

地盤情報データベースを活用した 基盤面が確認されない場合の地盤種別の検討方法

キタイ設計株式会社 五十嵐 慎久

1. はじめに

近年、耐震設計やため池耐震照査、液状化判定等の検討を行う際に、適用する設計水平深度を設定するため、調査地の地盤種別を判定しなければならないケースが多くなっている。

その中で、耐震設計上の基盤面を探すためだけに深い深度までボーリング調査を実施することが不経済となる場合があるため、地盤情報データベースを活用したボーリングの打ち止め深度の決定、地盤種別の検討を実施した事例について紹介する。

2. 地盤種別の検討条件

(1) 耐震設計上の地盤種別

一例として、農林水産省：土地改良事業設計指針「耐震設計」¹⁾では、耐震設計上の地盤種別を三種類（Ⅰ種、Ⅱ種、Ⅲ種）に分類しており、概略の目安としては以下のように考えられている。

表-1 地盤種別の概略の目安¹⁾

Ⅰ種	良好な洪積地盤及び岩盤
Ⅱ種	Ⅰ、Ⅲ種地盤に属さない洪積、沖積地盤
Ⅲ種	沖積地盤のうち軟弱地盤

耐震設計上の地盤種別は、原則として次式で算出される地盤の特性値 T_G をもとに、表-2により区分される。

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}} \quad (4.2.1)$$

ここに、 T_G ：地盤の特性値（s）
 H_i ： i 番目の地層の厚さ（m）
 V_{si} ： i 番目の地層の平均せん断弾性波速度（m/s）
 i ：当該地盤が地表面から基盤面まで n 層に区分されるとき、地表面から i 番目の地層の番号。基盤面とは、粘性土層の場合は N 値が 25 以上、砂質土層の場合は N 値が 50 以上の地層の上面、若しくは平均せん断弾性波速度 $V_{si}=300\text{m/s}$ 程度以上の地層の上面をいう。

図-1 地盤の特性値 T_G の算出式¹⁾

表-2 耐震設計上の地盤種別¹⁾

地盤種別	地盤の特性値 T_G (s)
Ⅰ種	$T_G < 0.2$
Ⅱ種	$0.2 \leq T_G < 0.6$
Ⅲ種	$0.6 \leq T_G$

(2) 耐震設計上の基盤面

調査地の地盤種別を検討する際に把握が必要となる耐震設計上の基盤面については、上記指針「耐震設計」の p. 66「地盤種別」の記載に基づくと、「基盤面とは粘性土層の場合は N 値が 25 以上、砂質土層の場合は N 値が 50 以上の地層の上面」若しくは「平均せん断弾性波速度

$V_{si}=300\text{m/s}$ 程度以上の地層の上面」とされている。

従って、耐震設計等を行う際に地盤種別の判定が必要となる場合、原則として上記条件の地層をボーリング調査等で把握する必要がある。

しかしながら、岩盤や洪積地盤の礫質土等が比較的浅い深度から分布する地域でない限り、この耐震設計上の基盤面の条件を満たす地層は地下深い深度に分布するケースが多い。

一方、設計検討上の支持層や安定解析上の基礎地盤の把握に関しては、必ずしも耐震設計上の基盤面の条件を満たさなくても条件として成立する場合も多い。

例えば、日本道路協会：道路橋示方書・同解説「Ⅳ下部構造編」²⁾に示される支持層としての条件「砂層、砂礫層で N 値が 30 程度以上、粘性土層で N 値が 20 程度以上」や、農林水産省：土地改良事業設計指針「ため池整備」³⁾に示されるボーリングの深度の目安としての条件「基礎地盤面（盛土と自然地盤の境界面）からおおむね 5m または堤高相当の深さのいずれか浅い方を標準とする」等がこれにあたる。

設計検討上必要な地盤条件は満足しているにも関わらず、耐震設計上の基盤面を探すためだけに非常に深いボーリング調査の実施を検討せざるを得ないケースに直面することが多々あることから、地盤情報データベースを活用した効率的・経済的な調査方法について検討した。

