# ループ継手を有する RC 梁部材の曲げ耐荷機構に関する解析的研究

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

通常のループ継手は楕円形上で用いられることが多いが,著者らは鋼材突出長さを極力抑えるという観点から真 円形状のループ継手(図-1)を提案した.そして本ループ継手を有する供試体が曲げモーメントを受ける場合,重 ね継手と比較して耐荷力・変形性能上遜色のないことを実験的に確認した<sup>1)</sup>.しかしその耐荷機構については不明 な点が多い.そこで,本研究では離散型解析手法の1つである剛体 - バネモデル(以下 RBSM)を用いて,ループ 継手部(以下コア部)のコンクリートひずみ等を調べることにより真円形状ループ継手の曲げ耐荷機構を検証した.

#### 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 RBSM によりコンクリートをモデル化した. RBSM は、対象物を有限個の要素に分割し、要素自体は剛体と仮定し、要素間に分布する垂直バネおよびせん断バネ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.垂直バネは、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.せん断バネにはモール・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<sup>2)</sup>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<sup>3)</sup>を用いた.

### 3. 解析概要

本研究では,著者らが提案した真円形状ループ継手を有する供試体 の曲げ載荷実験を対象に解析を行った(図-1).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 み分布,鉄筋ひずみ分布および付着すべり分布を調べることで曲げ 耐荷機構を検証する.図-2に解析モデルを示す.

## 4. 解析結果

図-3 に解析および実験の荷重 - 変位関係(実線:解析結果,破線: 実験結果)を,図-4 に図-3 上 B 点におけるひび割れ性状図を示す. 図-3 および図-4 より,解析は概ね実験を再現していると言える.

図-5 に、図-3 上に示した荷重段階 A~C におけるコア部コンク リートの梁軸方向ひずみ分布を示す.ひずみの算出場所は同図の供試 体図中にある点線部であり、ループ鉄筋が挿入された断面の2つの高 さ((a) y=100,(b) y=50mm, y:梁下縁からの距離)である.荷重段 階 B および C で、y=100 では約 100µの引張ひずみが生じている. 一 方、y=50 では 200~400µ の圧縮ひずみが生じている. すなわち、コ ア部では梁全体の曲げ変形(上側で圧縮,下側で引張)と逆のひずみ 分布を呈することが分かる.また、荷重段階 C において、y=100 では 供試体中心から 40mm の位置にひび割れによる約 400µ の引張ひずみ が、y=50 では-40mm の位置に約 1200µ の圧縮ひずみが生じている.

1000 図-1 実験要領 図-2 鉄筋配置図 40 С 30 荷重(kN) 20 解析 10 実験 10 20変位(mm) 図-3荷重-変位関係 -3 上 B 点) (a) 解析 (図



キーワード ループ継手,曲げ耐荷機構,剛体 - バネモデル

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

このように、コア部コンクリートに比較的大きなひずみ量が算出された 位置はループ鉄筋のすぐ内側であり、コア部のコンクリートのひずみ分 布はループ鉄筋の影響によることが推察される.

図-6 に同様の荷重段階 A~C における鉄筋のひずみおよび付着すべ り分布を示す. 横軸の要素番号は主筋を構成する鉄筋要素番号であり, 図-6 (a)に示してある. ひずみは正の値が引張, 負の値が圧縮を表す. 付着すべりは鉄筋要素がコンクリート要素に対し図-6(a)に示した  $S_2$ 方 向へ滑ると正の値,  $S_1$ 方向へ滑ると負の値になる.

鉄筋ひずみ分布図では、荷重段階 B および C において要素番号 10 付近(コア部端部)で降伏ひずみ以上のひずみが生じており、この位置でひび割れが入っていることが分かる.そしてそれ以降の要素番号ではひずみが小さくなるものの、コア部上側の鉄筋要素でも引張ひずみを呈しており、上側の鉄筋にも引張力が伝わっていることが分かる.

付着すべり分布図では、荷重段階 B および C において、要素番号 10 付近(コア部端部)で付着すべりが正から負に転じており、これからも この位置でひび割れが入っていることが分かる.そして要素番号 15(鉄 筋曲上げ部直前)以降の鉄筋要素は最大で約0.3mmのS<sub>1</sub>方向への付着す べりを有し、要素番号が大きくなるにつれて徐々に付着すべり量が小さ くなっている.そして要素番号 45(ループ鉄筋上部の曲線から直線へ移 行する位置)以降で0となり、上側の鉄筋はコンクリートに対して滑っ ていないことが分かる.この付着すべり量の範囲は、付着応力が付着す べり量に比例して大きくなる領域であり、図-6(a)コア部に示した矢印 のような付着力と、裏側にある継手の相手側鉄筋に生じる付着力の重ね 合わせがコア部コンクリートに作用していると考えられる.そしてこの 付着力により、コア部上側で引張ひずみ、下側で圧縮ひずみが生じると 考えられる.

## 5. 結 論

解析により,ループ継手コア部のコンクリートひずみ分布,鉄筋ひ ずみ分布および付着すべり分布を調べた。その結果,ループ鉄筋のひ ずみと付着すべりは上側の直線部で小さく,下側程大きくなっていた. その結果発生する付着力によってコア部下側が圧縮され,ひび割れの 発生を抑制していると推察された.

# 参考文献

- 丹羽穂高,黒田一郎,古屋信明,岡村勝栄:プレキャスト・現場打ちコンク リート接合部に用いる鉄筋継手方法の実験的研究,コンクリート工学論文集, Vol.15, No.2, pp.99-108, 2003.5
- Saito, S., Hikosaka, H. : Numerical analyses of reinforced concrete structures using spring networks with random geometry, JSCE, No.627, V-44, pp.289-303, 1999
- Comité Euro-International du Béton CEB-FIP Model Code 1990 First Draft. CEB, Paris, 1990





図-6鉄筋ひずみ・付着すべり分布