

立命館大学理工学部 学生員○佐藤章弘 理工学研究科 学生員 足田奈緒也 正会員 鈴木宏信
立命館大学理工学部 正会員 高木宣章 正会員 児島孝之

1. はじめに

ASR 損傷を生じた RC はりの耐荷特性は、健全なものと比較して劣らないことが報告されている[1]。本研究では、RC はりの曲げスパンあるいはせん断スパンに膨張コンクリートを用いて、ASR 膨張による損傷を模擬した損傷 RC はり供試体の静的載荷試験を行い、曲げ・せん断特性について実験検討を行った。

2. 実験概要

(1) 供試体の作製および載荷条件

ASR 損傷を模擬するために ASR 損傷部に膨張コンクリート、健全部に普通コンクリートを用いて供試体を作製した。コンクリートの単位膨張材量を 55, 60kg/m³ の 2 水準に変化させた 2 つのシリーズを設定した。表 1 に供試体要因を示す。供試体は、全スパン、せん断スパンのみ、曲げスパンのみの 3 種類のパターンで膨張コンクリートを用いて損傷を模擬した。比較のために全スパン普通コンクリートの供試体も作製した。表 2 にコンクリートの示方配合を、図 1 に供試体の概要を示す。供試体寸法は 15×24×200cm、引張鉄筋に D16 を 2 本使用し、スターラップはφ9 を 10cm 間隔で配置した。有効高さを 20cm とし、引張鉄筋比は 1.32% とした。コンクリートの膨張ひずみを測定するために供試体の曲げスパンに埋め込み型ひずみ計を埋設した。供試体は打設 2 日後に脱型し、載荷試験まで屋外で散水養生を行い、静的載荷試験は材齢 28 日に行った。載荷条件は、支点間距離 180cm、曲げスパン 100cm、せん断スパン有効高さ比 (a/d) 2.0 の対称 2 点集中載荷とした。

表 1 に供試体要因を示す。供試体は、全スパン、せん断スパンのみ、曲げスパンのみの 3 種類のパターンで膨張コンクリートを用いて損傷を模擬した。比較のために全スパン普通コンクリートの供試体も作製した。表 2 にコンクリートの示方配合を、図 1 に供試体の概要を示す。供試体寸法は 15×24×200cm、引張鉄筋に D16 を 2 本使用し、スターラップはφ9 を 10cm 間隔で配置した。有効高さを 20cm とし、引張鉄筋比は 1.32% とした。コンクリートの膨張ひずみを測定するために供試体の曲げスパンに埋め込み型ひずみ計を埋設した。供試体は打設 2 日後に脱型し、載荷試験まで屋外で散水養生を行い、静的載荷試験は材齢 28 日に行った。載荷条件は、支点間距離 180cm、曲げスパン 100cm、せん断スパン有効高さ比 (a/d) 2.0 の対称 2 点集中載荷とした。

(2) 測定項目

以下に測定項目を示す。

(i) 普通、膨張コンクリートの物性試験

①圧縮強度・静弾性係数 ②引張強度 ③曲げ強度 ④超音波パルス伝播速度 ⑤動弾性係数 ⑥長さ変化率 ⑦コンクリートコアの圧縮強度・静弾性係数(膨張コンクリートのみ測定) なお、①②③は所定材齢で実施した。④⑤⑥は無拘束供試体(10×10×40cm)を用いて、型枠脱型後からはり載荷日まで経時変化を測定した。⑦は、はり供試体から採取したコンクリートコアを用いて実施した。

(ii) RC はりの脱型後から載荷試験までの測定項目

①鉄筋ひずみ ②コンクリートの内部膨張ひずみ ③RC はり表面の膨張ひずみ ④超音波パルス伝播速度

(iii) 載荷試験時の測定項目

①ひび割れ発生荷重・降伏荷重・破壊荷重 ②鉄筋ひずみ ③内部コンクリートの膨張ひずみ ④たわみ ⑤曲率

表 1 供試体要因

シリーズ	EP	パターン	供試体名	使用コンクリート	
				曲げスパン	せん断スパン
1	55	I	EP55-I	損傷	
		II	EP55-II	損傷	健全
		III	EP55-III	健全	損傷
	0	IV	N-1	健全	健全
2	60	I	EP60-I	損傷	
		II	EP60-II	損傷	健全
		III	EP60-III	健全	損傷
	0	IV	N-2	健全	健全

