

芯材の付着／定着条件がUBRC構造特性に及ぼす影響

家村 浩和*・高橋 良和**・永尾 直也***

*フェロー 工博 京都大学教授 工学研究科土木システム工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)
**正会員 工 (修) 京都大学助手 工学研究科土木システム工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)
***学生会員 京都大学工学部 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

1. はじめに

兵庫県南部地震による教訓を踏まえ、改めて高耐震性能橋脚に求められる要件を考えてみると、高い耐力、変形性能だけではもはや十分ではなく、安定した地震時応答、小さな地震後残留塑性変形、また低い建設コストが求められるようになってきた。このような要求を受け、筆者らは通常のRC橋脚の軸方向に高強度芯材を埋め込んだ橋脚を提案してきた^{1),2)}。

鉄筋コンクリート構造は、荷重-変位関係における二次剛性がほぼ零であるのに対して、アンボンド芯材補強鉄筋コンクリート (UBRC) 橋脚では、正の二次剛性を大変形域まで安定して発揮することが可能となる。本構造の特徴はアンボンド芯材をRC構造に導入することにあるが、より大変形時、より長期使用時にも芯材が安定してその性能を発揮できることは重要な課題となる。

そこで本研究では、従来のアンボンド芯材を発展させ、芯材の定着条件、付着条件を変化させた芯材を用いた実験を行い、これらがUBRC構造の挙動に及ぼす影響について検討する。

2. UBRC 橋脚構造

UBRC 橋脚構造の概念を図-1 に示す。基本的構成としては、通常のRC橋脚の断面内に芯材を配置し、アンボンドとすることで、RC橋脚と独立に挙動させ大変形域における弾性挙動を確保しようとするものである。また芯材の両端は橋脚内に定着し、下端部には間隙を設けることで、芯材が作用する変形領域を調節することができる。

従来のRC橋脚の変位-復元力特性は完全弾塑性型にモデル化される。このような従来型のRC橋脚に対し、弾性部材を付与した場合の変位-復元力関係を示したのが図-2 である。ここに示すように、正の二次剛性を容易に得ることができるとともに、最大耐力を越えて降伏耐力相当に対するRC橋脚の耐震性能を高めること

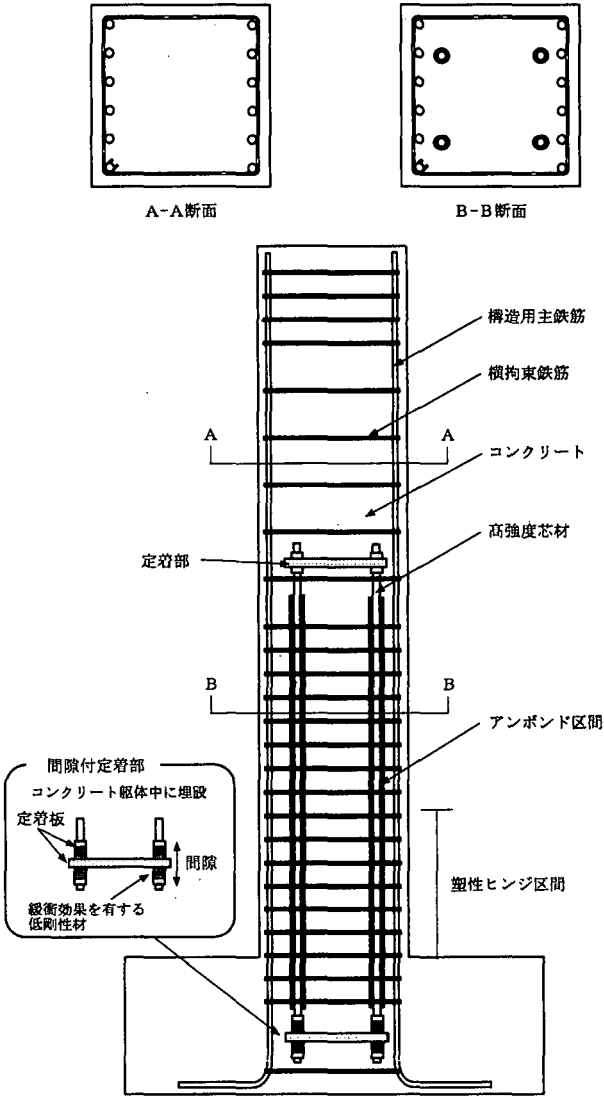
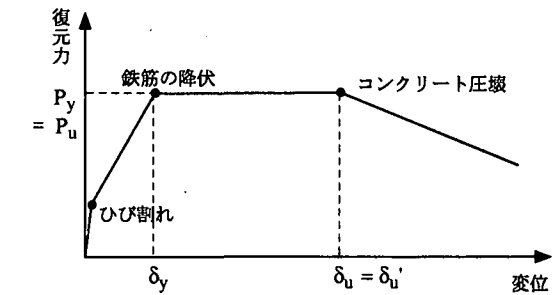


