計編]の規定に沿って、照査を実施する。

- (1)内部損傷に対する照査
- (2)表面損傷(スケーリング)に対する照査

17

まとめ

- (1)本耐震性能照査指針・マニュアルにおける耐久性能の基本的な考え方を示した。対象とする劣化要因は、①中性化と水の浸透、②塩害、③凍害であり、設計耐用期間において、環境作用による材料劣化が耐震性能に影響しないこととする。
- (2)経年劣化の影響が顕著でない既設構造物への適用も踏まえ、**補修や修復に関する原則的な事項**についても記載した。
- (3)中性化と水の浸透、凍害の照査に関しては、コンクリート標準示方書[設計編]の内容を引用した。
- (4)塩害の照査に関しては、補修または修復された領域の遮塩性能を評価すると共に、**鉄筋の腐食速度に関する最近の知見**を盛り込み、より合理的な照査が可能となった。

18