

# 11. 沖積軟弱地盤における大規模基礎工の調査・設計から工事まで —その応用地質的判断の重要性—

Geological survey, Designing and Construction of Large-scale Foundation in Alluvial Weak ground  
— Significance of Engineering Geology —

○津田秀典 (株)リクチコンサルタント

## 1. はじめに

汚水処理施設の大規模基礎工において、地盤改良工を併用することにより直接基礎を可能とした事例を報告する。本現場は、地質的に軟弱地盤の広がる二級河川K川河口域、おぼれ谷性沖積低地である。応用地質的な観点から、軟弱地盤における長期的・広域的・複合的・不均質・不確実な地質要因に起因して、工学的に地盤の破壊・変形・浸透・液状化の4大問題が複合する。こうした沖積軟弱地盤に汚水処理水槽をいったいどのようにして造ればよいのか、その成否は目に見えない地下の基礎地業にかかる。なお、汚水処理施設は、農業集落排水施設設計指針<sup>1)</sup>にもとづくものである。

## 2. 地質特性—砂質土/粘性土の互層地盤

ボーリング調査および土質試験の結果、図-1.1および図-1.2のように地質特性を明らかにし、直接基礎のための地盤改良(サンドコンパクションパイルSCP<sup>2)</sup>、深層混合改良<sup>3),4)</sup>を計画した。汚水水槽は地下構造物であるため、GL-4.35 ~ 8.35m(平均的にGL-6.20m)の基礎底面(床付け面)まで、長手方向に40m、小口方向に30m、約12,000m<sup>3</sup>掘削する。

全体的に標準貫入試験N値=2~4程度の軟弱な砂質土と粘性土の互層(低強度層の互層)からなる沖積層が、古第三紀の岩盤上に約20m堆積する。また、地下水は、河川水位と同じ高い地下水位(GL-2.00m、不圧、汽水)である。中部粘性土(Am2層)は、圧密沈下層である(掘削に伴う水位低下4mで圧密沈下量S=10.3cm)。上部および下部砂質土(As1、As2)は、液状化層である(液状化抵抗指数FL=0.2~0.8)。

