

「プレキャストコンクリート製品の水分浸透試験の手引き(案)」発刊説明会

「プレキャストコンクリート製品の水分浸透試験の手引き(案)」

2025年12月10日

公益社団法人
全国土木コンクリートブロック協会 技術委員会

公益社団法人
全国土木コンクリートブロック協会
Japan Concrete Block Industries Association All Rights Reserved.

道路土工構造物における法令・技術基準類の位置づけ

1

法令 道路法 第29条（道路の構造の原則）, 第30条（道路の構造の基準）

政令 (無し)

省令 (無し)

技術基準 道路土工構造物技術基準（R7.6 国土交通省都市局長, 道路局長通達）

解説書 道路土工構造物技術基準・同解説（R7.12.5）

指針類 道路土工要綱（H21.6）

カルバート工指針（H22.3）

擁壁工指針（H24.7）

盛土工指針（H22.5）

他の指針

日本道路協会



○本年6月、国土交通省「道路土工構造物技術基準」改定

「道路土工構造物技術基準・同解説」（令和7年12月5日発刊）

第6章 設計

6-1 設計に際しての基本的事項

(2) 道路土工構造物の設計は、耐久性について、各部材等に必要な耐久性を満足するよう行わなければならない。

(2) 耐久性の確保

道路土工構造物の設計は、原則として6-5に規定された限界状態を設定して行う。道路土工構造物の中には、経年的な状態の変化の影響で限界状態に至る場合がある。そのため、本基準では道路土工構造物の設計において部材等の耐久性を検討することが新たに規定された。特に道路土工構造物を構成する部材等に経年的な状態の変化による性能の低下が懸念される材料が用いられる場合には、部材等が必要な耐久性を満足するように検討を行う。

2) コンクリート、鋼材等の人工材料

カルバート又は擁壁の躯体、盛土の補強材又は壁面材、表面排水施設などの道路土工構造物を構成する部材等には、コンクリート、鋼材等の人工材料から成るものがある。このような人工材料から成る部材等は、経年的な劣化によりその性能が低下する期間が土砂や岩石等から成る部材等と比べて明らかに短い場合がある。そのような場合には、部材の補修や更新等を行うことが必要となるため、あらかじめ部材等の耐久性に関する設計上の目標期間を定めて、その目標期間に対し部材等が所要の性能を満足するように維持管理の条件を検討するのがよい。

- ①最新の土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕では、施工標準に「プレキャストコンクリート製品」の章が追加され、**購入者から要求される品質を満足すれば「製造方法は問わない」と改訂。**
- ②PCa製品は、実物製品や製品と同一の養生による供試体により性能や品質を確認できるため、効率の良い生産方法や幅広い材料が選択可能となつたが性能や品質の保証も行う必要がある。
- ③PCa製品は、一般に蒸気養生を行い製造されるため、耐久性照査に関してコンクリート標準示方書には「蒸気養生を行うコンクリートには、場所打ちコンクリートを想定した標準示方書の予測式を用いることができない。」と記載され、特性値を各種試験により測定する必要がある。
- ④標準示方書では、国内すべての地域が対象となる一般的な環境下では、水分浸透試験による水分浸透速度係数を用いた「中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食による照査」により確認を推奨。
- ⑤特に、低炭素型コンクリートは、セメントの使用量が少ないためアルカリ性を失っていくため、従来製品よりも中性化による鉄筋腐食が懸念される。
- ⑥手引き(案)には、一般環境下における中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食による耐久性照査に必要な水分浸透試験の留意点やその照査方法等をまとめている。

1章 総則

- 1.1 適用の範囲
- 1.2 引用規格
- 1.3 用語の定義
- 1.4 PCa製品と同一の養生を行う供試体の水分浸透試験フローチャート

2章 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査

- 2.1 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査式
- 2.2 水分浸透速度係数の設計基準値の目安
- 2.3 水分浸透速度係数の特性値

付録I 試験により水分浸透速度係数が求められない場合について

付録II 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査例

付録III 関連規格

付録IV 参考文献

3章 供試体

- 3.1 供試体の寸法
- 3.2 供試体の作製

4章 試験方法

- 4.1 供試体の水分浸透試験
- 4.2 水分浸透深さの測定方法

5章 水分浸透速度係数の求め方

- 5.1 水分浸透速度係数の算定

6章 試験報告

- 6.1 試験結果報告事項

1章 総則

1.1 適用の範囲

本手引き（案）は、プレキャストコンクリート製品と同一の養生を行った供試体の一部を浸せきすることにより、短期の水掛かりによりコンクリートに浸透する水分の浸透速度係数を求める水分浸透試験について適用する。本手引き（案）に示されていない事項は、土木学会コンクリート標準示方書による。

【解説】プレキャストコンクリート製品は、一般に蒸気養生を行い製造されている。2022年制定コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕には、「蒸気養生を適用したコンクリートに対しては、コンクリート標準示方書〔設計編：標準〕に示される予測式を用いて、耐久性に関するコンクリートの特性値を水セメント比等の仕様に換算できない。」ことが述べられている。

コンクリートの硬化中に蒸気養生を行うと、セメントペーストの細孔構造が粗になり物質の透過に対する抵抗性やコンクリートの劣化に対する抵抗性が蒸気養生を行っていない場合よりも低下する場合がある。

蒸気養生を行う場合には、製品と同一の養生を行った供試体を用いて試験を行う必要がある。2023年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕には、「一般環境下におけるPCa製品のコンクリートの鋼材を腐食から保護する品質は、水分浸透速度係数によって確認してよい。」と明記された。

セメントを高炉スラグ微分末等により高置換した低炭素型コンクリートの場合には、セメント単味によるコンクリートよりも中性化する傾向が大きいため、低炭素型コンクリートでは水分浸透速度係数による「中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査」は、セメント単味の場合よりも重要である。

1.1 用語の定義

本手引き（案）では、次のように用語を定義し、一部の用語の解説を付記する。なお、ここにない用語は、コンクリート標準示方書およびJIS A 0203「コンクリート用語」に準じる。

（3）水分浸透速度係数の設計基準値 \bar{q}_k 水分浸透速度係数に関する設計で基準とする値で、PCa 製品の置かれる環境条件や PCa 製品の設計条件を想定して設計者の設定する値。

（4）水分浸透速度係数の設計値 q_d 水分浸透速度係数の設計基準値に、コンクリートの材料係数を乗じた値。

（5）水分浸透速度係数の特性値 q_k 水分浸透速度係数の1回の試験値のばらつきが正規分布に従うと想定した上で、試験値がそれを望ましくない側に上回る確率が 50%となるように設定した値。

