

アンボンド高強度芯材を用いた高耐震性能 RC 橋脚の正負交番载荷解析

京都大学大学院工学研究科 学生員 曾我部直樹
京都大学大学院工学研究科 フェロー 家村 浩和
京都大学大学院工学研究科 正員 高橋 良和
京都大学大学院工学研究科 学生員 鵜飼 正裕

1. 概要

現行の道路橋を始めとする RC 構造物の耐震設計では、構造物のエネルギー吸収能（変形性能）の確保が大きな目的の一つとなっている。また、構造物の地震後のすみやかな供用を可能とするためには、残留変位の低減が必要不可欠となる。しかし、エネルギー吸収能に富む構造物は、地震時に大変形を起し、残留変位の増大を招くことが多い。したがって、高耐震性能 RC 橋脚には、エネルギー吸収能の確保と残留変位低減という相反する特性が要求されることになる。

これに対して、高耐震性能橋脚としてアンボンド高強度芯材を RC 橋脚に配置した橋脚が、家村らによって提案された^{1),2)}。そこで、本研究では提案された高耐震性能橋脚の特性を解析的に検討するため、Fiber Model を用いた解析モデルを提案した。また、本橋脚に対し、その解析モデルによる正負交番载荷解析を行い、若干の検討を行った。

2. 解析法について

本研究では、提案された橋脚の解析として、Fiber Model を用いた静的正負交番载荷解析を行った。この解析では、解析対象橋脚を幾つかの要素に分割して構成される解析モデルに対し、正負交番载荷波形で設定される変位を入力し、復元力の履歴ループが求められる。Fiber Model では、その基本的仮定で、平面保持の仮定が用いられており、一断面内における各要素のひずみはすべて同一となる。しかし、アンボンド高強度芯材の挙動は、RC 断面と独立したものとなる。そこで、本研究では、高強度芯材を考慮するための解析モデル（図-1）を作成して解析を行った。この解析モデルでは高強度芯材配置区間に、Fiber Model で構成される通常の RC 断面と、それと独立した Fiber Model で構成される高強度芯材要素が配置してある。したがって、RC 断面の挙動は、その区間のすべてのノードに支配されるのに対し、高強度芯材要素の挙動は、区間の上下のノードのみに支配されることになる。すなわち、区間の上下のノードが高強度芯材定着点であり、その間が配置区間となる。また、高強度芯材要素は、RC 断面と同様に Fiber Model のレイヤーとして表されるため、その配置位置、配置量、配置区間などを同じ解析システムを用いて考慮することができる。

3. 解析諸元

本研究では、解析対象橋脚として、実験的検討で作成された供試体（図-2）を用いた。解析モデルの高強度芯材配置区間は、フーチング内部の定着点から橋脚上部の高強度芯材定着点までの 1500 mm とした。なお、解析に用いた材料モデルは、コンクリートについては Ristic モデル³⁾ を用い、軸方向鉄筋、高強度芯材については Menegotto-Pinto モデル

