

若材齢からの養生条件がセメント硬化体の酸素拡散係数に及ぼす影響

群馬大学工学部 学生会員 ○横塚 清規
 群馬大学大学院 正会員 半井 健一郎 李 春鶴
 群馬大学大学院 学生会員 石井 祐輔

1. はじめに

若材齢時の養生環境は、セメント硬化体の内部組織構造の形成に大きく影響する。例えば、養生段階での乾燥によって内部組織が粗な空隙構造を形成するという報告がある¹⁾。また、空気中の二酸化炭素の侵入により炭酸化反応が進み、細孔構造の変化が生じる。

セメント硬化体の内部組織構造および、細孔中の不飽和割合は、気体の拡散性状と密接な関係があり²⁾、構造物の耐久性を評価する上で非常に重要である。

若材齢時の乾燥によって粗な空隙が形成された場合、二酸化炭素の侵入が容易になり炭酸化が早期に進行すると考えられる。著者らの既往の研究³⁾では、水セメント比が60%のセメントペースト供試体が、若材齢からの乾燥によって物質移動抵抗性が低下し、炭酸化によりさらに低下することを確認している。しかし、乾燥および炭酸化の影響は水セメント比により異なる可能性が考えられる。また、材齢の経過とともに炭酸化はさらに進むとも考えられる。

そこで本研究では、養生条件、水セメント比、材齢を変化させ、若材齢時の養生環境がセメント硬化体の気体の拡散性状に及ぼす影響を酸素拡散係数によって、検討することを目的とした。

2. 実験概要

2. 1 供試体の作製

供試体の配合を表-1に示す。水セメント比30%のものは、ポリカルボン酸エーテル系化合物を主成分とする高性能AE減水剤をセメント質量の0.5%、水セメント比60%のものはセルロースエーテルを主成分とする分離低減剤を6kg/m³添加した。練混ぜはJSCE-F505に準じて行い、φ100×5mmの円盤型枠に、打ち込んだ。24時間の封緘養生後に脱型をし、所定の養生を行った。

表-1 配合表

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)			
	W	C	高性能AE減水剤	分離低減剤
30	487	1622	8	-
45	587	1305	-	-
60	655	1091	-	6

2. 2 養生条件

養生条件、測定材齢を図-1に示す。養生条件は水中養生(以下Wと称する)、CO₂が室内濃度の気中養生(以下DCと称する)、CO₂を除去した気中養生(以下DNと称する)の3種類とした。測定材齢は35, 98日とした。

養生温度は20±3℃、気中養生は相対湿度60±3%の密閉養生装置内において行なった。Wについては測定日の7日前からDN環境下で乾燥させ、飽和度が一定になるように調整した。DCは定期的に換気を行ない、装置内の空気を交換した。DNはあらかじめソーダライムを用いて養生装置内のCO₂を除去した。

2. 3 実験内容

(1) 飽和度の算出

所定の測定材齢において、各条件で24時間減圧吸水を行った後の質量を表乾質量、105℃で24時間炉乾燥を行なった後の質量を絶乾質量とし、それらを用いて飽和度を算出した。分析には2サンプルの平均値を用いた。

(2) 酸素拡散試験

拡散試験は、セメント硬化体中への酸素拡散係数を求める方法として、(社)日本コンクリート工学協会より提案されている「酸素の拡散係数試験方法(案)」を白川らが改良した試験方法⁴⁾に準じて行った。酸素拡散係数の算出には白川らにより提案されている拡散係数算出式⁴⁾を用いた。この式は供試体の厚さ、断面積および、気体の流量に依存せずに酸素拡散係数を算出できるとされている。

所定の測定材齢において、各条件で5~6サンプルの酸素拡散係数を算出した。分析にはその平均値を用いた。

図-1 養生条件および測定材齢

材齢(日)		測定日		測定日	
0	1	28	35	91	98
封緘養生	W: 水中養生	DN			
	DC: 気中養生(CO ₂ 気中濃度)				
	DN: 気中養生(CO ₂ 除去)				
	W: 水中養生	DN			
	DC: 気中養生(CO ₂ 気中濃度)				
	DN: 気中養生(CO ₂ 除去)				

キーワード 若材齢、乾燥、炭酸化、水セメント比、酸素拡散係数

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1 群馬大学工学部 TEL0277-30-1613 FAX0277-30-1611

3. 実験結果

3. 1 飽和度

飽和度の算出結果を図-2に示す。水セメント比による比較では、どの養生においても水セメント比が低いほど飽和度は高い。WとDC、DNを比較すると、Wでは飽和度は非常に高く、水和の進行による空隙構造の緻密化が進んでいると思われるのに対して、DC、DNはWに比べ飽和度は低く、材齢の経過でさらに低くなる。よって、乾燥の影響は飽和度を大幅に低下させるといえる。DCとDNではどの水セメント比においてもDCの方が飽和度は低く炭酸化の影響によりセメント硬化体の飽和度は低下している。

