

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 -接合部パネルのひび割れ開閉に関する解析的検証-

Enhancement of Analysis Accuracy on Hysteretic Response of RC Beam-Column Joint -Analytical Verification on Crack Opening and Closing of Joint Region-

○早坂香苗¹, 田嶋和樹², 長沼一洋²*Kanae Hayasaka¹, Kazuki Tajima², Kazuhiro Naganuma²

Abstract: For improvement of simulation accuracy of finite element analysis on hysteretic response of RC beam-column joint, analytical verification was carried out focusing on crack opening and closing at beam-column joint panel which is considered to have an influence on the structural performance. Joint elements were inserted along the diagonal lines of the panel zone. The crack opening and closing behavior can be reproduced well in the analysis, whereas the slip type hysteretic loops and crack patterns were not represented precisely.

1. はじめに

鉄筋コンクリート造(以下, RC 造)柱梁接合部には既往の実験・研究より損傷に関する影響因子の多さや, スリップ型履歴性状などの問題点が挙げられている。これらの因子は複雑に作用しているため, 実験のみで影響因子の検証を行うことには限界がある。そこで FEM 解析による検証を実施したが, ひび割れ性状及び履歴性状の再現性が不十分であることが分かった。

本報では, スリップ型履歴性状の再現性向上のため影響因子の 1 つと考えられる接合部パネルのひび割れ開閉挙動に着目し, 履歴性状への影響について調べた。

2. 接合部パネルのひび割れ開閉

塩原らは既往の実験より, 繰返し荷重を受ける RC 造柱梁接合部の変形機構を提案している^[1]。Fig.1(a)に变形機構の概要を示す。柱梁接合部において生じる交番弾性せん断応力によって, X 型の斜めひび割れは発生し, 4 つの部分に分割される。このとき, ひび割れ面を介してコンクリートの引張力は伝達されないので, 変形が与えられると, コンクリートに回転する変形が強制され Fig.1(a)のように一部が閉じ, 一部が拡大するひび割れ性状となる。また, 塩原は Fig.1(b)に示す新たな解析モデルの提案も行った。

以上より, 接合部パネルの X 型ひび割れの挙動は柱梁接合部の応力伝達や破壊性状に大きな影響を与えていると考えられる。また, 解析においてひび割れ開閉挙動を取り入れることが, 実情に合った解析モデルの作成には必要ではないかと考えられる。

3. 検証解析

3. 1 解析概要

Fig.2 に要素分割図及び配筋図を示す。試験体は楠原

らが行った繰返し荷重を受ける十字形柱梁接合部試験体より B01^[2]を選んだ。使用する鉄筋の材料特性を Table1 に示す。コンクリート強度は 29.0MPa, 柱頭に正負交番繰返し荷重を与えている。

解析ではコンクリートを六面体要素, 鉄筋は線材要素, 主筋とコンクリート間には接合要素を入れ付着すべりを考慮した。また, 接合部パネルの対角線上に離散ひび割れを表現する接合要素を入れることで X 型ひび割れ開閉を考慮した(離散ひび割れモデル)。また, ひび割れ開閉の影響を確認するため分散ひび割れを用いたモデル(分散ひび割れモデル)の結果も併せて示す。

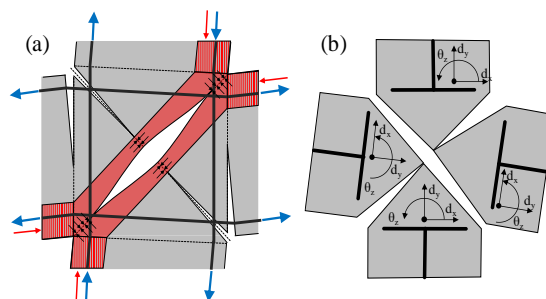


Fig.1 Deformation Mechanism and Nine DOF Model

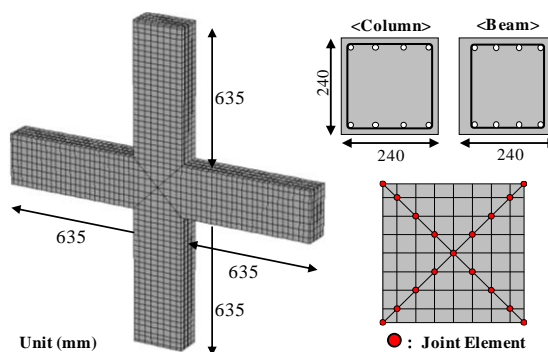


Fig.2 FE Model and Reinforcing Bar Arrangement

1 : 日大理工・院 (前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

3. 2 解析結果

Fig.2 に層せん断力-層間変形角関係の実験と解析結果を示す。なお、離散ひび割れモデルは層間変形角 1.5%までの結果を示す。実験及び離散ひび割れモデルを比較すると耐力に関しては実験結果を良好に模擬したが、スリップ型履歴性状の再現性は分散ひび割れモデルからの変化は見られなかった。また、今回の解析は層間変形角 1.5%付近でコンクリートの損傷が急激に進行したため、今後は大変形時の履歴性状の検証を行うための解析モデルの検証を行う必要がある。

