

高速道路盛土建設における軟弱地盤対策の変遷

HISTORICAL ASPECTS OF COUNTERMEASURES FOR EXPRESSWAY'S EMBANKMENTWORKS ON THE SOFT GROUND

持永龍一郎*・栗原則夫**・瀬在 武***

By Ryûichirô MOCHINAGA, Norio KURIHARA and Takeshi SEZAI

はじめに

日本道路公団では、これまで全国各地で様々な軟弱地盤に遭遇し、多くの試行錯誤を繰り返しながら軟弱地盤対策の技術を発展させてきた。

名神高速道路における軟弱地盤対策は、土質力学の忠実な適用から始まったが、尼崎、乙訓、大垣の各試験盛土の実測データの示すところを事実として認めるところから計算万能主義を脱却し、より実用的な設計、施工指針を得ることができた。東名高速道路では名神とは比べようがないくらい多種多様な軟弱地盤に遭遇することになり、軟弱地盤対策の技術も多くのノウハウの蓄積によって幅を増し、ここに道路公団独自の軟弱地盤対策の技術の基本が確立された。その具体的内容は昭和45年1月の「日本道路公団設計要領・第1集」に集約された。

新規縦貫五道の建設段階に入ると、高速道路は全国へ展開することとなり、軟弱地盤対策は「昭和45年版設計要領」技術の応用の時代に入った。東北道、北陸道の軟弱地盤対策を皮切りに、九州道、京葉道路、東関東道などを経て道路公団の軟弱地盤対策の技術はさらに磨かれ、常磐道、道央道において新しい段階に到達した。そして、それは昭和58年4月の「日本道路公団設計要領・第1集」としてまとめられた。以上のような経緯の中で道路公団が全国で遭遇した主な軟弱地盤の分布は図-1のとおりである。また、これらの軟弱地盤にお

る土工工事の年代的な経過は表-1のとおりである。

以下、道路公団における軟弱地盤対策の技術、すなわち、軟弱地盤における高速道路盛土の設計、施工技術の変遷を、名神および東名高速道路時代とそれ以後に分け、技術的にみてエポックメイキングな事例あるいは技術的に特色のある事例を中心に取り上げながら、述べることとする。

1. 名神および東名高速道路

(1) 試験盛土方式の導入

名神高速道路で初めて遭遇した軟弱地盤は、尼崎地区であり、続く乙訓地区であった。すべてが初めての経験であり、多くの問題点を机上で解決できる技術もなく、その実際的な問題解決法として実物大の試験盛土を実施するという方式が採用された。尼崎および乙訓地区でサンドドレーン区間（尼崎ではサンドコンパクションパイル区間も）と何も対策工を施さない無処理区間が設けられ、試験盛土が施工された。得られた沈下データは、サンドドレーンを打っても打たなくても同じという結果を示していた。しかしながら土質力学は万能と考えられ、実測結果の如何よりも計算結果の方が信頼されていたので、本線工事ではサンドドレーンが採用された。このように揺籃期の技術的未熟さはあったものの、問題解決の手段として試験盛土方式を導入し、しかも処理区間と無処理区間を直接比較するという手段を最初から採用したことは、軟弱地盤対策の技術の発展にとって画期的なことであった。この思想は後々まで引継がれ、対策工の効果を定量的に評価する実際的な方法として大きな貢献をすること

* 正会員 日本道路公団 東京第二建設局長

** 正会員 工修 日本道路公団 新潟建設局糸魚川工事事務所長

*** 工修 日本道路公団試験所 土工試験室長
(〒194/東京都町田市忠生 1-4-1)

になった。

(2) 動態観測の定着化と計算万能主義からの脱却

名神高速道路の名古屋周辺の調査が進むにつれて、濃尾平野、とくに大垣地区が今までと比較にならない大規模な軟弱地盤であることが明らかになってきた。尼崎、乙訓の試験盛土で露呈されたいくつかの問題点に決着をつけるべく大がかりな試験盛土が実施された。すなわ