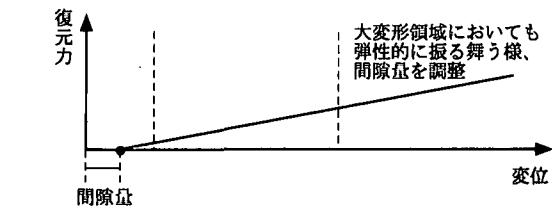
図-1 提案する橋脚構造の概念図

ができる。また降伏耐力も増大させることにより、レベルⅠ地震動に対する耐震設計にも寄与することができる。また履歴応答も、降伏後にも正の剛性を付与したことにより安定化し、塑性残留変位も低減することが期待できる。

通常のRC橋脚の変位-復元力の静的関係



アンボンド高強度芯材の変位-復元力関係



提案する高耐震性橋脚の変位-復元力関係=RC橋脚+芯材

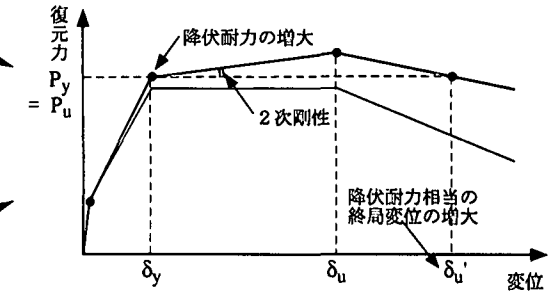


図-2 アンボンド芯材の効果

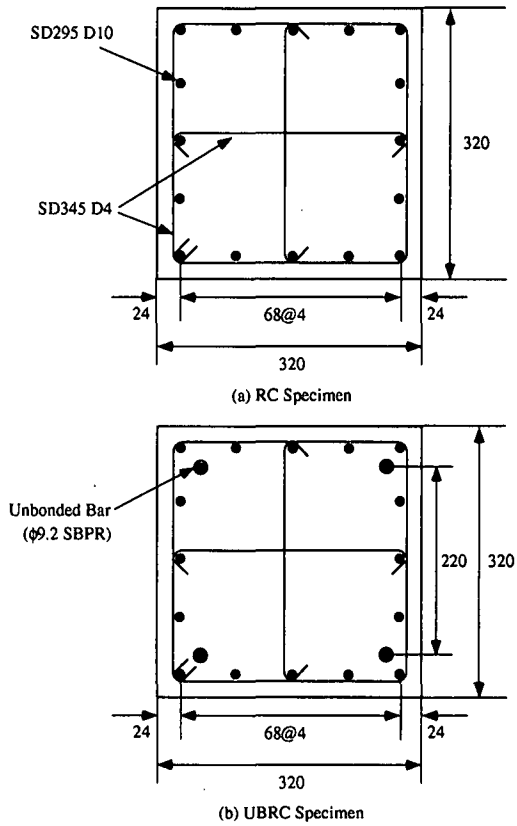
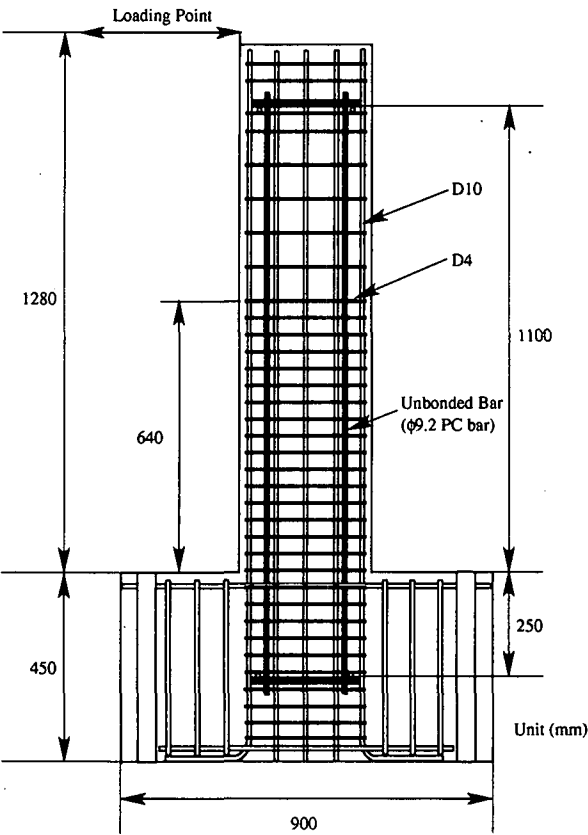


