

強さ 32.5 クラスセメントを使用した初期ひび割れ導入モルタルの中性化に関する検討

九州大学工学部 学生会員 土居 優子 九州大学大学院 フェロー 松下 博通
九州大学大学院 正会員 鶴田 浩章 九州大学大学院 学生会員 相原 康平

1. はじめに

既往の研究において、初期ひび割れを導入したモルタルは、再度湿潤養生を施すことにより強度が回復することが確認されている。これはひび割れ近傍に存在する未水和セメントの水和に起因すると考えられる。しかし、コンクリート構造物に発生したひび割れは、耐荷性低下のみならず耐久性低下の原因となる。そこで本研究では、既往の研究^{1),2)}において強度の回復が確認された、普通ポルトランドセメント(以下、NPC)、EN規格の強さ 32.5 クラスセメントに相当する石灰石フィラーセメント(以下、LS)および高炉スラグ、石灰石微粉末を含む三成分系混合セメント(以下、BL)を使用したモルタルに、初期ひび割れを導入した後、促進中性化試験を行い、中性化抵抗性の観点から初期ひび割れの修復に関して検討した。

2. 実験概要

表-1 各セメントの諸物性

セメントは NPC、LS、BL の 3 種類を使用した。各セメントの混合比および諸物性を表-1 に示す。

	比表面積 (cm^2/g)	密度 (g/cm^3)	混合割合(mass%)			圧縮強さ(N/mm^2)			
			NPC	石灰石	スラグ	2d	3d	7d	28d
NPC	3390	3.15	100	—	—	14.1	28.3	37.9	56.9
LS	4200	3.00	71.4	28.6	—	14.6	20.3	31.6	41.0
BL	4210	3.02	64.3	21.4	14.3	14.1	19.6	31.8	46.8

供試体は $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ のモルタルとし、JIS R 5201 に準じて $W/C=50\%$ 、 $S/C=3$ として細骨材には標準砂(密度 $2.64 \text{ g}/\text{cm}^3$)を使用した。脱型後、所定の材齢まで水中養生(第一養生)を施した後、ひび割れ箇所を特定するため、深さ 10mm、幅 1mm の切欠きを湿式コンクリートカッターにより打設側面中央に導入した。切欠きを導入した供試体は、直ちに 3 点曲げ試験によりひび割れを導入し、再度所定の材齢まで水中養生を施した(第二養生)。曲げ試験においては、荷重が最大荷重を超えて低下し、ひび割れ開口変位(以下、CMOD)が最大荷重時の CMOD より 0.01 mm 大きくなった時点で除荷することにより、初期ひび割れの導入とした。初期ひび割れを導入しない供試体は、切欠き導入後そのまま所定の材齢まで第二養生を施した。

第二養生が終了した供試体は、切欠き導入面を浸透面とし、促進中性化試験(温度 30°C 、相対湿度 60% 、二酸化炭素濃度 5.0%)を行った。所定の促進材齢に達した後、供試体を軸方向に切断して 2 分割し、その切断面にフェノールフタレイン 1%エタノール溶液を噴霧し、未着色部分を中性化領域とし、その深さを中性化深さとして測定した。測定箇所を図-1 に示す。切欠きだけの供試体、ひび割れ導入供試体ともに、切欠き先端からの中性化深さ(図-1 における d_1)1 箇所と、切欠きを除く健全部における中性化深さ(図-1 における d_2)10 箇所を測定した。健全部の中性化深さは 10 箇所の平均とした。初期ひび割れ導入材齢は 1、3、7、14、28、91 日とし、中性化試験開始材齢は 14、28、91 日とした。ここでは、初期ひび割れ導入材齢は 1、7、14 日、中性化試験開始材齢は 14 日とした場合について報告する。

3. 実験結果および考察

3.1 ひび割れが中性化深さに及ぼす影響

中性化試験開始材齢 14 日の供試体に関して、各セメントにおける健全部の中性化深さ d_2 の経時変化を図-2 に、材齢 14 日にひ

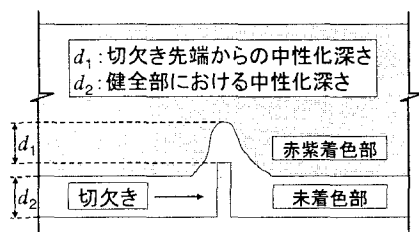
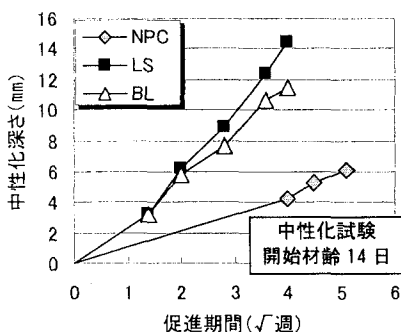


