

コンクリートの品質が水分浸透性状に与える影響

材料技術研究部 コンクリート材料研究室
研究員 鈴木 浩明

1. はじめに

中性化や塩害による鋼材腐食，あるいは凍害やアルカリシリカ反応など，コンクリート構造物の劣化の主要かつ共通の原因としてコンクリートへの水分の供給が挙げられる¹⁾。例えば，中性化が鋼材近傍に達した構造物において，コンクリートが乾燥していれば鋼材腐食がほとんど進まないのに対し，雨水等が鋼材位置にまで浸透する場合には鋼材腐食が進みやすい。これらの違いは，コンクリート構造物に対する対策の要否や対策方法の違いにも繋がる。したがって，コンクリート構造物を適切に維持管理するためには，コンクリート表層における水分浸透性状を知ることが求められる。また，水分の浸透性状に加えて逸散性状を合わせて把握することにより，水分移動を乾湿繰り返しのサイクルとしてとらえることができる。

本研究では，コンクリートの品質，特に水セメント比や養生方法の違いが水分の浸透および逸散性状におよぼす影響について供試体試験による検討を行った。さらに，圧縮強度と水分浸透性状との関係についても検討を加えたので報告する^{2) 3)}。

2. コンクリート構造物と「水」との関係

コンクリート構造物への水分供給源としては，主に雨水や漏水が挙げられる。図1に水分供給の有無により鋼材腐食状況が異なる例を示す。ここでは，コンクリート構造物に対して水が「毒」として働く場合を示したが，水が「薬」として働く場合もあり，それらをまとめた例を図2に示す。水の特徴を整理すると，塩化物イオンなどの劣化原因物質のキャリアーであるほか，水自身が化学反応の出発物質であるとともに，凍結時に体積膨張するなど物理的な劣化因子でもあるといった点が挙げられる。本研究では，コンクリート構造物に対して水が「毒」として働く場合に着目する。

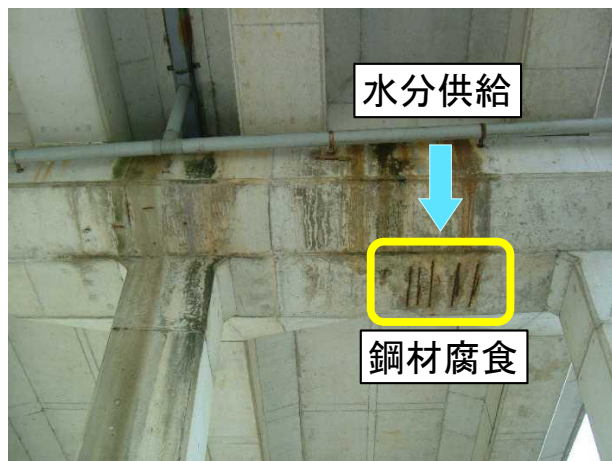


図1 水分供給の有無による鋼材腐食状況の違い

水が『薬』になる例
・セメントの水和 ・コンクリートの養生 ・酸素・二酸化炭素の浸透防止 ・付着した塩化物イオンの洗い流し など
水が『毒』になる例
・練混ぜ時の過大な水量による品質低下 ・鋼材腐食 ・凍害 ・アルカリシリカ反応・化学的侵食 など

図2 コンクリートと水との関係

3. 試験体の作製と試験

3. 1 品質の異なるコンクリート試験体の作製

作製したコンクリートの配合を表 1 に、試験体の概要を図 3 に示す。コンクリートの種類は、水セメント比（以下 W/C）を 40, 50, 60%とした試験体それぞれについて養生方法を気中、封緘、水中とした 9 種類である。200×200×150mm の試験体には内部含水率センサー（電気抵抗式水分計用、長さ：150mm）を埋設した。埋設深さはセンサーの先端が打込み時の側面から 10, 30, 50, 70mm となるようにした。センサー先端のブラシ部には同配合のコンクリートをウェットスクリーニングして得たモルタルを塗り込ませた。試験体の養生工程は、打設後 1 日で脱型し、20℃、60%R.H.環境下で静置する気中養生、コンクリートから水分が逸散しないようにその表面を被覆し、20℃環境下に静置した封緘養生、および 20℃の水中に浸漬して静置した水中養生の 3 種類とした。各養生を材齢 28 日まで行い、さらに 20℃、60%R.H.環境下で材齢 90 日まで静置した。

