

[2043] 水平力を受ける不静定架構における梁の軸力について

最上 達雄 (大成建設技術研究所)

正会員 ○ 是永 健好 (原子力工学試験センター)

1. まえがき

一般に、構造部材の実験は静定構造の加力形式で行なわれることが多い。したがって、コンクリート系部材の実験では部材の塑性化とともに生じる材軸方向の伸びは自由となる。しかし、鉄筋コンクリート架構内の梁は、その周囲にあるスラブ・柱・壁などによって軸方向の伸びが拘束されるため梁の塑性化とともに梁に軸力が生じる。このことはすでによく知られているが、実際の建物では梁の軸方向の伸びを拘束する柱・スラブ等の付き方及びその剛性はさまざまであり、梁に生じる軸力をケースに応じて適切に評価するのはかなりむずかしい。そのため、実際の設計では、梁に付加的に生じる軸力の影響は小さいと考え、計算の簡便さから梁の軸力は無視している。

1),2)

梁の軸方向変形と柱等の拘束による付加軸力の影響を検討した研究例はあまりなく、梁に関してはスラブの効果とともに不明な点のひとつである。著者らは、既に文献3)において報告した一次不静定の門形ラーメン内のアンボンドプレストレストコンクリート梁(以下、アンボンドPC梁)の実験から梁に生じる付加軸力を断面解析により推測した。本報告はその結果について述べるものである。

2. 一次不静定ラーメンの水平加力実験

検討対象とした試験体は、表-1に示す断面のアンボンドPC造の梁をもつ門形ラーメン4体である。加力方法は、図-1に示すように門形ラーメンの両側に等しい水平力を加える一方向載荷である。測定は、両端の水平力、試験体各部の変形・ひずみのほか試験体の両端位置でのPC鋼棒の引張力についても行なった。なお、アンボンド処理されたPC鋼棒の緊張は、緊張力(P。)導入によって柱に二次応力が生じないように試験体をフリーな状態にしてジャッキにより両端に同じ荷重を加えて行なった。

図-2, 3に荷重-変形関係及び変形モードの代表例(UD-1)を示す。図-3の変形モードからわかるように梁部分は部材の塑性化とともに伸びており、その伸びが柱により拘束されるために梁右端の回転量が左端に比べて大きくなっている。このことから、図-4に示すように梁の両端に生じる曲げモーメント及び両側柱のせん断力に差が生じていることなどが推定できる。したがって、柱に生じているせ

せん断力を実験データから推測できれば梁の付加軸力が計算できる。しかし、本実験では柱主筋のひずみ等柱のせん断力を求めるためのデータは得られてなく、ここでは別の方法で付加軸力を推測することとした。

3. アンボンドPC部材の抵抗モーメント

アンボンドPC部材では、PC鋼材とコンクリートの間が付着がないためにPC鋼材の引張力は部材全長にわたって一定となる。更に、PC鋼材の引張力は、部材の塑性化が進むにつれて部材全体が伸び、徐々に増大する。部材の塑性化に伴い増大する引張力がわかれば、ある断面での抵抗モーメントは断面の釣り合い条件からRC部材同様に容易に計算できる。したがって、既往のアンボンドPC部材の研究ではこのPC鋼材の引張力の推定が大きなテーマのひとつとなっている。

著者らが既に実施した静定構造の⁴⁾加力形式(単純梁)による実験では、

表-1 試験体の種類

試験体	$b \times D$ (cm)	断面形状	P_o / P_y	e (cm)	初ヒンジ発生端	備考
UD-1	20×40	2-D10 PC-bar ($\phi 17$) 2-D10	0.5	0	両端同時	鋼材配置 普通鉄筋 P _o
UD-2	"	2-D16 PC-bar ($\phi 17$) 2-D16	0.5	0	"	
UD-3	"	同上	0.8	0	"	
UD-4	"	2-D10 PC-bar (2- $\phi 11$) 2-D10	0.5	10	"	

