

V-464

鋼繊維補強軽量コンクリートの曲げ疲労特性

日本メサライト工業（株） 正会員 石川 寛範

大阪大 フェロー 松井 繁之

神鋼建材工業（株） 正会員 大西 三郎 日本メサライト工業（株） 正会員 藤木 英一

1. はじめに

軽量コンクリートは一部の力学的性状が普通コンクリートよりもやや劣ることから近年土木分野での利用状況は限定的である。そこで、軽量コンクリートに鋼繊維（以下、SF と記す）を混入することで、力学性状の向上を図ることとした。本論文は鋼繊維補強軽量コンクリート（以下、SFLC と記す）の曲げ疲労特性について報告するものである。

表-1. 使用材料

2. 実験概要

2.1 使用材料

今回の曲げ疲労試験に用いた材料を表-1に示し、その配合を表-2に示す。また、今回の試験に用いた鋼繊維は、長さが50～60mmの鋼繊維であり、供試体寸法は繊維長さの2.5倍以上の150×150×530(mm)で無筋の梁供試体とし、鋼繊維混入率は0.75%とした。

種類	記号	物性（値）
セメント	C	普通ポルトランドセメント（比重3.16）
水	W	上水道水
細骨材	S	大井川水系陸砂（表乾比重 2.60 FM=2.74）
粗骨材	G	人工軽量骨材（絶乾比重1.28 吸水率26.5% 最大寸法15mm）
混和剤	SP	高性能AE減水剤 ポリカルボン酸系
鋼繊維	SF	A（両端フック型） $\phi 0.8 \times 60$ (mm)
		B（インデント型） $\phi 0.7 \times 50$ (mm)
		C（波型） $0.25 \times 2.0 \times 50$ (mm)

表-2 コンクリートの配合

No.	SF混入率 (vol.%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(Kg/m ³)					スランブ (cm)	空気量 (%)
				W	C	S	G	SF		
1	0.75	48	56	180	375	949	463	60	18±1.5	5±1
2	0	48	48	180	375	811	549	0		

表-3 载荷条件

2.2 配合

今回の曲げ疲労試験に用いたコンクリートの配合を表-2に示す。鋼繊維は表-1に示したA,B,Cのタイプの違う3種類を使用し、鋼繊維の種類により細骨材率やその他の配合を変えることなくマトリックスは一定とした。

SF	A, B, C								無混入	
曲げ強度(N/mm ²)	5.86								3.92	
初期曲げひび割れ 応力(N/mm ²)	4.69								3.92	
上限応力比(%)	85, 75, 65, 55									
下限応力比(%)	7.7(一定)									
上限応力(N/mm ²)	3.99	3.52	3.05	2.59	3.33	2.95	2.55	2.16		
下限応力(N/mm ²)	0.30(一定)									
载荷波形	正弦波									
载荷速度(Hz)	5, 10(上限応力比55%のみ)									

2.3 試験方法

今回の曲げ疲労試験に使用した疲労試験機は電気油圧サーボ式の試験機（最大荷重 50tonf セメント協会・研究所所有）で材齢 77 日以降に実施した。载荷方法については、曲げスパン 450mm の 3 等分点载荷とした。その他の試験条件については、表-3に示す。疲労試験中でも 200 万回（载荷速度 10Hz の試験体は 400 万回）までで破壊に至らない場合は疲労試験を途中打ち切りとした。ただし、A65-2, A65-3 の 2 つの供試体については、打ち切り回数をそれぞれ 421.5 万回、850 万回まで延長した。

3. 結果と考察

3.1 疲労寿命

キーワード：鋼繊維補強軽量コンクリート、曲げ疲労特性、疲労強度

連絡先：〒273-0017 千葉県船橋市西浦3-9-2 Tel. 0474-31-8135 Fax. 0474-35-6255

疲労試験の結果をもとに図-1に $S'-N$ 線図を示す。普通は縦軸が応力比であるが、ここでは鋼繊維補強の効果がより顕著にでる実応力と疲労寿命の関係を示す。図中の→はそのサイクル数に達しても破壊に至っていないことを示す。図-1に引いた直線は最小二乗法により求めた近似線であり、これによると SFLC の 200 万回疲労強度は実応力でそれぞれ、鋼繊維 A で 3.1N/mm^2 、鋼繊維 B で 2.9N/mm^2 、鋼繊維 C で 2.8N/mm^2 となる。鋼繊維無混入の 200 万回疲労強度は実応力で 2.0N/mm^2 なので、これと比べると SFLC の 200 万回疲労強度は大幅に向上している。

