

I - 91

中間拘束筋を有する大型橋脚模型の荷重－変位特性

北海道大学 工学部 学生員 蝦名 成 聡
 北海道開発局開発土木研究所 正会員 谷 本 俊 充
 北海道開発局開発土木研究所 正会員 佐 藤 昌 志
 北海道大学 大学院 フェロー 角 田 典 史 雄

1. はじめに

R C橋脚の耐震性を検討する一つの要素として、耐力とじん性を付与することが重要であると考えられている。具体的には、昭和55年の新耐震設計法（道路橋示方書Ⅴ耐震設計編）から橋脚の変形性能の照査が盛り込まれ、平成2年の改訂では変形性能の他にせん断耐力の照査、さらには平成7年の基準（兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様）においては横拘束筋の効果が新しい知見として示されている。

本研究では、平成8年の示方書で盛り込まれた中間拘束筋がどの程度の拘束効果が得られるかを、R C大型橋脚模型による水平交番載荷実験を行い、その変形性能などから検討したものである。本実験での計測項目は荷重および変位であり、検討は主として荷重－変位関係に着目して行った。また等価剛性、履歴減衰定数などの変形性能を示す指標を用いて検討を行った。

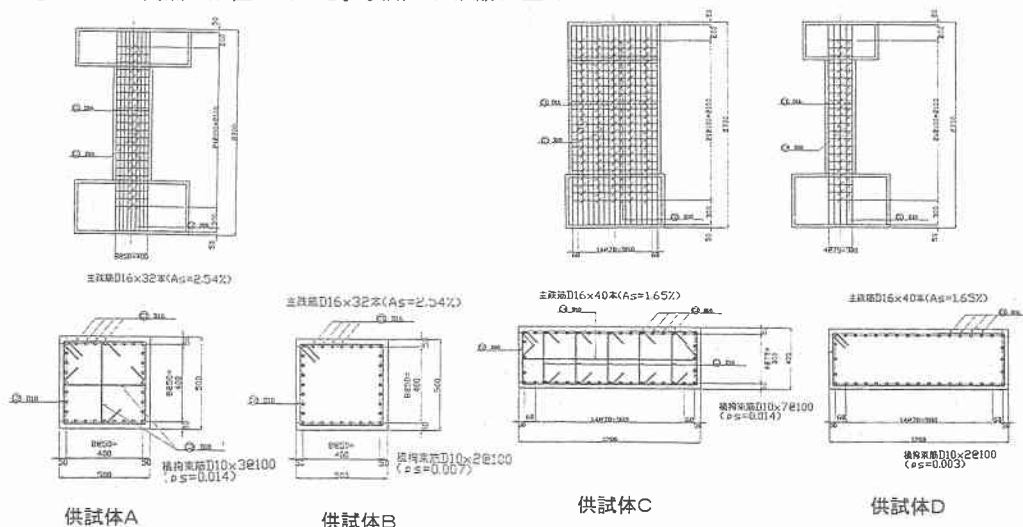
2. 実験概要

2. 1 供試体概要

本実験に用いた供試体は、表－1および図－1に示すとおり、断面寸法が50×50 cmの角柱橋脚と、120×40 cmの壁式橋脚で、それぞれ中間拘束筋の有無によって分けられた。供試体はすべて軸方向鉄筋にはD16を用い、帯鉄筋および中間拘束筋としてD10を10 cm間隔で配置している。使用した鉄筋は全て

表－1 供試体一覧

供試体	サイズ(cm)	中間拘束筋	横拘束筋比 ρ_s
A	50×50×200	あり	0.014
B	50×50×200	なし	0.007
C	40×120×200	あり	0.014
D	40×120×200	なし	0.003



図－1 供試体概要図

The Load-Displacements Characteristics of Big-Size Bridge pier models with Intermediate Bar
 by Naruaki EBINA, Toshimitsu TANIMOTO, Masashi SATOH, Yoshio KAKUTA

