



## 第 4 4 話 RC 弾塑性解析の注意点を考える

弾塑性解析用のソフトには、数値解析上、解きにくい問題や注意すべき問題が数多くある。RC 構造にも存在するが、特に注意すべき問題がある。今回はこれについてお話しする。

最初の問題は、図 1 に示すコンクリートの履歴特性で、 $E_{c3}$  と  $E_{t2}$  に示す剛性軟化部分の追跡である。例えば、鉄筋コンクリート部材をファイバーモデルで解析する際、コンクリート部分のファイバーはこの履歴特性を用いる。弾塑性解析が進み圧縮側のコンクリートが圧壊した後、この軟化部分に進むとこの部分で履歴が振動状態を示し、正確な結果が得られない場合がある。解析でこの軟化部分を使用する場合は特に注意を要する。

この軟化問題を避けるために、多くの市販ソフトでは、静的解析・動的解析も同様に、解析条件で「圧縮軟化考慮解除」と「引張強度考慮解除」を選択可能となっている。この選択で、静的・動的ソルバーは自動的に、図 2 に示すコンクリートの履歴特性を用いることになり、コンクリート圧壊後の不安定挙動がなくなり、安定した結果が得られる。ただし、コンクリート圧壊による除荷挙動を追うことができない。

せん断破壊を考慮する柱の解析でも軟化問題が発生する。柱部材の両端で曲げによる塑性ヒンジが先に発生すると、せん断耐力を超えたところで剛性が軟化と弾性復帰を繰り返す、得られる変位は振動状態となり、破壊後の履歴追跡ができなくなる場合がある。一方、せん断破壊が先行する柱部材では、図 3 に示すせん断ばねの耐力を超えてせん断破壊後の履歴追跡が正確に行われる。

次の問題は、RC 部材の耐力についてである。軸力と曲げを受ける鉄筋コンクリート部材の耐力は、図 4 に示す軸力と曲げモーメントの比率で決められる。例えば、同図の④と③の間では、梁部材に適度に圧縮軸力が加わると曲げ耐力が純曲げの耐力に比較して増加する。このことが梁崩壊型の骨組では、全体の水平耐力を大きく変化させてしまう。

上記の問題に対する最初の注意点は、水平荷重

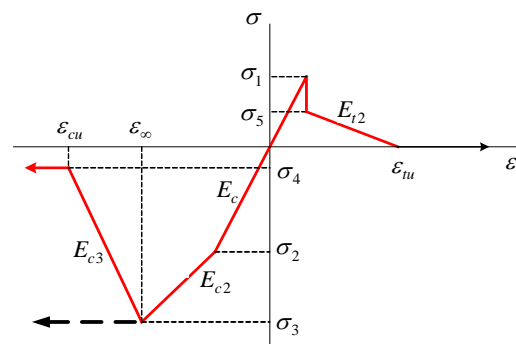


図 1 コンクリートの履歴特性

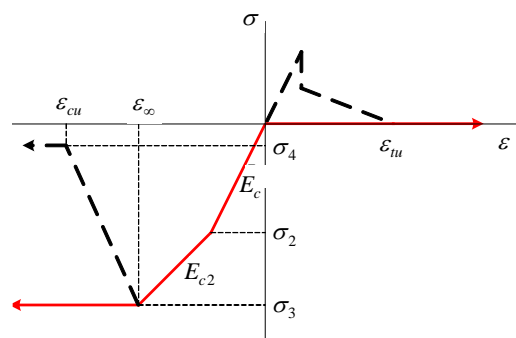


図 2 軟化領域を省いたコンクリートの履歴特性

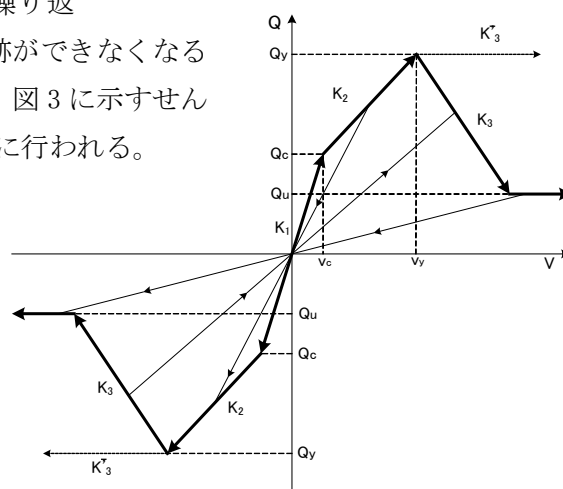


図 3 柱のせん断ばね履歴特性 (原点指向型モデル)

