

基礎の企画設計における技術情報の利用

Utilization of Technical Informations on Planning of Foundations

清水建設(株) 長峰 洋
〇大西雄二
西村晋一
渡辺光秋

by Y. NAGAMINE, Y. OHNISHI, S. NISHIMURA, M. WATANABE

設計、施工検討といった技術業務に必要とされる解析、設計計算のプログラムは、現在ほとんど完備しているものと思える。今後、更に技術業務のレベルアップを行っていくためには、各種技術情報を解析、設計計算のプログラムと組合せ、一連の業務処理を行わせるシステム開発が重要になってくるのではないかと考える。

本稿では、基礎計画に対するの企画設計/ 営業段階での技術業務での各種の方法で、技術情報を利用したシステムの紹介を行う。

技術情報、基礎、設計

1. 本システムの位置付けと技術情報の重要性

本システムは、企画設計/ 営業段階での利用を前提にしている。この段階では、発注者が求めるものとして、民間工事では工事費を考慮した事業採算性採算性が工事着手の重要なポイントである。したがって、建設業者としては基礎工に関しても、その工法の品質・安全性は勿論であるが、工期を含めた工事費を早く発注者に提示出来ることが大切である。

しかしながら、この段階では発注者も基礎を検討できるに足る調査、情報を持っていないのが普通である。このような条件で基礎を計画する際には、調査～設計～施工までを含めた技術情報の豊富さが検討内容の信頼性を高める重要な要素になる。

2. 本システムの概要と技術情報の利用方法

(1) . 本システムで検討できる基礎形式

最近、都市開発の場所として東京湾臨海部を代表とするウォーターフロント地区が脚光を浴びている。しかしながら、これらの地区の地盤の大半が図-1

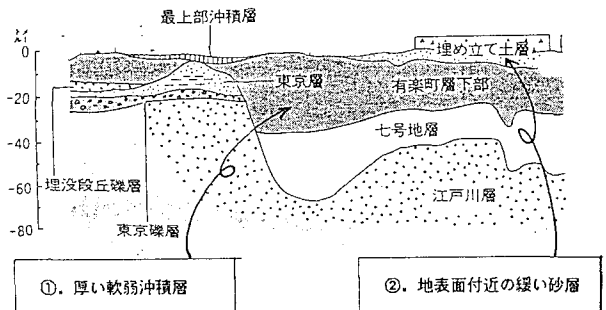


図-1 ウォーターフロント地区の地盤

いる。その第一点は、極めて軟弱な粘性土が厚く堆積していることであり、地震時に杭を水平方向から支えるべき地盤としての役割をこの層には期待出来ない状態になる。第二点は、地表面付近の埋め立てに使われた砂層である。この砂層は大体が緩い状態にあり、しかも地下水位以下にある。これらの条件が重なると、地震時に液状化現象が起こり、基礎杭を支えるべき地盤の役割を果たさなくなる。このように、二つの厄介な問題を抱えた場合、従来行われてきた基礎杭のみに頼る方法では、極めて断面寸法の大きなものまたは極めて沢山の杭本数が必要になると考える。そこで、本システムでは基礎杭だけの

形式に限らず、地盤改良工法を組み合わせる形式までを検討出来るようにしている。このシステムで実際に企画設計した事例として、図-2に示すような地盤での工場基礎の処理結果を表-1に示す。このように、地盤改良工法を組み合わせた基礎形式が、従来の基礎杭のみの場合に比べて経済的かどうか、の比較が出来る。

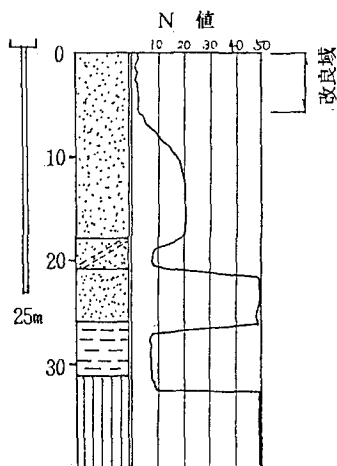


図-2 企画設計事例の地盤

表-1 事例の処理結果（工事費の比較）

（工事費比率）	鋼管杭（中掘）	P C 杭（中掘）
地盤改良なし	1.00	0.93
深層混合処理（スラリー）	0.88	0.97
振動締固め	0.73	0.69

