非線形有限要素解析による鉄筋コンクリート壁式橋脚のせん断耐力評価

株式会社ドーコン	○正会員	吉田 安寿
株式会社ドーコン	正会員	小林 竜太
株式会社ドーコン	正会員	南波 宏介
株式会社ドーコン	正会員	工藤 浩史

1. はじめに

河川橋等で多く見られる鉄筋コンクリート(以下, RC) 壁式橋脚の橋軸直角方向では,一般にせん断スパン比(以 下, a/d)が小さく,そのせん断耐荷機構は a/d が大きい棒 部材とは大きく異なるものと考えられる.しかしながら, 道路橋示方書における RC 橋脚のせん断耐力算定式は棒部 材を対象として提示されたものであり, a/d の減少に応じ てコンクリートが負担するせん断力が向上する効果,いわ ゆるディープビーム効果が考慮されないため,設計耐力は 実耐力を過小に見積もる可能性がある.そこで本検討では, RC 壁式橋脚の橋軸直角方向におけるせん断耐力に着目し, 実態に近い耐荷力や耐荷機構を把握することを目的として, 非線形有限要素解析による数値解析的な検討を実施した.

2. 解析対象橋脚の概要

本検討では,昭和 40 年代に架橋された実在する橋梁の RC 壁式橋脚を解析対象とした.本橋脚の形状寸法は,橋軸 方向幅 0.80 m,橋軸直角方向幅 9.95 m,高さ 5.00 m の矩 形断面であり a/d は約 0.5 である.配筋は,軸方向鉄筋が D19@125 mm,帯鉄筋はD13@300 mm で配置されている. 但し,軸方向鉄筋および帯鉄筋の段落しは行われていない.

3. 数値解析モデル

本解析では2次元非線形有限要素解析コード WCOMD を 使用した. 図-1には解析モデル(要素分割図)を示して いる. 有限要素は8節点アイソパラメトリック平面応力要 素を用い,要素寸法は50 cm×50 cmを標準とした. フーチ ングには弾性要素を適用したが,壁とフーチングの境界面 には RC ジョイント要素を定義して軸方向鉄筋の抜け出し や界面におけるずれ等を考慮した. また,載荷点近傍は局 所的な応力集中を防止するために仮想的に剛性を高くした 弾性要素を用いてモデル化を行った.載荷荷重は橋脚天端 の全節点に対して水平方向に強制変位を与える静的一方向 載荷とし,0.1 mm 刻みの増分解析を行った. なお,図中の ハッチングされた要素は上部工死荷重反力を載荷するため



のダミー要素であり,所定の死荷重反力 4,500 kN が導入さ れるように当該要素の単位体積重量を調整している.なお, 境界条件はフーチング下端の節点の全自由度を拘束した.

4. 材料構成則の概要

本解析では,壁部をコンクリートの構成則と鉄筋の構成 則を重ね合わせた RC 要素を用いてモデル化を行った.

図-2にはコンクリート要素に用いた材料構成則を示し ている. ひび割れ発生前のコンクリートには弾塑性破壊モ デルを適用し、ひび割れは主引張ひずみが限界引張ひずみ に達した時点で発生するものとした.一方,ひび割れ発生 後のコンクリートにはテンションスティフニング効果やひ び割れ面におけるせん断伝達モデル、ひび割れ直交方向に おいて圧縮剛性が低下する現象を考慮した.また、コンク リート中の鉄筋に対しては、平均降伏強度が鉄筋単体の降 伏強度よりも低下する現象が考慮されている。なお、壁部 においては、コンクリートと鉄筋の付着作用によってひび 割れの分散が期待できる領域(RC ゾーン)とひび割れが局 所化する領域(無筋ゾーン)を区分して表現するために、 RC 要素と無筋コンクリート要素を壁厚方向にオーバーラッ プさせている. ここで, RC 要素における付着パラメータ C はいずれもC = 0.4 と仮定した. 表 -1 には本解析で用いた コンクリートおよび鉄筋の力学的特性値を示している.

キーワード :鉄筋コンクリート壁式橋脚,非線形有限要素解析, せん断耐力

連絡先:〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号,株式会社ドーコン【構造部】, TEL:011-801-1540



図-2 コンクリートの材料構成則

5. 解析結果および考察

図-3には載荷点位置における水平荷重-水平変位関係 を示している. なお, 図中には道路橋示方書各編に準拠し て算定した設計せん断耐力値も併せて示している.図より、 解析ではせん断ひび割れの発生が確認された 11,000 kN まで はほぼ線形的に荷重が増加したが、その後、荷重が若干低 下するが再び増加する挙動を示し、引張側軸方向鉄筋の降 伏を伴いながら最大水平荷重 16,700 kN に達した. なお,計 算は圧縮側基部の要素のせん断ひずみが破壊基準に達した ため,終了した.一方,道路橋示方書の耐震設計編および 下部構造編で算出される設計せん断耐力値は P_{sl} = 2,762 kN, P_{s2} = 8,604 kN であり、いずれも解析で得られた最大荷重の 50 % 程度以下の値となった. これより, a/d の小さい部材 においては、現行の設計耐力算定式では過度に安全側の評 価となる可能性があることが明らかとなった. 図-4には 最大荷重時におけるひび割れ分布, 主応力分布, 鉄筋の降 伏状況を示している.ひび割れ分布に着目すると,引張縁 の曲げひび割れを伴いながら、圧縮縁の壁基部に向かって 斜め45度方向にひび割れが進展している状況が確認できる. 主応力分布に着目すると、引張側載荷点から圧縮側壁基部 に向かう明瞭な圧縮ストラット(図中、青色の領域)が出 現しており、トラス的な耐荷機構の形成が確認できる.鉄 筋の降伏状況に着目すると、引張側の軸方向鉄筋が比較的 広範囲で降伏状態に達しているが、圧縮ストラット領域内 の帯鉄筋も降伏状態に至っていることが確認できる.

6. 結 論

本検討で得られた知見を要約すると、以下の通りである. 1) a/d の小さい壁式橋脚の橋軸直角方向のせん断耐力は、

- 道路橋示方書式で算定した設計せん断耐力よりも数倍大 きく,現行の設計耐力算定式では過度に安全側の評価と なる可能性があることが明らかとなった.
- 2) 壁部材は斜めひび割れ発生後もコンクリートが圧縮力に 抵抗して、トラス的な耐荷機構が形成される.
- 3) ad の小さい壁部材のせん断耐力を実態に近い形で評価 するためには、非線形有限要素解析の実施が有効である.

表-1 コンクリートおよび鉄筋の力学的特性値

材料	圧縮強度	引張強度	降伏強度	弹性係数
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(GPa)
コンクリート	21.0	1.75	—	20.5
鉄筋	_	_	345.0	200.0
18000				









(b) 主応力分布

