

ASRにより長期に膨張する HPFRCC への鉄筋配置によるケミカルプレストレスの導入

岐阜大学 学生会員 ○恩田 陽介

岐阜県生コンクリート工業組合 正会員 高田 浩夫

岐阜大学 正会員 六郷 恵哲

1. はじめに

セメント系材料には、収縮とそれに伴うひび割れが生じやすい。収縮低減剤や膨張材などが使われているが、長期にわたって収縮させないことは容易ではない。長期にわたって安定して膨張しうる性能をもったセメント系材料が実用化されれば、適用の可能性が広がる。

本研究では、アルカリシリカ反応(ASR)による膨張を組み入れ、長期にわたってゆっくりと膨張する複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料(HPFRCC)を提案するとともに、適用の一例として、この材料にケミカルプレストレスを導入することを検討した。小型の鉄筋補強 HPFRCC (R/HPFRCC) はりを作製し、ケミカルプレストレスの導入効果を確認した。

2. 実験概要

(1) 使用材料, 配合ならびに養生条件

細骨材には ASR 反応性の川砂を用い、比較対象(Control)には粒度を同等とした珪砂を用いた。この川砂は、火山群を源流とする河川の上流部で採取されたものである。実験で用いた HPFRCC の配合を表-1 に示す。HPFRCC における ASR の影響を迅速に確認するため、供試体を促進養生に供した。促進養生条件は既往の研究から、練混ぜ時に NaCl を用いて等価アルカリ量を 12kg/m^3 とし、 60°C の 1mol/l NaOH 溶液に浸漬することとした。

(2) R/HPFRCC はりの長さ変化と曲げ載荷試験

R/HPFRCC はりのケミカルプレストレスは、ゲージプラグを埋め込んだ供試体を用いて評価した。供試体の中心軸の長さ変化をダイヤルゲージ法に準拠して計測した。長さ変化試験は、測定の 24 時間前に 20°C の恒温室へ 60°C の恒温槽から供試体が入った促進養生容器を移動して供試体温度を平衡させてから計測を行った。鉄筋には D6 を用いて複鉄筋とし、拘束鋼材比を変化させる場合は圧縮側の鉄筋を省いて単鉄筋とした。はりの断面を図-1 示す。はり供試体の実験条件と本数を表-2 に示す。はりの曲げ載荷試験は、図-2 に示すようにスパン 320mm、等曲げ区間長 60mm の対称 2 点載荷とし、荷重をロードセルにより、支点と載荷

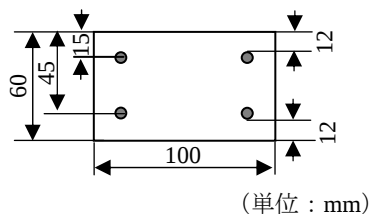


図-1 R/HPFRCC はりの断面

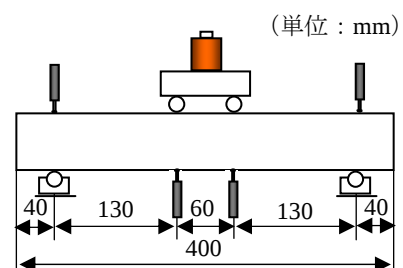


図-2 曲げ載荷試験方法

表-1 HPFRCC の配合

配合	W/C (%)	W/P (%)	単位量 (kg/m^3)						
			W	Powder		SA (S6+S7)	SPU	HMC	PE
HPFRCC PE:1.25% (Control)	50	38	390*	780	234	550 (558)	9.1	1.0	12.1

*W は SPU を含んだ水溶液の質量を表す

表-2 はり供試体の実験条件と本数

用材料	鉄筋補強	養生方法	
		ASR 促進	湿空
ASR-HPFRCC	なし	1	1
ASR-HPFRCC	複鉄筋	4	1
ASR-HPFRCC	単鉄筋	1	1
Control-HPFRCC	複鉄筋	1	1

点の変位を高感度変位計により測定した。圧縮縁には検長 30mm のひずみゲージを貼付し、引張縁には検長 30mm と 60mm のひずみゲージを平行に貼付した。供試体は、材齢 14 日まで湿空養生して 20℃での基長を測定した後、促進養生に供した。ASR 膨張の目標水準を 0.05%, 0.1%, 0.15%として、断続的に測定した膨張率が 0.05%と 0.1%を超えた時点と、膨張が過大になるのを避けて 0.15%

付近に達した時点で促進養生を終えた。その後 20℃湿空環境に供試体を移動し載荷試験まで保存し、同時に試験に供した。載荷試験前に、NaOH 溶液浸漬による飽水状態から保存期間の乾燥収縮による長さ変化を測定し、供試体の膨張率を確認した。

