

RC 造柱梁接合部の履歴性状の解析精度向上に関する研究 (その1) 鉄筋とコンクリート間の付着強度モデルの提案

Enhancement of Analysis Accuracy on Hysteretic Response of RC Beam-Column Joint (Part 1) Proposal of Bond Strength Model Between Reinforced Bar and Concrete

○秋山雄介¹, 早坂香苗², 田嶋和樹³, 長沼一洋³*Yusuke Akiyama¹, Kanae Hayasaka², Kazuki Tajima³, Kazuhiro Naganuma³

Abstract: Bond characteristic between concrete and reinforcing bar has a great influence on the behavior of reinforced concrete beam-column joint subjected to seismic loads. To improve simulation accuracy of nonlinear finite element method, a new bond model is proposed in which the bond strength varies according to the stress of reinforcing bar. The model is applied to analyses of concrete specimens with reinforcing bars that were pulled out on one side and pushed in on the other side. The calculate results corresponded well to the test results.

1. はじめに

鉄筋コンクリート造(以下, RC 造)柱梁接合部の耐震性能に関して, 接合する他の部材よりも先行して破壊せず, 損傷が集中しないことが求められている。この耐震性能の把握のために, 損傷・エネルギー吸収能の正確な予測が必要である。しかし, 多くの影響因子が複雑に作用しているため, 実験だけで全ての影響因子を検証することには限界がある。そこで, FEM 解析を用いた損傷・エネルギー吸収能の詳細な検討を行った。

繰り返し载荷を受けた RC 造柱梁接合部の解析精度は十分と言えず, 特にエネルギー吸収能が急激に低下するスリップ現象の再現は不十分であった。本報ではスリップ現象の再現性向上のため影響因子と考えられる付着性状に着目し, 実情に合った付着強度モデルの提案及び RC 造柱梁接合部の解析への適用性について調べた。

2. 付着強度モデルの提案

柱梁接合部内の梁主筋を想定した付着性状に関する既往の実験^[1]では接合部内においてかぶり領域とコアコンクリート領域で付着応力~すべり関係が異なることが報告されている。接合部内のかぶり領域では押込み側の最大付着応力が引抜き側と比較して 2 倍近く大きくなっている。

従来の解析モデルは Fig.1(a)に示す引抜き側, 押込み側で同様の付着応力~鉄筋応力関係(黒線)を使用している。そこで, 最大付着応力~鉄筋応力関係において, Fig.1(a)の青線に示すような鉄筋降伏応力到達時の最大付着応力が押込み側と引抜き側で異なるモデルを作成した。押込み側, 引抜き側の最大付着応力の応力差は $1.0\tau_{max}$ (τ_{max} は基準付着強度)となるように設定した。しかし, 応力差 $1.0\tau_{max}$ の付着強度モデルを用いた鉄筋

の引抜き, 押込み実験の解析で再現性が不十分であることが分かった。次節では, 応力差を変化させた検証解析の結果を示す。

3. 提案したモデルの妥当性の検証

3. 1 解析概要

Fig.2 に要素分割図及び断面, Tabel1 に試験体諸元を示す。試験体は金らが行った鉄筋の引抜き, 押込み実験^[2]より試験体 2 体を抜粋した。コンクリート強度 36.2MPa, 試験体側面に軸力 100kN を加え鉄筋に引抜き, 押込み力を与えている。

解析ではコンクリートを六面体要素, 鉄筋は線材要素でモデル化した。また, 鉄筋とコンクリートの間に

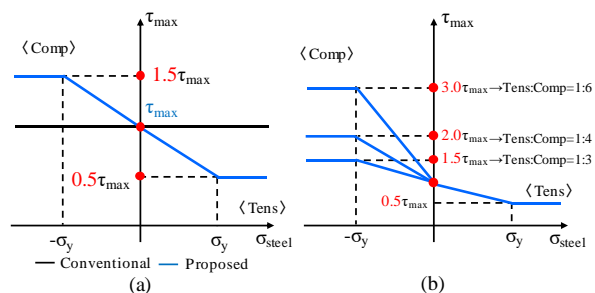


Fig.1 Bond Strength Model

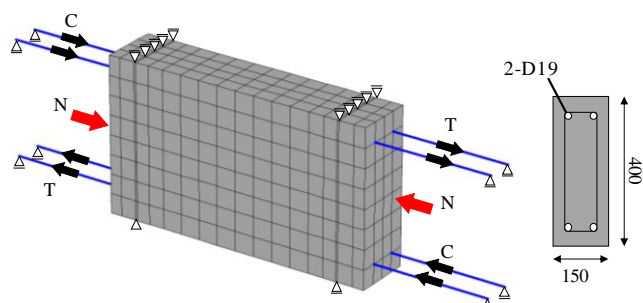


Fig.2 Finite Element Mesh and Sectional View

界面要素を入れ、付着すべりを考慮した。付着性状は Fig.1(b)に示すように、引抜き側と押し込み側の付着強度の大きさを変化させた。引抜き側の付着強度 1 に対する押し込み側の強度の比率を 3, 4, 6 と変化させた 3 ケース、従来モデルの計 4 ケースの解析を実施した。