表-2 試験区間

区 間	A	B	C	D
処 理 工	サンドドレーン			非改良
打設ピッチ	2.4 m	2.4 m	1.6 m	—
打 設 長	8 m	20 m	8 m	—

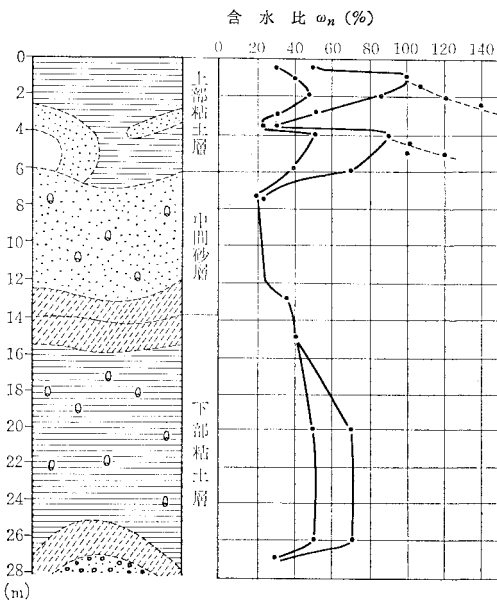


図-2 大垣地区土質柱状図

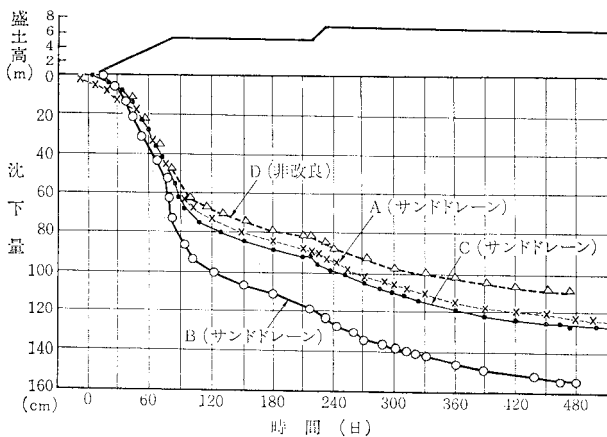


図-3 大垣試験盛土の沈下時間曲線

ち、この大垣試験盛土では、サンドドレーンの沈下促進効果を確認することを主目的に、表-2 のような4つの試験区間が設けられた。各区間の延長は 50 m 前後、総延長は 170 m であり、盛土高はすべて 8 m とした。試験区間の土性は 図-2 に示すとおりである。綿密な動態観測網を設けて盛土が施工された。その結果得られた沈下時間曲線は 図-3 のようである。沈下量の大きさには区間ごとにいくらかの差はあるが、時間的変化の傾向にはいずれも有意差がないことが歴然と現れた。

このように万全の観測体制が敷かれ、十分に計画の練られた大垣試験盛土において、尼崎、乙訓と同様にサンドドレーン区間と無処理区間の沈下傾向に有意差が生じないことが実測されるに及んで、理論が実際と一致しない事実を直視せざるを得なくなった。計算だけによるといくらか安定上の疑問も残していたが、本線工事ではサンドドレーンを採用せず無処理のまま盛土することに踏み切った。

このことは、それまでの常識すなわち軟弱地盤にはサンドドレーンという概念を打ち破り、計算万能主義から脱却することになった画期的な決断であった。

このように理論の束縛から逃れる根拠を与えてくれたのは、動態観測による実測データであった。この大垣地区における経験は、動態観測を行いながら実測データに基づいて技術的な判断を下していくというやり方を、道路公団における軟弱地盤対策の一般的な技術として定着させることとなった。

なお、大垣地区の本線工事では、沈下促進および残留沈下軽減のためのサーチャージ工法の採用、橋台取付部の高盛土区間へのサンドコンパクションパイル工法の採用、プレロード施工による浮基礎式のカルバートの採用等、その後の東名高速道路での設計、施工の原則となった考え方が採用された。

また、大垣地区は供用後の残留沈下が大きいことが予想されたので、暫定舗装(バンダークースまで施工)とした。

(3) サンドドレーン効果の確認

昭和 38 年になると東名高速道路の調査も本格化してきた。まず最初に問題となったのは相模川流域の厚木地区であった。大垣地区より条件の悪い軟弱地盤と考えられ、さっそく試験盛土が実施された。サンドドレーンのほかペーパードレーンも試験されたが、名神地区と同様沈下促進効果は認められなかった。

