

地盤改良と橋梁基礎

四国建設コンサルタント 正会員 山口正人

1. はじめに

深層混合処理工法の主な目的は、軟弱地盤における強度または支持力の増加が上げられる。これらのことから、盛土や擁壁下面への適用が多くなり、橋梁基礎への実施例が施行実績に占める割合は僅かである。しかし、橋梁建設地点においても、軟弱地盤をはじめとして種々の地盤条件がみられ、経済的、合理的な設計を行うために地盤改良を行うことが望まれることもある。ここでは、橋梁基礎のうち杭基礎を対象として、地盤改良を適用した場合の問題点等について述べる。

2. 杭基礎への適用

橋梁における杭基礎への適用事例としては、1) 地震時に被災した杭基礎の補強、2) 橋台の側方移動に対する対策、3) 基礎杭に対する水平抵抗の増加を目的とした事例、4) 液状化対策などがあげられるが、本稿は、下部工基礎に対して直接その効果を期待したものではなく、地盤改良体の範囲内に下部工基礎を構築することになった事例についてその概要を示す。

3. 高強度地盤と杭基礎

1) 検討概要

本稿は図 - 1 に示すように既設護岸の背面に下部工が計画されたケースについて検討を行ったものである。

既設護岸にはアンカーが 1.6m ピッチで配置されているため、基礎杭の施工により切断される可能性が非常に高い。また、その他の河川条件から護岸背面に地盤改良を行い、既設護岸を撤去した状態においても護岸の代用が可能な構造としている。

地盤改良の工法としては、機械式では攪拌翼が既設アンカーにからまるため、施工影響のない高圧噴射攪拌工法を採用した。改良強度は地山の地質条件などから、砂質土に適用可能な最も低強度の材料を選定し $qu=500\text{KN/m}^2$, $Eo=50000\text{KN/m}^2$ とした。

2) 改良強度の問題点

工事の実施に当たって、室内試験を行い配合や改良強度のデータを採取した。この結果は、設計に採用した値に対し非常に大きなものであったことから、高強度の改良体が基礎におよぼす影響評価を行った。改良深さは、杭頭 1/3 区間を含むため安全側の結果が得られるものと考えられたが、変形法による計算結果は地中部最大曲げモーメントは減少するが、杭頭モーメントが卓越し応力度が超過する結果となった。

3) 高強度地盤と杭基礎

杭基礎が採用される地盤は、一般には支持層が深く杭頭部の地盤強度が小さい状態である。このため、杭頭付近が岩盤相当の強度を有する地盤に対して、杭基礎の設計が行われることはない。また、一般には軟弱な地盤に比べ、強度が高い地盤は基礎の規模が小さくなることから、極軟弱な地盤では、地盤の水平抵抗の増加を期待して地盤改良が行われることがある。

本検討では上記とは逆に、強度増加により基礎の規模が大きくなる傾向にあるため、設計の妥当性を FEM

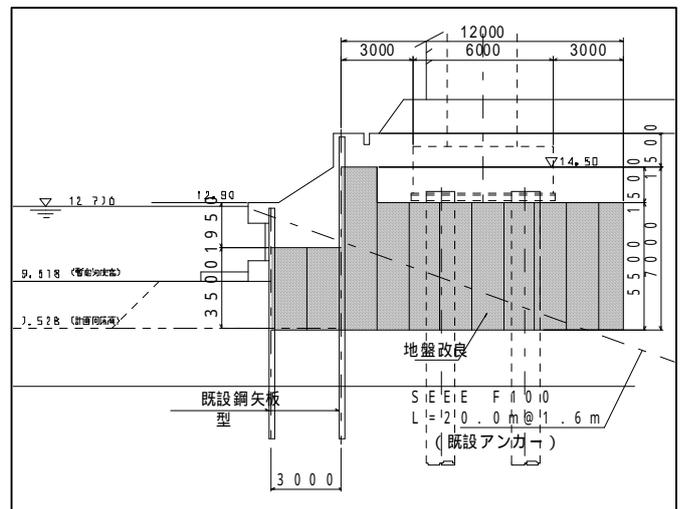


図 - 1 検討断面

解析により検証するものとした。また、基礎の前面は河川であり二重矢板式護岸が設けられていることから、一様な地盤とはいえない。従って、このような地盤状態の影響についても検証を行う。

