

拘束の有無が膨張モルタルの物質移動抵抗性へ及ぼす影響に関する基礎的研究

群馬大学工学部 学生会員 ○田中 佳宏

群馬大学大学院 正会員 李 春鶴

群馬大学大学院 学生会員 横塚 清規

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性において、物質移動抵抗性は重要な指標の一つである。その中の酸素拡散係数は、細孔構造と密接に関係している。既往の研究¹⁾においては、収縮補償などに使われている膨張材の使用や拘束有無によって、細孔構造が変化することが報告されている。したがって、養生や暴露中の拘束有無による細孔構造への影響と、それに伴った酸素拡散係数の変化にも影響を及ぼしていることが考えられる。

そこで本研究では、拘束の有無が膨張材を使用したモルタルの内部組織構造と酸素拡散係数へ及ぼす影響について検討を行うことを目的として、実配合において多く用いられている、膨張材と収縮低減剤を併用した場合の検討も併せて行った。

2. 実験概要

2. 1 配合および供試体概要

表 - 1 に示すような供試体を作製した。配合は W/B=50%, S/B=3 とし、セメントは OPC を、細骨材はセメント強さ試験用標準砂を用いた。膨張材を使用していないものを N、膨張材を使用したものを Ex、膨張材と収縮低減剤を併用したものを Ex+SRA とした。Ex および SRA の後の数値はその置換率・添加量を示す。なお、配合は、JIS A 6202 の標準配合 Ex10 を基本とし、膨張量を変化させるために Ex8 と収縮低減剤の影響を検討するためにメーカー推奨使用量の SRA6 と過添加による影響を検討するために SRA12 を追加した。

拘束無の供試体は、 $\phi 50 \times 100 \text{mm}$ の円柱鋼製型枠に打ち込み、24 時間の封緘養生を行い脱型した。拘束有の供試体は、 $\phi 50 \times 100 \text{mm}$, 厚さ 0.22mm, ヤング率 $2.05 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ の鋼製軽量モールド(以下、モールド)に打ち込み、24 時間の封緘養生後、モールドの底板を切断して、上下面のみ解放させた。

養生条件は、材齢 8 日までは $20 \pm 3^\circ \text{C}$ の水中養生とし、材齢 29 日までは温度 $20 \pm 3^\circ \text{C}$, 相対湿度 $60 \pm 5\%$ の気中暴

表 - 1 配合表

シリーズ	W/B (%)	S/B	単位量(kg/m ³)				
			W	C	S	SRA	Ex
N	50	3	256	512	1537	0	0
EX8			256	471		0	41
EX10			256	461		0	51
EX8+SRA6			250	471		6	41
EX8+SRA12			244	471		12	41
EX10+SRA6			250	461		6	51

露とした。

2. 2 測定項目

本研究では、酸素拡散試験、飽水度計測試験、水銀圧入試験、拘束状態での膨張量の計測を行った。

材齢 28 日にて、 $\phi 50 \times 100 \text{mm}$ の円柱供試体およびモールドで拘束した供試体の中央部を厚さ 10mm に切り取り、再び暴露環境に戻して、材齢 29 日に酸素拡散試験を行った。測定は 2 体ずつ行い、その平均値を酸素拡散係数とした。また、同時に飽水度も測定した。

酸素拡散試験を行った供試体を 5mm 角程度に粉碎し、試料中の水分をアセトンで置換し、水和を停止させた。その後、 40°C で 48 時間真空乾燥をし、水銀圧入試験を行い、総細孔量、細孔径分布を計測した。また、水銀漸次繰返し圧入法²⁾より、細孔径が 10nm 以上の連続空隙分布も計測した。

膨張量の計測は、 $\phi 50 \times 100 \text{mm}$ のモールドで拘束した供試体中央部に、円周方向と軸方向にひずみゲージを張り付けて測定を行った。測定は 2 体ずつ測定し、その平均値を膨張量とした。

3. 実験結果および考察

図 - 1 に拘束有無での酸素拡散係数と飽水度の測定結果を示す。なお、拘束有の供試体は酸素拡散試験では拘束のまま測定を行った。拘束有無での酸素拡散係数を比較すると、膨張材の置換率や収縮低減剤の量に関わらず、拘束によって酸素拡散係数が約 1/20 に低下、飽水度もすべての供試体で約 15% 上昇した。これらは拘束により、内部組織構造が変化したと推測される。また、混和材料の混入による影響を考えると、供試体 N

キーワード 膨張材, 収縮低減剤, 内部組織構造, 酸素拡散係数, 拘束

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 FAX0277-30-1601

と比較すると膨張材の置換率や収縮低減剤混入による顕著な傾向が認められなかった。

図 - 2 には、供試体 E10 と E10+SRA6 の拘束有無での細孔径分布と総細孔量の測定結果を示す。拘束有の供試体は、拘束を解除した後に測定を行った。既往の研究¹⁾では、アルキメデス法により測定された拘束解除後の経過時間による細孔量には、変化が見られなかった。また、予備実験として Ex8+SRA6 の供試体において、拘束状態と拘束を拘束解除後 4~5 時間後の時点での測定結果の差は 0.01% となり、同値と見なせた。これは、十分に固まった後の拘束解除による酸素拡散係数への影響はないことを示唆している。このように、細孔量と酸素拡散係数の変化がないことから、拘束の解除による細孔径分布や総細孔量への影響はないものと考えられる。図 - 2 より拘束有無の細孔径分布を比較すると、供試体 Ex10 では、拘束により総細孔量は減少するものの、ピーク径での細孔量が増加している。また、供試体 Ex10+SRA6 では拘束により総細孔量は増加し、ピーク径も大きくなっている。これは、拘束有無による細孔構造の変化が一律ではなく、酸素拡散係数の変化とも同一な傾向が認められない。そこで、酸素拡散係数に最も影響が大きいと考えられる連続空隙を測定することでさらなる検討を行った。