3. 2 試験概要

材齢 83 日から 7 日間、図 4 に示すように供試体の打設側面が 10～20mm 程度浸漬するようにした一面浸漬試験を行った。一面浸漬試験は、雨がかりや漏水などがコンクリート表面から毛管浸透により作用する場合の水分の浸透深さを検討する試験である。なお、寸法 200×200×150mm の供試体について、浸漬面とその反対側の面は開放し、残り 4 面をビニールテープで被覆した。

測定項目としては、寸法 100×100×100mm の供試体では 0, 3, 6, 12 時間および 1, 2, 3, 7 日間それぞれ浸漬した後に、供試体の質量を測定し質量変化を調べるとともに、割裂を行い水分に触れると赤色に発色する市販の水漏れ検査剤を用いて発色域を調べることで水分の浸透深さを測定した。また、寸法 200×200×150mm の供試体では、埋設した内部含水率センサーにより内部含水率を測定した。なお、内部含水率の測定には市販の電気抵抗式水分計を用いた。また、圧縮強度は 28 日間の各養生後に測定している。

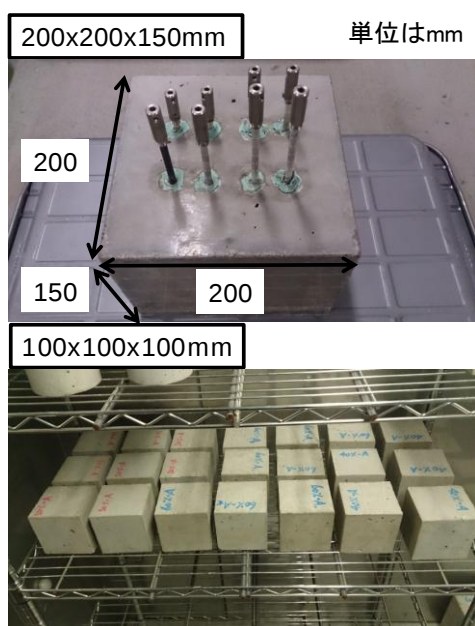


図 3 試験体の概要

表 1 コンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					混和剤添加量 セメント×%	
		水	セメント	細骨材	粗骨材		AE減水剤	AE剤
					1505	2015		
60	47	155	259	886	623	415	0.25	0.00050
50	45	155	310	831	631	420	0.25	0.00075
40	43	155	388	765	631	420	0.25	0.00200

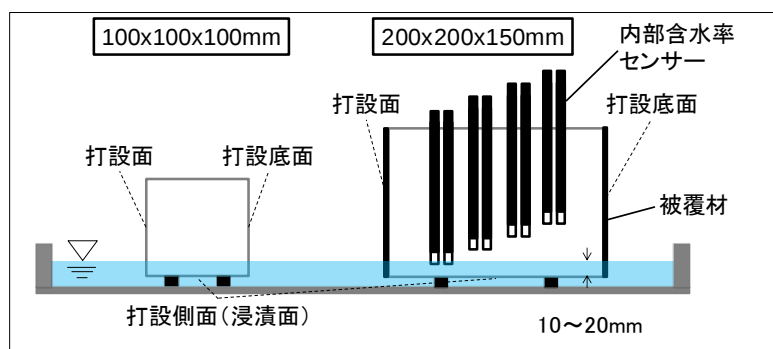


図 4 一面浸漬試験の概要

4. 試験結果と考察

4. 1 内部含水率

内部含水率の測定結果を図5に示す。浸漬開始時点では深さ 10mm の内部含水率が低いですが、これは各養生後の乾燥期間中にコンクリートの表面側で乾燥が進行したためである。いずれの供試体も深さ 10mm では浸漬から間もない時間で内部含水率が高くなっており、水分が到達していることがわかる。水中養生では、いずれの W/C でも深さ 30mm 以深では内部含水率はほとんど変化せず、7 日間の浸漬でも水分が深さ 30mm に到達していない。一方、W/C=60%の気中養生および封緘養生、W/C=50%の気中養生では 7 日間の浸漬中に水分が深さ 50mm に達しており、特に W/C=60%の気中養生では浸漬から 1 日程度で深さ 70mm に達することがわかる。

