

アンボンド区間を有する鉄筋コンクリート橋脚の繰り返し変形特性に関する実験的研究

細入圭介¹・川島一彦²・庄司学³

¹ 学生会員 東京工業大学大学院 理工学研究科土木工学専攻修士課程
(〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

² フェロー会員 工博 東京工業大学教授 工学部土木工学科 (同上)

³ 正会員 工修 東京工業大学助手 工学部土木工学科 (同上)

一般に橋脚基部で曲げ破壊するタイプの橋脚では、損傷は橋脚基部の塑性ヒンジ区間に集中するが、塑性ヒンジ区間における軸方向鉄筋のひずみの平滑化ができれば、じん性の向上につながる可能性がある。本研究では、橋脚基部からある区間において軸方向鉄筋とコンクリートとの付着を切って、アンボンドにすることの効果を実験的に検討した。その結果、アンボンド区間では、軸方向鉄筋のひずみが平滑化されるため、アンボンドしない橋脚に比較して、アンボンド区間におけるコンクリートや鉄筋の損傷が抑えられた。そのため、アンボンドすることにより、アンボンドしない場合に比較して、15%程度の塑性変形性能の向上を図ることができることが明らかになった。

Key Words : seismic design, ductility, reinforced concrete column, bridge, bond

1. はじめに

兵庫県南部地震を受けて、構造部材の強度を向上させると同時に変形性能を高めて、橋全体として地震に耐える構造系にすることが求められるようになった。一般に橋脚基部で曲げ破壊するタイプの橋脚では、繰り返し荷重につれて、かぶりコンクリートの剥離から軸方向鉄筋の座屈へと損傷が進展し、軸方向鉄筋の破断に至った段階で終局状態を迎える。こうした損傷は橋脚基部の塑性ヒンジ区間に集中するが、塑性ヒンジ区間における軸方向鉄筋のひずみの平滑化ができれば、じん性の向上につながる可能性がある。本研究では、橋脚基部からある区間において軸方向鉄筋とコンクリートとの付着を切って、アンボンドにすることの効果を実験的に検討した。

2. 実験供試体および実験方法

実験には、図-1 に示す同一形状および同一配筋のタイプ A~E 供試体の 5 体の供試体を用いた。図-2 は、橋脚断面を示したものである。軸方向鉄筋比は 0.95% であり、帯鉄筋は 50mm 間隔で全高にわたって配筋し、帯鉄筋比 ρ_s (体積比) は 0.77% とした。タイプ A、B、C 供試体は、アンボンド区間をそれぞれ橋脚幅の 0.5 倍 (20cm)、1 倍 (40cm)、1.5 倍 (60cm) とした場合である。これらの供試体では、アンボンド区間の全軸方向鉄筋をアンボンドしたが、

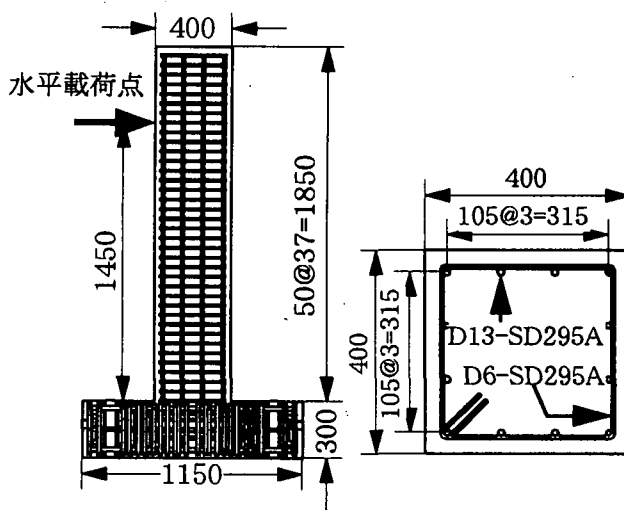


図-1 供試体の形状

図-2 供試体の断面

タイプ D 供試体では、アンボンド区間を橋脚幅の 1 倍 (40cm) とし、この区間の半分の軸方向鉄筋をアンボンドとし、残りの半分の鉄筋は通常通りボンドした。タイプ E 供試体は、アンボンドしないふつうの橋脚である。アンボンドするために、異形鉄筋のふしとふしの間にロウを塗った¹⁾。1.04MPa の軸圧縮応力度に相当する一定軸力を加えた状態で、一定振幅変位漸増方式により変位制御で、基準変位 δ (約 6mm) の整数倍の変位振幅でそれぞれ 3 回の正負繰り返し荷重を行った。

