

鋼繊維補強超速硬コンクリート中に配置される重ね継手部の疲労特性

住友大阪セメント 正会員 羽生 賢一 正会員 松本 公一
 正会員 内田 美生
 日本道路公団 正会員 上東 泰
 建設技術研究所 正会員 石塚 喬康

1. はじめに

道路橋の総重量規制緩和に伴う補強対策の1つと考えられている「鉄筋補強上面増厚工法」では、鋼繊維補強超速硬コンクリート(以下、超速硬 SFRC)中に配置される補強鉄筋の継手方法が問題となる。継手方法として最も一般的な重ね継手を採用した場合、スターラップが配置できないことおよび重ね継手部が一個所に集中しやすいことなどが問題となるが、一方で鋼繊維の拘束効果により鉄筋の付着性能が大きく改善されていることが予想される。また、施工幅員等の制約を考えれば、この改善効果に期待して重合わせ長さをさらに低減させることが望ましい。超速硬 SFRC 中に配置された重ね継手部の静的な力学的挙動に対しては、荷重点間に重ね継手部を有する梁の静的荷重試験を実施し、低減可能であることは既に確認されている¹⁾。

今回、静的な力学的挙動に関して得られた結果を基に繰り返し荷重試験を実施し、重合わせ長さを低減した部材において繰り返し荷重を経た場合の重ね継手部の力学的挙動に対する検討を行なった。本報ではその検討結果について報告する。

2. 実験の概要

供試体寸法および荷重方法を図-1に示す。また、超速硬 SFRC の示方配合は表-1に示すように鉄筋補強上面増厚工法での実績を勘案して決定したものである。一方、表-2には静的荷重試験結果の一覧を示す。表より、補強鉄筋として D16~22 を使用した場合、鉄筋径の10倍程度の重合わせ長さを設ければ重ね継手を設けない場合とほぼ同等の破壊荷重を示し、補強鉄筋の応力もほぼ降伏域に達していることが確認されている¹⁾。

今回の実験ではこの結果を踏まえて、重ね継手部の重合わせ長さを 10D、補強鉄筋径を D16,22 の2種、供試体は各3体とした。なお、動的荷重試験には荷重装置としては動的最大能力 500kN の油圧式サーボ試験機を用いた。試験時の基本的な設定条件は表-3に示すとおりであるが、上限荷重に関しては補強鉄筋の応力度を基準に設定することとした。今回の実験ではまず最初に同工法で補強対象となる実橋上において発生する応力度に対して30%程度の余裕を見込んだ応力振幅(80-100kN/mm²)を生じさせるように上限荷重値を設定し動的荷重試験を実施した。試験終了後、供試体が破壊せず健全であれば、3体中1体で静的破壊荷重を確認し、残り2体についてはさらに応力振幅を上昇させた条件下で荷重試験を継続し、最終的に破壊が生じるまで試験を継続した。

表-1 超速硬 SFRC の示方配合

Slump (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位置量 (kg/m ³)					減水剤 (cc%)
			C	W	S	G	SF	
5±1.5	39.0	56.9	431	168	945	756	100	2.5

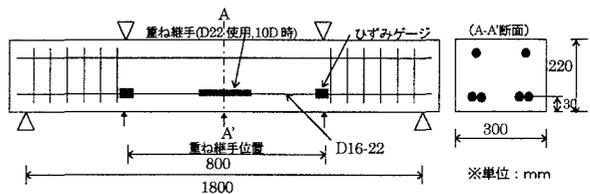


図-1 供試体寸法および荷重方法

表-2 静的荷重試験結果

重合わせ長さ	鉄筋径	最大荷重 (kN)	最大荷重時の主鉄筋応力度 (N/mm ²)
継手なし	D 19	202, 221	385, 387
5 D	D 19	145, 158	277, 268
10 D	D 16	155, 174	364, 442
	D 19	202, 214	377, 391
	D 22	252, 255	378, 424
	D 19	218, 218	403, 419
20 D	D 19	218, 218	417, 419
30 D	D 19	201, 226	392, 368

表-3 設定条件

波形	サイン波
周波数	3Hz
下限荷重	19.6kN
上限荷重	実験概要参照
繰り返し回数	200万回

【キーワード】 鉄筋補強上面増厚工法、鋼繊維補強超速硬コンクリート、重ね継手、繰り返し荷重試験

【連絡先】 〒274 船橋市豊富町 585 番地、TEL 0474-57-3975、FAX 0474-57-7871

3. 実験結果および考察

3.1 動的載荷試験結果および破壊形態

表-4に動的載荷試験結果の一覧表を示す。表より、上面増厚工法を前提とした繰り返し載荷レベル(応力振幅:80-100kN/mm²)では、いずれの供試体も破壊に至らず健全であった。また、繰り返し載荷後の供試体に対して実施した静的載荷試験結果において、各ケースとも繰り返し載荷による疲労履歴を受けていない供試体と同様の破壊形態を示し、かつ同等の破壊荷重を有していることが確認された。つぎに、鉄筋の応力振幅を

