

7) 国際地震工学センター

7) - 1 鉄筋コンクリート構造部材の損傷評価手法の精緻化に関する基礎的研究

～多数回繰り返しを受ける構造部材の劣化挙動評価を目指して～ 【基盤】

Study on Damage Evaluation for R/C Structural Member Under Many Cyclic Deformation

(研究期間 平成 19～21 年度)

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

向井智久

Tomohisa Mukai

To analyze the degradation state of RC structural members subjected to many cyclic deformations, the test results of cyclic loading for RC structural members with high strength material, which the variable parameters are number of cycle, with or without slab and shear strength safety margin, is used. The following knowledge could be obtained as a technical material for the proposal on the restoring force model.

1. Failure mode of each structural member
2. Strength deterioration (ductility performance, strength degrading ratio under each cyclic deformation)
3. Energy deterioration (energy dissipation performance in 2 cycles, energy degrading ratio under each cyclic deformation)

[研究目的及び経過]

近い将来発生すると言われている東海、東南海、南海地震などの海溝型巨大地震が大都市圏を襲うと、数秒から十秒程度の周期で大きな揺れが数分から数十分に渡って継続する「長周期地震動」にさらされる可能性が指摘されている。大都市圏では数多くの超高層建物が建設されており、その固有周期は 2～6 秒と長い長周期地震動に遭遇すると、多数回の大振幅変形を受ける可能性が高い。都市にとって中核となる社会基盤であり、かつ高機能性を求められる超高層建物は、起こりうる応答によって生じる損傷に対して精緻に評価することが求められる。

既往の研究では、多数回繰り返しによる部材の構造実験が行われ、それを考慮した復元力特性モデルが提案されているが、それらは普通強度材料を用いた RC 造部材であり、前述の超高層建物に使用される部材を対象とした検討はほとんどされていない。

以上を踏まえ、本研究では、多数回繰り返し変形を受ける RC 造構造部材の復元力特性モデルの構築に資する技術資料の収集を目的とする。

[研究内容]

- 1) 多数回繰り返し変形を受ける高強度 RC 造部材の劣化性状

ここで、扱う劣化性状とは、耐力低下とエネルギー吸収低下の両者を扱うこととする。具体的には、図 1 に示すようにそれぞれを区別して扱う。以下に、梁（全 8 体）及び柱梁接合部（全 6 体）を対象にそれらの劣化性状を検討した結果を示す。

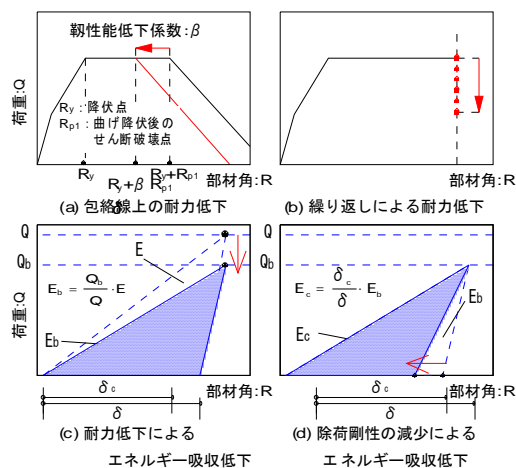


図 2 荷重変形関係

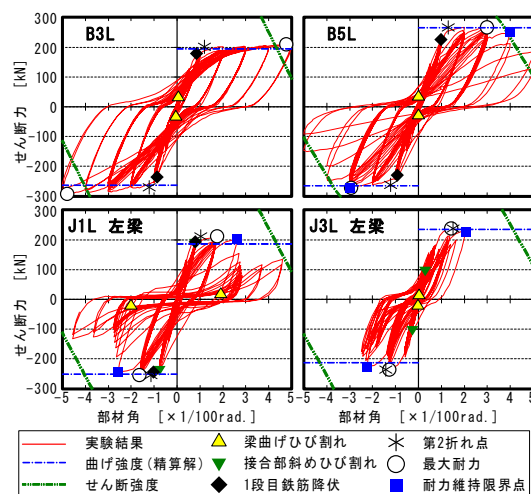


図 1 評価する劣化性状

①破壊モード

図 1 に梁部材 B3L、B5L、柱梁接合部試験体における梁の J1L、J3L の荷重-部材角関係を示す。図中、第一象限は上端圧縮側である。凡例の耐力維持限界点とは最大耐力に対する各部材角 1 サイクル目の耐力が 90%を維持できた最大の部材角であり、梁部材の靱性能を示している。全試験体ともに、層間変形角 $R=1/400$ までに梁に曲げひび割れが発生し、 $R=1/200$ 以降、柱梁接合部に斜めひび割れが見られた。 $R=1/100$ 以降、引張鉄筋の 1、2 段目と順に降伏した。その後 $R=1/50$ で圧縮側コンクリートにひび割れが見られ、同部材角以降、最大耐力に達しても、梁せん断余裕度 αb の大きい B3L は靱性のある挙動を示し、耐力維持限界点は確認されず、顕著な耐力低下は見られなかった。一方、B3L と同断面で接合部せん断余裕度 αj の大きい J1L や αb の小さい B5L、 αj の小さい J3L は、 $R=1/33$ 以降、耐力維持限界点が確認され、徐々に耐力が低下した。また、全試験体のそれぞれの破壊モードは B1、B3、B4 は曲げ破壊(以後 破壊モード F)、 αb の小さい B2、B5 はせん断変形が増加する曲げ降伏後のせん断破壊(破壊モード FS)、B3L と同断面で αj の大きい J1 は主筋の柱からの抜け出し変形が増加する曲げ降伏後の付着破壊(破壊モード FB)、 αj の小さい J2、J3 は接合部の変形が増加する曲げ降伏後の接合部破壊(破壊モード FJ)であった。

