

立命館大学大学院 学生員 ○IGUSTI MADE SHOTA SATTWA・西部 徳人
 国際建設技術研究所 正会員 葛目 和弘
 立命館大学 正会員 児島 孝之・水田 真紀

1. はじめに

本研究では、ASR により劣化した構造物の曲げ耐荷性状を把握することを目的に、膨張材を添加したコンクリート梁の曲げ載荷実験を実施し、耐荷力、変形、付着について検討した。

2. 実験概要

載荷実験の対象には、正方形断面を有する $120 \times 120 \times 1300(\text{mm})$ の RC 梁を用いた (図-1)。2 本の鉄筋を梁下側に配置し、梁側面と底面から鉄筋中心までの距離を $30(\text{mm})$ 、鉄筋間隔を $60(\text{mm})$ とすることで、コンクリートと鉄筋間の付着が均等になるように配慮した。さらに、コンクリート標準示方書で定められる基本定着長以上に鉄筋を支点外に延伸することで、支持スパン内の付着と支持スパン外の定着がどの程度コンクリート膨張の影響を受けるのかを観察した。

実験要因はコンクリート膨張量とした。供試体一覧を表-1 に示す。コンクリートは、ASR による膨張を模擬する膨張材を添加したコンクリート (CSA シリーズ) と膨張材なしの無膨張のコンクリート (ST シリーズ) の 2 種類とした。ここで CSA シリーズの膨張材量は、寸法 $100 \times 100 \times 400(\text{mm})$ の角柱コンクリートの長軸方向の膨張ひずみが 1000 、 2000 、 4000μ となるように設定した。また ST シリーズでは異形鉄筋(d)と丸鋼鉄筋(r)を使用した。ST-r 供試体は、異形鉄筋に比べて付着が悪い場合の破壊までの挙動を確認するために作製した。測定項目は、鉄筋のひずみ、梁中央の変位、ひび割れ状況とした。図-1 に、鉄筋に貼り付けたひずみゲージの位置を示す。鉄筋のひずみは、1 本の鉄筋の中央から 60mm 間隔に計 12 ヶ所にひずみゲージを貼り付けて測定し、鉄筋のひずみ分布から付着応力を算出しコンクリートの膨張が曲げを受ける RC 梁の付着に与える影響についての検討を行った。また、曲げ引張破壊が生じることを想定して載荷条件は $a/d=3.5$ とし (図-2)、荷重制御で載荷実験を実施した。載荷実験時には外観観察を行いひび割れ進展の状況を確認した。

3. 結果および考察

載荷実験の結果を表-2 に計算値とともに示し、荷重－変位関係を図-3 に示す。ここで、表-2 のひび割れ発生荷重と最大荷重の計算には、載荷実験時のコンクリート圧縮強度を用いた。また、ひび割れ発生荷重の実験値は図-3 から判断したが、CSA シリーズについては剛性の変化点が明確でなかったため、ひび割れ図も参照した値とした。すべての供試体が想定通りに曲げ引張破壊を生じた。膨張材を混入した CSA シリーズの最大荷重は ST-d 供試体の最大荷重と同等、あるいはそれ以上となり、すべて計算値を 2 割程度上回った。また、CSA シリーズについて、膨張材量の増加に伴い、載荷時の圧縮強度が低下したにも拘らず曲げひび割れ発生荷重は増大する傾向が見られ、破壊までの変形は ST-d 供試体よりも大きくなった。これより、コンクリートが膨張しても、定着は十分であったと推測できる。一方、ST-r 供試体の最大荷重は計算値とほぼ一致したが、他の供試体に比べて曲げひび割れ発生後の剛性が低下した。

表-1 供試体一覧

供試体名	膨張材量 (kg/m^3)	鉄筋
ST-d	0	D10
ST-r	0	$\phi 9$
CSA-55	55	D10
CSA-65	65	
CSA-75	75	

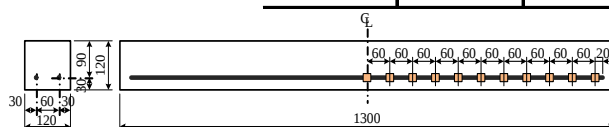


図-1 ひずみゲージの貼り付け位置

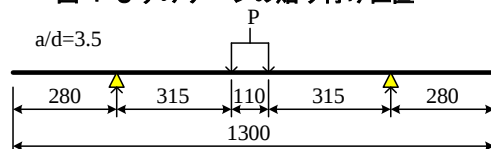


図-2 載荷条件

以上より、曲げ破壊を生じる RC 梁について、本研究で設定したコンクリート膨張の範囲内では、示方書で定められた定着長があれば、耐力力、変形ともに膨張する前の状態と同等の性能を発揮できることが分かった。ST-r、ST-d、CSA-55 供試体について、実験終了後の

ひび割れ状況と併せて、各荷重段階の軸方向の鉄筋のひずみ分布、付着応力分布を図-4～6 に示す。また、図-7 には、CSA シリーズについて、載荷実験直前の鉄筋のひずみ分布を示す。

図-4～6 について、ST シリーズと CSA シリーズと共に曲げスパン付近に位置するゲージ 1,2,3 番に大きな変化が見られた。付着応力分布からも曲げスパン付近に位置するゲージ 1,2,3 番の間に最大付着応力が発生しており、中でも最も高い値を出していたのが CSA-55 だった。