表-4 動的載荷試験結果一覧

区分	鉄筋径		最終応力レベル(N/mm ²)				静的載荷試験 最大荷重 (kN)
			80-100	170	200	230	
ケース1	D16	→-1D16: 荷重(kN)	19.6-83.3	19.6-107.8	19.6-117.6	—	
		荷重比	51%	65%	71%		
		→-2D22: 荷重(kN)	19.6-102.9	19.6-137.2	—	19.6-171.5	
		荷重比	41%	54%		68%	
ケース2	D22	No.1 (静的載荷試験実施)	200万回	→	→	→	152(165)
		No.2	200万回	200万回			
		No.3	200万回	→	140万回 (付着破壊)		
		No.1 (静的載荷試験実施)	200万回	→	→	→	269(254)
		No.2	200万回	200万回	→	60万回 (付着破壊)	
		No.3	200万回	→			

※()は疲労履歴を受けていない供試体の静的破壊荷重(2体の平均値)。

170 kN/mm²程度にまで上昇させ再び繰り返し載荷試験を実施させたところ、この場合も供試体は破壊せず、供試体には著しい欠陥も見受けられなかった。さらに、応力振幅を200 kN/mm²以上にまで上昇させたところ、各供試体とも破壊に至った。ただし、破壊形態は静的載荷試験の場合とは異なり補強鉄筋が引き抜け、補強鉄筋の定着破壊が生じた(図-3参照)。最終的に補強鉄筋の引き抜けにより破壊に至ったのは、繰り返し荷重の影響により、重ね継手部近傍の鋼繊維が徐々に破断し、鋼繊維の拘束効果が低下したことによると考えられる。

なお、データ数は少ないものの、今回の繰り返し載荷試験により、超速硬 SFRC 中に重ね継手部を有する梁供試体は、静的強度のほぼ60%程度にあたる疲労強度を有していることが確認された。一般的に異径鉄筋を用いたRC梁の200万回疲労強度が静的強度の60~80%である。重ね継手部ではこの値よりさらに低下することを勘案すれば、本供試体は疲労強度的にも所定の性能を有しているものと思われる。

3.2 繰り返し回数と相対たわみの関係およびひび割れの進展状況

図-2には、繰り返し回数と上限載荷荷重時に発生する載荷点に対する梁中央点の弾性的な相対たわみ量の関係を、また図-3にその時のひび割れの進展状況を示す。D16,22とも繰り返し回数の増加に伴い、弾性的な相対たわみ量は漸増し、ひび割れも徐々に進展している。これは、繰り返し回数の増加とともにひび割れ発生部の鋼繊維が次第に破断していくために生じるものであり、鋼繊維補強コンクリートを使用したRC部材に、特徴的な現象であると考えられる。ただし、ひび割れが等モーメントスパン内の重ね継手部付近に集中することなく、分散しながら進展している状況を考えれば、鋼繊維の混入により

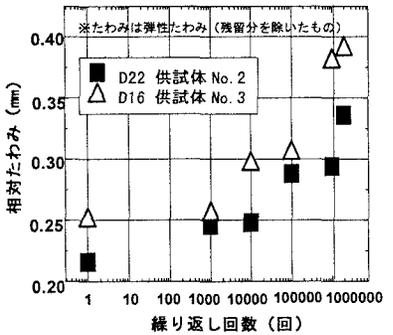


図-2 繰り返し回数と相対たわみ量の関係

4. 結論

超速硬 SFRC 中に重ね継手部を有する梁供試体において、重ね合わせ長さを10D程度まで低減させた場合、最終的に補強鉄筋の定着破壊が生じる。しかし、その疲労強度は上面増厚工法で想定される応力振幅に対して十分に大きく、同工法を前提とした場合、継手部として、所定の機能を発揮できるものと考えられる。ただし、この性能を得るためには補強鉄筋の周囲に鋼繊維が均質に分散されていることが前提となるので、実施工にあたっては鋼繊維の沈降や偏在に対して十分な配慮を施すことが重要である。

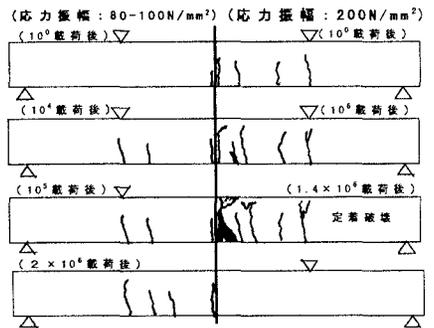


図-3 ひび割れの進展状況(D16, No.3)

【参考文献】1)羽生,内田,大谷:鋼繊維補強超速硬コンクリートの付着性能に関する実験的研究,セメント・コンクリート論文集, No.49, 1995, P.856-861