図-3 供試体図

3. 実験概要

本研究では、正負交番载荷実験により、芯材条件の影響を検討している。ここで比較対象となる、RC 供試体および UBRC 供試体を図-3 に示す。

供試体は柱部の断面寸法が 32 cm×32 cm の正方形断面であり、载荷スパンは柱基部から 1.28 m とした。軸方向鉄筋には D10(SD295)、せん断補強筋には

D4(SD345) を用いた。UBRC 供試体では、φ9.2C 種 PC 鋼棒を芯材として用い、この芯材を断面中心より 11 cm の位置に配置した。

実験では、軸方向には一定軸力 88.2 kN をアクチュエーターにより荷重制御により载荷した。横方向には RC 橋脚模型の降伏変位 5 mm を基準とする振幅漸増正負交番载荷で行った。一定振幅での繰り返し回数は 3 回である。

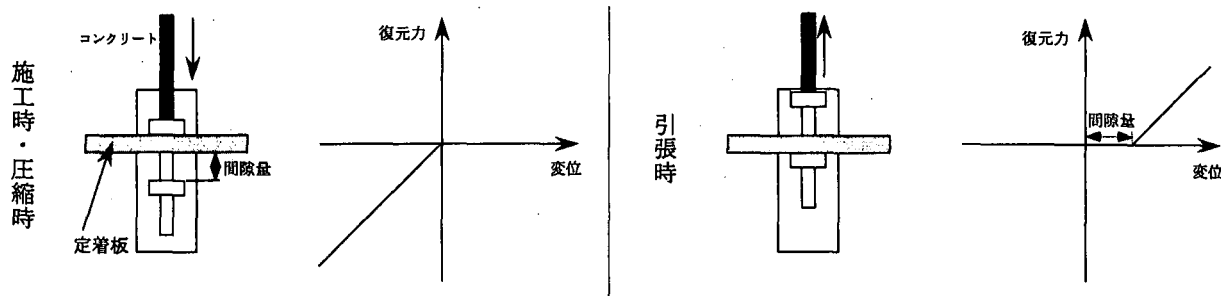


図-4 間隙付定着部模式図

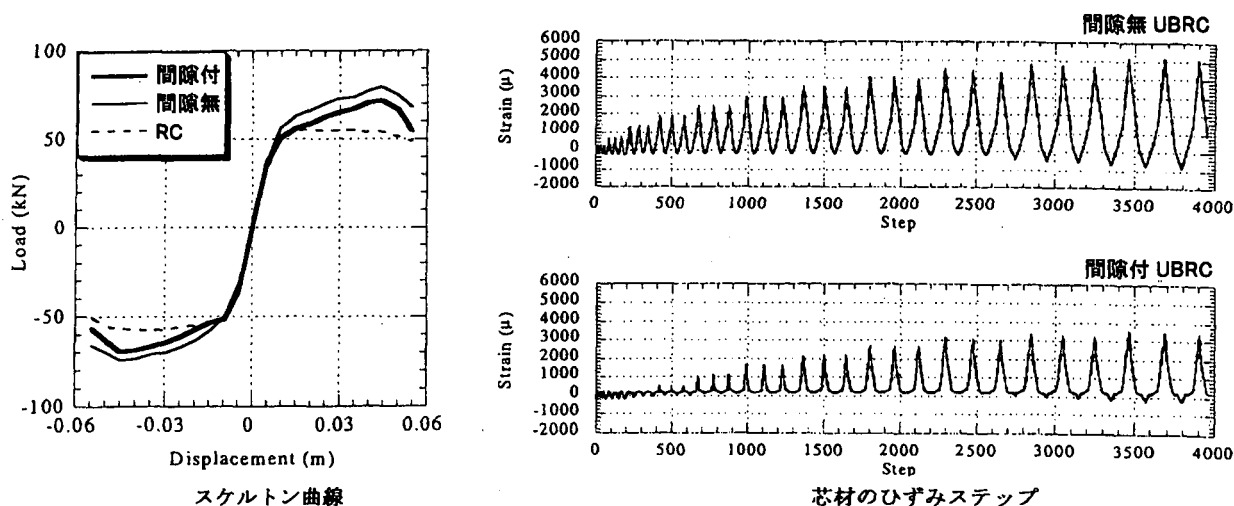


図-5 定着条件に関する実験結果

4. 定着条件に関する検討

フーチング内で芯材を剛に定着した構造については、過去の研究において実験および解析により、その性能を明らかにしてきた^{1),2)}。これにより、図-2のようなアンボンド芯材による安定した正の二次剛性が発揮できることを確認している。しかしながら剛に定着した場合、芯材の弾性挙動範囲が芯材の降伏強度など、機械的性質によって決まってしまう。UBRC構造に期待する耐震性能の観点から考えると、大変形時における安定した二次剛性の発揮が重要なことであって、部材降伏以前の変形が小さい領域において剛性を付与することは、それほど重要なことではない。