
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 11 月

公益社団法人全国土木コンクリートブロック協会

あいさつ

2023年制定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」の章が追加されました。これにより、土木構造物の材料としてプレキャストコンクリート製品が一般化され、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」と改訂されました。

プレキャストコンクリート製品は、実物製品や製品と同一の養生条件により作製された供試体等から直接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の選択が可能となります。このように製造方法や使用材料等について、生産者が自由に選択することが可能となりましたが、同時に性能や品質の保証も生産者が責任を持って行う必要があります。

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おり耐久性の照査に関して、2022年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕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コンクリート標準示方書〔設計編〕の予測式を用いることができない。」ことが記載されました。したがって、プレキャストコンクリート製品の耐久性の照査を行うためには、照査に用いる特性値を各種試験により測定する必要があります。

コンクリート標準示方書〔施工編〕には、国内すべての地域が対象となる一般的な環境下で使用されるプレキャストコンクリート製品では、中性化の影響による鋼材腐食に関する耐久性に関して、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」により確認することが推奨されています。特に、今後採用が増加すると考えられる低炭素型コンクリート製品は、セメントの使用量が少ないことから外部環境の影響を受けてアルカリ性を失っていくため、従来のコンクリート製品よりも中性化による鉄筋腐食が懸念されます。

本手引き（案）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についてまとめたものです。

末筆になりますが、本手引き（案）の策定にあたり監修いただいた岡山大学綾野克紀教授および東京都立大学上野敦准教授に謝意を表します。

2025年11月

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
委員長 松岡 智

技術委員会構成

委員長	松岡 智	(中国 地区)
委員	市川 敬	(近畿 地区)
	伊藤 賢吾	(近畿 地区)
◎	伊藤 祐喜	(中部 地区)
	大橋 修	(中部 地区)
	尾崎 正樹	(関東 地区)
○	北澤 賢悟	(北陸 地区)
	近藤 和仁	(関東 地区)
○	清水 亮	(関東 地区)
○	八町 裕浩	(北海道 地区)
○	細野 義則	(北陸 地区)
	宮崎 拓巳	(九州 地区)
○	山崎 徳人	(東北 地区)
○	横山 卓哉	(四国 地区)

◎ 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）小委員会委員長

○ 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）小委員会委員

(五十音順)

2025年11月現在

監修 岡山大学 教授 綾野克紀
東京都立大学 准教授 上野 敦

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）

目 次

1 章 総 則	1
1.1 適用の範囲	1
1.2 引用規格	2
1.3 用語の定義	3
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	7
2 章 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査	9
2.1 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査式	9
2.2 水分浸透速度係数の設計基準値の目安	10
2.3 水分浸透速度係数の特性値	11
3 章 供試体	14
3.1 供試体の寸法	14
3.2 供試体の作製	14
4 章 試験方法	18
4.1 供試体の水分浸透試験	18
4.2 水分浸透深さの測定方法	19
5 章 水分浸透速度係数の求め方	23
5.1 水分浸透速度係数の算定	23
6 章 試験報告	26
6.1 試験結果報告事項	26
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	31
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	37
付録III 関連規格	45
付録IV 参考文献	49

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（以下、PCa 製品と略する）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。

蒸気養生を行う場合のように、コンクリート標準示方書〔施工編〕にある場所打ちコンクリートの養生方法とは異なる PCa 製品に対しては、コンクリート製品工場において実際の養生条件を考慮した供試体を用いて試験を実施し、PCa 製品の耐久性照査に必要なコンクリートの特性値を求める必要がある。

蒸気養生は、主に強度発現を促進し早期に脱型する等の生産性を向上するために実施しており、コンクリートの品質を向上するための工程とは異なる。コンクリートの硬化途中に蒸気養生のような温度履歴を与えることにより、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ことも指摘されている。このため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、また、水分浸透速度係数等の耐久性に関する品質は、50%の確率で特性値を下回ることが許容されている。

PCa 製品は、コンクリート製品工場で製造され建設現場に運搬し対象物を構築することを前提としており、小型化や軽量化のために部材ができるだけ小さくなるように設計を行っている。このため、劣化因子の浸透や拡散を抑制するために水セメント比の小さなコンクリートを使用し、供用時に有害なひび割れを生じさせないように曲げひび割れ耐力を確保する等により、耐久性に配慮している。また、管理の行き届いたコンクリート製品工場における製造のため鉄筋のかぶりの施工誤差も小さく、鉄筋のかぶりを場所打ちコンクリートよりも小さくすることができる。

2022 年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕では、平成 3 年制定コンクリート標準示方書〔設

計編] から掲載されていた PCa 製品の最小かぶりの表が削除された。このため、最小かぶりは鉄筋の直径以上、かつ一般の環境、塩害、凍害、化学的侵食等のおそれのある環境のいずれであっても「中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査」を行い、使用材料、配合や養生方法および製品種類等により、個別に最小かぶりを設定する必要がある。

特に、ポルトランドセメントの一部を高炉スラグ微分末等の混和材により高置換した低炭素型コンクリートの場合には、ポルトランド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くなる。コンクリートの中性化とは、大気中の二酸化炭素がコンクリート内部に侵入し、本来強アルカリ性であるコンクリートが中性に近づく現象であり鋼材が腐食し易くなる。よって、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、一般的なポルトランドセメント単味の場合よりもさらに重要である。

これまで中性化に関する検討は中性化深さ（中性化速度係数）により照査されてきたが、一般にアルカリ刺激による潜在水硬性やポゾラン反応性を有する高炉スラグ微粉末やフライアッシュの混和材を使用する場合には、設計では中性化速度係数が大きくなり不合理な照査結果となっていた。また、JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」に従い求めた中性化速度係数は、コンクリート構造物における中性化抵抗性の直接的評価やコンクリート構造物の耐用年数予測を行うために用いることはできず、設計に用いる中性化速度係数は、暴露試験や現場に設置された実製品の実績に基づき求めるしかなく、長期間の測定期間を要するために実用的ではなかった。しかし、水分浸透速度係数を用いる照査では、これらの混和材を用いて適切な配合や施工が行われた場合に得られるコンクリートの水密性や緻密性を、比較的短期間の試験により考慮できるようになった。

本手引き（案）は、PCa 製品の「中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査」に必要な水分浸透速度係数を PCa 製品と同一の養生条件（蒸気養生、気中養生等）で製作された供試体を用いて、土木学会規準 JSCE-G582「短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法」に準拠して算定する場合の留意点等についてまとめている。また、併せて中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食の照査方法についても説明したものである。なお、蒸気養生を行っていない場合の PCa 製品についても、本手引き（案）は適用可能である。

1.2 引用規格

次に掲げる規格は、本手引き（案）に引用されることによって、本手引き（案）の一部を構成する。

- JIS A 1107 コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法
- JIS A 1113 コンクリートの割裂引張試験方法
- JIS A 1132 コンクリートの強度試験用供試体の作り方
- JIS A 1138 試験室におけるコンクリートの作り方
- JIS B 7507 製品の幾何特性仕様（G P S）—寸法測定機— ノギス
- JIS B 7516 金属製直尺

NDIS 3423	蛍光染料及び現像剤を使用した液体漏れ試験方法
JSCE-G 582	短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法
JSCE-F 515	高流動コンクリートの圧縮強度試験用供試体の作り方
CBA-1	供試体成型機による超硬練コンクリートの圧縮強度試験用供試体の作り方

【解 説】 これらの規格は、その最新版を適用する。

1.3 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、ここにはない用語は、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。

- (1) **水分浸透試験** コンクリートの一部を水に浸せきさせて、コンクリートの水分浸透速度係数を求めるために実施する試験。
- (2) **水分浸透速度係数** コンクリート表面から内部へ液状水が浸透する際の浸透速さを規定する係数。
- (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 製品の置かれている環境条件や 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】 (1) について 水分浸透試験は、JSCE-G 582「短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法」に準じて実施するものとする。

(2) について 水分浸透速度係数は、水分浸透深さ L と浸せき時間 t の平方根が線形関係にあると仮定した場合の近似直線の傾きである。

$$L = A\sqrt{t} + B \quad (\text{解 1.3.1})$$

ここに、 L ：水分浸透深さ (mm)

