

上面引張側フーチングの地震時挙動に関する解析的研究

九州工業大学大学院 学生会員 藤林健二 九州工業大学 正会員 幸左賢二
 九州工業大学大学院 学生会員 安藤高士 阪神高速道路公団 正会員 足立幸郎

1. はじめに

杭基礎フーチングは、地震時に橋脚に生じる慣性力の作用により、下面引張側と上面引張側が発生する。このうち上面引張側では、柱および杭からの引張力の作用に対して設計することになるが、そのような引張荷重状態を想定した载荷実験が行われた事例はほとんどなく、その耐荷力機構は明らかになっていない。そこで、フーチングの地震時挙動再現実験を対象として2次元弾塑性FEM解析を行い、上面引張側での破壊メカニズムの検討を行った。

2. 解析手法

試験体は阪神大震災によりCランクの損傷が生じた橋梁を1/3スケールでモデル化し、橋脚・杭・フーチングを一体とした構造である。図-1に試験体構造図を示す。解析手法としては2次元弾塑性FEM解析を用いた。载荷条件としては柱柱上端に上部工死荷重を载荷した状態で柱上部に変位増分による単調水平载荷を与え、境界条件は杭下端を完全固定とした。降伏基準は、コンクリート圧縮側ではDrucker-Pragerの降伏基準を用い、引張側では最大主応力基準を用いた。コンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮上昇域では圧縮強度までを2次放物線としその後は応力を減少させ、引張域では最大引張応力まで直線的に応力が増加するとしその後は破壊エネルギーを考慮した1/4モデルを用いた。

3. 解析結果および考察

3.1 実験での損傷状況および水平荷重-変位関係比較

図-2に水平荷重作用位置における荷重-変位関係を示す。実験ではフーチング上面鉄筋が降伏に至ると2y程度変位した後に荷重の低下現象が見られた。また、最大荷重時においてフーチング側面に上面から下面に達する斜め方向のひび割れが発生し、荷重低下現象が生じたと考えられる。解析結果においても、フーチング上面鉄筋が降伏に至り水平変位の増加が見られた。実験で見られた荷重低下現象は再現できていないが、実験結果との比較から最大荷重付近までの挙動は評価できると考えられた。

3.2 上面引張側フーチングのせん断挙動の検討

図-3に実験最大荷重時における引張側フーチングでの最大主ひずみ分布コンター図を示す。解析においても、図に丸で囲むせん断スパンにあたる位置で曲げひび割れ損傷とは異なると思われる斜め方向の最大主ひずみが生じていることが分かる。この最大主ひずみはほぼ45度方向に発生していたため実験で見られたせん断損傷

