

大阪工業大学大学院 学生員 ○浦野 剛 学生員 三方 康弘
大阪工業大学 正 員 井上 晋 フェロー 小林 和夫 正 員 仁枝 保

1.はじめに

ASR 膨張によるひび割れ損傷を生じたコンクリート部材が正負交番の過大な変形を受ける場合、コンクリート負担せん断力が著しく低下することが懸念される。本研究では、ASR 損傷を生じた RC 部材の耐震性能、特にせん断耐荷特性を評価することを目的として行った基礎的な実験の結果について報告する。

2. 実験概要

本実験では、断面形状として図 1 に示すように、幅×高さ＝100×200mm、全長 1600mm の矩形断面 RC はり部材を対象とした。実験要因は、スターラップの配置間隔 s として、 $s=\infty$ （スターラップ無し）、120mm（せん断補強筋比： $p_w=0.53\%$ ）の 2 種類、軸方向筋の配筋として、上下 2-D16 と上側 2-D6、下側 2-D16 の 2 種類、コンクリートの種類として、反応性コンクリートと非反応性コンクリートの 2 種類を選定した。反応性粗骨材には養老産チャートを用い、アルカリとして亜硝酸ナトリウム（ $NaNO_3$ ）を $22.0kg/m^3$ 添加させた。反応性コンクリートの配合を表 1 に、コンクリートの強度ならびに載荷時における自由膨張量を表 2 に示す。

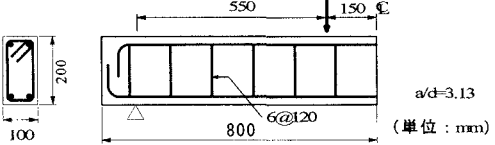


図 1 供試体の断面図と配筋図

表 1 示方配合（反応性）

単位量(kg/m ³)					減水剤 (cc/m ³)	NaNO ₂ (kg/m ³)
水	セメント	細骨材	非反応性 粗骨材	反応性 粗骨材		
168	305	874	189	754	915	22.0

表 2 コンクリート強度と自由膨張量

供試体 番号	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	自由膨張量 (μ)
R-1-12	28.1	2.33×10^4	1.48	2.82	1819
R-1-00					
R-2-12					
R-2-00	29.5	1.77×10^4	1.44	2.81	999
N-1-12	36.7	3.14×10^4	2.15	6.32	0
N-1-00					0
N-2-12					0
N-2-00	46.2	3.01×10^4	4.12	5.09	0

3.実験結果と考察

表 3 に各供試体の詳細と実験結果を示す。

表 3 より、一方向載荷の場合、R-1-00、N-1-00 はいずれもせん断破壊をしたがその破壊荷重は前者の方が大きな値を示した。また、N-2-00 はせん断破壊を生じたが、R-2-00 ではせん断耐力が増加し、最終的に曲げ引張破壊を生じた。このことより、せん断補強筋を配置しない場合、ASR 膨張を生じたはりでは、鉄筋

表 3 供試体の詳細と実験結果

供試体 番号	コンクリート 種類	軸方向筋 タイプ	せん断補 強筋配置 間隔(cm)	載荷 形式	ケミカルレストレス量※2		曲げ※2 破壊荷重 (計算値)	せん断※3 破壊荷重 (計算値)	最大 荷重※2	破壊形式※3
					上縁	下縁				
R-1-12	反応性	上 D6, 下 D16	12	繰返し	0.43	4.03	73.0	120.9	78.3	M
R-1-00		上 D6, 下 D16	∞	一方向	-0.41	9.88	73.0	70.5	79.9	S
R-2-12		上下 D16	12	繰返し	7.69	3.09	72.8	121.4	89.1	FS(-7 δ_y)
R-2-00		上下 D16	∞	一方向	6.34	3.67	72.7	54.0	88.1	M
N-1-12	非反応性	上 D6, 下 D16	12	繰返し	0	0	74.9	114.5	84.1	M
N-1-00		上 D6, 下 D16	∞	一方向	0	0	74.9	46.5	52.4	S
N-2-12		上下 D16	12	繰返し	0	0	75.7	111.6	92.8	FS(-7 δ_y)
N-2-00		上下 D16	∞	一方向	0	0	74.0	51.2	59.3	S

※1：単位は N/mm、※2：単位は kN、※3：S はせん断、M は曲げ引張、FS は曲げ降伏後のせん断破壊を示す。

の膨張拘束によるケミカルプレストレスの効果によりせん断耐力が向上し、最大荷重ならびにじん性が増大したと考えられる。

図 2 に正負交番荷重の荷重－変位曲線の包絡線を示す。正負対称変位載荷のものは、最終的に曲げ降伏後せん断破壊を生じた。この場合、最大荷重に大差はないものの、R-2-12 は N-2-12 に比べ最終的に耐力低下を生じる変位