A ：水分浸透速度係数 ($\text{mm}/\sqrt{\text{hour}}$)

t ：浸せき時間 (hour)

B ：定数 (mm)

(3) について 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条件や PCa 製品の設計条件に応じて、PCa 製品に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) について 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。詳細については、本手引き（案）2章を参照するとよい。

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

ここに、 q_d ：コンクリートの水分浸透速度係数の設計値 (mm/\sqrt{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{hour})

(5) について 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。

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

ここに、 q_k ：コンクリートの水分浸透速度係数の特性値 (mm/\sqrt{hour})

γ_k ：特性値の設定に関する安全係数

\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{hour})

(6) について 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。予測値 q_p と特性値 q_k の関係は、次式によって表される。

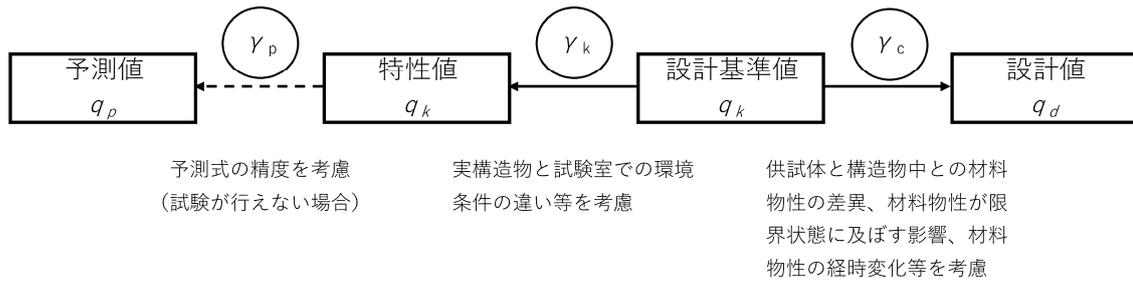
$$q_p = q_k / \gamma_p \quad (\text{解 1.3.4})$$

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

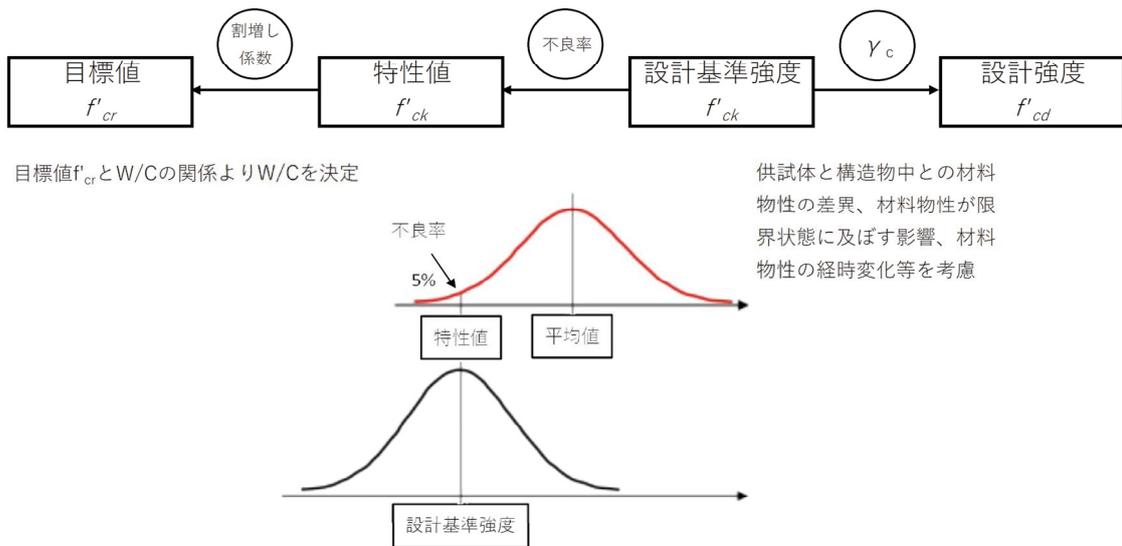
γ_p ：水分浸透速度係数の予測式の精度を考慮する安全係数

q_k ：コンクリートの水分浸透速度係数の特性値 (mm/\sqrt{hour})

解説 図 1.3.1 に、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を示す。また、解説 図 1.3.2 に、コンクリート標準示方書における圧縮強度の設計強度、設計基準強度および特性値の関係を示す。水分浸透速度係数の設計値、設計基準値および特性値は、圧縮強度の設計強度、設計基準強度および特性値に相当するものである（コンクリート標準示方書 [設計編] では、設計基準強度と特性値のいずれも同じ表記 f'_{ck} が用いられている）。なお、圧縮強度も水分浸透速度係数も、1回の試験値が正規分布に従うと想定し、圧縮強度は1回の試験値が片側下限値で5%を下



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 1.3.2 圧縮強度の設計強度，設計基準強度および特性値の関係（片側下限値）

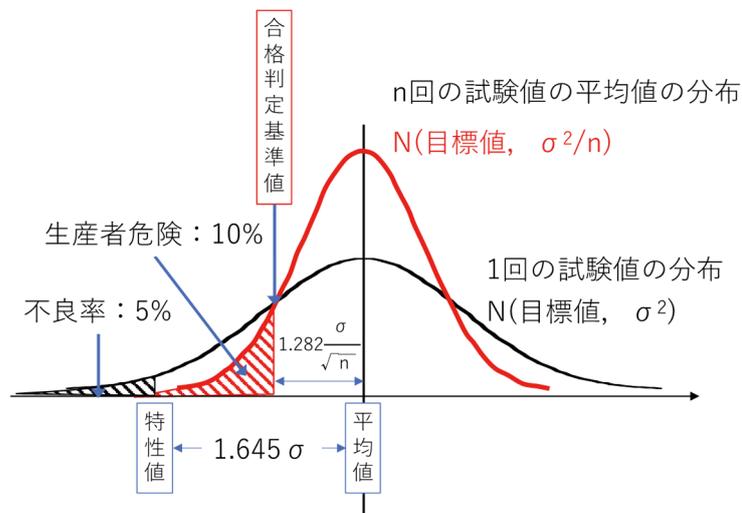
回る値を特性値とし，水分浸透速度は1回の試験値が片側上限値で50%を上回る値を特性値としている。すなわち，水分浸透速度係数の特性値は，試験値の平均値に等しくなる。

コンクリート標準示方書〔施工編〕では，検査は，検査項目，試験方法，試験の頻度（時期）および判定基準値からなるとされている。解説 図 1.3.3 および解説 図 1.3.4 に，コンクリート標準示方書〔施工編〕に示される圧縮強度および耐久性に関する品質の検査における合格判定基準値および不合格と判定する基準値の定め方を示す。1回の試験値が正規分布に従う保証はないため，1回の試験結果が正規分布に従うと想定しても，1回の試験値が正規分布に基づく判定には用いられない。検査における判定は，中心極限定理に基づき，複数回（ n 回）の試験結果の平均値を判定基準値と比較して行うことになっている。なお，判定基準値に合格判定基準値はなく，圧縮強度の検査における判定基準値は合格判定基準値とされ，耐久性に関する検査の判定基準値は不合格と判定する基準値とされている。合格判定基準値も不合格と判定する基準値も，特性値から不良率と生産者危険によって定められる。

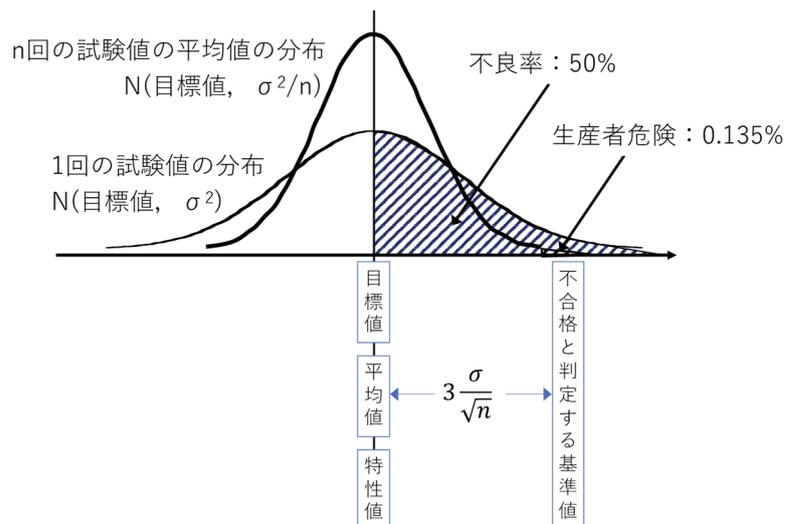
1回の試験値が圧縮強度の特性値を下回る確率，すなわち，不良率は5%（許容応力度設計法で設計された構造物の場合は25%）で，生産者危険は10%である。生産者危険を10%としているため，例えば不良率が5%となる分布から得られた試験結果であっても，合格判定基準値を下回る場合が生

