

ASR と鋼材腐食による複合劣化を生じた PRC はりの曲げせん断耐荷特性

大阪工業大学大学院 学生員 ○島津 祥徳 JIP テクノサイエンス (株) 正会員 波多野 雄士
 大阪工業大学工学部 正会員 三方 康弘 大阪工業大学工学部 正会員 井上 晋

1. はじめに

塩害や ASR など単独の劣化が生じた RC はり部材の研究は多くなされているものの、PC, PRC はり部材の耐荷特性については未だ不明な点が多く、また、複合劣化の知見も未だ少ないのが現状である。そこで、本研究は、ASR と鋼材腐食が生じた PRC はり部材の曲げせん断耐荷特性について検討した。

2. 実験概要

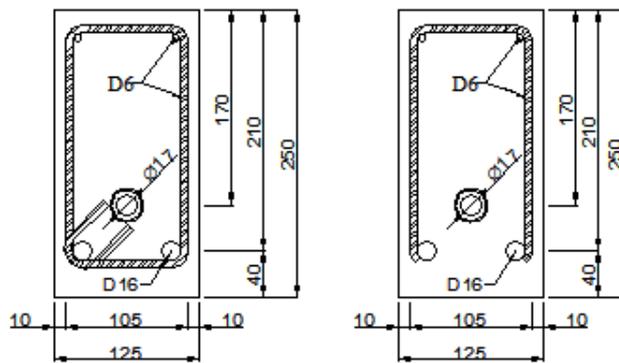
本研究では、図-1 に示すような、125×250×1800 mm の長方形断面 PRC はり部材を用いた。実験要因として、(1) 劣化の種類：健全な供試体 (以下、N シリーズと記す)、ASR 供試体 (以下、A シリーズと記す)、ASR と鋼材腐食による複合劣化が生じた供試体 (以下、AC シリーズと記す) の 3 種類を選定した。(2) せん断補強筋の性状：健全なもの (図-1(a))、ASR 損傷による鉄筋破断を模擬するため、せん断補強筋の断面引張隅角部を切断したもの (図-1(b)) の 2 種類を選定した。(3) せん断補強筋間隔：s=100mm ($p_w=0.51$)と s=150mm ($p_w=0.34$)の 2 種類を選定した。(4) 断面引張縁側の応力：2N/mm²と 4N/mm²の 2 種類を選定した。これらの要因の組み合わせにより、合計 9 体の供試体を作製した。これらの供試体の詳細を表-1 に示す。なお、主鉄筋に 2-D16 ($f_{sy}=331\text{N/mm}^2$)、せん断補強筋に D6 ($f_{sy}=432\text{N/mm}^2$)、PC 鋼材に $\phi 17$ ($f_{sy}=1000\text{N/mm}^2$) を使用した。作製した供試体は 4 週間湿布養生後、A シリーズ供試体および AC シリーズ供試体は促進養生を実施し、その後、AC シリーズ供試体は、材齢 715 日から 3%濃度の塩水を週 5 日散布養生を行った。なお、材齢 715 日時点では、ASR 膨張はほぼ収束していた。荷重試験方法は、 $a/d=2.38$ とした対象 2 点集中荷重方式とし、破壊に至るまで単調漸増型荷重とした。なお、荷重時の自由膨張量は、A シリーズ供試体で約 4600 μ 、AC シリーズ供試体で約 4900 μ の膨張量を有していた。

3. 腐食評価

塩水散布を実施した結果、主鉄筋 2 本の平均の質量減少率は AC150-2 供試体が 1.25% ($f_{sy}=330\text{N/mm}^2$)、AC150T-2 供試体が 1.53% ($f_{sy}=327\text{N/mm}^2$)、AC150T-4 供試体が 1.59% ($f_{sy}=334\text{N/mm}^2$)、AC100T-2 供試体が 0.67% ($f_{sy}=318\text{N/mm}^2$)となった。なお、腐食した鉄筋の降伏強度は公称断面積を用いて算出した。

4. 荷重-中央変位関係

荷重-中央変位関係の一例を図-2 に示す。図-2 より、ASR 単独の劣化を生じた A150-2 供試体および複合劣化を生じた AC150-2 供試体は、健全な N150-2 供試体と比較して、剛性および最大荷重が大きくなる挙動を示した。これは、ASR 膨張によるケミカルプレストレスにより、剛性が高まったものと考えられる。AC150-2 供試体は、A150-2 供試体と比較すると、剛性および最大荷重が若干増加したが、中央変位が 20mm を超過すると、荷重の低下がより顕著になった。これは、AC150-2 供試体は主鉄筋が腐食しているものの、質量減少率が 1%程度であったため耐力にほとんど影響を与えなかった。一方、自由膨張量が大きかったことにより、ケミカルプレストレスが大きくなり、剛性および最大荷重が増加した。しかしながら、主鉄筋の付着力が低下したためじん性が低下したものと考えられる。



(a) 健全スターラップ (b) 定着不良スターラップ

図-1 断面図 (単位：mm)