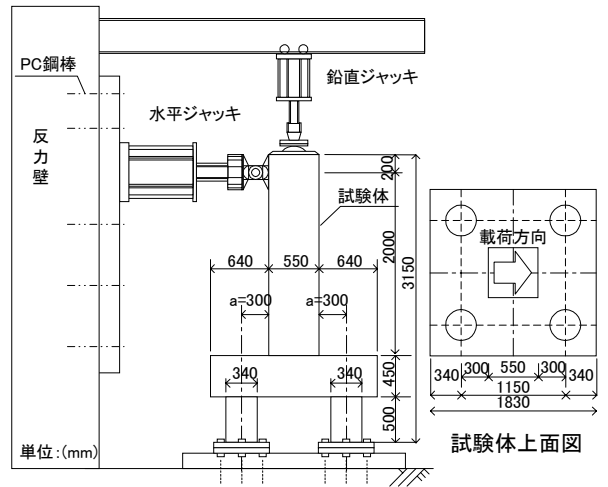


図-1 実験試験体構造図

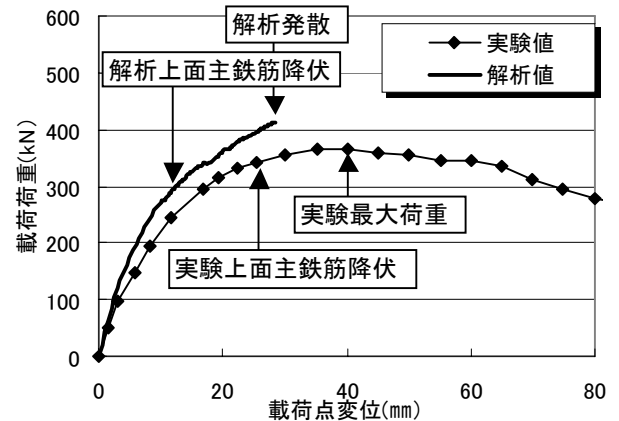


図-2 実験および解析の水平载荷位置荷重-変位関係

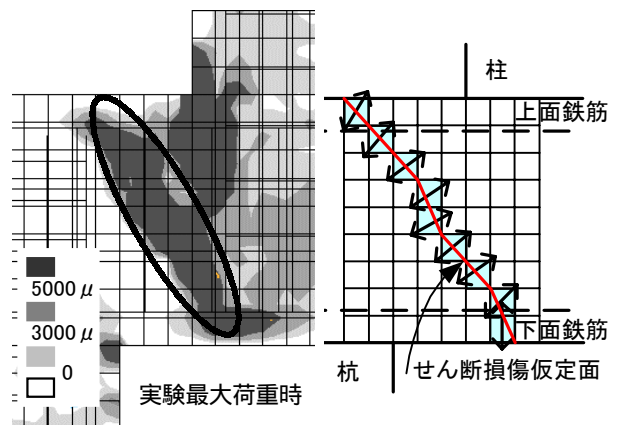


図-3 引張側フーチング最大主ひずみ分布

キーワード フーチング, せん断損傷, FEM解析, 損傷メカニズム

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 建設社会工学棟3F Tel/Fax 093-884-3123

に類似する損傷であると考えられた．そこで，最大主ひずみに対して垂直な方向のせん断損傷断面を仮定することとした．

フーチングのせん断損傷に支配的な力としては，作用慣性力による水平方向のせん断力と，柱および杭の引抜き作用による鉛直方向のせん断力が考えられる．そこで，図-4に示す水平力照査断面における水平方向の力の釣合いを考えることとした．図-5に杭頭作用水平力および作用水平力負担状況を示す．杭頭作用水平力に対する抵抗力はコンクリート負担力と鉄筋負担力の和であると考えられるが，この合力（図の水平合力）は杭頭作用水平力と釣合っていることが分かる．このことから，上面引張側フーチング断面には作用慣性力による曲げモーメントと同時に水平方向の引張軸力が作用していると考えられる．

次に鉛直方向のせん断力に対する検討を行った．図-4にせん断損傷仮定断面における力の釣合いを示す．

杭頭作用鉛直力はせん断損傷仮定断面に作用する力の鉛直方向成分 V_{cy} と釣合いの関係にあると考えられる．図-6に杭頭作用鉛直力およびせん断損傷面での鉛直方向断面力と載荷点変位との関係を示す．杭頭作用鉛直力と断面力の鉛直方向成分および水平方向成分が釣合い状態になっていることが分かる．しかし，フーチング上面主鉄筋が降伏に至った後に，負担鉛直せん断力の低下が生じ最大主ひずみの急増がみられたことからせん断損傷が発生し始めたと考えられる．また，この段階から上面および下面主鉄筋には水平方向の引張力が作用し，水平方向断面力と鉄筋負担力の合力が杭頭作用せん断力とほぼ釣合っていることが分かる．

図-7に上面引張側フーチング損傷の模式図を示す．せん断損傷は上面主鉄筋降伏後，鉛直せん断力および水平方向引張力により生じると考えられる．フーチング上面主鉄筋が降伏に至ると，それまで鉄筋で受け持っていた水平方向引張力がコンクリートに作用し，せん断損傷仮定面における各コンクリート要素に引張応力が作用すると考えられる．そのため，最大主応力はせん断応力と水平方向の引張応力の作用により引張強度に達し，急激な斜めひび割れ損傷が生じると考えられる．また，せん断損傷が生じて上・下面鉄筋にある程度の抵抗力を期待できると考えられる．そのため，実験において上面引張側フーチングのせん断損傷による急激な荷重低下は見られなかったと考えられる．

