

Ⅲ-A403

地盤抵抗のばらつきが杭基礎に与える影響の解析的検討

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 高瀬直輝 池亀真樹
同 上 正会員 棚村史郎 西村昭彦

1. はじめに

従来の鉄道構造物の耐震設計では杭基礎と上部構造物を別々にモデル化して検討を行い、杭基礎の検討で用いる地盤抵抗は、ばらつきを考慮して低めに評価していた。しかし、新しい「鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）」（以下、耐震標準）では、杭基礎と上部構造物を一体としてモデル化し耐震性能の照査を行うことが基本となる。そのため、地盤抵抗を低めに評価することは杭基礎にとっては安全側となるが、上部構造物の応答値を過小に評価することとなり、構造物全体系としては危険側となる可能性がある。そこで、新しい耐震標準では、地盤抵抗のばらつきを α_r （以下、応答値算定係数）という係数により考慮し、構造物全体系の安全性を確保することとしている。

本報告は、応答値算定係数 α_r を考慮して試算を行い、地盤抵抗のばらつきが杭基礎に与える影響について検討を行った内容をまとめたものである。

2. 地盤抵抗のばらつき考慮方法

新しい耐震標準による杭基礎の地盤抵抗は、図1に示すように弾塑性体（バイリニア型）と仮定してモデル化する。応答値算定係数 α_r は、一般に $\alpha_r=1.0$ と $\alpha_r=2.0$ の2ケースを考えることとし、図1に示すように地盤抵抗の上限値に考慮する。したがって、 $\alpha_r=1.0$ の場合は地盤抵抗の算定式から得られた値をそのまま用い、 $\alpha_r=2.0$ の場合は算定式で得られた値の上限値を2倍して用いることとなる。

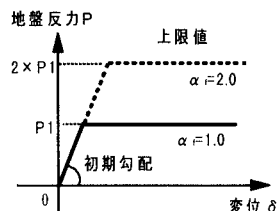


図1 地盤抵抗のモデル化の例

3. 杭基礎に与える影響

(1) 検討条件

検討対象構造物は図2に示す一般的な構造形式の壁式橋脚とし、橋軸直角方向について検討を行うこととした。検討は静的非線形解析により行うこととし、図3に地盤条件、図4に静的非線形解析での構造解析モデルを示す。地盤抵抗は図1に示すような弾塑性体としてモデル化し、群杭の影響を考慮している。構造部材のモデル化の例を図5に示すが、杭部材、橋脚く体とも非線形性を考慮している。杭部材は曲げモーメント M ～曲率 ϕ との関係で、橋脚く体は曲げモーメント M ～回転角 θ との関係を用いてモデル化している。また、杭部材、橋脚く体の非線形性は軸力変動の影響を考慮して設定している。

構造物の降伏点は、橋脚く体は部材が最初に降伏したときとし、杭基礎の場合は表1に示すいずれかの状態に最初に達するときとしている。

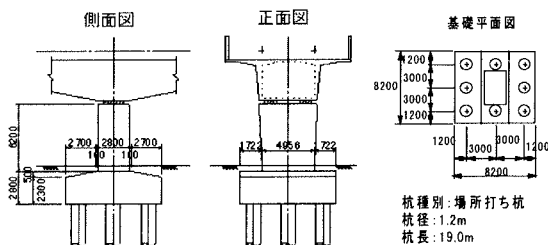


図2 検討対象構造物

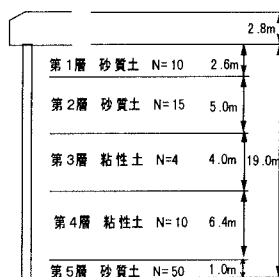


図3 地盤条件

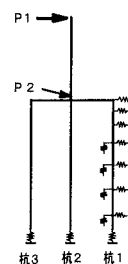


図4 構造解析モデル

キーワード：杭基礎、耐震設計、地盤抵抗、ばらつき
連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL (042) 573-7262 FAX (042) 573-7248