キーワード：ASR, 鋼材腐食, 複合劣化, PRC はり部材, 曲げせん断耐荷特性

連絡先：〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1 TEL 06-6954-4109

表-1 供試体の詳細および試験結果

シリーズ	供試体名	劣化の種類 ^{*1}	せん断補強筋		断面 下縁 の応力 (N/mm ²)	曲げ破壊 荷重 ^{*2} 計算値 Pub (kN)	せん断耐力計算値				最大 荷重 実測値 Pu (kN)	破壊形式
			鉄筋 破断	配置 間隔 (mm)			Pus (kN)	Vy (kN)	Vc ^{*3} (kN)	Vs (kN)		
N	N150-2	健全	無	150	2	206.2	128.8	64.4	33.6	30.8	191.8	曲げ引張
A	A150-2	ASR	無	150	2	140.7	115.9	57.9	27.1	30.8	215.3	曲げ引張
	A150T-2	ASR	有	150	2	140.7	115.9	57.9	27.1	30.8	213.8	曲げ引張
	A150T-4	ASR	有	150	4	150.8	119.0	59.5	28.7	30.8	189.8	曲げ引張
	A100T-2	ASR	有	100	2	140.6	146.7	73.3	27.1	46.2	218.7	曲げ引張
AC	AC150-2	複合劣化	無	150	2	173.5	126.8	63.4	32.6	30.8	221.5	曲げ引張
	AC150T-2	複合劣化	有	150	2	173.8	127.1	63.5	32.7	30.8	215.6	曲げ引張
	AC150T-4	複合劣化	有	150	4	184.7	132.9	66.4	35.6	30.8	221.1	曲げ引張
	AC100T-2	複合劣化	有	100	2	173.9	158.6	79.3	33.1	46.2	207.6	曲げ引張

*1：ASRはASR単独の劣化を生じた供試体，複合劣化はASRと鋼材腐食による複合劣化を生じた供試体

*2：鋼材の降伏強度，コンクリートの圧縮強度には実材料強度を用いて，ファイバー法により曲げ破壊荷重を算定した．なお，腐食鉄筋の降伏強度は公称断面積を用いて算出した．

*3：引張側鋼材の断面積には公称断面積を用いた．なお，ケミカルプレストレスの効果は考慮していない．

5. 荷重－せん断ひび割れ幅関係

起点側の荷重－せん断ひび割れ幅関係の一例を図-3に示す。複合劣化したAC150-2供試体は，健全なN150-2供試体と比較すると，ケミカルプレストレスの影響により荷重の増加にともなうせん断ひび割れ幅の開口が顕著でなかった。AC150T-2供試体は，AC150-2供試体と比較すると，荷重の増加に伴うせん断ひび割れの開口が顕著に見られた。これは，せん断補強筋が定着不良により，せん断補強筋があまり有効に機能していないため，せん断ひび割れの開口が顕著に見られたと考えられる。複合劣化が生じたAC150T-2供試体は，ASR単独の劣化が生じたA150T-2供試体と比較して，荷重の増加に伴うせん断ひび割れ幅の開口が顕著に見られた。これは，鉄筋腐食による付着力の低下により，せん断補強筋の機能が低下し，せん断ひび割れの進展や開口を抑制できなかったものと考えられる。

6. まとめ

本実験の複合劣化を生じた供試体は，主鉄筋が腐食しているものの，質量減少率が1%程度であったため，曲げ破壊荷重にほとんど影響を及ぼさなかった。また，ASR単独の劣化が生じた供試体では，せん断補強筋に定着不良を生じてても，定着長が確保されることにより，せん断補強筋として機能するが，

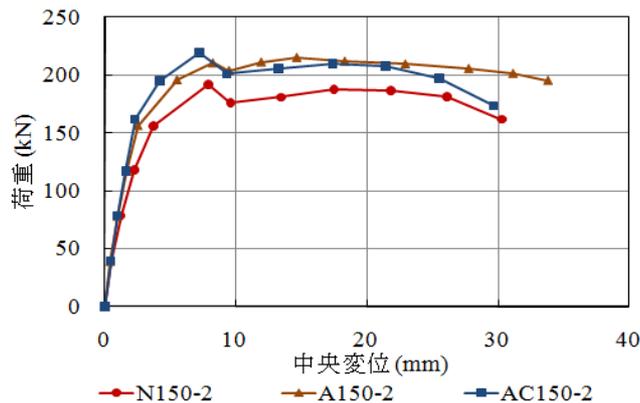


図-2 荷重－中央変位関係の一例

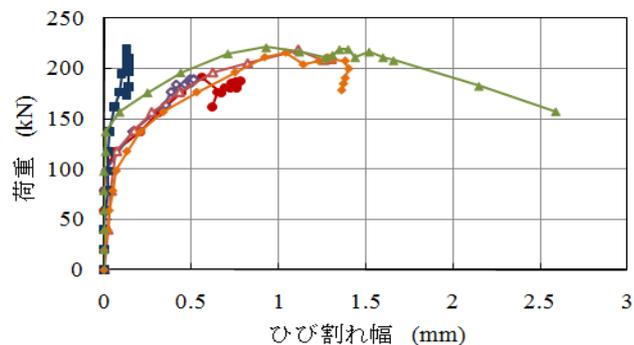


図-3 荷重－せん断ひび割れ幅関係の一例

せん断補強筋の腐食による複合劣化が生じることに
より，コンクリートとせん断補強筋の付着力が低下
し，せん断補強筋の機能が低下する場合がある。