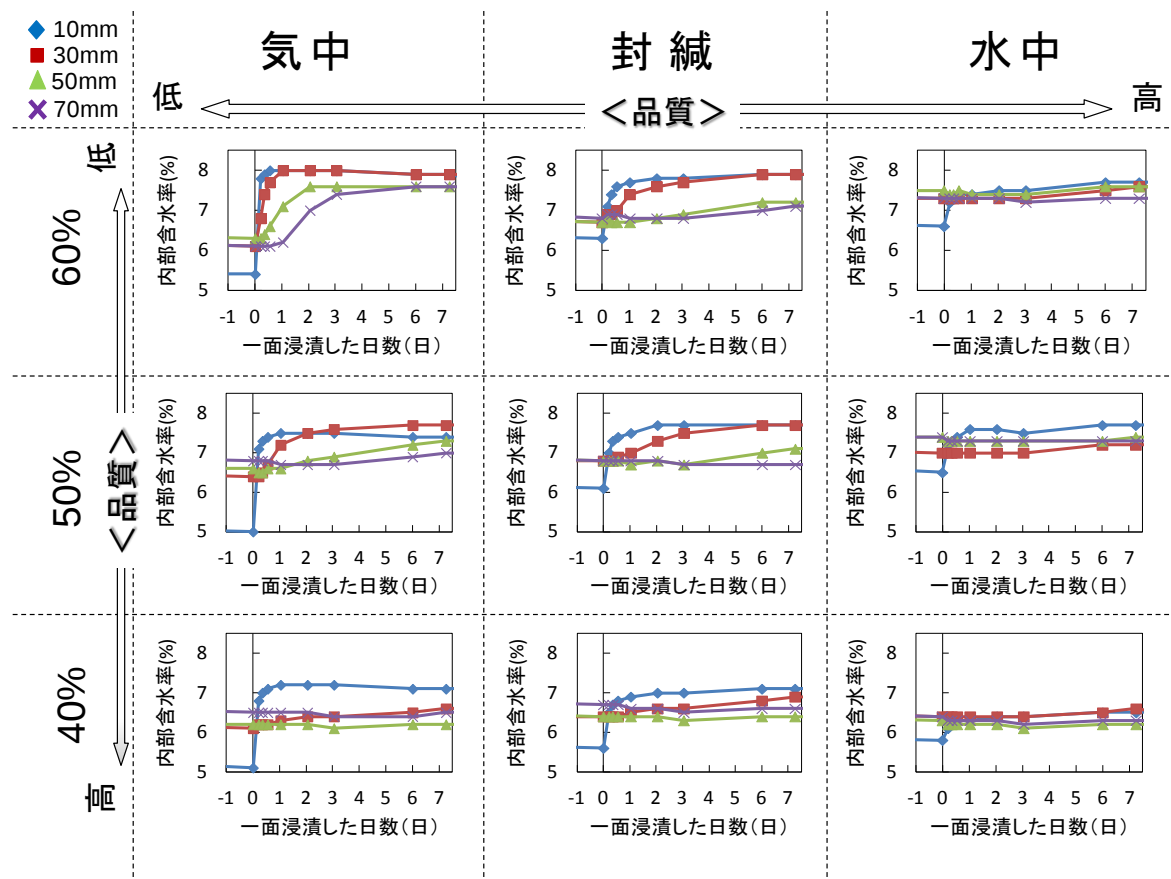


図5 コンクリートの品質と内部含水率の関係

4. 2 圧縮強度と水分浸透深さ

材齢 28 日までの各養生後に測定した圧縮強度と、浸漬試験における水分浸透深さの関係を図6に示す。全体的には、圧縮強度が高いほど水分浸透深さが小さくなる傾向にある。しかし、W/C=60%の水中養生と W/C=50%の気中養生とは同程度の圧縮強度であるにもかかわらず W/C=50%の気中養生の方が水分浸透深さが大きく、その差は 2 倍近くになっており、圧縮強度のみで水分浸透深さを推定するには課題があると考えられる。

