

九州産業大学 正員 宮川 邦彦
同 岩満 公正
同 佐藤 武夫

1. まえがき

現行の設計法では、構造物に作用する荷重の組み合わせについては十分考慮されているが、一方、荷重の作用時期については一般に無視されている。鋼構造のように供用状態下ではほぼ弾性を呈する構造系であれば、荷重の作用時期を無視して設計しても差し支えないと考えられるが、コンクリートのように大きな時間依存ひずみを生じる材料と鋼材とを一体化したコンクリート構造物では、断面内部の応力状態が大幅に経時変化するため、破壊試験以前に作用していた荷重状態、すなわち、荷重履歴の違いが部材の断面耐力や破壊性状に重大な影響を及ぼすことが懸念される。しかしながら、このような荷重履歴の影響、換言すれば、コンクリートの時間依存現象を考慮した構造実験は皆無に近い。

本研究では、このような観点から、特に地震時に水平力を受けるR C柱の構造安全性を究明するための基礎実験として、持続軸圧縮力の有無が水平載荷時の断面耐力や破壊性状に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

本実験では、目標圧縮強度 $f'_c=300\text{kgf/cm}^2$ のコンクリートに、図-1に示す 4-D16 (降伏強度 $f_y=35\text{kgf/mm}^2$) の軸方向鉄筋、ならびに D6 (降伏強度 $f_y=34\text{kgf/mm}^2$) の帯鉄筋を10cm間隔で配筋した逆T形のR C柱4本を作製し、図-2のように所定の材令で載荷フレームに柱部材を固定した後、単調水平載荷 (せん断スパン比 $a/d=3$) を行い、ひびわれ性状や断面耐力などを調べた。なお、軸圧縮力を載荷したままで水平載荷する部材には、同図のように部材上端部にテフロン板を挿入し、部材と載荷フレーム間の摩擦力が水平荷重に及ぼす影響を極力押さえた。以下に各部材の養生および載荷条件を示す。

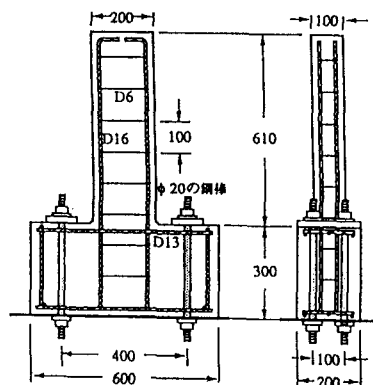


図-1 部材寸法(単位 mm)

部材Ⅰ: 約70日間湿潤養生した後、単調水平載荷で破壊する場合

部材Ⅱ: 約70日間湿潤養生した後、軸圧縮力10tfを載荷し、その直後に単調水平載荷で破壊する場合

部材Ⅲ: 材令7日から軸圧縮力10tfを約60日間持続載荷した後、軸圧縮力を除去した直後に単調水平載荷で破壊する場合

部材Ⅳ: 材令7日から軸圧縮力10tfを約60日間持続載荷した後、そのままの状態で単調水平載荷で破壊する場合

3. 実験結果および考察

表-1に破壊試験結果の一覧を示す。なお、同表の結果は二面せん断試験から求めたテフロン板の摩擦力を差し引いた値を示している。表中の σ_c と σ_s は破壊試験時におけるコンクリート断面および軸方向鉄筋それぞれの推定圧縮応力度である。同表のよう

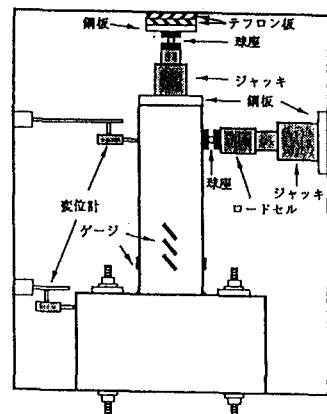


図-2 載荷試験方法

に破壊試験直前に軸圧縮力を除去した部材Ⅲにはコンクリート断面に大きな引張応力が生じており、また、軸圧縮力を持続したままの部材Ⅳは、直前載荷の部材Ⅱと比較して、コンクリート断面の圧縮応力度が軸方向鉄筋に大幅に移行されていることがわかる。