4. FEM 解析による検証

1) 解析モデル

FEM 解析を行うに当たって、部材等は次のようモデル化した。a) 杭及びフーチングを平面要素とする、b) フーチング上面に柱からの作用荷重を偏心载荷する、c) フーチング自重及び慣性力はフーチング中央に集中荷重として载荷する、部材のモデル化は、モデル領域にたいし杭及びフーチング断面が比較的に大きいため、平面要素を採用している。

2) モデル化の妥当性

妥当性の検証を行うために、均一な地盤を想定し変形法と FEM 解析の結果を比較した。(表-1 参照)この時の地盤定数は現地盤の状態とし、橋軸方向における地震時のケースを用いた。この結果、変位量において変形法と FEM 解析の結果には大きな差はなく、地盤定数や荷重の载荷方法を含めモデル化は妥当であると考えられた。

3) 結果の考察

均一地盤モデルにたいして、河川形状を考慮した実際の地盤モデルによる FEM 解析の結果は、川側への地盤変形の影響が考慮され、変位、応力共に増加し実際の变形挙動を現していると考えられる。(表-2 参照)

変形法との対比：FEM 解析での地盤改良による影響については、改良強度が大きくなると共に変位量、応力共に減少する傾向にあり、変位量は変形法による結果と大きな差はないが、応力の発生状況は異なるものとなっている。本検討では、地盤の弾性変形をモデル化しているため、基本的には変形法の解析と同様である。ただし、剛性の高い地盤に対して、FEM 解析では改良体への応力分担の影響が考えられるため、杭の安定照査については道路橋示方書によることが妥当であると判断される。

改良強度変更の影響：杭周辺地盤強度が同一の場合と、前面矢板間と杭周辺地盤の地盤強度が異なる場合の検討結果は、変形量で 0.1mm、応力では 20KN/m² と大きな差は見られないため、強度が異なる地盤改良は特に問題ないと判断される。

4) 今後の課題

平坦な一様地盤にたいして、河川断面を考慮した実地盤形状の計算結果など、FEM 解析の結果はある程度評価できるものであった。しかし、地盤強度を変更した場合、変形量に大きな差はないが発生する断面力では隔たりが大きく、変形法との差は歴然とするものとなっている。この原因としては、上述のように、剛性の高い地盤が応力を分担した。奥行き方向の変形が考慮されていない。(2次元解析) 地盤と杭との接点条件。改良体のモデル化の妥当性(土か構造物か)など種々の要因が考えられる。

地山による影響が著しいため、水平方向の地盤抵抗によって性状が決定されることが多い杭基礎への適用は難しいが、地盤改良の特質を十分に把握し検討を行うことにより、より合理的で経済的な設計を行うことができるものと考えられる。

以上

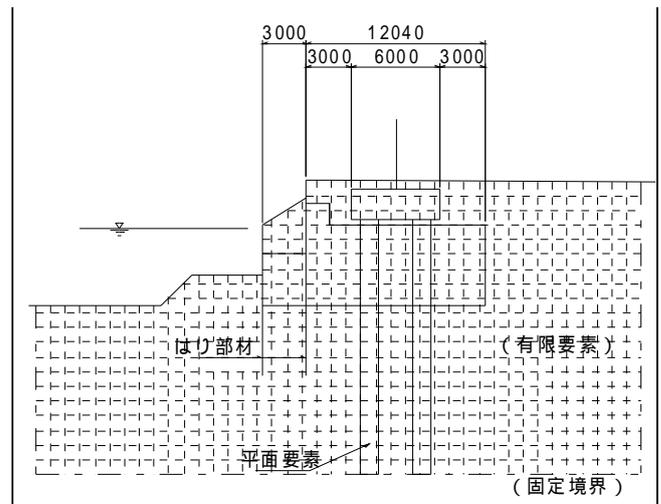


図 - 2 FEMモデル

表 - 1 均一地盤での計算結果(変位量mm)

	変形係数 Eo(KN/m ²)	変位法	FEM解析
現地盤	84370	7.8	7.5
低強度改良	800000	2	1.9
高強度改良	2400000	1.3	0.9

表 - 2 実形状での計算結果(変位量mm)

	変形係数 Eo(KN/m ²)	変位法	FEM解析
現地盤	84370	7.8	8.2
低強度改良	800000	2	4.6
高強度改良	2400000	1.3	4.5