（6）水分浸透速度係数の予測値 q_p 水分浸透速度係数の特性値を水結合材比等の水分浸透速度係数に影響を与える因子を用いて予測する値。

（3）水分浸透速度係数の設計基準値 \bar{q}_k は、PCa 製品が供用される環境や設計条件に応じて使用するコンクリートに求める鋼材を腐食から保護する品質として、設計者が自らの判断に基づき設定する値である。

（4）水分浸透速度係数の設計値 q_d は、以下の式で求めてよい。

$$q_d = \gamma_c \cdot \bar{q}_k \quad (\text{解1.3.2})$$

γ_c : コンクリートの水分浸透速度係数の設計値 (mm $\sqrt{\text{hour}}$)

γ_c : コンクリートの水分浸透係数に関する材料係数

\bar{q}_k : コンクリートの水分浸透速度係数の設計基準値 (mm $\sqrt{\text{hour}}$)

（5）水分浸透速度係数の特性値 q_k は、以下の式で求めてよい。

$$q_k = \bar{q}_k / \gamma_k \quad (\text{解1.3.3})$$

\bar{q}_k : コンクリートの水分浸透速度係数の特性値 (mm $\sqrt{\text{hour}}$)

γ_k : 特性値の設定に関する安全係数

（6）水分浸透速度係数の予測値 q_p は、特性値 q_k を試験によって求めることができない場合に、水結合材比等の水分浸透速度係数に影響を与える因子を用いた予測式を用いて与えられる値である。

$$q_p = q_k / \gamma_p \quad (\text{解1.3.4})$$

q_p : コンクリートの水分浸透速度係数の予測値 (mm $\sqrt{\text{hour}}$)

γ_p : 水分浸透速度係数の予測式の精度を考慮する安全係数

解説 表 6.4.2 水分浸透速度係数の特性値の目安

設計耐用期間	プレキャストコンクリート製品の最小かぶり						
	20mm	25mm	30mm	35mm	40mm	45mm	50mm
50 年	7.1	16.4		要求しない			
100 年	3.9	5.6	7.7	10.4	11.9	13.4	14.9

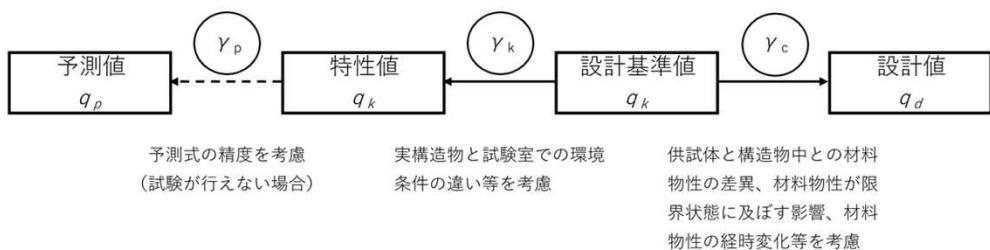
※表中の数値は水分浸透速度係数 (mm $\sqrt{\text{hr}}$)

コンクリート標準示方書【施工編】

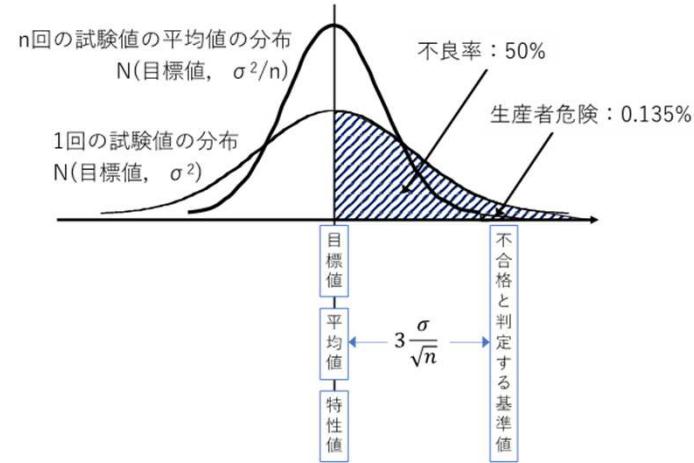
1.1 用語の定義

本手引き（案）では、次のように用語を定義し、一部の用語の解説を付記する。なお、ここにない用語は、コンクリート標準示方書およびJIS A 0203「コンクリート用語」に準じる。

- （3）水分浸透速度係数の設計基準値 \bar{q}_k 水分浸透速度係数に関する設計で基準とする値で、PCa 製品の置かれる環境条件や PCa 製品の設計条件を想定して設計者の設定する値。
- （4）水分浸透速度係数の設計値 q_d 水分浸透速度係数の設計基準値に、コンクリートの材料係数を乗じた値。
- （5）水分浸透速度係数の特性値 q_k 水分浸透速度係数の1回の試験値のばらつきが正規分布に従うと想定した上で、試験値がそれを望ましくない側に上回る確率が 50%となるように設定した値。
- （6）水分浸透速度係数の予測値 q_p 水分浸透速度係数の特性値を水結合材比等の水分浸透速度係数に影響を与える因子を用いて予測する値。