じる。そのため、試験値の平均値が合格判定基準値を下回る場合は、検査に合格ではないが、不合格ということではない。試験体を用いた検査に合格でない場合は、シュミットハンマー等の非破壊試験を用いて構造体コンクリートに所定の圧縮強度があることが示すことで、検査は合格になるとされている。

一方、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、不合格と判定することになっている。



解説 図 1.3.3 圧縮強度の検査における合格判定基準値（母分散が既知の場合）



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）

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

PCa 製品と同一の養生を行う供試体の水分浸透試験のフローチャートを，図 1.4.1 に示す。

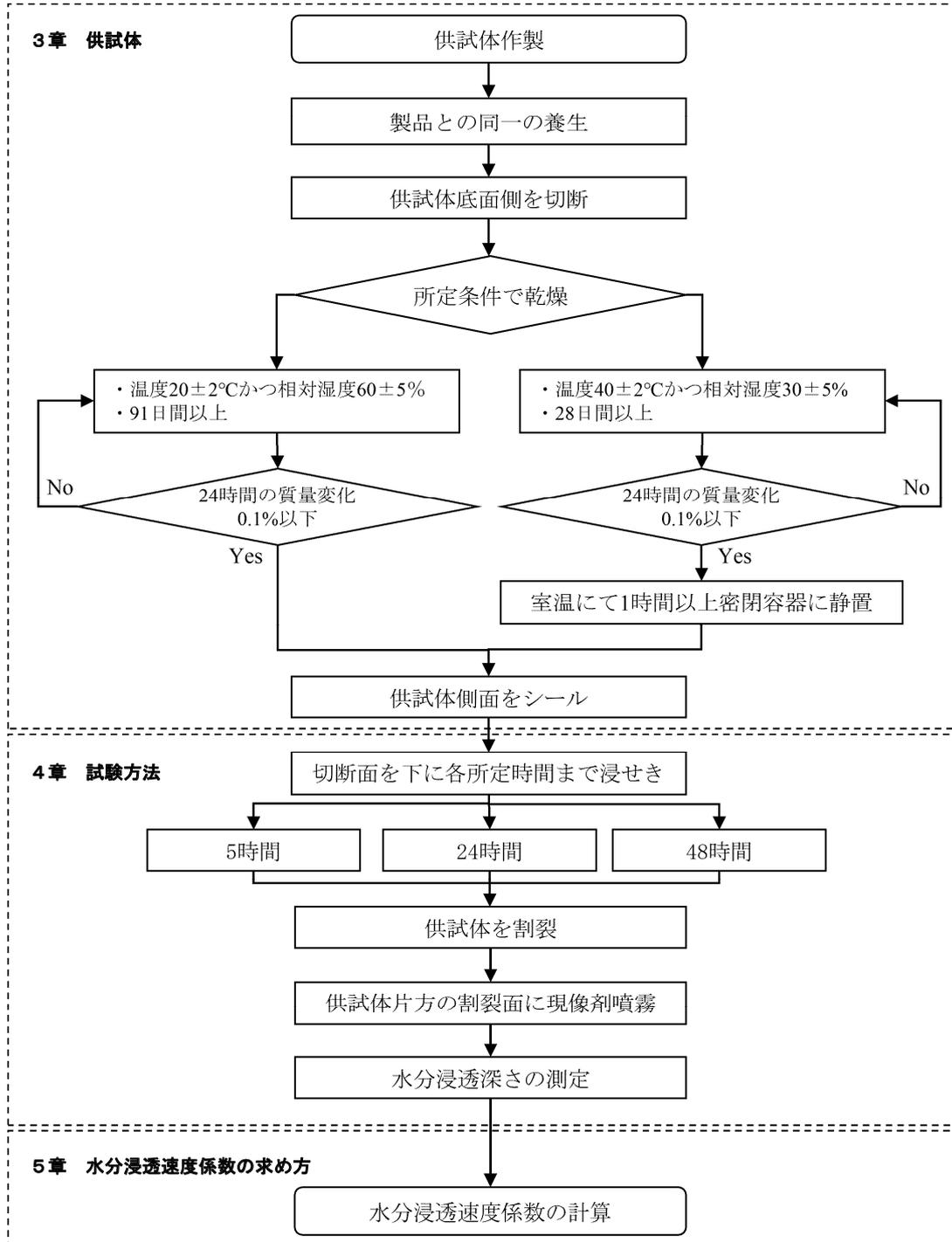


図 1.4.1 PCa 製品と同一の養生を行う供試体の水分浸透試験のフローチャート

【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（または下回る）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とされている。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る。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。

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

ここに、 F_w ：コンクリートへの水掛かりの程度によって鋼材腐食への影響度が異なることを考慮する係数。一般に、1.0としてよい。

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

$$q_d = \gamma_c \cdot \bar{q}_k \quad (2.1.5)$$

ここに、 γ_c ：コンクリートの材料係数。一般に、1.3とするのがよい。ただし、高流動コンクリートを用いる場合は、1.1としてよい。

\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})

【解 説】 コンクリート標準示方書〔設計編〕では、耐久性に関する品質に関して設計基準値の概念がないために、コンクリートの水分浸透速度係数は、浸せき法を用いた室内実験、あるいは水結合材比と水分浸透速度係数との関係から求めるのがよいとされている。しかし、コンクリートに求められる水分浸透速度係数は、中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査式である式(2.1.1)を満足する値でなければならない。式(2.1.1)～(2.1.4)に示されるように、式(2.1.1)の照査を満足する水分浸透速度係数の設計値は、PCa製品のかぶりと設計耐用年数によって、その上限値が定まる。本手引き(案)では、水分浸透速度係数の設計基準値は、この上限値を上回らない設計値と式(2.1.5)から、設計者が自らの判断で定めることにしている。

2.2 水分浸透速度係数の設計基準値の目安

水分浸透試験による中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査により、設計耐用期間におけるPCa製品の最小かぶりおよび鉄筋の施工誤差を含む場合の設計かぶりに対して、要求される水分浸透速度係数の設計基準値 \bar{q}_k の目安(上限値)を、表2.2.1に示す。

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

		水分浸透速度係数の設計基準値の目安 (mm/\sqrt{hour})												
		8	9	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55
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
	最小かぶり + 施工誤差	11	12	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
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

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。

【解 説】 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査式 (2.1.1) ~ (2.1.5) において、構造物係数 γ_i を 1.1, 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, コンクリートへの水掛かりの程度によって鋼材腐食への影響度が異なることを考慮する係数 F_w を 1.0, 特性値の設定に関する安全係数 γ_k を 1.0, コンクリートの材料係数 γ_c を 1.3 とするときの設計耐用期間における PCa 製品の最小かぶりに対して求められる水分浸透速度係数の設計基準値 \bar{q}_k の目安は、表 2.2.1 のようになる。

最小かぶりとは、鉄筋のかぶりの設計値から PCa 製品の管理基準として定められた鉄筋のかぶりの許容差（施工誤差）を差し引いた最小の距離である。ここでは、PCa 製品の鉄筋の施工誤差の管理値を最小かぶり 12mm までは 3mm, それ以上は 5mm としている。

なお、表 2.2.1 の「要求しない」とは、例えば設計耐用期間 50 年であつ最小かぶり 30mm（最小かぶり+施工誤差では 35mm）以上あれば、「2.1 中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査」を満足しており、鋼材腐食深さの応答値が限界値に達しないことを示している。

