

繰り返しせん断を受ける鉄筋コンクリート梁の解析

徳山高専 学生員 ○中山 拓
徳山高専 正会員 重松恒美
徳山高専 正会員 原 隆
徳山高専 正会員 田村隆弘

1. まえがき

構造物が直下型地震等による鉛直力を受ける場合には梁部材は繰り返しのせん断力と軸方向力を受ける。静的な荷重を受ける鉄筋コンクリート棒部材のせん断強さの問題は古くから実験的に進められてきた。そして近年では、有限要素法の発達、普及に伴いこの問題に対しての有限要素法による解析も進められてきている。また繰り返しせん断試験において、繰り返さないときの耐力の90%の力で10回程度繰り返すことにより破壊に至るという報告もある。しかしながら軸方向力を伴う繰り返しせん断は今までほとんど研究されていない。これらのことを背景に本研究では、軸方向力を伴う繰り返しせん断載荷とその回数がせん断挙動に与える影響を調査するために、アイソパラメトリック退化シェル要素を用いた有限要素法により、繰り返し載荷を受ける梁部材の数値解析を行う。また、これらの結果を実験結果と比較し、その有効性を検討する。

2. 有限要素法解析

2. 1 解析概要

解析対象としたR/C梁の形状は図1に示す。本解析では9節点アイソパラメトリック退化シェル要素を用いて梁を分割する。また、要素内のコンクリート及び、鉄筋の各層で応力の評価ができるように、積層化手法を採用して、弾塑性解析を行う。本解析における数値計算は軸方向力については荷重増分法を採用する。そして所定の軸方向引張力に達した後の曲げ荷重については、繰り返し領域については繰り返しの際の荷重の大きさを制御するために荷重増分法を用い、その後はひび割れ発生に伴う荷重の低減を表現できる変位増分法を採用する。変位増分領域では、1ステップ当たりの梁の鉛直方向の変位を0.05mmとし、その時点での鉛直荷重を計算する。

2. 2 解析モデル

構造及び支持条件の対称性から梁スパン方向の1/2を解析の対象とする。分割要素数は144要素を用い、本解析で用いた矩形梁の要素分割を図2に示す。解析モデルは高さ方向に8等分、部材軸方向に18等分する。また、その際の総節点数は629節点である。

3. 解析結果

図3は20回以上の繰り返し載荷を受ける軸方向引張力 $N=0\text{KN}$ 、 $N=60\text{KN}$ の元での梁スパン中央における荷重-変位図の解析結果である。軸方向力を60KN受けた梁は繰り返しの途中で曲げ破壊を起こした。このことより繰り返し載荷および軸方向力が梁の破壊性状をせん断から曲げへと移行させていくことがわかる。

