

ISO 規格 32.5 クラスセメントの初期ひび割れ修復特性に関する検討

九州大学大学院 学生会員 清崎 里恵 フェロー 松下 博通
正会員 鶴田 浩章 正会員 陶 佳宏

1. はじめに

日本の汎用セメントは、JIS 規格にて所定材齢における強度の下限值が規定されている。その結果、セメントおよびコンクリートの品質は強度を過大に発現させる傾向がある。これは、施工効率を高める事には適しているが、単位セメント量低下に伴う粉体量低下が材料分離や構造物の欠陥誘発につながる可能性がある。一方、欧州 EN 規格(EN197-1:2000)におけるセメントは、強度の上限、下限が規定された 3 水準に分類され、セメントの強度安定性と共に耐久性が重要視されている。この EN 規格は国際規格機構(ISO)規格の原案となっており、今後、JIS 規格との整合化が見込まれている。そこで、本研究では EN 規格の 32.5 クラスセメントに匹敵する石灰石フィラーセメント(LS)、高炉スラグ・石灰石微粉末を含む三分系混合セメント(BL)を使用し、コンクリート構造物の耐久性を著しく低下させる初期ひび割れを導入したモルタルの 3 点曲げ試験を行い、初期ひび割れ修復程度を評価した。

2. 実験概要

JIS R 5201 に準じ作製したモルタル供試体(W/C=50%, s/a=3)を一定期間初期養生した後、ひび割れ箇所を限定するための切欠きを深さ 1 cm 入れ、一度目の 3 点曲げ試験により初期ひび割れを導入する(第一載荷試験)。その後、再び供試体を水中養生(第二養生)し、3 点曲げ試験(第二載荷試験)を行い、その際荷重と供試体底面部におけるひび割れ開口変位(CMOD)を測定した。ここで、第一載荷試験では、荷重が最大荷重を超えて低下し、CMOD が最大荷重時の CMOD よりも 0.01 mm 大きくなった時点で除荷することで、それを初期ひび割れの導入とした。なお、各載荷試験材齢は打設日からの材齢とし、その組合せを表-1 に示す。また、使用したセメントの特性を表-2 に示す。

表-1 載荷材齢の組合せ

	第一載荷材齢(初期養生)				
	1日	3日	7日	28日	91日
第二載荷材齢	1-1	1-3	1-7	1-28	1-91
	3-1	3-3	3-7	3-28	3-91
	7-1	7-3	7-7	7-28	7-91
	28-1	28-3	28-7	28-28	28-91
	91-1	91-3	91-7	91-28	91-91

表-2 使用セメントの特性

	ブレン値	密度	混合割合(mass%)		圧縮強さ(N/mm ²)				
	cm ² /g	g/cm ³	N	石灰石スラグ	2d	3d	7d	28d	
N	3370	3.16	100	—	—	22.3	29.2	43.6	62.7
LS	4200	3.00	70	30	—	14.6	20.3	31.6	41.0
BL	4210	3.02	65	15	20	14.1	19.6	31.8	46.8

(N: 普通ポルトランドセメント)

3. 試験結果および考察

図-1 に LS、BL セメントにおける第二載荷材齢 28 日の荷重と CMOD の関係図を示す。ここで、図-1 に関して、本実験結果ではグラフを見やすくするために、除荷により回復される CMOD を無視している。この結果より、セメントの種類にかかわらず第二養生期間(初期ひび割れ修復期間)を設けていない(28-28)では第二載荷時最大荷重が第一載荷時最大荷重および除荷荷重よりも下回っているのに対し、第二養生期間を設けることで、第一載荷時の除荷荷重よりも増加していることが分かる。また、その増加状況は第一載荷材齢が短い、つまり、初期ひび割れ発生時期が早いほど第二載

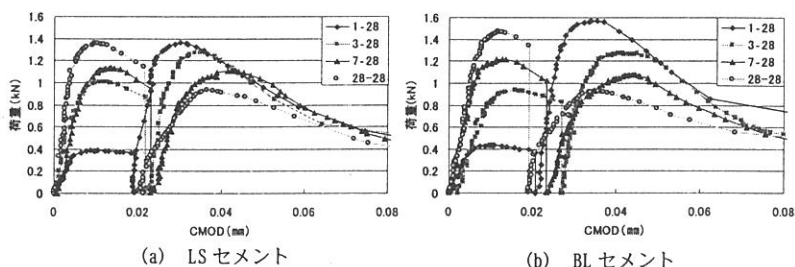


図-1 第二載荷材齢 28 日の荷重-CMOD 曲線

荷時最大荷重が増加する傾向にある。したがって、32.5 クラスセメントは JIS 規格のセメントと同様²⁾、初期ひび割れが発生していても、その後第二養生期間を設けることで第二載荷時最大荷重が除荷荷重よりも大きくなり、ひび割れ修復に伴い強度回復されることが分かった。

