

R C 部材のひび割れ耐力に及ぼす荷重履歴の影響について

九州産業大学 正員 宮川 邦彦

1. まえがき

土木構造物には時期の異なる種々な荷重が作用するが、現行の設計法では通常その違いによる影響を無視して設計している。例えば地震時の場合、永久荷重による断面力に地震時のそれを加算した値で部材の安全性を照査しており、その間での断面力の変化については一切考慮していない。鋼構造のように弾性挙動を示す部材ではこの点が問題になることはないが、R C 構造のように断面内部の応力状態が経時変化する部材では、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割れ耐力等に及ぼす影響を無視できないように思われる。

本報告は、このような観点から、地震時の門型ラーメン橋脚等に見られる逆曲げモーメント作用時のひび割れ耐力等を検討するために行った基礎実験に関するものである。

2. 実験概要

本実験に用いたコンクリートの配合及び力学特性を表-1に、部材形状を図-1に示す。本実験では、特にせん断補強していないR C 部材のひび割れ及びせん断破壊耐力等に及ぼす荷重履歴の影響を究明するため、図-1のような軸方向鉄筋4-D16(降伏強度 $f_y=37\text{kgf/mm}^2$)を配筋した対称部材を用いて、約60日間曲げ持続载荷した後、新たに持続時と同方向(部材記号P)及び逆方向载荷(N)並びに比較のために無载荷状態の水中(W)及び空气中養生(D)の4条件の部材各3本、計12本について静的曲げ载荷試験を行った。部材はコンクリート打設後7日間水中養生を行い、その後P、N及びD部材は恒温室内(温度 $20\pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $65\pm 5\%$)に移し、コンクリート表面及び埋設鉄筋に貼付したひずみゲージを用いて部材の時間依存ひずみを測定した。なお、曲げ持続荷重は2本の部材を一組にして、コンクリート引張縁に軽微な曲げひび割れを生じる程度の荷重 1000kgf ($M=200\text{kgfm}$)を材令7日で载荷した。静的曲げ载荷試験は、持続時と同様に対称2点载荷(せん断スパン比 $a/d=3.33$)で行い、部材が破壊するまで 200kgf 間隔で荷重を徐々に増加しながら、部材各点のひずみ及びスパン中央部のたわみを計測した。

3. 実験結果及び考察

図-2に持続期間中のひずみ変化の一例を示す。図示するように引張鉄筋のひずみはほとんど変化しないが、コンクリート圧縮縁や圧縮鉄筋のひずみはコンクリートの時間依存ひずみの影響で载荷時のその2~3倍程度まで増加しており、コンクリート断面の圧縮力が圧縮鉄筋に移行されることが判る。またD部材のコンクリート断面にはこの間に約 9kgf/cm^2 の収縮応力を生じた。

表-2に静的曲げ载荷試験の結果を示す。曲げひび割れモーメントの実測値(M_{cr})を3部材の平均値と比較すると、W部材で 300kgfm 、D部材で 200kgfm 、N部材で 40kgfm 程度と、これらの値には明らかに荷重履歴の違いによる影響が見られる。なお、この値は設計せん断耐力 V_{cd} の β_n の項に関連する。表中の曲げひび割れモーメントの算定値(M_{cal})は収縮応力の影響を考慮して弾性式から求めた値である。W部材の実測値は曲げ強度(引張強度の1.7倍)からの算定値とほぼ一致しているが、D部材のそれは引張及び曲げ強度から算定した値の範囲

表-1 コンクリートの配合及び力学特性 (kgf/cm^2)

配合条件	C=300 kg/m^3 W=180 kg/m^3 s/a=39 %		
養生条件	圧縮強度	引張強度	ヤング係数
水 中	291	26.6	3.12×10^5
気 中	266	24.0	2.85×10^5

