

超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料の自己修復性状の評価

名古屋大学大学院 学生会員 ○森本 拓也

名古屋大学大学院 正会員 国枝 稔, 上田 尚史, 中村 光

1. はじめに

超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料(UHP-SHCC)は、引張応力下において複数ひび割れ特性を示し、曲げ、引張、圧縮破壊時の靱性を大幅に向上させた材料である。また、引張応力下においてひび割れ幅が $10\mu\text{m}$ 程度と、既往のひずみ硬化型セメント系材料に比べて微細な複数ひび割れを生じるという特徴がある¹⁾。当該材料を例えばコンクリート構造物の補修材料として適用するにあたり、外力の作用によりひび割れが発生した場合でも、ひび割れ幅が微細なため、そのひび割れ部を内部の未水和セメントを利用して自己修復できる可能性がある。そこで本研究では透気係数に着目したひび割れ部の物質透過に対する抵抗性の回復程度の把握を行なった。

2. 実験概要

本研究では Torrent²⁾によって提案された Torrent Permeability Tester (TPT)による透気係数を指標として利用する。この試験方法はコンクリート表層部の緻密性を判定し、コンクリートの耐久性を評価する非破壊的な方法として利用されている。コンクリートに関しては、水の移動と空気の移動に相関関係があることが Torrent によって示されており、透気係数によりコンクリートの耐久性が相対的に評価できると考えられる。この方法では図-1に模式図で示すチャンバーを測定するコンクリート表面にあて、真空ポンプでチャンバー内の圧力を下げた後のチャンバー内の圧力変化から透気係数を求める。

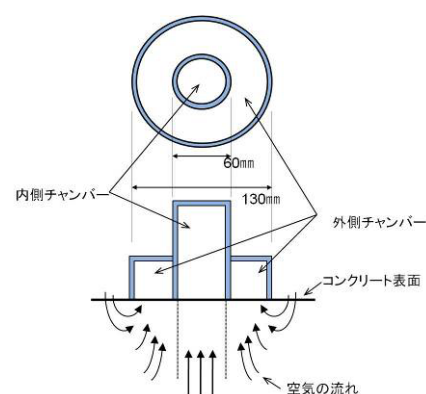


図-1 チャンバーの模式図

表-1に本研究に使用した UHP-SHCC の配合を示す。UHP-SHCC の水

結合剤比(W/B)は0.22である。セメントは低熱ポルトランドセメント(密度 3.14g/cm^3)を使用し、セメント質量の20%をシリカフューム(密度 2.2g/cm^3)で置換した。細骨材は7号砂

(密度 2.68g/cm^3)を用いた。繊維は長さ6mmの超高強度ポリエチレン(PE)繊維(直径 0.012mm 、密度 0.97g/cm^3 、弾性係数 88GPa 、引張破断強度 2700MPa)を体積比で1.0%混入した。化学混和剤には高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系)と消泡剤を使用した。

供試体は図-2に示す形状のものを1本作製した。供試

表-1 UHP-SHCC の示方配合

W/B	繊維 混入率 (%)	単位量(kg/m^3)						
		水	セメント	シリカ フューム	細骨材	混和剤*1	消泡剤	繊維
0.22	1.0	347	1343	237	171	31.6	6.95	9.7

*1: 高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系)

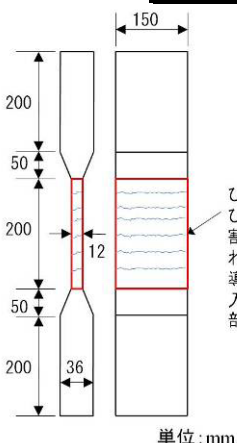


図-2

供試体形状

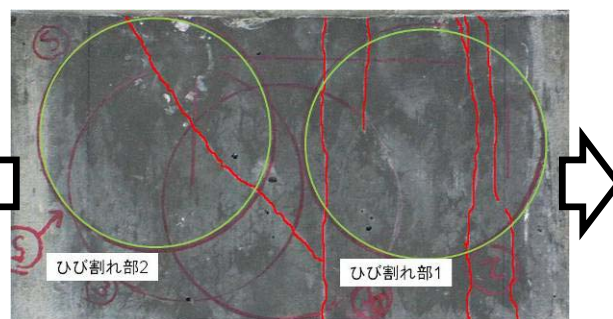


写真-1 各測定位置でのひび割れの様子

キーワード 超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料 UHP-SHCC 自己修復 未水和セメント 透気試験

