

Ⅲ－１ 軟弱地盤における杭基礎の計画

（株）フジタ建設コンサルタント 正員 山本 治夫 正員 西 次郎
森 正宏 正員○河野 通治

1. はじめに

杭基礎の安定には、鉛直方向の支持力の確保・水平方向の変位量の制限及び杭体の耐力の確保が必要である。また、水平方向変位量・杭体に作用する断面力は、杭の剛性・地盤の横方向耐力に依存している。このような条件の中で、杭軸直角方向の耐力を確保できない地盤における杭基礎の計画が問題となった。そこで、地盤改良により杭軸直角方向に対する期待値を確保し、経済的な杭基礎の計画を行ったので、その事例について報告する。

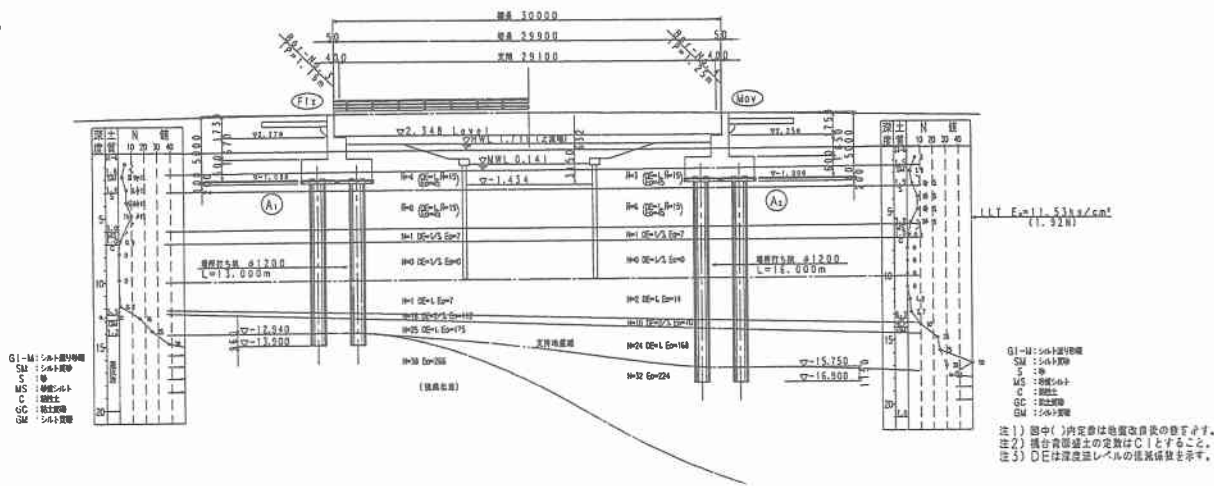


図-1 橋梁側面図

2. 地質概要

現地は岩盤上に海進性の沖積砂質土・粘性土が堆積した地盤である(図-1)。杭の横抵抗は杭頭部から1/βの区間の地盤反力係数に支配されており、当地のその平均N値は6程度である。道路橋示方書Ⅳ編¹⁾(以下、道示という)によるN値からの推定では、変形係数E₀は28N=168kgf/cm²となるが、ボーリング孔を利用した孔内水平載荷試験では、E₀=E_{sp}=11.5kgf/cm²となった。一般にE_{sp}=7Nであるが、徳島県東部の海進性の平野部ではE_{sp}が7Nよりも小さな値を示すことが多く、当地においても、E_{sp}=2Nと非常に小さな値を示している。また、当地盤は道示Ⅴ編²⁾砂質地盤の液状化の判定で“橋に影響を与える液状化が生じる砂質土”と判定された。

3. 検討・考察

孔内水平載荷試験で得られたE₀を用いて橋台の杭基礎を設計すると、変位の制御のために杭の数が多くなり、設計不能の状態となった。そのため、何らかの方法で変形係数を改善することが必要となった。

そこで、地盤を改良することにより、杭頭から1/βの間の変形係数の改善を図ることにした。表-1に示す4案について検討した結果、本計画では改良工法として砂杭を打設することとした。

表-1 地盤改良工法の比較

改良工法	施工性	効果	経済性	施工環境	備考
良質土への置換	地下水位が高く転厚不能	× 期待できる	○ 安価	○ 問題なし	○
深層混合処理	問題なし	○ 期待できる	○ 高価	× 材料による地下水への影響が懸念される	×
砂杭を打設	問題なし	○ 期待できる	○ 中間	△ 騒音・振動の問題がある	△ 採用
プレローディング	問題なし	○ 砂層の改良に向かない	× 安価	○ 問題なし	○

