

軸方向引張力と曲げを受けるR/C I型梁のせん断耐力解析

徳山高専 ○学生員 藤原知弥
 同上 正 員 田村隆弘
 同上 正 員 原 隆
 同上 正 員 重松恒美

1. まえがき

構造物が地震等による水平力を受ける場合には、柱部材は軸方向引張り力とせん断力を同時に受ける。目に見えないコンクリートの乾燥収縮や温度変化に伴う軸方向の内部応力によって拘束されたことによって生じる初期軸方向引張り応力が部材のせん断耐荷力を低下させることは近年の研究では無視できない性質¹⁾とされている。

本研究では、主に軸方向引張力や鉄筋比を変化させI型梁のせん断破壊挙動にどのような影響を及ぼすかを実験とFEM解析により調査する。

2. 载荷装置と実験方法

軸方向引張力を伴う曲げ载荷装置の状態を図-1に示す。これは、軸力を導入するための水平アクチュエータと曲げ载荷のための鉛直アクチュエータによって構成されている。また両端の支点は、付加的なモーメントの発生を避けるためのベアリングジョイントを用いたヒンジ構造である。軸方向引張力は水平アクチュエータを用いて、荷重制御により供試体の両端に導入される。鉛直荷重は、鉛直アクチュエータにより所定のせん断スパン比にセットされた载荷梁を用いて、2点载荷される。そして変位制御システムのもとで、梁が破壊に至るまで鉛直荷重を増加させ、各荷重ステップにおけるひび割れの進行状況を両面ウェブの供試体表面にマーキングしていく。ダイヤルゲージは梁のたわみを測定するために、载荷点下とスパン中央に3カ所ずつ設置する。また、供試体形状を図-2に示す。せん断補強鉄筋とスターラップは使用していない。鉄筋比は $p_w=0.03$ と $p_w=0.045$ の2種類を使用した。

3. 解析方法

本解析では、9接点アイソパラメトリック退化シェル要素を用いてI型梁をモデル化する。また、要素内のコンクリート及び、鉄筋の各層での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。数値計算の制御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り力に達した後、曲げ荷重についてはひび割れによる荷重の低減を表現できる変位増分法²⁾を使用する。変位増分領域では、1ステップあたりの梁の鉛直方向の変位を0.001cmとし、その時点での鉛直荷重を計算する。解析モデルの寸法、及び要素分割は図-3に示す。部材の

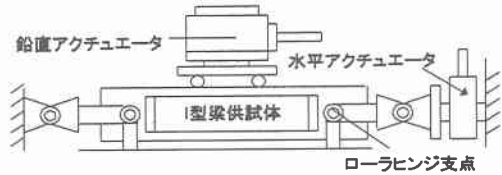


図-1 载荷装置

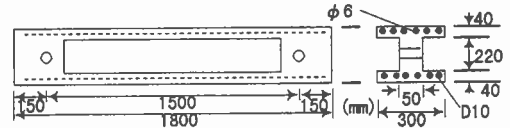


図-2 供試体形状

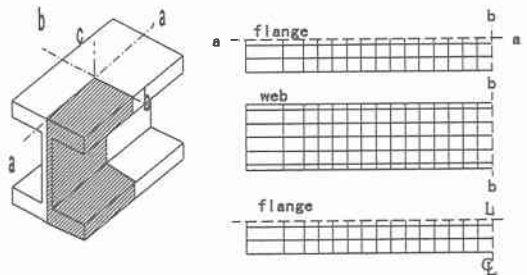


図-3 有限要素メッシュ

重増分法を採用する。そして所定の軸方向引張り力に達した後、曲げ荷重についてはひび割れによる荷重の低減を表現できる変位増分法²⁾を使用する。変位増分領域では、1ステップあたりの梁の鉛直方向の変位を0.001cmとし、その時点での鉛直荷重を計算する。解析モデルの寸法、及び要素分割は図-3に示す。部材の

対称性から構造全体の1/4を解くものとし、要素分割は、上下フランジにおいて $3 \times 15=45$ 、ウェブで $6 \times 15=90$ とした。

