

立命館大学理工学部 正会員 児島孝之
立命館大学大学院理工学研究科

立命館大学理工学部 正会員 高木宣章
学生員 中越貴宣 学生員○日比野憲太

1. はじめに

本研究では、地震によって損傷を受けた橋脚に耐震補強を施したRC橋脚の力学的挙動を、有限要素法を用いて解析を行った。RC構造部材は、ひび割れ発生以降その変形性状は線形ではなくなり、ひび割れ幅の増加によるひび割れを挟んだコンクリート間での応力伝達や、鉄筋の付着特性およびすべりに大きく依存していると考えられる。また、耐震補強の場合には、鋼板や連続繊維シート等の補強材とRC部材間での応力伝達も部材の変形性状に影響を与えられと考えられる。そこで本解析では、ひび割れ、鉄筋の付着特性および補強材とコンクリートの間での接着を考慮した接触要素を開発し、これらの要素を用いてRC橋脚の解析を行った。

2. 解析概要

2.1 解析モデルおよび境界条件

本解析では、[1]に使用されたRC橋脚供試体をモデルとした。供試体のモデル化を行う際には、新たに鋼板面要素、鋼板線要素およびアンカーボルト要素と、それらとコンクリート間の付着要素を定義して解析を行った。解析を行った供試体モデルは、損傷を受けた柱部材を想定して、柱部に3箇所の損傷要素を挿入した場合について、無補強、鋼板補強、および鋼板補強とアンカーによる曲げ補強を行った3ケースについて解析を行った。境界条件としては、フーチング基礎を完全固定として、上面に水平増分変位を与えた。

2.2 要素特性

本解析で用いた要素[2],[3]を以下に示す。ここで、(6)~(11)の要素は、補強のために用いた要素である。(1)コンクリート要素：2次の四辺形要素、(2)軸方向鉄筋要素：2次の線要素、(3)付着要素：鉄筋とコンクリート間の相対変形を表す6節点線要素、(4)損傷要素：コンクリート要素間の損傷による相対変形を表現する6節点線要素、(5)スターラップ要素：付着要素を用いない1次の線要素、(6)鋼板線要素：2次の線要素、(7)接着線要素：付着要素と同じく、鋼板とコンクリート間の相対変形を表現する6節点線要素、(8)2次元鋼板面要素：コンクリート要素と同じ2次の四辺形要素、(9)2次元接着面要素：鋼板とコンクリート間の相対変形を表現する16節点面要素、(10)アンカーバー要素：2次の線要素を付着要素とともに用いる、(11)定着要素：アンカーバーと鋼板とを連結するための要素で、2次の四辺形要素。

各要素の応力-ひずみ関係は、コンクリート要素の圧縮域に関しては降伏点までを上に凸の2次曲線、それ以降を直線で表現し、引張域に関して

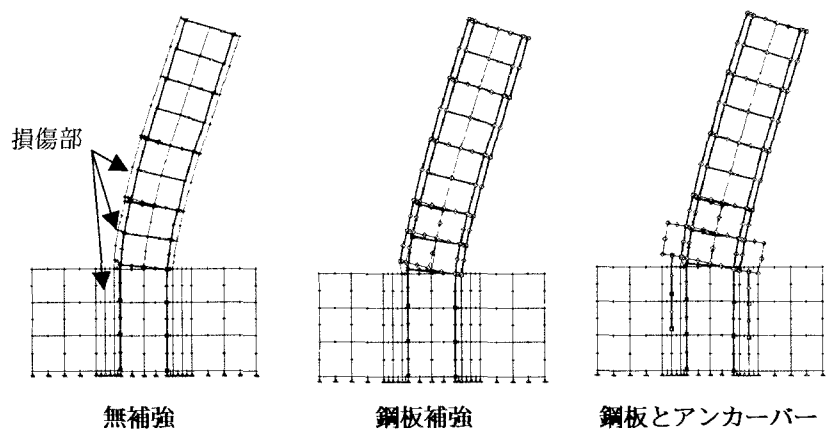


図1 供試体変形性状

は点対称で等倍に小さくした形状のモデルを用いた。また、鉄筋および鋼板要素はバイリニアモデル、鉄筋とコンクリート間の付着要素に関しては、最大点までは上に凸の2次曲線、それ以降の軟化域も下に凸の2次曲線モデルを用いた。鋼板付着要素は厚さ 10mm の注入モルタルであるため、コンクリートと同様のモデルを用い、損傷要素は圧縮に対してのみ応力を伝達するものとした。以上の要素特性を用いて非線形解析を行った。