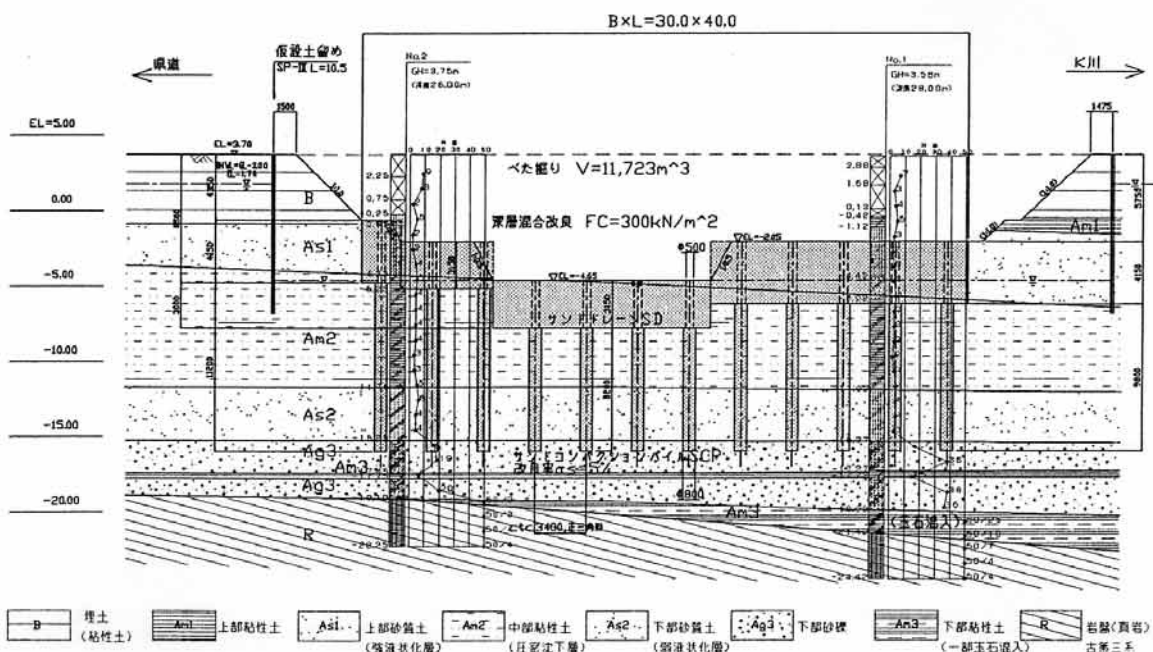


図-1.1 地質断面図(図-1.2のA'断面)



汚水処理施設計画

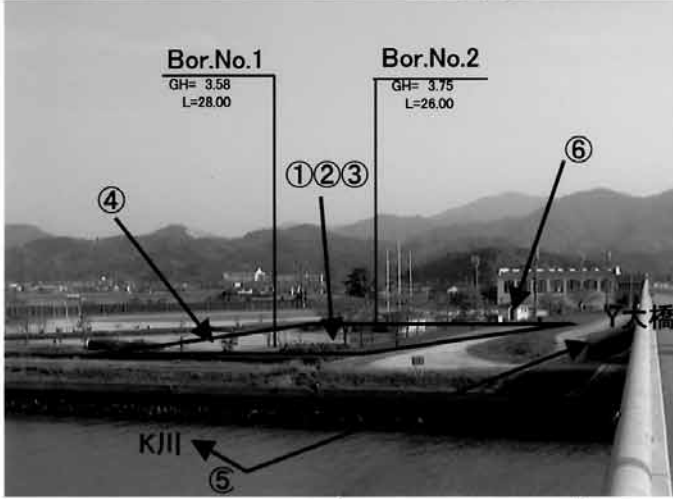
基礎工設計荷重

- ・常時  $q = 82.5 \text{ kN/m}^2$
- ・地震時  $q_e = 89.0 \text{ kN/m}^2$

地質・土質調査

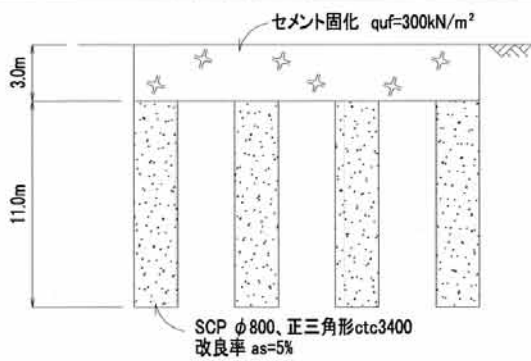
- ・沖積軟弱地盤
- ・砂質土/粘性土互層

問題点の整理

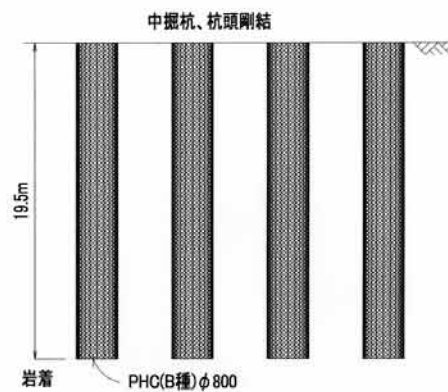


- |          |                    |
|----------|--------------------|
| 基礎地盤の問題  | ①地耐力不足<br>支持力、弾性沈下 |
|          | ②圧密沈下              |
| 仮設土留めの問題 | ③液状化               |
|          | ④べた掘り<br>掘削面の変形・破壊 |
| 仮設土留めの問題 | ⑤近接施工<br>Y大橋、K川    |
|          | ⑥周辺地盤沈下<br>地下水位低下  |