また図3より、梁が繰り返し載荷の最中に破壊していることから、繰り返しの回数の増加が梁の終局耐力にも影響を及ぼすことがわかる。

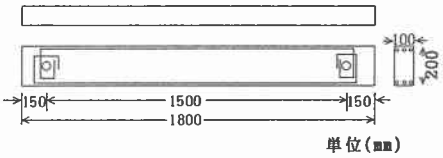


図1 供試体形状

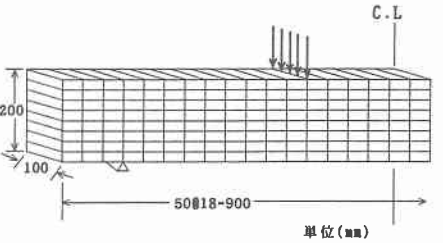


図2 要素分割

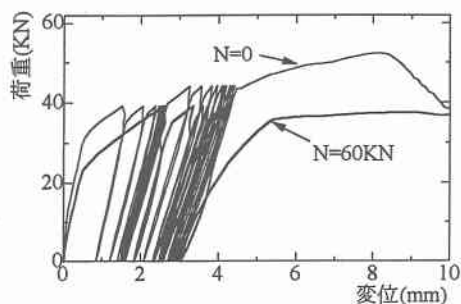
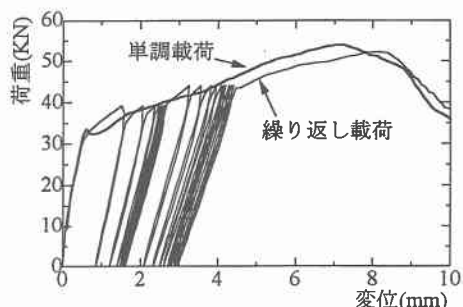
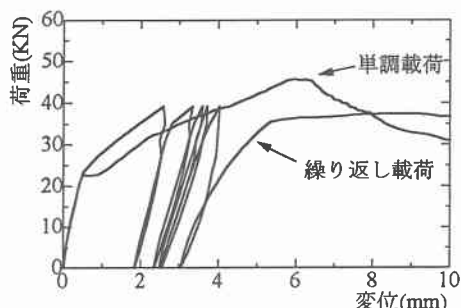
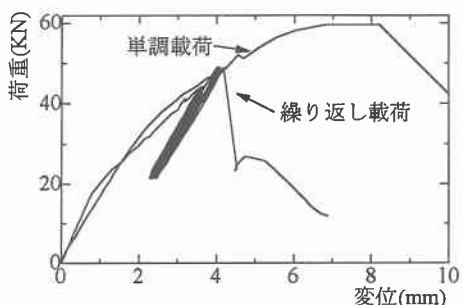
図3 軸方向引張力 $N=0, 60\text{kN}$ での荷重-変位(解析)図5 単調載荷と繰り返しの荷重-変位(解析, $N=0$)図4 $N=60\text{kN}$ での単調載荷と繰り返し荷重-変位(解析)図6 単調載荷と繰り返しの荷重-変位(実験, $N=0$)

図4は軸方向引張力 $N=60\text{kN}$ 、図5は軸方向力 $N=0$ における単調載荷と繰り返し載荷を比較したスパン中央部での荷重-変位図の解析結果である。図4は終局耐力の約90%で、図5は約80%で繰り返し載荷を行っている。これらの図より単調載荷における終局耐力に近い荷重で繰り返し載荷を行う程、梁の挙動に大きな影響を及ぼすことがわかる。

4. 供試体形状及び実験条件

供試体の断面形状及び配筋は図1に示すとおり解析と同様である。引張鉄筋及び圧縮鉄筋には異形棒鋼D10(SD295A)を使用し、せん断補強筋は配していない。軸方向引張力は $N=0\text{kN}, 20\text{kN}, 40\text{kN}$ の3種類で行い、単調載荷と繰り返し回数4回、繰り返し回数20回についてそれぞれ実験を行った。鉄筋比 p_w は0.0214とし、またせん断スパン比(a/d)は2点集中載荷として2.5とした。

5. 実験結果と解析値との比較

図5、6はそれぞれ解析と実験における軸方向引張力無しで単調と繰り返し載荷を行った結果のスパン中央部の荷重-変位図である。いずれも繰り返し載荷を行うことによって終局耐力力が低下している。また実験結果と解析値において初期勾配にいくらか差が現れたが、終局荷重の値は良く一致していることがわかる。

6. 結論

軸方向引張力と繰り返し曲げ載荷される鉄筋コンクリート梁について、アイソパラメトリック退化シェル要素を用いた有限要素法により数値解析を行った。解析結果は終局耐力において実験結果とよく一致した。また、繰り返し載荷や、軸方向引張力の影響による終局耐力の低下も実験と同様の傾向を示した。今回行った数値解析の結果から、繰り返し荷重は梁の終局耐力を低下させ、破壊性状をせん断から曲げへと移行させることが示された。また、繰り返し荷重の大きさが終局耐力に近い程、その部材の破壊に対する影響が大きいことが示された。