3. 2 解析結果

Fig.4 に付着応力～鉄筋応力関係の実験及び解析結果を示す。2つの結果を比較すると、従来の付着モデルでは引抜き、押し込み側で付着強度は同じだが、提案した応力差 $1.0\tau_{max}$ のモデルでは応力差が生じた。しかし、引抜き側と押し込み側で実験は 2 倍以上ある付着応力差はほとんど現れなかった。比率を大きくしていくと応力差は徐々に大きくなり、実験に近づく挙動を示した。

しかし、2 体の試験体の解析結果を比較すると異なる挙動を示した。付着長さが短い試験体 S-19-L-(1/-1)-100 では押し込み側の付着応力が引抜き側と比較して大きくはなるが、実験結果の約半分となった。また、付着長さが長い試験体と比較して押し込み側の付着応力の比率を大きくしても、強度はそれほど大きくなるならない。

一方、付着長さが長い試験体 L-19-L-(1/-1)-100 は付着長さが短い試験体と比較して比率を大きくすることで上昇する押し込み側の付着応力が大きくなるのが分かる。引抜きと押し込みの比率を 1:6 にしたモデルの解析では、最大付着応力到達時の鉄筋応力は実験より大きくなるが付着応力は良好に模擬できた。

今回の結果より、比率は 1:6 の付着強度モデルが実験の挙動を概ね模擬できることが分かった。しかし、付着長さが短い試験体では実験の再現は不十分であり、付着長さによって、押し込み側の上昇する付着強度のばらつきが見られた。

今回の検証は付着長さのみがパラメータの試験体を用いて解析を行ったため、付着性状に影響するかぶり厚さや補強筋量が異なる場合の適用性については不明であり、今後の検討が必要である。また、付着応力～鉄筋応力関係を直線でモデル化した。実験では引抜き側の付着応力～鉄筋応力関係は直線で押し込み側は直線で推移しており、異なる挙動を示している。これより、付着強度モデルの形状も含め、今後検討する必要がある。

4. まとめ

(1)繰返し载荷を受ける RC 造柱梁接合部の履歴性状の解析精度向上のため付着性状に着目し、引抜き、押し込み側で付着強度が異なるモデルを提案した。

Table1 Test Specimens

Specimen	Bond Length	Longitudinal Bar	Shear Reinforcement
S-19-L-(1/-1)-100	400mm	2-D19 ($f_y=840\text{MPa}$)	2-D10@100 ($f_y=381\text{MPa}$)
L-19-L-(1/-1)-100	800mm		

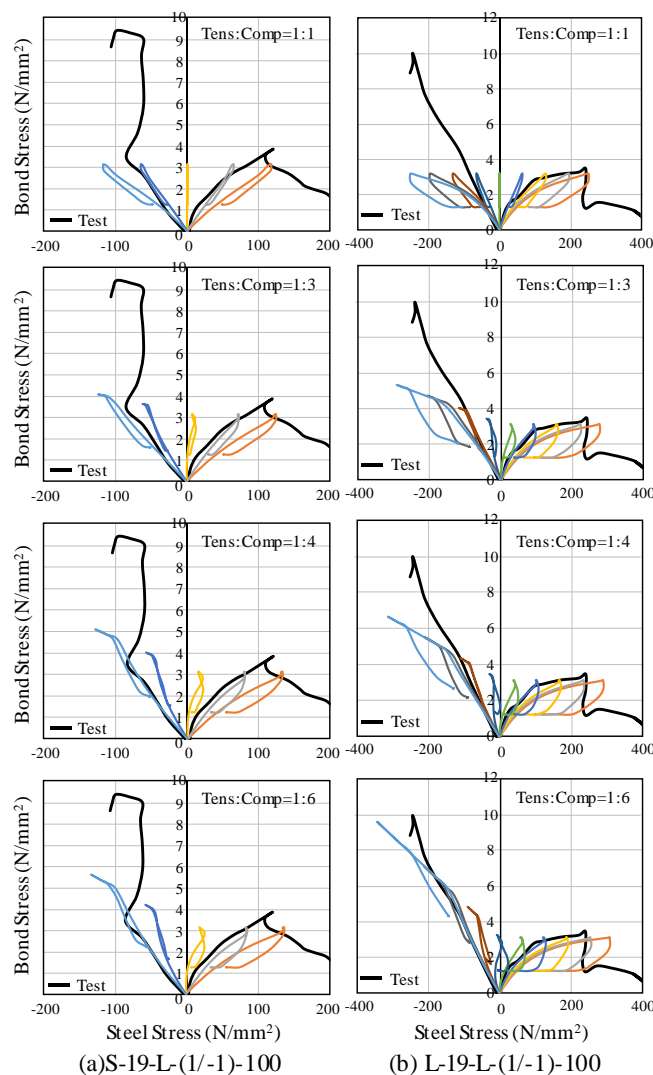


Fig.3 Bond Stress - Steel Stress Relationships

(2)既往の実験を用いた検証解析の結果、付着長さが長い場合は良好に模擬できた。しかし、付着長さが短い場合は押し込み側の付着応力の上昇は小さくなり、今後の検討が必要である。

5. 参考文献

[1] 森本敏幸ら：「押し込み力と引抜き力を同時に受けるはり主筋の付着性状に関する実験研究」, 日本建築学会論文報告集, Vol.322, pp.52-63, 1982
 [2] 金吉熙ら：「RC 柱部材におけるせん断抵抗機構と主筋付着作用との関係」, 日本建築学会構造系論文集, Vol.559, pp.181-188, 2002