2.3 水分浸透速度係数の特性値

PCa 製品の製造においては、設計に用いた水分浸透速度係数の設計基準値 \bar{q}_k と特性値の設定に関する安全係数 γ_k から求められる特性値 q_k を満足するコンクリートが用いられる必要がある。

$$q_k = \bar{q}_k / \gamma_k \quad (2.3.1)$$

ここに、 q_k : コンクリートの水分浸透速度係数の特性値 (mm/\sqrt{hour})

γ_k : 特性値の設定に関する安全係数

\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{hour})

【解 説】 PCa 製品の製造には、設計基準値 \bar{q}_k と特性値の設定に関する安全係数 γ_k から設定される特性値 q_k を満足するコンクリートが使用される必要がある。コンクリート標準示方書 [設計編] においては、特性値の設定に関する安全係数 γ_k は、一般に 1.0 としてよいとされている。コンクリートの水分浸透速度係数の特性値 q_k は、コンクリート標準示方書 [設計編] では浸せき法を用いた室内実験、あるいは水結合材比と水分浸透速度係数との関係を用いた予測式から求めるのがよいとある。ただし、蒸気養生を行うコンクリートには、コンクリート標準示方書 [設計編] に記載の水結合材比と水分浸透速度係数との予測式をそのままでは使用できないとされている。そのため、PCa 製品の製造に用いられるコンクリートが所定の品質を有していることは、原則、PCa 製品と同一の養生を行った供試体による水分浸透試験を行い確認する必要がある。

PCa 製品の型式検査においては、1 回の試験値 q_c が特性値 q_k よりも小さいことを確認することで、PCa 製品に使用するコンクリートが鋼材を腐食から保護する品質を有していると判定することになる。

$$q_c \leq q_k \quad (\text{解 2.3.1})$$

ここに、 q_c : コンクリートの水分浸透速度係数の 1 回の試験値 (mm/\sqrt{hour})
 q_k : コンクリートの水分浸透速度係数の特性値 (mm/\sqrt{hour})

また、製品検査においては、工場毎に PCa 製品の製造ロットの大きさおよび 1 製造ロットにおける試験回数 n を設定し、 n 回の試験値の平均値 $\overline{q_{cn}}$ が不合格となる判定基準値 q_n を上回らないことを確認する必要がある。式 (解 2.3.2) のように、 n 回の試験値の平均値 $\overline{q_{cn}}$ が不合格となる判定基準値 q_n を上回った場合は、その製造ロット全ての PCa 製品が不適合品となる。

$$\overline{q_{cn}} > q_n \quad (\text{解 2.3.2})$$

ここに、 $\overline{q_{cn}}$: n 回の試験値の平均値 (mm/\sqrt{hour})
 q_n : 不合格と判定する基準値 (mm/\sqrt{hour})

$$q_n = q_k + 3 \frac{s_n}{\sqrt{n}} \quad (\text{解 2.3.3})$$

ここに、 s_n : 水分浸透速度係数の標本不偏分散の平方根 (mm/\sqrt{hour})

なお、本手引き (案) では、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水分浸透速度係数の予測値 q_p は、PCa 製品の製造に用いるコンクリートの水結合材比 W/B が、式 (解 2.3.4) および式 (解 2.3.5) を満足する水結合材比 W/B 以下であれば、コンクリートが鋼材を腐食から保護する品質を有していると判断してよいとしている。

$$q_p = q_k / \gamma_p \quad (\text{解 2.3.4})$$

$$q_p = 5 \cdot (W/B)^2 \cdot \beta_0^2 \quad (W/B \leq 0.60) \quad (\text{解 2.3.5})$$

ここに、 β_0 : コンクリートの養生と外部環境の影響を表す係数で、蒸気養生を用いて製作した PCa 製品に対しては $\beta_0 = 3.0$ とする。

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。

式 (2.3.1), 式 (解 2.3.4) および式 (解 2.3.5) を用いて, 表 2.2.1 の水分浸透速度係数の設計基準値の目安値 \bar{q}_k を満足する水結合材比 (水セメント比) W/B の上限値を, 解説 表 2.3.1 に示す. 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予測については, 付録 I と付録 II を参考にするとよい.

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

		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
	最小かぶり + 施工誤差	11	12	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
設 計 耐用期間	20 年	0.23	0.28	0.36	要求しない									
	30 年	0.19	0.21	0.23	0.29	0.44	要求しない							
	50 年	0.16	0.18	0.19	0.22	0.27	0.37	0.57	要求しない					
	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

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.

3章 供試体

3.1 供試体の寸法

水分浸透試験に用いる供試体は、円柱供試体とする。供試体の寸法は、JIS A 1132 の 5.1（供試体の寸法）に従う。

【解 説】 供試体は、直径の 2 倍の高さを持つ円柱形とする。その寸法は、粗骨材の最大寸法の 3 倍以上かつ 100mm 以上とする。供試体の直径の標準は、100mm, 125mm, 150mm とする。PCa 製品の粗骨材の最大寸法は、25mm 以下が多いことから直径 100mm が一般的である。

粗骨材の最大寸法が 40mm を超える場合には 40mm の網ふるいでふるって 40mm を超える粒を除去した試料を使用し、直径 15mm の供試体を用いる。ここで、40mm の網ふるいとは JIS Z 8801-1 に規定する公称目開き 37.5mm の網ふるいのことである。

3.2 供試体の作製

供試体の作製は、次の手順により行う。

(1) 供試体の作製は、硬練りコンクリートの場合 JIS A 1132, 超硬練りコンクリートの場合 JIS A 1107 および CBA-1, 高流動コンクリートの場合 JSCE-F 515 による。なお、供試体の上面仕上げでキャッピングは行わない。

(2) 1 回の試験に作製する供試体の本数は、配合の種類ごとに 9 本を標準とする。

(3) PCa 製品と同一の養生（蒸気養生、気中養生等）を所定の期間行う。

(4) 所定の養生が終了した後に、コンクリート打込み時の底面側端面から約 25mm の部分を切断除去する。

(5) 供試体を切断した後、以下の条件および期間により乾燥を行う。なお、乾燥の条件および乾燥期間は、2 つのどちらかとする。

① 温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ かつ相対湿度 $60 \pm 5\%$ の環境で 91 日間以上とし、かつ 24 時間の質量変化が 0.1% 以下であることを確認する。

② 温度 $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ かつ相対湿度 $30 \pm 5\%$ の環境で 28 日間以上とし、かつ 24 時間の質量変化が 0.1% 以下であることを確認する。

(6) 乾燥が終了した後、水に浸せきする面およびその対面以外の全側面をシールする。

【解 説】 (1) について 供試体の作製は、配合の種類ごとに行う。硬練りコンクリートの場合は JIS A 1132 による。即時脱型製品の場合は、JIS A 1107 により製品から切り出したコア、または

CBA-1 の供試体成型機による。高流動コンクリートの場合 JSCE-F 515 による。いずれの場合も供試体の上面仕上げは、上面を水平とする形成等のみとしキャッピングは行わない。供試体の作製では、試料差がないように、突き固め数などの方法が一定となるように留意する必要がある。

(2) について 1 回の試験に作製する供試体の数量は 9 本を標準とし、PCa 製品と同一バッチから全数を採取する。なお、供試体間の測定結果のばらつきが大きい場合には供試体数を増やすとよい。なお、供試体の型枠は、蒸気養生等による温度の影響を考慮して選定することが望ましい。

(3) について 水分浸透試験に用いる供試体は、PCa 製品と同一の条件で養生することが重要である。そのため、供試体は同一の養生設備内で同一の温度履歴となるように、供試体を置く位置には十分に注意する必要がある。蒸気の噴出口の近くや蒸気が届きにくいような位置に置いてはならない。供試体の型枠脱型後においても、PCa 製品と同様の条件となるように留意する。

(4) について 製品と同一の養生終了後に、供試体の型枠底面側から約 25mm を切断する。これは、ブリーディング等の影響により供試体の底面が緻密になる等により、PCa 製品の表面よりも水分の浸透が抑制されないようにするためである。浸せき面はコンクリートの打込み底面ではなく、底面から約 25mm で切断除去した切断面となる。直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を作製した場合は、端面の切断除去により、供試体の高さは 175mm 程度となる。

(5) について 供試体を乾燥させる時期は、製品と同一の養生が終了した後の任意な時期に行ってよい。ただし、定期的に水分浸透試験を行う場合では、乾燥を行う時期はあらかじめ定めておく必要がある。