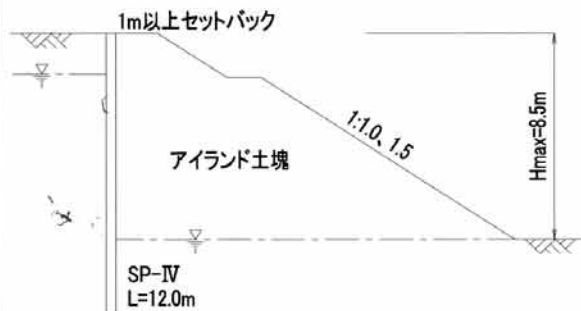
地盤改良直接基礎 ○計画



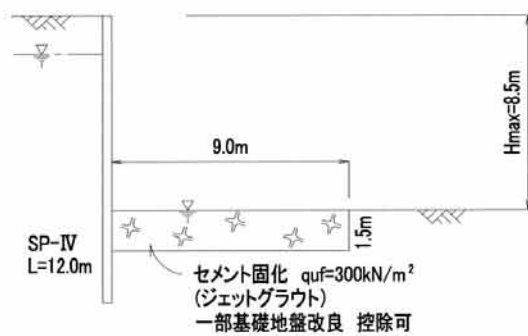
杭基礎 △



アイランド型自立式鋼矢板 ○計画



地盤改良併用 自立式鋼矢板 △



基礎工法

工法決定(概略比較)

仮設土留め工法

施工

図-2 基礎工事の全体計画

基礎の支持力については、2層地盤近似の Terzaghi の修正支持力計算に加えて、地盤改良の範囲・深度を考慮したフローティング方式および土圧くさび理論式による支持力計算<sup>5)</sup>を行い、安定性を照査する。

#### (1) 深層混合改良について

深層混合改良層は、非常に液状化しやすい上部砂質土 As1 全層と、下部粘性土 Am2 層の圧密沈下を許容範囲まで減じることができる深度まで、セメント固化改良(スラリー系機械攪拌)する。深層改良層自体の基礎スラブとの一体化を仮定し、改良層はパンチせん断破壊および圧縮破壊が起きないように配合設計を行う。SCPを通しての湧水がセメント固化を阻害する可能性を考えて浅層混合改良による施工方式は適用しない。

#### (2) SCPについて

計画荷重は、上位深層改良層を通して応力分散し下位地盤に低減されて伝わる。しかし、改良層厚を厚くしたところで下位地盤 As2 層の液状化時の地耐力(地盤のバネが弱まることによる弾性沈下)がわずかに不足する。かといって深部までのブロック状深層改良は不経済である。そのため、下位地盤の十分な地耐力が得られるようにSCPを併用する。

SCPによる地盤の強制密度化は、細粒分による脱水阻害の影響を予め考慮して計画する。ボーリングコアを縦割りし微視的な成層構造を詳細観察すると、下部粘性土 Am2 層には土質試験(粒度試験)では分離抽出困難な薄い砂層( $t=0.3 \sim 0.5\text{mm}$ )が多数介在する。土質分類上は、均質な砂混じり粘性土であっても、実際には不均質で水理的異方性を有する粘性土地盤である。水理地質的に薄い砂層は、SCPによる比較的短期的な地盤の強制密度化を可能とする排水層になる。これも現実的に可能な限り得られたデータにもとづく地質的な仮定である。

### 3. 2 仮設土留め工の基本的な考え方

安全かつ経済的な仮設土留め工としては、アイランド型自立式鋼矢板工を基礎工の地盤改良との関係上、最適工法と判断した。本工法では、矢板前面に設計地盤高を上げることができる受動破壊抵抗土塊(アイランド)を掘削時に残す。矢板長は、施工時の地下水位低下による周辺地盤沈下と近接するK川から不時不測の浸透破壊を防ぐため、難透水性の粘性土 Am2 層まで延長し、遮水する。

