

帯鉄筋強度の違いが高強度材料を用いた RC 橋脚の耐力・変形性能に及ぼす影響

○独立行政法人土木研究所 正会員 西田 秀明

独立行政法人土木研究所 正会員 運上 茂樹

1. はじめに

近年、断面縮小による橋脚自重の低減や基礎の規模縮小およびこれらに伴う建設コスト縮減を目的として、高強度材料の採用が検討されるケースが増えつつある。しかし、現在の道路橋示方書¹⁾（以下、「道示」）で規定されている下部構造の使用材料強度の上限はコンクリート設計基準強度 $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ 、鉄筋 SD345 であることから、著者らは $\sigma_{ck}=60\text{N/mm}^2$ 、鉄筋 SD685 までに対する標準的規模の RC 橋脚の耐力・変形性能の評価法の確立を目指して検討を進めている。本文では、コンクリートおよび軸方向鉄筋に高強度材料を用い、さらに帯鉄筋に高強度材料を用いた場合の耐力・変形性能について正負交番載荷実験結果を報告する。

2. 実験概要

実験は帯鉄筋の材料強度のみが異なる図-1 に示す供試体 2 体に対して行った。断面は 600mm 四方の正方形で、せん断支間比は 5.02 である。軸方向鉄筋 (D13) が 28 本 (軸方向鉄筋比 0.99%)、帯鉄筋 (D6) を 75mm ピッチ (帯鉄筋体積比 0.33%) とした。材料は、コンクリートには設計基準強度 60N/mm²、軸方向鉄筋には SD685 を使用し、帯鉄筋を供試体 A では SD295A、供試体 B では SD685 とした。実験時の材料特性を表-1 に示す。軸力は、標準的な橋梁における上部構造重量を想定して軸方向応力度が 1.0N/mm² となるように載荷した。

載荷は、過去に行った本実験と材料強度のみ異なる供試体 ($\sigma_{ck}=27\text{N/mm}^2$ 、SD295A) における降伏変位(11.0mm)²⁾を基準変位 δ_0 として、この整数倍の変位で各 3 回の正負交番載荷を行った。これは、本実験供試体の降伏変位を基準変位とすることにより、同一変位に対する繰り返し回数が少なくなり見かけ上耐力・変形特性が向上することを避けるためである。

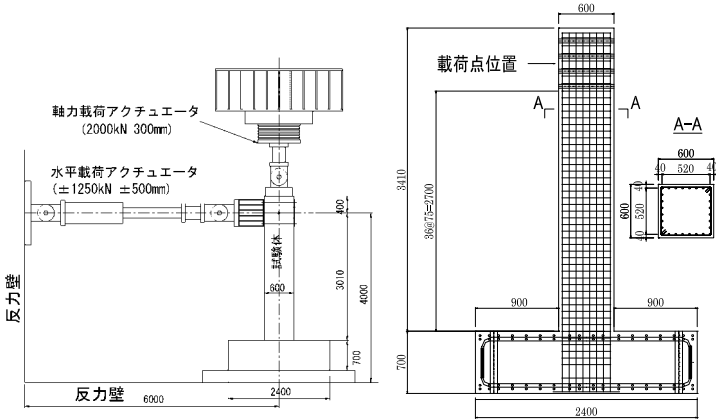
3. 実験結果

最終損傷状況を図-2、水平荷重－水平変位履歴曲線を図-3、主要イベントの発生段階を表-2 に示す。さらに、各載荷ステップ 1 波目最大変位時を結んだ包絡線と履歴吸収エネルギーの比較を図-4 に示す。ここで、変位はフーチングの剛体変位を除いた曲げ変位を示している。また、供試体 A の実験では、全体的に荷重が正側にドリフトした。載荷終了後に加振機をはずした際、本来ないはずの荷重値が 20kN あまりを示したことから、載荷中に荷重のドリフトが生じたと考えられるが、どの載荷時点でドリフトしたかを特定することが困難なため、ここでは荷重の補正はしていない。ただし、一般には荷重は正負対称となることから、図-4 の包絡線ではこの影響を小さくするために正負の平均値を示している。

損傷状況は、ひびわれの入り方やかぶりコンクリートの剥落領域、鉄筋の破断や帯鉄筋のはずれ方、主要

キーワード：高強度コンクリート、高強度鉄筋、帯鉄筋強度

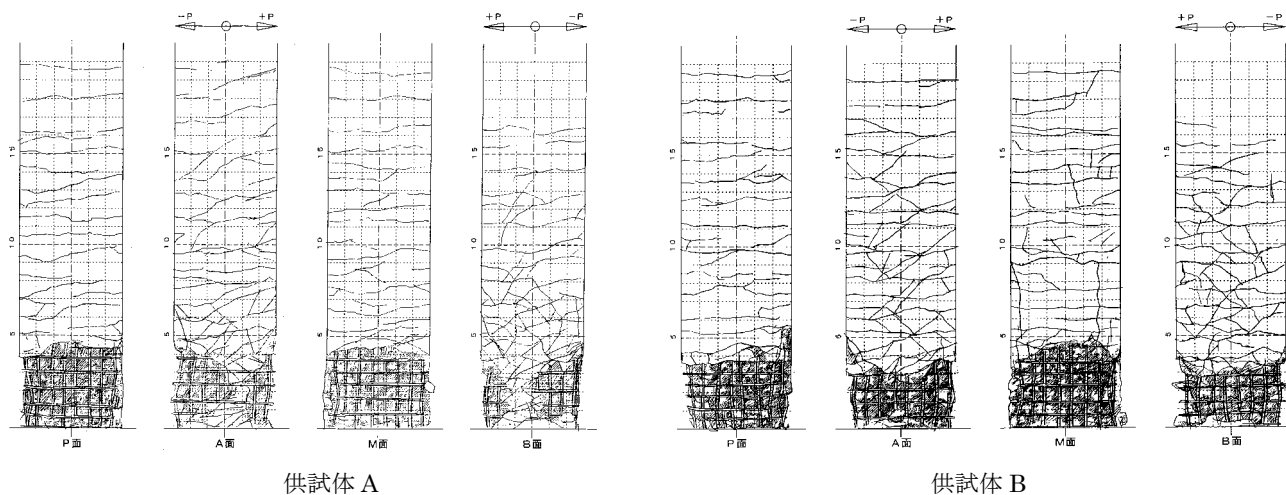
連絡先 ：〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 TEL 029-879-6773 FAX 029-879-6736