連絡先〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町工学部9号館526号室 TEL 052-789-4484

体は打設の翌日に脱型した後、水中養生を行い、材齢 28 日で引張によるひび割れの導入を行った。

透気係数の測定はひび割れ導入の前日(総材齢 27 日)、翌日(総材齢 29 日)、31 日後(総材齢 59 日)、61 日後(総材齢 99 日)に行った。供試体は測定の前日に気中にて乾燥させ、測定後は再び水中での養生をおこなった。透気試験はひび割れ導入部 2 か所(いずれもひび割れ幅 0.05mm 以下)と、損傷を受けなかった部分 1 か所にて測定を行った。写真-1 に各測定位置でのひび割れの様子を示す。

3. 実験結果及び考察

3.1 圧縮強度

材齢 28 日および材齢 81 日における圧縮強度を表-2 に示す。供試体は打設の翌日に脱型し、載荷日まで水中養生を行ったものである。実験には、各材齢につき 3 本の供試体を用いた。表-2 より養生期間の延長による強度の増進が確認された。材齢 28 日の強度に対する材齢 81 日の強度の上昇率は 1.16 となり、材齢 28 日において未水和のセメントが残留していることが分かる。

表-2 圧縮強度試験結果

単位: MPa		
材齢28日	材齢81日	強度上昇率
93.0	108.0	1.16

3.2 透気試験

図-3 に透気係数の変化を示す。透気係数 k が小さいほど空気が移動しにくいことを表している。なお、損傷のなかった部分のひび割れ導入 61 日後の透気係数は、試験器で測定できる値より小さくなったため、図には表示していない。

図-3 より、損傷を受けなかった箇所は材齢が増加するにつれ透気係数が小さくなっていることが分かる。これは材齢とともにマトリクスが緻密化したためと考えられる。また、ひび割れ部についてはひび割れの導入により透気係数は大幅に増加するが、一定期間水中での再養生を行うことで透気係数の減少がみられる。ひび割れ導入 61 日後の透気係数はひび割れ導入直後よりも小さくなっている。

写真-2 に曲げ試験によるひび割れ導入後、53 日間水中で再養生を行ったものを行わなかったもののひび割れ面の様子を示す。再養生を行った供試体には行わなかった供試体には見られない白い生成物が観察できる。透気係数の減少は材齢の増加によるマトリクスの緻密化と、写真-2 に見られるような再水和による生成物でひび割れが閉塞したためと考えられる。

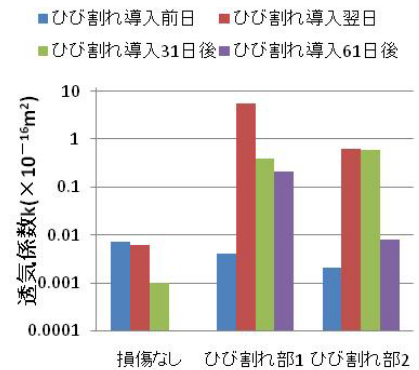


図-3 透気係数の変化

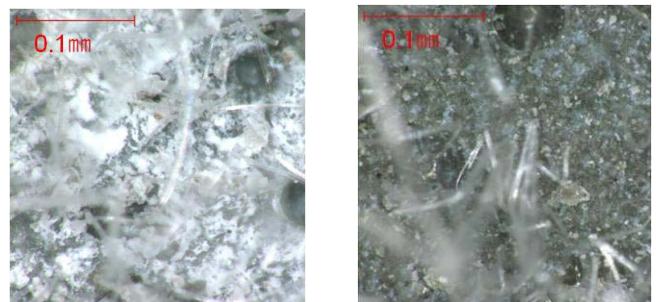


写真-2 ひび割れ面の様子

4. 結論

UHP - SHCC 部材のひび割れ部の透気係数は一定期間再養生を行うことで回復が可能であることが分かった。その機構としてはひび割れ面への新たな生成物の析出が考えられる。今後はひび割れ幅と再水和の関係や水和物の確認など詳細な検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 国枝稔, Kamal,A., 中村光, Brühwiler,E.: 超高強度ひずみ硬化型セメント系材料の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No1, pp.315-320, 2007
- 2) Torrent,R.: A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site, Material and Structures, vol25, pp.358 - 365, 1992