4. 実験結果

図-4と図-5に鉄筋比 $p_w=0.03$ と 0.045 の実験によって得られたスパン中央における荷重と変位の関係を、図-6に破壊形状を示す。 $p_w=0.03$ の梁ではひび割れが発生する度に荷重を低下させ、最大耐力に達した後、脆性的に梁が破壊していることを示している。また、軸方向引張力が大きくなるほど最大耐力は低くなっている。 $p_w=0.045$ の梁でも同様に軸方向引張力が大きくなるに従って最大耐力は低下している。そして $N=3.5tf$ 、 $7tf$ の梁では最大耐力に達した後、一時的に耐力を低下させるがその後アーチ的な構造となり再び荷重に絶える挙動を示している。今回の実験で使用した梁はアーチリブ破壊という破壊形式を示しており(図-6参照)、ウェブ中央付近に発生した斜めひび割れは、支点と載荷点に向かって伸びていき、鉄筋比が $p_w=0.03$ のものでは斜めひび割れの完成後、コンクリート上部が圧縮破壊した。

5. 解析結果と実験結果の比較

図-7に解析結果によって得られた $p_w=0.045$ の荷重と変位の関係を示す。実験結果において $N=3.5tf$ 、 $7tf$ の梁が最大耐力に達した後、耐力を維持させながら破壊しているのに対し(図-5参照)、解析結果では耐力を増加させながら破壊する挙動を示した。I型梁においては斜めひび割れの進行が上下のフランジによって阻止され、アーチ的な構造になりやすい。また、フランジの鉄筋量が多いと曲げひび割れの進行がある程度阻止され、アーチ的な構造となった場合、その後の耐力も強いと考えられる。

6. おわりに

実験においてフランジとウェブの幅の比が 0.167 とかなり小さい部材であるにもかかわらず、梁はウェブ圧縮破壊せずにアーチリブ破壊と呼ばれる破壊形状を示した。通常の鉄筋コンクリートの場合、よほど特殊な形状でない限りウェブ圧縮破壊といった破壊形式は起こらないものと考えられる。またI型梁の斜めひび割れ完成後、アーチ的な構造になった場合は耐力を維持し、解析結果から耐力を上げながら破壊することも考えられる。

参考文献

- 1) 田村、重松、原、中野、軸方向引張り力を受けるRC梁のせん断耐力に関する実験的研究、コンクリート工学論文集、2-2、(1991)、153-160
- 2) Batoz, J.L. and Dhatt, G., Incremental displacement algorithms for non-linear problem, International Journal for Numerical Methods in Engineering, (1997), pp1262-1267

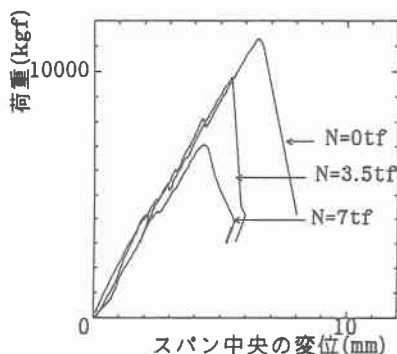


図-4 荷重-変位の関係 (実験: $p_w=0.03$)

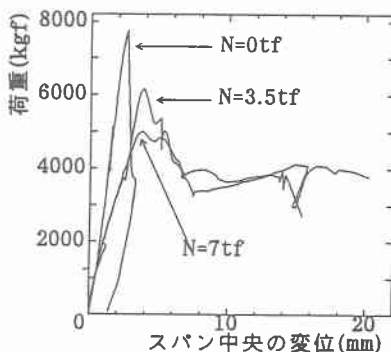


図-5 荷重-変位の関係 (実験: $p_w=0.045$)

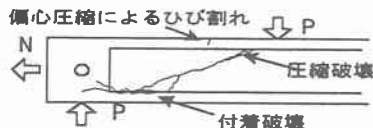


図-6 破壊形状

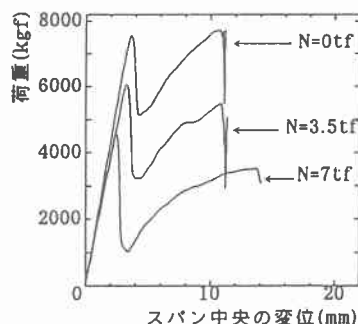


図-7 荷重-変位の関係 (解析: $p_w=0.045$)