

剛体 - バネモデルによる鉄筋継手部を有する RC 部材の力学挙動の評価

防衛大学校 学生会員 ○岩田 道春 防衛大学校 正会員 山本 佳士
防衛大学校 正会員 黒田 一郎 防衛大学校 正会員 古屋 信明

1. はじめに

ループ継手の鉄筋曲線部に働く支圧力を有効に利用すると、従来工法の重ね継手より継手長を短くすることができ、その結果、鋼材突出長を短くすることができる。しかし、その設計法については未だ不明な点が多い。その理由としては、ループ継手内部に発生する支圧力の応力伝達機構が解明されていないことがある。そこで、本研究ではループ継手および重ね継手を対象に、離散型解析手法の1つである剛体 - バネモデルにより解析的側面からその力学挙動について評価を試みた。

2. 解析手法

本研究では、ボロノイ分割を用いたランダムな要素形状を有する 3 次元剛体 - バネモデル（以下 RBSM）によりコンクリートをモデル化した（図-1）。RBSM は、対象物を有限個の要素に分割し、要素自身は剛体と仮定し、要素間に分布するばねのエネルギーを評価することで、材料の力学挙動を追跡する方法である。垂直ばねとしては、引張側には破壊エネルギーを用いて引張軟化 1/4 モデルを導入し、圧縮側では破壊は生じないものとした。せん断ばねにはモール・クーロン型の破壊基準を導入し、せん断すべりを考慮した。

鉄筋のモデル化にはSaitoらによって開発された離散鉄筋要素を用いた。鉄筋の構成則にはbilinear型を用い、鉄筋-コンクリート間の付着応力-すべり関係にはCEBのモデルコード¹⁾を用いた。

3. 解析概要

本研究では、鈴木ら²⁾が行ったループ継手および重ね継手を有する曲げ載荷実験を対象に解析を行った。実験結果と比較することで本モデルの適用性を確認し、ついで継手部のコンクリートひずみを調べることでより力学的挙動を検証する。解析モデルの一例として、図-1 にボロノイ分割図を、図-2 に鉄筋配置図を示す。

4. 解析結果

図-3、4 に荷重 - 載荷点変位関係を示す。図中には併せて実験結果も示す。実線が解析結果、破線が実験結果である。ループ継手については、やや最大荷重が小さいものの、実験を高い精度で再現している。重ね継手については、やや解析の剛性が実験よりも大きい、概ね実験を再現していることが分かる。

図-5 に荷重降伏後（図-3 中の○印の点）におけるループ継手のひび割れ性状図を示す。図中、緑色で示しているのが垂直バネが引張強度に達した面、黄色で示しているのが垂直バネが引張強度に達した後 $1/4f_t$ まで応力が低下した面、赤色で示しているのが垂直バネが引張強度に達した

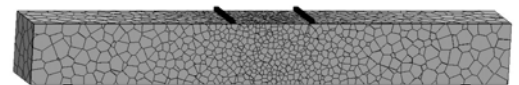


図-1 ボロノイ分割図



図-2 鉄筋配置図（ループ継手）

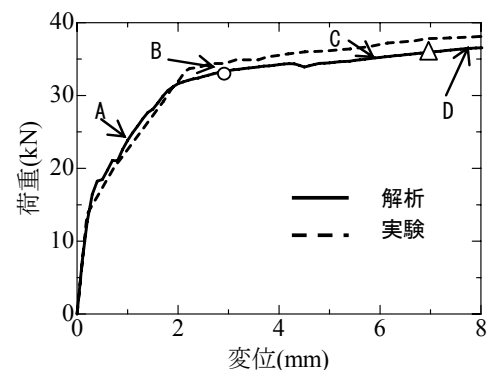


図-3 荷重 - 載荷点変位関係
（ループ継手）

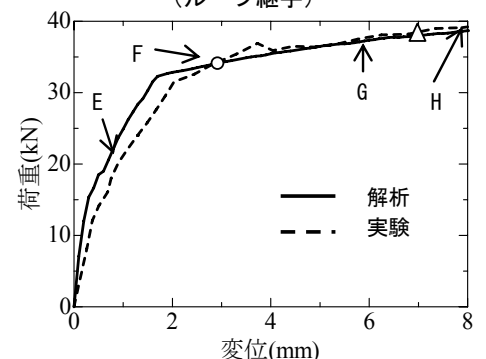


図-4 荷重 - 載荷点変位関係
（重ね継手）

キーワード 剛体 - バネモデル, 重ね継手, ループ継手

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 TEL 046-841-3810 E-mail : g46060@nda.ac.jp

後0まで応力が低下した面、灰色で示しているのが除荷により応力が低下した面である。また、図-6に図-3中の△印の点における変形図を示す。これらの図からも、ひび割れがループ鉄筋に沿った形状を呈していることが分かる。重ね継手についても同様に、図-4中の○印および△印の点について、図-7にひび割れ性状図、図-8に変形図を示す。重ね継手の両端近傍にひび割れが集中していることが分かる。実験結果と比較すると、解析は実験の破壊状況を良好に捉えていると言える。