厚木地区の隣の名古屋寄りにある愛甲地区は、含水比が最大で 700 %にも達する泥炭層を含んだ軟弱地盤で、層厚は 10 m 前後であっ

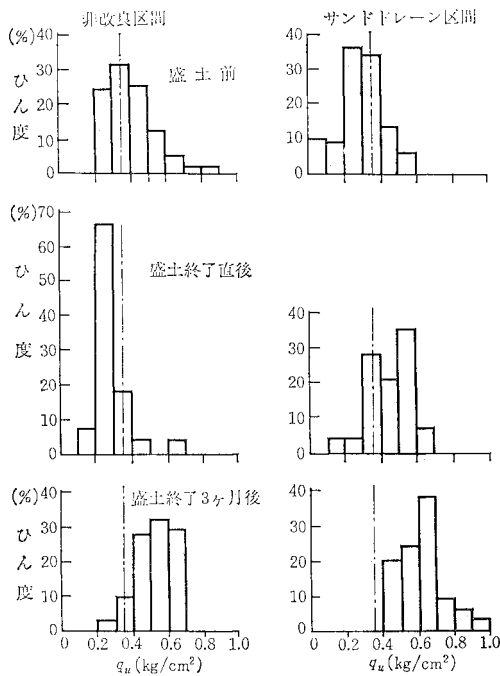


図-4 土の強度の時間的変化(愛甲試験盛土)

た。このような本格的な泥炭地盤に遭遇したのは高速道路の建設が始まって以来初めてのことであり、盛土の安定の確保がきわめて困難と予想されたので試験盛土が実施された。観測結果をみると、やはり泥炭地盤の場合もサンドドレーンの沈下促進効果は認められなかった。しかし、この愛甲試験盛土ではチェックボーリングを何回か実施し、地盤強度の変化が詳しく調査された。それによると、図-4に示すようにサンドドレーン区間では無処理区間より早期に強度増加することが認められた。それまでの試験盛土でもこうした傾向は大体認められていたが、データ不足で結論を下すまでには至っていなかった。

この愛甲試験盛土において「沈下促進効果は認められないが、強度増加促進効果は認められる」というサンドドレーン効果の評価が確定したのである。この愛甲地区の本線工事では、安定確保を主目的にサンドコンパクションパイルを用いることとした。さらに、とくに層厚の厚い歌川地区では避溢橋を兼ねた延長330mの高架橋とした。これは軟弱地盤対策として構造物が登場した初めてのケースであった。

(4) 安定上問題のあった地盤における対策

東名高速道路の静岡県内には各所に軟弱地盤が存在しているが、袋井と焼津がとくに問題箇所として早くから検討の対象となっていた。袋井の村松地区は含水比が1000%にも達する未分解繊維質の泥炭層があること、

