

打継目における微視的構造と強度に関する研究

千葉工業大学 学生会員 功刀 彰史
千葉工業大学 フェロー 足立 一郎

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の早期劣化が問題となっており、強度、耐久性が低下したコンクリート構造物には補修、補強が必要不可欠である。しかしながら、その補修を行う上で生じる打継目は、構造上の弱点となり、亀裂同等に取り扱う必要があるため、打継目に関する力学的特性や微視的構造を明らかにすることは非常に重要である。

そこで本研究では、打継目の微視的構造に着目し、実際に打継いだ供試体を走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope 以下 SEM と略す）を用いて、打継目内部に形成される物質の形態、形成過程の観察を行った。同時に割裂引張強度試験を行うことにより、打継目における割裂引張強度を計測し、微視的構造との関連性の検討を試みた。ここではその基礎的資料となる研究を目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

旧側には水セメント比 50% のモルタル、コンクリート、新側には水セメント比 40%、60% のモルタルとセメントペーストを使用した。打継ぎ面にワイヤーブラシで 0.5mm 程度の凹凸が生じるように表面処理を施し、表-1 に示す打継ぎ供試体を作製した。旧側材料の物性値および、新側材料モルタルの配合表は表-2、3 に示す。

2.2 実験方法

SEM 観察用試料は 40 × 40 × 160mm の打継ぎ供試体を作製し、コンクリートカッターで切断して図-1 のような SEM 観察用供試体を作製した。作製後、観察表面をドクターラップで鏡面になるまで研磨し、蒸着装置で金蒸着を施して SEM で観察を行った。

割裂引張強度試験は図-2 に示す打継ぎ供試体を作製し、図-3 のように軸が打継目にかかるようにセットし、荷重を加えた。割裂引張強度は各養生期間における 3 本の平均値とする。

旧側材料にモルタルを用いた打継ぎ供試体は水中養生し、各養生期間で SEM での観察、割裂引張強度試験を行った。ここで SEM 観察用試料の水中養生は観察表面に金蒸着を施しているため、水分が観察表面に付着しないように水位を観察表面より低くして養生を行った。また、旧側材料にコンクリートを用いた打継ぎ供試体は湿潤養生し、各養生期間に SEM で同一箇所による観察を行った。観察する際に同一箇所による観察は困難なため、低倍率から試料を SEM で観察し、写真を撮ることにより観察箇所を把握でき、各養生期間の同じ箇所による観察を可能とした。

3. 実験結果及び考察

3.1 割裂引張強度試験結果及び微視的構造との関連性

図-4、5 は各養生期間における割裂引張強度の平均値を新側材料別にまとめたグラフである。これらの図より、それぞれの新側材料において養生期間が経過するにつれ

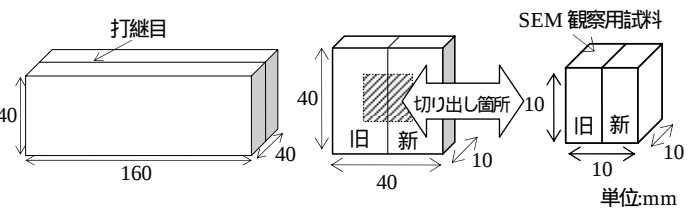


図-1 SEM 観察用供試体寸法

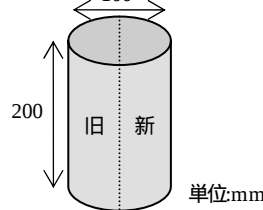


図-2 割裂引張用供試体寸法

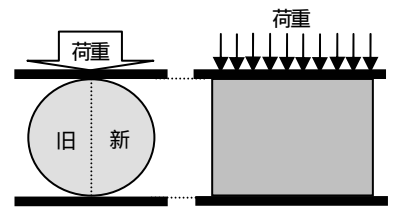


図-3 割裂引張試験概要図

表-1 供試体一覧

材 料		養生期間	養生方法
旧側	新側		
モルタル W/C=50%	モルタル W/C=40% 60%	7 日	水中養生
		1 4 日	
		2 8 日	
コンクリート W/C=50%		9 0 日	湿潤養生
		1 8 0 日	
モルタル W/C=50%		セメントペースト W/C=40% 60%	7 日
	1 4 日		
	2 8 日		
コンクリート W/C=50%	9 0 日		湿潤養生
	1 8 0 日		

表-2 旧側材料物性値

旧側	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
モルタル	50	3.3
コンクリート	44	3.2

表-3 新側モルタル配合表

新側	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		
		W	C	S
モルタル	40	296	741	1234
	60	386	644	1760