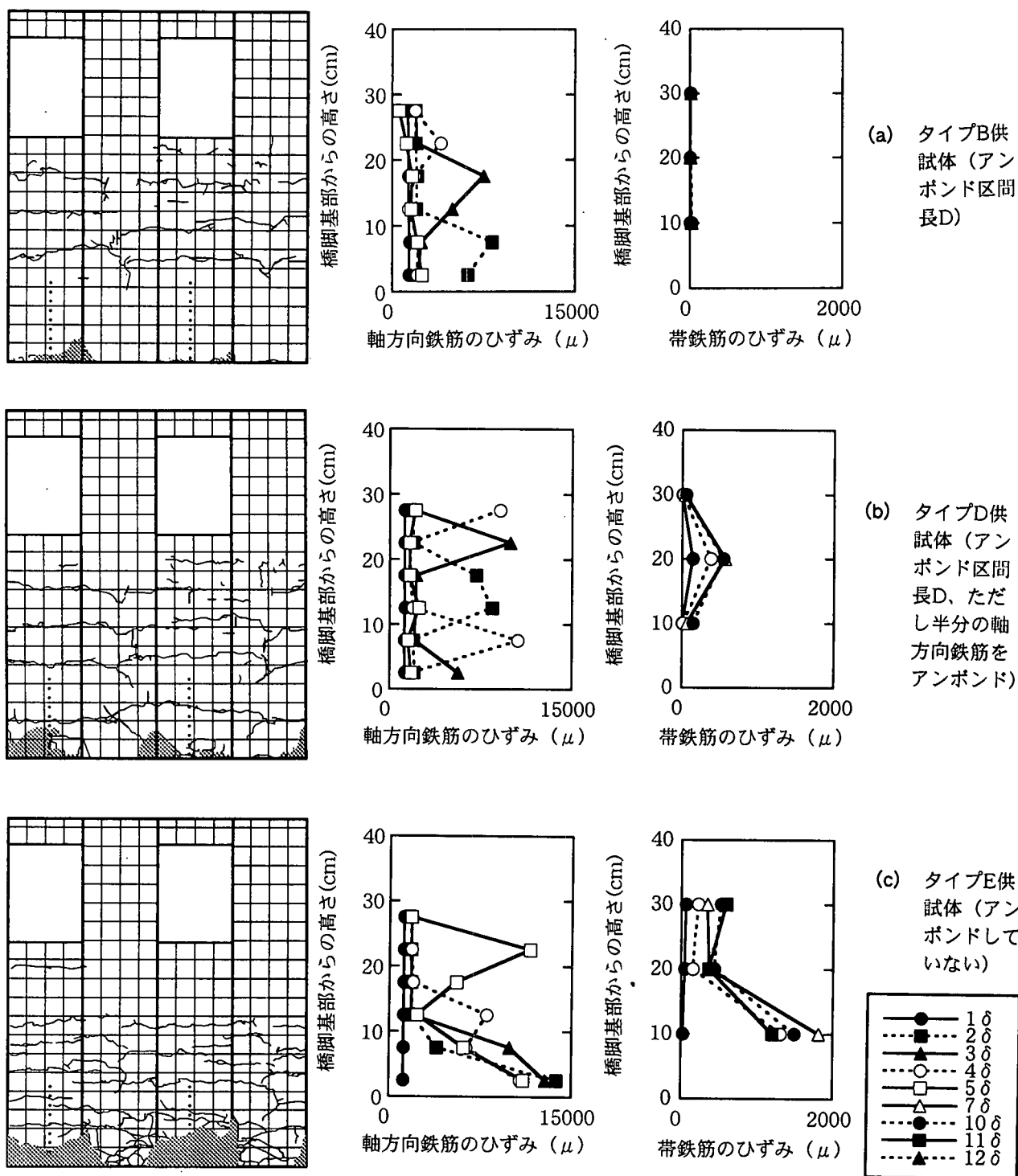


図-3 主要な供試体の損傷状況、軸方向鉄筋および帯鉄筋のひずみ

3. 破壊状況および変形性能

損傷状況の一例として、図-3 にタイプ B、D および E 供試体の 10 δ 載荷後の損傷を示す。軸方向鉄筋をアンボンドしなかったタイプ E 供試体では橋脚幅の 1/2 倍程度の範囲でかぶりコンクリートが剥落したのに対し、軸方向鉄筋をアンボンドしたタイプ A、B、C 供試体では、アンボンド区間においては、コンクリートにはほとんど損傷は生じず、アンボンド区