（2）．本システムの処理概要

本システムは、材料と施工方法に違いから、約50種類に分けた基礎工法と約20に分けた地盤改良工法の組合せの中から、Q C D Sから見て、最も案件の条件に適合した組合せの探索を行うことを主目的にしており、次の詳細設計段階に適用することは念頭にない。ただこの段階でも、ある程度の精度を持った概算工事費を客先に提示出来ることは、客先の事業採算性を検討する上での必須条件と考えている。このことを前提に、処理概要を段階を追って説明する。図-3に示すフローが本システムの標準的な処理のフローである。各段階の処理概要は以下の

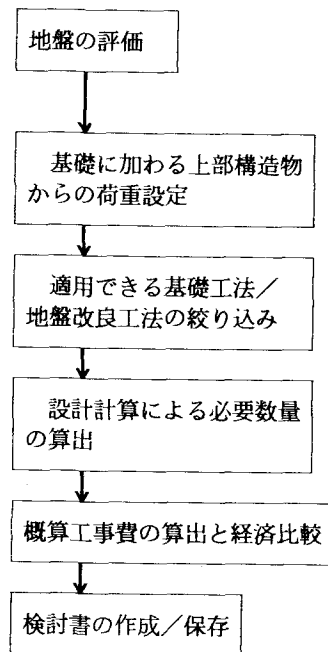


図-3 標準処理のフロー

通りである。

①．地盤の評価

表層付近の地盤について、液状化の可能性を各種設計基準にしたがった計算方法で判定する。また、設計計算に必要な地盤の諸定数を設定する。

②．基礎に加わる上部構造物からの荷重設定

上部構造物の使用用途、規模、構造形式から基礎に加わる常時、地震時の標準的な荷重を設定する。

③．適用できる基礎工法／地盤改良の絞り込み

設計面からだけでなく、地盤の硬軟・礫の有無、施工場所の高さ・広さ等からみた施工性また周辺に与える振動・騒音など環境面への配慮など、幅広い視野から数十種類に分けた工法の内から数工法に絞り込む。但し、この段階では絞り込んだ各工法は必要とされる数量、例えば杭工法であれば杭本数は分かっていない状態にある。したがって概算工事費の比較からの工法の絞り込みは出来ない。

④．設計計算による必要数数量の算出

③で絞り込んだ数工法に対して設計計算に

より必要数量を求める。その際に、各工法については、その工法で一般的に使用されている断面諸量ならび許容応力度を用いる。

⑤. 概算工事費の算出と経済性比較

④で求めた必要数量に対する概算単価を掛け合わせ、各工法の概算工事費を求める。

その結果を比較し、検討作業の最終段階で経済的な結めを行う。

⑥. 検討書の作成／保存

上記したような検討作業の結果の数量を一般書式の検討書に自動的に書き込んで、検討書の作成作業の効率化を図る。更に、このような検討は客先との建設計画が進めば、地盤・上部構造物等、当初の段階では仮定していたものが、次第に明確になってくる。このような場合に、既処理データの内、変更の無い部分を利用出来るように、保存する。

本システムは対話形式でこのような処理段階を踏んで、基礎形式の決定を行うようになっている。したがって、本システムの利用者の理想としては、ウォーターフロント地区の地盤に対する土質工学的判断力、基礎工法／地盤改良工法に関する設計のみならず施工性、環境保全といった面からの工法選択能力、各工法に一般的に使用されている断面諸量／概算単価といった幅広い知識、経験がある技術者ということになる。しかし、そのような技術者は、建設会社のなかでも、きわめて少ない。したがって、このような技術的知識を本システムが取り込んで、利用者に各処理段階で適時、必要な情報を表示して、円滑に処理が進むようにすることが必要である。

(3) . 各処理段階で利用できる技術情報

以下で、対話形式で操作する際に利用できる主な技術情報について説明する。

- ①. 地盤条件の設定段階；特殊なウォーターフロント地区の地盤を正しく評価できるような土質関係の技術資料が必要である。具体的には、液状化の内容を理解した上で、正しく液状化の有無を判定できることであり、そのために、液状化に関する技術情報をヘルプ画面で参照出来るようにしている。(図－4 参照)

HELPメニュー

次のメニューを選択して下さい。

- 1 液状化予測・判定基準一覧表
- 2 限界N値法の内容説明
- 3 限界N値法に必要な定数一覧表
- 4 限界N値法に必要な定数の説明
- 5 FL法の内容説明
- 6 FL法に必要な定数一覧表
- 7 FL法に必要な定数の説明
- 8 液状化対策と対策工法一覧表
- 9 終了(液状化メニューへ戻る)