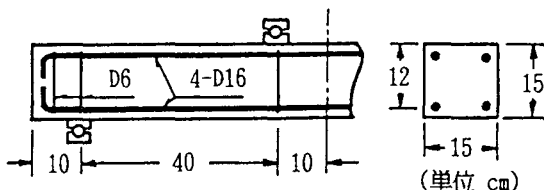


図-1 部材形状

内ではらっている。

斜めひび割れ耐力の実測値 (V_{cr}) は、目視及び荷重-たわみ曲線の変曲点から推定した値であるが、平均値と比較すると、W部材で2700 kgf、D部材で2400kgf、 P部材で2600kgf、N部材で2200kgf 程度と、同じ持続荷重部材でも逆曲げモーメントを載荷したN部材の実測値の方がP部材のそれより2割程度低下している。また表中の算定値 (V_{cal}) は安全係数を1.0としてコンクリート標準示方書の算定式から求めた値であるが、その値はN部材の実測値とほぼ一致している。部材の破壊に関しては、本実験の場合、全てせん断で破壊したが、曲げせん断破壊、すなわち曲げひび割れから斜めひび割れが伝播しタイドアーチ機構に移行して靱性的に破壊した部材と、斜め引張破壊、すなわち曲げひび割れとは別に斜めひび割れが発生して脆性的に破壊した部材とに大別することができる。ただし、この破壊形式の違いは荷重履歴には関係なく、主に曲げひび割れ位置の僅かな違いに起因するようである。せん断破壊耐力 (V_u) に関しては、曲げせん断破壊の場合、荷重履歴の影響をほとんど受けないのに対して、斜め引張破壊の場合には明らかにN部材の実測値がWやP部材のそれより3割程度低減している。

図-3に斜め引張破壊した部材の荷重-たわみ曲線を示す。図示するように低荷重域での曲げ剛性にも明らかに荷重履歴の違いによる影響が見られる。特に持続荷重したP部材とN部材との曲げ剛性の違いに留意すべきである。

以上、本実験の場合は短期間の持続荷重で、しかもその荷重を一度除去した後に再載荷した結果であるにも拘わらず、部材のひび割れ耐力等に荷重履歴の違いによる影響が見られることから、交番荷重を受ける地震時の実構造物ではこの影響が更に甚大であるように思われる。従って、コンクリート構造物を適切に設計するには、今後このような問題点についても解明すべきであろう。

4. まとめ 本実験の結果を以下に要約する。

- 1). RC部材のひび割れ耐力や曲げ剛性は荷重履歴の違いによる影響を受ける。
- 2). せん断破壊耐力は、曲げせん断破壊の場合には荷重履歴の影響を受けないが、斜め引張破壊の場合には多少その影響を受けるようである。

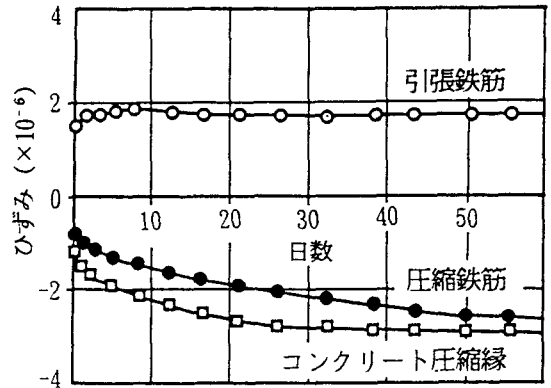


図-2 ひずみ-時間曲線

表-2 静的曲げ載荷試験結果

部材 記号	Mcr (kgfm)	Vcr (kgf)	Vu (kgf)	δ_{max} (mm)	破壊形式
1	280~320	2700~2800	3280	3.5	斜め引張
W 2	280~320	2800~2900	3190	3.2	斜め引張
3	240~280	2500~2600	3760	6.0	曲げせん断
1	80~120	2300~2400	3760	10.0	曲げせん断
D 2	200~240	2400~2500	2970	3.1	斜め引張
3	160~200	2500~2600	3490	6.0	曲げせん断
1	--	2400~2500	3800	6.8	曲げせん断
P 2	--	2600~2700	3900	8.0	曲げせん断
3	--	2700~2800	3280	4.8	斜め引張
1	0~40	2100~2200	2410	2.9	斜め引張
N 2	40~80	2100~2200	3720	6.2	曲げせん断
3	40~80	2200~2300	3940	11.0	曲げせん断

注). W部材のMcal=180~310kgfm 前値:引張強度
D部材のMcal=100~220kgfm 後値:曲げ強度
W部材のVcal=2370kgf、その他 Vcal=2260kgf

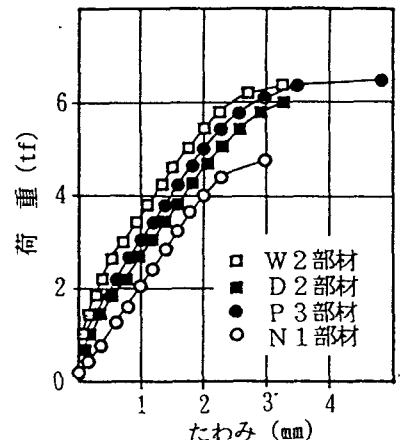


図-3 荷重-たわみ曲線