3. 地盤情報データベースを活用した調査方法

(1) 地盤情報の公開データの活用

農林水産省：土地改良事業設計指針「耐震設計」¹⁾、p. 58 には、以下のような記載がなされている。

(5) 地震や地盤のデータベース等の活用

最近では、過去の地震、強震記録、表層地質等のデータベース化が進められ、容易にそれらのデータを入手できる環境の整備が進められていることから、それらの情報を活用し、合理的かつ効率的な耐震設計に役立てることが望ましい。

近年、一般公開されている地盤情報データベースの例としては、国土交通省が提供する「国土地盤情報検索サイト KuniJiban」⁴⁾や（一財）国土地盤情報センターが提供する「国土地盤情報データベース」⁵⁾等があり、これらの HP サイトで概略ボーリング柱状図の閲覧等が可能な環境が整いつつある。

今回の発表事例においては、関西圏地盤情報ネットワーク（KG-NET：Kansai Geo-informatics Network）が提供する「関西圏の地盤情報データベース」⁶⁾（会員版）のデータを活用した検討事例を示す。

(2) ボーリング調査深度内で基盤面が確認されない場合の地盤種別の検討方法

ボーリング調査を進める中で、地表付近からN値50以上の地盤もしくは基盤岩が確認されない限り、 T_g 計算上もⅠ種地盤とはならない。ボーリング調査の進捗に伴い、地盤種別の計算を進めるとⅡ種地盤となり、さらに地下深部まで基盤面が確認されなければ計算上やがてⅢ種地盤となる。

そのような状況の中で、設計検討上の打ち止め条件が満たされているにも関わらず、地盤種別を判定するためだけに耐震設計上の基盤面を深い深度まで探しに行くことを回避する手法として、以下のような調査のフローを検討した。

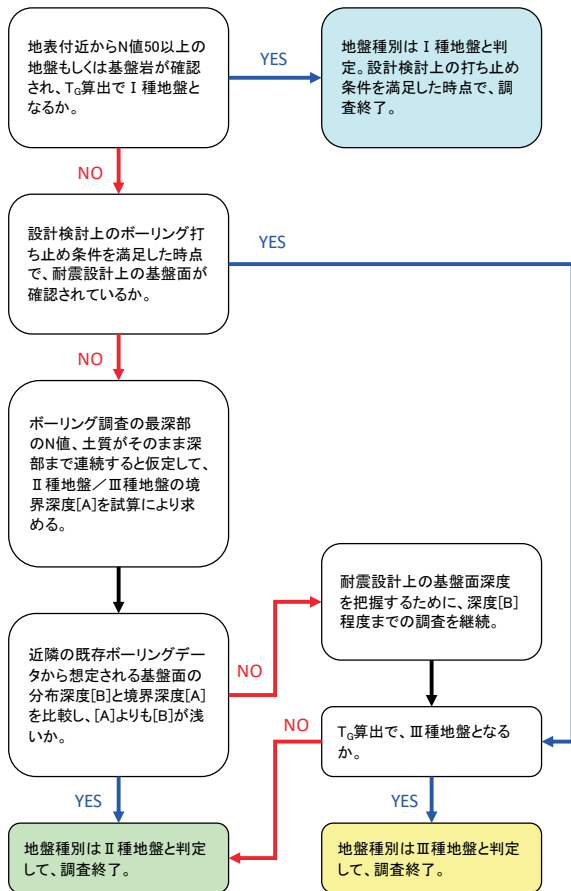


図-2 ボーリング調査深度内で基盤面が確認されない場合の地盤種別判定の調査フロー(案)

検討のポイントとしては、設計検討上の打ち止め条件が満たされた段階で耐震設計上の基盤面が把握できていない場合に、ボーリング調査の最深部のN値、土質がそのまま深部まで連続すると仮定して、Ⅱ種地盤／Ⅲ種地盤の境界深度[A]を試算により求め → 近隣の既存ボーリングデータから想定される基盤面の分布深度[B]と境界深度[A]を比較し、[A]よりも[B]が浅い場合には、その他の打ち止め条件が満たされた段階でⅡ種地盤と判断して調査終了とするところにある。