図－4 (a) 液状化判定処理のヘルプメニュー

FL法

FL法は地盤の液状化抵抗せん断応力と地震時に作用するせん断応力の比較から液状化を判定する方法である。

地盤中のある深さの土のくり返しせん断抵抗応力比(液状化強度)RをN値、粒径から推定し、その深さに作用する地震時のくり返しせん断応力比(地震時荷重)Lの推定値との比を地盤の液状化抵抗率FL(=R/L)とする。FLが1より小さいときに液状化が発生すると判定する。

この方法を最初に提案したのはSeed, Idrissであり、地盤の液状化強度を振動三軸試験機による乱した砂の液状化試験結果とN値から推定される原位置相対密度から決定した。その後、Seedは換算N値を用いた液状化判定法を提案した。

岩崎、龍岡、常田、安田は振動三軸試験機による不攪乱試料の液状化試験結果をまとめ、N値、平均粒径、上載圧から地盤の液状化強度Rを算出する簡易推定式をまとめた。地震応答解析の事例から地表最大加速度を用いた地震時荷重Lの簡易推定式を提案した。この方法は道路橋示方書・同解説V耐震設計編に使用されている。

また、時松、吉見は、過去の地震時の震害記録の解析結果と、繰返し三軸試験結果などから得られた数種の実験式を組み合わせて、簡便な液状化判定法を提案している。これは、細粒土含有率に応じて、地盤のN値を補正し、補正したN値に応じた液状化抵抗比と、地盤内の各深さに発生する等価な繰返しせん断応力比より、各深さにおける液状化発生に対する安全率F1を求める方法で、建築基礎構造設計指針に使用されている。

終了後は改行キーを押して下さい。

図－4 (b) FL法説明のヘルプ画面

砂地盤の液状化対策の方法と該当する代表的な地盤改良工法を下に示す。

液状化対策の方法	地盤改良方法
地盤を締固めN値の増加を図る	A サンドコンパクションパイル工法 B グラベルコンパクションパイル工法 C 振動締固め工法 D 動圧密工法
地震動に伴う地盤内の間げき水圧の上昇を抑える	E グラベルドレーン工法 F ドレーンパイプ工法
地盤を固化し地盤の性質を変え、ともにN値も増加させる	G 深層混合処理工法(セメントスラリー系) H 深層混合処理工法(粉体噴射攪拌工法)
液状化層の下まで地下水位を常に下げておく	I 地下水位低下工法(ディープウェル) J 地下水位低下工法(ウェルポイント)

各地盤改良工法の概要説明は、該当工法の(A～J)を入力して参照して下さい。本画面を終了させるには改行キーを押して下さい。

図－4 (c) 対策工法説明のヘルプ画面

更に、本システムが企画段階、技術営業段階で使用されるため、基礎計画を検討するに足る地盤調査が成されていないのが普通である。そのため、自社で収集した臨海部の地盤データ並びに施工報告の内近隣のものがあれば、表示出来るようにしている。(図-5参照)

②. 基礎工法/地盤改良工法の選定段階

基礎工法の選択において、一般の設計者は完成後の構造的な安全性にともすれば、選択の視点が行きがちであるが、このような地盤においては、施工性についても充分なる配慮をしておかないと、施工途中において、支障が出てきて

思わぬ工事の遅延または不能に陥る危険性がある。また地盤改良工法は建築技術者にとって、極めて接する機会が少ない。そのため、本システムで検討できる地盤改良との組合せの基礎形式を評価できる判断力に欠ける。そこで、エキスパートシステムを利用し、これらの工法選定が出来るようにしている。(図-6参照)

③. 設計計算における計算条件の入力段階

本システムは、入社後5から10年位経った技術者を標準に使い易さのレベル設定しているが、そのクラスの技術者でも経験内容を見ると設計方法は分かるものの、基礎工法の設計で標

NKSS----- *** 施工実績・地盤情報一覧表 *** -----
 << 建築構造物 >>

略称コード (表示後入力して下さい) 終了時はEを入力===>

コード	略称	基礎工法	杭径	杭長
871100	品物流センター	中掘り打撃工法	600	49
11286	型実験棟増築	鋼管打撃工法	508	42
573936	東京(新築)工事	既設杭オーガ圧入中掘	600	34
82101	第2工場新築工事	アースドリル工法	1300	34
72103	新築工事	アースドリル工法	1000	50
1118	運動実験棟新築	鋼管打撃工法	508	40
473264	東京店新築工事	中掘先端掘削工法	500	33
372933	治商店新築工事	PHC杭打撃工法	500	47
47347	関社深川工場新築工事	アースドリル工法	1100	35
42061	社ビル新築工事	アースドリル工法	900	33
3719	社ビル新築工事	アースドリル工法	1400	30
3209	ピュータービル新築工事	アースドリル工法	1500	35
170	新築工事	アースドリル工法	1400	43
86	ハイツ新築工事	アースドリル工法	1400	38
76	安定基金京浜倉庫	APC杭工法	500	51