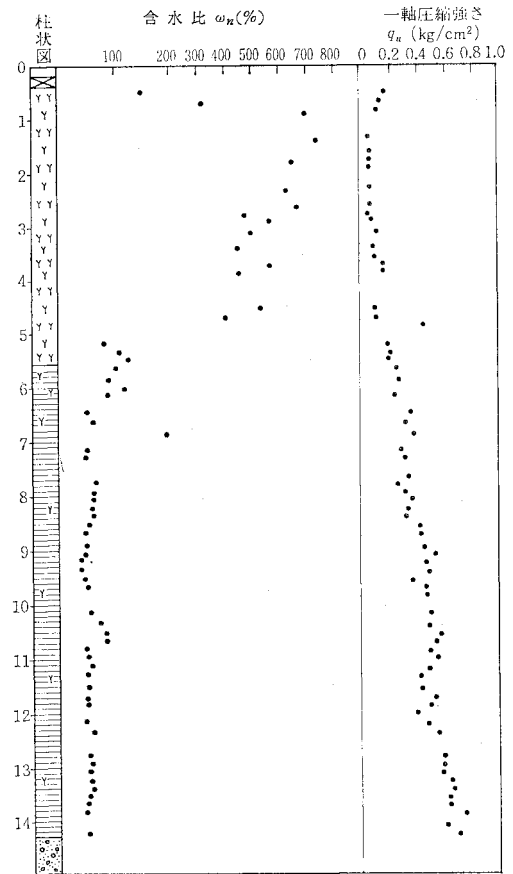


図-5 村松西地区(袋井)の地盤の土性

焼津の高崎地区は有機質粘土と海成粘土が中間砂層なしに厚さ30m近く堆積していることが問題となっていた。

村松地区は試験盛土の結果、本線はほとんどを高架構造とし、盛土区間はごく一部とした。村松地区のうち村松西地区と呼ばれる約130mの区間は、その盛土区間であった。その土性は、図-5に示すように、表層の泥炭層約5mの下位に有機質粘土が10m以上堆積している。押え盛土とサンドコンパクションパイル、サンドドレーンを用いて盛土を施工したが、盛土高6mですべり破壊を生じた。この地区は最終的には強制置換で対処したが、東名の土工でもっとも苦労した軟弱地盤となった。焼津の高崎地区はいわゆるオボレ谷地形になっていて、上部12mが含水比150%程度の有機質粘土層で、下部約20mは含水比50%程度の海成粘土層である(図-6)。そしてこの地盤はフォイルサンプラーによって採取された連続試料から、中間砂層を含んでいないことがわかった。対策工法として、深さ7mと20mのペーパードレーンを90cmピッチで交互に打設し、のり面部にはサンドコンパクションパイルを用いた。盛土を開始したところ、盛土高8m近い時点で急に沈下量が

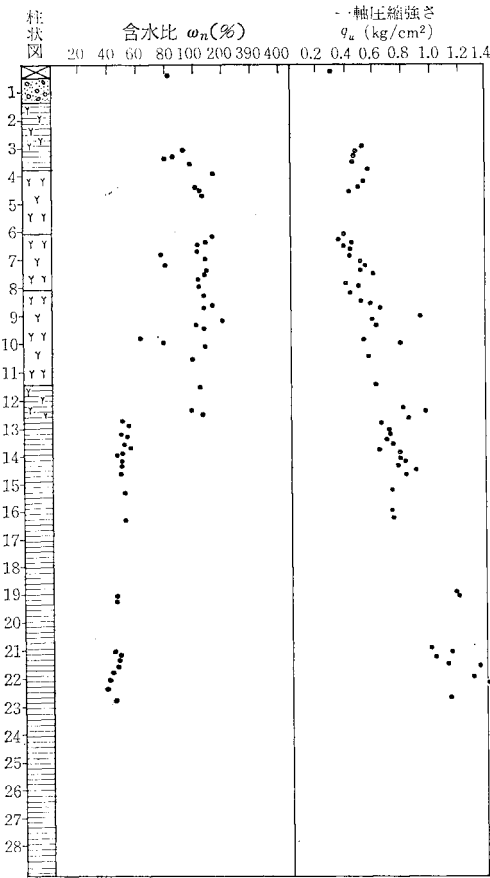


図-6 高崎地区（焼津）の地盤の土性

増大する現象が生じ、下部の海成粘土層を通る深いすべり破壊を生じかけたものと推定された。この高崎地区は供用後大きな残留沈下を生じている個所となった（図-7）。

さらに、本線工事段階で当初の予想以上に問題のある軟弱地盤として盛土の安定確保に苦労した個所も少なくない。たとえば、江尾地区や岩淵地区では盛土のすべり破壊を生じたが、これらはいずれも基盤が傾斜した所へ盛土したケースであり、基盤の傾斜方向へすべりが生じた。前述した村松西地区も同様に基盤が傾斜していたケースであった。

以上述べた村松地区と高崎地区のような上層に泥炭があり、下層に海成粘土があるような土層構成の軟弱地盤および基盤が傾斜しているという条件は、破壊事例に共通する要因であることが指摘できる。