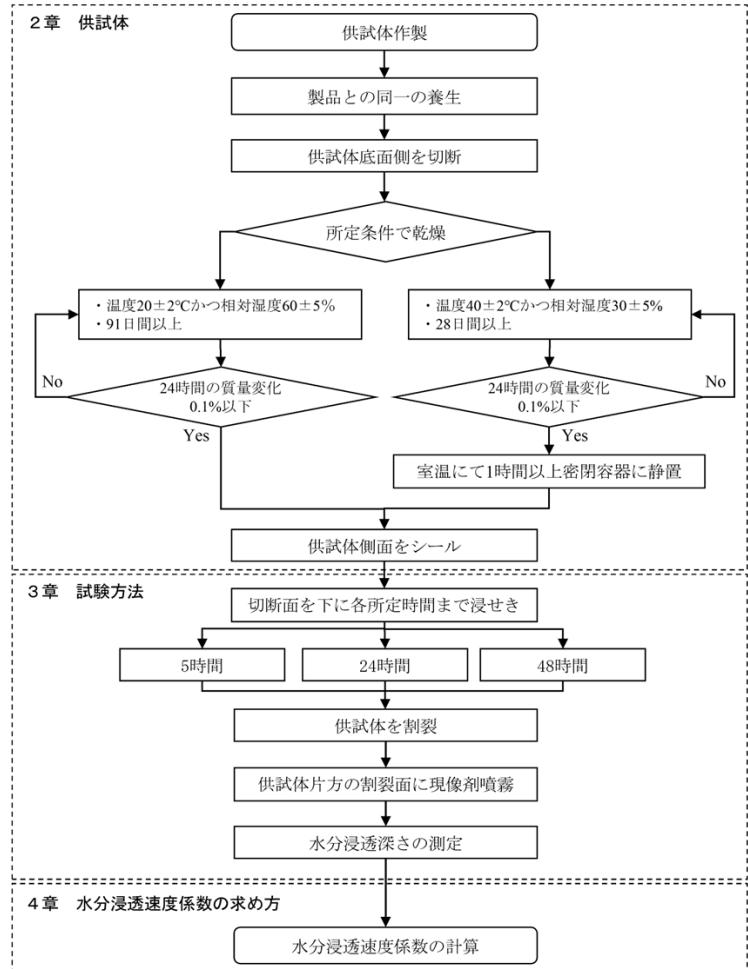


解説 図 1.3.1 水分浸透速度係数の設計値、設計基準値、特性値および予測値の関係



解説 図 1.3.4 耐久性に関する品質の検査における不合格と判定する基準値（特性値より大きい値が望ましくない場合）

コンクリート標準示方書では、**水分浸透速度係数等の耐久性に関する品質の検査においては、不良率は50%で、生産者危険は0.135%である。すなわち、不合格と判定する基準値は、不良率が50%となる分布から得られた試験結果であるといえるのは0.135%の確率であるため、これを上回って外れるような場合は、不合格と判定する。**



【解説】コンクリート標準示方書〔施工編〕では、耐久性関係の物性値の試験値は、それを望ましくない側に上回る確率、すなわち、不良率を50%としている。したがって、PCa製品に用いられるコンクリートの水分浸透速度係数のn回の試験値の平均値は特性値と等しくてよく、そのため、目標値は特性値と同じに設定してよい。

水分浸透速度係数のn回の試験値の平均値が特性値と等しいことを証明するためには、コンクリート製品工場では工程管理のひとつとして水分浸透試験を実施する必要があり、その際、各工場でのばらつきや標準偏差を確認することが望ましい。

したがって、年間を通して複数回の試験により水分浸透速度係数の試験値を得る必要がある。

2章 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査

2.1 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査式

一般に、中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査は、(1)を確認した上で、(2)の照査を行うものとする。

(1) コンクリート表面のひび割れ幅が、鋼材腐食に対するひび割れ幅の設計限界値以下($0.005c$ 以下, c :鉄筋のかぶり(mm))であることを確認する。ただし、ひび割れ幅は、 $0.5mm$ を上限とする。

(2) 設計耐用期間中に水の浸透による鋼材腐食深さが鋼材腐食深さの設計限界値以下であることを、以下の式により照査する。

$$\gamma_i \cdot \frac{S_d}{S_{lim}} \leq 1.0 \quad (2.1.1)$$

ここに、 γ_i : 構造物係数、一般に、 $1.0 \sim 1.1$ としてよい。
 S_d : 鋼材腐食深さの設計応答値 (mm)
 S_{lim} : 鋼材腐食深さの設計限界値 (mm)

$$S_{lim} = 3.81 \times 10^{-4} \cdot (c - \Delta c_e) \quad (2.1.2)$$

ただし、 $(c - \Delta c_e) > 35 mm$ の場合は、 $S_{lim} = 1.33 \times 10^{-2} (mm)$
 c : 鉄筋のかぶり (mm)
 Δc_e : かぶりの施工誤差 (mm)

$$S_d = \gamma_w \cdot S_{dy} \cdot t \quad (2.1.3)$$

ここに、 γ_w : 鋼材腐食深さの設計応答値 S_d の不確実性を考慮した安全係数。一般に、 1.0 としてよい。
 S_{dy} : 1年当たりの鋼材腐食深さの応答値 (mm/年)
 t : 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する設計耐用年数(年)。一般に、設計耐用年数 100 年を上限とする。

$$S_{dy} = 1.9 \cdot 10^{-4} \cdot F_w \cdot \exp(-0.068 \cdot (c - \Delta c_e)^2 / q_d^2) \quad (2.1.4)$$

コンクリート標準示方書【設計編】の照査式

2.2 水分浸透速度係数の設計基準値の目安

表2.2.1 水分浸透試験による水分浸透速度係数の設計基準値の目安 (加筆)

		水分浸透速度係数の設計基準値の目安 (mm/\sqrt{hour})																		
PCa製品のかぶり (mm)	最小かぶり (mm)	8	9	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65				
		最小かぶり + 施工誤差	11	12	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65				
設 計 耐用期間	20年	2.8	4.0	6.5	要求しない															
	30年	1.8	2.3	2.8	4.2	9.8	要求しない													
	50年	1.4	1.7	1.9	2.6	3.8	7.1	16.4	要求しない											
	100年	1.1	1.3	1.5	1.9	2.6	3.9	5.6	7.7	10.4	11.9	13.4	14.9	16.4	17.9	要求しない				

表中の数値は水分浸透速度係数の設計基準値の目安 (上限値) を示す。

表中の「要求しない」とは、鋼材腐食深さの応答値が限界値に達しないことを示す。

付. I 試験により水分浸透速度係数が求められない場合の予測式 10

付.1 試験により水分浸透速度係数が求められない場合の予測式

試験により水分浸透速度係数を求めることができない場合の PCa 製品の水分浸透速度係数は、次式により求めてもよい。

$$q_p = 5 \cdot (W/B)^2 \cdot \beta_0^2 \quad (W/B \leq 0.60) \quad (\text{付.1})$$

$$\bar{q}_k = \gamma_k \cdot q_k = \gamma_k \cdot \gamma_p \cdot q_p \quad (\text{付.2})$$

ここに, q_p : 試験により水分浸透速度係数を求めることができない場合のコンクリートの水分浸透速度係数の予測値 (mm/\sqrt{hour})