逆に、[A]よりも[B]が深い場合には、基盤面深度を把握するためには深度[B]程度までの調査が必要となる。

(3) 具体的な適用事例

上記の調査フローに基づき、兵庫県内のため池において実際に打ち止め検討を実施した事例を以下に示す。

本検討事例では以下3点の確認・判断により、GL-14.45mで打ち止めとした。①GL-6.90mで盛土が抜け、GL-11.90mで基礎地盤を層厚5m確認。②GL-11.15m～のN値より、N値30以上が連続したため、GL-14.45mで3mの支持層確認。③地盤種別の試算によりⅡ種地盤と判断。

地盤種別の検討結果としては、GL-14.45m時点での試算により、Ⅱ種かⅢ種に絞られ → GL-30.5m以深に耐震設計上の基盤面が分布すればⅢ種地盤となるが、近隣データでは深くともGL-23mで基盤面が認められることから、Ⅱ種地盤と判定した。

表-3 耐震設計上の地盤種別の検討事例

0ため池		地盤種別判定区間: GL±0.00m ~ GL-30.40m					
記 号	下限深度 GL- (m)	Hi (m)	Ni (設定N値)	粘 or 砂	Vsi (m/s)	Hi / Vsi	
B	0.00			地表面もしくは解析開始地盤面			
	1.30	1.30	3	粘土	144.22	0.0090	
	2.30	1.00	4	粘土	158.74	0.0063	
	4.30	2.00	2	粘土	125.99	0.0159	
	6.90	2.60	4	粘土	158.74	0.0164	
I 基礎地盤 + 5.0m OK	Ag	7.30	0.40	4	砂	126.99	0.0031
		9.30	2.00	3	砂	115.38	0.0173
	Ac	9.60	0.30	3	粘土	144.22	0.0021
支持層確認OK	Ou-g	10.30	0.20	23	砂	227.51	0.0031
		11.30	1.00	32	砂	253.98	0.0039
		12.30	1.00	32	砂	253.98	0.0039
		13.30	1.00	35	砂	261.69	0.0038
		14.45	1.15	36	砂	264.15	0.0044
試算	30.40	15.95	36	砂	264.15	0.0604	
ただし、粘性土:1≦Ni≦25、砂質土:1≦Ni≦50						Σ Hi / Vsi	0.1496

$$\therefore T_g = 4 \times (\Sigma Hi / Vsi) = 0.599 \text{ (s) より}$$

Ⅱ種地盤

地盤種別	地盤の基本固有周期 $T_g = \text{(s)}$	概 略
Ⅰ種	$T_g < 0.2$	良好な決壊地盤および岩盤
Ⅱ種	$0.2 \leq T_g < 0.6$	Ⅰ、Ⅲのどちらでもない
Ⅲ種	$0.6 \leq T_g$	沖積地盤のうち軟弱地盤

GL-14.45m時点の試算により、地盤種別はⅡ種かⅢ種に絞られる。

最深部のN値が連続すると仮定した場合、深さ0.1mピッチで試算した結果、

GL-30.4mまでに基盤面が分布すれば、Ⅱ種地盤となる。

GL-30.5m以深に基盤面が分布すれば、Ⅲ種地盤となる。

近隣データでは深くともGL-23mで基盤面が認められることから、Ⅱ種地盤と判定する。

4. おわりに

本検討事例については、あくまで調査地の「地盤種別」を効率的・経済的に判定するための提案であり、それぞれの調査地にて直接的に耐震設計上の基盤面の分布深度を把握しなければならない場合には適用できないことに留意願いたい。

《引用・参考文献》

- 1) 土地改良事業設計指針「耐震設計」、農林水産省、H27.5
- 2) 道路橋示方書・同解説「IV 下部構造編」、公益社団法人日本道路協会、H29.11
- 3) 土地改良事業設計指針「ため池整備」、農林水産省、H27.5
- 4) 国土地盤情報検索サイト KuniJiban HP : R3.6.5
<http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/>
- 5) 一般財団法人国土地盤情報センター HP : R3.6.5
<https://ngic.or.jp/>
- 6) 関西圏地盤情報ネットワーク HP : R3.6.5
<https://www.kg-net2005.jp/index/index.html>

既存データ・文献の活用による 同一深度に分布する粘性土層の地質年代の判定例

明治コンサルタント株式会社 奈良 杏子

1. はじめに

地質調査の調査結果のとりまとめにあたり、既存の研究成果、既発表の論文等を確認、参考および引用することは非常に重要なことと考える。本報告では、既存データや文献を確認することの重要性を再認識した事例を紹介する。

