

論文 RC 柱におけるせん断耐力劣化を考慮した変形性能評価手法

宮城敏明^{*1}・服部尚道^{*2}・吉川弘道^{*3}・藤田幸弘^{*4}

要旨:鉄筋コンクリート柱を対象とし、非線形曲げ解析により求めたの荷重-変位曲線上に劣化過程を考慮したせん断耐力を併記することで、終局破壊形式の判定およびじん性率の算定を行った。特に、本論文ではせん断耐力の算定においてコンクリートの斜めひび割れ角度の影響を考慮した。本評価手法を用い、断面寸法、せん断補強筋比および軸力をパラメータとした既往の実験結果との照合を行った。その結果、ひび割れ角度とじん性率には相関性がみられ、ひび割れ角度を考慮することにより、曲げ降伏後のせん断破壊する RC 柱の変形性能を精度良く評価できることが確認できた。

キーワード:破壊形式の判定、変形性能評価、せん断劣化曲線、ひび割れ角度

1. はじめに

地震により繰り返し荷重を受ける鉄筋コンクリート（以下、RC）柱の破壊形式は、せん断破壊、曲げ降伏後のせん断破壊（以下、曲げせん断破壊）および曲げ破壊に分類される。RC 柱を対象とした交番載荷実験において、せん断破壊の場合は、主鉄筋の降伏前に大きな斜めひび割れが急激に進展し、脆性的な破壊形態となる。曲げせん断破壊の場合は、主鉄筋の降伏後にコンクリート寄与分のせん断耐力が繰返しにより劣化することでせん断破壊に至ると考えられているが、曲げせん断破壊においても脆性的な破壊となる場合がある。また、実験における破壊形式により斜めひび割れ角度に違いが見られる。脆性的な破壊ほど、ひび割れ角度は小さくなる傾向がある。

これまで提案してきた破壊形式の判定および変形性能の評価手法¹⁾は、曲げ解析により算定した荷重-変位曲線上に、せん断耐力劣化曲線を併記する方法で行ってきた。そこで、本論文では、変形レベルでのひび割れ角度に着目した検討を試み、RC 柱部材の断面寸法、せん断補強筋比、軸力をパラメータとした既往の実験結果²⁾と

の照合を行った。

2. 破壊形式

地震等により繰り返し荷重を受ける RC 柱の破壊形式は、図-1 に示すように、せん断破壊、曲げせん断破壊および曲げ破壊に分類される。主鉄筋降伏前のせん断破壊が構造物の脆性的な崩壊・倒壊に至ることは言うまでもないが、主鉄筋の降伏後のせん断破壊においても脆性的な破壊となる場合がある。つまり、RC 柱部材の計算上の最大曲げ耐力発生前の曲げせん断破壊はせん断破壊と同様大きな斜めひび割れが急激に進展し、脆性的な破壊となることがある。一方、最大曲げ耐力後の曲げせん断破壊は柱基部に塑性ヒンジが形成され、脆性的な破壊には至らない。その理由として、せん断補強筋が斜めひび割れ幅の拡大を抑制することにより、繰返しの影響により骨材のかみ合せの作用により伝達されるせん断力の急激な劣化を防ぐことができる。その後、コンクリートの圧壊および主鉄筋の座屈等により損傷が塑性ヒンジ区間に集中することにより、水平荷重が徐々に低下することで脆性的な破壊とはならないことが考えられる。このように、最大耐力前後のいずれにお

*1: 東急建設(株) 生産技術本部技術研究所 (正会員)

*2: 東急建設(株) 生産技術本部技術研究所 工修 (正会員)

*3: 武蔵工業大学教授 工学部土木工学科 工博 (正会員)

*4: 武蔵工業大学大学院 工学研究科土木工学専攻 (正会員)