表-3 R/HPFRCC はり供試体の種類

記号	使用材料	鉄筋補強	養生/保存期間(日)		膨張率(%)	
			ASR 促進	湿空保存	ASR 促進	載荷試験時
ASR-0-1	ASR-HPFRCC	なし	35	9	0.3103	0.2664
ASR-S-1	ASR-HPFRCC	単鉄筋	21	23	0.1550	0.1036
ASR-D-1	ASR-HPFRCC	複鉄筋	14	30	0.0844	0.0353
ASR-D-2	ASR-HPFRCC	複鉄筋	21	23	0.1100	0.0608
ASR-D-3	ASR-HPFRCC	複鉄筋	35	9	0.1442	0.1044
ASR-D-4	ASR-HPFRCC	複鉄筋	21	収縮補償	0.1078	—
Control-D-1	Control-HPFRCC	複鉄筋	35	9	0.0503	0.0131
ASR-0-0	ASR-HPFRCC	なし	0	44	—	-0.0458
ASR-S-0	ASR-HPFRCC	単鉄筋	0	44	—	-0.0392
ASR-D-0	ASR-HPFRCC	複鉄筋	0	44	—	-0.0381
Control-D-0	Control-HPFRCC	複鉄筋	0	44	—	-0.0244

表-4 曲げ載荷試験結果のまとめ

3. はりの曲げ載荷試験の結果と考察

曲げ載荷試験は、表-3 に示すはり供試体の内、ASR による収縮補償を確認する ASR-D-4 を除き、材齢 58 日で実施した。はりの膨張水準に応じて ASR 促進養生を終えて湿空環境で保存したことにより、ASR 促進養生後の膨張は乾燥収縮やクリープにより緩和され、載荷試験時のはり供試体の膨張率は表-3 に示す値となった。各はり供試体の曲げ載荷試験結果を表-4 にまとめる。ひび割れ荷重は、引張縁中央に軸方向に平行に貼付した 30mm と 60mm の検長区間の異なるひずみゲージの計測値の差が増大し始める時点とした。

ASR によるケミカルプレストレスの効果が確認された ASR-D-1～3 と、ASR 促進養生に供していない ASR-D-0 について、ケミカルプレストレスと曲げ載荷試験結果との関係を図-3 に示す。図中の * 印は、材料のひび割れ発生荷重として無筋の ASR-0-1 の値を示す。図-3 に示すように R/HPFRCC はりでは、ASR により導入されたケミカルプレストレスに比例して降伏時のたわみが減少し、ひび割れ荷重が増加した。一方、R/HPFRCC はりの曲げ耐力は、ケミカルプレストレスに関わらずほぼ一定であった。

記号	ひび割れ荷重(kN)	降伏荷重(kN)	降伏たわみ(mm)	最大荷重(kN)
ASR-0-1	3.12	—	—	8.26
ASR-S-1	7.71	17.6	0.913	22.1
ASR-D-1	5.10	17.7	0.808	23.3
ASR-D-2	6.37	17.6	0.786	22.7
ASR-D-3	6.70	17.1	0.704	22.5
Control-D-1	4.74	18.4	0.835	24.8
ASR-0-0	2.21	—	—	10.2
ASR-S-0	2.22	17.2	0.923	22.7
ASR-D-0	2.45	17.7	1.026	22.9
Control-D-0	1.01	18.8	1.058	24.9

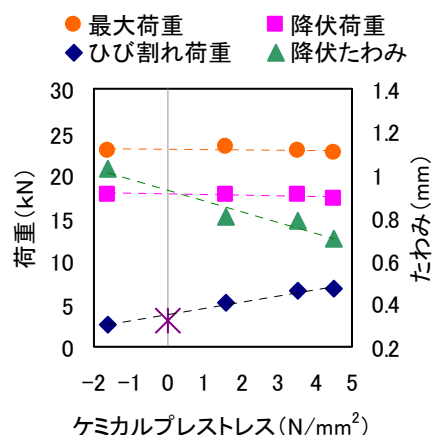


図-3 はり供試体の曲げ試験結果

4. まとめ

本研究においては、ASR による膨張を組み入れた長期にわたってゆっくりと膨張する HPFRCC に鉄筋を配置した R/HPFRCC はりを作製しケミカルプレストレスについて検討した。その結果、ASR 膨張した R/HPFRCC はりにはケミカルプレストレスが導入されて、曲げ載荷試験において、その大きさに比例してひび割れ荷重が大きくなった。