## フーチングの地震時終局挙動に関する研究

九州工業大学	学生員	安藤高士	九州工業大学	正会員	幸左賢二
阪神高速道路公団	正会員	藤井康男	新構造技術(株	)正会員	水田和之

## 1.はじめに

これまで,地震によるフーチングの被害例は少なく損傷状況も軽微で あったが,その形状が複雑なことから,破壊メカニズムや終局挙動につ いては明確にされていない.そのため,現行道路橋示方書ではフーチン グを梁部材と見なして設計しているが,設計水平震度の増加とともに, 部材や鉄筋量の大幅な増加が報告されており,フーチングの厚さやスラ ブ構造の効果を考慮した合理的な設計手法の確立が望まれる.そこで本 研究では,地震時のフーチング終局挙動実験を解析的に検討し,破壊メ カニズム・終局挙動を評価した.

2.解析モデル

解析モデルとした実験試験体を図 - 1 に示す.試験体はせん断スパン 比 a/d=0.75 で 橋脚の天端に上部工死荷重に相当する鉛直荷重 (48.4tf)を載荷した後,柱天端から 200mm の位置に単調増加 の水平載荷を行っている.

解析手法には FEM による静的弾塑性解析を用いた.また,本 解析は2次元モデルを用い,コンクリートには平面応力要素, 鉄筋には埋め込み鉄筋要素を用いている.解析で用いたコンク リートおよび鉄筋の物性値を表-1に示す.コンクリートの応 力-ひずみモデルは圧縮域ではバイリニアモデルを用い,また 引張域では引張強度以降の強度低下を考慮した岡村・前川モデ ルを用いている.鉄筋については,部材によって材料は異なる が,引張試験の結果に大差が見られなかったので全て同一の材 料定数を用いた.また,鉄筋の応力-ひずみモデルでは,降伏 ひずみの 8.5 倍の降伏棚領域を設け,その後はひずみ硬化を考 慮したモデルを用いている.

## 3.解析結果および考察

試験体の変位や鉄筋のひずみについて実 験値と解析値を比較・検討した結果の一部 を以下に示す.また,ここでは引張ひずみ を正,圧縮ひずみを負で表している.

図 - 2 に各要因による水平変位と荷重の 関係を示した.実験,解析ともに同じよう な挙動が得られていることがわかる.また, 試験体降伏荷重以降はフーチングの変形に よる変位が大きくなる傾向が得られた.

キーワード:フーチング・破壊メカニズム・接合部・数値解析 連絡先:九州工業大学 〒804-8551 北九州市戸畑区仙水町 1-1



表 - 1コンクリート・鉄筋の材料特性

$\sim$	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
柱部	28.028	2.107	1.35 × 10 <sup>4</sup>	0.2
フーチング・杭部	25.284	1.637	$1.24 \times 10^{4}$	0.2
/	弾性係数	降伏点強度	降伏ひずみ	引張強度
/	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	( µ)	$(N/mm^2)$
鉄筋	$2.0 \times 10^{5}$	345	1640	490



図 - 2 各要因による水平変位と荷重の関係



093-884-3123 FAX093-884-3123

図 - 3にフーチングの鉛直変形と荷重の関係を,図 - 4に解析におけ る最大荷重時の変形図を示す.フーチング中央部は荷重の進行に伴い載 荷方向に傾くとともに浮き上がることがわかる.フーチング中央部の変 位はフーチング上面鉄筋降伏以降急激に増加し,また,フーチング端部 は両端とも鉛直下向きに変位していることから,フーチングは凸型に変 形すると考えられる.

図 - 5 に柱軸鉄筋(引張側)のひずみ分布を示す.分布状況は同じ傾向 を示している.

図 - 6にフーチング上面鉄筋のひずみ分布を示している.全体的に解 析の方がひずみは大きいが,荷重の増加に伴い載荷側の柱外縁 部に大きなひずみを生じる点や分布状況は一致し,フーチング 上面のひずみは載荷側の広い範囲に広がっている.また,実験・ 解析ともに,フーチング下面鉄筋よりも先に上面鉄筋が降伏ひ ずみに達した.

図 - 7 に実験でのフーチング上面の損傷状況を,図 - 8 に解 析における最大荷重時のコンクリート最大主ひずみ分布を示し た.実験では,支配的なひび割れはフーチング上面載荷側に生 じ,最終的には載荷側にコーン状の引き抜き破壊を起こしてい

る.これに対し,解析においても載荷側のフー チング上面に大きな引張ひずみが広く分布して いることから,柱・フーチング接合部の載荷側 近傍から損傷が生じると考えられる.これらの ことから,フーチング上面の損傷が破壊に対し て影響が大きいと考えられる.また,このとき の載荷側柱前面断面における水平方向ひずみ分 布を図-9に示す.深さ方向3/4までが三角形 分布の引張状態となっている.

図 - 10にフーチングの鉄筋量を変えた解析結果を示す.鉄筋 量を増加させることにより耐力の増加が得られた.また,ある程 度鉄筋量を増加させると効果は小さくなる傾向が見られた.

4.結論

2次元 FEM 解析によりフーチングの挙動が評価できることがわ かった.フーチングの破壊形態は,道示で想定している曲げやせ ん断破壊ではなく,柱・フーチング接合部における挙動が支配的 であり,損傷はフーチング上面に生じると考えられる.破壊面を 柱前面としたとき,その断面の応力分布は簡易的には上側3/4が 引張応力負担部となる分布で表され,このことから,フーチング 上面を破壊基準とした評価が必要であると考えられる.また,フ ーチングの鉄筋量を増加することは,フーチング上面接合部の損 傷に対して有効であると考えられる.

(参考文献) 森田修二ら: 杭を有するフーチングの終局挙動に関する解析的検討, 土木学会第54回年次学術講演会,第部門, p544~545



10 20

30 40 50 60 70

載荷点変位(mm)

図 - 10フーチング鉄筋量の解析結果

80