注) P_o : 有効プレストレス, P_y : 規格降伏点, e : 偏心距離
 助筋比は全試験体ともD10@200
 PC鋼材は全試験体とも直線配置である。

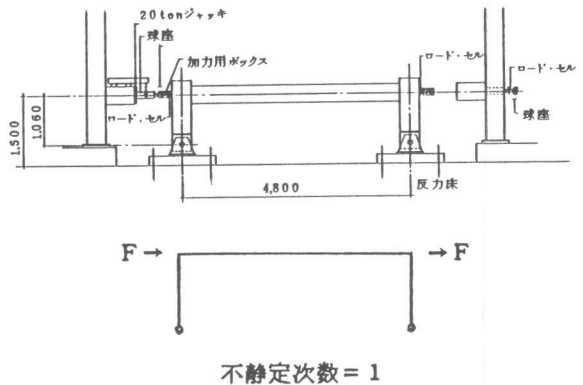


図-1 加力装置

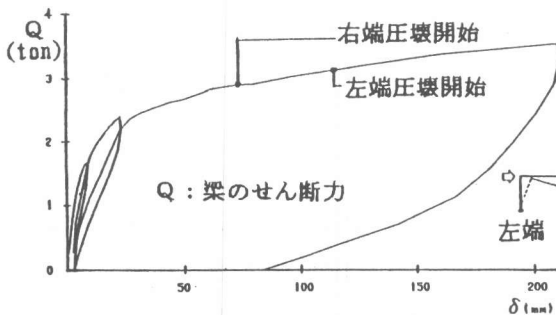


図-2 荷重-変形関係 (UD-1)

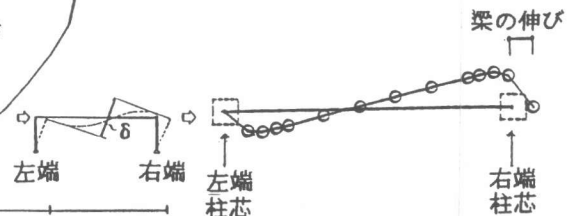


図-3 梁の変形モード

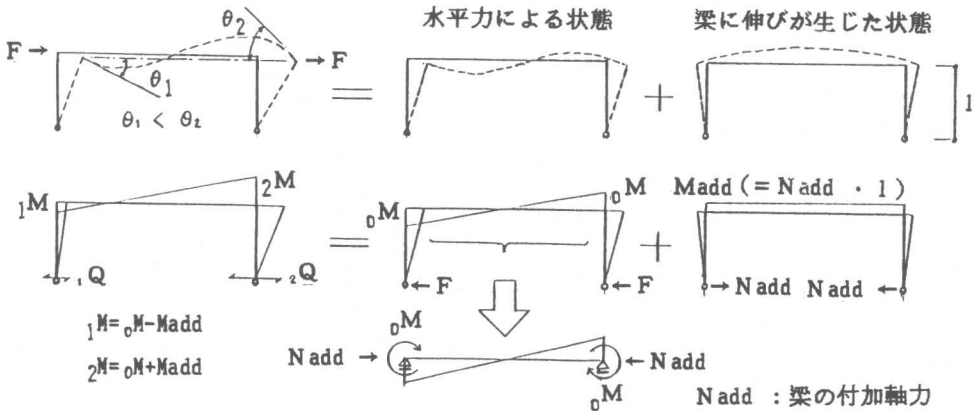


図-4 塑性域の門形ラーメンの応力及び変形状態

実験で得られたP C鋼棒の引張力を軸力と考え曲げ耐力を計算すると実験値と全く一致している。しかし、ここで対象とした試験体は、一次不静定のラーメン構造であり、上記のP C鋼材の引張力だけではなく、梁に生じる付加軸力の影響の程度も検討しておく必要があると考え解析を行なった。

4. 断面解析による検討

ここでは、図-4で示した考

え方をもとに、梁右端の塑性ヒンジ形成時に梁に生じている付加軸力を断面解析によって推測する。なお、本解析における塑性ヒンジ形成とは、圧縮縁コンクリートが圧壊を開始した時点とする。以下に、解析の仮定及び諸条件を示す。

- 1) 実験で得られたP C鋼棒の引張力と梁に生じる付加軸力 (Nadd)の和を梁の軸力とする。
- 2) 梁の曲げ耐力の計算は、上記の軸力を受けるR C部材と考え、平面保持の仮定が成立するものとして行なう。
- 3) コンクリートの $\sigma - \epsilon$ 関係はe関数式(図-5)とし、引張応力は無視する。
- 4) 普通鉄筋の $\sigma - \epsilon$ 関係は、図-6に示すように塑性硬化域も考慮したものとする。