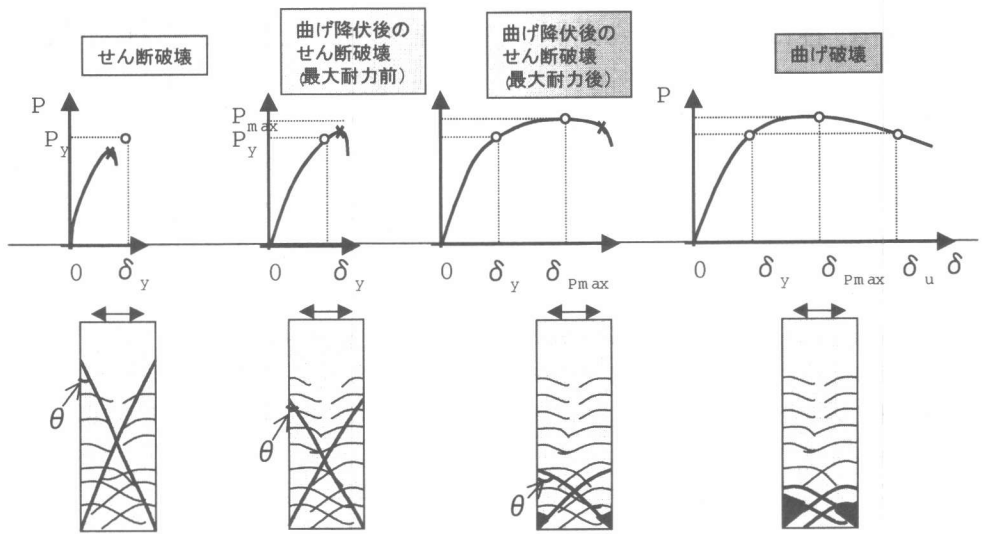


図-1 破壊形式とひび割れ状況

いて終局となるかを評価することは耐震性能照査上で重要であると考える。

ここで、上記の各々の破壊形式について交番載荷実験で得られた知見を述べる。

(1)せん断破壊

- ①柱脚部において曲げひび割れが発生する。
- ②曲げひび割れが曲げせん断ひび割れに移行する。
- ③柱頭から柱脚にかけて大きなせん断ひび割れが発生する。その場合の θ は 45° よりも小さい値である。
- ④せん断ひび割れが大きく進展する。
- ⑤せん断補強鉄筋降伏と同時に急激に荷重低下し、終局となる。

(2)曲げせん断破壊 (最大耐力前)

- ①柱脚部において曲げひび割れが発生する。
- ②曲げひび割れが曲げせん断ひび割れに移行する。
- ③主鉄筋が降伏する。
- ④柱頭から柱脚にかけて大きなせん断ひび割れが発生する。
- ⑤せん断ひび割れが大きく進展する。
- ⑥せん断破壊と同様、急激に荷重低下し、終局となる。その場合、せん断補強筋は降伏している。

(3)曲げせん断破壊 (最大耐力後)

- ①～③までは、曲げ降伏後のせん断破壊 (最大耐力前)と同様。
- ④柱脚部においてコンクリートの圧壊が始まる。
- ⑤被りコンクリートの剥落が始まる。
- ⑥主鉄筋の座屈が始まり徐々に荷重が低下する。
- ⑦柱脚部の曲げせん断ひび割れの進展およ

びコンクリートの剥離が進み、さらにせん断補強鉄筋が降伏後、徐々に荷重が低下し、終局となる。

(4)曲げ破壊

- ①～⑥までは曲げ降伏後のせん断破壊 (最大耐力後)と同様。
- ⑦履歴ループが紡錘型からスリップ型へ移行する。
- ⑧柱脚部において主鉄筋座屈の進展およびコンクリートの剥離が進む。
- ⑨低サイクル疲労により主鉄筋が破断後、荷重が低下し、終局となる。

3. 評価手法

ここで提案する評価手法は、図-2に示すように、RC柱部材を対象に、曲げ解析により算出した荷重-変位曲線上に、せん断劣化曲線を併記することにより、破壊形式の判定および変形性能を評価する方法である。せん断耐力の劣化曲線が $P-\delta$ 曲線と交差した時がせん断破壊となり、そのまま部材の最終破壊点と判断する。ここで、初期降伏点より早い時期に交差する場合はせん断破壊となり、初期降伏後に交差する場合は、曲げ降伏後のせん断破壊となる。両曲線が交差しない場合は曲げ破壊となり変形性能に優れた終局状態を迎える。

曲げ解析では、ファイバーモデル解析を用いる。この場合のコンクリートの応力-ひずみ関係は土木学会コンクリート標準、せん断補強筋の拘