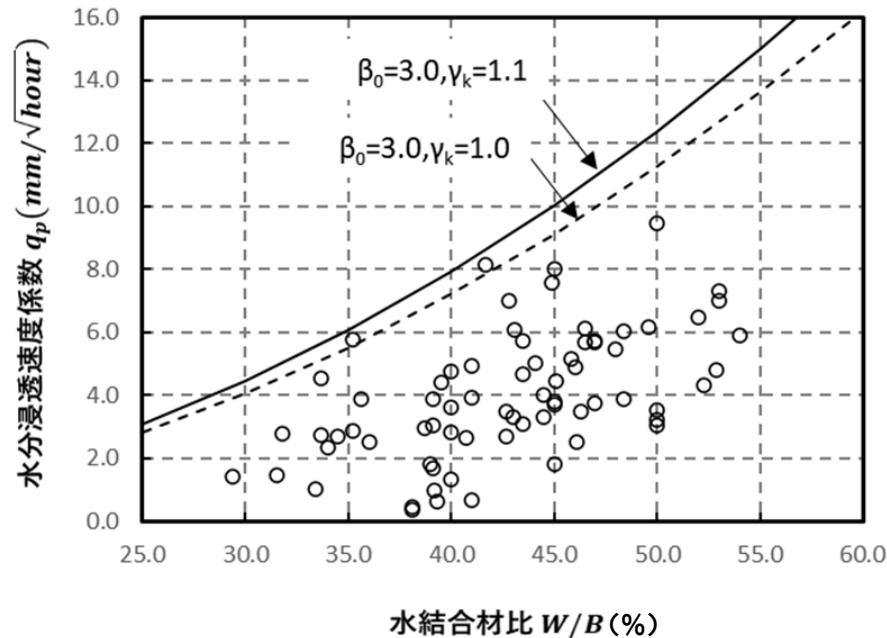
W/B : 水結合材比 (水セメント比)

β_0 : コンクリートの養生と外部環境の影響を表す係数. $\beta_0 = 3.0$ とする.

\bar{q}_k : コンクリートの水分浸透速度係数の設計基準値 (mm/\sqrt{hour})

γ_k : 特性値の設定に関する安全係数. $\gamma_k = 1.0$ としてよい.

γ_p : 材料物性の予測値の精度を考慮する安全係数. $\gamma_p = 1.1$ とする.



付図-I 蒸気養生した供試体の水結合材比と水分浸透速度係数の試験結果

全国のコンクリート工場から無作為に提供された実機製造設備による PCa 製品と同一の養生条件によって製作された 71 種類 639 本の供試体を用いた水分浸透試験による水分浸透速度係数の試験値と水結合材比の関係をもとに、式 (付.1) を予測式とした。

解説 表2.3.1 試験により水分浸透速度係数が求められない場合の水結合材比W/Bの目安 (加筆)

		水結合材比 W/B の目安														
PCa製品 のかぶり (mm)	最小かぶり	8	9	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
	最小かぶり + 施工誤差	11	12	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
設 計 耐用期間	20年	0.23	0.28	0.36												
	30年	0.19	0.21	0.23	0.29	0.44										
	50年	0.16	0.18	0.19	0.22	0.27	0.37	0.57								
	100年	0.14	0.16	0.17	0.19	0.22	0.28	0.33	0.39	0.45	0.49	0.52	0.54	0.57	0.60	要求 しない

表中の数値は、計算上の水結合材比（水セメント比）W/Bの上限値を示す。

表中の「要求しない」とは、鋼材腐食深さの応答値が限界値に達しないことを示す。

「場所打ち工法」の鉄筋かぶりと設計耐用年数に必要なW/B 12

「場所打ちコンクリート工法」の水結合材比W/Bの目安（説明用追加資料）

		水結合材比W/Bの目安									
場所打ちの かぶり (mm)	最小かぶり	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
	最小かぶり +	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	施工誤差										
設計 耐用期間	20年	要求しない									
	30年	要求しない									
	50年	要求しない									
	100年	0.41	0.49	0.57	0.60	要求しない					

表中の数値は、計算上の水結合材比（水セメント比）W/Bの上限値を示す。 $qp=32 \cdot (W/B)^2$ $W/B \leq 0.60$
表中の「要求しない」とは、鋼材腐食深さの応答値が限界値に達しないことを示す。

3章 供試体 3.2 供試体の作製

13



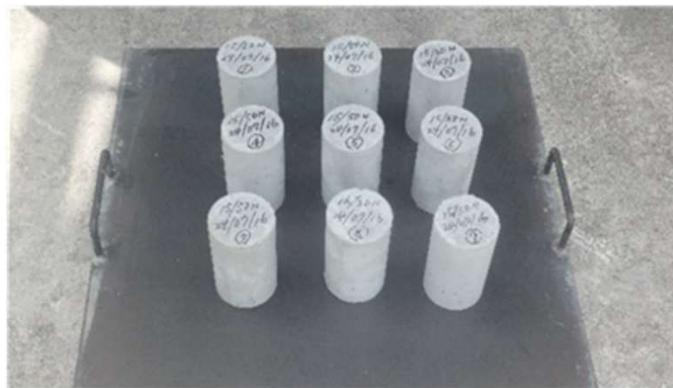
解説 図3.2.1 供試体9本製作/配合



解説 図3.2.2 製品と同一養生状況
(養生シート)



解説 図3.2.3 製品と同一養生状況
(養生槽)



解説 図3.2.4 製品と同一養生後の供試体



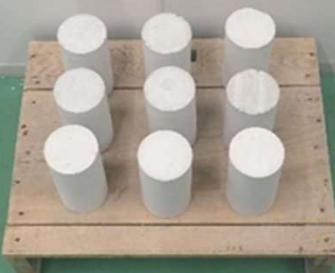
解説 図3.2.5 型枠底面側の供試体
切断状況



解説 図3.2.6 供試体の切断後状況
(25mm切断)

3章 供試体 3.2 供試体の作製

14



解説 図3.2.7 乾燥状況
(コンクリート試験室)



解説 図3.2.8 乾燥状況
(恒温恒湿槽)



解説 図3.2.9 乾燥後の
質量変化測定状況



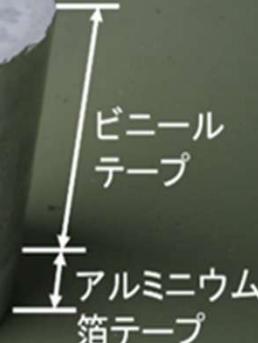
解説 図3.2.10 側面シール状況 例①
(エポキシ樹脂塗装)



解説 図3.2.11 側面シール状況 例②
(アルミニウム箔テープ接着)



解説 図3.2.12 側面シール状況 例③
(アルミニウム箔+ビニールテープ接着)
公益社団法人 全国土木コンクリートブロック協会





- ①乾燥条件（恒温恒湿槽の場合）
温度40°Cかつ相対湿度30%で
28日間乾燥
- ②乾燥条件（恒温恒湿槽の場合）
温度20°Cかつ相対湿度60%で
91日間乾燥



