

R C部材のひびわれ性状に及ぼす荷重履歴の影響

九州産業大学 正員○宮川 邦彦
同 佐藤 武夫

1. まえがき

土木構造物には、死荷重、活荷重、地震力など様々な荷重が作用し、しかも、荷重の作用時期や期間は、その種類で異なる。だが、現行の設計法では荷重の作用時期についてはあまり考慮されていない。鋼構造のように使用状態下では弾性を呈する構造物であれば、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複合化したコンクリート構造物では、断面内部の応力状態が経時変化するため、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ひびわれ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。

本研究では、このような観点から、地震時に水平力を受けるRC柱の部材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試験時のひびわれ耐力や破壊性状などに及ぼす影響を検討した。

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、D16 (降伏強度 $f_y = 35 \text{ kgf/mm}^2$) の軸方向鉄筋、D6 (降伏強度 $f_y = 34 \text{ kgf/mm}^2$) の帯鉄筋を配筋し、図-1に示す形状寸法のRC柱4本を作製した。部材の破壊試験は、以下に示す養生および載荷条件に関して、図-2のような単調水平載荷を行い、ひびわれ耐力や破壊性状などを調べた。

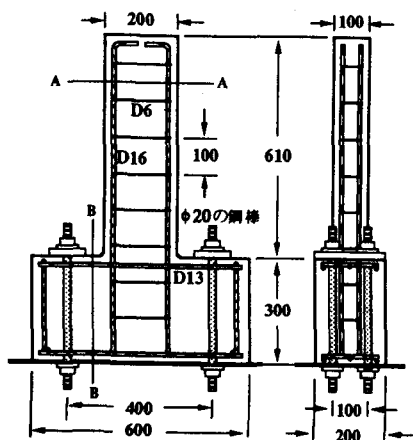


図-1 部材の形状寸法 (単位mm)

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、軸圧縮力を載荷したままで単調水平載荷で破壊する場合

軸圧縮力10tfを載荷したままで水平載荷する部材には、図-2のように部材と載荷フレーム間にテフロン板を挿入し、両者間の摩擦力が水平荷重に及ぼす影響を極力押えた。なお、表-1に示す実験結果は、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である。

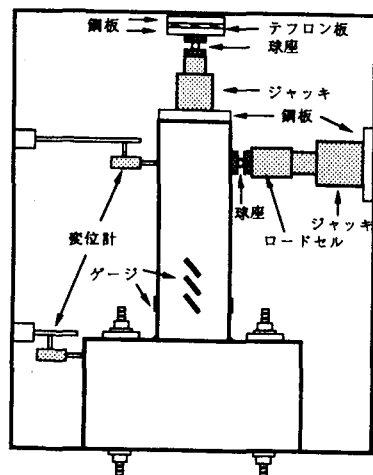


図-2 載荷試験方法

3. 実験結果および考察

表-1 に部材の破壊試験結果の一覧を示す。表中の σ_c は力学モデル解析から求めた破壊試験時におけるコンクリート断面の推定圧縮応力度である。表-1のように破壊試験直前に持続軸圧縮力を除去した部材Ⅲには大きな引張応力度が生じており、また、持続載荷したままの部材Ⅳも、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大幅に低減していることがわかる。

表-1 R C部材の破壊試験結果 (単位:tf)

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

Pc は目視による曲げひびわれ荷重の実測値である。表-1のように曲げひびわれ荷重の実測値にも荷重履歴の影響が顕著に見られる。また、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急変点から求めたコンクリートの斜めひびわれ耐力の実測値である。表-1のように荷重履歴を受けた部材Ⅲおよび部材ⅣのVc は、同じ載荷条件の部材Ⅰおよび部材Ⅱのそれぞれと比較して、7～8割程度しかなく、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。つぎに、表中のVd は現行の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 β_d および β_p に対する制限を無視し、 $\beta_n = 1 + 2 Mo/Mu$ として求めた。ここに、Mo は軸方向力による部材引張縁の応力度を打ち消すのに必要なモーメント、Mu 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のそれが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のそれは1.0 弱と小さくなっている。これは、斜めひびわれ耐力の算定式が既往のは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あるが、通常、作製された部材は破壊試験まで空气中に静置されることが多く、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危険になることが予想される。

Pu は破壊荷重の実測値である。荷重履歴を受けた部材Ⅲおよび部材ⅣのPu 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のそれぞれと比較して、6～8割程度である。特に部材ⅣのPu は、部材Ⅱと比較して、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以外が曲げ引張りで破壊したのに対し、部材Ⅳはせん断(斜め引張り)で破壊した。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にも荷重履歴の影響が顕著に見られる。つぎに、表中のPd は終局強度式から求めた曲げ耐力の計算値である。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、荷重履歴の影響を無視した現行の設計では、地震時に柱部材が崩壊する危険性も十分予想される。なお、帯鉄筋の分担力(Vs=3.18tf)を含めた部材の終局せん断耐力の計算値(Vu)を求めると、軸力を受けない部材はVu=5.39tf、軸圧縮力10tfを受ける部材はVu=5.97tfとなる。これらの値は表中のPdより大きく、計算上曲げ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柱の斜めひびわれ耐力や破壊性状は荷重履歴の影響を顕著に受けるようである。したがって、地震時の柱部材の安全性を確保するためには、今後、本実験のような荷重履歴を考慮した実験を行い、特にせん断耐力に対する適切な算定式を確立すべきであろう。