

杭内歪の変形挙動に基づく鋼管杭の設計照査

西日本高速道路エンジニアリング四国
西日本高速道路四国支社
エイト日本技術開発

正会員 ○内田 純二
正会員 福原 力
非会員 五百木 耕二

1. はじめに

高速道路における地すべり抑止杭の設計は、昭和 58 年の設計要領において制定され、平成 10 年の改定でほぼ現在の設計法¹⁾となっている。したがって、供用路線には現行基準と異なる設計がなされている箇所もある。また、現行基準で設計されていても、設計の想定と異なる挙動を示し、十分に機能しないこともある。

本件は、昭和 50 年代にトンネル掘削の影響による地すべり対策として施工された鋼管杭(FC 杭)について、建設当時の鋼管杭内に設置観測されたひずみゲージ(杭内歪)の変形挙動から、現在の設計方法に基づき、鋼管杭(FC 杭)の耐力照査した事例を紹介する。

2. 昭和 50 年代に建設した鋼管杭の設計および施工

当該地区の鋼管杭は、図-1 に示すとおりフレキシブル鉄筋コンクリート杭(FC 杭 $\phi 508.0 \times 12.7 \sim \phi 406.4 \times 12.7$)で鋼管内にフレキシブル鉄筋を配置しコンクリートを充填した構造が採用された。鋼管杭の設計は、すべり安定を確保する設計抑止力を $Pr=3230\text{kN/m}$ とし、この外力を図-2 に示すとおり三角形分布で杭に作用させ、杭前面に移動層 $kh1=10,000\text{kN/m}^3$ (N 値=12 程度)、不動層 $kh2=300,000\text{kN/m}^3$ (N 値=50 以上)の地盤バネを設定し、弾性支承上の梁としてフレーム計算で最大曲げモーメントを算出している。この鋼管杭の許容曲げモーメントを実験等から求め、最大曲げモーメントを除して杭間隔 2m を決定している。当時の地すべり抑止杭計算はせん断杭による方法を用いることが一般的で、現在のような「くさび杭」や「抑え杭」としての計算手法は確立しておらず、このため曲げモーメントによる設計が可能な弾性支承の梁によって進められた。

杭内歪計測結果(青線)によると地すべり変位に伴う曲げモーメントは図-3 に示すとおり 985kNm に達し、杭頭変位は近傍の地表面変位量から 65mm と推定された。なお、この地すべり変位はトンネル施工によるゆるみの影響と考えられ、施工後の有意な変位は確認されていない。

3. 現行設計法における抑止杭機能の評価

現行設計法¹⁾では、有効抵抗力と設計抑止力の関係から、く

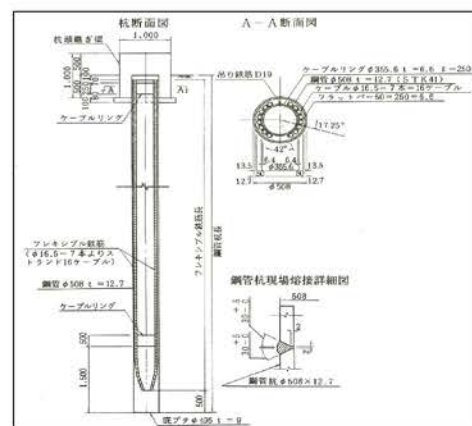


図-1 鋼管杭(フレキシブル鉄筋コンクリート杭)

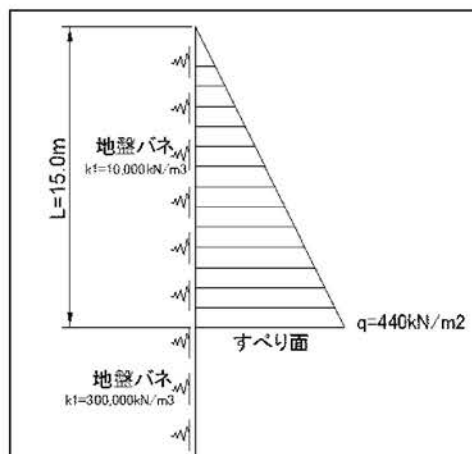


図-2 弾性支承上の梁(構造系)

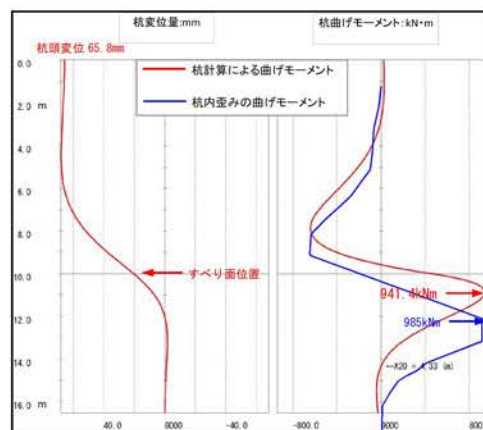


図-3 鋼管杭の杭内歪と計算値の曲げモーメント

キーワード 鋼管杭 地すべり対策工 抑止工

連絡先 〒 771-1151 徳島県徳島市応神町古川宮ノ前 39-1 Tel 088-641-4441 Fax 088-641-4443

さび杭と抑え杭を使い分けているが、図-4 に示すとおり当該箇所すべり断面における設計抑止力を $Pr=3230\text{kN/m}$ と有効抵抗力が交差しないため、地すべりの全区間が「抑え杭」の領域となる。

