

引張力を含む軸力変動を受ける鉄筋コンクリート橋脚の正負交番载荷実験

東京工業大学大学院 学生員 堺 淳一(日本学術振興会特別研究員)
東京工業大学大学院 F 会員 川島一彦

1. まえがき

ラーメン橋，アーチ橋などの不静定構造物が兵庫県南部地震クラスの地震動を受けると，圧縮部材として設計されている構造部材に，引張力と設計軸力以上の圧縮力を交番して受けることが最近の解析的な研究から明らかになりつつある¹⁾．圧縮力が変動することの影響を検討した RC 橋脚の実験的研究はこれまでも数多くあるが，引張力が作用する場合に RC 橋脚の変形性能を検討した研究はない．そこで，本研究では引張力が作用する場合も含めて軸力変動が RC 橋脚の変形性能に及ぼす影響を実験的に検討したので，その結果を報告する．

2. 実験に用いた供試体と载荷方法

実験には，図-1 に示すように 1 辺 400mm の正方形断面で，帯鉄筋比 r_s は 0.79%，軸方向鉄筋が 1.58% である 4 体の供試体を用いた．橋脚基部から载荷点までの高さは 1350mm であり，せん断支間比は 3.75 である．軸方向鉄筋には降伏強度 $s_{sy}=374\text{MPa}$ の SD295A，直径 13mm の異形棒鋼を 20 本配置し，帯鉄筋には，SD295A，直径 6mm の異形棒鋼 ($s_{sy}=363\text{MPa}$) を 50mm ピッチで配置している．また，実験時のテストピースによるコンクリート強度は 23MPa である．

水平変位は，変位制御で一定振幅変位漸増方式によりドリフト比 $dr=0.5\%$ に相当する 6.75mm を基準振幅として，その整数倍の変位振幅でそれぞれ繰り返し回数 3 回の正負交番载荷を行った．ここで，ドリフト比 dr とは橋脚基部から载荷点高さまでの距離に対する载荷点の水平変位の比である．鉛直荷重は，図-2 に示す 4 つの载荷履歴に基づき荷重制御により荷重を作用させた．2 体は基部軸応力をそれぞれ圧縮で 3MPa (CC 供試体)，引張で 1MPa (CV 供試体) の一定として载荷し，残りの 2 体は，基部軸応力が圧縮 1MPa を中心値として， $\pm 1\text{MPa}$ 変動させた V1 供試体と， $\pm 2\text{MPa}$ で変動させた V2 供試体である．V1，V2 供試体では，水平変位と同位相で軸力を変動した．ただし，V2 供試体では载荷装置の限界により，図-2 に示すように圧縮最大軸力が 420kN (基部軸応力 2.7MPa) までしか载荷できなかったため，軸応力の変動幅は -1MPa~2.7MPa となっている．

3. 損傷状況

いずれの供試体も，ドリフト比 $dr=1\%$ 载荷後に水平ひび割れが生じ，その後ひび割れが進展し， $dr=3\%$ を超えた段階からかぶりコンクリートが剥落し，軸方向鉄筋が座屈した．軸応力が 3MPa 一定とした CC 供試体では，軸方向鉄筋の座屈とともにコアコンクリートが圧壊し， $dr=4\%$ の 1 波目の载荷途中で供試体が軸圧縮力に耐えることができなくなり，载荷直角方向に傾斜したために载荷を終了した．CC 供試体は，B 面のほうに大きく傾いたため，図-3 に示すように B 面の損傷が大きい．一方，軸力が引張 1MPa で一定とした CV 供試体では，軸方向鉄筋が座屈しコアコンクリートが損傷しても，引張力を受けているため，供試体は $dr=6\%$ に達しても载荷直角方向に傾くことはなかった．軸力が変動する V1，V2 供試体では， $dr=4\sim 5\%$ に達すると，軸圧縮力に耐えることができなくなり，载荷直角方向に傾斜した．図-3 に示すように V1，V2 供試体では，いずれも圧縮軸力が最大になる時に曲げによる圧縮力を受ける面 (C 面) でコアコンクリートの損傷が大きい．

