

PSV-22 鉄筋コンクリート構造物の耐震限界状態と地震後の供用性能の評価

横浜国立大学 正会員 池田 尚 治
 横浜国立大学 正会員 椿 龍 哉
 横浜国立大学 正会員 ○山 口 隆 裕

1. はじめに

昭和61年制定のコンクリート標準示方書（以下示方書と記す。）の耐震検討の項においては、耐震設計を地震時の安全性のみでなく地震後に要求される構造物の供用性能に基づいて行うという新しい考え方が導入されている。その解説によれば、構造物の地震後の供用性能を地震時の最大応答変位と関連づけて $1\delta_y$ （ δ_y ：降伏変位）から $4\delta_y$ の4段階に分けている。本研究では地震後の構造物の供用性能の定量的評価を目的として、鉄筋コンクリート柱供試体を用いて正負荷重実験を行い、4段階の各変位における柱の被災の程度をひびわれの発生状況を指標として求め、また、設計震度の限界状態による補正係数（ ν_4 ）の値に対応する実地震波を準動的に載荷して各損傷段階における地震時挙動を再現し、設計方法の妥当性の検証を行った。

2. 供試体と実験方法

図-1に供試体の形状と諸元を示す。供試体数は合計6体でありその諸元はすべて同じである。フープ筋（D3）比は0.35%でほぼ計算必要量が配置されている。主引張鉄筋に使用したD13の引張強度は 3700kgf/cm^2 、柱部分のコンクリートの標準養生の圧縮強度は 395kgf/cm^2 であった。載荷は2本のアクチュエーターを用いて軸圧縮力と水平力を同時に作用させ、供試体6体のうち2体に正負載荷を、4体に準動的載荷を行った。正負水平力の載荷方法としては、計算降伏荷重時の変位 $1\delta_y$ から最終載荷まで変位を $1\delta_y$ ずつ増加させながら、各変位で1回の正負載荷を行うこととした。ひびわれの測定は、それぞれの正負の変位の最大点と除荷時で行った。この場合、供試体にはひびわれ線を直接記入せず、目測によるスケッチとひびわれ幅の測定及び約80cm離れた所からの写真撮影を行った。正負載荷用供試体のうち1体には軸圧縮力4tonf（ $N/bh=10\text{kgf/cm}^2$ ）、他の1体には10tonf（ $N/bh=25\text{kgf/cm}^2$ ）を作用させた。準動的載荷の場合、軸圧縮力は4体とも4tonfとした。使用した地震波はEl Centro 1940（NS）の0.02秒～8.0秒である。1自由度系換算質量は159.5ton、減衰定数は0.05とした。これは、地震波の加速度応答スペクトルが約2.5となることに相当する。載荷方法としては、 $1\delta_y \sim 4\delta_y$ の4段階の被災程度を想定した示方書解説の補正係数（ ν_4 ）の値に相当する荷重となるように最大加速度の大きさを調整し、4体の供試体それぞれに各段階の地震力を載荷することとした。

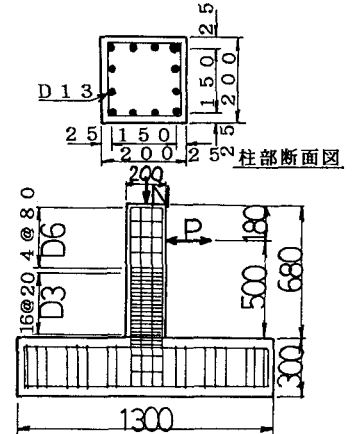


図-1 供試体の形状

3. 実験結果と考察

（1）正負載荷 図-2に水平力-変位曲線を示す。軸圧縮力4tonfの場合、計算降伏荷重時における変位（ $1\delta_y$ ）は2.85mmであった。せん断補強筋に余裕を持たせなかったため、大变位の正負繰返し載荷においては斜めひびわれが大きく成長して、 $8\delta_y$ 載荷時の耐力は最大耐力の約7割となった。変位量に対する除荷時の残留変位量の割合は変位量が大きくなるにつれ

