

第 I 部門

非線形応答解析に基づく偏心曲げを受ける RC 橋脚の耐震性に関する検討

東洋技研コンサルタント 正会員 ○ 武山和夫 東洋技研コンサルタント 正会員 久野恭弘
東洋技研コンサルタント 鎌谷太郎 東洋技研コンサルタント 正会員 島田 功
大阪市立大学 フェロー 園田恵一郎

1. まえがき

橋脚の耐震設計における非線形解析の目的は、強大な地震に対するねばり強さ、すなわち靱性を知ることにある。筆者は、初期に死荷重状態で柱に曲げが発生する、偏心荷重を受ける単柱式鉄筋コンクリート橋脚を震度法で耐震設計したものに対して、道路橋示方書[1]に従った地震時保有水平耐力から耐震性を評価し、偏心荷重を受ける場合の方が安全となる結果を得た[2]。本報告は、さらに、時刻歴応答解析を行い、復元力特性等から、偏心荷重を受ける単柱式鉄筋コンクリート橋脚の耐震性を考察したものである。

2. 解析モデル

図-1、表-1に示すように、震度法で耐震設計(Ⅱ種地盤)した、上部工荷重の作用位置が異なる3ケースを対象とした。図-2、表-2は柱部の配筋図である。

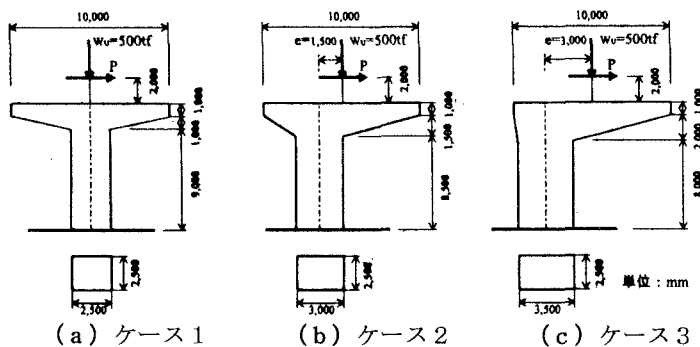


図-1 上部工が偏心载荷する鉄筋コンクリート橋脚

表-1 設計条件

設計水平震度(Kh)	0.25(Ⅱ種地盤)
許容応力度 σ_{ca}	120 kgf/cm ²
" τ_{ca}	3.5 kgf/cm ²
" σ_{sa}	3000 kgf/cm ²

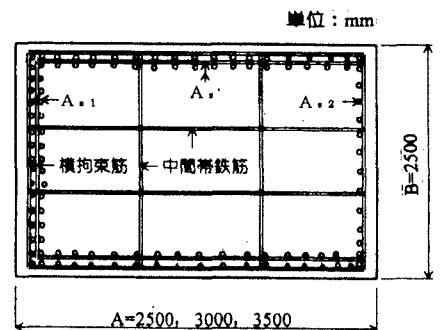


図-2 柱部の配筋

3. 解析結果

(1) 保有水平耐力

表-3には、柱部の圧縮コンクリートの応力(σ)-ひずみ(ϵ)関係の特性値を示した(各ケースとも横拘束筋は同じ)。なお、コンクリートの設計基準強度 σ_{ck} は、240kgf/cm²である。表-4は、死荷重状態での柱下端軸力および曲げモーメントをまとめたものである。図-3には、各橋脚下端における材料非線形(曲げモーメント(M)-曲率(ϕ))の関係を示した。表-5は、これらの解析結果より各橋脚の地震時保有水平耐力をまとめたものである。荷重の偏心量が増えると、終局曲げモーメントおよび終局耐力は大きくなるが、終局曲率および終局変位は小さくなる。

表-3 柱部コンクリートの応力-ひずみ関係

σ_{cc} (kgf/cm ²)	269
ϵ_{cc}	0.0041
σ_{cu} (kgf/cm ²)	215
ϵ_{cu}	0.0073

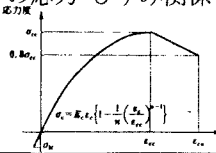


表-2 配筋表

	ケース1	ケース2	ケース3
As1	D32-32本(2段)	D35-38本(2段)	D38-38本(2段)
As2	D32-32本(2段)	D32-10本(1段)	D32-10本(1段)
As'	D32-29本(1.5段)	D32-29本(1.5段)	D32-29本(1.5段)

横拘束筋、中間帯鉄筋: D19を15cmピッチで使用
軸方向鉄筋のかぶり厚は13cm

表-4 死荷重状態での柱下端の軸力(N)と曲げモーメント(M₀)