SD295A である。また、供試体のコンクリートの設計基準強度は 210kgf/cm^2 であり、実験時の材令における平均圧縮強度は 234kgf/cm^2 であった。

2. 2 実験方法

実験装置の概要を図-2に示す。水平荷重は圧縮、引張り両用の油圧ジャッキを用いて上部工の死荷重を模擬した 20tf の鉛塊の高さ方向中心部に水平に加力した。また、載荷荷重はロードセルにより検出して、載荷側に対して反対側に取り付けた変位計により水平変位を検出している。

本実験の交番載荷方法は載荷初期の段階、すなわち、最初に軸方向鉄筋が降伏するまでは段階的に交番載荷している。具体的には、最初の正載荷（引張り方向）においての主鉄筋ひずみが 500μ になるまで載荷し、次に負載荷において反対側の主鉄筋が 500μ になるまで載荷する。以後、この繰返しを主鉄筋ひずみが 1000μ 、 1300μ および 1700μ まで段階的に交番載荷し 1700μ で引張鉄筋は降伏したものと同みなした。この応力レベルで交番載荷を5回繰返し、平均したものを橋脚基部の降伏荷重（ P_y ）、降伏変位（ δ_y ）と設定した。このような操作を行ったのは、正負の変形条件をできるだけ均等になるように配慮したためである。その後、 $1\delta_y$ 、 $2\delta_y$ 、 $3\delta_y$ …の各変位段階に繰返し回数5回ずつ交番載荷を行っている。また、終局は荷重が降伏荷重まで低下した時と定義し、このときの変位を終局変位 δ_u とした。

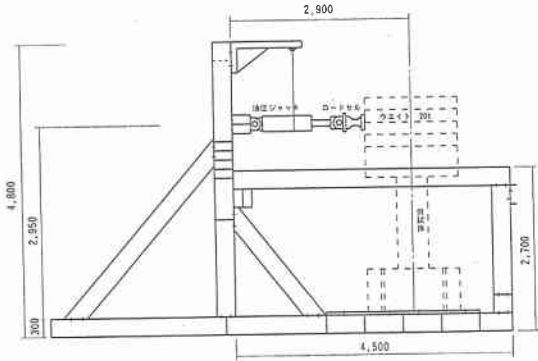


図-2 実験装置

3. 実験結果および考察

3. 1 荷重と変位の関係

各供試体の荷重と載荷点の変位の履歴曲線を図-3～6に、また表-2にそれらの結果を整理したものを示す。なお、以下の考察は、正負載荷時の平均をとって行った。

a) 供試体A（正方形断面、中間拘束筋あり）

図-3に結果を示す。鉄筋降伏時の水平荷重（ P_y ）は平均 12.1tf 、水平変位（ δ_y ）は 26.8mm である。その後の繰返し載荷では、 $3\delta_y$ まで耐力の増加がみられ、約 17.9tf となっている。その後、 $4\delta_y$ でわずかに耐力は低下し、 $5\delta_y$ の2回目正載荷で終局状態となっている。この時の終局変位は 138.4mm である。ループ形状は $4\delta_y$ の1回目を境に、徐々に紡錘形から逆S字形に移行している。