図－1 実験供試体諸元

表－1 使用材料特性(N/mm²)

供試体名		A	B
コンクリート	圧縮応力度	60.5	69.3
	弾性係数	4.23×10 ⁴	4.10×10 ⁴
軸方向鉄筋	降伏強度	713	749
	弾性係数	19.0×10 ⁴	19.3×10 ⁴
	破断ひずみ	8.7%	10.6%
帯鉄筋	降伏強度	319	746
	弾性係数	17.2×10 ⁴	19.0×10 ⁴
	破断ひずみ	16.3%	9.9%



図－2 最終損傷状況

表－2 主要イベントの整理
(変位の括弧内は載荷ステップとサイクル)

供試体	A		B	
載荷ステップ (基準変位 $\delta_0=11\text{mm}$)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)
道路橋示方書 ¹⁾ の計算 式に基づく降伏時(P_y)	233.0	27.2 (2.47)	246.6	25.5 (2.32)
荷重最大時($P_{\max}$)	262.4	85.1 (8-1)	262.8	63.4 (6-1)
かぶりコンクリート剥 落時(軸方向鉄筋が確 認できた時)	249.8	97.7 (9-2)	247.7	98.7 (9-2)
1 サイクル目の最大変 位時荷重が初めて $P_{\max}$ の 80%以下になった時	155.9	131.2 (12)	194.9	121.8 (11)
最終損傷状況(鉄筋) 軸: 軸方向鉄筋 帯: 帯鉄筋	軸: 4 本破断 帯: 1 箇所フックは ずれ(12-1)		軸: 2 本破断 帯: 1 箇所フックは ずれ(12-3)	

※供試体 A は正側の計測値による

イベントの発生段階もほぼ同じであり、また、履歴曲線のループ形状もほぼ同じである。包絡線を比較すると、荷重の上昇域から荷重を維持している領域、下降域まではほぼ一致している。さらに、各載荷ステップ 1 波目の履歴エネルギーの比較を見ると、9、10 δ_0 で供

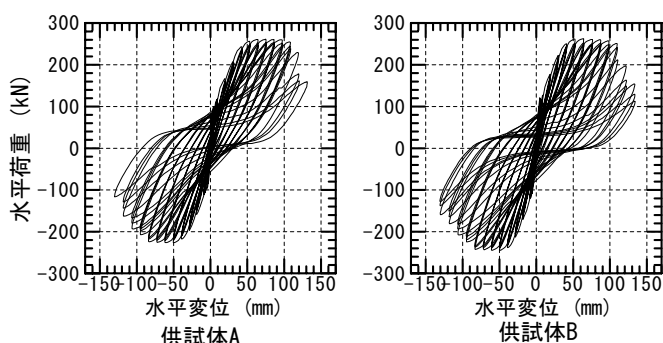
試体 B の方がやや大きいものの、それほど顕著ではなく実験終了まではほぼ同様である。以上より、帯鉄筋を単純に高強度鉄筋に置き換えただけでは曲げ破壊型 RC 橋脚の変形性能はほとんど変わらないことがわかる。

帯鉄筋の高強度化により期待される効果としてせん断耐力の向上と拘束効果の向上があげられる。今回の実験ではこのうち主として後者を対象としているが、実験結果からこの効果がほとんど見込めないことがわかる。帯鉄筋のひずみ(A 面側および B 面側の基部から 900mm の区間で測定)を比較すると、供試体 A では 6、7 δ_0 付近から降伏ひずみを超える断面が生じたのに対し、供試体 B では最大で 3,000 μ と降伏ひずみ(約 4,000 μ) に到達しなかった。このことから、材料強度の向上分を拘束効果の向上には十分活かされていなかったことがわかる。

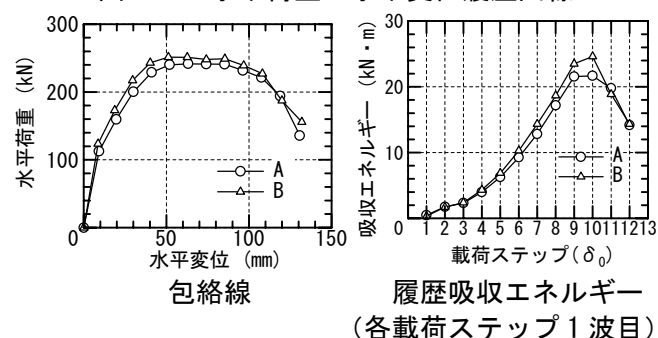
4. まとめ

コンクリートおよび軸方向鉄筋に加え、帯鉄筋にも高強度材料を用いた RC 橋脚の正負交番載荷実験の結果、帯鉄筋の材料強度向上分ほど拘束効果の向上は期待できないことがわかった。

参考文献 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、2002.3 2)星隈・長屋・運上：鉄筋コンクリート橋脚の塑性曲率分布と塑性ヒンジ長、構造工学論文集 Vol.46A、pp.1461-1468、2000.3



図－3 水平荷重－水平変位履歴曲線



図－4 実験結果の比較