がほんのわずかに小さくなる傾向を示した。一方、正負非対称変位載荷のものは、R-1-12 がかなり小さい変位から耐力が低下し始めている。これは、引張鉄筋量が同じで最終的に曲げ引張破壊する場合は、曲げ圧縮域のコンクリートの特性が大きく影響し、強度や剛性が低下している反応性はりでは、繰返しによる曲げ圧縮域のコンクリートの劣化が N-1-12 と比較して早期に生じたものと考えられる。

図 3 に消散エネルギー－変位関係を示す。最終的に曲げ破壊した R-1-12 は、N-1-12 より同一変位における履歴消散エネルギーが小さくなる傾向が認められた。これは、繰返し荷重を受けることによりコンクリートの劣化が早期に生じることや、ケミカルプレストレスの影響により残留変位が小さくなり、結果として履歴ループの面積が小さくなること等が原因であると考えられる。一方、曲げ降伏後せん断破壊した上下 2-D16 のはりでは、反応性はりとは非反応性はりで同一変位における消散エネルギーに大きな違いは認められないものの、消散エネルギーが急激に低下する変位は前者の方が小さくなっている。

図 4 にコンクリート、スターラップのせん断力負担率と変位の関係を示す。コンクリートの負担率は $1\delta_y \sim 4\delta_y$ の変位で、N-2-12 は 50～70%程度、これに対して R-2-12 では 90%程度となっている。この理由として、反応性はりではケミカルプレストレスの効果によりコンクリートが負担するせん断力が見掛け上増加したためと考えられる。しかし、非反応性はりでは $1\delta_y$ から徐々にコンクリートの負担率が低下しているのに対して、反応性はりでは $6\delta_y$ 以降コンクリートの負担率が急激に低下している。これは、繰返し載荷変位の進行により、ケミカルプレストレスの効果が失われ、コンクリート負担分が急激にせん断補強筋へと移行したことを示唆するものと思われる。

4.まとめ

正負交番荷重による過大な変形を受ける場合、ASR による損傷を生じた RC 部材のせん断耐荷特性はコンクリートの劣化にも影響されるが、膨張拘束により導入されるケミカルプレストレスの効果も大きく、材料劣化が直接耐力低下に結びつくわけでない。しかしながら本研究では、反応性はりでは $6\delta_y$ 以降コンクリート負担せん断力が急激に低下する傾向を示し、この点に関する配慮が必要であると思われる。

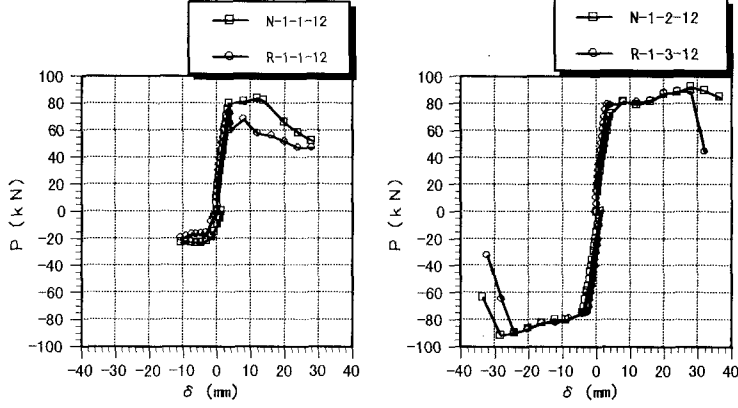


図 2 荷重－変位包絡線

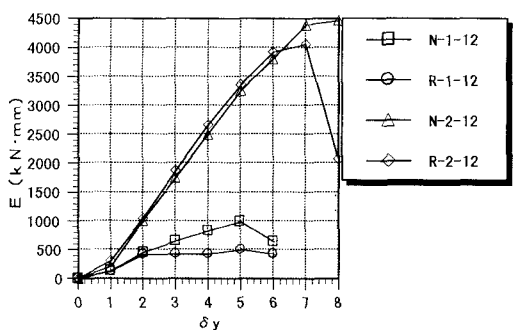


図 3 消散エネルギー－変位関係

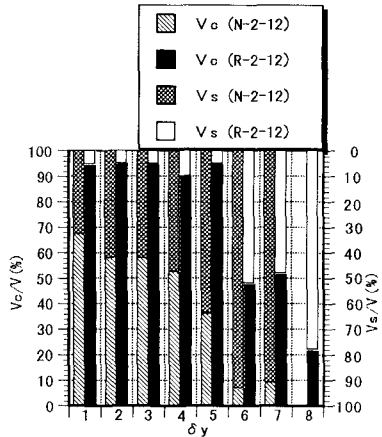


図 4 せん断力負担率