- ②乾燥条件（コンクリート試験室の場合）
温度20°Cかつ相対湿度60%で
91日間乾燥

→JIS A 1138「コンクリートの練混ぜを行う試験室」と同じ環境条件。
全国生コンクリート工業組合連合会等
や大学、試験機関等の試験室において
乾燥が可能である。

4章 試験方法 4.1 供試体の水分浸透試験

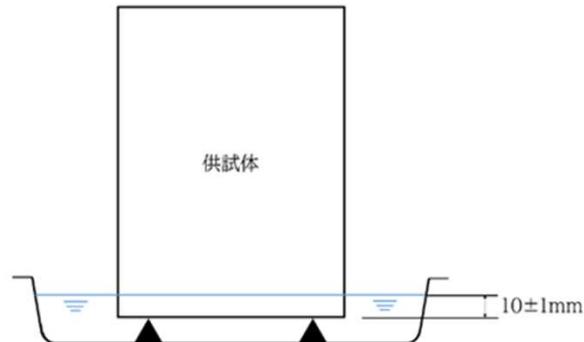
16



解説 図4.1.1 供試体下端のマーカー



解説 図4.1.3 浸せき前の状況



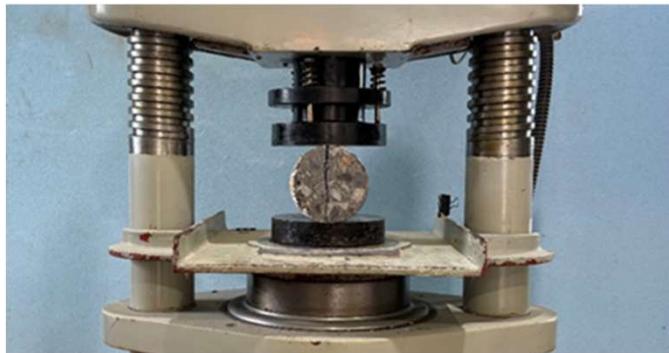
解説 図4.1.2 浸せき概念図



解説 図4.1.4 浸せき状況（例）

4章 試験方法 4.2 水分浸透深さの測定方法

17



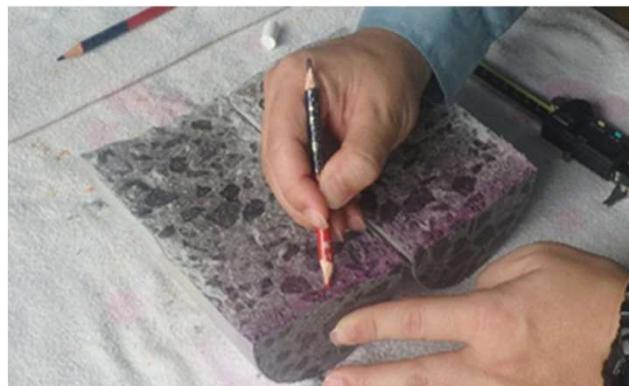
解説 図4.2.1 割裂状況



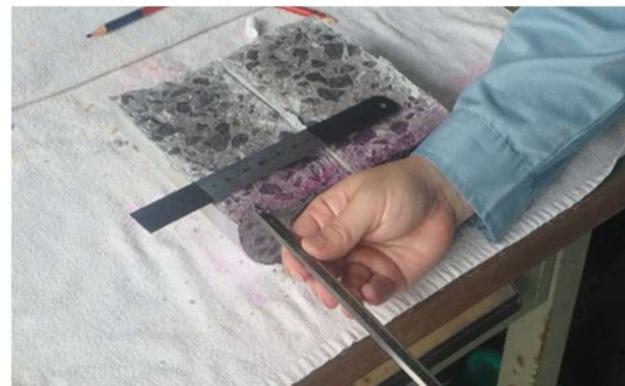
解説 図4.2.2 現像液（例）



解説 図4.2.3 現像剤の噴霧状況



解説 図4.2.4 水分浸透深さのマーキング



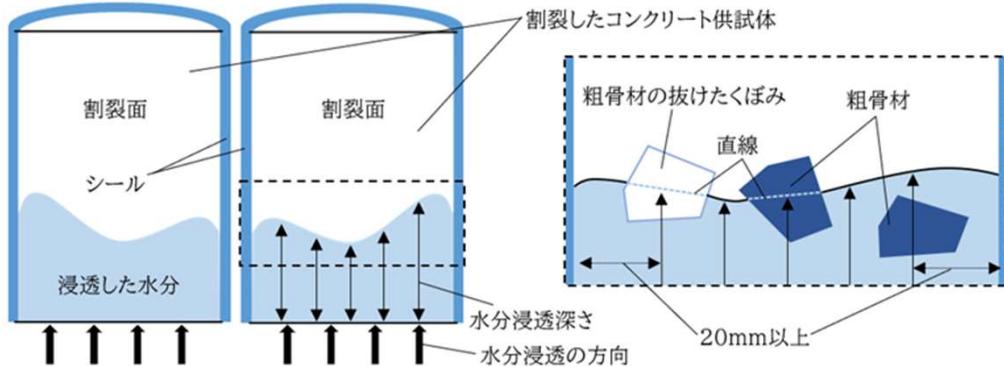
解説 図4.2.7 水分浸透深さの測定



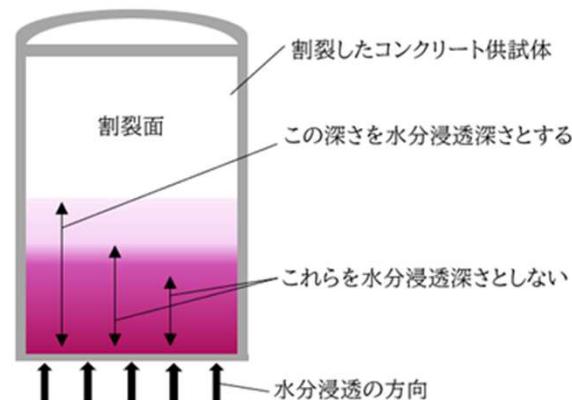
解説 図4.2.6 水分浸透深さの測定位置

4章 試験方法 4.2 水分浸透深さの測定方法

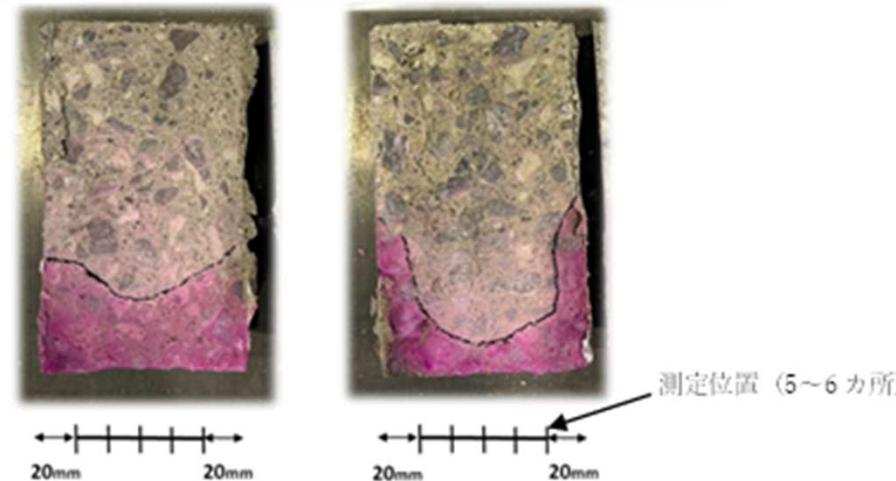
18



解説 図4.2.8 水分浸透深さを測定するための供試体



解説 図4.2.9 割裂面の水分浸透の境界が不明瞭な場合



(a) 普通コンクリート (b) 高炉スラグ微粉末混入
のコンクリート

解説 図4.2.10 割裂面の水分浸透深さ

5章 水分浸透速度係数の求め方

5章 水分浸透速度係数の求め方

5.1 水分浸透速度係数の算定

水分浸透速度係数 A は、浸せき期間が 5 時間から 48 時間までに得られた水分浸透深さと浸せき時間の平方根を用いて、次式により求める。

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n (\sqrt{t_i} - \bar{\sqrt{t}}) \cdot (L_i - \bar{L})}{\sum_{i=1}^n (\sqrt{t_i} - \bar{\sqrt{t}})^2} \quad (5.1.1)$$

ここに、 A : 水分浸透速度係数 (mm/\sqrt{hour})

n : データ数

$\sqrt{t_i}$: i番目のデータの浸せき時間の平方根 (\sqrt{hour})

$\bar{\sqrt{t}}$: 浸せき時間の平方根の平均値 (\sqrt{hour})

L_i : 個々の測定値の i 番目の水分浸透深さ (mm)

\bar{L} : 水分浸透深さの平均値 (mm)

解説 表5.1.1 水分浸透速度係数の計算例

供試体番号 N	測定位置 i	浸漬時間 (hour)	$\sqrt{t_i}$	L_i	$(\sqrt{t_i} - \bar{\sqrt{t}}) \times (L_i - \bar{L})$	$(\sqrt{t_i} - \bar{\sqrt{t}})^2$	水分浸透速度係数 A (mm/\sqrt{hour})	定数 B (mm)
1	1	5	2.24	16.5	29.65	6.00		
