

V - 272

RC柱部材実験用6自由度加力装置

鹿島技術研究所 正会員 新保 弘
鹿島技術研究所 正会員 須田 久美子

鹿島技術研究所 正会員 村山 八洲雄
鹿島技術研究所 正会員 一宮 利通

1. まえがき

一般に、柱部材に作用する部材力としては2方向の曲げ・2方向のせん断力・軸力・ねじりがあり、実構造物ではそのいくつかと同時に作用する複合荷重状態にあると考えられる。しかし、従来のほとんどの複合加力実験では各部材力ごとに専用のジャッキを用意し、これらを組み合わせて加力が行われていた。この場合、例えばせん断スパン比(a/d)をパラメータとしたいときにはジャッキを再配置するなど、実験上多くの手間や時間がかかった。そこで、ジャッキの組み替えが必要なく、あらゆる種類の部材力を加力できる、6本のジャッキからなる加力装置を開発した。本装置を用いれば、例えばせん断スパン比をパラメータとする実験でも検討対象区間の部分模型で実験を行うことができる。多数のジャッキを用いて加力を行う場合、特に軟化領域の加力実験を行う場合には一般に多くの困難が伴うが、今回RC柱試験体を用いて実験した結果、比較的容易に、また精度よく行うことができたのでこれについて報告する。

2. 装置の概要

本装置の外観を写真-1に示す。装置は上下2個の剛性の大きい加力ブロックと、その間に配置したロードセルつきの6本の10tf串型両働油圧ジャッキから構成されている。6本のジャッキは、試験体に作用させるべき部材力から逆算した各ジャッキの目標軸力を発生するように、コンピューター制御の電磁弁を通じて6本独立に制御される。これにより装置中央にセットした試験体にあらゆる組み合わせの部材力を加えることができる。

3. 鋼試験体による加力精度の検討

本装置の加力精度を確認するため、表面にひずみゲージを貼ったH型鋼(300mm×300mm)に6種類の部材力を試験体の弾性範囲内で加力したところ、全ての部材力について、試験体表面の応力度の測定値と計算値の誤差は4%以下であり、実用上十分な精度で加力できることがわかった。¹⁾

4. 実験概要

RC試験体に加力を行なう場合、軟化域では試験体の加わる部材力が不安定になる可能性が考えられたため、本装置の試験体軟化時の加力精度を確認するために、細長い柱部材を想定したRC試験体を製作し、高軸力下の曲げせん断とねじりの交番加力実験を行った。試験体の断面寸法を図-1に示す。試験断面は20cm×30cmで、柱筋にはSD295-D10を周囲に22本($p_g=2.6\%$)、帯鉄筋にはSD345相当の $\phi 3$ mm異形鉄筋を45mm間隔($p_w=0.16\%$)で配置した。断面中央には軸力導入用の外ケーブルを通すための孔が空いている。

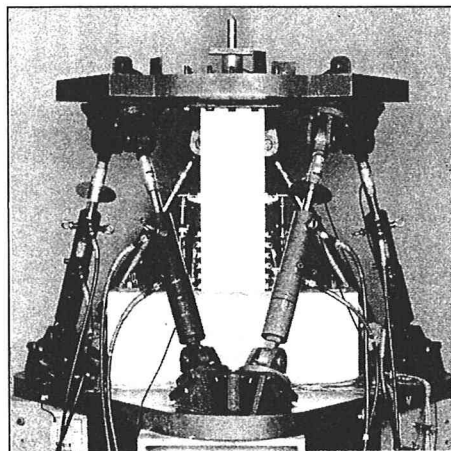


写真-1 6自由度加力装置の外観

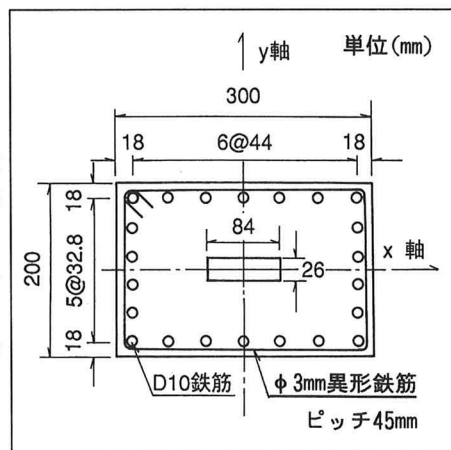


図-1 試験体断面寸法

試験体には応力度で60kgf/cm²の軸力、断面の強軸方向に $a/d=33$ の曲げせん断力と、柱基部に作用する曲げモーメントの1/10のねじりモーメントを加力した。加力は繰り返し数1回の漸増交番加力とし、部材降伏荷重程度までは荷重制御、その後は10tf・m時の柱基部1.5d区間の平均曲率の整数倍の変位制御とした。試験体の計算上の曲げ降伏荷重は約8.8tf・m、終局耐力は10.9tf・mであった。

