

III-B4 壁式橋脚杭基礎の終局安全性に関する考察

鉄道総合技術研究所	正会員	小阪 拓哉
中央復建コンサルタンツ	正会員	沢野 嘉延
鉄道総合技術研究所	正会員	奥村 文直
同 上	正会員	棚村 史郎
同 上	正会員	西村 昭彦

1. はじめに

鉄道構造物基礎への限界状態設計法の導入に伴い、杭基礎においても、大変位領域における基礎の変形性能や終局耐力を定量的に評価する必要がある。また、構造物全体の安全性を把握する際、上部構造物と基礎構造物の耐力および変形性能と、その関係を把握することは、耐震設計を行う上で重要である。本論文では、壁式橋脚形式の場所打ちコンクリート杭基礎において、地盤の非線形性を考慮した2次元骨組解析を行うことにより、上部構造物と基礎構造物の降伏震度の関係を把握し、合理的な設計に対する考察を行った。

2. 構造および土質条件

解析に用いた実杭基礎モデルは、図-1に示す壁式橋脚で、場所打ちコンクリート杭基礎（ $\phi = 1.0\text{m}$ 、 $L = 14.0\text{m}$ ）である。地盤条件は、表-1に示すように上層部は $N = 15$ の砂質土層、下層部および杭先端は $N = 30$ の砂質土層である。

3. 解析方法および解析条件

解析方法は、杭体は線形、地盤は非線形性を考慮した2次元骨組解析（線路方向・線路直角方向）を行った。地盤の非線形性については、 $P \sim \delta$ 関係をバイリニアモデルで設定し、地盤の抵抗力の上限値は、基礎標準¹⁾に示す有効抵抗土圧力や最大周面支持力または基準先端支持力とした。また、地盤バネ値は、地震時バネとした。

4. 解析結果

(1) 基礎構造物の降伏震度の算定

図-2、3にフーチング中心における荷重～変位曲線を示す。水平震度 K_h を徐々に上げていくと、線路方向では $K_h = 0.44$ 、線路直角方向では $K_h = 0.52$ にて、押込み杭の鉛直方向地盤バネが完全降伏するため、荷重～変位曲線に明確な折れ点が生じた。この点の震度を基礎構造物の降伏震度 K_{fy} と定義する。

(2) 上部構造物の降伏震度の算定

橋脚躯体の耐力から定まる上部構造物の降伏震度 K_{sy} は、線路方向では $K_{sy} = 0.33$ 、線路直角方向では $K_{sy} = 0.72$ である。

(3) 上部構造物と基礎構造物の降伏震度の比較

上部構造物の降伏震度 K_{sy} と基礎構造物の降伏震度 K_{fy} を比較すると、線路方向では、基礎構造物の降伏

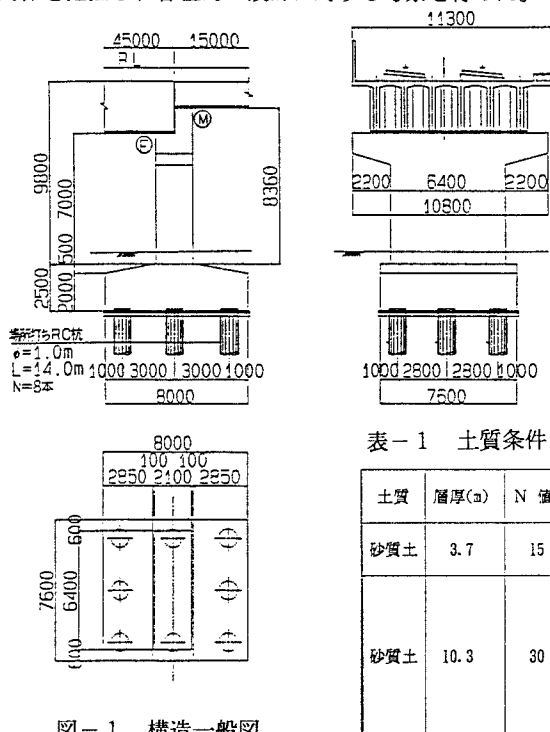


図-1 構造一般図

表-1 土質条件

土質	層厚(m)	N 値
砂質土	3.7	15
砂質土	10.3	30

震度が、線路直角方向では、上部構造物の降伏震度が大きい。一般に、壁式橋脚の場合は、本例のように、線路直角方向は断面剛性が高く、橋脚躯体の降伏震度も大きくなるため、基礎構造物の降伏震度を上回る場合が多い。