4．結論

- (1) フーチングのせん断損傷は鉛直せん断力および水平方向引張力により，上面鉄筋降伏後に生じると考えられる．
- (2) 上面引張側のせん断損傷は，通常のせん断損傷とは異なり主鉄筋が抵抗力を発揮するためなだらかな荷重低下減少が生じると考えられる．

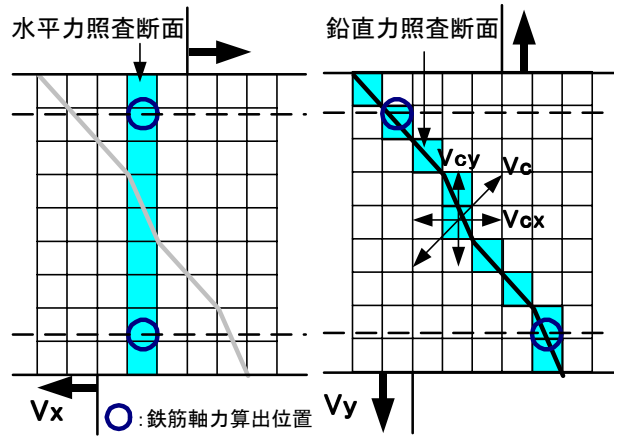


図-4 水平力および鉛直力照査断面

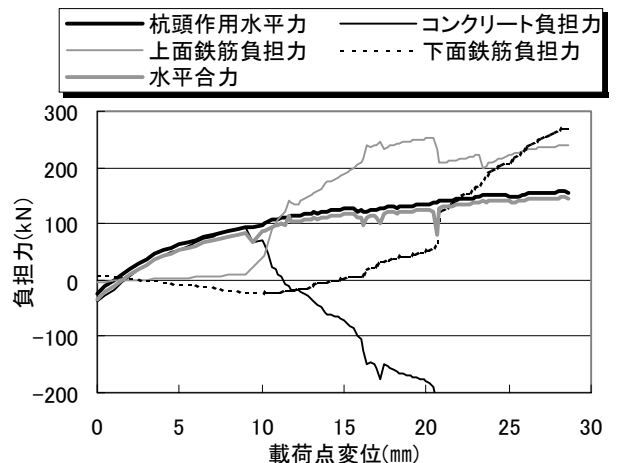


図-5 杭頭作用水平力および作用水平力負担状況

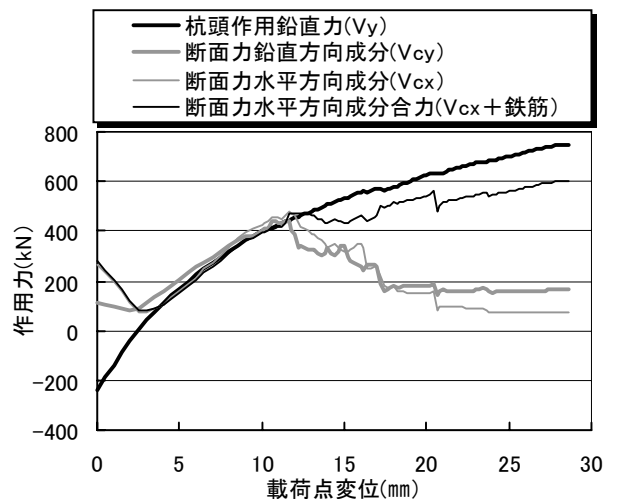


図-6 杭頭作用鉛直力およびせん断損傷面での断面力と載荷点変位の関係

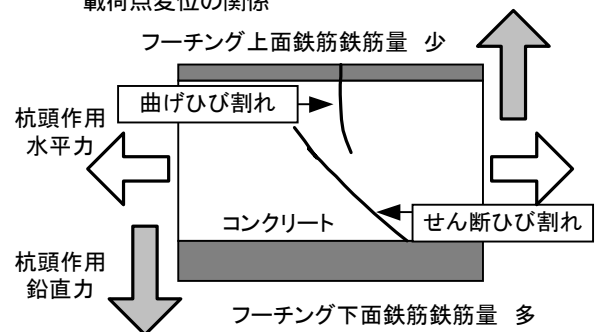


図-7 フーチングのせん断作用力の模式化