3. 2 酸素拡散係数

酸素拡散係数の算出結果を図-3に示す。水セメント比での比較では、材齢35日のWおよびDC、DNにおいて低水セメント比のものほど拡散係数は低く、内部組織は緻密であると思われる。WとDNの比較では、DNの方が拡散係数は非常に高く、材齢の経過で拡散係数は増加しており、乾燥の影響で物質移動抵抗性は大幅に低下している。ただし、材齢98日のWについては、水セメント比や材齢による一定の傾向を示しておらず再検討が必要である。

DCとDNを比較すると、材齢98日での水セメント比30、45%では共にDCの方が拡散係数は小さく、水セメント比60%ではDCの方が拡散係数は大きい。また、材齢の経過による拡散係数の変化は水セメント比30、45%では、DCは低下、DNは増加であり、水セメント比60%ではDC、DN共に増加の傾向である。よって、若材齢時の炭酸化が物質移動抵抗性に及ぼす影響は、水セメント比30、45%では増加、水セメント比60%では低下であるといえる。さらに、水セメント比30、45%では飽和度はDCの方が低く、若材齢時の炭酸化による内部組織構造の緻密化は拡散係数に表れているよりも大きなものであるといえる。よって、内部組織構造の比較や、飽和度による拡散係数の変化を確認することが今後の検討課題である。

4. まとめ

- 1) 若材齢時の乾燥により、水和の進行が阻害され、飽和度と物質移動抵抗性は共に大きく低下した。
- 2) 若材齢時の炭酸化反応の進行により、物質移動抵抗性は水セメント比30、45%では増加、水セメント比60%では減少となった。

謝辞

酸素拡散試験では、東京大学生産技術研究所の装置を、魚本健人教授(東京大学名誉教授、現・芝浦工業大学)岸

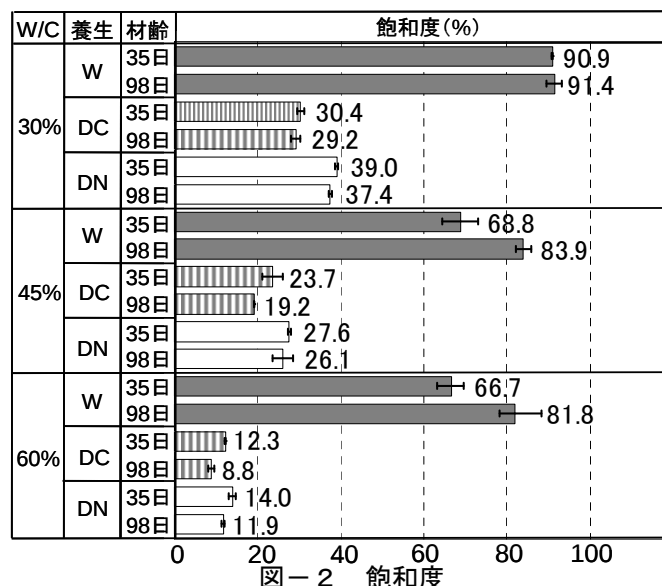


図-2 飽和度

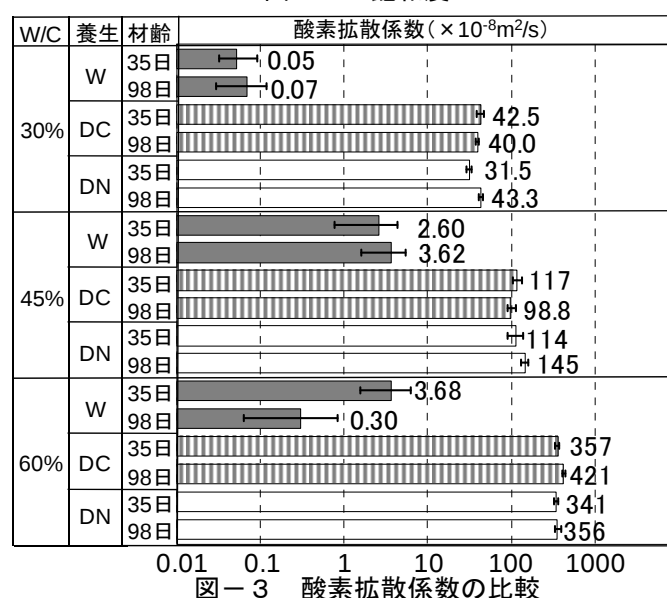


図-3 酸素拡散係数の比較

利治准教授(東京大学)のご配慮と星野富夫氏のご指導により使用させて頂きました。厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 伊代田岳史ほか: 若材齢における乾燥がセメント硬化体の内部組織構造に及ぼす影響, 土木学会論文集, No.732/V-59, pp.17-26, 2003.5
- 2) 白川敏夫ほか: セメントペースト硬化体中の乾燥の程度と気体拡散係数の関係, 日本建築学会構造系論文集, No.524, pp.7-12, 1990.10
- 3) 石井祐輔ほか: 材齢初期の乾燥および炭酸化がセメント硬化体の空隙構造と酸素拡散係数に及ぼす影響, 第63回年次学術講演会講演概要集, V-310, pp.619-620, 2008.
- 4) 白川敏夫ほか: セメント硬化体中への気体の拡散係数測定方法の提案, 日本建築学会構造系論文集, No.515, pp.15-21, 1999.