（5）新工法の試み

東名高速道路における軟弱地盤対策としては、押え盛土、パーティカルドレン、サンドコンパクションパイル、サーチャージ、プレローディングなどが一般的に用いら

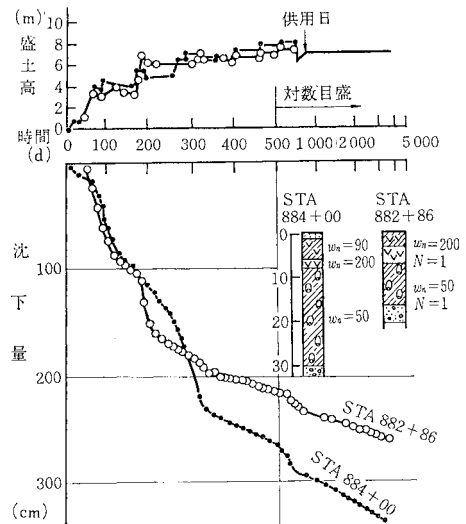


図-7 高崎地区（焼津）の長期沈下

れたが、試験的にあるいは特殊なケースに種々の新工法が試みられた。

厚木地区の橋梁取付部では、残留沈下対策のため当時新工法として登場した生石灰パイル工法が試験的に用いられた。構造物を軟弱地盤対策として用いた例として、愛甲地区と村松地区の高架橋の例があることはすでに述べたが、村松地区の横井避溢橋、焼津地区の石脇および坂本避溢橋は、プレローディング工法で地盤改良したうえで、基礎杭を持たない連続カルバートボックス型式で施工された。

愛甲地区における施工段階では、すでに名神の供用後の状況が分かりつつあり、それによる残留沈下が大きく橋梁と盛土の取付部の段差の補修がなかなか難しい作業であることがわかってきていた。そこで、カルバートボックスの場合と同様に橋台部にもある程度の沈下を許容する構造、すなわち基礎に杭を用いない構造を採用し、盛土部との相対的な沈下差をなくして路面の平坦性を保とうという考え方が登場した。アプローチクッション方式の橋台である。

（6）設計要領の確立

名神および東名高速道路の経験により道路公団における軟弱地盤対策の設計、施工の考え方はほぼ確立され、昭和45年1月に制定された「日本道路公団設計要領・第1集」にまとめられた。その要点を列挙すると、次のとおりである。

- ① 盛土の安定検討は土の強度増加を期待する $\phi_n = 0$ 法による円弧すべり計算によるものとし、盛土上り時点の安全率を $F_s \geq 1.25$ とする。
- ② 沈下検討はテルツァーギの圧密理論、およびバロ

ンのサンドドレーン理論を用いるものとし、残留沈下量は一般盛土部で $S_r \leq 10 \text{ cm}$ 、橋台取付部で $S_r \leq 30 \text{ cm}$ とする。

- ③ 対策工法は安定確保のためにサンドドレーン工法、押え盛土工法を中心に選定し、それで安定が確保できないときはサンドコンパクションパイル工法等を用いる。
- ④ 沈下促進のためにはサーチャージ工法やプレローディング工法を用い、できるだけ放置期間を長くとする。
- ⑤ カルバートはプレロードを施工し、基礎工を用いない構造とする。
- ⑥ 施工時には動態観測を実施し、安定管理、沈下管理を行う。

以上は名神、東名の豊富な経験に裏付けされたきわめて実質的な要領であったが、沈下量を計算だけで定量的に予測することはきわめて難しく、また、新しい計算方法の提案もできないまま慣用的な計算方法を踏襲したため問題点も含んでいた。たとえば、上記②の残留沈下規定を設けたことにより、沈下促進のためにバーチカルドレーンを用いても有効ではないという結論が出ていたにもかかわらず、計算上残留沈下を規定値以下に収めるためサンドドレーンを設計するという矛盾を後に残すこととなった。

2. 新規縦貫五道以降

(1) ローコスト化の努力

東名高速道路完成後、高速道路の建設は全国へ展開することになったが、その中でも東北、中央、北陸、中国および九州縦貫自動車道などのいわゆる新規縦貫五道が優先的に整備されることになった。短期間に全国的な高速道路網を整備するために、何よりも建設費の低減が要請された。

軟弱地盤対策もローコスト化が必要とされた。東北道(岩槻-館林)では盛土材の絶対的な不足という事情もあって低盛土方式が大々的に採用された。このような大規模な軟弱地盤上の低盛土の建設は、高速道路にとって初めてのことであり、久喜試験盛土において動的荷重が基礎地盤に及ぼす影響や盛土の変形、必要最小盛土厚などの検討が行われた。その結果、サーチャージ工法の有効性や路床における荷重分散のため、路床の安定処理や良質材の使用のほか、盛土内の水位低下の必要性が明らかになった。これらの結果を踏まえ、軟弱地盤対策工としてはサーチャージ工法が実施されたが、交通荷重や盛土荷重による不等沈下や残留沈下のため供用後の補修工事に