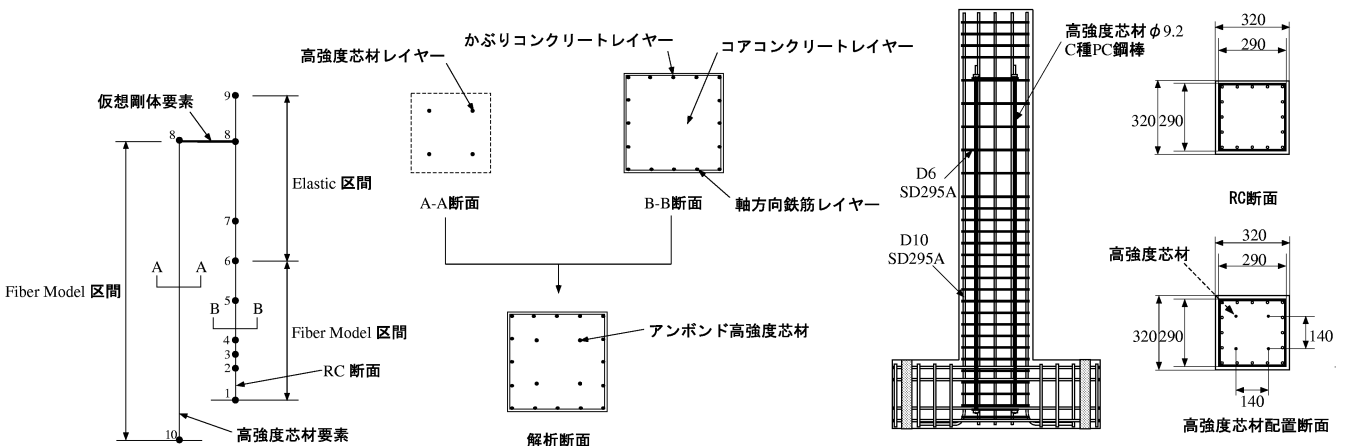


図-1 解析モデル及び断面構成

図-2 解析対象橋脚及び断面図

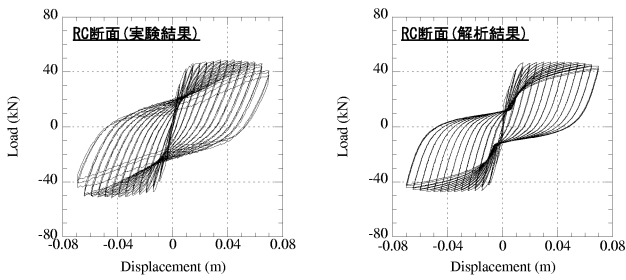


図-3 P-Δ 履歴曲線

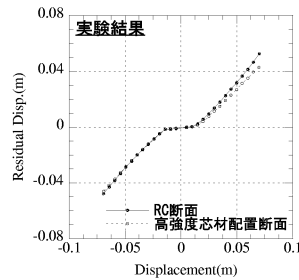


図-4 残留変位

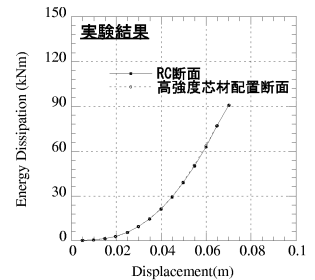


図-5 履歴吸収エネルギー

を用いた。ただし、高強度芯材についてはC種PC鋼棒の材料値を用いている。また、本解析では、基部を固定とした解析モデルを用いているため、解析結果は、抜け出しによる回転変形が含まれる実験結果と異なる。そこで、本研究では、抜け出しによる回転変形を、載荷点変位の25%～45%である⁴⁾と考え、実験で用いた載荷波形(5mm単位)から載荷点変位の約35%を差し引いた変位、すなわち3.2mmを単位とし、その整数倍の増分でそれぞれ3回繰り返す、変位振幅漸増型波形を用いた。そして、得られた解析結果に差し引いた変位を回転変位として加算し、検討を行った。

4. 解析結果

図-3は、各供試体のP-Δ履歴曲線を示したものである。この図より、耐力が低下し始める変位、最大耐力とも、概ね実験結果と一致していることがわかる。また、高強度芯材を配置した供試体では、本橋脚の特徴である高強度芯材の復元力による二次剛性が解析結果にも見られた。

残留変位については、P-Δ履歴曲線において曲線が変位軸と交わるときの変位、すなわち除荷時の変位を残留変位として検討を行った。図-4は、載荷点変位と載荷点はその変位を経験した直後の除荷時の変位との関係を示したものである。解析結果について芯材の有無により比較すると、高強度芯材を配置した断面の残留変位は、配置しないものに比べ小さくなっており、高強度芯材による残留変位低減効果が確認できる。また、実験結果との比較でも、良い近似を示しているものと思われる。

図-5は、載荷点変位と載荷点はその変位を経験した時点の累積履歴吸収エネルギー量をプロットしたものである。解析結果について芯材の有無により比較すると、高強度芯材を配置した断面の履歴吸収エネルギーは、通常のRC断面のそれとほぼ同じ値であり、両断面が同等のエネルギー吸収能を有していることがわかる。

5. 結論

1. 耐力が低下し始める変位、最大耐力について、抜け出しを考慮すると実験結果と解析結果は概ね差異の無いものであった。
2. 残留変位、エネルギー吸収能などにおけるアンボンド高強度芯材の影響を、解析により表現できる。
3. アンボンド高強度芯材を配置することにより、エネルギー吸収能を保ちつつ、残留変位を低減させた高耐震性能RC橋脚を開発できるという可能性が解析結果からも得られた。

参考文献

- 1) 家村, 高橋, 鶴飼, 曾我部: アンボンド高強度芯材を用いた高耐震性橋脚に関する基礎的実験, 関西支部年次学術講演会, 2000.6
- 2) 家村, 高橋, 曾我部, 鶴飼: アンボンド高強度芯材による高耐震性橋脚の開発, 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, pp157-162, 2000.3
- 3) RISTIC, YAMADA, IEMURA: Stress-strain based modeling of hysteretic structures under earthquake induced bending and varying axial loads -Development and Verification-, RESEARCH REPORT No.86-ST-01, March 1986
- 4) (社)プレストレストコンクリート技術協会: プレストレストコンクリート橋脚の耐震設計ガイドライン, 1999.11