図-5 (a) 臨海部の工事実績一覧

NKSS ----- 基礎工法施工実績と地盤情報 (建築構造物) -----

*** 施工実績 ***

略称NO : 721083
 工事名称 : 北砂工場新築工事
 工事場所 : 東京都江東区北砂
 設計者 : 当社
 建造物構造 : RC構造

地 上 : 3 階
 地 下 : 0 階
 敷地面積 : 519 (㎡)
 建築面積 : 311 (㎡)
 延べ面積 : 923 (㎡)
 基礎工法 : アースドリル工法
 杭 径 : 1000 (mm)
 杭 長 : 50 (m)
 杭 底 : GL- 0(m)
 本 数 : 13 本
 設計支持力 : 200 t/本

*** 地盤情報 ***

土質名	層厚	N値	粘着力	摩擦角
砂質粘土	5	0		
シルト質細砂	25	0		
粘土	10	10		
細砂	10	30		
砂礫	10	50		

内部

!!! 表示の終了時はEをキーインして下さい。--->

図-5 (b) 近隣基礎工事の内容表示画面

【結果】

基礎工法エキスパートシステム

NO	確信度	工法名称
1	1.00	鋼管杭(埋め込み/中掘り/杭径根固め)
2	0.89	PC/PHC杭(埋め込み/中掘り/杭径根固め)
3	0.89	PC/PHC杭(埋め込み/回転圧入/杭径根固め)
4	0.88	鋼管エンクリート
5	0.80	ハット
6	0.62	リハース

図-6 (a) 基礎工法エキスパートシステム

地盤改良工法エキスパートシステム

確信度	工法名称
0.71	深層混合処理工法(セメントスラリー)
0.71	深層混合処理工法(粉体噴射攪拌方式)
0.58	振動締固め工法
0.50	サンドコンパクションバイブル工法
0.47	掘削置換工法
0.45	石灰バイブル工法

図-6 (b) 地盤改良エキスパートシステム

準的に使用されている断面諸量について、ある基礎については知っているが、他の基礎については、余り知らないというのが普通である。そのため、本システムでは、各基礎工法について設定できる範囲内で標準的に使用されている断面諸量、許容応力度などをデフォルト値として入力フィールドに表示するようにしている。

このデフォルト値については、必要に応じ、変更出来るようになっている。(図-7 参照)

NKSS ----- 安全率/許容値の設定 -----

設定対象工法名称: 鋼管杭(埋め込み/中掘り/杭径根固め)

各値の確認/修正を行って下さい。

	常時	地震時
1. 杭支持力の安全率	押込 3 引抜 6	2 3
2. 許容水平変位 (cm)	1.0	1.5
3. 許容応力度 (kg/cm ²)	σ_{ca} 90 σ_{sa} 1400	180 2100

図-7 デフォルト値の表示例

同様に、地盤改良工法についても、このような対応を改良後強度について行っている。(図-8 参照)

また、上記した①と同様に、各入力フィールドで関連した基準の内容をヘルプ画面として、参照出来るようにしている。(図-9 参照)

改良後N値の設定

自動設計計算を実施する地盤改良工法の一般的な改良効果を以下に示します。値の修正がなければ、この値で計算します。

改良目的 : 液状化対策
改良対象地盤 : 砂質土層
杭頭のN値 : 1
地下水位 : GL-2 (m)

NO.	工法名称	改良効果
1	振動締固め工法	改良後のN値 15
2	サンドコンパクションバイブル工法	改良後のN値 11
3	ドライレンピング工法	改良後のN値 1

改良効果を修正したいなら、該当番号を、確認/修正が完了したら、"E"を入力してください。-----> E

図-8 改良後N値のデフォルト値の表示例

単位セメント量370kg/m³以上、水セメント比50%以下、スランプ13~18cmとし、標準供試体の28日圧縮強度は300kg/cm²以上でなければならない。

コンクリートの許容応力度 (kg/cm²)