3. 2 ひび割れの進展と破壊性状

SFLC の破壊性状であるが、繊維無混入では、疲労寿命のサイクル数で突然破壊するのとは違い、ひび割れが徐々に成長して、最終的に破壊に至る。図-2にひび割れの進展状況の一例を示す。図-2に示したように 421.5 万回でも破壊に至らない供試体ではひび割れの進展深さが 40mm 程度で止まっている。鋼繊維無混入の供試体では、疲労寿命のサイクル数でいきなり破壊に至る。一方、SFLC の破壊した供試体では、ひび割れは徐々に進展し、やがて破壊に至る。これは、ひび割れの進展している断面に存在する SF がひび割れの発生に伴って引張応力を分担して抵抗し、コンクリートとの付着が限度に達したものが徐々にコンクリートから SF が抜けたためだと思われる。疲労試験後、試験体の断面をみると破断した鋼繊維はなく、コンクリートから抜けたものがほとんどであった。

図-1に引いた直線は最小二乗法により求めた近似線であり、これによると SFLC の 200 万回疲労強度は実応力でそれぞれ、鋼繊維 A で 3.1N/mm^2 、鋼繊維 B で 2.9N/mm^2 、鋼繊維 C で 2.8N/mm^2 となる。鋼繊維無混入の 200 万回疲労強度は実応力で 2.0N/mm^2 なので、これと比べると SFLC の 200 万回疲労強度は大幅に向上している。

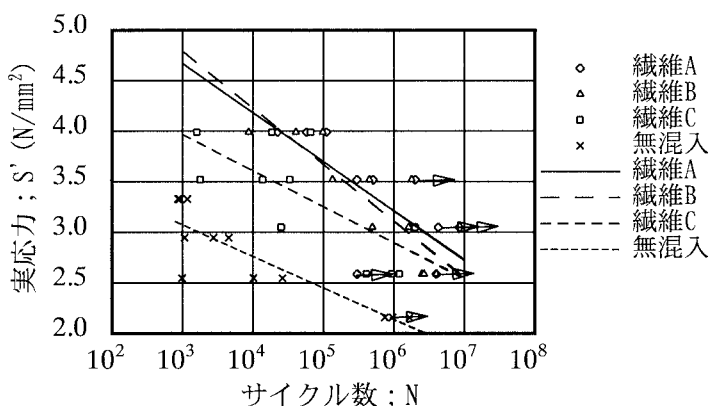


図-1 $S'-N$ 線図

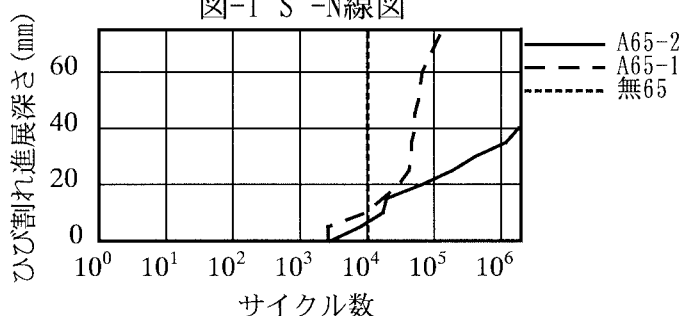


図-2 ひび割れ進展とサイクル数

況の一例を示す。図-2に示したように 421.5 万回でも破壊に至らない供試体ではひび割れの進展深さが 40mm 程度で止まっている。鋼繊維無混入の供試体では、疲労寿命のサイクル数でいきなり破壊に至る。一方、SFLC の破壊した供試体では、ひび割れは徐々に進展し、やがて破壊に至る。これは、ひび割れの進展している断面に存在する SF がひび割れの発生に伴って引張応力を分担して抵抗し、コンクリートとの付着が限度に達したものが徐々にコンクリートから SF が抜けたためだと思われる。疲労試験後、試験体の断面をみると破断した鋼繊維はなく、コンクリートから抜けたものがほとんどであった。

4. まとめ

本実験から得られた結論をまとめると以下になる。

- (1) 同一応力における SFLC の疲労強度は、繊維無混入に比べて大幅に向上する。
- (2) SFLC の 200 万回疲労強度は初期曲げひび割れ強度の 60～65%である。
- (3) SFLC における疲労破壊は繊維無混入のコンクリートのように急激に破壊に至るのでなく徐々にひび割れが進展し、徐々に破壊に至る。

なお、この研究は、ALA 協会等で組織した鋼繊維補強軽量コンクリート委員会（委員長 真嶋光保 大阪市立大）の活動成果であり、疲労試験の実施にあたっては、(社)セメント協会・研究所の御協力を得た。

参考文献 鋼繊維補強コンクリートの曲げ疲労特性 水越、松井他 (JCI 年次論文報告集 Vol.16 No.1 1994)