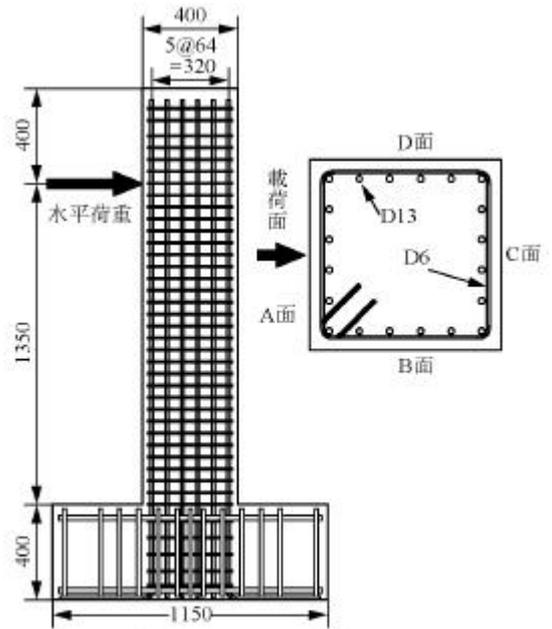


図-1 実験に用いた供試体

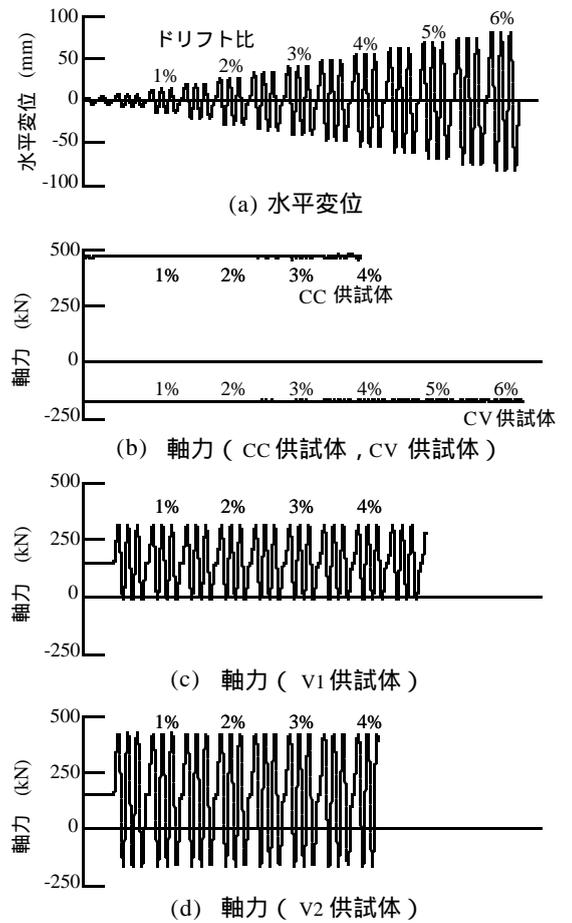


図-2 载荷履歴

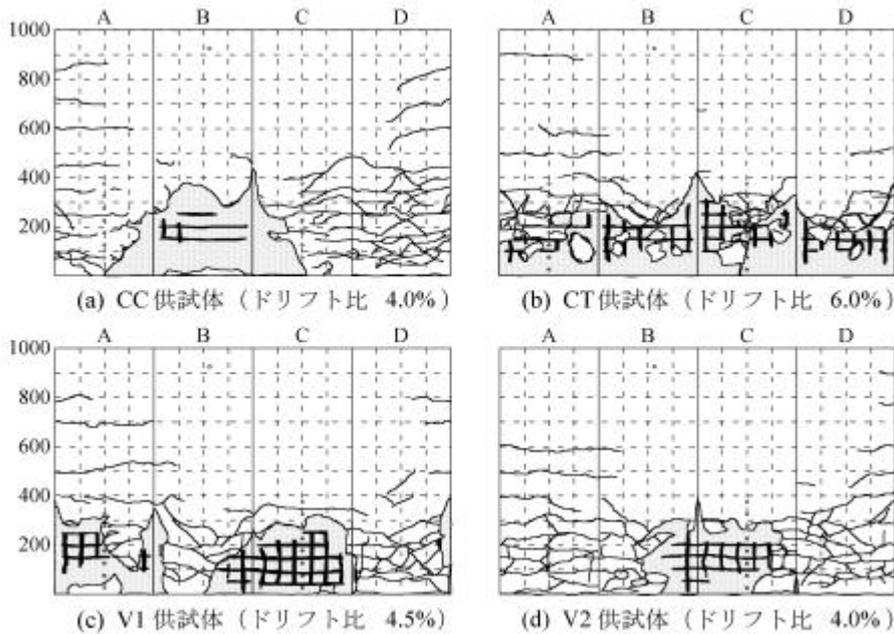


図-3 供試体の最終損傷状況

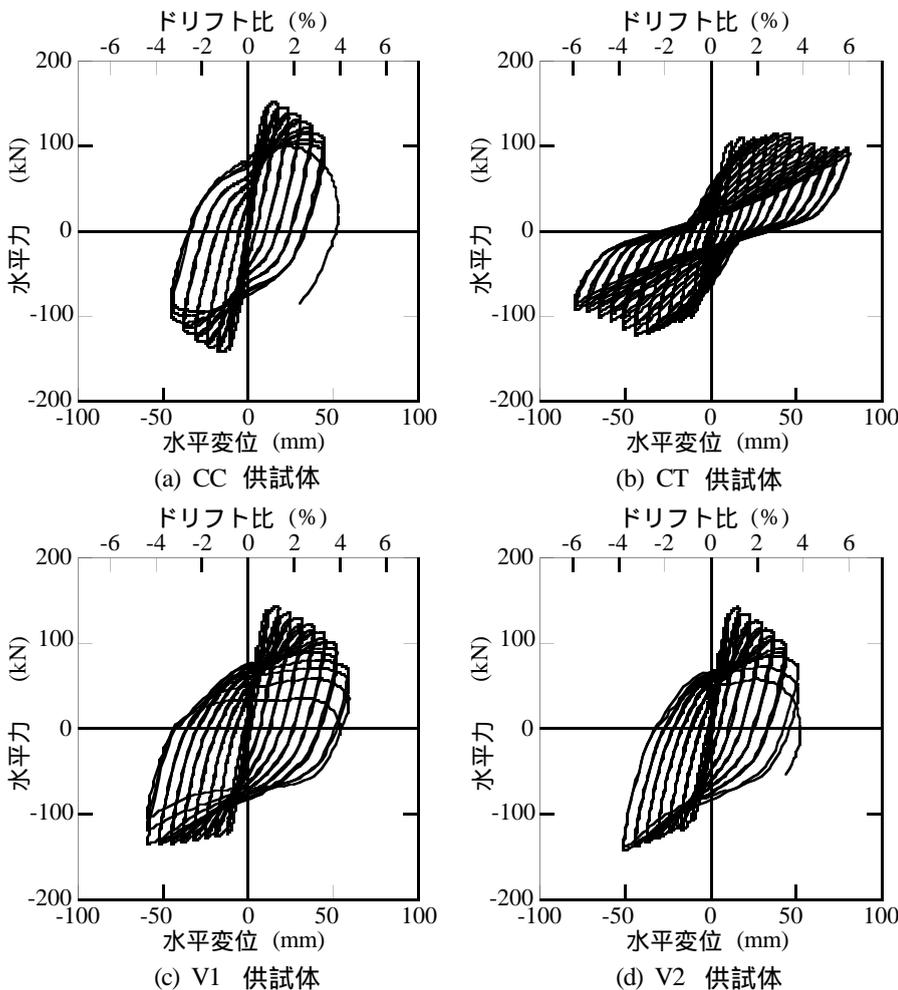


図-4 水平力～水平変位関係

4. 水平力～水平変位関係からみた引張軸力の影響

繰り返し載荷実験より得られた各供試体の載荷点位置における水平力～水平変位の履歴曲線を図-4に示す。軸圧縮応力が3MPa一定のCC供試体では、 $dr=1.5\%$ 載荷時に最大耐力153kN(正載荷時)に達した後、徐々に耐力は低下し、 $dr=3.5\%$ 載荷時には最大耐力の80%を下回る116kNになる。その後、 $dr=4\%$ の1波目の正載荷時に耐力が急激に低下した。一方、軸引張応力1MPaのCT供試体では、水平耐力は $dr=1.5\%$ 載荷時に108kNとCC供試体よりも30%小さいが、その後も徐々に上昇し、 $dr=3.5\%$ 載荷時に最大耐力115kNとなる。さらに載荷しても、急激な耐力の低下はなく、 $dr=6\%$ 載荷時にも水平耐力は98kNと最大耐力の85%までしか低下しない。軸応力を0MPa~2MPaの間で変動させたV1供試体では、圧縮軸応力が大きくなる正載荷時には $dr=1.5\%$ で最大耐力144kNに達し、その後は耐力が低下するが、負載荷時には $dr=1.5\%$ 以降、耐力はほぼ一定となり $dr=4\%$ 載荷時に最大耐力134kNとなる。