表－1 R C柱の破壊試験結果

部材	σ_c	σ_s	Pc	Vc	Vd	Vc/Vd	Pu	Pd	Pu/Pd	δ	破壊形式
I	0	0	0.80	2.80	2.21	1.27	4.25	3.94	1.08	8.3	曲げ引張り
Ⅱ	38.8	320	2.40	3.60	2.79	1.29	5.86	5.36	1.09	11.5	曲げ引張り
Ⅲ	-25.2	609	0.40	2.20	2.21	1.00	3.25	3.94	0.82	7.3	曲げ引張り
Ⅳ	13.6	930	1.40	2.60	2.79	0.93	3.41	5.36	0.64	5.2	せん断

注). 破壊試験時の圧縮強度: 338kgf/cm²(湿潤)、337kgf/cm²(空気中)

ヤング係数: 2.93×10⁵kgf/cm²(湿潤)、2.79×10⁵kgf/cm²(空気中)

単位 σ_c, σ_s : kgf/cm² Pc, Vc, Vd, Pu, Pd: tf δ : mm

表中のPcは目視による曲げひびわれ荷重の実測値を示している。同表のようにPcにも荷重履歴の影響が顕著に見られる。つぎに、Vcは斜めひびわれと交差するように貼付したひずみゲージの値が急変する点から求めた斜めひびわれ耐力の実測値である。破壊試験以前に荷重履歴を受けた部材Ⅲおよび部材ⅣのVcは、同じ載荷条件の荷重履歴を受けていない部材Ⅰおよび部材Ⅱのそれとそれぞれ比較して、7～8割程度しかなく、この結果から、荷重履歴の違いが斜めひびわれ耐力に大きな影響を及ぼすことがわかる。表中のVdは現行の土木学会コンクリート標準示方書に規定されている斜めひびわれ耐力の算定式から求めた計算値である。ただし、安全係数をすべて1.0とし、荷重履歴の影響や係数 β_d および β_p に対する制限を無視し、 $\beta_n = 1 + 2 M_o / M_u$ として求めた。ここに、 M_o は軸方向力による部材引張縁の応力度を打ち消すために必要なモーメント、 M_u は部材の曲げ破壊モーメントである。実測値と計算値との比(Vc/Vd)を比較すると、荷重履歴を受けていない部材Ⅰおよび部材Ⅱの値が1.3弱であるのに対し、約60日間持続軸圧縮力を受けた部材Ⅲおよび部材Ⅳのそれが1.0弱と小さくなっている。これは、現行の斜めひびわれ耐力の算定式が従前のより部材に対する多くの実測結果を基に求められた経験式ではあるが、通常、作製された部材は破壊試験まで空気中に静置されることが多く、その結果、すでにコンクリート断面にある程度の収縮応力が生じていた状態を基準として求められた算定式であるため、前述のような結果が得られたものと考えられる。したがって、さらに長期間乾燥や持続荷重の影響を受ける実構造物の場合、現行の斜めひびわれ耐力の算定式では若干危険になることも予想される。

表中のPuは終局荷重の実測値である。同表のように荷重履歴を受けた部材Ⅲおよび部材ⅣのPuが、同じ載荷条件の荷重履歴を受けていない部材Ⅰおよび部材Ⅱのそれとそれぞれ比較して、6～8割程度しかなく、特に部材ⅣのPuが部材Ⅱのそれより大幅に低減していることがわかる。また、破壊形式も、部材Ⅳ以外は引張鉄筋が降伏して破壊したのに対し、部材Ⅳは斜めひびわれ幅が急激に拡大して破壊する、いわゆるせん断破壊を生じた。このようにひびわれ耐力は勿論のこと、終局耐力や破壊形式も荷重履歴の影響を顕著に受けることがわかる。つぎに、表中のPdは終局強度式から求めた曲げ引張り破壊時の計算値を示している。実測値と計算値との比(Pu/Pd)は、部材Ⅰおよび部材Ⅱのそれが1.1弱であるのに対し、部材Ⅲおよび部材Ⅳのそれは0.6～0.8と小さく、この結果から判断すると、荷重履歴を無視した現行の設計法では、地震時の水平力で柱部材が崩壊する危険性も十分に予想されることがわかる。なお、本実験で用いたRC柱の終局せん断耐力の計算値(Vu)を求めると、軸力を受けていない部材はVu=5.39tf、軸圧縮力10tfを受けたそれはVu=5.97tfとなり、これらの値が表中のPdより大きいことから、計算上、曲げ引張りで破壊することがわかる。

以上、本実験の結果だけでは試験体の本数が少ないため明言できないが、RC柱の断面耐力や破壊性状は破壊試験以前の荷重履歴の影響を顕著に受けるようである。したがって、地震時の構造安全性を確保するためには、今後、荷重履歴を考慮した実験を行い、柱部材に対する適切な算定式を確立すべきであろう。