

京都大学 学生会員 ○阿部 亮太 京都大学 正会員 高谷 哲
 京都大学 正会員 山本 貴士 京都大学 フェロー会員 宮川 豊章

1. 研究目的

本研究では、著しい ASR 膨張劣化にともないスターラップの隅角部が破断した PC はりのせん断耐荷性能を明らかにすることを目的として、スターラップ隅角部を不連続(以下、破断と呼ぶ)とした PC はり供試体に膨張材を用いて過大な膨張を与え、これに対して曲げ載荷試験を行うことでせん断耐荷挙動を検討した。

2. 実験概要

2. 1 供試体

供試体は、図 - 1 に示すような、幅×高さ(有効高さ)×全長(スパン長)=100×200(133)×1600(1400)mm の PC はりとした。φ23mm 鋼製シースの内部にφ17mmPC 鋼棒(B種 1号, $f_{pu}=1269\text{N/mm}^2$)を配置し、緊張力は引張強度の34%の98kNとした。せん断スパン内にはD6スターラップを250mm 間隔で配置し、せん断耐力比($V_y \cdot a/M_u$)は0.66とした。スターラップは、図-1に示す位置で引張側隅角部を切断した。コンクリートには、健全コンクリート(W/C=45%)と膨張コンクリート(W/B=45%, 膨張材をセメント内割り30%で配合)を用いた。

2. 2 実験方法

載荷は、スパン 1400mm に対し曲げスパン 400mm の対称 2 点 1 方向漸増繰返し曲げ試験とし、PC 鋼棒が降伏するまでは 5kN 毎、降伏後は $2\delta_y$ 毎 (実験時の荷重-変位曲線より降伏点を決定) に繰り返した。最大荷重以降は、荷重が最大荷重の6割に達するまで繰り返した。

3. 実験結果

3. 1 膨張材による ASR 膨張模擬の影響

各供試体の破壊状況、荷重-変位関係を、それぞれ図-2、図-3に示す。

N-P-s250(健全)供試体は曲げ引張により破壊した。コンクリート強度の試験値を用いたせん断耐力比は0.62であったが、プレストレスにより斜めひび割れの進展、開口が抑制されたため、曲げ引張破壊に至ったと考えられる。また、E-P-s250(膨張)供試体はせん断圧縮により破壊した。膨張コンクリートの強度がきわめて小さく(f'_c

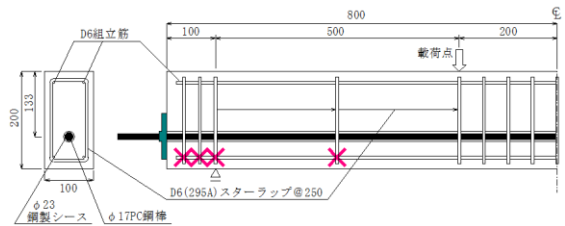
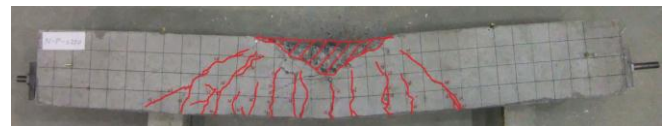
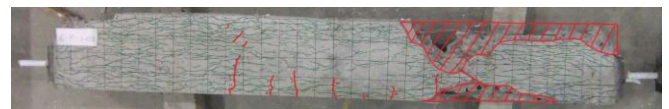


図-1 供試体概要 (単位 : mm)



(a) N-P-s250 (曲げ引張)



(b) E-P-s250 (せん断圧縮)



(c) E-P-s250-R (せん断付着)

図-2 破壊状況 (破壊形式)

$=6.12\text{N/mm}^2$), コンクリート負担分のせん断耐力が著しく低下していたと考えられる。また、図-2に示すように、軸方向に卓越した膨張ひび割れの影響で、プレストレスが低下し、斜めひび割れの開口が抑制できなかったとともに、せん断圧縮域の破壊が容易に生じたと推察される。

3. 2 スターラップの破断の影響

E-P-s250-R(膨張, スターラップ破断)供試体はせん断付着により破壊した。載荷前の膨張供試体は、供試体全体に軸方向ひび割れが発生しており、特に、スターラップを破断させた場合、供試体下縁側の拘束が失われ、この部分でコンクリートが過大に膨張し、大きな軸方向ひび割れが発生した。この軸方向ひび割れが付着割裂ひび割れに移行し、せん断付着破壊に至ったと考えられる。

荷重とスターラップひずみの関係を図-4に示す。N-P-s250(健全)供試体およびE-P-s250(膨張)供試体では、スターラップの定着により引張力を受け持っているが、E-P-s250-R(膨張, スターラップ破断)供試体では、スターラップが有効に作用していないことが確認できる。