表-2 載荷試験結果

供試体	曲げひび割れ発生荷重 (kN)		最大荷重(kN)			圧縮強度 (N/mm ²)
	実験	計算	実験	計算	実験/計算	
ST-r	9	9.57	23.47	23.54	1.00	39.7
ST-d	10	9.57	31.47	28.17	1.12	39.7
CSA-55	14	9.95	34	28.29	1.20	42.1
CSA-65	20	8.5	32.6	27.76	1.17	33.2
CSA-75	23	6.71	32	26.69	1.20	23.2

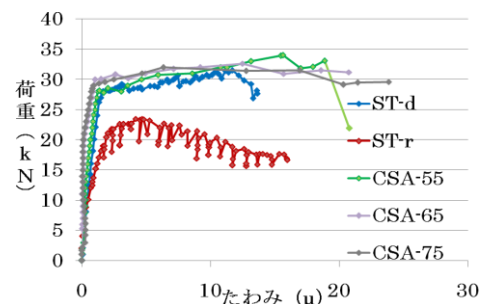


図-3 荷重-変位関係

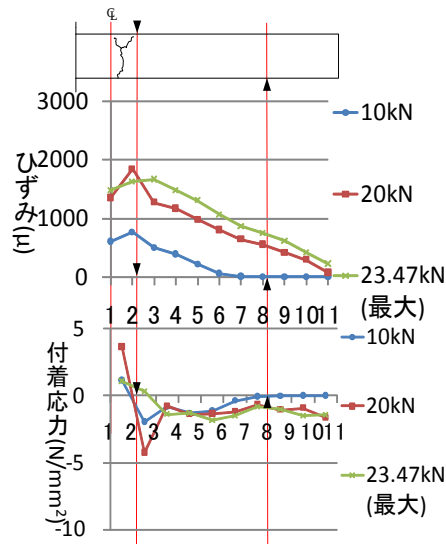


図-4 ひずみ・応力分布 (ST-r)

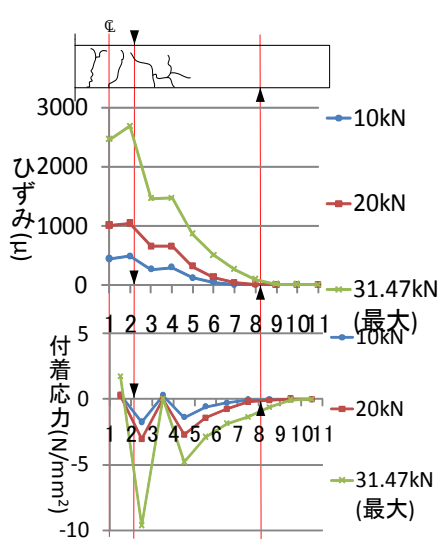


図-5 ひずみ・応力分布 (ST-d)

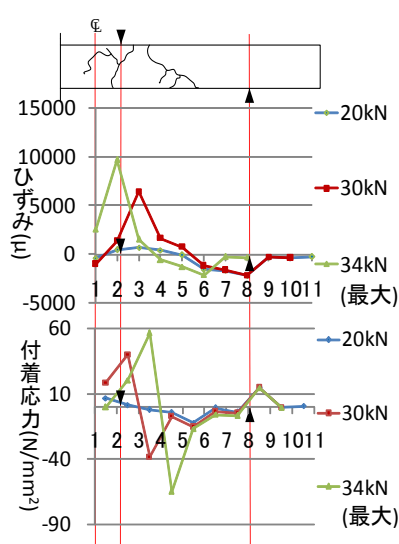


図-6 ひずみ・応力分布 (CSA-55)

さらに、ST-r 供試体を除く供試体の支点外の定着部に位置するゲージ 9,10,11 番にはほとんどひずみが発生せず、定着が十分であることが分かった。一方、ST-r 供試体は定着部の鉄筋にもひずみが発生していることから、鉄筋全域にわたってすべりが生じている様子が窺えた。

図-7 に示すように、CSA シリーズの鉄筋のひずみ分布は非常に複雑な形状となり、圧縮ひずみが生じている部分が多かった。また、載荷実験時の CSA シリーズの供試体は、梁上面にひび割れが発生し、梁全体が凸型に反った状態であった。このような現象は、鉄筋がコンクリートの膨張を付着によって拘束することによって、無筋の場合よりも大きな膨張ひずみが梁上面に発生し、梁上面と下面のひずみ差から梁に反りが生じ、さらにひずみ差が広がったことから引き起こされた可能性がある」と推察している。

4. まとめ

曲げ破壊を生じる RC 梁について、ある程度のコンクリート膨張が生じて、示方書で定められた定着長があれば、耐力力、変形ともに膨張する前の状態と同等の性能を発揮できる。今後、コンクリートの膨張が曲げ耐力性能や付着に及ぼす影響について、定量的な評価を行い、ASR が生じたコンクリート構造物の耐力力推定に役立てたい。

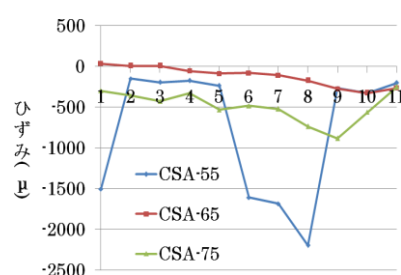


図-7 鉄筋ひずみ分布