キーワード: 打継目, 微細構造, 走査型電子顕微鏡

連絡先: 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 TEL 047-478-0440

て、引張強度が増加していることが見られる．またその中でも、水セメント比 40% のモルタル、60% のセメントペーストを使用したものの強度発現が最も大きい値を示した．このような強度差の表れの理由は、新側材料で水セメント比 60% のセメントペーストを使用した試料の SEM 映像（写真-1，2，）を観察すると、養生期間 28 日に新旧供試体の両側から C-S-H（カルシウムシリケート水和物）と思われる長い繊維状の水和物の存在が他の新側材料を使用した場合よりも多く観察され、90 日になると短い繊維状の C-S-H に変化し、打継目内部を埋めるように緻密な状態となったことから強い強度を有したものと考えられる．今回 SEM 映像で打継目内部に形成された水和物は、図-6 と SEM 映像の水和物形態から C-S-H と予測した．この C-S-H はファンデルワールス力により、非常に大きな表面積をもち、接着能力が大きい．また未水和セメント粒子ならびに細・粗骨材のような固体をも引きつけるため、打継目内部の付着に寄与していると考えられる．

今回の実験では水セメント比が大きいほど打継目内部に水和物の確認ができた．水和物の形成過程については水中養生により供試体に水分が浸透し、打継目内部の水和物の形成に寄与したと考えられる．

3.2 同一箇所による SEM の観察結果及び考察

写真-3，4 は各養生期間における同一箇所による SEM 映像である．これらの写真から、養生期間の早期から水和物の生成が見られる．また、養生期間が長くなるに従って打継目内部では微細な水和反応物の形成が認められ、養生期間 180 日で最も緻密な状態となっている．

このような現象は新旧打継目の割裂引張試験結果とも良い符号を示すものであって、いずれの場合も養生期間 180 日で最大の引張強度になると考えられる．

4. おわりに

新側材料はモルタルよりもセメントペースト、水セメント比 40% より 60% の方が打継目内部における水和物を多く観察することができた．また、割裂引張強度試験と SEM での観察から、新側材料セメントペースト 60% の強度が最も高く、C-S-H が最も多く打継目に付着していた．また、湿潤養生より水中養生の方が水和物の生成過程が多くみられた．今後の課題としては、打継目における微視的構造に EDX 平均濃度分析を行い、打継目の成分分析を行うことが挙げられる．

参考文献

- 1) P. Kumar Mehta・Paulo J. M. Monteiro 共著 CONCRETE Microstructure, Properties, and Materials pp.17-77
- 2) 戸祭邦之 著 コンクリートの実像 その性能と性状 理工図書 pp59-88, pp148-160
- 3) 小林一輔 著 最新コンクリート工学 第4版 森北出版株式会社 pp9-10, pp68-69

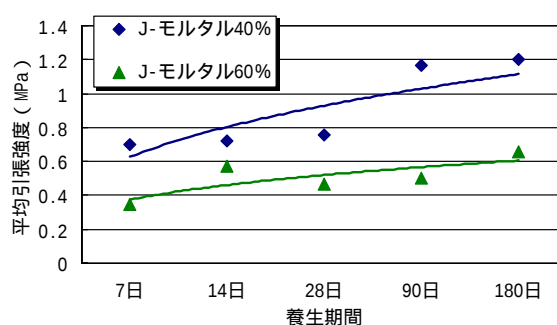


図-4 新側モルタル 40%，60%の平均引張強度

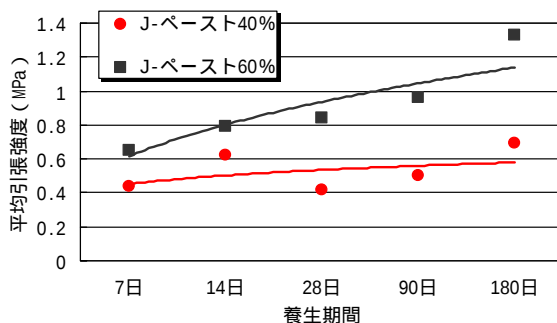


図-5 新側セメントペースト 40%，60%の平均引張強度



写真-1 養生期間 28 日
ペースト 60% 5000 倍

写真-2 養生期間 90 日
ペースト 60% 2000 倍

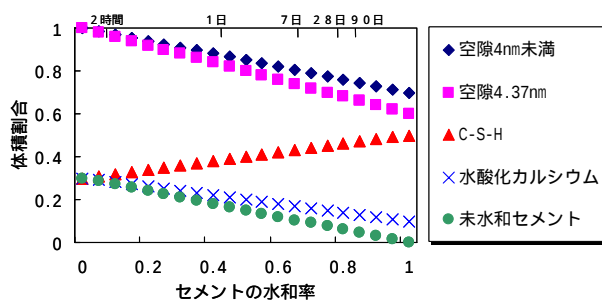


図-6 セメントの水和の進行によるセメントペーストの組成変化

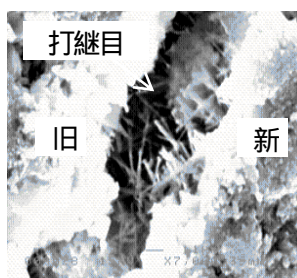


写真-3 養生期間 7 日
新側ペースト 40% 7000 倍

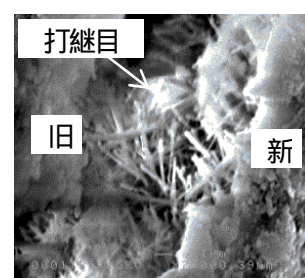


写真-4 養生期間 180 日
新側ペースト 40% 7000 倍