の位置である。静的解析で、短期荷重として水平荷重を設定する際、図 5 に示すように、一般的に骨組外側のどちらかとする。この場合、水平力は梁の軸力を介して、柱や耐震壁のせん断力に分配される。例えば、柱の水平剛性が同じであると図 5 のような応力状態となる。このように、荷重が加わっている位置に近い梁ほど、大きな圧縮軸力が発生していることになる。

部材の弾塑性挙動は、ファイバー断面を利用して評価されることがある。そのため、梁を両端ファイバーモデルとすると、水平荷重による梁の軸力を評価し、結果的に梁の曲げ耐力は全ての梁で異なり、一般的に高くなる。このような場合、梁崩壊型の骨組では最終水平耐力が大きく評価されることになる。そのため平面骨組でも立体骨組でも、水平荷重を適切な位置に分散して設定する必要がある。例えば、地震荷重の場合は質量が存在する位置に分散して設定し、また風荷重は骨組の外周位置など、適切な位置に荷重を配置しなければ、適正な耐力評価に繋がらない。

単純梁に中央集中荷重が加わる場合、部材中央の断面の変形状態と応力は、図 6 下のようにになる。コンクリートの引張強度が低いため、断面内の中立軸が上昇し、図心で測った要素長さは伸びることになる。つまり、境界条件の関係で、図心位置で測った部材長さは、伸びることになる。一方、両端ピン支持の梁では図心位置に境界条件があり、図 7 に示すように図心の伸びが抑えられ、両端に水平反力が生じる。当然、この反力に釣合うように部材内には圧縮軸力が発生する。このように部材の両端を拘束すると、RC 部材には圧縮軸力が生じることになり、ファイバーモデルの解析では、軸力を自動的に評価するため、単純梁に比較して梁の曲げ耐力が上昇することになる。

立体骨組の解析では、地震力や風圧力は、床や直交する梁の弱軸剛性によって剛性の高い通りの軸組に、力が集中する。その際、特に、RC 造の床のせん断剛性が高いため、この床で力が伝達されることになる。この床の伝達機構によって立体骨組の全体水平耐力が大きく異なることがある。つまり、各軸組の負担水平力で梁軸力が異なり、結果、軸組耐力が異なる。特に梁崩壊型で設計された骨組は影響を受け易く、如何なる床モデルを選択するかによって耐力が変化する。

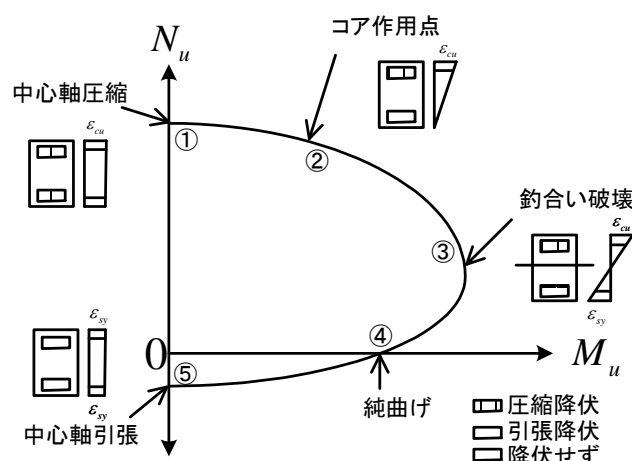


図 4 鉄筋コンクリートの M-N 耐力曲線

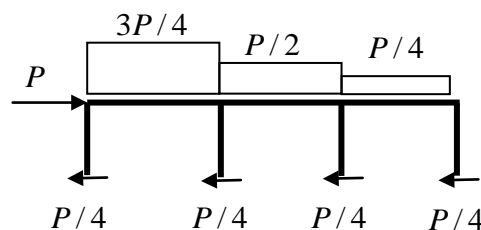


図 5 水平荷重による梁の軸力

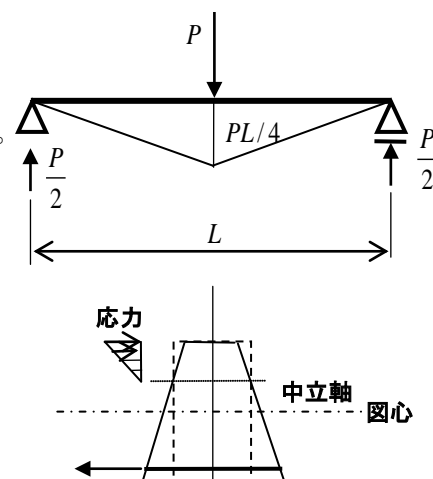


図 6 中央集中荷重を受ける RC 造単純梁

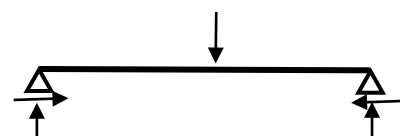


図 7 RC 部材の力の釣合と反力