本調査は、調査地付近に計画されている下水道管きよの新設工事のための地質調査で、設計、施工に必要な地質データを得ることを目的として、同一市内において 3 孔のボーリング調査を実施した。

同様な沖積平野で実施した調査ボーリングであったが、調査の結果より No. ①孔地点と No. ②、No. ③孔地点では地質状況に違いがあることが確認された。そこで既存文献等の収集・確認を行い、その理由を解明した。

2. 調査地の地形・地質

本調査地が位置する大阪平野は、淀川・大和川およびその支流から運ばれる大量の土砂が堆積し、河内湾がやがて河内湖～湿地帯を経て、現在の沖積低地が形成されたとされている。

調査地付近は上述の沖積低地(氾濫平野)に位置する。図-1 に調査地付近の地形図を示すが、今回実施したボーリング孔の No. ①孔および No. ②孔は黄緑色で示される氾濫平野に位置し、洪水で運ばれた砂や泥などが河川周辺に堆積したり、過去の海底が干上がったりしてできた地域であると想定される。これに対し、No. ③孔は緑色の範囲内にあり、図-1 では後背湿地とされており、泥などが堆積しやすい地形に該当する。また、この地区は全体的に洪水による礫などの粒径の大きな粒子の堆積がほとんどなく、軟質な泥や砂から構成される地域であることが確認される。

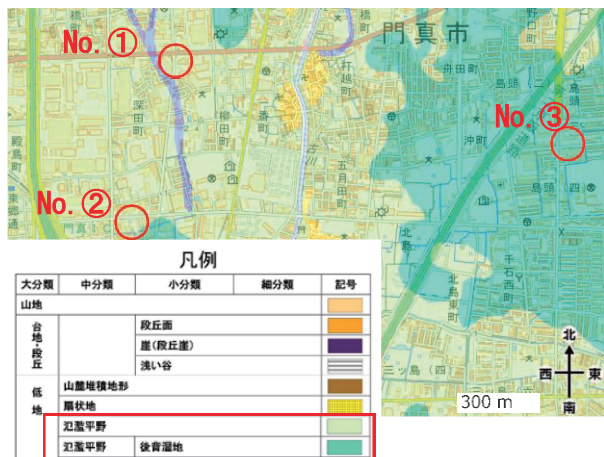


図-1 調査地周辺の地形図(国土地理院 HP)

また、一般的に調査地周辺では沖積層の基底深度は 0P-15~20m とされており、以深には天満礫層と称される比較的密な洪積層最上部の砂礫層が分布し、その下位には大阪層群の砂礫層と海成粘土層が互層状に非常に厚く堆積することが知られている。

3. 調査結果

ボーリング調査の結果より、調査地の表層 2m 前後は人工土層に覆われており、その下位では第四紀(完新世・更新世)の堆積物により構成されていることが確認された。

確認された土層は、上位より道路や公園、宅地の敷地に形成された人工土層【B】(粘性土・砂質土)が表層を覆い、その下位には沖積層【Ac・As・Ag】(粘性土・砂質土・礫質土)が分布していた。

各地点の地層想定断面図を図-2 に示す。

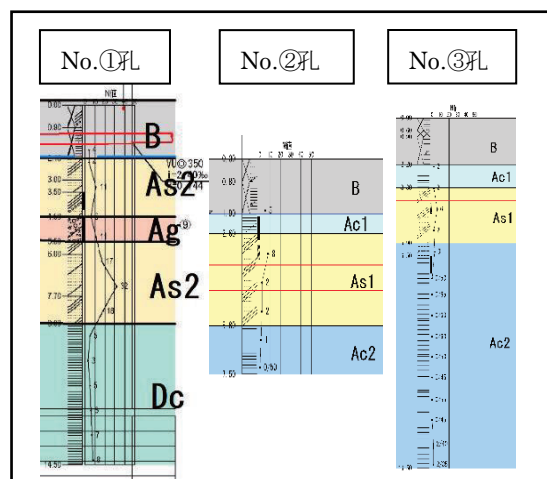


図-2 各地点の地層想定断面図

当初は、近傍で実施する調査であるため、全体的に同様な地質分布をすると思われていたが、調査結果より二点の相違が確認された。判明した相違は次の二点である。

(1) No. ①孔と他孔(No. ②孔、No. ③孔)の地質構成が大きく異なる

図-1 より、当初 No. ①孔と No. ②孔は同様な地層が分布すると想定していた。しかし、調査結果より No. ②孔は No. ③孔と類似した地層分布が確認された。