間の直上において、コンクリートに曲げひび割れが生じた程度である。ただし、橋脚基部ではかぶりコンクリートが剥離、剥落し、軸方向鉄筋の座屈、破断も生じた。半分の軸方向鉄筋をアンボンドしたタイプ D 供試体では、アンボンド区間でもコンクリートの剥離、剥落が生じ、タイプ A、B、C 供試体とアンボンドにしないタイプ E 供試体との中間的な損傷状況となった。

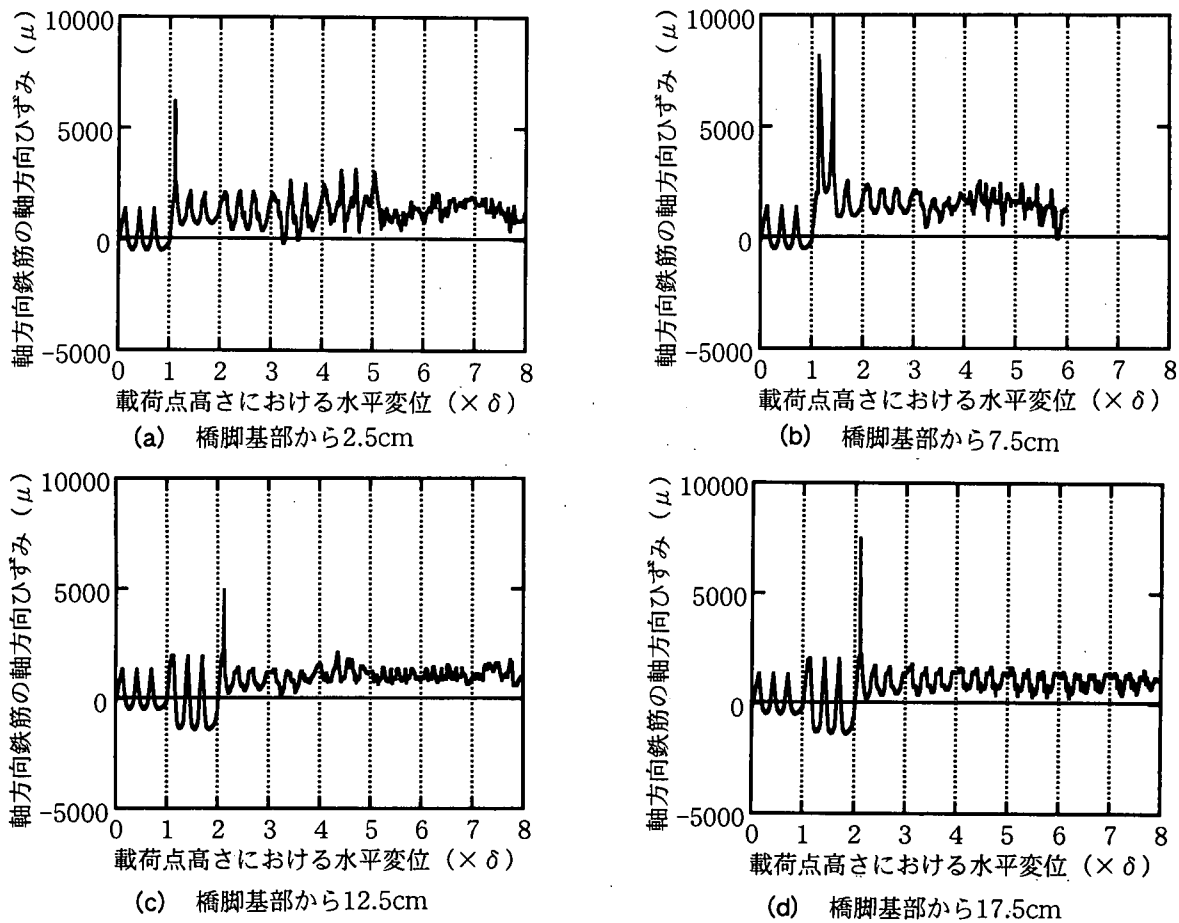


図-4 載荷に伴う軸方向鉄筋の軸方向ひずみ

図-3 は、各載荷ステップごとの軸方向鉄筋のひずみも示している。アンボンド区間においてもひずみに大きな違いが生じている。これは、例えばタイプ B 供試体を例にとると、図-4 に示すように 2δ 載荷に入った最初の引張において、橋脚基部から 2.5cm、7.5cm に位置する軸方向鉄筋に、それぞれ 6000μ 、 8000μ と大きなひずみが生じるためである。同様に、 3δ 載荷に入った 1 回目もしくは 2 回目（多くの場合は 1 回目）の引張においては、橋脚基部から 12.5cm、17.5cm の位置において、それぞれおよそ 5000μ 、 7500μ のひずみが生じ、その他の点では、 2000μ 程度のひずみとなっている。このように、アンボンド区間では、鉄筋は一樣な引張力を受けているはずであるが、ひずみに関してはある区間において大きく塑性化している。

これに対し、アンボンドしないタイプ E 供試体では橋脚基部から 2.5cm の位置で 15000μ 、橋脚基部から 7.5cm の位置では 10000μ に近い大きなひずみが生じるが、橋脚基部から 20cm 程度となるとひずみは小さい。