しかし、図-5 に示す建設中に計測した杭内歪計測結果を反映した曲げモーメントはすべり面を挟みその上下で+-の極大値が分かれて、図-6 に示すとおり鋼管杭の歪みがすべり面の上下で「引張」と「圧縮」に反転していると判断できる。このことから鋼管杭の挙動は、「くさび杭」の変形を示していると言える。そこで、くさび杭の設計法により照査を行った。

4. くさび杭による設計照査

移動層および不動層の地盤バネ $kh1$ および $kh2$ は当初建設時の値をそのまま固定し、地すべり力を任意に設定し「くさび杭」の繰り返し計算を行った。その結果、地すべり力を 650kN/m と設定した場合、図-3 に示すとおり、計算による曲げモーメント 941.4kN/m (赤線) となり、現状杭内曲げモーメント及び杭頭変位量に最も適合することが判明した。したがって、建設時にトンネル掘削の影響で地すべりが不安定化したものの、抑止杭の抑止力 650kN/m で地すべりが停止していたと考えられる。この 650kN/m の抑止力は、当初の計画安全率 $F_{sp}=1.10$ に対して想定した設計抑止 $Pr=3230\text{kN/m}$ に対し約 2 割である。また、杭の許容曲げモーメントから計算すると、杭の抑止力は約 750kN/m の余裕があり、建設時の 650kN/m が作用した状態を安全率 1.00 とすると、現状安全率約 1.03 となる。しかし、トンネル掘削によるゆるみは時間とともに回復すると考えられ、現状はより安定な状態になっていると考えられる。なお現在の現地状況は、写真-1 に示すとおり鋼管杭を連結した頭部連結コンクリートにクラック等の変状もなく健全で安定を保っている。

5. おわりに

昭和 50 年代に施工された抑止鋼管杭について建設時の杭内歪の計測データを基に、くさび杭の設計方法が妥当であることを確認し、現在の地すべりの安定性を照査・検討した。このような手法は現在の地すべり抑止杭の設計施工にも共通すると考えられる。

設計段階は、有効抵抗力からくさび杭や抑え杭等の適用を判断して設計を進める。しかし、地すべり土塊の移動に伴う鋼管杭の挙動は、必ずしも設計とは一致しないことが報告されている²⁾。よって、本事例のように鋼管杭にひずみゲージを配置して鋼管のひずみを計測するか、杭内に孔内傾斜計を配置して変位を計測するなどの挙動の計測を実施し、設計どおりに機能しているかどうかを確認し、実際の挙動に合わせた照査が重要と考えられる。

参考文献

- 1) 西日本高速道路株式会社 設計要領第一集 土工建設編(H28.8)
- 2) 斜面防災技術協会 地すべり鋼管杭設計要領(1990)

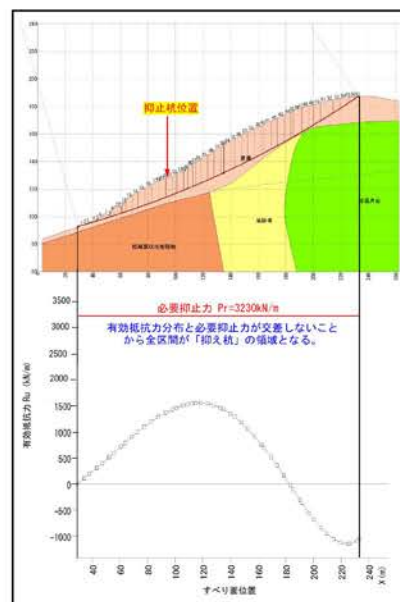


図-4 地すべりの有効抵抗力分布図

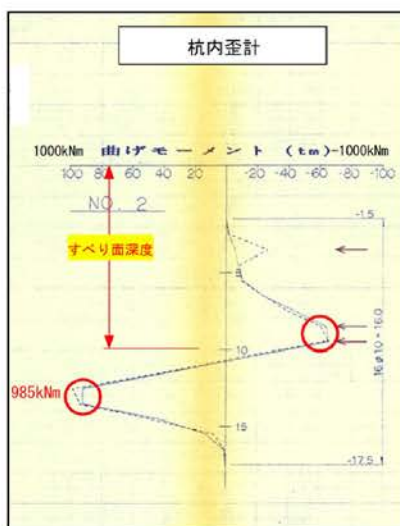


図-5 杭内歪計測を反映した鋼管杭の曲げモーメント図

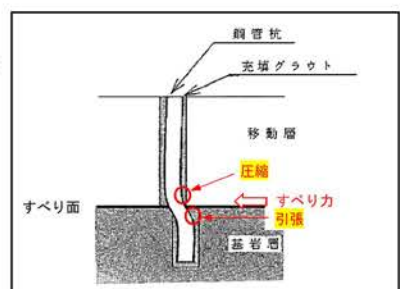


図-6 杭内歪計測を反映した鋼管杭の変形イメージ



写真-1 鋼管杭の頭部連結コンクリート