乾燥条件①は、JIS A 1138 のコンクリートの練混ぜを行う試験室と同じ環境条件である。このような試験室は、全国生コンクリート工業組合連合会、全国生コンクリート協同組合連合会、試験機関、教育機関等が所有しており、試験室内に 91 日間以上静置することで乾燥が可能である。

乾燥条件②により乾燥を行う場合には、供試体の温度を室温に戻すために、乾燥から浸せきまで 1 時間以上室温で静置する。静置は供試体が空気中の水分を吸収することを抑制するため、密閉容器中で行う。

乾燥を促進させて乾燥期間を短縮するために②の乾燥条件としてもよいが、①と②の乾燥条件では、水分逸散による質量減少は②の方が大きく安全側の評価となる。

乾燥が終了した供試体を移動する場合には、水分の流入出に十分注意する必要がある。密閉した袋等に入れる等の対応や温度の急激な変化が無いようにしなければならない。

供試体の乾燥度合いが一定となるように、乾燥後 24 時間での質量変化がないことを確認する。なお、24 時間の質量変化が 0.1% を上回る場合には、0.1% 以下になるまで乾燥を継続する。供試体の質量測定に用いるはかりの目量は 0.1g 以下とする。

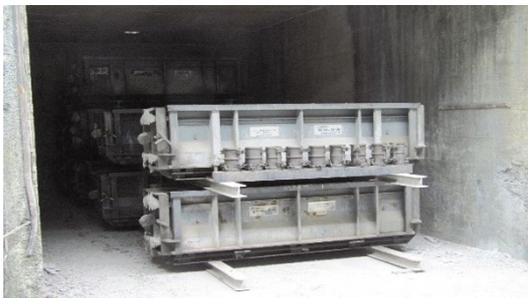
(6) について シールは、供試体側面からの水分の浸透や逸散を抑制することが目的である。乾燥後の供試体内部の含水率をできるだけ均質にするため、シールは乾燥後に実施する。シールには、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、アルミニウムはく（箔）テープ、ビニールテープ等の遮水性のある材料を用いる。エポキシ樹脂を用いる場合には、十分に硬化したことを浸せき前に確認する必要がある。供試体の製作状況写真を、解説 図 3.2.1～解説 図 3.2.12 に示す。



解説 図 3.2.1 円柱供試体 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)



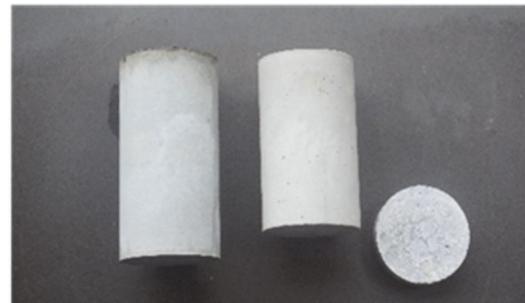
解説 図 3.2.3 製品と同一養生状況
(養生槽)



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



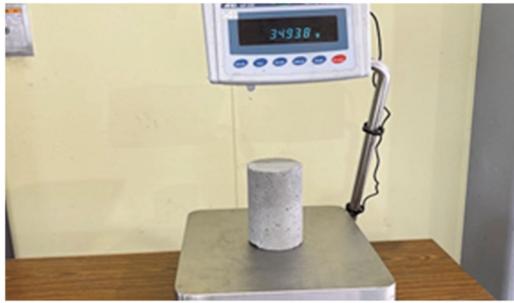
解説 図 3.2.6 供試体の切断後状況



解説 図 3.2.7 乾燥状況 (コンクリート試験室)
【①温度 20°Cかつ相対湿度 60%で 91 日間以上】



解説 図 3.2.8 乾燥状況 (恒温恒湿槽)
【①温度 20°Cかつ相対湿度 60%で 91 日間以上】
【②温度 40°Cかつ相対湿度 30%で 28 日間以上】



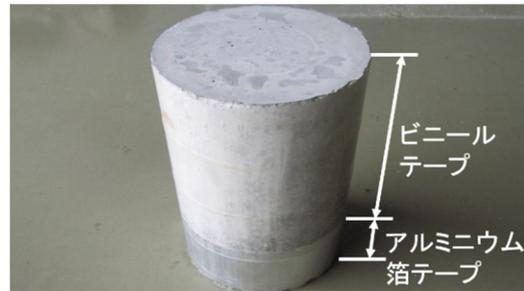
解説 図 3.2.9 乾燥後の質量変化測定状況



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)

4章 試験方法

4.1 供試体の水分浸透試験

供試体の水分浸透試験は、次の手順により行う。

- (1) 乾燥した供試体を、切断除去した面を下にし、打込み面を上にして浸せきする。
- (2) 浸せき中は常に、供試体の下部が $10\pm 1\text{mm}$ 水に浸るようにする。
- (3) 水を張った容器の底面と供試体の間にはスペーサを設置し、供試体と容器底面との距離が 5mm 以上となるようにする。
- (4) 水への浸せき期間は、48 時間を標準とする。

【解 説】 (1) について 浸せきには温度 $20\pm 2^\circ\text{C}$ の上水道水を用いる。水道から出した直後の水は溶存空気量が多く、試験結果に影響を及ぼすおそれがあることや温度を安定させるために、温度 $20\pm 2^\circ\text{C}$ の環境に 24 時間以上汲み置いてから使用する。

(2) について 浸せき前に、解説 図 4.1.1 のように供試体下端から 10mm の位置にマーカーク印をつけておくとよい。

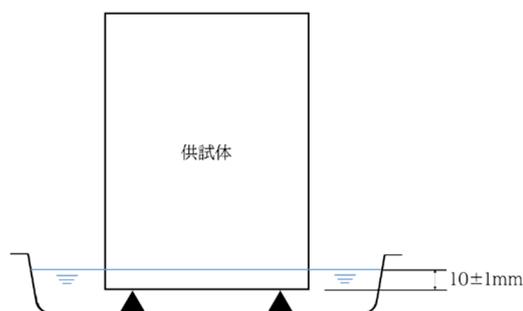
(3) について スペーサと供試体との接触面積は、供試体の浸漬底面積の 10% を超えてはならない。

(4) について 試験を終了する供試体の浸せき期間については、浸せき開始から測定までの期間とする。なお、浸せき期間は 48 時間を標準とするが、吸上げ高さが 10mm を下回るような浸透深さが小さい場合には、測定の誤差やばらつきが水分浸透速度係数に大きく影響するために注意が必要である。試験を複数回実施して再現性を確認するのがよい。

供試体製作の水分浸透試験の状況写真を、解説 図 4.1.1～解説 図 4.1.4 に示す。



解説 図 4.1.1 供試体下端のマーカーク印



解説 図 4.1.2 浸せき概念図



解説 図 4.1.3 浸せき前の状況



解説 図 4.1.4 浸せき状況 (例)

4.2 水分浸透深さの測定方法

コンクリートの水分浸透深さの測定方法は、次の手順により行う。

- (1) 水分浸透深さの測定時期は、浸せき開始から 5 時間後、24 時間後および 48 時間後を標準とする。なお、測定時期の時間は分単位で記録する。
- (2) 供試体の数量は、各測定時期において各 3 本とし合計 9 本を標準とする。
- (3) 浸せき水から引き上げた供試体は、浸せき時の鉛直方向に供試体の中央で割裂する。
- (4) 水分浸透深さは、2 つに割れた供試体のどちらか片方を対象として、浸せき面からの発色 (変色) した境界までの深さを測定する。
- (5) 測定には、浸せき面からの深さをノギス (JIS B 7507) または金属製直尺 (JIS A 7516) を用いて、0.5mm 単位で記録する。
- (6) 測定位置は、供試体の幅 (100~150mm) に対して、5~6 ヶ所を測定するのがよい。

【解 説】 (1) について 本手引き (案) は、降雨や一時的な水の作用といった短期の水掛かりによるコンクリートへの水分浸透速度係数を求めることを想定している。

(2) について 供試体の数量は、同時に作製した 9 本を各測定時間において各 3 本を測定する。試験結果のばらつきが大きい場合には、さらに本数を増やす等により対応する。