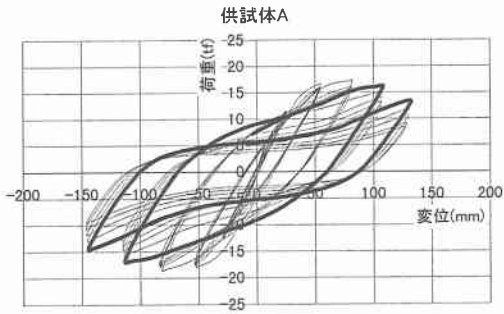


図-3 荷重－変位履歴曲線

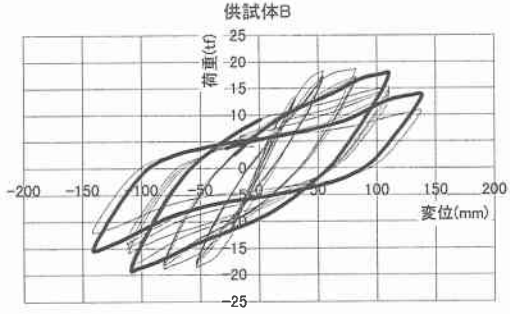


図-4 荷重－変位履歴曲線

b) 供試体B（正方形断面、中間拘束筋なし）

図-4に示すように、 δy は28.0mmであり、 P_y は12.8tfで供試体Aとほぼ同様な値となっている。荷重は2 δy で大きな耐力の増加がみられ、3 δy で最大耐力18.6tfを示している。その後、4 δy でわずかに低下し、5 δy の2回目正載荷で耐力を失っている。終局変位は140.0mmである。ループ形状についても、供試体Aと同様に4 δy の1回目を境に、紡錘形から逆S字形に移行している。

c) 供試体C（長方形断面、中間拘束筋あり）

図-5に示すように、 δy は33.2mmであり、 P_y は14.3tfである。その後、2 δy で大きな耐力の増加がみられ、3 δy 、4 δy とわずかに増加して、5 δy で最大耐力19.3tfを示している。その後、6 δy の2回目正載荷で耐力を失っている。最大水平変位は約194.7mmである。ループ形状は5 δy の3回目を境に、紡錘形から逆S字形へ徐々に移行している。

d) 供試体D（長方形断面、中間拘束筋なし）

図-6に示すように、 δy は37.3mmであり、 P_y は14.1tfである。その後、2 δy で最大耐力18.7tfを示している。3 δy でわずかに減少して、4 δy の5回目正載荷で耐力を失っている。終局変位は約143.4mmである。ループ形状は3 δy の4回目を境に、紡錘形から逆S字形に移行している。

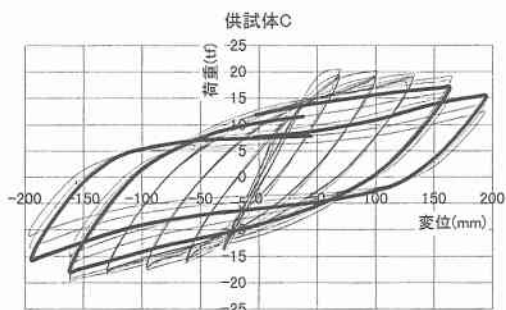


図-5 荷重-変位履歴曲線

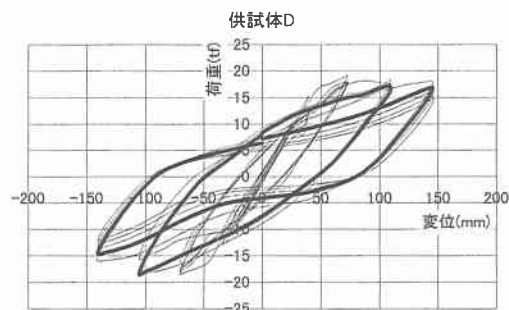


図-6 荷重-変位履歴曲線

以上の結果をまとめると

(1) 正方形断面の供試体Aと供試体Bを比べると、荷重-変位関係については、ほぼ同様な傾向となっており、顕著な差異は生じなかったことから、正方形断面の供試体では、中間拘束筋の効果はあまりなかったのではないと思われる。

(2) 長方形断面の供試体Cと供試体Dを比べると、荷重はほぼ同様な値をとっているが、終局変位は供試体CがDに比べて35%程度増加したことから、長方形断面では、上述の正方形断面と異なり、中間拘束筋の効果があったのではないかと考えられる。