軸方向圧縮 応 力 度	曲げ圧縮 応 力 度	せん断応力度 一 般 部	付 着 く い 頭 部	付 着 応 力 度
65	80	3.9	17	12

図-9 (a) 設計計算の入力に対するヘルプ画面

基準変位量 : 下部構造自体に必要な剛性を与えるためのものであり、杭頭の回転を許さないとして(慣用法)計算される(参考値として常時1cm、地震時1.5cmが示されている。)

許容変位量 : 上部構造の使用条件等から決定される変位量であり表示には値は示されていないが各実施機関では、地震時25mmとしている所が多い。

図-9 (b) 設計計算の入力に対するヘルプ画面

東京都における取扱い長期鉛直最大耐力表 (t/(m))

杭 種 別	支持地盤	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
A	アースリフト	200	240	280	325	375	425	480	535	590	655	720
	ハースハット	170	205	235	280	320	360	410	455	500	555	610
B	上記以外	170	205	235	280	320	360					
	の工法	150	175	205	235	270	300					
	細砂層							150t/m ²				
深 礎	細砂層							100t/m ²				

図-9 (c) 設計計算の入力に対するヘルプ画面

4. 技術情報のシステム化

本システムでの技術情報の構造は、図-10に示すようになっている。情報の入手方法は、一般刊行物、文献等からと自社内の入手に分けられる。このうち後者については、土木／建築全般の工事実績情報システム並びに基礎・地下工事記録シートにより、入手している。このようにして得られたデータをRead Only 化した数値と画面のデータとして、このシステムに保存し、利用している。なお、データの表示方法での特徴のとして、ヘルプ画面データは、入力フィールドに対応して設定出来ることと、表示したヘルプ画面から更に深い情報を表示するためのヘルプ画面設定を行うようになっている。

5. おわりに

本システムは、技術情報を利用しながら、一連の

基礎設計・検討の作業を行うものであるが、今回の開発から得た技術情報の利用に対する考え方として現在技術情報を利用とする手段としてはエキスパートシステムがクローズアップされており、今回も重要な部分において利用したが、技術情報の利用という面では、施工実績、調査といった知識ベースに加工されていない一次データも極めて大切であり、幅広い視野からシステム利用者のニーズに答える技術情報の利用システムを組み合わせる必要があると思う。また、技術情報の内容としては、概要的な施工数量データから一歩進めたきめ細かな各工法の設計に必要な情報が必要であると思う。なお、本システムは現在利用各部門への利用説明並びに試用の終了段階にある。今後は、利用各部門への移管を行い、本格的な稼働に移す予定である。最後に、本システム開発を進める中で、貴重なご意見を戴いた社内外の方々に感謝の意を表します。

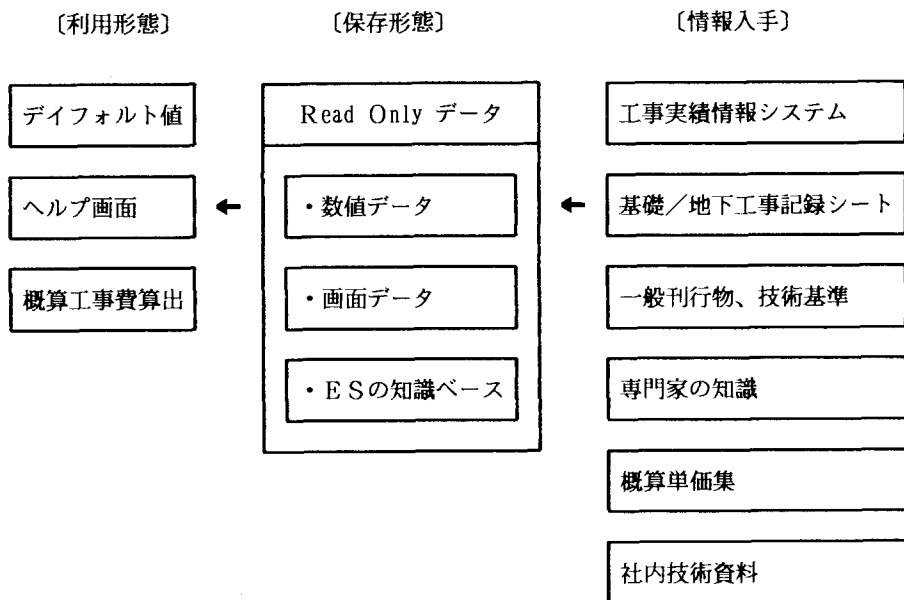


図-10 本システムの技術情報の構造