(3) について 浸せき水から引き上げた供試体は、浸せき面を軽くウエス等でふき取り、水分の移動がないようにして、直ちに割裂を行う。割裂は、**解説 図 4.2.1** のように、供試体中央で割裂するように注意して行う。シール材が割裂に影響する場合は、シール材をあらかじめ切断する等の処置を行うとよい。

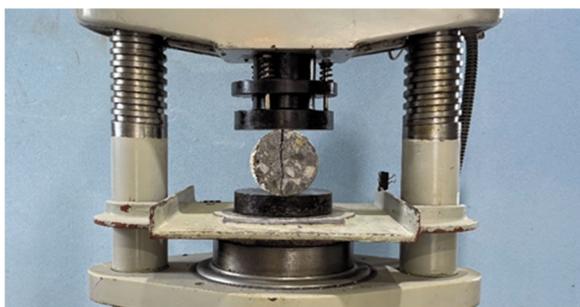
(4) について 割裂から水分浸透深さの測定までに時間がかかると、割裂後に表面から吸水する場合もあり測定結果に影響するおそれがあるため、供試体の引き上げから割裂や水分浸透深さの測定は迅速に行う。水分浸透深さは、NDIS 3423 の発色現像法に該当する水分により発色する現像剤を供試体の割裂面に噴霧して、発色している部分を目視にて判定する。現像剤は、水分の存在により濃い赤色等に発色する薬剤であり、水道管の水漏れ検査等に用いられている主にスプレータイ

プの製品を使用する（解説 図 4.2.2）。また、スプレーの噴霧は、浸透している箇所集中的に行うことは避ける。特に、過剰な噴霧には注意が必要であり、発色に必要な量を噴霧するように留意する（解説 図 4.2.3）。なお、スプレーの噴霧後に境界面をマーキングすることで、余裕をもって正確に計測できる（解説 図 4.2.4）。

（5）について 水分浸透深さの測定は、校正された計測器を用いる。測定個所が一定となるようにあらかじめ計測個所を示すゲージ等を準備しておくといよい。測定方法についても供試体を固定して、基準面を設ける等すると効率よく作業が可能になる（解説 図 4.2.5～解説 図 4.2.7）。

（6）について 解説 図 4.2.8 に示すように、割裂面の水分浸透方向に平行な端部（シール面）から測定位置までの距離は 20mm 以上とする。また、測定位置に粗骨材がある場合又はあった場合には、粗骨材または粗骨材の抜けたくぼみの両端の変色境界を結んだ直線上で測定する。なお、解説 図 4.2.9 に示すように、変色の境界がわかりにくい場合には、変色領域のうち浸せき面から最も遠い境界部分から、浸せき面までの距離を測定する。

水分浸透深さの測定状況の写真を、解説 図 4.2.1～解説 図 4.2.7 に示す。



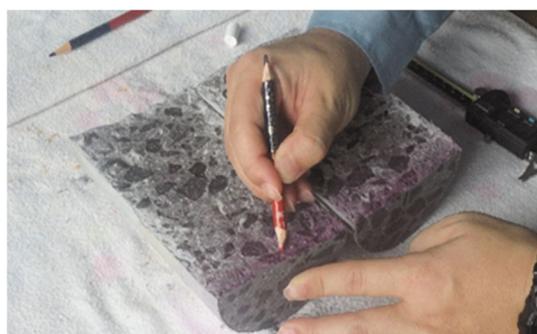
解説 図 4.2.1 割裂状況



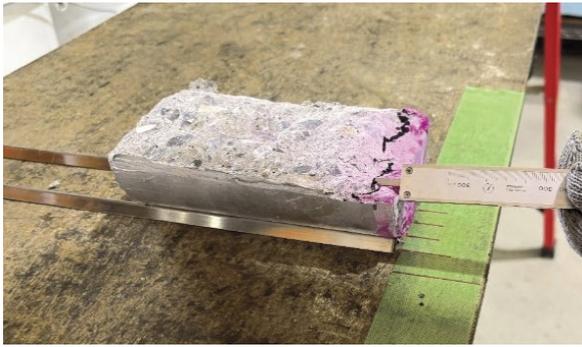
解説 図 4.2.2 現像液（例）



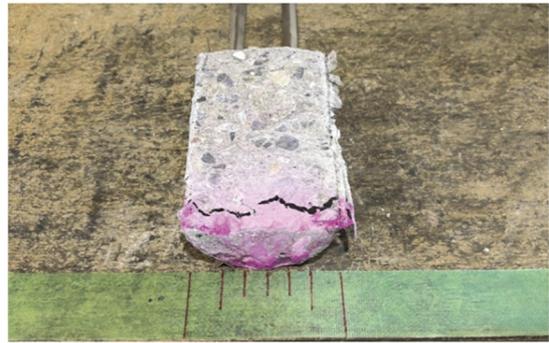
解説 図 4.2.3 現像剤の噴霧状況



解説 図 4.2.4 水分浸透深さのマーキング



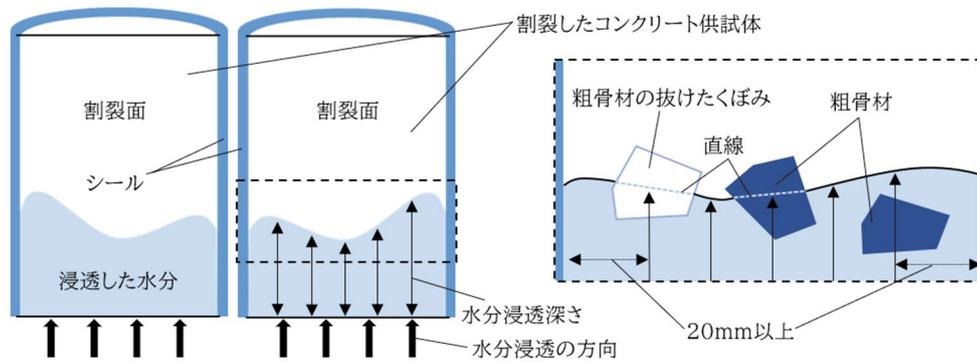
解説 図 4.2.5 水分浸透深さの測定位置



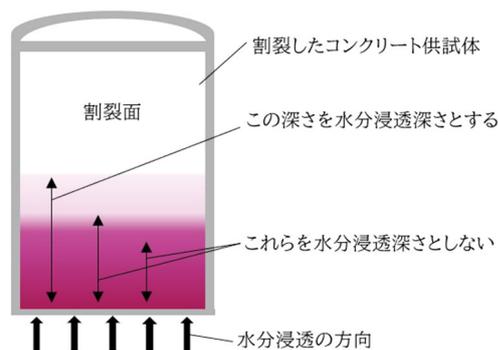
解説 図 4.2.6 水分浸透深さの測定位置



解説 図 4.2.7 水分浸透深さの測定

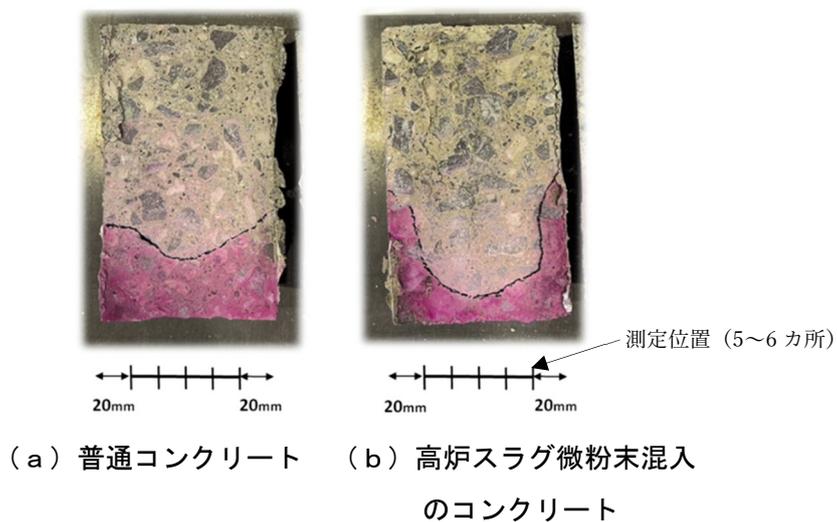


解説 図 4.2.8 水分浸透深さを測定するための供試体



解説 図 4.2.9 割裂面の水分浸透の境界が不明瞭な場合

解説 図 4.2.10 に、割裂面の水分浸透深さの写真を示す。一般的には (a) のようであるが、高炉スラグ微粉末を高い置換率で使用したコンクリートでは、(b) のように高炉スラグ微粉末の特性により側面表層からの浸透が大きくなる場合があるので注意が必要である。