	ケース1	ケース1	ケース1
N(tf)	750	797	844
M ₀ (tf・m)	0	914	1875

Kazuo TAKEYAMA, Yasuhiro HISANO, Taro KAMATANI, Isao SHIMADA, Keiichiro SONODA

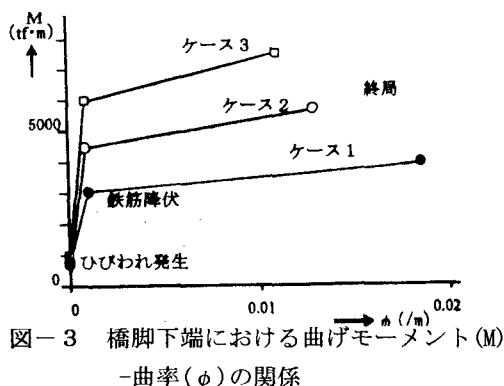


表-5 地震時保有水平耐力(タイプⅡの地震動)

	ケース1	ケース2	ケース3
保有水平耐力(Pa(tf))	323	384	454
許容塑性率(μa)	3.78	3.53	4.25
固有周期(T(sec))	0.83	0.68	0.56
設計水平震度(Khc)	1.75	1.75	1.75
等価水平震度(Khc)	0.68	0.71	0.64
等価重量(W(tf))	625	648	672
慣性力(Khc・W(tf))	426	460	429
安全率(Pa/慣性力)	0.76	0.83	1.06

(2) 時刻歴応答

図-1に示す橋脚の柱下端にタイプⅡの地震波(図-4)を入力し、図-3のM-φ関係を骨格曲線とした、トリリニアモデル(武田型)で非線形応答解析を行った。図-5は、柱頂部の水平応答である。図-6は、柱下端のM-φ履歴を示したものである。

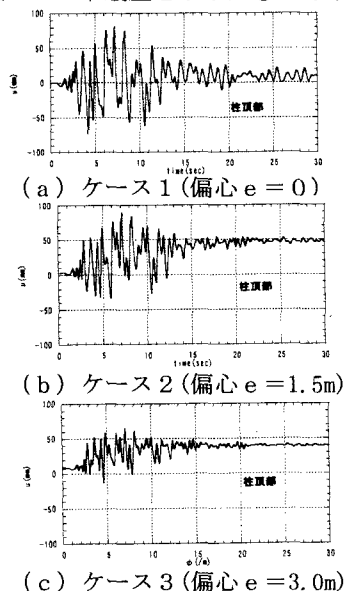


図-5 柱頂部の水平変位(u)応答

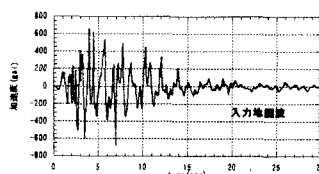


図-4 入力地震波(鷹取E-W成分)

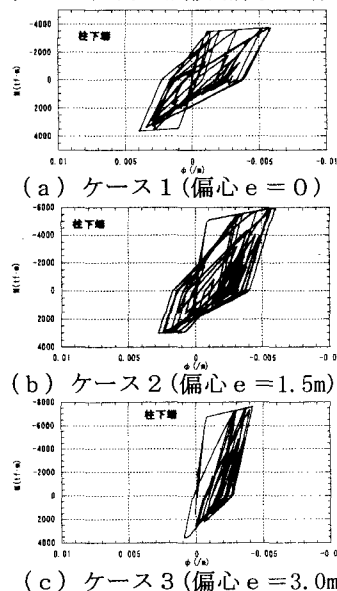


図-6 柱下端のM-φ履歴

4. 考察

偏心荷重を受ける橋脚は、死荷重モーメントの影響で設計断面が大きくなり、耐力は増加する。しかし、履歴減衰の効果は、曲げモーメント-曲率関係のループによってエネルギーが逸散されるためである。偏心荷重を受ける橋脚は、引っ張り鉄筋が降伏に至るまでのひずみ増分量が小さく、図-5に示すように、変位は偏心方向に増加し、残留変位も大きい。図-6のM-φ履歴は、1つの象限に移行する傾向があり、履歴減衰は小さくなる。土研で行なわれた振動台によるモデル実験結果[3]も同様な特性を示している。

参考文献：[1]日本道路協会：道路橋示方書・同解説/V耐震設計編、1996。[2]武山和夫、久野恭弘、島田功、園田恵一郎：偏心荷重を受ける単柱式RC橋脚の地震時保有水平耐力に関する一考察、土木学会関西支部年講、pp. I-31-I~2、1998。[3]運上茂樹、向 秀毅：偏心曲げを受ける鉄筋コンクリート橋脚の地震時振動特性、土木技術資料 37-7、1995。