次に図-2 に強度回復率の結果を示す。この強度回復率とは第二養生期間を有した供試体の第二載荷時最大荷重と、第二養生期間が無く、各載荷材齢が同一な供試体の第二載荷時最大荷重の比を取ったものである。この強度回復率の値が 1 以上であれば、第二載荷時最大荷重の増加が初期ひび割れ近傍の緻密化によるものと考えた。この結果から、第二養生期間を設けた供試体は全組合せに関して強度回復率が 1 以上の値となり、特に初期ひび割れ発生時期が早いほど高くなっている。また、32.5 クラスセメントは普通ポルトランドセメントと比較すると、長期材齢での強度回復率が高いことがわかる。よって、第二養生後の強度増加には材齢に伴う強度発現とは異なり、初期ひび割れ近傍の緻密化により強度が増加し、その回復率は 32.5 クラスセメントの方が普通ポルトランドセメントより高いと評価できる。

最後に図-3 に強度率の結果を示す。強度比とは、初期ひび割れを生じていない供試体に切欠きを導入して 3 点曲げ試験を行った時の最大荷重を 100% (普通ポルトランドセメント 1.505KN、LS セメント 1.60KN、BL セメント 1.38KN) として、初期ひび割れ修復の有無による第二載荷時最大荷重の比を取ったものである。この結果より、LS セメントの強度比は普通ポルトランドセメントとほぼ同等の値となり、初期ひび割れ発生時期が早いほど、その強度比も高くなっている。その一方、BL セメントは初期ひび割れ発生時期の早い(1-91)(3-91)は健全な供試体の強度にまで回復していることが分かる。これは、初期ひび割れが発生したことで、初期ひび割れ近傍に残存する未水和セメントが新たに露呈されたことに加え、BL セメントには高炉スラグ微粉末が混入されており、第二載荷材齢 91 日という点から、潜在水硬性が発揮されたと推測される。

4. まとめ

1 32.5 クラスセメントは日本の汎用セメントと同様に初期ひび割れ発生後に十分な養生を行うことで初期ひび割れ修復に伴う強度回復が可能となる。

2 32.5 クラスセメントは第二養生期間が長いほど初期ひび割れ近傍のコンクリートが緻密化し、強度回復率が高くなる。

3 BL セメントでは、高炉スラグ微粉末が有す潜在水硬性により、初期ひび割れ発生時期が早く十分な水中養生を行うことで、健全な供試体の強度にまで回復する。

参考文献 1) 羽原俊祐 他：もう一度、セメントを見つめ直してみよう、コンクリートテクノ、Vol.20、No9、pp70~78(2001.9)

2) 松下博通 他：初期ひび割れを導入したモルタルの強度回復特性、コンクリート工学論文集第 14 巻 1 号(2003)

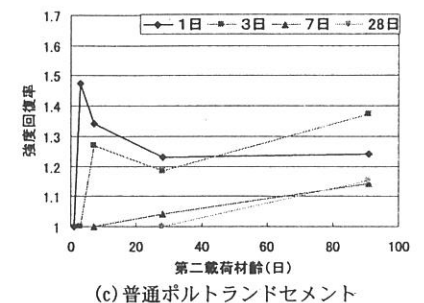
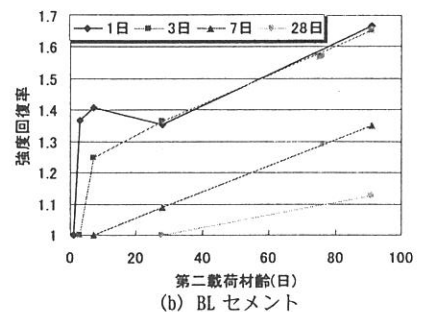
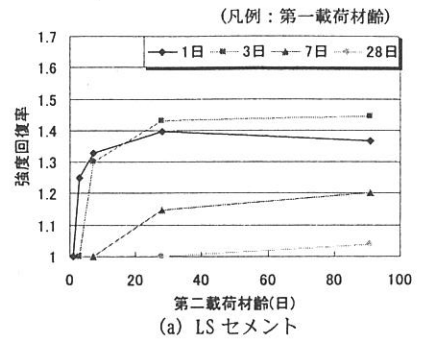


図-2 強度回復率