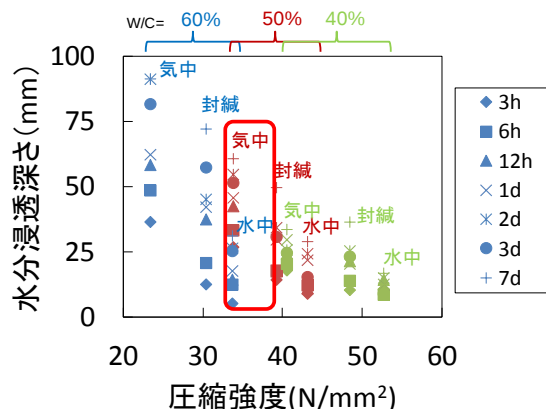


図6 圧縮強度と水分浸透深さの関係

4. 3 水分逸散性状

水分逸散性状を調べるため、品質の異なる 5 種類のコンクリート試験体を用い、1 週間の一面浸漬ののち 9 週間の乾燥を行う試験を実施し、内部含水率を測定した。図 7 に結果を示す。ここで、縦軸の内部含水率の変化は一面浸漬試験開始時の内部含水率を基準とした差を表している。品質と深さごとの内部含水率の変化に着目すると、深さ 10mm では W/C=50%の気中養生が W/C=60 の封緘養生より大きく、W/C=50%の水中養生が W/C=40%の封緘養生より小さくなっているが、深さ 30mm 付近を境に逆転し、深さ 50mm では W/C=60%の封緘養生が W/C=50%の気中養生より大きく、W/C=40%の封緘養生が W/C=50%の水中養生より小さくなっている。すなわち、コンクリート表面から比較的浅い 10mm における水分浸透に対しては養生方法の影響が大きく、比較的深い 50mm では配合の影響が大きいと考えられる。また、1 週間の浸漬で上昇した内部含水率が試験開始時の値に戻るには 2~9 週間程度かかっており、浸透に比べて逸散に要する時間が長いことがわかる。加えて、浸透においては配合や養生方法が内部含水率の上昇に影響したが、図 8 に示すように逸散に要する日数は配合や養生方法によらず吸水時の内部含水率変化の最大値によって定まることがわかった。

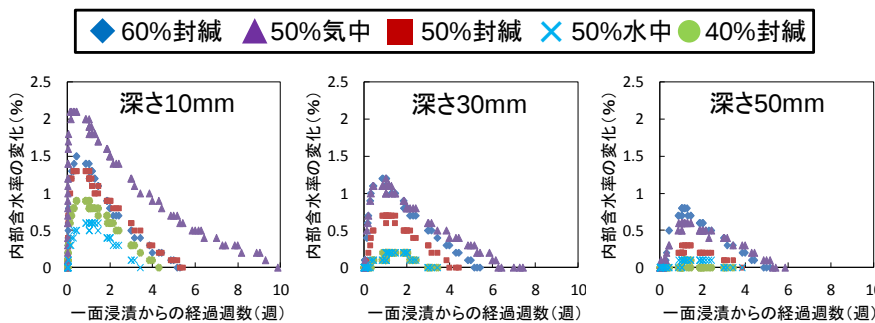


図 7 コンクリートの品質と内部含水率の変化

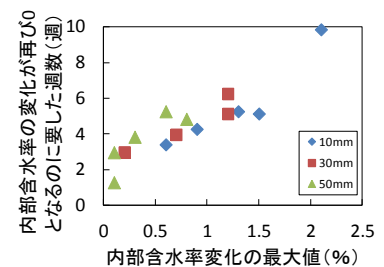


図 8 内部含水率の変化と乾燥に要する時間

5. おわりに

本研究では、コンクリートの品質、特に水セメント比や養生方法の違いが水分の浸透および逸散性状におよぼす影響について明らかにしたものである。得られた成果の概要を示す。

- (1) コンクリートの配合が同一であっても、養生方法の違いにより水分浸透深さは大きく異なる。
- (2) 圧縮強度が高いほど水分浸透深さが小さくなる傾向にあるが、圧縮強度が同程度でも水セメント比や養生方法により水分浸透深さが大きく異なる場合がある。
- (3) 埋設した内部含水率センサーの測定により得られる内部含水率の経時変化から、水分浸透深さの時間変化を推定することができる。
- (4) 内部含水率の変化から乾燥傾向を推定することができる。

参考文献

- 1) 松田芳範：コンクリートの耐久性を定める『水』の制御 コンクリート構造物の劣化・損傷に及ぼす水の影響について、コンクリート工学 Vol.51, No.10, pp.814-818, 2013
- 2) 鈴木浩明, 上田洋：コンクリートの品質が水分浸透深さの時間依存性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1 pp.676-681, 2014
- 3) 鈴木浩明, 玉井譲, 上田洋：コンクリート部材内部への水分浸透および逸散性状に関する検討, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.68, V-106, 211-212, 2013