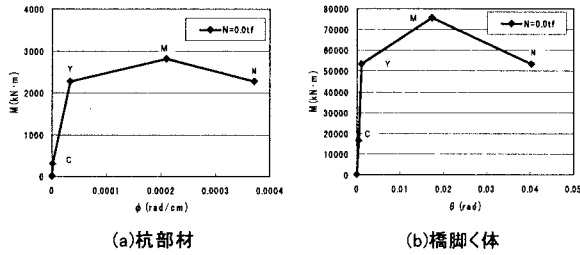


図5 構造部材のモデル化の例

(2) 解析結果

$\alpha_f=1.0$ での構造物全体系（橋脚天端位置）での荷重と変位の関係を図6に、 $\alpha_f=2.0$ での関係を図7に示す。 $\alpha_f=1.0$ の場合、降伏点は杭基礎の押込側地盤が降伏したときであり、降伏震度は $K_{hy}=0.45$ 、降伏変位は $\delta_y=11.4\text{cm}$ となる。構造物は杭基礎の地盤や部材が塑性化することで変形が進み、橋脚く体も降伏はするが最大耐力には達していない結果となった。一方、 $\alpha_f=2.0$ とした場合、降伏点は橋脚く体が降伏したときとなり、降伏震度は $K_{hy}=0.50$ 、降伏変位は $\delta_y=9.6\text{cm}$ となる。構造物は橋脚く体の塑性化により変形が進み、杭基礎は震度 $K_h=0.63$ で引抜側の杭（杭3）が降伏するが、杭基礎全体としてはほとんど塑性化していない。

また、杭基礎中心位置での荷重と変位の関係を図8に示すが、杭基礎の降伏点は $\alpha_f=1.0$ と $\alpha_f=2.0$ で降伏点となる要因が異なり、 $\alpha_f=1.0$ では押込側地盤が降伏したときで、 $\alpha_f=2.0$ では杭部材が降伏したときとなる。表2に杭基礎の降伏震度、降伏変位の値を示すが、 $\alpha_f=2.0$ での降伏震度は $\alpha_f=1.0$ の1.4倍程度、降伏変位は1.1倍程度となる。

以上より、 $\alpha_f=1.0$ と $\alpha_f=2.0$ とでは構造物の損傷過程が異なり、ばらつきを考慮して地盤抵抗を低めに評価した場合（ $\alpha_f=1.0$ ）は杭基礎が厳しくなり、高く評価した場合（ $\alpha_f=2.0$ ）では上部構造物が厳しくなる傾向となることがわかる。

表2 杭基礎の降伏点の変化

α_f	降伏震度	降伏変位	要因
1.0	0.45	5.5cm	地盤
2.0	0.63	6.1cm	杭部材

注/降伏変位は基礎中心位置での値

4. おわりに

地盤抵抗のばらつきが杭基礎に与える影響について、応答値算定係数 α_f を考慮した解析的検討を行い、一般的な構造条件での傾向を把握した。今後は、今回と条件が異なる構造物についても同様な検討を行い、地盤抵抗のばらつきの影響の把握を進めていきたいと考えている。

表1 杭基礎の降伏点

押込側地盤	最外縁の杭頭反力が設計鉛直支持力の上限値に達するとき
引抜側地盤	全本数の半数の杭頭反力が設計引抜き抵抗力の上限値に達するとき
杭部材	全本数の半数の杭が降伏耐力に達するとき

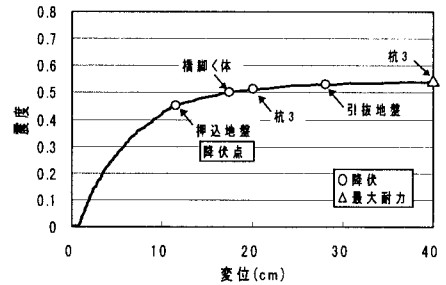
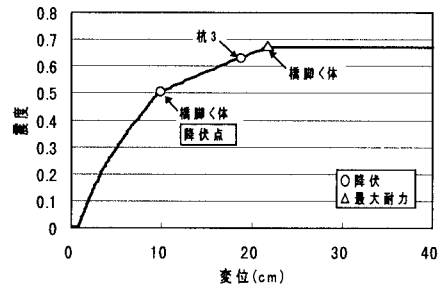
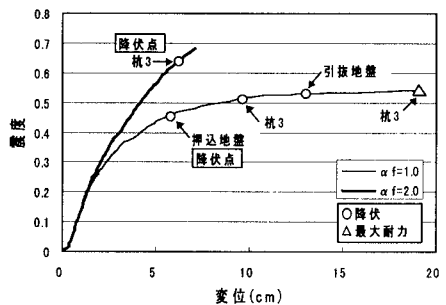

図6 荷重変位曲線(構造物全体系, $\alpha_f=1.0$)

図7 荷重変位曲線(構造物全体系, $\alpha_f=2.0$)


図8 荷重変位曲線(基礎中心位置)