EP: 単位膨張材量(kg/m³)

表 2 コンクリートの示方配合

シリーズ	スランブ (cm)	水結合材比 W/(C+EP) (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)					混和剤 (cc/m ³)	
				水 W	セメント C	膨張材 EP	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水 剤	AE助 剤
1	7.5	65.0	4.8	174	268	0	873	994	2680	1340
	9.5		6.8	174	213	55	871	992		
2	6.8	65.0	4.7	174	268	0	866	994	2680	1340
	9.2		5.5	174	208	60	864	992		

目標スランブ: 7.5±1cm(普通コンクリート), 目標空気量: 4.0±1% (普通コンクリート)
AE減水剤は25%溶液, AE助剤は1%溶液を使用

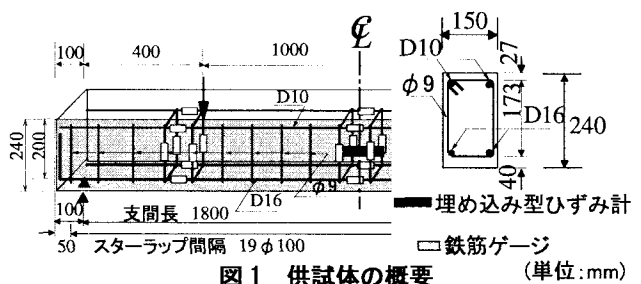


図 1 供試体の概要

(単位:mm)

3. 実験結果および考察

表3にRCはりの静的載荷試験時におけるコンクリートの力学的特性を示す。無拘束膨張コンクリート供試体の各種強度と静弾性係数は膨張による劣化のため、普通コンクリートよりも小さい。RCはりから採取したコンクリートコアの圧縮強度と静弾性係数は、円柱供試体ほどの強度低下はない。これは、鉄筋拘束による膨張抑制効果によるためと推察される。

図2に動弾性係数の経時変化を示す。RCはりの静的載荷試験直前における膨張コンクリートの動弾性係数は、シリーズ1で30.1kN/mm²、シリーズ2で27.6kN/mm²であった。

図3にEP60-I供試体の曲げスパンで測定したひずみの経時変化を、表4に載荷試験結果および載荷試験直前のケミカルプレストレスを示す。拘束状態下におけるコンクリートの膨張ひずみは材齢5日で300μ程度であり、軸方向鉄筋とスターラップは降伏していない。この程度の劣化損傷レベルのRCはりは、曲げ耐力の低下はなく、健全なはりと同様に曲げ破壊した。また、損傷コンクリートの強度を用いた曲げ耐力の計算値は安全側となった。ケミカルプレストレスはシリーズ1の下縁で1.60N/mm²、シリーズ2の下縁で2.78N/mm²であった。曲げスパンに損傷を模擬した供試体(パターンI、II)は、曲げスパンに普通コンクリートを用いた供試体(パターンIII、IV)と比較して、曲げひび割れ発生荷重が大きくなった。これは、膨張材により導入されたケミカルプレストレス効果によるものである。しかし、降伏荷重と破壊荷重は膨張材の使用にかかわらずほぼ同等の値を示しており、膨張材によるコンクリートの劣化がRCはりの耐力に及ぼす影響は小さい。

図4にシリーズ2の荷重-たわみ曲線を示す。曲げスパンに損傷を模擬した供試体は、鉄筋降伏までは剛性が高く、ケミカルプレストレスが初期の変形状態に大きな影響を与えている。

4. まとめ

拘束状態下におけるコンクリートの膨張ひずみが300μ程度で、軸方向鉄筋とスターラップが降伏していない程度の劣化損傷レベルでは、RC

はりの曲げ耐力の低下はなく、健全なはりと同様に曲げ破壊した。

【参考文献】[1] 小林和夫：アルカリ骨材反応を生じた部材や構造の耐荷重性能，コンクリート工学，Vol. 24，No. 11，1986. 11

表3 コンクリートの力学的特性

供試体寸法(cm)		φ10×20		φ15×15	10×10×40			採取コア	
シリーズ	EP	圧縮強度	静弾性係数	引張強度	曲げ強度	長さ変化率(%)	音速(km/s)	圧縮強度	静弾性係数
1	0	25.2	27.6×10 ³	2.62	5.05	0	4.47	—	—
	55	12.3	15.1×10 ³	1.66	2.61	0.40	4.28	17.1	19.3×10 ³
2	0	28.8	28.3×10 ³	3.05	4.13	0	4.50	—	—
	60	12.4	14.6×10 ³	1.25	2.56	0.87	4.11	18.1	20.1×10 ³