掘削勾配は、Y大橋橋台盛土を含めた全体すべり破壊を防止できるものとする。平均的な掘削深度のとき、掘削勾配 $\Delta 1:0.6$ にすると、一般的なせん断破壊はすべり安全率との関係から一見起こらないように見える。しかし、軟弱地盤ゆえに破壊にいたるまでの変形が懸念される。そこで、変形量を有限要素法(Drucker-Prager 断塑性モデル)により照査し、変形量が過大とならないように掘削勾配 $\Delta 1:1.0$ にする。

## 4. 基礎工事の施工

基礎工事の施工フロー計画と施工状況を図-3に示す。結果的に基礎工事を無事、計画どおり完了した。

#### [1工程 矢板打設工]

鋼矢板を土留めと遮水のために先行打設する。

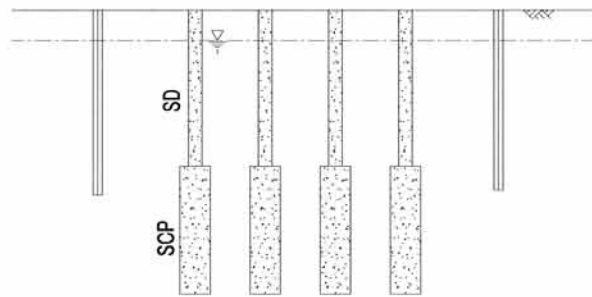
#### [2工程 SCP工]

支持層である2層地盤のうち、下位層をサンドコンパクションパイルSCP工により強制密度化し強度増大する。べた掘り部および深層改良部は、サンドドレーンSD工とする。

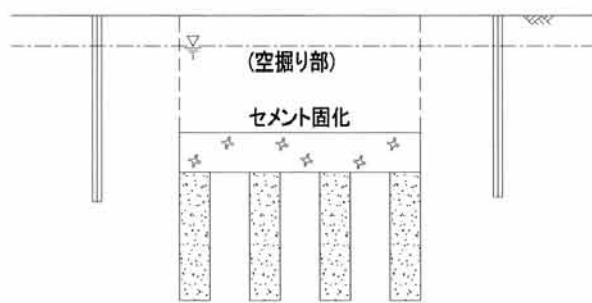
1工程 矢板打設工



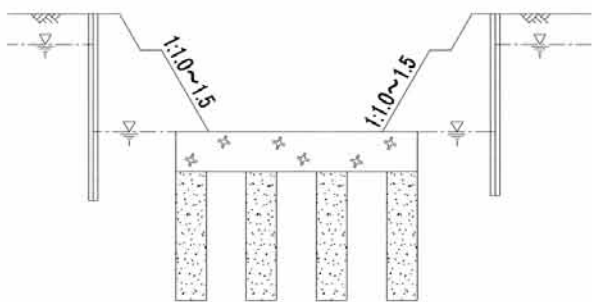
2工程 サンドコンパクションパイル工SCP



3工程 深層混合改良工



4工程 べた掘り



5工程 水槽躯体工、付帯工(埋戻し、矢板引抜き)

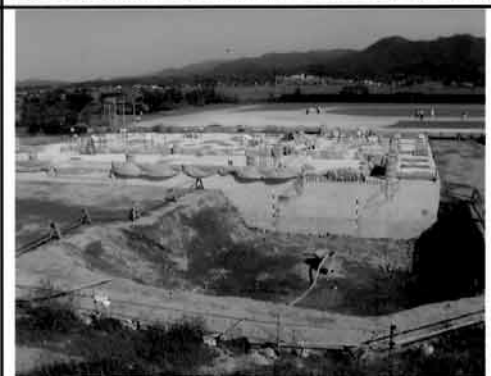
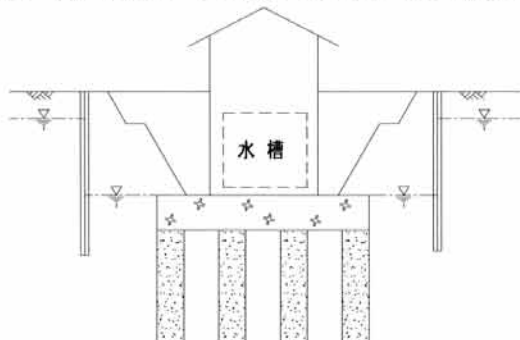


