

I-A 110 段差フーチングを有する RC 壁式橋脚の水平耐力特性

九州大学大学院
第一復建（株）
九州大学工学部
NTT

学生員 黄 玲
正 員 石橋 治
正 員 彦坂 熙
正 員 栗田 輝久

1. 緒言

山岳部の傾斜地に建設される橋梁では、その下部工（橋脚、橋台）が図-1のような段差フーチングを有する形状となることがある。段差フーチングを有する RC 橋脚の地震応答と水平耐力特性は、段差のないフーチングを有する場合とはかなり異なると考えられ、特に本研究で扱う壁式橋脚の地震応答については、次の特徴がある。

- 1) 橋軸方向地震力により、この方向の曲げモーメントに加えて、ねじりモーメントが作用する。
- 2) 構造非対称性のため、橋軸直角方向水平力の向きにより非線形応答が著しく異なる。
- 3) 既設橋脚で鉄筋の段落しを有する場合には、水平耐力特性がさらに複雑になる可能性がある。

本論文は、段差フーチングを有する RC 壁式橋脚の合理的な耐震設計および既設橋脚の耐震補強に資することを目的として、上記 3 項目が橋脚の静的水平耐力に及ぼす影響を、二次元及び三次元の非線形有限要素法により検討したものである。

2. 解析方法

(1) 使用する有限要素

橋軸方向加力に対しては壁式橋脚が曲げとねじりを受けるので、四辺形シェル要素を用いて三次元解析を行う。要素断面を積層に細分割してコンクリートの圧縮、引張非線形性と鉄筋の弾塑性を考慮する積層モデルにより、要素の材料非線形剛性マトリックスを作成する。

橋軸直角方向加力に対しては、壁式橋脚面内の二次元解析を行う。コンクリートに定ひずみ三角形要素、主鉄筋に一次元棒要素を用い、他のすべての柱筋と帯鉄筋は直交異方性二次元要素としてコンクリート内に分散させる。

(2) 材料モデル

圧縮応力下のコンクリートは初期降伏まで線形弾性材料と仮定し、その後は二次元弾塑性理論を用いる。降伏条件と破壊規準には、Kupfer らの実験に基づく二軸応力場の限界曲面を用いる。引張応力下のコンクリートは、応力が引張強度に達するとひび割れを生じる。ここでは、ひび割れ発生後のコンクリートを連続体として扱う分布ひび割れモデルを使用する。鉄筋の応力-ひずみ関係はひずみ硬化係数 0.01 のバイリニア型とし、圧縮時の鉄筋の座屈は考慮していない。

(3) 解析対象構造物の諸元と作用荷重

図-1 に示す段差フーチングを有する既設の RC 壁式橋脚を解析対象（モデル 1）とする。橋軸方向主筋の段落しを有する配筋概要を図-2 に、また橋軸直角方向の解析に用いた二次元有限要素メッシュを図-3 に示す。比較のために、主筋の段落しを行わないもの（モデル 2）、及びモデル 1 の上段フーチング位置を基部とする段差のない対称橋脚（モデル 3）の解析も行う。荷重は、上部工鉛直反力 $R_v=358$ tf 及び橋脚自重 356 tf を一定し、上部工の水平慣性力 R_H 及び橋脚自重の水平慣性力を単調漸増載荷する。橋軸直角方向水平力のうち、右向き及び左向きの力をそれぞれ R_{HR} 、 R_{HL} と表す。

3. 解析結果及び考察

一般に RC 壁式橋脚は橋軸直角方向地震力に対して十分な強度を有するため、現行道路橋示方書でその保有水平耐力照査を行わなくてよいとされている。しかし、兵庫県南部地震では 1G を越える地震力が作用した可能性があること、旧基準による既設橋脚は主筋の段落しを有するものが多いこと、および段差フーチングによる構造非対称性の影響が顕著に現れることから、ここでは特に橋軸直角方向の解析結果を示す。