図-3 において、帯鉄筋のひずみを比較すると、アンボンドしていないタイプ E 供試体では、コアコンクリートの損傷に伴い 2000μ に近いひずみが生じているのに対し、タイプ B 供試体では、帯鉄筋に変形が生じていない。これは、内部コンクリートに損

傷が及んでないため、目視によるひび割れ状況に一致している。タイプ A、C 供試体も同様である。タイプ D 供試体には、帯鉄筋に 500μ 程度のひずみが生じるが、タイプ E 供試体に比較するとかなり小さい。

図-5 に、タイプ B 供試体およびタイプ E 供試体の載荷点高さにおける水平力～水平変位を示す。図-6 は、履歴曲線の正側、負側の平均包絡線を示す。今、終局変位を耐力が最大耐力に達した後、その 80% にまで減少した時と定義すると、アンボンドしたタイプ B 供試体およびタイプ C 供試体の終局変位はそれぞれ 63.2cm、62.1cm で、アンボンドしないタイプ E 供試体の 54.1cm よりも、15% 程度大きくなっている。

等価剛性および等価減衰定数をそれぞれ図-7 および図-8 に示す。初期剛性はアンボンド区間が長いほど小さくなるが、ドリフト比が 3.5% と大きくなった段階では、アンボンド区間長が橋脚幅の 1 倍程度までであれば、アンボンドした場合にもアンボンドしない場合と同程度の等価剛性を有する。ただし、アンボンド区間長が橋脚幅の 1.5 倍になると、ドリフト比 3.5% でも 10% 程度等価剛性は小さい。また、アンボンド区間が長くなるとそれにほぼ比例して、等価減衰定数は減少する。

