

脱型時期が各種セメント・コンクリートの表層および内部の物性に及ぼす影響

太平洋セメント(株) 正会員 ○原 健悟
(株)太平洋コンサルタント 正会員 小川 洋二
太平洋セメント(株) 正会員 石川 雄康

1. 目的

鉄筋コンクリート構造物の劣化原因の一つとして、塩化物イオンおよび二酸化炭素ガスなどの劣化因子が外部より浸入し、鋼材腐食を促進させ、耐荷力が損なわれることがある。これらの劣化因子の浸入には、かぶりコンクリートの物質移動抵抗性が大きく影響する。

既往の研究¹⁾によると、養生方法による圧縮強度への影響は小さいが、物質移動抵抗性は大幅に向上し、物質移動抵抗性は必ずしも圧縮強度により評価できるものでは無いと報告されている。

鉄筋コンクリート構造物の早期劣化問題は依然として解決されておらず、高耐久な RC 構造物を構築するひとつの対策として、脆弱なかぶりコンクリートを生じさせないような初期養生の確保が重要であると考えられる。

本研究では、各種セメントを用いたコンクリート供試体を用いて、脱型時期が、供試体の強度発現や空隙構造の変化に及ぼす影響を検討した。

2. 試験概要

図-1 に供試体概要図および表-1 に試験水準を示す。供試体はφ100×200mm の円柱供試体を用いた。

試験は、水セメント比 (W/C=50%) を一定にした各種セメント {普通ポルトランド (記号 N)・早強ポルトランド (記号 H)・低熱ポルトランド (記号 L)・高炉セメント B 種 (記号 BB)} を対象として、セメントの違いによる物性変化の影響を検討した。また、脱型材齢を N, BB, L では 2, 4, 8 日, H では 1, 2, 4 日とし、環境温度を 20℃ (湿度 60%) とした場合の影響をそれぞれ評価した。

各供試体は、脱型時までは封緘養生、脱型後は気中養生とし、材齢 28 日に円柱供試体の表層部 15mm および内部 15mm の範囲から試料を採取し、ただちにアセトンにより水和を停止した。

物性を評価するために行った各試験を下記に示す。

(1) 圧縮強度試験：圧縮強度試験はφ100×200mm の円柱供試体を用いて JIS A 1108 に準じて行った。

(2) 空隙構造：5mm 角の試料を真空乾燥 5 日後に D-乾燥 2 週間を行い、水銀圧入式ポロシメータにより測定した。

3. 試験結果

3.1 圧縮強度

図-2 に圧縮強度試験結果を示す。材齢 28 日の圧縮強度は、脱型時期が遅いほど高くなった。材齢 28 日強度において、N では脱型材齢が 4 日から 8 日, H では 2 日から 4 日にかけての強度増加が小さくなった。一方、BB および L では、脱型材齢 8 日までは、存置期間に比例して強度が増加した。L は今回使用したセメントの中ではすべての水準で強度発現性は劣る。

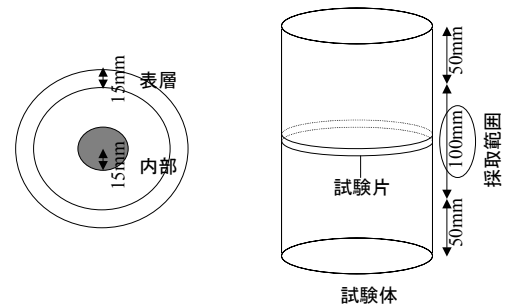


図-1 供試体概要図

表-1 試験水準

セメント	W/C	脱型材齢 (日)	温度 (°C)	湿度 (%)
普通N	50	2,4,8	20	60
高炉BB				
低熱L				
早強H		1,2,4		

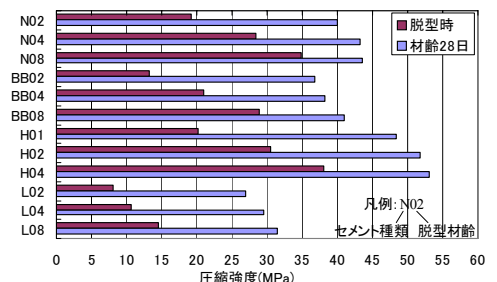


図-2 圧縮強度試験結果

キーワード 脱型時期, 空隙構造, 圧縮強度, イオン透過性

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株)中央研究所 TEL043-498-3928

3.2 空隙構造

羽原の研究²⁾により、イオン透過性に対しては $0.05\mu\text{m}$ 以上の粗大毛細管空隙量 ($30\mu\text{m}$ 以下) が、また、透気性・透水性に対しては $0.1\mu\text{m}$ 以上の粗大毛細管空隙量 ($30\mu\text{m}$ 以下) が特に影響をおよぼし、それぞれ空隙量が減少すると耐透過性が向上することが知られている。

