

## (論文内容の要旨)

本論文は、道路橋を対象にその安定照査法に関して、「要求性能」の照査に相応しい「評価指標」「照査基準」「検証方法」の工学的な意義や根拠について明らかにしたものであり、設計意図-I、IIに相応しい「評価指標」と「検証方法」に関して杭基礎の限界点の評価とモデル化を行うとともに、一定の信頼性を有する「照査基準」として部分係数の提案を行い、これら一連の研究を取りまとめたものである。論文は5章からなっている。

第1章は緒論であり、本論文の背景と目的を示している。

第2章では、橋梁の供用期間中に想定しうる最も不利な設計状況(常時・暴風時・レベル1地震時まで)を想定し、健全な部材から構成される基礎が安定していることを企図した場合に許容される杭基礎の挙動について、工学的に有為な限界点の定義を行うとともに、その限界点に着目した解析モデルについても再評価を行い、「評価指標」「検証方法」を提案している。得られた知見は以下のとおりである。

- (1)多数の載荷試験結果から、可逆的な挙動を保証できる弾性限界点として、残留変位が急増する限界点をもってあて、力学的に大きな変化をきたさないという工学的な意義を満たすことができることを確認した。
- (2)鉛直方向の最大強度点の設定に当たっては、杭工法ごとに荷重-変位特性を異にすることから、実務的な観点に立って鉛直変位量の制限を意図することも妥当であることを確認した。このため、鉛直方向の安定照査について、弾性限界点および最大強度点の2点に着目することを提案した。
- (3)弾性限界点に着目した解析モデルの設定については、現行方法より推定精度の改善を図るため一定の提案を行った。なお改善の余地は残されており、性能規定化のなお一層の発展により、合理化に向けた技術開発への誘導が可能であることを確認した。
- (4)弾性限界点および最大強度点に関するばらつきについて、多数の載荷試験結果から確認した。
- (5)杭工法によっては、基礎が一時的にせよ副次的な塑性化を経験した後には、可逆性を失う可能性のあることを確認した。特に、地盤改良体と杭体の複合体からなる鋼管ソイルセメント杭やプレボーリング杭などの複合杭については、杭体周辺のソイルセメント部の塑性化が杭の復元力特性に影響を及ぼす可能性があることを確認した。

第3章では、橋梁の供用期間中には想定しにくいが否定できない最大級の設計状況(レベル2地震時)を想定し、限定的な損傷のもと機能の回復が速やかに行いうることを企図した場合に許容される杭基礎の挙動について、工学的に有為な限界点の定義を行うとともに、どのような解析モデルで挙動を推定できるのか、どのような意図を持った基準値を設定できるのかについて定量的な検討を行い、

定義された限界点に着目した性能の「評価指標」「検証方法」を提案し、このレベルの照査として合理的な手法となることを確認している。得られた知見は以下のとおりである。

- (1)副次的な塑性化を許容された場合について、基礎の挙動のモデル化に関して載荷試験データの分析を通して検討を行い、水平方向の地盤反力特性についてバイリニアモデルで表現できることを提案した。その際に、砂質土・粘性土によってモデルおよび推定精度が異なることを確認した。
- (2)群杭効果に関する補正係数について、杭列および土質区分ごとに推定式を提案した。
- (3)レベル2地震時の杭基礎の設計において照査点となる杭基礎の降伏耐力のモデル誤差を評価した。
- (4)橋梁の供用期間中には想定しにくい否定できないレベルの設計状況(レベル2地震時)を想定し、限定的な損傷のもと機能の回復が速やかに行いうるために許容される杭基礎の挙動について、基礎の塑性率の制限の工学的意義を提案するとともに、レベル2地震時において許容され得る塑性率の制限値を提案した。

第4章では、地盤に起因する不確実性をどの段階でどのように取り扱うべきか、上部構造の部材設計との比較を行いながら、荷重抵抗係数設計法を前提とした特性値の設定方法、部分係数の書式を提案し、2章および3章で定義した道路橋基礎の安定照査上の限界点について、多数の載荷試験データをもとに確認されている推定精度をもとに、一定の信頼性を確保するための「照査基準」として部分係数値を提案した。得られた知見は下記のとおりである。

