

V-287 耐震補強されたRC橋脚の力学的挙動解析

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 日比野憲太 立命館大学大学院理工学研究科 学生員 中越貴宣  
立命館大学理工学部 正会員 児島孝之 立命館大学理工学部 正会員 高木宣章

**1. はじめに** 本研究では、耐震補強を施したRC橋脚の力学的挙動を、2次元有限要素法を用いて解析を行った。耐震補強には、鋼板やアンカーバーなど様々な補強材が使用される。しかし、実際このような補強材とコンクリート間の応力伝達には不明な点が多く、正確な力学的挙動が把握できないのが現状である。そこで本解析では、損傷部や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界面要素を開発し、これらの要素を用いてRC橋脚の力学的挙動解析を行った。

**2. 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、①損傷を受けたものの、②損傷を受けた柱部を鋼板巻立てにより補強したものの、③損傷を受けた柱部に鋼板補強を施し、さらに鋼板をアンカーにより固定したものの3ケースの解析を行う。地震による損傷を表すため、損傷要素を柱部材間に4箇所挿入している。また、境界条件としてフーチング底面を完全固定とし、柱部材上面に水平増分変位を与えた。

**3. 要素特性** 本解析では、(1)コンクリート、前面の鋼板およびアンカーバーの定着部：2次の四辺形要素、(2)軸方向鉄筋：2次の梁要素、(3)軸方向鉄筋とコンクリート間の付着：2次の重なった梁要素、(4)損傷部：2次の重なった線要素[2]、(5)スターラップ：付着を用いない1次の線要素、(6)側面の鋼板およびアンカーバー：2次の線要素、(7)側面の鋼板とコンクリートおよびアンカーバーとコンクリートの付着：2次の重なった線要素[3]、(9)前面の鋼板とコンクリートの付着：2次の重なった四辺形要素、以上11種の要素を用いて解析を行った。要素特性として、コンクリート要素には内部に生じる主応力の状態をI：引張、II：せん断圧縮、III：圧縮の3領域に区別して破壊条件を定義した。II、IIIの領域では柱の軸方向のみに非線形性を導入し、コンクリートの応力-ひずみ関係に基づいたヤング係数の軟化を表現し、軸直角方向には一定値(初期値)を用いた異方性体として扱った。Iの領域では、コンクリートは既に損傷により応力解放が生じていると仮定し、等方性線形弾性体とした。また、鋼板とコンクリート間の付着は、その隙間に厚さ10.0(mm)のモルタルを充填することによって行われている。このモルタル部が一樣なせん断変形をするものと仮定し、コンクリートのせん断応力-ひずみ関係を鋼板とコンクリート面の付着応力-すべり関係として適用した。また、それに対して直角方向の伝達応力-変形関係は、過大な変形を拘束するために適当な定数を与えた。軸方向鉄筋、スターラップ、アンカーバーおよび鋼板には、ひずみ硬化域を考慮した応力-ひずみ関係を定義した。

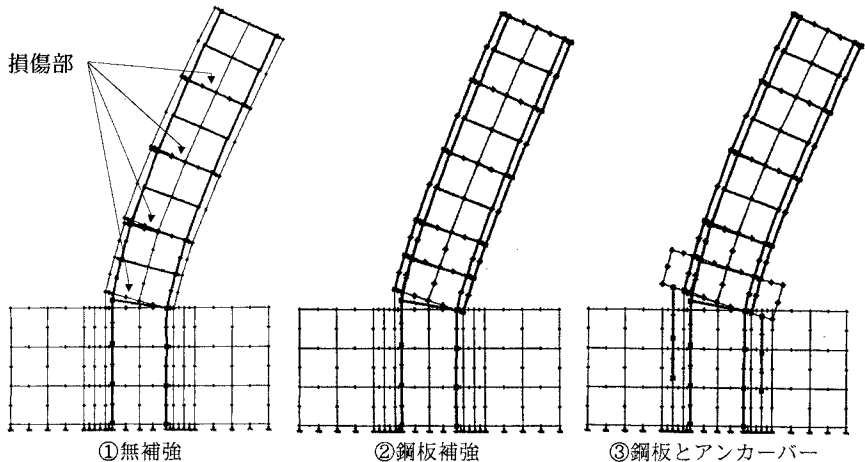


図1 u=15.0(mm)時の供試体変形状

キーワード：耐震補強、有限要素法、損傷要素、接着要素

〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 (立命館大学 理工学部 土木工学科) TEL/FAX 077-561-2805