なお、1)で述べたP C鋼棒の引張力は、実験で得られた試験体両端位置での引張力にほとんど差がなかったため(両端の差が大きいものでも1 ton 以下)両端の荷

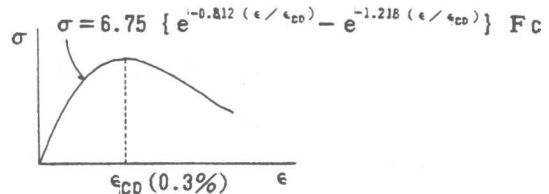


図-5 コンクリートの $\sigma - \epsilon$ 関係 (e関数式)

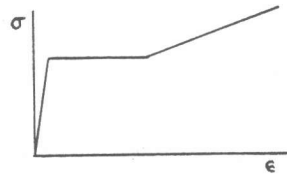


図-6 普通鉄筋の $\sigma - \epsilon$ 関係

重値の平均値とした。

図-7に解析のフローを示す。なお、ヒンジ形成断面（右端）での応力計算では、圧壊開始時の圧縮縁コンクリートのひずみは -5000×10^{-6} とした。因に、実験における圧壊開始直前の圧縮縁ひずみは $-3000 \sim -5000 \times 10^{-6}$ である。解析では、図-7に示すように外力から計算した右端の曲げモーメント (${}_2M_{ue}$) と断面での応力計算で求まる抵抗モーメント (${}_2M_{uc}$) が等しくなるまで付加軸力を二分法により変化させている。

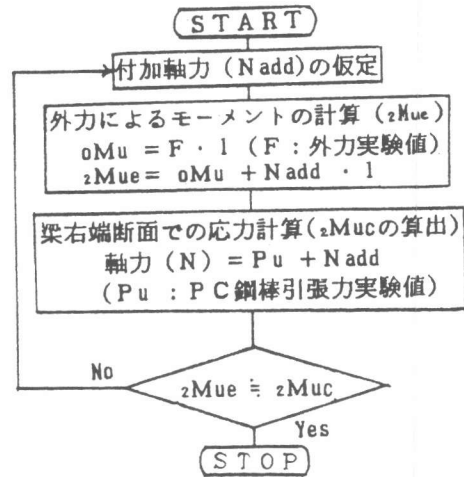


図-7 解析フロー

表-2に解析により得られた付加軸力を示す。表にみられるように各試験体とも梁

右端ヒンジ形成時に4~5 tonの付加軸力が生じている。これを軸圧縮応力度に換算すると5~6 kg/cm²と小さい。因に、曲げ耐力に関して、梁の塑性化による軸方向の伸びを考慮せず外力から求まる実験値 (${}_0M_u$) とPC鋼棒の引張力による軸力のみを受けるRC部材として求めた計算値を比較すると、表-3に示すように付加軸力の影響により実験値がすべて大きい。実/計の比は1.03~1.09程度である。

5. あとがき

既往の研究では、梁の軸方向の伸び及び柱等による拘束が無視できない場合があるという報告もあるが、今回検討を行なった試験体の範囲では、梁の塑性化によって生じる付加軸力が曲げ耐力に与える影響は小さかった。

表-2 解析結果

試験体	Nadd (ton)	Nadd/bD (kg/cm ²)
UD-1	4.83	6.04
UD-2	4.13	5.16
UD-3	4.68	5.79
UD-4	4.38	5.48

表-3 曲げ耐力に関する実験値と計算値の比較

試験体	実験値 (ton·m)	計算値 (ton·m)	実/計
UD-1	7.79	7.17	1.09
UD-2	11.61	11.32	1.03
UD-3	12.15	11.77	1.03
UD-4	7.37	6.80	1.08

(参考文献)

- 1) 滝口、市之瀬「鉄筋コンクリート梁の材長変化について」日本建築学会中部支部研究報告、昭和52年 2月
- 2) 和田、林、坂田「軸方向変形の拘束効果を考慮した鉄筋コンクリートはりの弾塑性性状」構造工学論文集 Vol.32B 1986年
- 3) 最上、是永「アンボンドPC梁の曲げ耐力に関する研究、その3」日本建築学会大会(北海道)昭和61年 8月
- 4) 最上、小林、是永「アンボンドPC梁の曲げ耐力に関する研究」大成建設技術研究所報 第17号 1985年