これは、図-1 を見ると、No. ②孔付近は黄緑色の範囲にあるが、すぐ南側には緑色の後背湿地堆積物の分布範囲があり、実際は No. ②孔付近まで後背湿地

性の堆積物が溜まる環境にあったと考えられ、今回の調査では No. ③孔と同様の地層分布が確認されたと想定した。

- (2) No. ①孔の沖積砂質土層の下位に分布する粘性土の N 値は、他孔に比べやや高くなっている

沖積砂質土の下位に分布する粘性土層について、No. ②孔と No. ③孔では非常に軟質で、N 値が0～3と非常に低い N 値を記録しているのに対し、No. ①孔では N 値が3～8とやや高くなっている。

図-3に調査地付近を通過する既知の断面図を示す。

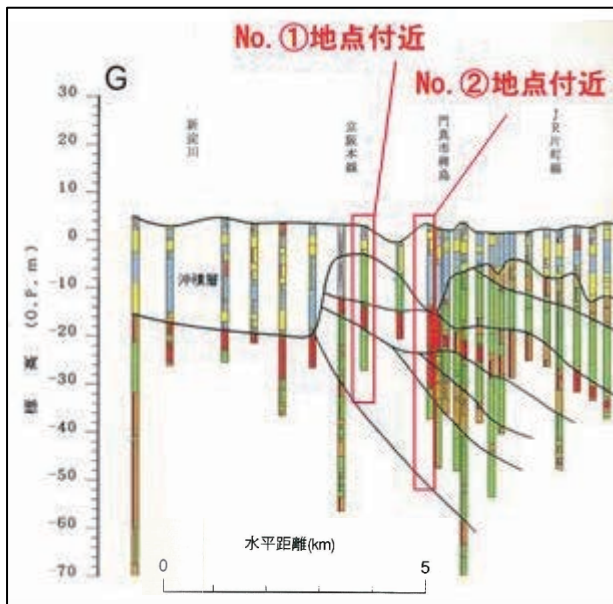
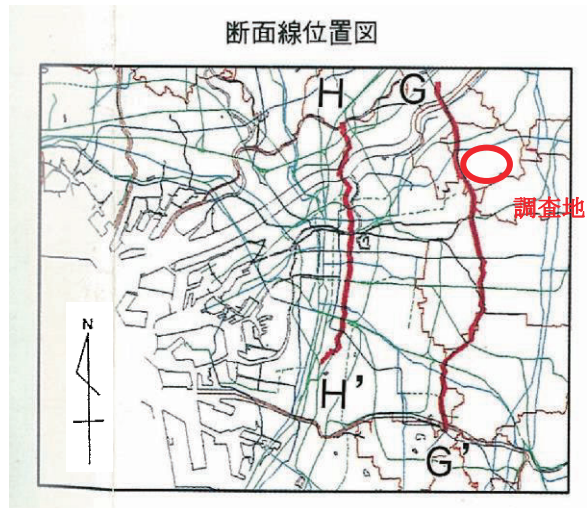


図-3 調査地周辺を通過する地質断面図(関西地盤,1992)

この図を見ると、No.②孔付近では沖積層の下面の地層境界線が O.P.-15m 付近に確認されるが、No.①孔付近では地層境界線が O.P.-6m 付近まで上昇していることが確認される。また、図-3の断面図では、No.①孔付近の地層境界線の下位には、更新世の粘性土層が分布するとされており、今回調査結果でも粘性土が出現していることと合致する。

また、No. ②孔と No. ③孔の下位の軟質な粘性土の色調は暗灰色を主体とするのに対し、No. ①孔の粘性土は緑灰色を呈しており、色調も No. ①孔のみ異なる。