したがって、芯材の下部に間隙付定着を用いることによって、芯材が引張変形を受けたとしても、はじめは効果を発揮せず、設定値以上の変形になったところで芯材が効果を発揮するようにすれば、高強度でない材料を用いてもUBRC構造として成立させることができると考えられる。

本構造で用いる芯材の間隙付定着部の概念図を図-4に示す。特徴は、施工時に定着部の下部に間隙を設け、設定した間隙量以内の引き抜け量では芯材が機能なくしているのに対し、圧縮方向には直ちに機能するように間隙を設けていない点である。これにより本定着部を用いても、芯材はコンクリートと同様に圧縮力を

分担することができる。

この定着部を用いて正負交番荷重実験を行った。供試体は図-3のUBRC供試体と定着部以外は同じである。実験による骨格曲線を図-5左に示す。間隙付UBRC供試体は、間隙の効果により変位が小さい場合にはRC供試体と同じ挙動を示すが、ある変形以上になると芯材が効きはじめ、二次剛性が発現している。またこの時の二次剛性の傾きは間隙の無いUBRC供試体とほぼ同じである。つまり、芯材の断面内配置や量が同じであれば、間隙量に関わらず二次剛性が同じとなることを示している。また芯材のひずみステップ歴を見ると、通常のUBRC供試体に比べて間隙付UBRC供試体は、芯材のひずみが小さい。またひずみが零になる点で値が変化していない領域が存在している。これはこの間で芯材が間隙を動いていることを意味しており、間隙付定着がうまく機能していることを示している。結果、本定着部を用いれば、低強度の芯材でも、安定した二次剛性が発揮できる構造を実現できることを示している。