図-1 中性化深さの測定箇所

図-2 中性化深さ d_2 の経時変化

び割れを導入し、直ちに中性化試験を行った供試体における切欠き先端からの中性化深さ d_1 の経時変化を図-3 に示す。健全部の中性化深さ d_2 はセメントにより異なり、LS、BL は両者とも NPC よりも大きい。これは各供試体とも水セメント比 50% で一定の配合であるが、LS、BL を用いた場合はセメント中に、それ自体の反応は硬化に貢献しない³⁾とされる石灰石微粉末も含まれるため、実質的なセメント量が減少し、これが中性化進行に影響したと考えられる。しかし、図-3 によるとひび割れ導入供試体の切欠き先端からの中性化深さ d_1 に関しては、セメントの違いによる相違は見られないため、セメントの違いによる影響よりもひび割れの存在による影響の方が大きいものと思われる。したがって、本実験の範囲内では、ひび割れ修復程度をセメント間で比較することは困難である。

3.2 初期ひび割れ導入時期が中性化深さに及ぼす影響

NPC、LS、BL のひび割れ導入供試体における切欠き先端からの中性化深さ d_1 の経時変化を、それぞれ図-4、図-5、図-6 に示す。切欠き導入材齢、または初期ひび割れ導入材齢は 1 日、7 日、14 日と変化させ、中性化試験開始材齢は 14 日とした。なお、図中には、切欠きのみ供試体の値も併記する。

これらの図より、ひび割れ導入材齢 1 日においては、NPC、LS、BL 全てにおいてひび割れ導入供試体の中性化深さ d_1 は、切欠きのみ供試体の平均とほぼ同等となっており、ひび割れが修復していると認められるものの、本研究の範囲内では、修復の程度を定量的に求めることはできない。ひび割れ導入材齢が長期のものについては、中性化深さが大きくなり、ひび割れ修復の程度が小さくなっている。これは、ひび割れ修復が未水セメントの水和に起因し、未水セメントが多数残存している時期にひび割れを導入した方が、ひび割れの修復の程度が大きいことによるものと考えられる。

4. まとめ

- (1) 本研究において、NPC、LS、BL は初期ひび割れの存在により中性化抵抗性が低下するが、適切な湿潤養生を行うことにより改善された。
- (2) 同一セメントにおいては、初期ひび割れ導入材齢が若材齢であるほど、ひび割れによる中性化抵抗性の低下は軽減された。

【参考文献】

- 1) 松下博通ほか：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，Vol.14，No.1，pp.57-65，2003
- 2) 清崎里恵ほか：強さ 32.5 クラスのセメントを用いたモルタルにおける初期ひび割れの強度回復特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.605-610，2003
- 3) セメント協会：分かりやすいセメント科学，pp.54-62，1993

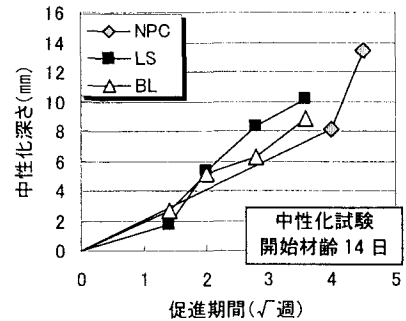


図-3 ひび割れ供試体における中性化深さ d_1 の経時変化

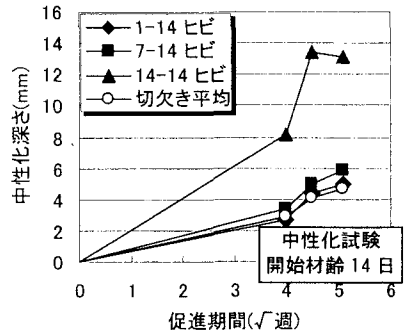


図-4 NPC におけるひび割れ導入供試体の中性化深さ d_1 の経時変化

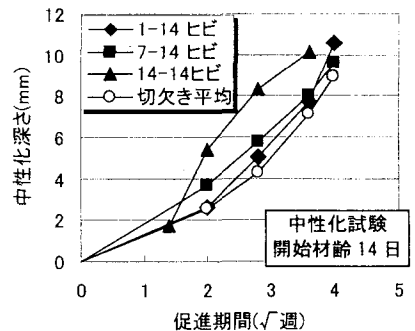


図-5 LS におけるひび割れ導入供試体の中性化深さ d_1 の経時変化

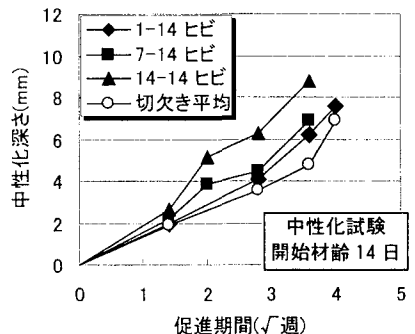


図-6 BL におけるひび割れ導入供試体の中性化深さ d_1 の経時変化