- (1)杭基礎の安定照査上の着目限界点に関する推定精度をもとに、現行基準における杭基礎と同等の信頼性を確保するための部分係数の設定法と部分係数値を提案した。
- (2)常時・暴風時およびレベル1地震時に対する鉛直抵抗に関しては、現行基準の信頼性を確認するとともに、さらに、弾性限界点および最大強度点に対する部分係数を提案した。
- (3)常時・暴風時およびレベル1地震時に対する水平抵抗に関しては、現行基準の信頼性を確認するとともに、鉛直抵抗に関する弾性限界点に対する照査と同等の信頼性を見込むことが可能であり、許容変位として、常時は杭径の2%、暴風時およびレベル1地震時は杭径の3.5%とすることを提案した。
- (4)レベル2地震時の杭基礎の設計において、現行基準の信頼性を確認するとともに、橋脚及び橋脚基礎耐力の信頼性に着目した部分係数の提案を行った。

第5章では、各章で得られた結論を総括している。

また、本論文において示した道路橋に固有の「要求性能」に照らし、設計思想の根本に係る部分について、今後の課題と考えられる事項を展望している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、道路橋を対象にその安定照査法に関して、「要求性能」の照査に相応しい「評価指標」「照査基準」「検証方法」の工学的な意義や根拠について明らかにしたものであり、「要求性能」を設計意図-I、IIに大別したうえで、それぞれの意図に相応しい「評価指標」と「検証方法」に関して杭基礎の限界点の評価とモデル化を行うとともに、多数の載荷試験データに基づき一定の信頼性を有する「照査基準」として部分係数の提案を行っている。主な成果は以下のとおりである。

1. 多数の載荷試験結果から、可逆的な挙動を保証できる弾性限界点として、残留変位が急増する限界点をもってあて、力学的に大きな変化をきたさないという工学的な意義を満たすことができることを確認した。弾性限界点に着目した解析モデルの設定については、現行方法より推定精度の改善を図るため一定の提案を行った。弾性限界点および最大強度点に関するばらつきについて、多数の載荷試験結果から確認した。
2. 副次的な塑性化を許容される場合の基礎挙動のモデル化に関して、水平方向の地盤反力特性についてバイリニアモデルで表現できることを提案した。また、群杭効果に関する補正係数について杭列および土質区分ごとに推定式を提案するとともに、レベル2地震時の杭基礎の設計において照査点となる杭基礎の降伏耐力のモデル誤差を評価した。さらに、限定的な損傷のもと機能の回復が速やかに行いうるために許容される杭基礎の挙動について、基礎の塑性率の制限の工学的意義を提案するとともに、レベル2地震時において許容され得る塑性率の制限値を提案した。
3. 杭基礎の安定照査上の着目限界点に関する推定精度をもとに、現行基準における杭基礎と同等の信頼性を確保するための部分係数の設定法と部分係数値を提案した。常時・暴風時およびレベル1地震時に対する鉛直抵抗に関しては、現行基準の信頼性を確認するとともに、さらに、弾性限界点および最大強度点に対する部分係数を提案した。常時・暴風時およびレベル1地震時に対する水平抵抗に関しては、現行基準の信頼性を確認するとともに、鉛直抵抗に関する弾性限界点に対する照査と同等の信頼性を見込むことが可能であり、許容変位として、常時は杭径の2%、暴風時およびレベル1地震時は杭径の3.5%とすることを提案した。

以上要するに、本論文は性能規定体系における道路橋基礎の安定照査法に関して、一貫した設計思想を追求したものであり、道路橋に固有の「要求性能」と基礎の挙動に見られる限界状態との関連性の構築を試みることにより、設計方法の根本的な考え方を創造した点に独創性がある。当然のことながら、他の基礎形式の安定照査法の構築においても、基本となる考え方として活用できるものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成21年2月23日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。