表-1 供試体一覧および実験結果

供試体名	コンクリートの種類	スターラップの破断	f'_c (N/mm ²)	計算値						実験値	
				曲げ耐力 M_u (kN・m)	終局曲げ荷重 P_u (kN)	せん断耐力			せん断耐力比 $V_y \cdot a/M_u$	最大荷重 P_u (kN)	破壊形式
						V_c (kN)	V_s (kN)	V_y (kN)			
N-P-s250	健全	無	43.1	27.0	107.9	24.8	8.64	33.4	0.62	125.0	曲げ引張
E-P-s250	膨張	無	6.12	—	—	—	8.64	—	—	45.6	せん断圧縮
E-P-s250-R	膨張	有	6.12	—	—	—	8.64	—	—	33.3	せん断付着

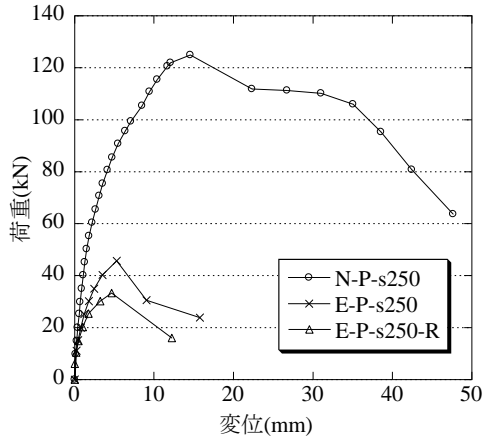


図-3 荷重-変位関係

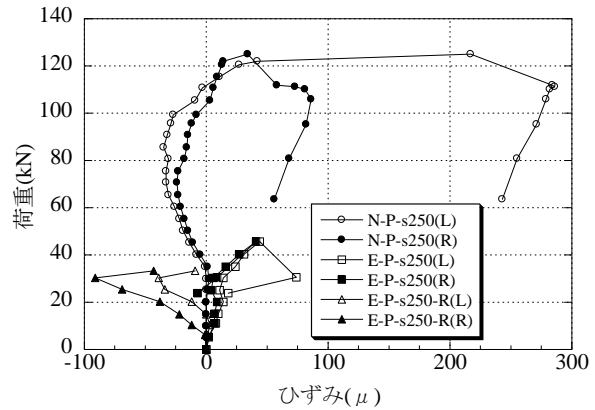


図-4 スターラップひずみ

4. 過大な膨張を生じた PC 部材の定着部破壊の推定

定着部近傍のコンクリートには、定着板からの支圧応力により割裂応力¹⁾が作用する。スターラップ破断により拘束が失われた ASR 膨張 PC 部材では、定着部近傍のコンクリート引張強度低下にともない、付着割裂ひび割れが発生し易くなると考えられる。そこで、定着部近傍のコンクリート強度が破壊形式に与える影響について検討した。

最大荷重時に定着部に作用する割裂応力は、PC 鋼棒の引張力として、導入時の緊張力に曲げ変形にともなう引張力の増分を加えて求められる²⁾。なお、単純ばりでは、支点外側に外力にともなう鋼棒引張力は理論上作用しないが、等曲げスパン内に最大荷重時に作用する引張力が支点外側にも作用するアンボンドの状態を仮定した。また、膨張コンクリートの強度は著しく小さく、最大荷重を求めるのに不適切であったため、他の研究において同一の膨張コンクリートの配合で曲げ破壊を生じた PC はり供試体の最大荷重からコンクリート強度を逆算した値($f'_c=26.6\text{N/mm}^2$)を用いた。

最大荷重時に定着部に作用する割裂応力の計算値は、E-P-s250(膨張)供試体で 1.09N/mm^2 、E-P-s250-R(膨張、スターラップ破断)供試体で 0.98N/mm^2 となった。すなわち、これらの割裂応力がコンクリートの引張強度を上回ったとき、定着部の割裂破壊が先行する。特に、スターラップの破断により膨張に対する拘束が失われると、コンクリートが過大に膨張して、定着部近傍のコンクリート強

度が著しく低下するため、付着割裂ひび割れ発生危険性が高まると考えられる。

ただし、今回は、等曲げ区間の PC 鋼棒の引張力が定着部付近まで作用するとして検討したが、ボンドタイプではこのような状況は考えられず、作用割裂応力は小さくなると考えられる。また、定着部の割裂応力として検討したが、PC 鋼棒の付着割裂強度との比較において今後検討すべきであると考えられる。さらに、実際の ASR 膨張では、過度に膨張を与えた今回の状態のように供試体コア部までの著しく強度が低下する可能性は小さく、上記の結果はきわめて限定的であると考えられる。

5. 結論

- (1) 過大な膨張を与えた PC はりでは、健全において曲げ破壊が先行してもコンクリート強度の著しい低下およびプレストレスの減少により、斜めひび割れをともなう破壊へ移行した。
- (2) スターラップの隅角部を破断した PC はりでは、膨張に対する拘束が小さくなり、付着割裂ひび割れが発生しやすく、せん断付着破壊に至る。

参考文献 1) 岡田清, 藤井学, 小林和夫: プレストレストコンクリート構造学, 国民科学社, pp.137-145, 2002.5.
2) 日本建築学会: プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説, 1998.

謝辞 本研究の一部は、建設技術研究開発費補助金「ASR 劣化構造物の力学性能推定技術の確立」(代表: 宮川豊章)により実施したことを記し、謝意を表する。