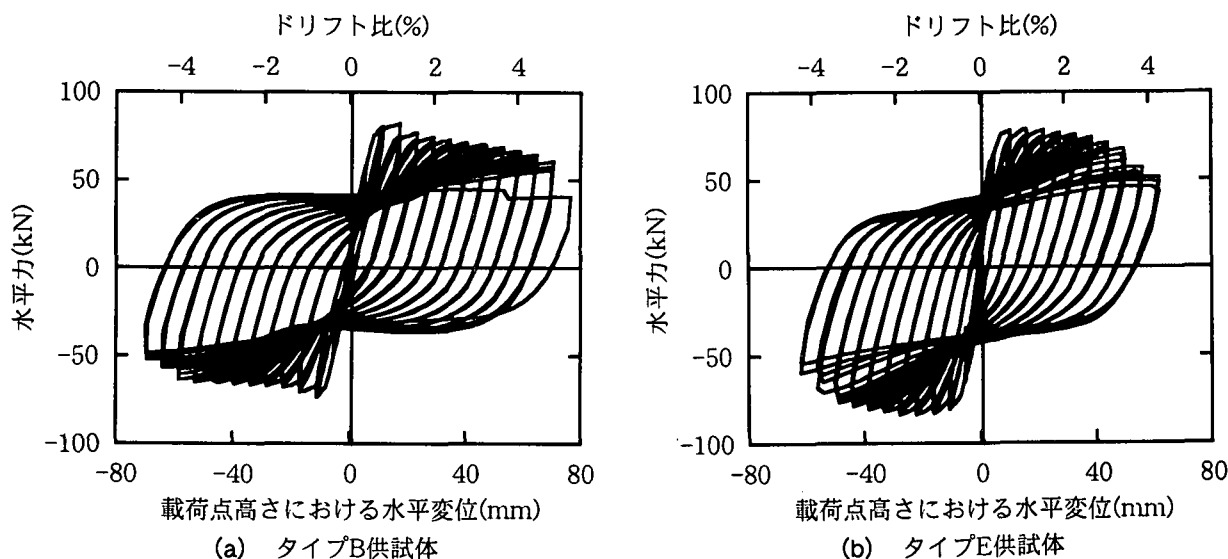


図-5 水平力～水平変位の関係

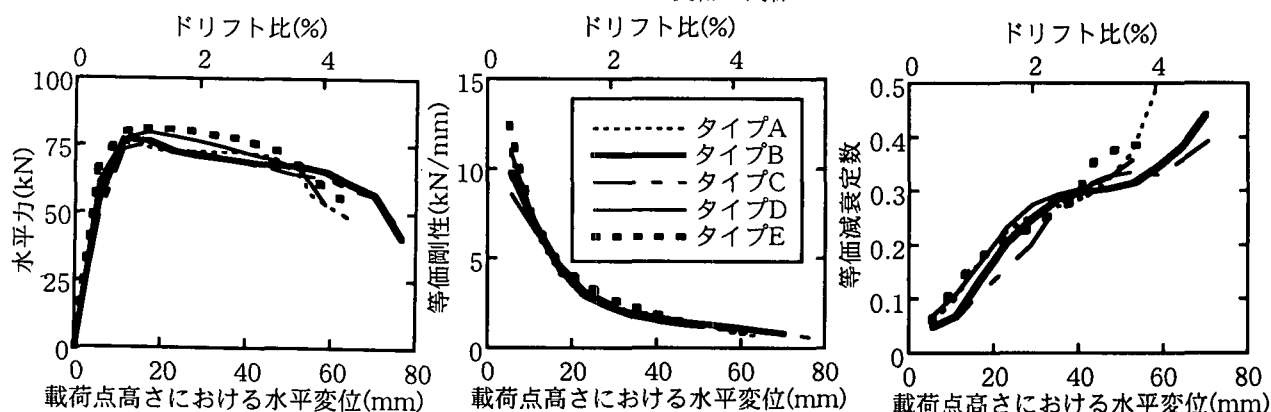


図-6 履歴曲線の包絡線の比較

図-7 等価剛性の比較

図-8 等価減衰定数の比較

4. 結論

軸方向鉄筋をアンボンドした供試体 4 体およびアンボンドしない供試体の計 5 体に対する繰り返し載荷実験を行った。本実験の範囲から得られた結論は以下の通りである。

- 1) アンボンド区間では、軸方向鉄筋のひずみが平滑化されるため、アンボンドしない橋脚に比較して、アンボンド区間におけるコンクリートや鉄筋の損傷が抑えられる。そのため、アンボンドすることにより、アンボンドしない場合に比較して、15%程度の塑性変形性能の向上を図ることができる。
- 2) 初期剛性はアンボンド区間が長いほど小さくなるが、ドリフト比が 3.5%と大きくなった段階では、アンボンド区間長が橋脚幅の 1 倍程度までであれば、アンボンドした場合にもアンボンドしない場合と同程度の等価剛性を有する。ただし、アンボンド区間長が橋脚幅の 1.5 倍になると、ドリフト比 3.5%でも 10%程度等価剛性は小さい。また、アンボンドすることにより、アンボンドしない場合に比較して等価減衰定数は最大 20%低下する。

3) アンボンドすることにより、一般の橋脚よりもじん性は向上するが等価減衰定数はわずかに減少する。今後、この効果を検討するとともに、実行可能なアンボンド区間長の設定法等につきさらに検討していく必要がある。

謝辞

軸方向鉄筋をアンボンドにするアイデアは東京工業大学大学院情報理工学研究科の瀧口克己教授に御教示いただいたものである。横浜国立大学の池田尚治教授には橋脚への適用について種々御指導いただいた。模型製作に関しては(株)ピーエスの森拓也氏、武村浩志氏、堀内達斗氏に大変お世話になった。ここに記して厚くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 瀧口克己他：付着のある RC 部材と付着のない RC 部材の変形特性、日本建築学会論文報告集、第 249 号、pp.1-11、1976