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

5.1 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。

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

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})

$\sqrt{\bar{t}}$: 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】 低水セメント比のコンクリートを用いる場合や水中養生を行ったコンクリート等のように緻密な供試体では、48 時間の浸せきによる水分の浸透深さが $10mm$ を下回る場合がある。また、水分浸透深さが、5 時間後よりも 24 時間後、あるいは 24 時間後よりも 48 時間後の方が小さい場合がある。これは供試体のばらつきや側面シール等の不具合によるものと考えられる。このような場合では算出される水分浸透速度係数は、実際とは異なる結果となることがある。48 時間の浸せきによる水分の浸透深さが $10mm$ を下回る場合には、水分浸透速度係数を算出しないことが望ましい。

緻密なコンクリートの水分浸透速度係数が必要な場合や供試体のばらつきによるものと考えられる不具合が生じた場合には、供試体数を増やし直線近似した場合の相関係数が十分に高いことを確認する必要がある。試験を複数回実施する等して再現性を確認するのが良い。

浸せき深さ L_i は、平均値ではない個々の測定値を用いる。 A は、縦軸を水分浸透深さ、横軸を浸せき時間の平方根として測定値をプロットした場合に、最小二乗法により求められる近似直線の傾きに相当する。

近似直線の切片である定数 B は、次式で求められる。

$$B = \bar{L} - A \cdot \sqrt{\bar{t}} \quad (\text{解 } 5.1.1)$$

ここに， B ：定数 (mm)

水分浸透速度係数 A ，定数 B の計算例を，解説表 5.1.1 に示す.

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/ $\sqrt{\text{hour}}$)	定数B (mm)
1	1	5	2.24	16.5	29.65	6.00	3.22	13.50
	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		
	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				Σ 534.78	Σ 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】 (8) について 水分浸透速度係数の妥当性を検証できるようにするため、定数 B を報告事項に含めた。水分浸透試験報告書の例を、解説表 6.1.1 に示す。

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	〇〇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	〇〇工場	試験方法	JSCE G582-2018
配合名	30-12-20N		

使用材料					
材料名	種類	産地又は品名	材料名	種類	産地又は品名
セメント	普通ポルトランドセメント	〇〇社	水	上水道水	
混和材①			粗骨材①	砕石2005	〇〇県〇〇市〇〇産
混和材②			粗骨材②		
細骨材①	砕砂	〇〇県〇〇市〇〇産	混和剤①	減水剤標準形 I 種	〇〇社 AD-999
細骨材②			混和剤②	AE剤 I 種	〇〇社 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)	スランブ又はスランブフロー (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	細骨材②	粗骨材①	粗骨材②	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、打込み時の底面側端面から約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)								
初期養生						脱型時期	2次養生	
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	浸透深さ(mm)					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	
	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		
2025/7/17	24	4	31.0	27.0	29.5	30.0	31.5	29.8	29.9	
	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		
2025/7/18	48	7	32.5	33.0	33.5	33.0	35.0	33.4	35.5	
	48	8	37.5	36.5	36.0	34.0	36.5	36.1		
	48	9	35.5	38.5	37.5	37.5	36.0	37.0		

※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)
3.22	13.50

〇〇〇〇年〇〇月〇〇日
 〇〇県〇〇市〇〇町〇丁目〇番地
 〇〇〇〇コンクリート株式会社

付録 I

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.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})

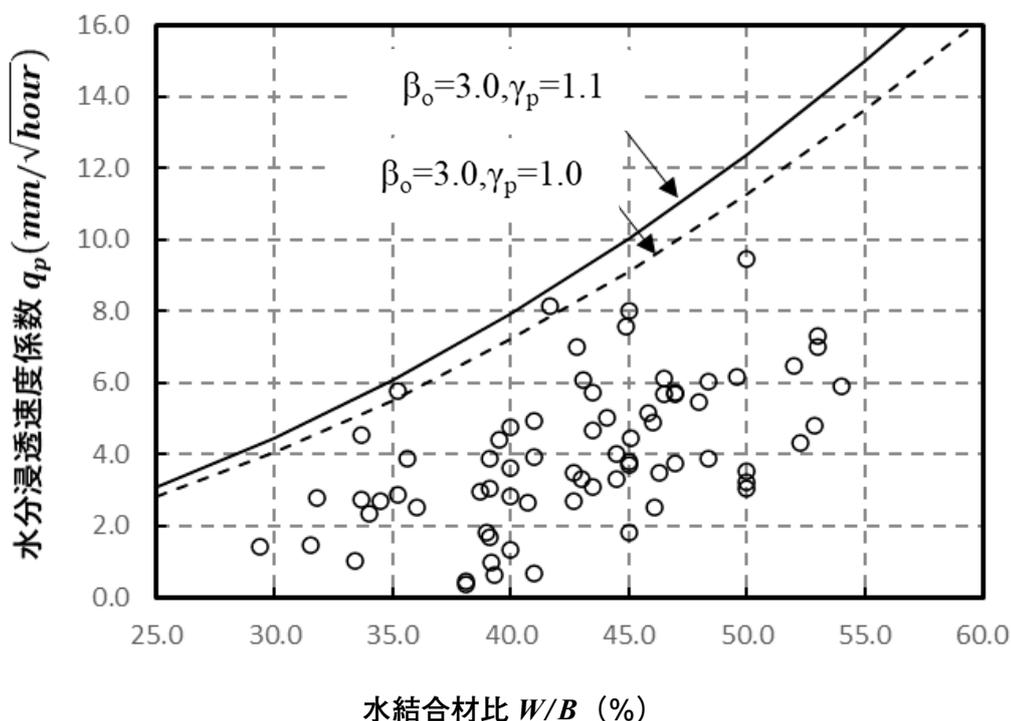
γ_k : 特性値の設定に関する安全係数. $\gamma_k = 1.0$ としてよい.

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.

【解 説】 コンクリート標準示方書[設計編]に記載のコンクリートの水分浸透速度係数の予測式は、コンクリート標準示方書[施工編]で定められた場所打ちコンクリートによる標準的な養生方法を前提として策定されたものである。この予測式は、既存の研究報告から得られた水分浸透速度係数とコンクリートの水結合材比 (水セメント比)、養生および乾燥条件等の外部環境要因との関係から導かれている。

PCa 製品においても、全国のコンクリート製品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 (蒸気養生等) 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 (JSCE-G582) による水分浸透速度係数の試験値と水結合材比 (水セメント比) の関係をもとに、式 (付. 1) の予測式とした。これは付図-1 に示すように、水分浸透試験の結果から全体的にばらつきは大きいですが、式 (付. 1) により水分浸透速度係数を算定する場合において $\beta_0=3.0$ とした場合では、試験値は予測式線の下方に概ね分布していることが認められる。したがって、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予測では、 $\beta_0=3.0$ とすることで安全側となる。さらに、材料物性の予測値の精度を考慮する安全係数を $\gamma_p=1.1$ とすることにより、試験結果の全データを包括した安全側の評価となる。

ただし、水分浸透試験により求められる水分浸透速度係数よりも、 $\beta_0=3.0$ とした水分浸透速度係数の予測では不経済な結果になることが想定されることに注意が必要である。