図 - 3 には、供試体 Ex10 の連続空隙の測定結果を示す。図に示すように、拘束による連続空隙量の減少が確認できる。これにより、拘束による酸素拡散係数の低下は、連続空隙量の減少によるものだと考えられる。さらに、連続空隙量の減少により増加した飽水度の酸素拡散係数への影響が大きくなり、これらの相乗効果で酸素拡散係数が大幅に減少したと推察される。

図 - 4 に円周方向の仕事量と拘束による酸素拡散係数の減少量の関係を示す。モールドの仕事量は既往の文献³⁾の式を用いて算定した。酸素拡散係数の比較での傾向と同じく、収縮低減剤の使用による一律した傾向が認められないものの、円周方向の仕事量の増加によって、全体的に酸素拡散係数が減少する傾向が認められる。よって、拘束状態での仕事量の増減による酸素拡散係数への影響が確認出来、今後は酸素拡散係数の減少量の定量化が必要である。

4. まとめ

拘束有の膨張モルタルは、拘束無の膨張モルタルに比べて、拘束により連続空隙が減少し、酸素拡散係数

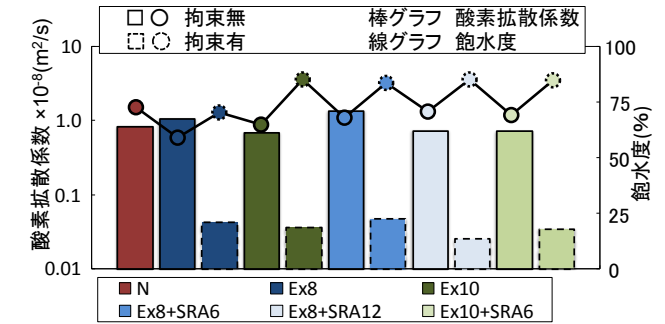


図 - 1 酸素拡散係数と飽水度

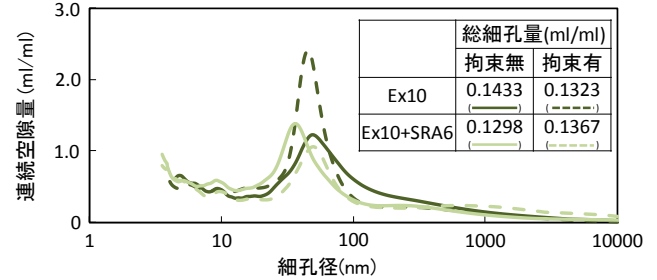


図 - 2 細孔径分布と総細孔

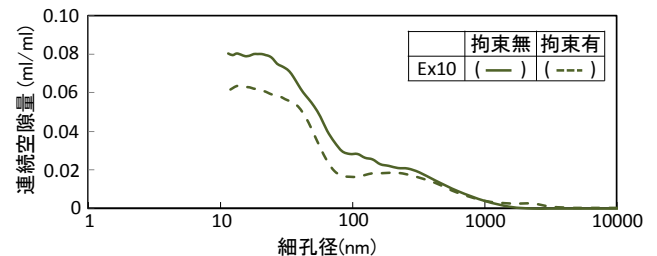


図 - 3 連続空隙径分布

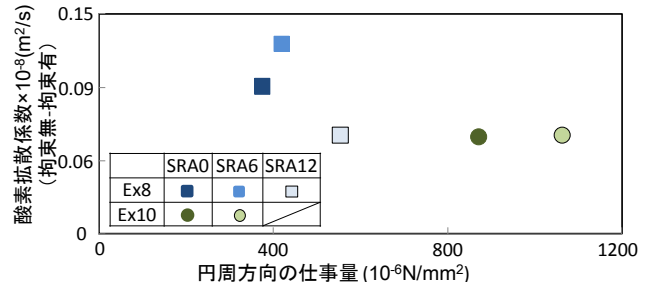


図 - 4 仕事量と酸素拡散係数

は大幅に低下していたことが確認された。また、その傾向は、拘束仕事量の増加によって顕著になることが明らかになった。

参考文献

- 1) 村田二郎ほか：膨張セメントコンクリートの細孔分布と水密性及び付着強度，土木学会コンクリートライブラリー Vol.39, 1974.10, pp.89-96
- 2) 吉田亮ほか：水セメント比および養生が異なるセメントペーストにおける水銀圧入過程の相違に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.29, 2007, pp.729-734
- 3) 辻幸和：コンクリート工学における膨張エネルギーの評価方法，コンクリート工学 Vol.26, No.10, 1988, pp.5-13