ひび割れを有する超高強度ひずみ硬化型セメント系材料の

一軸引張荷重下における疲労性状

名古屋大学			江口 輝行,長嶌 宏弥				
名古屋大学大学院	正会員	国枝	稔,	中村	光,	上田	尚史

1. はじめに

超高強度ひずみ硬化型モルタル(UHP-SHCC)は高強度,高靭性を特徴とする短繊維補強モルタルの一つであり¹⁾,高い力学性能や保護性能を有するという材料的な特徴から補修・補強材料としての利用が期待される.例 えば,RC 床版の上面増厚補修に適用する場合,特に負曲げが作用する部位では,ひび割れが発生した状態で車 両の通行による繰返し荷重を負担する.さらに,ひび割れ発生後の繊維架橋時における UHP-SHCC の疲労性状に ついて検討を行うことは,上面増厚補修以外の繰返し引張力を受ける部材への適用性を検討する上で重要である.

そこで本研究では、ひび割れ発生以降の UHP-SHCC の疲労耐久性について検討するための基礎実験として、角 柱供試体の一軸引張応力下における疲労試験を実施した.

2. 実験概要

実験に用いた UHP-SHCC の配合を表-1 に示す. W/B=0.22 とし、セメ ントには低熱ポルトランドセメント (密度:3.14g/cm³)を使用し、セメン ト質量の 15%をシリカフューム (密度:2.2g/cm³)で置換した. 細骨材は 7号硅砂 (密度:2.68g/cm³)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. 図-1 にこの配合で 作製したダンベル供試体 (試験区間の断面:13×30mm)の一軸引張試験の 結果を示す. 図-1から、UHP-SHCC が初期ひび割れの発生後も複数ひび 割れを生じながら応力とひずみが増加する性質を有していることがわかる. 疲労試験には 100×100mm の供試体を作製し、脱型後 5 日間 60℃の 温水養生を実施した後、材齢 22 日まで 20℃の恒温室に静置した.供試 体には図-2 に示す位置に切欠きを導入し、試験断面を 20mm×70mm と した.

疲労試験に先立ち,図-2 に示す供試体の引張試験を実施したところ, 終局荷重は 7.6kN(応力換算で 5MPa)であった.疲労試験は,図-3 に示 すような波形の繰返し荷重を荷重制御にて与えた.上限荷重は,静的引張 載荷における終局荷重(7.6kN)を基準にして,5,7kNの2 水準とした.

表-1 UHP-SHCC の示方配合

W/B	繊維混入	単位量(kg/m ³)							
	率(体積 比)(%)	水	セメント	シリカ フューム	細骨材	混和剤 ^{*1}	消泡剤	膨張材	繊維
0.22	1.25	277	1106	199	397	13.2	2. 91	20	12.1

*1:高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系)







載荷状況を写真-1に示す.

3. 実験結果および考察

実験を行った応力比(試験時応力を静的引張試験時の強度 5MPa で正規化)と破壊までの繰り返し回数の関係を図-4に示す.ひび 割れ発生後も応力比 0.9 程度の場合で 400 回から 3000 回,応力比 0.6(ひび割れ発生荷重に相当)程度の場合で 40000 回から 100000 回程度で破壊した.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,曲げ疲労を対象とした既往の 研究結果²)と類似した傾向にある.

写真-2から4に、静的載荷並びに各応力水準における破断面の 繊維の状態をマイクロスコープによって撮影した写真(100倍)を 示す.この写真からも全体的な傾向としては繊維の引張が卓越して いる破壊モードとなっていることが確認された.しかし、詳細に観 察してみると、応力比 0.9 程度で疲労破壊した供試体の破断面と静 的に引張破壊させた供試体の破断面の繊維にはモルタルが付着して いる状況が確認できるが、応力比 0.6 程度で疲労破壊させた供試体 の破断面の繊維にはモルタルの付着は見られなかった.このことか ら、高応力下での疲労破壊は静的載荷の破壊モードと類似しており、 繊維周辺のモルタルの破壊を伴う繊維の引抜け挙動となる.一方、 低応力下での疲労破壊では、繊維とモルタルの化学的付着が劣化す る破壊モードとなっていると推察できる.この点については、今後 も詳細に検討する必要がある.

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す.

1) 応力レベルが低くなるにつれて,破壊までの繰り返し回数が増加することが確認された.

2) 高応力下での疲労破壊は静的載荷の破壊モードと類似した、繊維周辺のモルタルの破壊を伴う繊維の引抜け挙動となる.一方、低応力下での疲労破壊では、繊維とモルタルの化学的付着が劣化する破壊モードとなっていると推察される.

参考文献

国枝稔, Ahmed Kamal, 中村光, Eugen Brühwiler: 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, No.1, pp.315-320, 2007

2) Takashi MATSUMOTO, Peerapong SUTHIWARAPIRAK, and Tetsushi KANDA : MECHANISMS OF MULTIPLE CRACKING AND FRACTURE OF DFRCCS UNDER FATIGUE FLEXURE, Proceedings of

the JCI International Workshop on Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites (DFRCC)- Application and Evaluation-, October 2002





写真-2 破断面(上限荷重 5kN)



写真-3 破断面(上限荷重 7kN)



写真-4 破断面(静的載荷)