3. 解析結果、および考察

図1に、3ケースの上部水平変位が 10mm の時の変形性状を示す。図2に、3ケースの供試体の荷重—変位曲線を示す。図1から、無補強のケースでは損傷部での変形が大きいのに対して、鋼板で補強されたケースでは鋼板による基部以外の損傷部の変形への拘束効果がみられる。また、鋼板補強とアンカーによる曲げ補強を行ったケースでは、特に引張側でのアンカーバーの抜け出しがみられるが、図2の荷重—変位曲線では、初期の勾配は他と比べて大きくなっている。図2から、無補強のケースでは変形性状に及ぼす鉄筋の付着の影響が大きく、付着が切れると荷重—変位曲線も低下する。しかし、鋼板で補強されているケースでは鋼板の補強効果により最大荷重の値がさらに大きくなり、最大荷重時の変形も大きくなる。鋼板補強とアンカーによる曲げ補強を行ったケースでは、耐荷力は大きくアンカーの定着に依存すると考えられる。そこで、アンカーの付着要素の最大付着強度をコンクリートの引張強度の 0.3、0.5、0.7 倍の3ケースに変化させた。アンカーの付着力が大きい場合は、荷重—変位曲線の最大荷重時の変位が小さくなった。

図3に、鋼板補強とアンカーによる曲げ補強を行ったケースでの、軸方向鉄筋の軸力および軸方向鉄筋の付着応力分布、ならびにアンカーバーおよびその付着応力分布を示す。この荷重段階では、既にアンカーバー上部は降伏しており、軸方向鉄筋も降伏に近い状態になっている。この現象は、アンカーバーは載荷初期段階から過大な引張応力を受け、早い段階でアンカーが降伏するという、[1]の実験結果でのアンカーの破断による破壊と一致している。

4. まとめ

- (1) 本解析で提案した鋼板付着要素の使用により、鋼板巻き立て工法によるRC柱部材の補強効果が適切に表現できると考えられる。
- (2) 本解析では、補強材やその付着性状を個々にモデル化しているために、各部の効果が個別に確認できるため、本手法は複合構造や鋼板補強等の解析の有力な手法となるものと考えられる。

【参考文献】

- [1]前川ら：曲げ耐力補強橋脚に対する鋼板剥離の影響の実験，橋梁と基礎，pp.35-40，1998.10
- [2]児島，高木，松尾，横山：ひび割れ要素を用いたコンクリートの曲げひび割れ特性に関するFEM解析，土木学会第53回年次学術講演会概要集，V-508，pp.1016-1017，1998.10
- [3]児島，高木，松尾，山田：コンクリートと連続繊維棒材との付着特性に関する有限要素解析，土木学会関西支部年次学術講演概要，V-2-1～2，1998.5

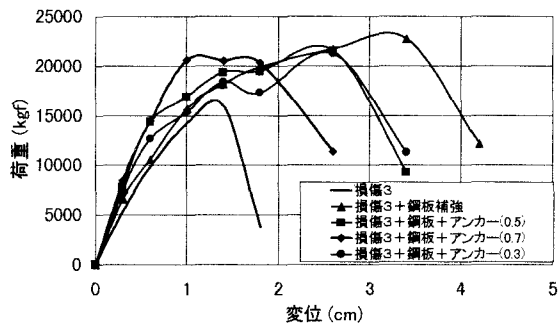


図2 荷重—変位曲線の比較

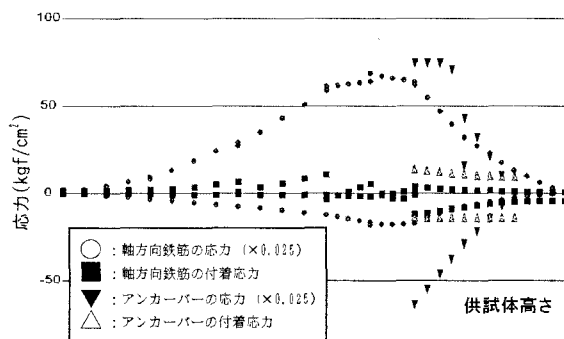


図3 各要素の付着応力分布