苦勞したこと、横断構造物が半地下ボックスとなり、常時地下水のポンプアップを必要としていること、などの問題点も残った。

このほか、良質な砂が入手困難になってきたという背景もあって、多少条件は悪いが安価な山砂、碎石などをサンドマットやサンドドレーンに使用することでローコスト化を図る努力も各地で行われるようになった。たとえば、道央道・登別地区では現地から発生する有珠軽石がサンドマット材やバーチカルドレーン材として使えるかどうか試験施工を行い、その有効性が確認されたため本施工で全面的に使用した。

また、常磐道・谷和原地区でも、試験施工の結果を踏まえ、碎石をバーチカルドレーン材に使用し、ローコスト化を図った。

(2) より軟弱な地盤への挑戦

東名で安定上苦勞した村松地区や高崎地区の地盤は、いずれも層厚が厚く、深層部の鋭敏な粘土層の対策をいかにするかが問題と考えられた。これに対しては、深層(具体的には10m以深)の粘土層は地盤処理工を施工しても沈下・安定とも効果がないのではないかと、逆に処理工を施工することで地盤を乱して安定上かえってマイナスになるのではないかと、などの疑問があった。

新規縦貫五道の時代に入って、それらの対応策として、① サンドドレーン、サンドコンパクションパイル以外のたとえば生石灰パイルを施工する、② 地盤の乱れの少ないサンドドレーン打設法を用いる、③ 無処理のままとする、④ 高架構造とする、などが試みられた。

北陸道・加賀地区では、深層の粘土を生石灰パイルで処理することが試みられた。すなわち、既往の沈下データによると軟弱層厚が10m以浅の場合は、盛土立上り後、数か月もすれば沈下はほぼ収束するが、10m以深の場合は、サンドドレーンを打設しても沈下が継続し管理段階へ問題を残すことが多い。

そのため、地表面から10mまでを通常のサンドドレーンで処理し、その下位10~20mの深い粘土層を生石灰パイルで処理することにより、残留沈下を阻止できるかどうかを確認するため橋台と盛土の取付部において現地比較試験を行った。その結果、沈下量の絶対値は近接するサンドドレーン施工箇所よりも小さく、その有効性が確認されたが長期の沈下速度については、20m以深の層の沈下が影響したためか有意な差が得られなかった。

京葉道・都川地区では、地盤の乱れを少なくすることでサンドドレーン効果を高めることができるのではないかと、地盤の乱れの少ないオーガー式のサンドドレーンと通常のマンドリル式のサンドドレーンの比

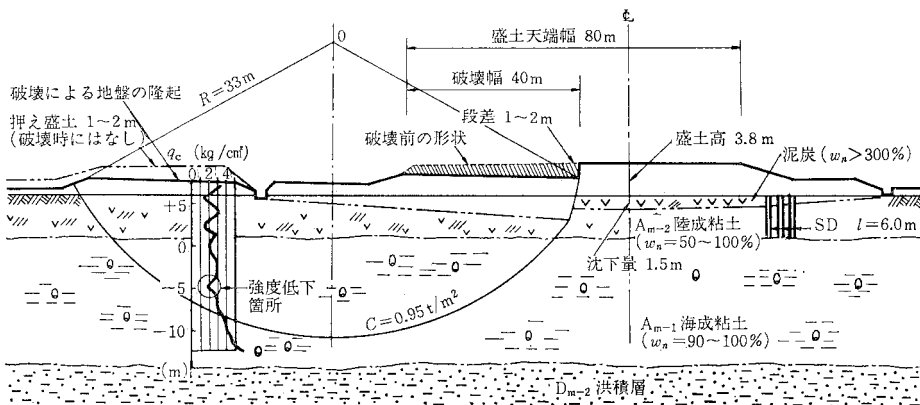


図-8 岩槻地区すべり破壊箇所横断面図 (Hランプ STA 1+00)

軟試験が実施された。結果的には期待したほどの沈下傾向の差は見られず、むしろ地盤を乱すマンドリル式の方が地盤強度増加が大きいという結果となった。

東北道・岩槻地区では岩槻インターチェンジの盛土施工にあたり、表層の泥炭と陸成粘土 6m だけをサンドドレーンで処理し、深層の海成粘土は無処理のままとしたところ、盛土高約 4m で 図-8 に示すような破壊が延長 130m にわたって生じた。対策工として、縦断変更やランプの高架部分の延長と押え盛土の大幅な追加で復旧したが、盛土部は供用後も過大な残留沈下が継続している。このように、泥炭の下位に鋭敏な海成粘土が厚く堆積している場合は、盛土の安定上最も注意を要する地盤のタイプである。

