

B-11

RC 梁の端部に開孔を有するヒンジリロケーション構法の構造的な性能に関する解析的研究
An Analytical Study on Structural Performance of R/C Beam-Column Joints Using Hinge Relocation Method with Opening at End of Beam

○町田直輝¹, 長沼一洋², 田嶋和樹²
 Naoki Machida¹, Kazuhiro Naganuma², Kazuki Tajima²

Abstract: Finite element analyses of a hinge relocation joints with an opening at beam end were performed. As a result, the analyses generally simulated the observed maximum strength that U-shaped reinforcements are more effective than opening reinforcements.

1. はじめに

鉄筋コンクリート (RC) 梁に開孔を設ける場合、梁端から梁成以上離す必要がある。しかしヒンジリロケーション構法を用いることによって、梁端部に開孔を近付けることが可能となり、下がり天井が空間に占める割合を小さくすることに加え、設計の自由度が増すことが期待できる。

本研究では金川らの研究¹で行われた梁端開孔を有する片持ち梁型試験体の実験を対象に有限要素法 (FEM) による非線形解析を行い、構造的な性能を確認した。

2. 解析対象試験体概要

Fig.1 に試験体要素分割図、Table.1 に試験体諸元を示す。試験体は 4 体である。PB-2 は基準試験体である。PB-6 は開孔部の斜め補強筋を開孔補強筋のみとした試験体である。それに対し PB-7 はコ型補強筋のみとし、中子筋を配筋した試験体であり、PB-9 はコ型補強筋の代わりにかんざし筋とした試験体である。

解析モデルは、コンクリートおよび加力用鉄板を四辺形要素、鉄筋をトラス要素、付着すべりを接合要素でモデル化している。機械式継手のスリーブと鉄筋およびスリーブとコンクリート間は完全付着としている。材料特性は文献²)と同様のものを使用した。

3. 解析結果

3.1 せん断力-層間変形角関係

Fig.2 に各試験体のせん断力-一部材角関係を示す。実験と解析の耐力差、履歴ループの形に着目して比較を行う。耐力比(解析/実験)は PB-2, 6, 7, 9 でそれぞれ 1.11, 1.05, 1.06, 1.18 である。履歴ループは部材角が大きくなるに従って除荷時の剛性、原点付近のスリップ挙動の差異が大きくなる傾向が示された。除荷時の剛性および原点付近のスリップ挙動は共に機械式継手のモデル化で完全付着としたことにより実験で発生していると考えられる継手部のすべり現象を無視していることが原因であると考えられる。