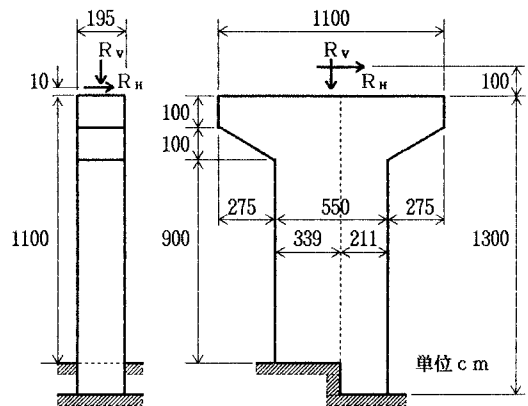
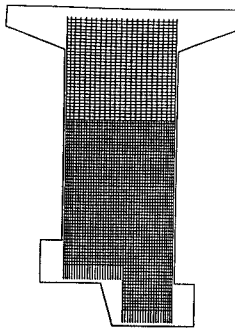


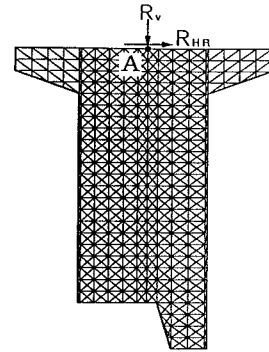
図-1 段差フーチングを有する RC 壁式橋脚の諸元

図—4 は、橋脚モデル 1、2、3 の右向き水平荷重 R_{HR} と橋脚大端水平変位の関係、および各モデルの終局荷重時近傍におけるひび割れパターンを示したものである。フーチングに段差のないモデル 3 では主筋段落し部の曲げ及びせん断破壊が卓越するのに対し、段差フーチングを有するモデル 1、2 では橋脚基部の曲げ破壊が卓越している。モデル 3 は剛性、耐力ともモデル 1 より大きく、モデル 3 を用いてモデル 1 の耐力評価を行うことは危険側となる。

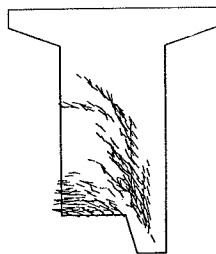
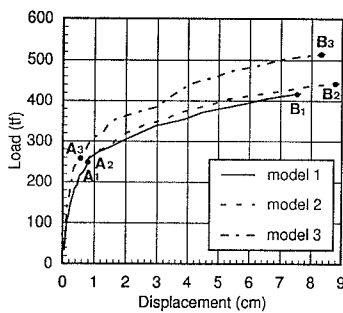
図—5 は同じくモデル 1、2、3 の左向き水平荷重 R_{HL} と水平変位の関係、および終局荷重時近傍におけるひび割れパターンを示したものである。段差フーチングを有するモデル 1、2 は明瞭なせん断破壊を生じており、主鉄筋は終局時まで降伏していない。フーチングに段差のないモデル 3 とは、耐力、靱性、破壊形式の何れも著しく異なっている。



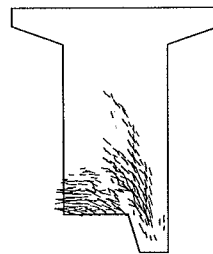
図—2 配筋概要



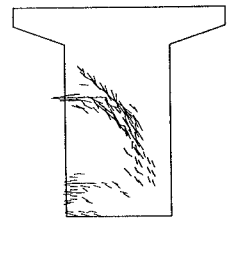
図—3 有限要素メッシュ



model 1

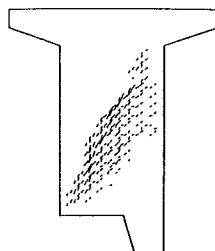
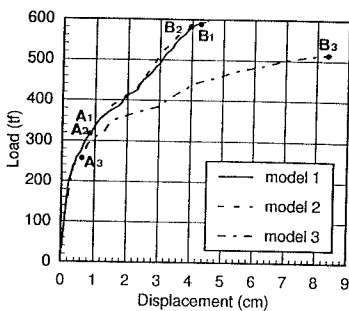


model 2

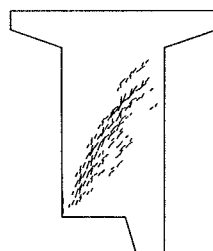


model 3

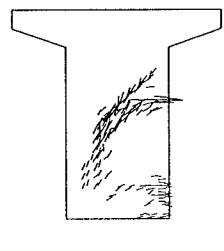
図—4 荷重—変位曲線およびひび割れパターン図（橋軸直角・右向き荷重）



model 1



model 2



model 3

図—5 荷重—変位曲線およびひび割れパターン図（橋軸直角・左向き荷重）

〔参考文献〕

- 1) H.Kupfer et al : Behavior of Concrete under Biaxial Stresses, ACI Journal, Vol. 66, No.8, Aug.1969