これらの理由により、No. ①孔の粘性土は更新世の堆積物であると判断した。

4. おわりに

本業務は、下水道管きよの新設工事に伴う設計、施工に必要な地質データを得るために実施した一般的な土質調査である。3孔のボーリング調査を実施したところ、近傍で実施したボーリング調査であったが、地層分布、下位に分布する粘性土層の N 値に違いがあることを確認した。

既存の文献やデータと、今回得られた調査結果を照らし合わせるにより、地質的な見解より各地点に分布する地層がどういったものなのかという根拠を明瞭にすることができた。

工学的な違いにより土質定数を設定するだけでなく、N 値の違いが何なのか、なぜこの地点だけ地層の分布が違うのかを考え、自分なりに調べ、解釈することができた。

以上のことから、既存データや文献を確認することの重要性を再認識した。

《引用・参考文献》

- 1) 国土地理院地図 <http://maps.gsi.go.jp>
- 2) 関西地盤 1992 P47, P48
- 3) 発表要領集 p8

地質モデル作成における照査について

株式会社エイト日本技術開発 澤田 弦一郎

1. はじめに

一般的に構造物設計や地盤解析に用いる地質モデルは、現地調査の結果や既往資料、文献等に基づきモデル化する。

地質構造をモデル化した場合、設定した地層境界線や地盤定数等の物性値には何らかの設定根拠（設定条件）があるはずだが、設定根拠不明なモデルが見受けられることがある。

このような地質モデルは、第三者による再現が困難となり、モデルの精度が保証できない。そのため、本稿では、地質モデルの精度担保のため実施する主な照査ポイントや地層線の設定根拠記載例について、特に若手技術者向けに述べる。

2. 地質モデル作成における照査の重要性

地質モデル作成にあたり、作成根拠を残すことや、照査を行うことの重要性について、以下に整理した。

(1) 後工程への影響

構造物設計や地盤解析のために作成された地質モデルに致命的な誤りや設定根拠不明点があると、設計や解析の見直しを行う可能性があり、大きな手戻りが生じる可能性がある。

(2) 第三者がモデル作成を引き継ぐ場合の影響

やむを得ない事情で担当者の変更になる場合、前担当の方針を踏襲し、モデルを作成せざるを得ない場合がある。

このような場合、過去のモデル作成方針に不明瞭な点があると、モデルの作成根拠に一貫性を持たせることが不可能となる。結果、モデルの信頼性を問われることになる。

3. 具体的な事例

(1) 飽和-不飽和浸透流解析による河川堤防の安定性検討

1級河川沿いに計画されている高規格道路の施工時・完成時における浸透に関する河川堤防の安定性検討のため、飽和-不飽和浸透流解析を行い、それから得られる浸潤面を用いた円弧すべり、パイピングによる堤防の安全性の検討を行った。

これらの検討を行うにあたっては、河川堤防および基礎地盤を適切にモデル化することで、検討結果の信頼性を高めることにつながる。

河川堤防および基礎地盤をモデル化する場合、おおよそ以下の表-1に示す事項に留意する必要があると考える。

表-1 モデル作成における留意事項(河川堤防の場合)

対象	主な留意事項
地形	・選定する代表断面は地形的に最も厳しい条件であるか？ ・地形データは最新のものであるか？
地質	・礫・砂・粘土・岩盤等の土層・岩相区分は適切か？ ・地形分類から読み取れる堆積環境が考慮されているか？ ・既存の地質調査データがある場合、それが考慮されているか？(図-1) ・ボーリング位置について、座標や標高、断面図への投影方法は適切か？
堤体	・堤体の形状(天端幅、のり勾配等)は既知であるか？(図-2) ・築堤履歴は考慮されているか？(図-3) ・堤体の土質状況はどうなっているか？
護岸	・護岸の有無 ・護岸がある場合、その構造はどうなっているか？(根入れ深さ、護岸厚さ、勾配等)(図-4)
構造物	・最新の設計成果が反映されているか？ ・位置や深度等に間違いはないか？

想定地層縦断面図(堤体)