付図-1 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

付図-1 に示された PCa 製品と同一の養生（蒸気養生等）を行った供試体による水分浸透試験の概要を、以下に示す。

1) 試験方法

JSCE-G582 に準拠した水分浸透試験により、水分浸透速度係数を測定した。

2) 使用材料

セメント、混和材および骨材等の使用材料を、付表-1 に示す。

3) 配合

配合の範囲を、付表-2 に示す。水結合材比 W/B は 0.25~0.60 の範囲であり、一般的な PCa 製品の水結合材比 W/B の範囲である。

4) 養生条件

PCa 製品工場内の蒸気養生設備の条件設定を、付表-3 に示す。養生は、PCa 製品と同一の養生（蒸気養生等）を行い、その後は所定の出荷材齢まで気中養生とした。

付表-1 使用材料

材 料	記号	種 類
セメント	N	普通ポルトランドセメント
	H	早強ポルトランドセメント
	BB	高炉セメント B 種
混和材	BFS	高炉スラグ微粉末 (4000, 6000)
	FA	フライアッシュ II 種
	LS	石灰石微粉末
	EX	膨張材
細骨材	S	陸砂, 川砂, 山砂, 海砂, 砕砂, 石灰石砕砂, 高炉スラグ, 銅スラグ
粗骨材	G	砕石, 山砂利, 石灰石砕石
混和剤	SP	AE 剤, AE 減水剤, 高性能減水剤, 高性能 AE 減水剤

付表-2 配合の範囲

項 目	記号	単位	範 囲
水結合材比	W/B	%	29.4~54.0
BFS のセメント置換率	—	%	7.2, 8.6, 14, 18, 24.3, 32, 50, 54.3, 55, 60
FA のセメント置換率	—	%	9.9, 21.9, 24.0, 34.5, 35.0
空気量	Air	%	1.0, 1.5, 2.0, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5

付表-3 蒸気養生設備の条件設定

項 目	単位	設 定 値
前置時間	h	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 5, 7
昇温速度	°C/h	15, 18, 20
最高温度	°C	35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70
最高温度の保持時間	h	1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5
降温速度	°C/h	20, 自然降下
二次養生	—	製品と同一の養生 (気中養生)

2017年制定コンクリート標準示方書〔設計編・施工編〕の改定資料（コンクリートライブラリー149）によると、コンクリート標準示方書〔設計編〕に記載の水分浸透速度係数の予測式 $q_p=32 \cdot (W/B)^2$ は、場所打ちコンクリートにおける養生条件が、付表-4の「封緘養生もしくは高湿度での養生 $\beta=2.0$ 」と「打設後24時間で脱型して気中養生 $\beta=3.0$ 」との中間相当にあるとして、式(付.1)において $\beta=2.5$ として切上げたものである。

また、付図-1について、付表-4のコンクリートの養生および外部環境の影響から考察すると、蒸気養生を行った場合のPCa製品に用いる係数 $\beta_o=3.0$ は、「打設後24時間で脱型して気中養生」あるいは「養生によらず、数年におよぶ乾燥や105℃乾燥等の強い乾燥を受けた場合」とした条件に類似していると考えられる。

付表-4 コンクリートの養生および外部環境の影響を表す係数 β

参考にした文献中で用いられた養生条件と乾燥条件	β の値
打設後24時間で脱型して水中養生	1.0
封緘養生もしくは高湿度での養生	2.0
コンクリート標準示方書〔設計編〕の予測式の値	2.5
打設後24時間で脱型して気中養生	3.0
養生によらず、数年におよぶ乾燥や105℃乾燥等の強い乾燥を受けた場合	3.0

2017年制定コンクリート標準示方書〔設計編・施工編〕改定資料（CL149）に一部加筆

付録Ⅱ

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】

(1) 構造物係数： $\gamma_i = 1.1$

(2) 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、

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

(3) 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、

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

(4) 1年あたりの鋼材腐食深さの応答値： $S_{dy} \text{ mm/年}$

- ・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、

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

(5) 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、

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

(6) 照査

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

【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。

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

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 : $3.9 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$

【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。

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

- ・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。

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。

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

【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。

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 ：

$$q_4 = q_k + 3 \frac{S_4}{\sqrt{4}} = 3.9 + 3 \times \frac{0.089}{\sqrt{4}} = 4.03 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$$

$\overline{q_{c4}} \leq q_4$ 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、 $\overline{q_{c4}} \leq q_k$ 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。

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： $\overline{q_{cn}} = 3.80 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$
- ・設計耐用期間： $t = 100$ 年とする。

【照 査】

(1) 構造物係数： $\gamma_i = 1.1$

(2) 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、

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

(3) 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： $q_k = \overline{q_{cn}} = 3.80 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$

・特性値の設定に関する安全係数： $\gamma_k = 1.0$

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

・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、

$$q_d = \gamma_c \cdot \overline{q_k} = 1.3 \times 3.80 = 4.94 \text{ mm}/\sqrt{\text{hour}}$$

(4) 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、

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

(5) 鋼材腐食深さの設計応答値： S_d 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、

$$\begin{aligned} S_d &= \gamma_w \cdot S_{dy} \cdot t \\ &= 1.0 \times 6.233 \times 10^{-5} \times 100 \\ &= 6.233 \times 10^{-3} \text{ mm} \end{aligned}$$

(6) 照査

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

【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 $t = 100$ 年である。

付録Ⅲ

付録Ⅲ 関連規格

日本産業規格（JIS）

- JIS A 1107 : 2022 コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法
- JIS A 1113 : 2018 コンクリートの割裂引張強度試験方法
- JIS A 1132 : 2020 コンクリートの強度試験用供試体の作り方
- JIS A 1138 : 2018 試験室におけるコンクリートの作り方
- JIS B 7507 : 2022 製品の幾何特性仕様（GPS）一寸法測定機—ノギス
- JIS B 7516 : 2005 金属製直尺
- JIS Z 8801-1 : 2019 試験用ふるい—第1部：金属製網ふるい

日本非破壊検査協会規格（NDIS）

- NDIS 3423 蛍光染料及び現像剤を使用した液体漏れ試験方法

土木学会（JSCE）

- JSCE-G 582-2018 短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法
- JSCE-F 515-2018 高流動コンクリートの強度試験用供試体の作り方

全国土木コンクリートブロック協会（CBA）

- CBA-1 供試体成形機による超硬練りコンクリートの圧縮強度試験用供試体の作り方

付録Ⅳ

付録Ⅳ 参考文献

- 1) 土木学会：2022年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕，2022
- 2) 土木学会：2023年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕，2023
- 3) 土木学会：2022年制定コンクリート標準示方書改訂資料基本原則編・設計編・維持管理編，コンクリートライブラリー162，pp. 64～65，2023
- 4) 土木学会：2023年制定コンクリート標準示方書〔規準編〕 JSCE-G582-2018「短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法」，pp. 448～452，2023
- 5) 松岡智；コンクリート工学会誌，テクニカルレポート：プレキャストコンクリート製品と同一養生した供試体の水分浸透試験，コンクリート工学会，2025年3月
- 6) 土木学会，2023年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕，2023年9月 pp. 87～92
- 7) 土木学会，2017年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕，平成30年3月 pp. 357～371
- 8) 土木学会コンクリート委員会・規準関連小委員会：土木学会規準「短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法（案）（JSCE-G582-2018）」の制定，土木学会論文集 E2，Vol. 74，No. 4，pp. 256～259，2018
- 9) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書改訂資料設計編・施工編，コンクリートライブラリー149，pp. 53～74，2017
- 10) 鳥海，原，宇治，上野：コンクリート工学会誌，テクニカルレポート：蒸気養生を施したコンクリート製品の乾燥と細孔構造，コンクリート工学会，2020年11月
- 11) 平本，大塚，植村，檀：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの水分浸透性に関する評価，コンクリート工学年次論文集，vol. 41，No. 1，pp. 77～82，2019
- 12) 酒井，上野，鎌田，大野：硬化過程で温度履歴を受けたコンクリートの水分浸透挙動に関する検討，コンクリート工学年次論文集，vol. 45，No. 1，pp. 850～855，2023
- 13) 石塚，猪瀬，西：コンクリートの水分浸透速度に及ぼす養生条件の影響，コンクリート工学年次論文集，vol. 45，No. 1，pp. 838～843，2023
- 14) 堀住，上野，鎌田，大野：温度履歴養生した高炉スラグコンクリートの水分浸透挙動に対する後養生の影響，コンクリート工学年次論文集，vol. 47，No. 1，pp. 90～95，2025

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年制定

2025年11月 第1刷発行 2025年制定

編集者 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
委員長 松岡 智

出版権者 公益社団法人 全国土木コンクリートブロック協会
会長 北村 匡

発行所 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
電話 03 (5689) 0491 FAX 03 (5689) 0492

印刷所 樹愛甲社

落丁・乱丁はお取り替えます。