5. 加力方法と加力状況

加力は、目標の作用部材力に相当する荷重状態をジャッキ1本あたりの軸力で50kgf以下の小さい荷重ステップに分解し、各ステップごとの荷重状態(部材力)を満足させながら、6本のジャッキ軸力の比が崩れないように段階的に荷重制御した。安定性と加力速度の面から、6本のジャッキは同時に制御した。試験体降伏後や軟化領域に入ると、M- ϕ 曲線の勾配が小さく、もしくは負値になり、荷重制御が難しく、もしくはは不能になる。この場合は、変位(曲率)を逐次モニターしながら目標変位に達したところで加力を停止することにより、所定の変位を与える変位制御が可能であった。

加力にかかった時間は、軸力用ジャッキと曲げ用ジャッキを用いた一般的な柱の曲げせん断実験と同程度であった。

6. 加力精度

図-2に本実験のM- ϕ 曲線の例を示す。これを見ると、部材の弾性領域はもちろん、軟化領域においても安定したヒステリシスカーブを描いており、荷重制御・変位制御ともうまく行えたことがわかる。

図-3に加力開始から破壊までのY軸回りの基部作用曲げモーメント(My)とX軸方向の作用せん断力(Sx)の履歴を、図-4にY軸回りの基部作用曲げモーメント(My)と作用ねじりモーメント(Mt)の履歴を示す。これらより、目標とする荷重状態である $a/d=33$ ($My=a \cdot Sx$, $d=30\text{cm}$ より $a=10\text{m}$)、 $Mt=My/10$ に対するばらつきは、軟化領域での加力を含めた実験全体を通じて非常に小さく、加力途中でも荷重状態を崩すことなく目標とする部材力を精度良く加力できたことがわかる。

また、ここではデータを割愛したが、二軸曲げについても同様に精度よく加力することが可能であった。

7. おわりに

新しく開発した6自由度加力装置を用いてRC柱部材の加力実験を行ったところ、本装置は軸力下の曲げ・せん断力・ねじりを組み合わせた加力実験について、部材の軟化領域を含めて、実用上十分な精度で使用できることがわかった。また、本装置を用いれば塔や橋脚のような細長い部材の模型実験を行なう場合、大型の全体模型を製作しなくとも対象とする区間の部分模型に所定の荷重状態を再現することができる。

参考文献：1) 村山 八洲雄・新保 弘：コンクリート柱部材の6自由度加力装置、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 14, No. 2, 1992. 6

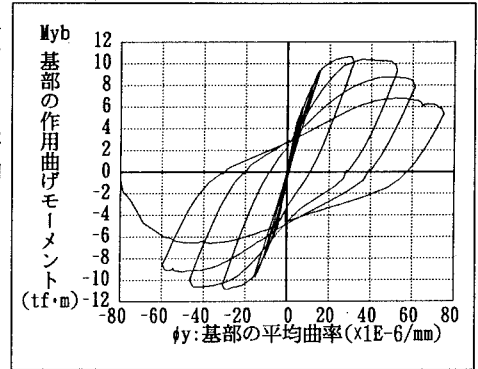


図-2 M- ϕ 履歴曲線

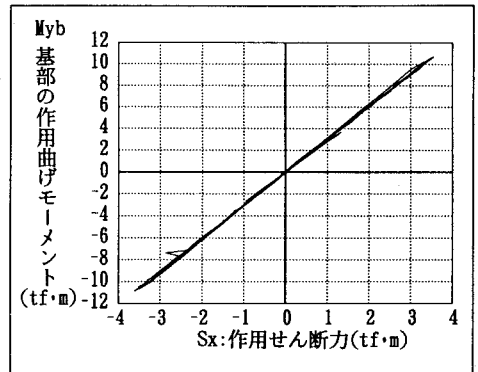


図-3 曲げせん断加力履歴

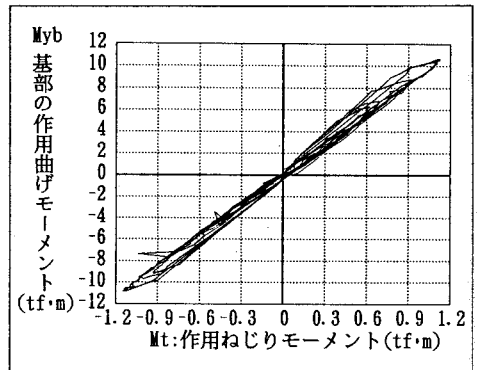


図-4 曲げ・ねじりモーメント加力履歴