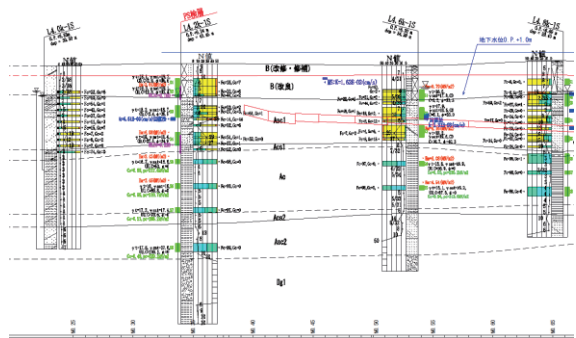


図-1 堤体の既往想定地層縦断面図

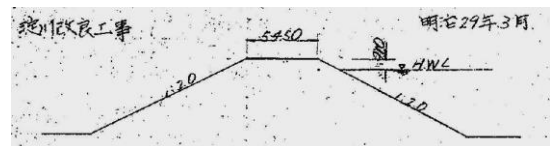


図-2 堤体の標準断面

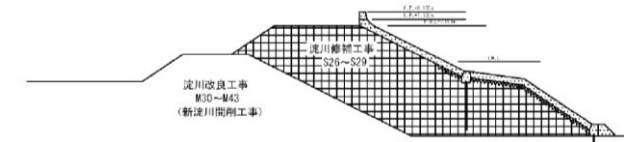


図-3 堤体の築堤履歴

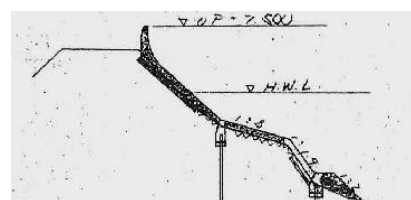


図-4 護岸の構造

4. 主な照査ポイント

地質平面図や地質断面図を正確に作図するため、基本的には汎用の CAD ソフトを使用する。ここでは、表-2に CAD 図面における主な照査ポイントを整理した。

また、図-8には土層線設定根拠の記載例を示した。

表-2 CAD 図面作成における主な照査ポイント

図面種類	主な照査ポイント
地質 平面図	・座標系は適切か ・地形図は最新のもののか ・方角・縮尺・凡例は示されているか ・地質断面図の作成線が示されているか ・地層境界の設定根拠は明瞭か ・地層境界の位置は地質断面図と一致するか
地質 断面図	・縮尺・縦横比・凡例は示されているか ・地層境界の設定根拠は明瞭か ・不確実性が大きい部分は明示されているか ・ボーリング柱状図の投影方法、投影位置は明瞭か (図-5) ・地層境界の位置は地質平面図と一致するか ・縦断図と横断図の交点で地層境界は一致するか (図-6)
堤体	・築堤履歴や工事記録から読み取れる寸法値 通りに作図されているか(図-7)
護岸	・護岸構造図から推定可能な寸法通りに 作図されているか
共通	・境界線の端部処理は適切か ・地層のハッチング色は適切か