軸力を-1MPa~2.7MPaの間で変動させたV2供試体では、正載荷時にはV1供試体よりもさらに最大耐力以降の耐力の低下は急激であり、また負載荷時には $dr=1.5\%$ で118kNであった耐力が、 $dr=4\%$ 載荷時には142kNと20%上昇する。作用する軸応力が引張となると、耐力が徐々に上昇するが、これは軸方向鉄筋のひずみ硬化によるものであると考えられる。これらより、引張軸力が作用する場合には、圧縮軸力が作用する場合よりも変形性能は優れていることがわかる。また、軸力が変動する場合にも、引張軸力が作用する載荷時には急激な耐力低下はなく、圧縮軸力作用時に耐力低下が大きい。

5. 結論

1) 引張軸力を受けるCT供試体では、圧縮軸力を受けるCC供試体よりも最大耐力は30%小さい。2) CC供試体では $dr=4\%$ で耐力が急激に

低下したのに対して、CT供試体では $dr=6\%$ まで急激な耐力の低下はなく、引張力を受けても変形性能は確保できる。3) 軸力が変動する場合、圧縮軸力が最大になる段階で曲げによる圧縮力を受ける面の損傷が大きく、引張軸力が最大になる段階では曲げによる圧縮力を受ける面の損傷が小さい。また、引張軸力を受ける負載荷時には水平耐力は徐々に上昇し、圧縮軸力を受ける正載荷時には水平耐力が徐々に低下し終局状態に至る。

参考文献：1) Kawashima, K. and Mizoguchi, A.; Seismic Response of a Reinforced Concrete Arch Bridge, *Proc. 12WCEE*, No.1824, 2000.