5. 付着条件に関する検討

アンボンド処理により芯材のひずみを平滑化し、降伏を遅らせることができる一方、アンボンド処理に伴うコスト増や長期埋設後の挙動などの問題がある。特

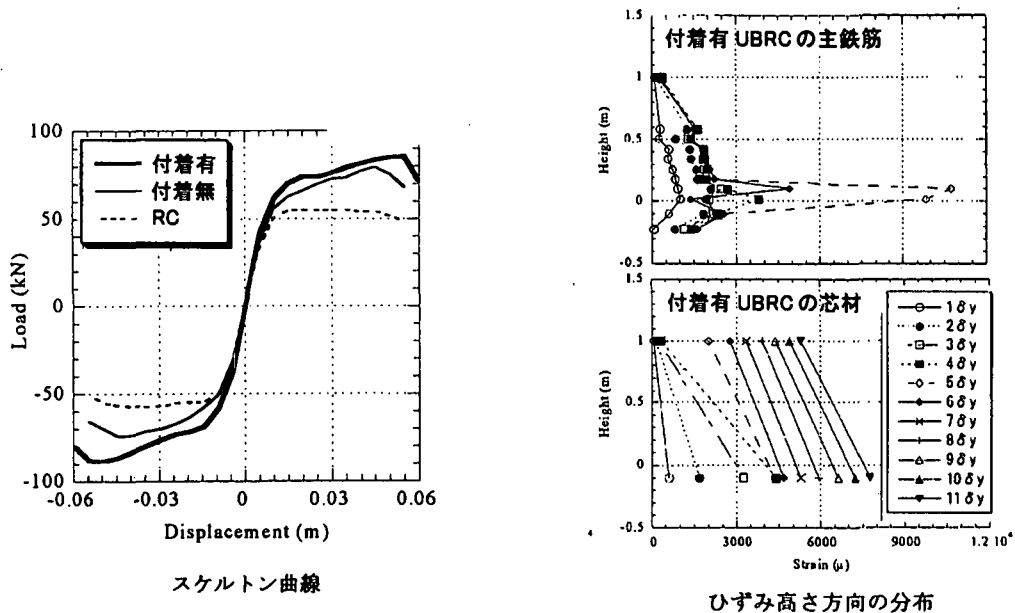


図-6 付着条件に関する実験結果

に長期埋設時の腐食に関する問題は、本構造の耐久性・信頼性にも関わる重要な問題となる。

定着に関する検討時にも述べたように、UBRC 構造は大変形時の安定した二次剛性の発揮が重要な特徴である。つまり小さな変形時には芯材は付着して従来の RC 構造のように挙動していても問題なく、逆に芯材とコンクリートが密着していることにより腐食問題を解決することができる。そこで施工時には芯材とコンクリート間は密着していながら、大変形時には付着が切れてアンボンド挙動するような供試体を作成し、その挙動に関する検討を行った。供試体は図-3 の UBRC 供試体とアンボンド処理をしていない以外は同じである。

実験結果を図-6 に示す。付着有 UBRC は付着無しの場合に比べて降伏荷重は大きくなっているが、降伏した後一度ほぼ水平になり、その後二次剛性が現れる結果となった。降伏強度が大きくなったのは、この時点では芯材の付着が切れていないためであり、最終的に付着が切れ、二次剛性が現れる。図-6 には付着有 UBRC の主鉄筋および芯材のひずみ分布を示しているが、5 サイクルまでは芯材ひずみは主鉄筋と同様三角形分布をしているが、その後付着が切れはじめ、上部のひずみのみが増加して平滑化されていることが分かる。そしてその後変形が大きくなるに従って、上部と下部がほぼ同程度ずつ増加している。付着が切れた後は、骨格曲線の二次剛性は付着無 UBRC とほぼ同じ傾きを示している。

このように付着により降伏荷重が上がることは、レベルⅠ地震動に対して有利に働くことになり、確実に大変形時に付着が切れることが保証されれば、当初付着が有る構造の方が、長期挙動および耐震の点からも有利な構造となる。

6. まとめ

本研究で得られた結果をまとめると次のようになる。

- 間隙付定着部を有する UBRC 構造は、間隙が開いた状態では RC 構造と同じ挙動を示し、間隙が閉じれば直ちに二次剛性を発揮する。また芯材配置等が同じであれば、間隙の有無に関わらず、剛性は同じとなる。間隙を有する場合には同じ変形状態でも芯材ひずみは小さいため、低強度の芯材を用いても、二次剛性を有する構造を実現できる可能性を示している。
- 施工時に芯材をコンクリートと密着させた供試体を用いた実験では、丸鋼の芯材は大変形時に付着が全体的に切れ、UBRC 構造として機能することを確認した。大変形時に付着が切れることを保証できれば、当初付着がある方が、降伏荷重を大きくできること、腐食を防ぐことができることなど、耐震的に有利な構造となる。
- 大変形時にアンボンド化する芯材を用いた UBRC 構造は、安定した二次剛性を発揮することができ、低コストに実現できる高耐震性橋脚として用いることができる。

参考文献

- 1) 家村浩和・高橋良和・曾我部直樹・鶴飼正裕：アンボンド高強度芯材による高耐震性能 RC 橋脚の開発，第 1 回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム論文集，pp.157-162，2000.3.
- 2) 家村浩和・高橋良和・曾我部直樹・鶴飼正裕：アンボンド高強度芯材を用いた RC 橋脚の高耐震化に関する基礎的研究，第 4 回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.433-438，2000.12.