3.2 開孔補強筋のひずみ履歴

Fig.3 にコ型補強筋(PB-7)と開孔補強筋(PB-6)のひずみ履歴を示す。開孔補強筋が降伏ひずみに到達せず、

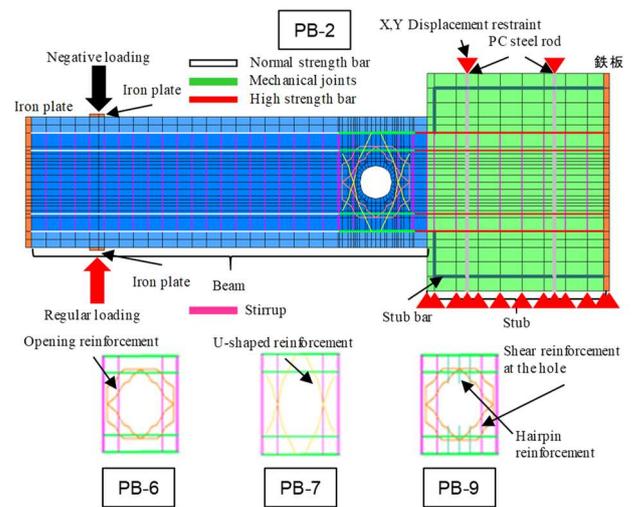


Fig.1 Finite element idealization

Table.1 Material properties

| | PB-2 | PB-6 | PB-7 | PB-9 |
|---------------------------------|---|---------------|----------------|---------------|
| $\sigma_B(N/mm^2)$ | 34.6 | 37.0 | 36.7 | 38.2 |
| $\sigma_t(N/mm^2)$ | 2.55 | 2.70 | 2.78 | 2.85 |
| $E_c(N/mm^2)$ | 29800 | 31300 | 31300 | 32400 |
| Longitudinal bar (end) | 6-D19(SD590) $\sigma_y=637.7, E_s=199800$ | | | |
| Longitudinal bar (center/hinge) | 6-D16 (SD490) $\sigma_y=637.7, E_s=199800$ | | | |
| Stirrup (end) | 2-S6@45 | 2-S6@45 | 4-S6@45 | 2-S6@45 |
| | (KSS785) $\sigma_y=974.9, E_s=193000$ | | | |
| Stirrup (center/hinge) | 2-S6@50 | 2-S6@50 | 4-S6@50 | 2-S6@50 |
| | (KSS785) $\sigma_y=974.9, E_s=193000$ | | | |
| U-shaped reinforcement | 2-D6 (SD295) | — | 2-D6 (SD295) | — |
| | $\sigma_y=336.9, E_s=167000$ | | | |
| Opening reinforcement | 2-S8 (KSS785) | — | — | 2-S8 (KSS785) |
| | $\sigma_y=995.9, E_s=190500$ | | | |
| Shear reinforcement at the hole | 6-S8 (KSS785) | 6-S8 (KSS785) | 12-S8 (KSS785) | 6-S8 (KSS785) |

※ $\sigma_y, E_s (N/mm^2)$

1 : 日大理工・院(前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

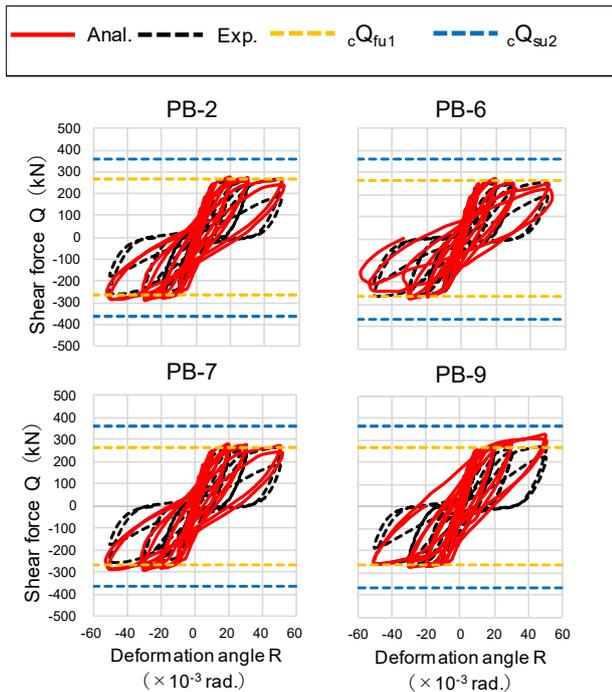


Fig.2 Shear force – deformation angle relationships

コ補強筋の方が効いているという実験の結果を解析でも確認できた。PB-7は概ね実験と対応しているが、PB-6は解析では開孔補強筋が降伏している。これは補強筋付近の要素がコンクリートの圧縮破壊により不安定化したことが原因であると考えられる。

3.3 開孔付近の鉄筋ひずみコンター

Fig.4に部材角 20×10^{-3} rad. サイクルピーク時の開孔付近の鉄筋ひずみコンター図を示す。前項でも述べたようにPB-2, PB-7共に開孔補強筋よりもコ型補強筋の方がひずみが大きく、有効であることが確認できるため、開孔の補強においてはコ型補強筋の有用性が高いと言える。

3.4 破壊性状

Fig.5に部材角 20×10^{-3} rad. サイクルピーク時の破壊性状を示す。継手先端のひび割れが顕著であることが解析でも確認できる。解析では梁端部のコンクリートに圧壊が生じているが、これは二次元解析のため梁幅方向の拘束効果が考慮できていないことが原因であると考えられる。

