

# 三次元有限要素解析による 新しい鉄筋コンクリート隅角部構造の力学特性の評価

Evaluation of Mechanical Characteristics of Newly Developed RC Knee Joint by 3D Finite Element Analysis

北海道大学大学院工学院 ○学生員 吉光聖洋 (Masahiro Yoshimitsu)  
 北海道大学大学院工学研究院 フェロー 横田弘 (Hiroshi Yokota)  
 早稲田大学理工学術院 正員 佐藤靖彦 (Yasuhiko Sato)

## 1. はじめに

RC ボックスカルバートの隅角部では鉄筋が高密度に配筋される。この作業の省力化を目的に開発されたのが、隅角部に鉄筋ユニットブロックを有する RC ボックスカルバート(以下、ユニット型)である<sup>1)</sup>。このユニット型は現在、道路構造物で適用が進められている一般的な配筋で作られた RC ボックスカルバート (以下、従来型) に比べて、履歴吸収エネルギーの増加と、隅角部におけるひび割れ発生抑制など、力学的性能が高いことが載荷実験により確認されている<sup>2)</sup>。

本研究では、力学的性能が向上した要因の解明を目的に、載荷実験<sup>3)</sup>の再現解析を行い、考察を加えた。

## 2. 既往実験

本研究で対象とする RC ボックスカルバートは主に地下に埋設されるため、RC ボックスカルバートの受ける代表的な力は地震力である。地震力下のユニット型の耐荷機構を把握するために、図-1 のような L 形試験体を用いて載荷実験が行われた。載荷方法は、ジャッキの押す方向(隅角部の内側引張)を正、引く方向(隅角部の外側引張)を負とした、変位制御による正負交番載荷である。この実験により、従来型に比べてユニット型は履歴吸収エネルギーが向上することが確認できた。また、従来型では隅角部周辺の外側にひび割れが集中したのに対して、ユニット型では内側にひび割れが生じた。ユニット型では、損傷の程度は軽微であった。

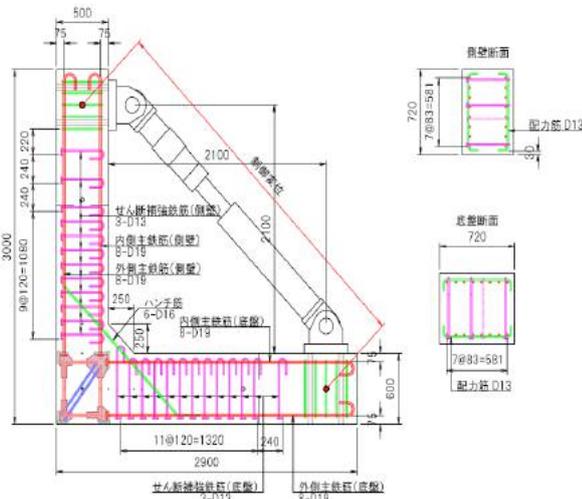


図-1 L 形試験体の概念図<sup>2)</sup>

## 3. 鉄筋ユニットブロック単体の三次元有限要素解析

有限要素法による三次元非線形解析を行った。解析では、鉄筋は材料非線形を考慮する梁要素を、鉄筋ユニットブロックを構成する鋼板、載荷点はソリッド要素を使い表現し、図-2 のように載荷点を完全拘束し、一方の載荷点に強制変位を与えた。