強度試験はRCはり載荷日に行ったものである

採取コアの強度は載荷用RCはりとは別に同配筋の供試体を作製し、膨張コンクリートのみ採取し測定した
EP:単位膨張材量(kg/m³)

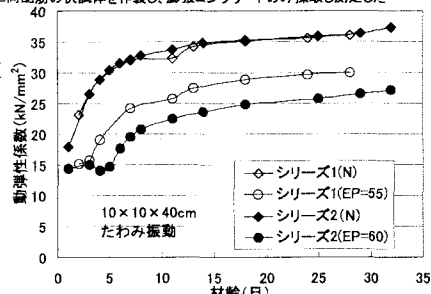


図2 動弾性係数の経時変化

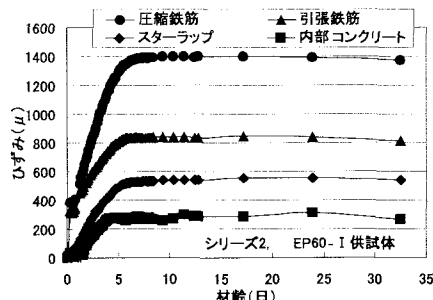


図3 ひずみの経時変化

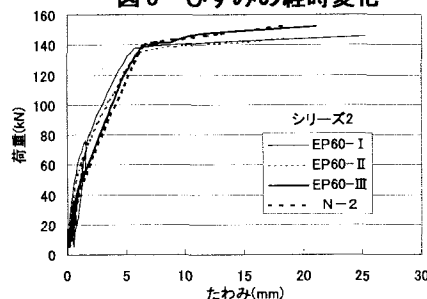


図4 荷重-たわみ曲線

表4 載荷試験結果およびケミカルプレストレス

シリーズ	供試体名	計算値(kN)					実験値(kN)			破壊形式	Pu			
		Pu1	Pu2	Pv	Pv/Pu1	Pv/Pu2	Pcr	Py	Pu		Pu1	上縁	下縁	鉛直方向
1	EP55-I	115.2	125.5	214.1	1.86	1.71	66.2	134.8	160.7	曲げ破壊	1.40	1.12	1.77	0.84
	EP55-II	115.2	125.5	221.1	1.92	1.76	53.9	133.3	157.8	曲げ破壊	1.37	1.16	1.48	0.69
	EP55-III	134.1	—	214.1	1.60	—	34.3	143.9	163.7	曲げ破壊	1.22	1.07	1.55	0.47
	N-1	134.1	—	221.1	1.65	—	34.3	145.0	160.3	曲げ破壊	1.20	0	0	0
2	EP60-I	110.8	127.0	215.1	1.94	1.69	76.0	139.4	148.4	曲げ破壊	1.34	1.95	4.01	0.99
	EP60-II	110.8	127.0	223.7	2.02	1.76	63.7	137.2	161.5	曲げ破壊	1.46	1.83	2.60	0.70
	EP60-III	136.3	—	215.1	1.58	—	34.3	140.1	161.3	曲げ破壊	1.18	1.47	1.74	0.79
	N-2	136.3	—	223.7	1.64	—	34.3	141.1	159.7	曲げ破壊	1.17	0	0	0

Pu1:円柱供試体の圧縮強度を用いた曲げ破壊荷重の計算値 Pu2:採取コアの圧縮強度を用いた曲げ破壊荷重の計算値

Pvはせん断破壊荷重の計算値(採取コアの圧縮強度を使用)

Pcr:ひび割れ発生荷重 Py:降伏荷重 Pu:最大荷重

ケミカルプレストレスは載荷試験直前の測定値で、パターンI、IIは曲げスパン中央部で測定、パターンIIIはせん断スパンで測定したものである