4. まとめ

梁端部に開孔を有するヒンジリロケーション接合部の有限要素解析を行い以下の知見を得た。

- 1) せん断力一部材角関係において、耐力比（解析/実験）は1.1程度を示した。
- 2) 開孔付近の補強筋のひずみでは実験と同様に解析においても開孔補強筋よりもコ型補強筋の方がせん断力に抵抗する傾向が示された。

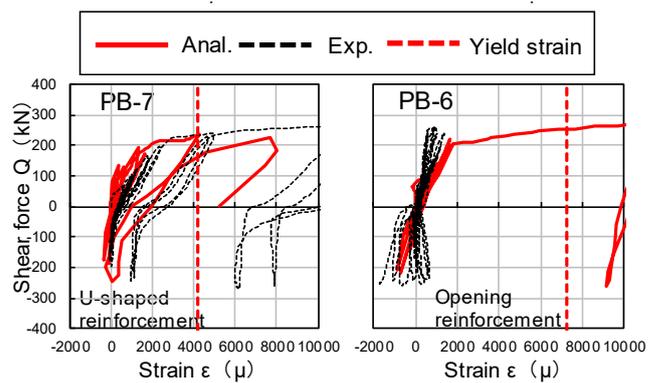


Fig.3 Shear force - reinforcement strain relationships

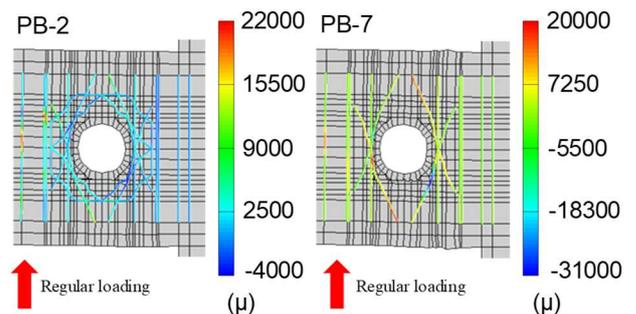


Fig.4 Strain contour of reinforcements at 20×10^{-3} rad.

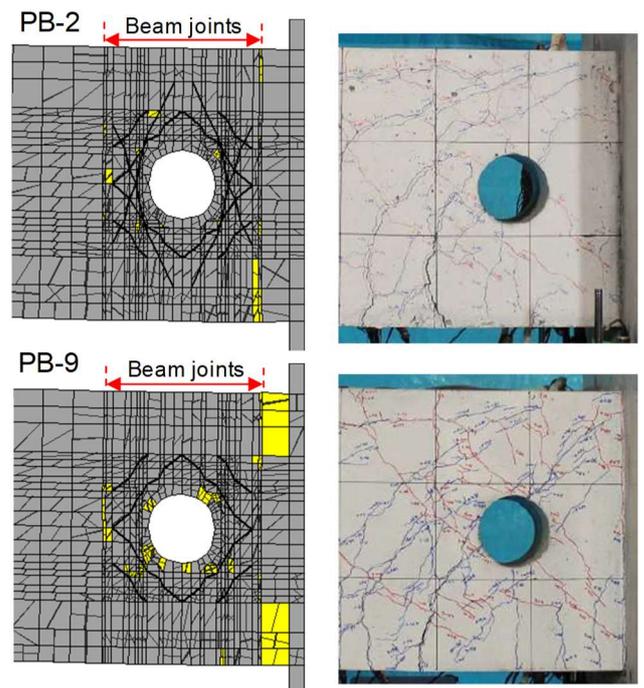


Fig.5 Crack patterns at 20×10^{-3} rad.

参考文献

- 1) 金川基, 他: 梁端部に開孔を有するヒンジリロケーション接合部に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.279-284, 2021.9
- 2) 町田直輝, 他: 梁端部を高強度鉄筋で補強したヒンジリロケーション接合部に関する研究(その9 十字形骨組の FEM 解析結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.415-416, 2020.9