Fig.5 に層間変形角 1.5%時のひび割れ性状を示す。離散ひび割れモデルは、繰返し载荷を受ける際に現れるひび割れ開閉挙動を再現することが出来た。しかし、接合部パネルの中央部に層間変形角 1.0%時点で圧壊が発生し、変形が大きくなるに従い損傷が大きくなっていく。一方、分散ひび割れモデルは一部でコンクリートの圧壊があるものの接合部パネルの損傷は小さくなった。

Fig.6 に各モデルの層間変形角 1.0%及び 1.5%時の接合部パネルの最小主応力図を示す。分散ひび割れモデルを見ると、接合部パネルに圧縮ストラット束が構成されており、変形が増加した場合でも崩れていない。一方、離散ひび割れモデルでは層間変形角 1.0%時は標準モデル同様、圧縮ストラット束の形成が確認できた。しかし、変形角 1.5%では中央部からストラット束が崩れ始めている。また、対角線で分割した部材の界面の一部で引張力が発生した。

離散ひび割れモデルにおける、接合部パネルの中央部コンクリートの損傷の集中及び早期に圧縮ストラット束が崩壊する原因としては、接合部パネルを対角線で 4 つに分割する際のモデル化にあると考えられる。損傷に関しては 4 つの部材の界面における三角柱型のコンクリート要素の接触が発生し、かぶり及び内部のコンクリートの損傷が増大したと考えられる。また、ストラット束の形成に関しても損傷増大や界面における応力伝達に原因があると考えられる。

4. まとめ

RC 造柱梁接合部の解析において離散ひび割れを挿入した接合部パネルのひび割れ開閉を考慮したモデルを作成した。その結果、繰返し载荷を受ける際に発生するひび割れ開閉及び耐力に関しては実験を良好に模擬することが出来た。しかし、履歴性状やひび割れ挙動の再現性が不十分な部分も見られ、今後は接合部パネルのモデル化に関する検討を行う予定である。

Table1 Material Properties of Reinforcing Bars

	Bar type	Yield Strength (MPa)	Elastic Modulus (MPa)
Main bar	D13(SD345)	378	188000
Hoop	D6(295A)	399	204000

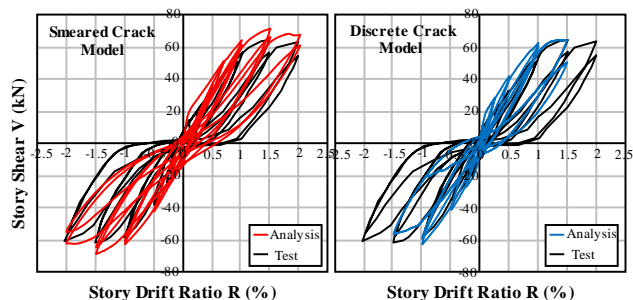


Fig.4 Story Shear – Story Drift Ratio Relationships

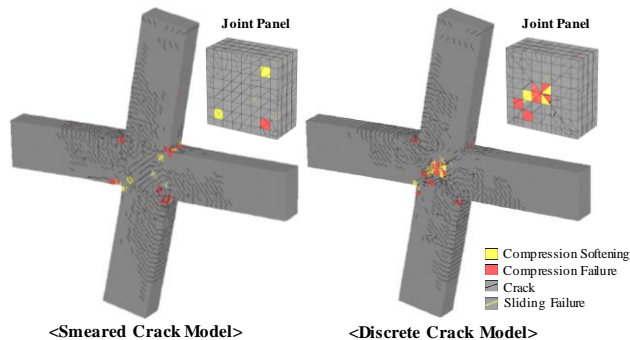


Fig.5 Crack Patterns (1st R=+1.5%)

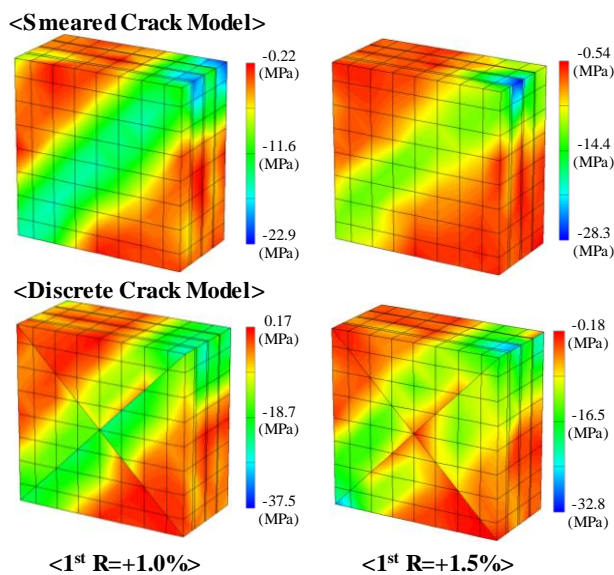


Fig.6 Minimum Principal Stress in Joint Region

5. 参考文献

[1] 塩原等ら：「接合部破壊が先行する RC 柱はり接合部工学年次論文報告集, Vol.19, No.2, pp.1005-1010, 1997
 [2] 楠原文雄ら：「柱と梁の曲げ強度の比が小さい鉄筋コンクリート造十字形柱梁接合部の耐震性能」, 日本建築学会構造系論文集, 第 75 巻, 第 656 号, pp.1873-1882, 2010