

繰返し荷重を受けた繊維補強コンクリートの表面応力状態

学生氏名 北澤 篤 指導教員 栗原 哲彦

1. はじめに

コンクリート構造物内部における空洞やかぶり厚不足などの施工不良個所の検出には、超音波などによる非破壊試験法が利用されてきた。本研究で使用する赤外線測定システムは、外力の作用によりコンクリート表面に現れる温度差を赤外線で測定し、応力に変換するシステムである。本研究は複数ひび割れの発生が予想される各種繊維補強コンクリートにこの赤外線システムを適用し、表面応力状態を捉えるとともに、応力集中位置から最終破壊位置の予測を試みた。

2. 実験概要

(1) 供試体

昨年度の実験では、破壊直前において、およその破壊位置の特定が可能であったが、ひび割れ先端部における応力集中を捉えることができなかった。

そこで、今年度は、よりひび割れ分散が期待される鋼繊維補強コンクリート(繊維混入率 1.5%・2.0%)、高靱性セメント複合材料(繊維混入率 1.5%)を対象とした。使用する繊維は、鋼繊維補強コンクリートでは、直径 12mm、長さ 30mmのインデント付ストレート繊維。高靱性複合材料セメントでは、繊維径 12 μ m、繊維長 13mmのポリエチレン繊維とした。なお、供試体の寸法は、100×100×400mmと一定とした。配合を表 1 に示す。

表 1 各種コンクリート供試体の示方配合

シリーズ	空気量 (%)	スランプ (cm)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)					Ad ₁ (cc)	Ad ₂ (cc)	Ad ₃ (cc)
				W	C	S	G	F			
SFRC1.5%	5.25	2.5	50	154	320	912	936	118	3200	3200	-
SFRC2.0%	3.50	0.3	60	154	320	950	833	157	3200	3200	-
DFRCC	-	183 ¹⁾	31	342	1264	395 ²⁾	-	14.6	-	-	3793

1) : DFRCCは、フロー試験を行った。フロー値5mmで示す。2) : 7号 珪砂 Ad₁:AE 減水剤 Ad₂:補助 AE 減水剤 Ad₃:高性能 AE 減水剤

(2) 載荷方法

載荷方法は、サーボパルサー式試験機を用い 3 等分点曲げ載荷による繰返し疲労試験を行った(表 2 参照)。載荷スパンは 300mm とした。繰返し疲労試験の周波数は 5Hz とし、1 荷重レベルにおける測定時間を 1 時間と一定とし、疲労試験を行った(図 1 参照)。繰返し疲労試験時の上限荷重は、SFRC1.5% では静的曲げ耐力の 50%から 5%ずつ、混入率 SFRC2.0%では 55%から 5%ずつ、DFRCCでは、60%から10%ずつ破壊に至るまで増加させた。なお、対象とする各コンクリートはひび割れ発生後も繊維によってひび割れを介して応力の伝達が行なわれるため、最大荷重点以降においても大きな耐力低下はなく変形が進行する。そのため、静的曲げ試験では、曲げ荷重の第 1 ピークと第 2 ピークを測定し、第 1 ピークの方を最大曲げ耐力とした。

表 2 繰返し載荷試験の上限・下限荷重

シリーズ		1 サイクル	2 サイクル	3 サイクル	4 サイクル
SFRC1.5%	上限荷重 (kN)	15.0	16.3	17.7	19.1
	下限荷重 (N)	588	588	588	588
SFRC2.0%	上限荷重 (kN)	19.9	21.7	23.5	25.3
	下限荷重 (N)	588	588	588	588
DFRCC	上限荷重 (kN)	23.8	27.7	31.8	35.7
	下限荷重 (N)	588	588	588	588

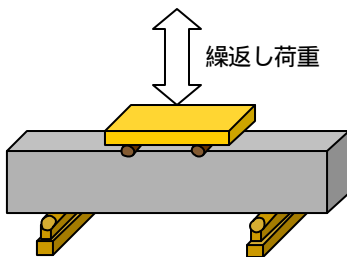


図 1 3 等分点載荷試験状況

(3) 赤外線応力画像システムを用いた応力画像の求め方の原理¹⁾

繰返し荷重を作用させた時，繰返し載荷時の最大荷重（上限荷重）時の温度と最小荷重（下限荷重）時の温度を測定し，その差を求めることで応力に相当する温度差の画像（温度応力画像）を求めることができる．温度差の測定は，荷重負荷に同期させて，1 周期ごとに走査線上で n 回のライン積算を行い，これを順次繰返しながら，微妙な温度変化を信号として取り出し，画像化を行っていく．