一方、同じく深層部に海成粘土があっても、名神の大垣地区のように中間砂層を介在しているケースでは、深部の粘土層に係るような安定問題はなく、処理の必要性はない。しかし、供用後の長期にわたる残留沈下は覚悟しなければならない。濃尾平野の低地帯に建設された東名阪は、大垣型の地盤であり、避溢の条件から高架が採用された。しかし、長尺の基礎工となったため、橋台部が背面の盛土荷重による側方流動圧で変位を生じた。こ

れを契機に軟弱地盤における橋台の側方変位の研究が進んだ。

次に、谷地部の軟弱地盤は多くの場合、表層部に泥炭層を有し、基盤が傾斜している。このような傾斜地盤上の盛土は安定しきわめて不安定になる場合があり、北陸道・小杉地区や、東北道・姉齒地区では破壊が生じた。

東関道・宮野木地区は上層に泥炭が 8~12m、その下位に有機質粘土が 2~8m ほど堆積している。対策工としては、泥炭層がきわめて厚いことから、図-9 に示すようなサンドドレーン、押え盛土のほかにディープウェルによる地下水位低下工法を併用した。盛土初期はウェルポイントを行い、その後の排水はディープウェルによって実施した。また、水位低下の効果を上げ、かつ周辺への影響を避けるため、周辺に矢板を打設した。実測による沈下量は約 6m にも達し、急速な沈下のために一部地山との境にクラックが生じたが、谷部全体を盛土してしまう地形条件という有利さもあり、土工工事期間中に沈下はほぼ収束した。

一方、北陸道・柏崎(刈羽)地区は、泥炭層が約 13m と非常に厚く、その下位に有機質粘土が堆積し、しかも基盤が傾斜した谷の端部へ盛土する条件にあったため、

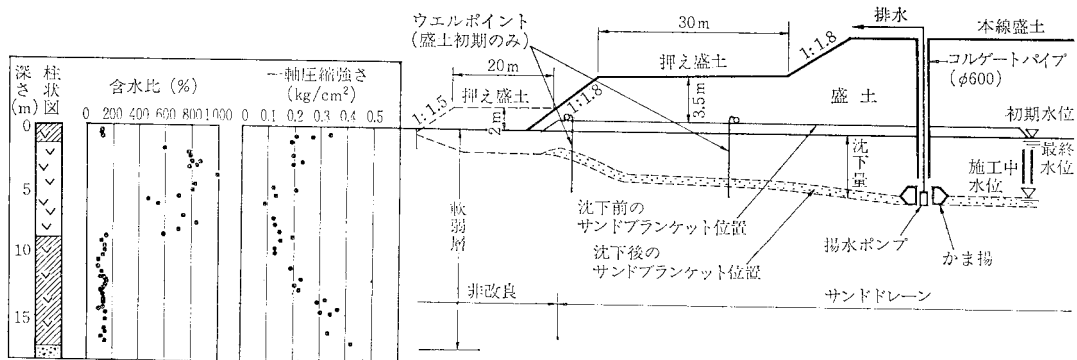


図-9 宮野木地区の土性および揚水方法

安定上きわめて問題となる地盤であった。対策工としては、サンドドレーン、押え盛土およびディープウェルを併用したが、施工中に破壊し、供用後も過大な沈下が継続している。

(3) 残留沈下量の許容規定の撤廃

強度増加促進に効果は見られるが、沈下促進には有意な効果が見られないというのがサンドドレーンに対する名神・東名でのデータによる評価であった。したがって、実用的にはサンドドレーンは、安定対策に用いるとの考え方が打ち出されていたが、昭和45年版設計要領では残留沈下量の許容規定値があったため、東名以後も実際には沈下促進のためにサンドドレーンで設計するケースもみられた。

このような経緯もあって、サンドドレーンの評価は引き続き大きな技術的問題であり、道央道の岩見沢試験盛土および江別試験盛土、常磐道の神田試験盛土で無処理とサンドドレーンの比較試験が本格的に実施された。こうした経過を経て、無処理とサンドドレーンで沈下速度は図-10に示すように高々2倍程度も変わらず、これは無