②破壊モードと耐力低下に関する劣化性状

靱性能に関して、図 2 より B3L は耐力維持限界点が確認されず、せん断強度の既往の評価法で安全側に評価出来るが、 αb が小さい B5L は、既往の評価で安全側に評価出来ていない。このことから、FS の破壊モードである αb が小さく繰り返し載荷経験の多い梁部材の試験体はより小さな変形でせん断強度を低下させる必要がある。

また、図 3 に正側の耐力低下率(同変形角における i サイクル目のピーク時耐力を 1 サイクル目のそれで規準化)の推移を示す。梁部材、柱梁接合部試験体ともに、 $R=1/100$ は耐力低下率が 10 サイクル目で収束する傾向を示し、0.9 以上を保持している。 $R=1/50$ の 2 サイクル目に圧縮側のひび割れにより、耐力が大きく低下し、以降、破壊モードが F や FS の梁部材は αb が小さいほど耐力低下の割合が大きく収束する傾向は見られなかった。また、柱梁接合部の $R=1/50$ は、 αj が小さい試験体ほど耐力低下の割合は大きい、 $R=1/33$ は、破壊モードが FJ となる場合の αj による違いはほとんどない。また、破壊モードが FB となる場合の耐力低下の割合は極めて大きい。

③破壊モードとエネルギー吸収性能

破壊モードが F や FS の梁部材は $\mu=1$ 以降大きく heq は増加し、 αb が大きい試験体ほど heq が大きくなった。柱梁接合部の heq も同様に $\mu=1$ 以降大きく増加し、破壊モードが FB の J1 は L 試験体で $R=1/25(\mu=4)$ 、N 試験体は $R=1/20(\mu=5)$ で heq が大きく減少に転じた。破壊モードが FJ の試験体の heq はその他の試験体のそれよりも小さい傾向にあるが、 αj による違いは見られなかった。図-4 にエネルギー吸収低下率の推移(同変形角における i サイクル目のエネルギー吸収量を i サイクルのピーク時耐力で除したものの比率を 2 サイクル目のそれで規準化)を示す。破壊モードが F や FS の場合、耐力低下率同様、 αb が小さい試験体ほどエネルギー吸収低下の割合は大きい、柱梁接合部は、破壊モードが FB でエネルギー吸収低下は極めて大きく、FJ の J2、J3 において、 αj が小さく接合部の損傷が大きいほどエネルギー吸収低下は小さい。これは、接合部内の鉄筋の塑性化によってエネルギー吸収に寄与できたものと推察される。

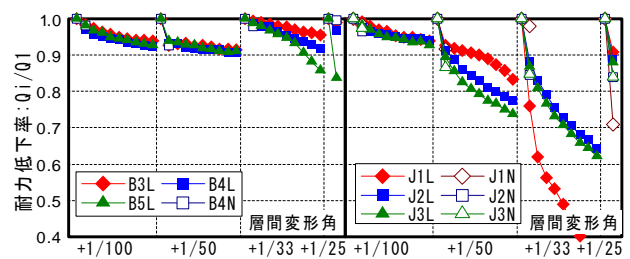


図 3 耐力低下率関係

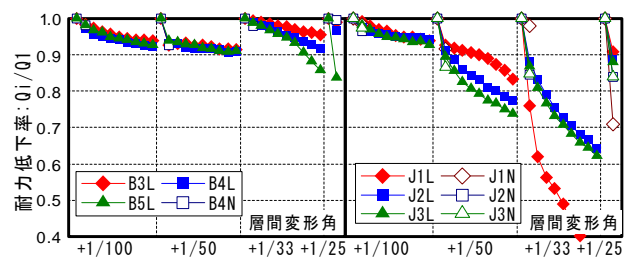


図 4 エネルギー吸収低下率の推移

【研究結果】

- 1) 昨年度に実施した高強度鉄筋コンクリート造梁部材、柱梁接合部の構造実験結果を用いて、各部材の破壊モードを特定した。
- 2) 特定した破壊モード毎に劣化性状を耐力低下およびエネルギー吸収低下の 2 パターンに分け、それぞれの劣化性状を分析し、復元力特性評価に必要な基礎的な技術方法を収集した。
- 3) 今後、これらのデータを用いて復元力特性モデルを提案し、既往のモデルとの比較を行い、応答解析モデルの精緻化を図る研究課題の基礎的な技術資料として反映できる。