次に、継手部の力学挙動を調べるため、剛性が極めて小さく、かつ滑らない仮想鉄筋要素をモデル中央に配した(図-9)。この仮想鉄筋要素のひずみを調べることで、継手部のコンクリートひずみ分布を調べることができる。この結果を図-9, 10に示す。図中の水平方向矢印は、ループ継手の場合はコアコンクリートの区間を、重ね継手については重ね継手部の区間を示している。ループ継手については、ループ鉄筋のすぐ外側で大きな引張ひずみが生じているが、コアコンクリート内にはほとんどひずみは発生しておらず、健全な状態を保っている。これは、片側の鉄筋にかかる応力がループ内のコアコンクリートを介してもう片側の鉄筋に伝達されていることを示している。重ね継手については、主筋量が2倍となる継手区間ではほとんどひずみが生じておらず、継手部両端に応力が集中していることが分かる。いずれの結果も、それぞれの鉄筋継手における異なる力学挙動を明らかにしている。

5. 結論

- (1) ループ継手および重ね継手を有する梁供試体の静的曲げ実験を対象に、RBSMを用いた解析を行った。その結果、荷重-載荷点変位関係および破壊性状から、本研究で用いたモデルは実験を精度よく再現することを確認した。
- (2) 解析により、継手部の鉄筋に大きなひずみが生じているのは、ループ継手ではコアコンクリートの外側、重ね継手では継手部に至る直前、であった。
- (3) 仮想鉄筋要素を用いた解析により、継手部のコンクリートひずみに関しては、ループ継手のコアコンクリート内部ではほとんどひずみが生じておらず、健全な状態であった。これは、ループ継手ではコアコンクリートを介して応力を伝達していることを示している。

参考文献

- 1) Comité Euro-International du Béton CEB-FIP Model Code 1990 First Draft. CEB, Paris, 1990
- 2) 鈴木基文ほか：ループ継手を有する RC 梁部材の曲げ耐荷特性，土木学会関東支部第32回技術研究発表会論文集（CD-ROM），2005年3月

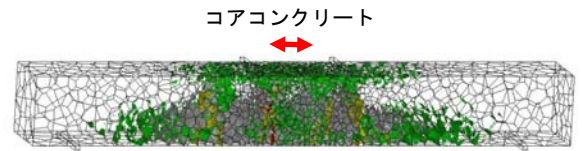


図-5 ひび割れ性状図（ループ継手）

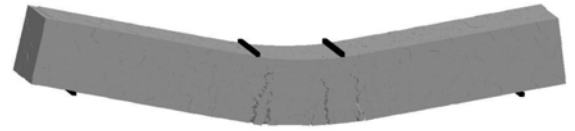


図-6 変形図（ループ継手）

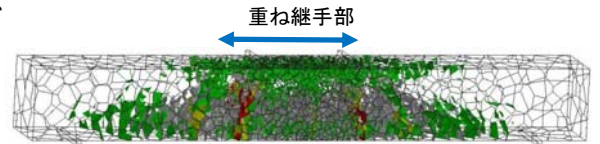


図-7 ひび割れ性状図（重ね継手）

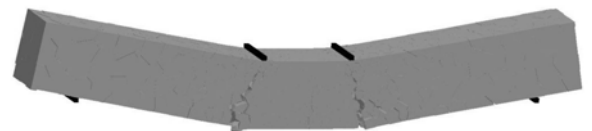


図-8 変形図（重ね継手）

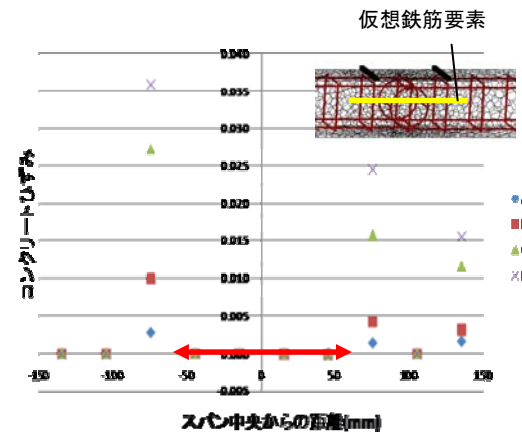


図-9 梁軸方向ひずみ（ループ継手）

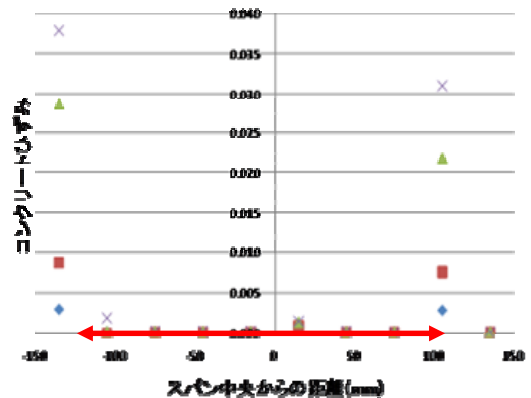


図-10 梁軸方向ひずみ（重ね継手）