**4. 解析結果、および考察** 図1に上部水平変位が  $u=15.0(\text{mm})$ の時の変形性状を示す。また、図2に荷重-変位曲線を示す。この図から解析結果と実験結果[1]を比較すると、ケース①では、ほぼ適切に解析結果が実験結果の最大荷重と一致していることが確認できる。しかし、ケース③では、解析結果の方が最大荷重が小さいことが分かる。これは、本解析ではアンカーバーを左右の両側面にのみ配置しているのに対して、実験では全面にアンカーバーを配置していることによる曲げ耐力の差が原因であると考えられる。図1から、ケース①では損傷部での変形が大きいが、ケース②では、柱基部以外の損傷部での鋼板による変形の拘束効果が見られた。また、ケース③では、引張側でのアンカーバーの拘束により、図2に示す荷重-変位曲線の初期勾配が他のケースに比べて大きくなった。さらに、ケース①では軸方向鉄筋とコンクリートの間の付着が変形性状に大きく影響し、付着応力が軟化域に達すると荷重が低下した。ところが、ケース③では、荷重直後から補強効果が現れ、最大荷重時の変形が小さく、ケース①、②に比べ、破壊性状が靱性的になった。これは、アンカーの拘束と拔出しが最大荷重とそれ以外の変形に影響を及ぼしたものと考えられる。図3にケース③について、軸方向鉄筋の軸力と付着応力、およびアンカーバーの応力と付着応力分布を各荷重段階について示す。上部水平変位  $u=15.0(\text{mm})$ の場合、引張域について、既にアンカーバー上部は降伏しており、軸方向鉄筋もほぼ降伏している。さらに、上部水平変位  $u=25.0(\text{mm})$ になると、引張域のアンカーバーの付着は軟化域の最大変位にまで達しており、圧縮域でのアンカーバーが降伏していることがわかる。さらに、図2から変形増大に伴う荷重が低下していることから、引張域の軸方向鉄筋が降伏していることがわかる。今回の解析では、荷重初期の段階からアンカーバーは過大な引張応力を受け、降伏するという結果となった。このような現象は、鋼板補強と鋼板の固定アンカーにより補強したRC橋脚柱がアンカーバーの破断により破壊したという実験結果[1]と一致している。

**5. 結論** 本解析で提案した要素の使用により、鋼板巻き立て工法によるRC橋脚の各部の補強効果が個別に確認できた。本手法は複合構造や鋼板補強等の解析を行っていくうえで、有力な手法となるものと考えられる。

**[参考文献]**

- [1]前川順道ら：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]児島孝之，高木宣章，松尾真紀，横山文彦：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]児島孝之，高木宣章，松尾真紀，山田崇雄：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

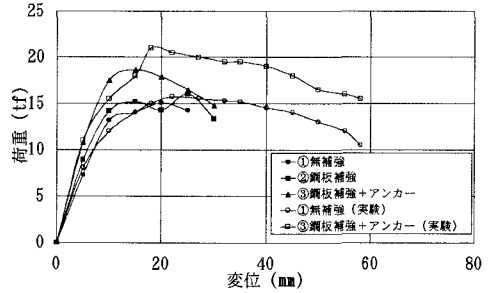


図2 荷重-変位曲線

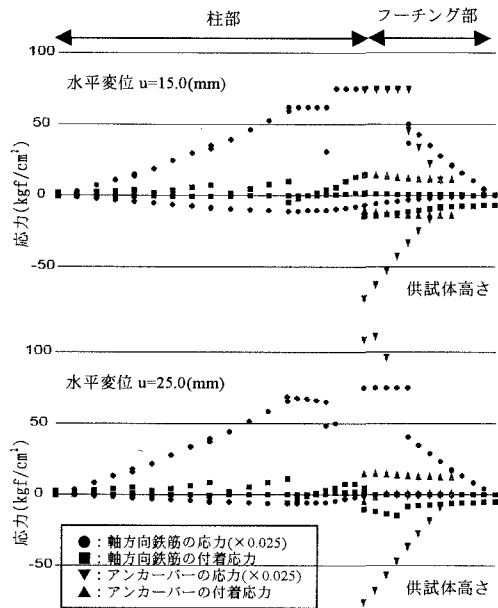


図3 軸方向鉄筋の軸力と付着応力、およびアンカーバーの応力と付着応力分布