図-3 施工フロー計画と実施状況

### [3工程 深層混合改良工]

同じく上位層を深層混合改良工（計画は杭径 1600mm の単軸施工、施工は杭径 1000mm の三軸施工）によりセメント固化し、強度増大する。べた掘り部は空掘りする。

### [4工程 掘削（べた掘り）工]

汚水水槽の床付け面まで掘削する。

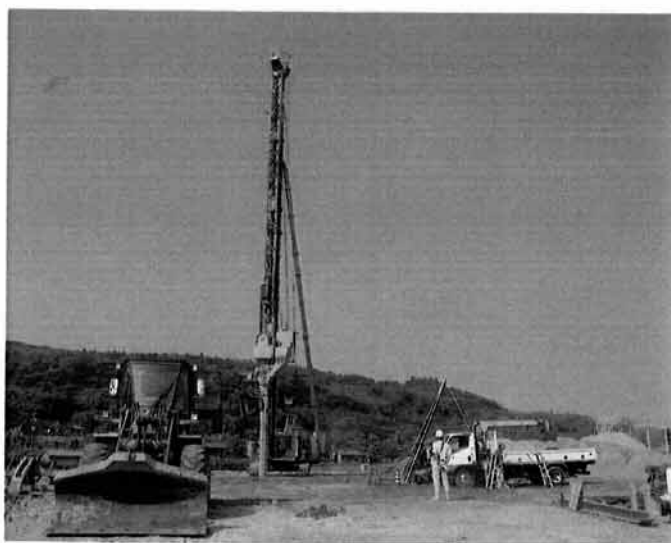
### [5工程 水槽躯体工、付帯工（埋戻し、矢板引抜き）]

汚水水槽施工、また付帯工として埋め戻し、矢板引抜きを行う。地下水位は自然復水する。

## 5. 自信をもって施工するためには

地質学を工学的に応用することが、とくに近年緊急の社会的な要請であることはいうまでもない。そのため、本現場では地質コンサルタントの立場から、地質土質調査・試験・解析から基本設計、詳細設計、施工まで工事上の全工程に一貫して従事した。

施工は自信をもって行いたいものである（写真－1）。そのためには地質技術者の実地の工法・工程に精通した応用地質的判断が必須である。経験からエイヤッと完成形を具体的に仮定し、定性的なものから定量的なものへと絞り込んでいく、または具体的なモノや実数を明らかにして初期の仮定を修補正・検証していく。こうした着地点へのアクセスコントロールが、実際の工事との関係でとにかく最適解を出すこと（完工すること）の自信に結びつくであろう。本現場では軟弱地盤の有する長期的・広域的・複合的・不均質・不確実な地質要因をなんとか克服し、軟着陸できたと評価する。



写真－1 SCPによる基礎地盤の強制密度化計画が  
予測計算どおりであることを願う

### 参考文献

- 1) 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会(2002)：農業集落排水施設設計指針.
- 2) 水野ほか(1987)：細粒分を含む砂質地盤におけるサンドコンパクションパイル工法の設計, 土と基礎, vol.35, No.5, pp21～26.
- 3) (財)土木研究センター(1999)：陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル.
- 4) (社)セメント協会(2003)：セメント系固化材による地盤改良マニュアル 第3版.
- 5) 右城猛(2001)：続・擁壁の設計法と計算例, 理工図書, 東京.