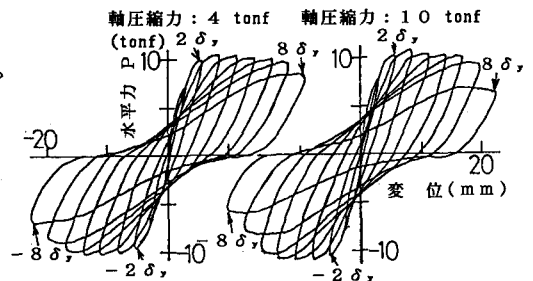


図-2 水平力-変位曲線

て増え、 $4\delta y$ 変位時の残留変位量は約 $2\delta y$ となっている。図-3に負側の最大変位時と正負荷荷後の除荷時のひびわれ状況を示す。人間の目でひびわれが確認できるのは幅が0.05mm程度となつてからであり、0.2mm以上になると80cm離れた所からでも確認できた。被災の程度が健全維持とされる $1\delta y$ 載荷時のひびわれ幅は最大でも0.3mm程度で除荷後の残留ひびわれは見られなかった。軽微な損傷とされる $2\delta y$ 載荷後においては残留ひびわれが見られたが、幅は0.1mm以下であった。かなりの損傷とされる $4\delta y$ 載荷時には柱根元部の曲げひびわれ幅は1.5mmとなりかなり大きい。除荷時の残留ひびわれ幅は0.2mm~0.4mm程度であった。また、 $5\delta y$ 以上の変位量になると斜めひびわれの成長が著しくなっている。軸圧縮力10tonfの場合、4 tonfと比べて最大曲げ耐力も大きく斜めひびわれの成長も遅かった。しかし、ひとたび斜めひびわれが成長すると耐力の低下の度合は大きく、 $8\delta y$ 変位時には最大耐力の6割程度にまで低下した。

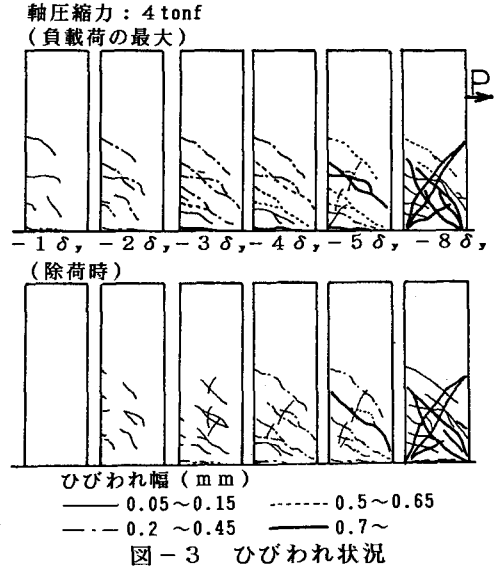


図-3 ひびわれ状況

(2) 準動的載荷 図-4に実験値と正負荷荷試験より得られた復元力特性を基にして行った応答計算値との比較の一例を示す。計算値は実験値とよく一致しており、正負荷荷の結果を基に復元力特性を求めることにより地震時挙動を計算でば正確に求めることができた。図-5に地震応答の実験値と示方書解説に示す被災程度に対する許容変位との比較を示す。なお、示方書解説では ν_3 として地震時の応答加速度の増幅を2倍としているので、これを用いて供試体が設計された状態になっている。今回の実験

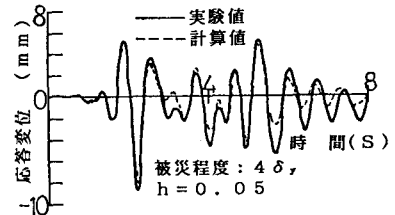


図-4 時刻歴の実験値と計算値の比較

では加速度応答スペクトルが約2.5倍のところで行ったものであるが、全体的に実験値は安全側を示し、塑性変位量が大きくなるにつれて安全側の度合も若干大きくなっており、作用地震波に対して補正係数 (ν_4) の値の妥当性が示された。最大変位時におけるひびわれ幅は、実際の応答変位が設計想定値よりほぼ1段階小さくなったので、正負荷荷と比べて当然小さくなった。また、作用地震波の終了した8秒の時点での残留ひびわれ幅も小さく、被災程度がかなりの損傷のときでもひびわれ幅は最大で0.2mm~0.4mm 残留しただけでその他の場合にはほとんど見られなかった。

4. まとめ

(1) 示方書解説に示された各被災程度におけるひびわれの状況を把握することができた。(2) 示方書解説に示す構造物の限界状態による補正係数 (ν_4) の値の妥当性を検証することができた。

謝辞: 本研究の実施に当たっては、卒業研究の課題とした太田君および森下技官の参加協力を得たここに深甚の謝意を表す。なお、本研究は文部省科研一般研究(B)No.61460159の一環として行った。

参考文献 1) 土木学会、コンクリート標準示方書（昭和61年制定）設計編、9章耐震に関する検討、p.p.89~93。

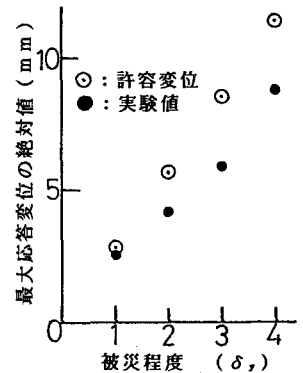


図-5 最大応答変位