ところで、砂杭を打設する方法(SCP工法)で問題となるのは、騒音と振動であり、近年、その杭径を小さくしたミニCP工法・振動を用いないSAVEコンポーザー工法等が開発され、市街地施工・近接施工にも利用できるようになってきている。本計画では、SAVEコンポーザー工法を使用する予定としている。

また、地盤改良の改良率を変化させることにより変形係数・土質定数の低減係数を操作し、その効果と費用を算出した(表-2)。なお、改良後の変形係数はN値から $E_{sp}=3N$ として推定した。これは、本橋上下流の橋梁地点におけるボーリング結果の E_{sp} が約3Nを示しているの、安全側の推定である。

表-2 砂杭打設による効果と費用 (橋台1.0基当り・諸経費含む)

期待する平均N値	改良率(%)	変形係数 E_0 (Kgf/cm ²)	地盤反力係数推定係数 α	土質定数の低減係数 D_E	杭本数(本)	工事費(千円)			決定条件	備考
						改良費	下部工費	合計		
8	0	11.5	4	1/3	24	0	66,000	66,000	変位	
8	0	24 (3N)	1	1/3	12	0	29,000	29,000	変位	
10	9	30 (3N)	1	2/3	9	7,000	19,500	26,500	支持・変位	
15	15	45 (3N)	1	1	6	10,000	14,000	24,000	支持	採用
20	22	60 (3N)	1	1	6	14,000	14,000	28,000	支持	

以上のことから、本計画ではもっとも経済的な改良率15%を採用し、改良の範囲³⁾を鉛直方向には杭天端から砂層下端の間の4.0m、水平方向には杭側面から改良厚 $\times \tan 60^\circ = 7.0\text{m}$ とした。

なお、地盤の側方流動の検討と合わせて、中間層における粘性土の圧密沈下に関する負の周面摩擦力の検討をおこなった。

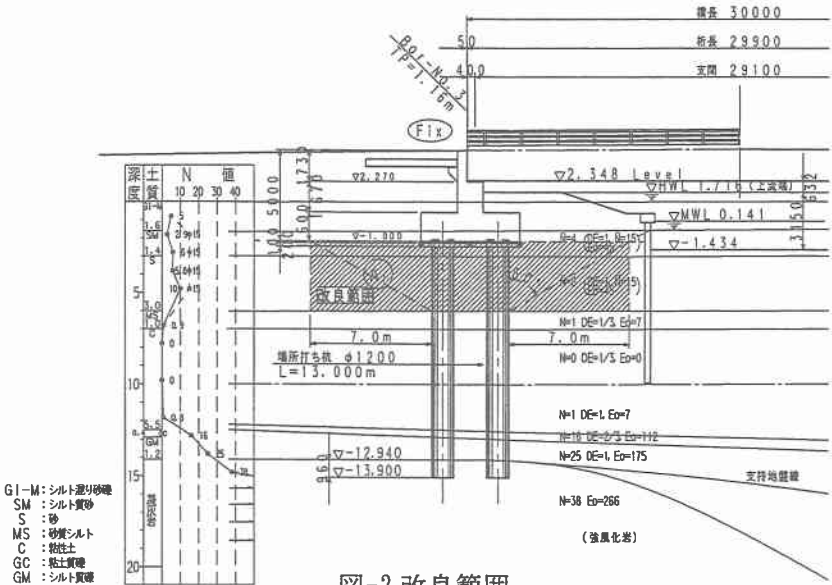


図-2 改良範囲

4. 問題点

- 本計画で用いた改良工法に関する問題点を以下に示す。
- 改良範囲が広がるため、広い施工ヤード・施工足場を必要とする。
 - 港湾工事や大きな造成工事に比べ施工量が少ないため、共通仮設費のウエイトが大きく1.0m³当りの改良費が高くなる。
 - SAVEコンポーザー工法採用の場合、指定業者の施工となる。(特許工法)
 - 実改良効果と事前予測に開きがある。(安全側の予測)

5. 結論

一般に、杭基礎での横方向地盤反力係数改善のための地盤改良は、あまり行われていない。しかし、近年、施工機械の進歩により、市街地での地盤改良が可能となり、大きな水平力の作用する杭基礎では、地盤改良をおこなうことにより、工事費の大幅な削減が可能である。本計画では、地盤改良後に再度ボーリング調査を実施して、N値の測定と孔内水平載荷試験を行い、改良効果を確認したうえで、杭基礎を施工したい。

【参考文献】

・ 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 日本道路協会 平成8年12月
・ 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 日本道路協会 平成8年12月
・ 軟弱地盤対策工法の調査・設計から施工まで 地盤工学会 平成2年1月