

超高強度ひびみ硬化型モルタルの疲労耐久性

名古屋大学大学院 学生員 ○江口 輝行
 名古屋大学大学院 正会員 国枝 稔, 中村 光, 上田 尚史
 名古屋大学 長瀧 宏弥

1. はじめに

補修・補強材としての利用が期待される材料の一つに、超高強度ひびみ硬化型セメント系複合材料 (Ultra High Performance—Strain Hardening Cementitious Composites, UHP-SHCC) がある。UHP-SHCC は高強度・高靱性の特徴とする材料である。例えば当該材料を増厚工法に用いる場合、補強効果が維持されるためには、交通荷重のような繰返し荷重による疲労に対する、UHP-SHCC そのものおよび母材コンクリートとの付着面の耐久性を把握する必要がある。そこで本研究では、負曲げにより繰返し引張荷重の作用する増厚部および、補修材と母材の境界面を想定し、UHP-SHCC 単体および、コンクリートとの付着面の疲労耐久性に関する基礎的データをを得ることを目的とし、気中および水中において、角柱供試体の一軸引張疲労試験による検討を行った。

2. ひび割れを有する UHP-SHCC の疲労耐久性

2.1 実験概要

供試体形状は図-1 に示すように、1本のひび割れを導入するための切欠きを入れた 100×100×100mm の角柱とした。UHP-SHCC の配合を表-1 に示す。水結合材比を 22%とし、セメント質量の 15%をシリカフュームで置換した。細骨材は 7号珪砂を用いた。繊維は長さ 6mm の高強度ポリエチレン(PE)繊維(直径 0.012mm, 密度 0.97g/cm³, 弾性係数 88GPa, 引張破断強度 2700MPa)を用い、体積比で 1.25%混入した。混和剤には高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系)を使用した。また、収縮低減を図るために膨張材(エトリンガイト・石灰複合系)を用いた。載荷方法は、静的引張によりひび割れを導入した後、引張強度の 60% (ひび割れ発生時の応力に相当) および 90%を応力の上限の目標値として、繰返し載荷を行うものとした。引張強度やひび割れ発生時の応力は予め 3体の供試体に対して行った静的引張試験結果より推定した。繰返し荷重は図-2 に示す三角波で制御した。破壊に至るまでの繰返し回数を計測し、上限荷重を破壊面積で除して疲労強度を算定した。写真-1 に載荷状況を示す。

表-1 UHP-SHCC の配合

水結合 材比	PE繊維 混入率	単位量(kg/m ³)							
		低熱セメント	シリカフューム	膨張材	水	珪砂7号	混和剤*1	消泡剤	PE繊維
22%	1.25%	1106	199	20	277	397	13.20	2.91	12.10

*1:高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系)

2.2 実験結果と考察

切欠き部断面に作用する応力の上限值 σ_{max} と破壊までの繰返し回数の関係を図-3 に示す。破壊までの繰返し回数は応力比 0.9 に相当する応力を上限とした場合 400回~3000回、応力比 0.6 に相当する応力を上限とした場合 40000回~100000回程であった。応力レベルが低くなるにつれて、破壊までの繰返し回数が増加することが確認された。また、普通コンクリートを対象とした既往の研究結果¹⁾と比較すると、同じ繰返し回数に着目した場合、ひび割れを有する UHP-SHCC の疲労強度は普通コンクリートの 2~3 倍であることがわかる。