3. 実験結果

(1) 鋼繊維補強コンクリート（混入率 1.5%）

図2 (a)は、上限荷重 19.1k N時の応力分布図である．明確に引張領域の中央よりやや左側に、高い応力部分が確認された．しかしひび割れ発生後、ひび割れ先端に明確に応力集中を据えることができなかった．これは、昨年の実験と同様に鋼繊維の混入率が、1.5%と少なく、鋼繊維補強コンクリートの特長であるタフネスがあまりでず、応力集中が表れる前に破壊に至ってしまったと考えられる．

(2) 鋼繊維補強コンクリート（混入率 2.0%）

図3 (a)は上限荷重 35.7 kN時の応力分布図である．供試体は、この直後破壊した．鋼繊維補強コンクリート(1.5%)の時と比較するとひび割れ発生後、ひび割れ先端にわずかに応力集中を据えることができた．鋼繊維の混入率が、2.0%と増えているため鋼繊維補強コンクリートの特長であるタフネスが十分にあり、うまく温度変化を据えることができたと考えられる．

(3) 高靱性セメント複合材料

図4 (a)に上限荷重 23.8kN 時の応力分布図を示す．供試体下部右側の支点周りに応力の高い領域が、現れた．次に (b)に上限荷重 23.8kN 時の応力分布図を示す．供試体下部に応力の高い領域が、現れた．この領域の広がりやDFRCCのマルチプルクラック特性により、破壊領域がモーメントスパン全域に広がっていることを視覚的にとらえることができた．最終的には、高い応力箇所でも破断したことも確認できた．

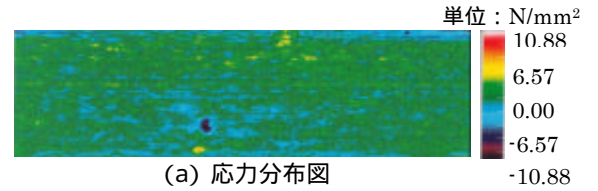
4. まとめ

いずれのコンクリートにおいても最大耐力付近においては下縁に高応力領域を捉えることができ、その位置で最終的に破断した．

特に高靱性複合材料セメントについては、載荷後からすぐに応力集中をとらえられることができた．通常の鋼繊維補強コンクリートに比べ、破壊領域がモーメントスパン全域に広がり、複数のひび割れが発生するのを視覚的にとらえることができた．

【参考文献】

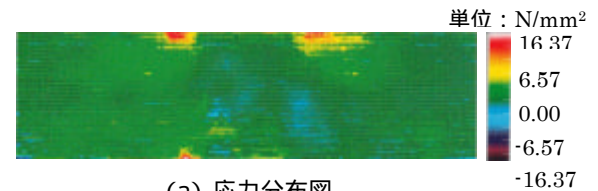
1) 増喜秋久，熱画像装置による応力測定，日本赤外線学会誌，第 10 巻第 1 号，p34-41，2000 .6



(a) 応力分布図



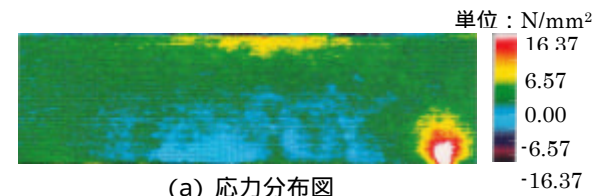
(b) ひび割れ状況
図2 SFRC1.5% (4回目)



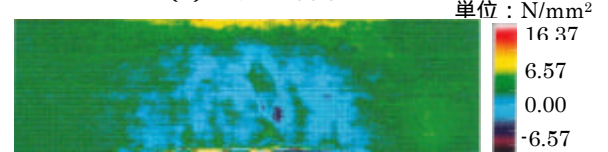
(a) 応力分布図



(b) ひび割れ状況
図3 SFRC2.0% (4回目)



(a) 応力分布図



(b) 応力分布図



(c) ひび割れ状況
図4 DFRCC (4回目)