5. 考 察

今回の解析では、杭基礎の変形性能は、荷重～変位曲線で評価でき、水平変位に着目した荷重～変位曲線に明確な変曲点が現れ、この点を基礎構造物の降伏震度と定義した。

上部構造物の降伏震度と基礎構造物の降伏震度を比較すると、線路方向では、上部構造物が先に降伏し、線路直角方向では、基礎構造物（地盤抵抗）が先に降伏する。基礎を含めた構造物全体の安全性の照査においては、基礎構造物と上部構造物の耐力のバランスに対する配慮が重要である。本例の場合、線路方向は、橋脚躯体の変形性能を考慮した設計水平震度にて杭部材耐力の安全性を照査し、線路直角方向は、基礎の変形性能（基礎の塑性率）と杭部材の耐力の安全性を照査する必要がある。

また、線路方向について、杭径を 1.2m とし解析すると、図-4 に示すように、基礎構造物の降伏震度は $K_{fy}=0.60$ となった。このことから、線路直角方向の基礎構造物の降伏震度を上部構造物の降伏震度より大きくするためには、杭径を 1.3m 以上とすることが必要であると推定される。これは、不経済な設計となるため、むしろ基礎構造物の降伏震度を用いて、構造物全体の安全性を論ずる方が合理的と考えられる。

6. おわりに

上部構造物と基礎構造物の降伏震度の関係を把握し、合理的な設計に対する考察を行った。耐震設計において、杭基礎は、弾性体基礎であるため、大規模な地震外力に対して、基礎の変形性能に過度に期待すると、杭部材の安全性が損なわれる可能性がある。したがって、今後は部材の安全性も含めて、構造物全体の耐震安全性を検討していく予定である。

なお、本報告は、基礎・抗土圧構造物設計標準に関する委員会杭基礎ワーキンググループでの活動を基に作成したことを付記する。

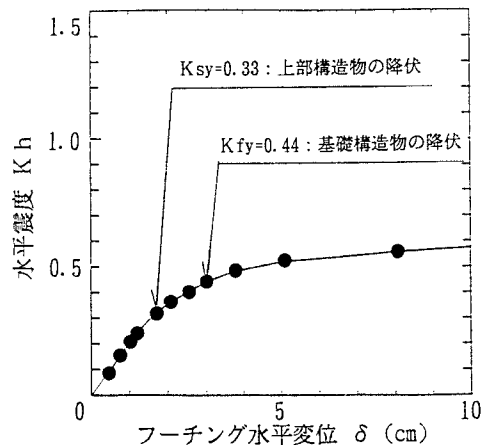


図-2 震度～変位曲線（線路方向）

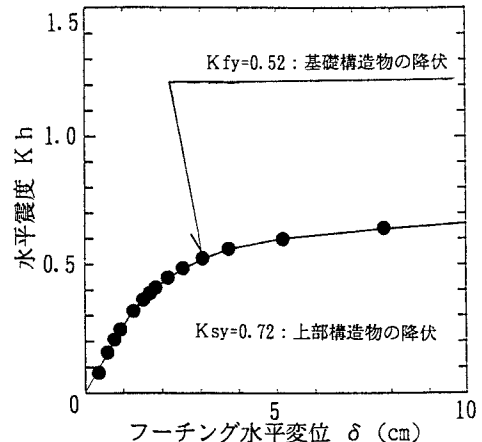


図-3 震度～変位曲線（線路直角方向）

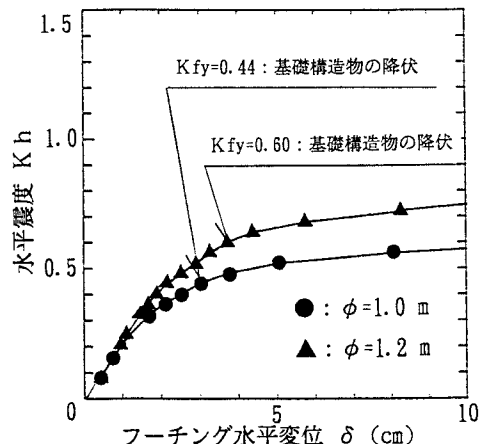


図-4 震度～変位曲線（線路方向）