キーワード UHP-SHCC, 耐久性, 一軸引張疲労試験

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 材料形態学グループ TEL 052-789-4484

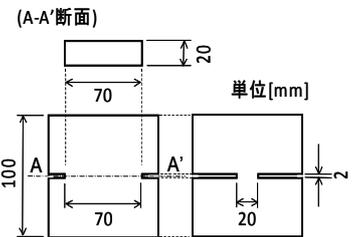


図-1 UHP-SHCC 単体供試体

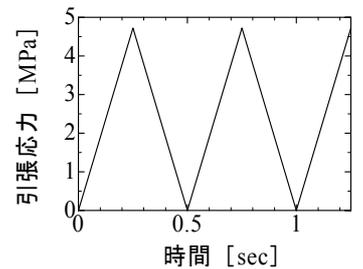


図-2 載荷波形

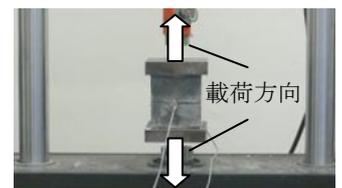


写真-1 単体載荷状況

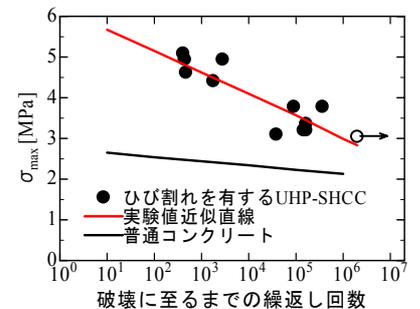


図-3 応力と繰返し回数

3. UHP-SHCC とコンクリートとの付着面の疲労耐久性

3. 1 実験概要

供試体形状を図-4 に示す。切欠きを有する 100×100×200mm の角柱である。母材コンクリートの示方配合を表-2 に示す。UHP-SHCC は、前章の実験に用いた供試体と同様の配合のものを用いた。母材コンクリートは水セメント比を 57% とし、混和剤には高性能 AE 減水剤を用いた。材齢 28 日での圧縮強度は 20MPa であった。荷重方法は、静的な一軸直接引張試験により、コンクリートと UHP-SHCC の付着強度を求め、付着強度(1.75MPa)に対して、90%, 70%, 50% となるような 3 種類の応力を上限の目標値とする繰返し荷重を行うものとした。繰返し荷重は前章の疲労試験と同様な三角波で制御した。水中試験では荷重の 12 時間前から治具の水槽内に水を満たし、かつ試験も水槽内で実施することで、供試体が十分に浸水している状態で荷重されるようにした。写真-2 に荷重状況を示す。

表-2 コンクリートの配合

水セメント比	単用量 (kg/m ³)				
	セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤*2
57.0%	312	176	860	882	1.5

*2 高性能AE減水剤

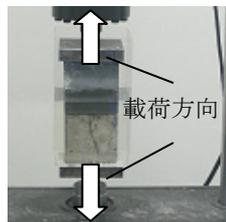


写真-2 水中試験状況

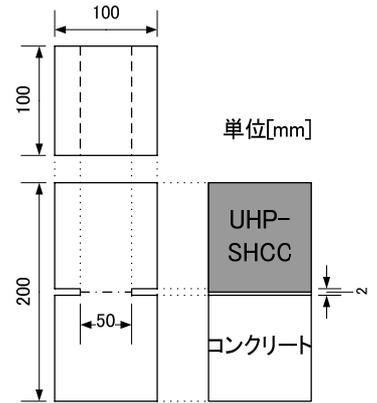


図-4 付着疲労試験供試体形状

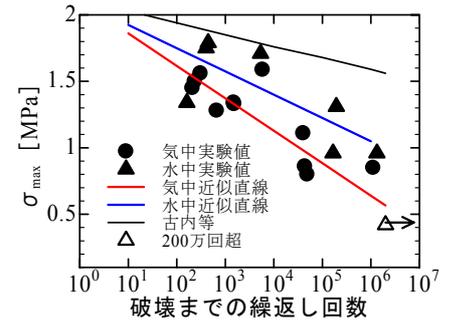


図-5 応力と繰返し回数

3. 2 実験結果と考察

気中および水中試験から得られた、断面に作用する応力の上限値 σ_{max} と破壊までの繰返し回数の関係を図-5 に示す。気中試験・水中試験ともに、疲労破壊するのは母材コンクリート側であり、破壊に至るまでの繰返し回数は応力比 0.9 に相当する応力の作用下で 300 回~5000 回、応力比 0.5 に相当する応力の作用下で 40000 回~1000000 回付近に分布し、前章の試験結果と同様に、断面に作用する応力が小さくなることにしたがって、破壊に至るまでの繰返し回数が増加することが確認された。また、気中・水中両環境条件下における試験結果は、両者に大きな差が見られなかった。ポリマーセメントモルタルの付着強度に関する古内等の研究²⁾と比較すると、本実験で得られた疲労耐久性が古内らの実験結果より低いことがわかる。この理由については、古内等の実験で用いられたコンクリートの圧縮強度 35~40MPa に対し、本実験での強度が約 20MPa であったことによるものと推察される。

4. まとめ

本実験より、ひび割れを有する UHP-SHCC 単体および普通コンクリートとの付着面ともに、応力レベルが低くなるにつれて、破壊までの繰返し回数が増加することが確認された。また、同じ繰返し荷重で破壊する場合、UHP-SHCC の疲労強度は普通コンクリートの 2~3 倍であること、付着面が疲労破壊することはなく、付着面の疲労耐久性は母材コンクリートの疲労耐久性に依存することが確認された。

謝辞

本研究は、国土交通省道路局新道路技術会議「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の助成を受けて実施しました。ここに記し謝意を表します。

参考文献

- 金子林爾, 大岸佐吉 気乾および湿潤コンクリートの直接・割裂各引張疲労特性に関する研究 日本建築学会構造系論文集第 149 号 pp.31-38 1991
- 古内仁, 川崎裕史, 上田多門 疲労荷重下におけるポリマーセメントモルタルの付着強度について コンクリート工学年次論文集 vol.29 No.2 pp.841-846 2007