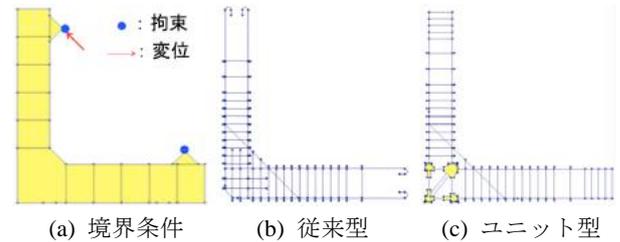


図-2 有限要素解析モデル

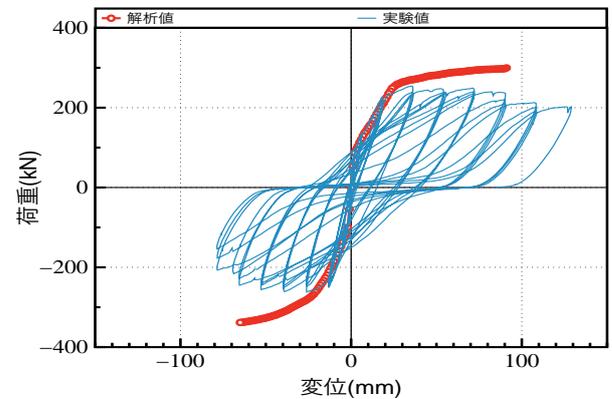


図-3 荷重変位曲線(従来型)

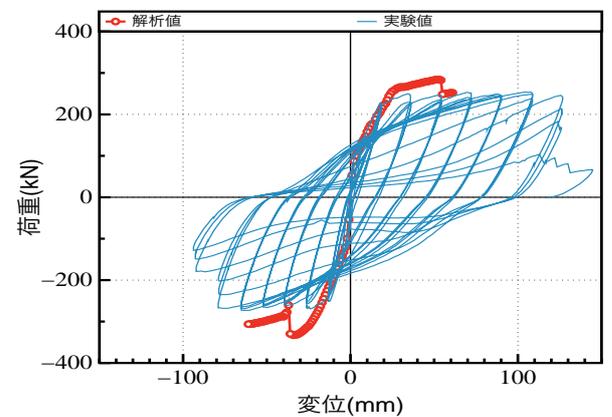


図-4 荷重変位曲線(ユニット型)

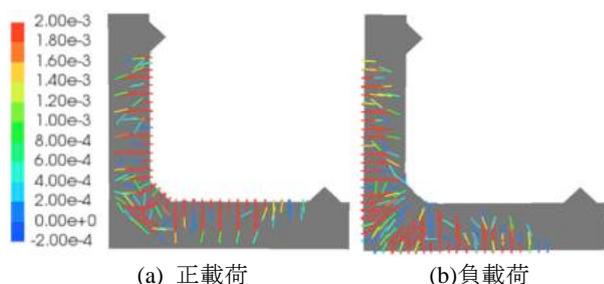


図-5 従来型のひび割れ発生時のひずみ

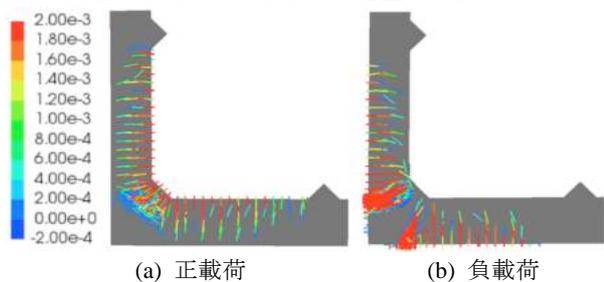


図-6 ユニット型のひび割れ発生時のひずみ

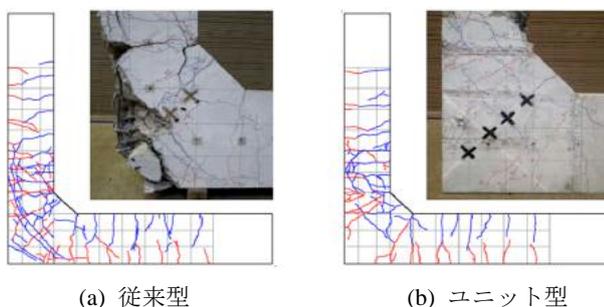


図-7 損傷状況とひび割れ発生状況<sup>3)</sup>

#### 4. 解析結果と考察

図-3 および図-4 に荷重変位関係を示す。ここで、変位はジャッキの伸縮量あるいは与えた強制変位量を示している。解析結果と実験結果を比べると、交番载荷が繰り返されるごとに実験結果と解析結果の乖離が大きくなっている。これは、解析では正载荷によるひび割れと負载荷によるひび割れを区別するために、交番载荷ではなく別々に载荷を行ったためであると考えられる。また、解析結果による荷重変位曲線を見比べると、ユニット型のほうが従来型よりも耐力が小さくなっている。これは、鋼版とコンクリート間の付着を考慮するために導入したインターフェイス要素によるものである。