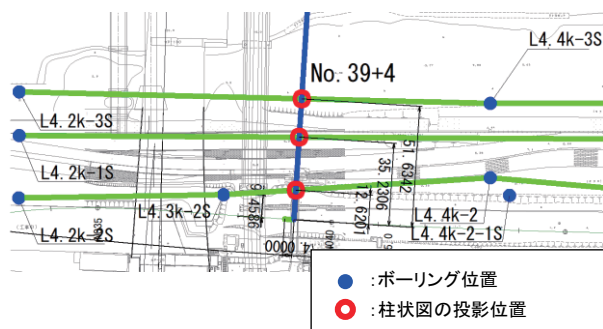


図-5 ボーリング柱状図の投影位置のチェック例

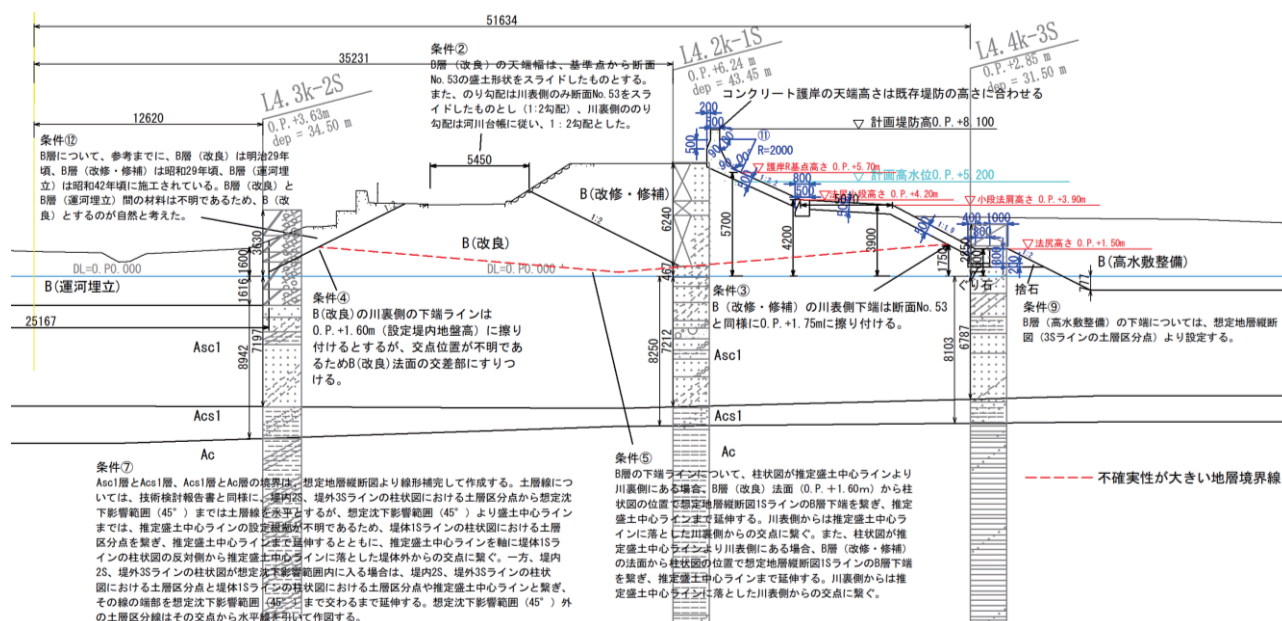


図-8 作成した地質モデルの設定条件記載図

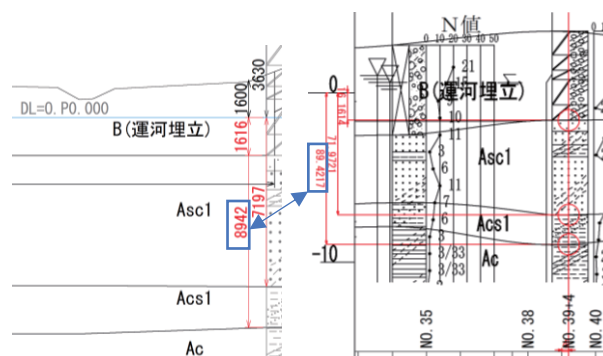


図-6 横断面図(左)と縦断面図(右)の地層境界のチェック例

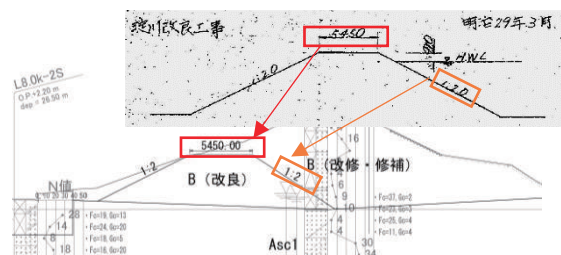


図-7 堤体の作図例

5. まとめ

本稿では、主に地質モデル作成精度向上のために行う「照査」に着目し、地質平面図や地質断面図を作図する際の照査ポイントを示した。地質モデルを作成する際、どのような方針や根拠でモデル化したか明示することで、照査ポイントが明確になり、作図方針や作図ミスがあった場合に、大きな手戻りを防ぐことが可能となる。

また、不確実性が大きい箇所を明示することで、追加調査の提案がしやすくなるメリットもある（図-8参考）。

作図根拠の記載や照査を行うことは時間と手間がかかるが、作業の大きな手戻りを防ぐことにもつながる。特に繁忙期においては、照査精度や照査時間を確保することも課題といえるが、品質向上のため必ず照査を行うことが望ましい。