図-3 に各セメントの $0.05\mu\text{m}$ から $30\mu\text{m}$ の空隙量を示す。内部は、セメントの種類に関わらず脱型時期による空隙量への影響が小さい。表層部は脱型時期が遅いほど空隙量が小さくなる傾向にある。したがって、脱型時期が遅いほど表層部のイオン透過性に影響する空隙量が減少し、イオン透過性に対する抵抗が向上していると考えられる。特に N と BB は脱型時期の影響が大きい。H は早期に空隙量が減少している。L は脱型時期による変動が小さく、空隙量が多い。

図-4 にイオン透過性に影響する $0.05\mu\text{m}$ から $30\mu\text{m}$ の空隙量と圧縮強度の関係を示す。内部は L を除いて強度に関わらずほぼ空隙量が等しい。表層部は N の脱型材齢 2 日および BB の脱型材齢 8 日の圧縮強度は約 40MPa とほぼ等しいが、空隙量はそれぞれ約 12.4% および約 8.5% であり BB の方が少ない。また、各セメントの脱型材齢 2 日 (H は 1 日) に対する圧縮強度の増加率および表層部の $0.05\mu\text{m}$ から $30\mu\text{m}$ の空隙量の減少率を表-2 に示す。強度の増加率はセメントの種類に関わらず脱型材齢 8 日 (H は 4 日) で約 1.1 と小さいが、空隙量の減少率は BB, N, H の順に 0.67, 0.75, 0.86 と圧縮強度以上に変動が大きくなっている。

したがって、イオン透過性に影響を与えるとされる空隙径の総量は、圧縮強度の大きさとは必ずしも一致しない。また、脱型時期は強度以上に空隙量に影響し BB, N, H の順に耐イオン透過性が優れる可能性がある。

4. まとめ

試験結果から以下のことが明らかとなった。

(1) 脱型時期が材齢 28 日強度におよぼす影響はセメントの種類によって異なり、早強、普通、高炉 B、低熱の順に、脱型時期による強度増進への影響が小さくなる。

(2) 脱型時期は内部よりも特に表層部の空隙構造の生成に影響し、緻密な空隙構造とするには、セメント種類に応じた十分な初期養生をする必要がある。

(3) イオン透過性に影響を与えるとされる空隙径の総量と圧縮強度の大きさとは必ずしも一致しない。また、脱型時期は強度以上に空隙量に影響し、高炉 B、普通、早強、低熱の順に影響が大きく耐イオン性に優れる可能性がある。

参考文献

- 岡崎慎一郎、八木 翼、岸 利治、矢島哲司：養生が強度と物質移動抵抗性に及ぼす影響感度の相違に関する研究、セメント・コンクリート論文集、No.60, pp.227-234, 2006
- 三浦宏一編：わかりやすいセメント科学、(社)セメント協会, pp.102-103, 1993.3

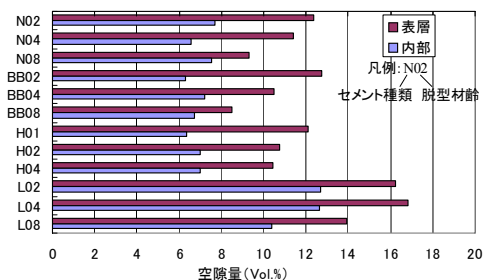


図-3 $0.05\mu\text{m}$ ～ $30\mu\text{m}$ の空隙量

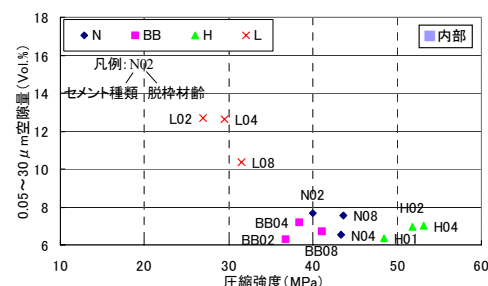
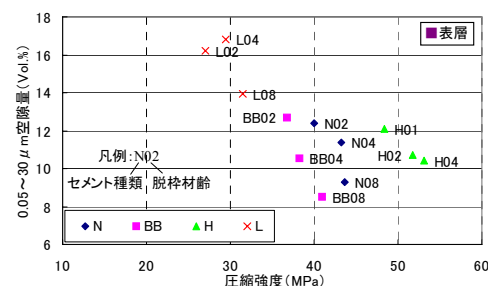


図-4 $0.05\sim 30\mu\text{m}$ の空隙量と圧縮強度

表-2 強度の増加率と表層部の $0.05\sim 30\mu\text{m}$ 空隙量の減少率

試料名		28日圧縮強度(N/mm^2)	$0.05\sim 30\mu\text{m}$ 空隙(vol.%)
N	N02	1.00	1.00
	N04	1.08	0.92
	N08	1.09	0.75
BB	BB02	1.00	1.00
	BB04	1.04	0.83
	BB08	1.11	0.67
H	H01	1.00	1.00
	H02	1.07	0.89
	H04	1.10	0.86
L	L02	1.00	1.00
	L04	1.09	1.04
	L08	1.17	0.86