

段差フーチングを有するRC橋脚のFEMによる耐荷力解析

九州大学 学生員 栗田 輝久 九州大学 正 員 彦坂 熙
第一復建係 正 員 石橋 治 九州大学 学生員 竹村 祐一

1. 緒言

山岳部の多い日本では、傾斜地に橋梁を建設する機会も多く、その下部工が段差フーチングを有する形状となることが多く見受けられる。しかし、段差フーチングが橋脚躯体に与える影響については設計荷重時、終局荷重時ともあまり明確になっていないのが現状である。本研究では、非線形有限要素法により、段差フーチングを有するRC壁式橋脚の橋軸直角方向および橋軸方向の耐荷力解析を行い、設計荷重時から終局時に至る橋脚躯体に及ぼす段差フーチングの影響を検討した。

2. 解析条件

(1) 材料特性モデル

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、その後は弾塑性理論を用いる。橋軸方向、橋軸直角方向とも、圧縮応力下の降伏条件、破壊基準には Kupfer らの実験データに基づき2軸応力場における限界曲面を用いる。^{1) 2)}

引張応力下のコンクリートは、応力が引張強度を越えるとひびわれが生じる。ここでは、ひびわれ発生後のコンクリートを連続体として扱う分布ひびわ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 のバイリニア形とし、圧縮時の鉄筋の座屈は考慮していない。

(2) 解析に使用する有限要素

解析対象がRC壁式橋脚であるので、橋軸直角方向加力に対しては2次元解析、また橋軸方向加力に対してはシェルとしての解析を行う。

a) 橋軸直角方向の解析では、コンクリートに定ひずみ三角形要素、主筋である両端の柱鉄筋に棒要素を用いた。残りの柱筋と帯鉄筋はその特性を分散して、コンクリートの三角形要素の中に組み込んだ。また、棒要素の主筋とコンクリートの境界面には付着リンク要素を使用した。

b) 橋軸方向の解析では、段差フーチングという特殊な境界条件を考慮するため、8節点長方形シェル要素を使用した。また、積層近似法を用いて、要素を厚さ方向に分割する。これにより、圧縮コンクリート、ひびわれコンクリート、鉄筋の材料特性をそれぞれ考慮することが可能となり、鉄筋コンクリートシェルの非線形挙動をシュミレートすることができる。

(3) 解析対象および載荷方法

橋軸方向、橋軸直角方向とも、図-1に示す段差フーチングを有するRC壁式橋脚を解析対象とする。図-2に配筋概要を、また図-3に橋軸直角方向の解析に用いた有限要素メッシュを示す。載荷方法は、上部工鉛直反力 $R_v = 358.0\text{tf}$ および橋脚自重 355.7tf を一定とし、上部工による水平力 R_H および自重による水平力を単調漸増載荷する。橋軸直角方向の水平力のうち、右方向の力を R_{HR} 、左方向の力を R_{HL} とする。

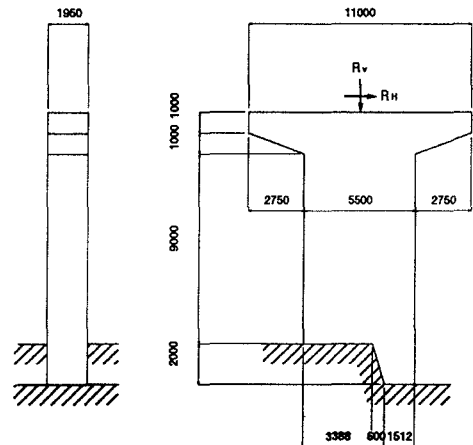


図-1 解析モデル

3. 解析結果および考察

図-4は、水平力を右方向に与えた際の載荷点の荷重-変位曲線および曲線上のA、B点におけるひびわれパターン図である。まず、初期のひびわれ状態では、図-4Aのように上段側フーチング付根にひびわれが集中している。震度1を越えるまで荷重を増加させると、図-4Bのように橋脚下端だけではなく、橋脚中央部よりひびわれが入る。これは、中央部付近に鉄筋の段落とがあるためと推定される。図-5は、左方向に載荷した際の載荷点の荷重-変位曲線とひびわれパターン図である。初期のひびわれ状態では、図-5Aのように橋脚下端付近の上段側フーチングの高さ付近にひびわれが集中し、曲げ応力によるものであることが明らかである。震度1を越えるまで荷重を増加させると、橋脚右側下端より上部へとなめなひびわれが発達している（図-5B）。これは、荷重が増加すると曲げよりも、せん断の影響が卓越したためと考えられる。また、右方向載荷と左方向載荷を比較すると同レベルの荷重に対して変位は2対1程度であり、耐荷力も右方向載荷の方が小さいが、これは、段差によって破壊性状が異なるためと考えられる。なお、橋軸方向の結果については、当日発表の予定である。

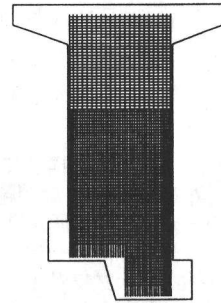


図-2 配筋図

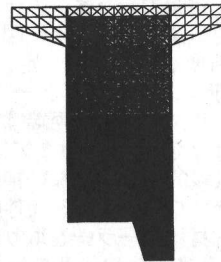


図-3 橋軸直角方向メッシュ

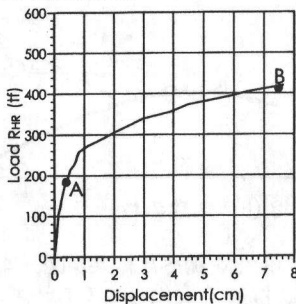


図-4 荷重-変位曲線およびひびわれパターン図（右向き載荷）

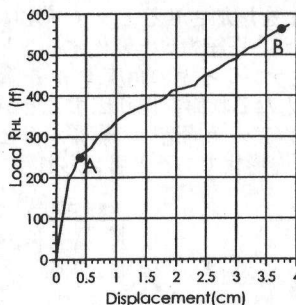
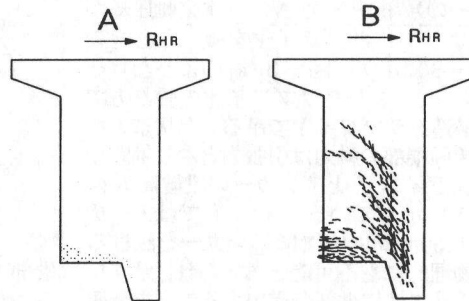
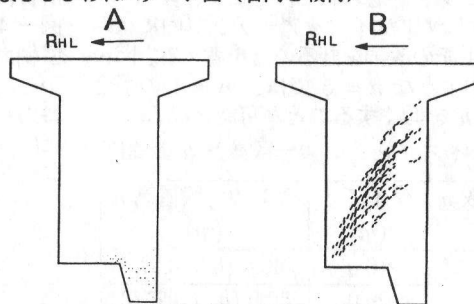


図-5 荷重-変位曲線およびひびわれパターン図（左向き載荷）



[参考文献]

- 1) H. Kupfer et al.: Behavior of Concrete under Biaxial Stresses, ACI Journal, Vol. 66, No. 8, Aug. 1969.
- 2) E. Hilton et al.: Finite Element Software for Plates Shells, Pineridge Press, 1984.