	2	5	2.24	16.0	30.87	6.00		
	3	5	2.24	19.0	23.52	6.00		
	4	5	2.24	18.5	24.75	6.00		
	5	5	2.24	20.0	21.07	6.00		
2	1	5	2.24	19.0	23.52	6.00		
	2	5	2.24	20.0	21.07	6.00		
	3	5	2.24	20.5	19.85	6.00		
	4	5	2.24	18.5	24.75	6.00		
	5	5	2.24	18.0	25.97	6.00		
3	1	5	2.24	20.0	21.07	6.00		
	2	5	2.24	25.0	8.82	6.00		
	3	5	2.24	25.5	7.60	6.00		
	4	5	2.24	23.5	12.50	6.00		
	5	5	2.24	27.0	3.92	6.00		
4	1	24	4.90	31.0	0.50	0.04		
	2	24	4.90	27.0	-0.34	0.04		
	3	24	4.90	29.5	0.19	0.04		
	4	24	4.90	30.0	0.29	0.04		
	5	24	4.90	31.5	0.61	0.04		
5	1	24	4.90	28.0	-0.13	0.04		
	2	24	4.90	31.0	0.50	0.04		
	3	24	4.90	30.0	0.29	0.04		
	4	24	4.90	31.0	0.50	0.04	3.22	13.50
	5	24	4.90	32.0	0.71	0.04		
6	1	24	4.90	30.0	0.29	0.04		
	2	24	4.90	27.5	-0.23	0.04		
	3	24	4.90	30.0	0.29	0.04		
	4	24	4.90	29.5	0.19	0.04		
	5	24	4.90	30.0	0.29	0.04		
7	1	48	6.93	32.5	8.74	5.02		
	2	48	6.93	33.0	9.86	5.02		
	3	48	6.93	33.5	10.98	5.02		
	4	48	6.93	33.0	9.86	5.02		
	5	48	6.93	35.0	14.34	5.02		
8	1	48	6.93	37.5	19.94	5.02		
	2	48	6.93	36.5	17.70	5.02		
	3	48	6.93	36.0	16.58	5.02		
	4	48	6.93	34.0	12.10	5.02		
	5	48	6.93	36.5	17.70	5.02		
9	1	48	6.93	35.5	15.46	5.02		
	2	48	6.93	38.5	22.18	5.02		
	3	48	6.93	37.5	19.94	5.02		
	4	48	6.93	37.5	19.94	5.02		
	5	48	6.93	36.0	16.58	5.02		
n = 45		平均値	$\bar{\sqrt{t}}$	4.69	\bar{L}	28.6		
		合計値					$\Sigma 534.78$	$\Sigma 165.90$

6章 試験報告

6.1 試験結果報告事項

- 試験結果の報告は、次の事項について行うことが望ましい。
- (1) コンクリートの材料と配合および性状
 - (2) コンクリート供試体の寸法
 - (3) 養生条件
 - (4) 脱型時期
 - (5) 乾燥期間とその環境
 - (6) 浸せき中の周囲の温度と湿度
 - (7) 水分浸透深さと浸せき時間
 - (8) 水分浸透速度係数 A と定数 B
 - (9) 試験年月日