図-5 と図-6 は強制変位を正負で 20mm 与えたときのひび割れひずみを示している。従来型、ユニット型ともに、図-7 に示されるような実験で生じたひび割れの様子(青：正载荷、赤：負载荷に生じたひび割れ)をよく再現できている。特に、ユニット型のひび割れについて、鉄筋ユニットブロックを埋め込んだ範囲にひび割れが生じにくいという特徴をよく再現できている。

また、図-8 と図-9 は正方向にそれぞれ強制変位を 10mm と 20mm 与えたときの最小主応力をそれぞれ示している。これらの図から、ユニット型では従来型に比べて、より大きな荷重を与えられたときでも、圧縮ストラットを維持できていることがわかる。これは、図-10 に示すように、鉄筋ユニットブロックを使うことで圧縮ス

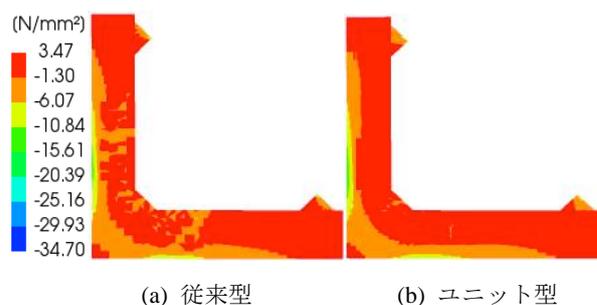


図-8 変位 10mm 時の最小主応力図

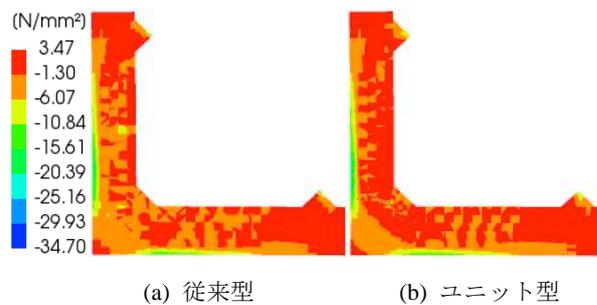


図-9 変位 20mm 時の最小主応力図

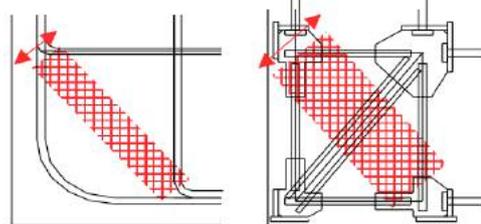


図-10 圧縮ストラット幅変化のイメージ図

トラット幅が変化し、コンクリートにかかる圧縮応力が減少したためであると考えられる。

#### 5. まとめ

本論文では、従来型の L 形試験体と、ユニット型の L 形試験体の、正負交番载荷実験の再現解析を行うことで、L 形試験体に生じる応力の様子を把握した。

解析の結果から、鉄筋ユニットブロックを用いることによる力学的性能が向上した要因としては、鉄筋ユニットブロックの接続部鋼材の影響により、圧縮ストラット幅が変化し、コンクリートが負担する圧縮応力が減少したために、割裂ひび割れの発生が抑制されたことによるものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 村田裕志, 武田均: RC ボックスカルバート隅角部の配筋合理化に関する実験的研究, 大成建設技術センター報, 第 48 号, 2015.
- 2) 猪口泰彦, 高倉克彦: 鉄筋ユニットブロックによる隅角部配筋の省力化, 大成建設技術センター報, 第 49 号, 2016.
- 3) 渡部孝彦, 猪口泰彦, 高倉克彦, 村田裕志: 鉄筋ユニットブロックを配した RC ボックスカルバート隅角部の耐荷機構に関する一考察, 大成建設技術センター報, 第 39 号, 2017.