表-2 実験結果一覧

供試体	変位(mm)		耐力(tf)						終局塑性率 $\delta u / \delta y$
	δy	δu	P_y			P_u			
			正	負	平均	正	負	平均	
A	26.8	138.4	11.6	-12.7	12.1	17.2	-18.6	17.9	5.2
B	28.0	140.0	13.4	-12.3	12.8	18.5	-18.7	18.6	5.0
C	33.2	194.7	14.6	-14.0	14.3	19.1	-19.5	19.3	5.9
D	37.3	143.4	15.2	-12.9	14.1	19.1	-18.4	18.7	3.8

3. 2 変形性能の比較

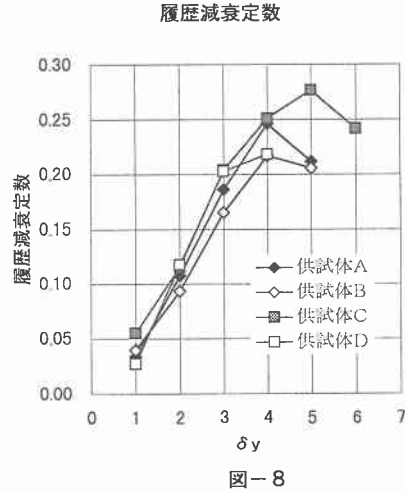
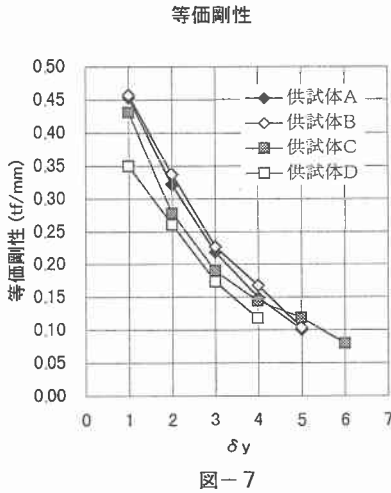
表-2に終局塑性率、図-7に等価剛性、および図-8に履歴減衰定数を示す。用いた荷重-変位関係は、いずれも各載荷振幅の正・負載荷1回目のものである。

正方形断面を有する供試体A、Bで比較すると、終局塑性率、等価剛性はほぼ同様な値を示している。履歴減衰定数は、2 δy 以降から供試体Aの方がわずかに大きな値を示している。また、供試体A・Bと

も $4\delta y$ から $5\delta y$ にかけて履歴減衰定数は減少しているが、これは荷重－変位履歴ループが紡錘形から逆S字形に移行した時期と符合している。

長方形断面を有する供試体と比較すると、中間拘束筋を持たない供試体Dの終局塑性率が3.8であるのに対して、中間拘束筋を有するCは5.9となった。等価剛性は載荷振幅の増加に対応して減少していることがわかる。供試体Cは δy で 0.43tf/mm の剛性が終局時には $1/5$ 程度に減少している。一方、供試体Dは、 δy で 0.35tf/mm であり、終局時には $1/3$ 程度に減少している。履歴減衰定数は、 $3\delta y$ までC・Dともほぼ同様に増加しているが、供試体Cは $5\delta y$ で最大値 0.28 を示している。一方、Dはあまり増加せず $4\delta y$ で最大値 0.22 を示している。

また、いずれの供試体も、荷重－変位履歴ループの形状が紡錘形から逆S字形に移行した時点で、履歴減衰定数が減少していると言える。



4. まとめ

本研究では、中間拘束筋を有するRC橋脚模型を用いて、変形性能や中間拘束筋の拘束効果について検討した。その中で得られた結果をまとめると、以下のようになる。

- (1) 正方形断面を有する供試体A・Bでは、最大耐力、終局変位、履歴減衰定数、等価剛性とも、ほぼ同様な値を示しており、中間拘束筋の有無による違いはなかったと考えられる。
- (2) 長方形断面を有する供試体C・Dで比較すると、荷重はほぼ同様な値をとっているが、終局変位は中間拘束筋のある供試体Cの方が、中間拘束筋のない供試体Dより大きな値となった。
- (3) (1),(2)より、中間拘束筋の効果に、断面形状の違いによる影響があるものと思われる。