解説 表6.1.1 水分浸透試験報告書の例

水分浸透試験報告書								
会社名	○○コンクリート株式会社		試験期間	2025年4月1日～2025年7月18日				
工場名	○○工場		試験方法	JSCE G582-2018				
配合名	30-12-20N							
使用材料								
材料名	種類	产地又は品名	材料名	種類	产地又は品名			
セメント	普通ポルトメントセメント	○○社	水	上水道水				
混和材①			粗骨材①	鉢石2005	○○県○○市○○産			
混和材②			粗骨材②					
細骨材①	砂	○○県○○市○○産	混和剤①	減水剤標準形 I 増	○○社 AD-999			
細骨材②			混和剤②	AE剤 I 増	○○社 AE-99			
示方配合表								
設計基準強度 (N/mm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ又は スランプロー (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C(%)	水結合材比 W/B(%)	細骨材率 S(a)%	備考	
30	20	12 ± 2.5	4.5 ± 1.5	44.5		40.0		
単位量(kg/m ³)								
水	セメント	混和材①	混和材②	細骨材①	粗骨材②	粗骨材①	混和剤①	混和剤②
155	348			567	142	1089	3.48	0.034
コンクリート供試体の概要								
製造日	種類	直径(mm)	高さ(mm)	数量	養生終了後、打込み時の底面側面から 約25mm部分を切断除去する			
2025/4/1	円柱供試体	100	200	9				
養生条件(製品と同一の養生)								
養生方法	前置き 時間 (h)	昇温 速度 (°C/h)	最高 温度 (°C)	最高温度 保持時間 (h)	降温 速度 (°C/h)	材齢	養生方法	材齢
常圧蒸気養生	2.0	20.0	60.0	2.0	自然降温	1日	気中養生	14日
乾燥期間とその環境(温度および湿度)								
乾燥開始日	乾燥終了日	乾燥期間	温度(°C)	相対湿度(%RH)	備考			
2025/4/15	2025/7/15	91日間	20±2	60±5				
水分浸透深さ測定結果								
測定日	浸せき 時間 (hour)	供試体 番号	測定位置					平均値
			1	2	3	4	5	
2025/7/16	5	1	16.5	16.0	19.0	18.5	20.0	18.0
	5	2	19.0	20.0	20.5	18.5	18.0	19.2
	5	3	20.0	25.0	25.5	23.5	27.0	24.2
	24	4	31.0	27.0	29.5	30.0	31.5	29.8
2025/7/17	24	5	28.0	31.0	30.0	31.0	32.0	30.4
	24	6	30.0	27.5	30.0	29.5	30.0	29.4
	48	7	32.5	33.0	33.5	33.0	35.0	33.4
	48	8	37.5	36.5	36.0	34.0	36.5	36.1
2025/7/18	48	9	35.5	38.5	37.5	37.5	36.0	35.5
※浸せき中の周囲の温度 23 °Cおよび湿度 60 %RH								
水分浸透速度係数 A (mm/√hour)			定数 B (mm)			○○○年○○月○○日		
3.22			13.50			○○県○○市○○町○丁目○番地		
○○○○コンクリート株式会社								

付録I 試験により水分浸透速度係数が求められない場合について

付録II 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査例

1. 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査とコンクリートに求める水分浸透係数の特性値の設定
2. 試験により水分浸透速度係数が求められない場合の特性値を保証する例
3. 試験により水分浸透速度係数の特性値を確認する例
4. 水分浸透試験による水分浸透速度係数の試験値により設計耐用期間を照査する例

付録III 関連規格

付録IV 参考文献

付録 II 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査例 22

1. 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査とコンクリートに求める水分浸透速度係数の特性値の設定

【設計条件】

- ・ 設計かぶり（最小かぶりと施工誤差を含む）: $c = 25.0 \text{ mm}$
- ・ 鉄筋の施工誤差（管理値）: $\Delta c_e = 5.0 \text{ mm}$
- ・ 設計耐用期間: $t = 100 \text{ 年}$

【照査】

構造物係数: $\gamma_i = 1.1$

鋼材腐食深さの設計限界値: $S_{lim} \text{ mm}$

$(c - \Delta c_e) = 25.0 - 5.0 = 20.0 \text{ mm} \leq 35 \text{ mm}$ であるので,

$$S_{lim} = 3.81 \times 10^{-4} \times (25.0 - 5.0) = 7.620 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

コンクリートの水分浸透速度係数の設計値: $q_d \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$

- ・ 設計耐用期間 t が 100 年で, $(c - \Delta c_e) = 20.0 \text{ mm}$ の条件におけるコンクリートの水分浸透速度係数の設計基準値 \bar{q}_k の目安を表 2.2.1 より読み取ると, $\bar{q}_k = 3.9 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$
- ・ 普通コンクリートを用いるとして, コンクリートの材料係数 γ_c を 1.3 としたとき, 設計値 q_d は,

$$q_d = \gamma_c \cdot \bar{q}_k = 1.3 \times 3.9 = 5.07 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$$

1 年あたりの鋼材腐食深さの応答値: $S_{dy} \text{ mm}/\text{年}$

- ・ コンクリートの水掛かりの程度によって鋼材腐食の影響度が異なることを考慮する係数 F_w を 1.0 として,

$$\begin{aligned} S_{dy} &= 1.9 \times 10^{-4} \times F_w \times \exp(-0.068 \times (c - \Delta c_e)^2 / q_d^2) \\ &= 1.9 \times 10^{-4} \times 1.0 \times \exp(-0.068 \times (25.0 - 5.0)^2 / 5.07^2) \\ &= 6.595 \times 10^{-5} \text{ mm}/\text{年} \end{aligned}$$

鋼材腐食深さの設計応答値: $S_d \text{ mm}$

- ・ 鋼材腐食深さの設計応答値 S_d の不確実性を考慮した安全係数 γ_w を 1.0 とすると,

$$\begin{aligned} S_d &= \gamma_w \cdot S_{dy} \cdot t \\ &= 1.0 \times 6.595 \times 10^{-5} \times 100 \\ &= 6.595 \times 10^{-3} \text{ mm} \end{aligned}$$

照査

$$\gamma_i \cdot \frac{S_d}{S_{lim}} = 1.1 \times \frac{6.595 \times 10^{-3}}{7.620 \times 10^{-3}} = 0.95 \leq 1.0 \text{ O.K.}$$

【特性値】

特性値の設定に関する安全係数 γ_k をコンクリート標準示方書 [設計編] に従い 1.0 として, PCa 製品の製造に用いられるコンクリートに求める特性値 q_k は, 次式より $3.9 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$ となる.

$$q_k = \bar{q}_k / \gamma_k = 3.9 / 1.0 = 3.9 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$$

付録Ⅱ 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査例 23

2. 試験により水分浸透速度係数が求められない場合の特性値を保証する例

【製造条件】

- ・設計図書に示される特性値 $q_k : 3.9 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$

したがって、PCa 製品の製造に用いられるコンクリートは、下記の最大水結合材比を満足して製造されていることを確認する必要がある。

【水結合材比 W/B の設定】

- ・水分浸透速度係数の予測式に式（解 2.3.5）を用いるとすれば、予測値の精度を考慮する安全係数 γ_p は 1.1 となる。

$$W/B = \sqrt{3.545/(5 \times 3.0^2)} = 0.28$$

$$q_p = q_k / \gamma_p = 3.9/1.1 = 3.545 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$$

【判 定】

配合計算書において、水結合材比 $W/B = 0.28$ 以下であることを確認することで、PCa 製品は合格と判定する。

- ・式（解 2.3.5）より、

$$q_p = 5 \cdot (W/B)^2 \cdot \beta_0^2$$

ただし、 $\beta_0 = 3.0$ とする。

付録 II 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査例 24

3. 試験により水分浸透速度係数の特性値を確認する例

【製造条件】

- ・設計図書に示される特性値 $q_k : 3.9 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$

【製造ロットの設定】

- ・製造の 1 ロット : 1 年間
- ・1 ロットにおける製品検査の頻度 : 3 ヶ月に 1 回とする (1 ロットにおける試験回数 : 4 回)

【検査結果】

(1) 型式検査

- ・水分浸透速度係数の試験値 $q_c : 3.82 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$

$q_c \leq q_k$ であるため、社内規格に定めた製造仕様に従って製造を行うことで、設計図書に示された要求品質を満足するコンクリートが製造できると判断できる。

(2) 製品検査

- ・コンクリート標準示方書に従う不合格と判定する基準値 $q_n : \bar{q}_{cn} > q_k + 3 \frac{s_n}{\sqrt{n}}$
- ・社内規格に定める合格判定 : $\bar{q}_{cn} \leq q_k$

1 ロットで得られた 4 回の試験結果が、下記とする。

付表 II.1 試験結果 (例)

試験 No.	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
試験結果 q_c ($\text{mm}/\sqrt{\text{hour}}$)	3.72	3.86	3.99	3.95

4 回の試験の平均値 \bar{q}_{c4} :

$$\bar{q}_{c4} = \frac{3.72 + 3.86 + 3.99 + 3.95}{4} = 3.88 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$$

4 回の試験値の標本不偏分散の平方根 s_4 :

$$s_4 = \sqrt{\frac{(3.72 - 3.88)^2 + (3.86 - 3.88)^2 + (3.99 - 3.88)^2 + (3.95 - 3.88)^2}{3}} = 0.089 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$$

不合格と判定する基準値 q_4 :

$$q_4 = q_k + 3 \frac{s_4}{\sqrt{4}} = 3.9 + 3 \times \frac{0.089}{\sqrt{4}} = 4.03 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$$

$\bar{q}_{c4} \leq q_4$ であるので、この製造ロットで作られた PCa 製品は不合格でないと判定できる。また、社内規格では、 $\bar{q}_{cn} \leq q_k$ であるので、この製造ロットで作られた PCa 製品は合格と判定する。

付録Ⅱ 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査例 25

4. 水分浸透試験による水分浸透速度係数の試験値により設計耐用期間を照査する例

【設計条件】

- ・設計かぶり（最小かぶりと施工誤差を含む）: $c = 25.0 \text{ mm}$
- ・鉄筋の施工誤差（管理値）: $\Delta c_e = 5.0 \text{ mm}$
- ・製品と同一の養生による供試体の水分浸透速度係数の試験平均値: $\bar{q}_{cn} = 3.80 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$
- ・設計耐用期間: $t = 100 \text{ 年}$ とする。

【照査】

構造物係数: $\gamma_i = 1.1$

鋼材腐食深さの設計限界値: $S_{lim} \text{ mm}$

$(c - \Delta c_e) = 25.0 - 5.0 = 20.0 \text{ mm} \leq 35 \text{ mm}$ であるので,

$$S_{lim} = 3.81 \times 10^{-4} \times (25.0 - 5.0) = 7.620 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

コンクリートの水分浸透速度係数の設計値: $q_d \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$

- ・コンクリートの水分浸透速度係数の試験の特性値: $q_k = \bar{q}_{cn} = 3.80 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$
- ・特性値の設定に関する安全係数: $\gamma_k = 1.0$

$$\bar{q}_k = \gamma_k \cdot q_k = 1.0 \times 3.80 = 3.80 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$$

- ・普通コンクリートとして、コンクリートの材料係数 γ_c を 1.3 としたとき、設計値 q_d は、
- $q_d = \gamma_c \cdot \bar{q}_k = 1.3 \times 3.80 = 4.94 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$

1年あたりの鋼材腐食深さの応答値: $S_{dy} \text{ mm}/\text{年}$

- ・コンクリートの水掛かりの程度によって鋼材腐食の影響度が異なることを考慮する係数 F_w を 1.0 として、

$$\begin{aligned} S_{dy} &= 1.9 \times 10^{-4} \times F_w \times \exp(-0.068 \times (c - \Delta c_e)^2 / q_d^2) \\ &= 1.9 \times 10^{-4} \times 1.0 \times \exp(-0.068 \times (25.0 - 5.0)^2 / 4.94^2) \\ &= 6.233 \times 10^{-5} \text{ mm}/\text{年} \end{aligned}$$

鋼材腐食深さの設計応答値: $S_d \text{ mm}$

- ・鋼材腐食深さの設計応答値 S_d の不確実性を考慮した安全係数 γ_w を 1.0 とすると、
- $$\begin{aligned} S_d &= \gamma_w \cdot S_{dy} \cdot t \\ &= 1.0 \times 6.233 \times 10^{-5} \times 100 \\ &= 6.233 \times 10^{-3} \text{ mm} \end{aligned}$$

照査

$$\gamma_i \cdot \frac{S_d}{S_{lim}} = 1.1 \times \frac{6.233 \times 10^{-3}}{7.620 \times 10^{-3}} = 0.90 \leq 1.0 \text{ O.K}$$

【結果】

水分浸透速度係数の特性値（試験平均値）が $3.80 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$ となるコンクリートが用いられ、かつ設計かぶりが 25 mm の PCa 製品では、設計耐用期間は $t = 100 \text{ 年}$ である。

ご清聴ありがとうございました。

全国土木コンクリートブロック協会は、水分浸透試験の実施に関する支援を行っています。また、会員を随時募集中です。

公益社団法人 全国土木コンクリートブロック協会

〒113-0033 東京都文京区本郷3丁目17番13号
本郷タナベビル

TEL : 03-5689-0491
Fax: 03-5689-0492