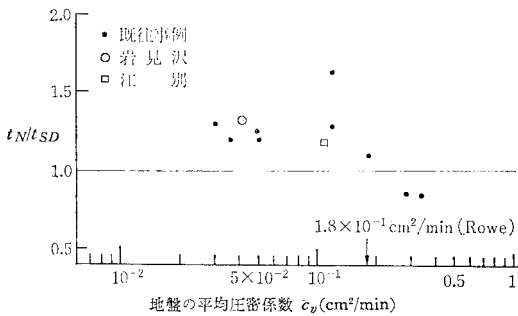


図-10 サンドドレーンが実測沈下速度に及ぼす影響

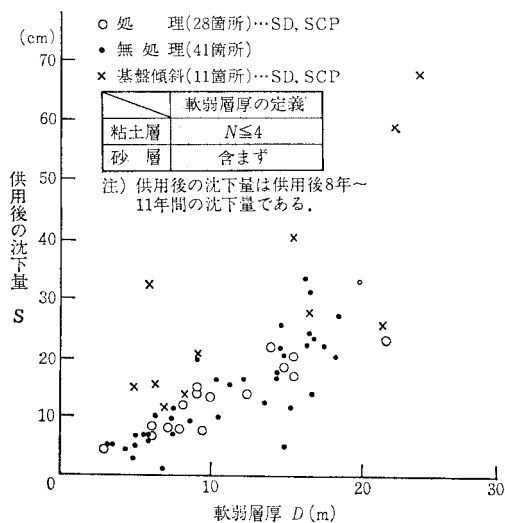


図-11 供用後の沈下量と軟弱層厚

処理での沈下速度がテルツァーギ理論による計算値よりも相当早いことが原因であると判断された。なお、図-10に示す t_{SD} および t_N は実測値から曲線定規法を用いて求めたサンドドレーン区間と無処理区間の50%あるいは80%圧密時間を表わしており、沈下速度に反比例する指標である。

また、図-11に示す東名の長期沈下追跡調査からも、サンドドレーン、サンドコンパクションパイル打設の有無にかかわらず長期にわたる残留沈下量に有意な差がないことも判明してきた。このほか、供用区間における補修実態調査によると、軟弱地盤特有の補修行為は供用後約5年程度までであることが多く、それ以降については、沈下速度は遅くなり、路面の摩耗、わだち掘れなどによる通常のオーバーレイではほぼ対処できることなどが分かってきた。

さらに、北陸道(新潟-長岡)は、新潟平野の大規模な軟弱地盤であり、整備された水田地帯を分断する形で高盛土で施工されたが、横断構造物、近接構造物、周辺地盤の沈下・変形対策が重大な問題となった。このためカルバートボックスの上げ越し施工、およびそれに関連するプレロード除去時のリバウンド、近接構造物の変位防止対策(矢板、砂利コンパクションパイル)、周辺地盤の隆起と引き込み沈下対策などが検討された。

これらは、常磐道、道央道での設計・施工へ生かされた。特に沈下対策については、施工から維持管理までのトータルコストで設計しようとする大きな発想の転換があった。すなわち、残留沈下量の許容規定を撤廃し、残留沈下には表-3に示す方針によって対処することとした。

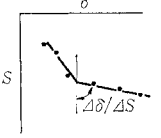
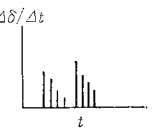
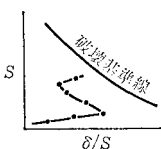
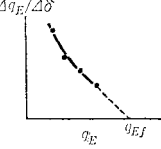
表-3 残留沈下対策

区 分	方 針	対 策 例
建設段階 (土 舗 装 工)	① 可能なかぎり沈下を促進させておく	プレロード サーチャージ 十分な放置期間ほか
	② 長期沈下に起因する支障を吸収しうるように、あらかじめ余裕ある構造としておく	路面のかさ上げ 盛土の幅員余裕 カルバート断面余裕
	③ 補修の容易な構造としておく	踏掛板 路面排水構造 防護さく構造ほか
管理段階 (維持, 補修)	④ 沈下の進行に応じて適時に補修を行う	パッチング その他

(4) 新技術・新工法の試み

盛土施工では、安定の確保が第一義的な問題であり、そのための対策工の設計および施工時の動態観測に基づく安定管理には一貫して注意が払われた。東名に続く東北道、北陸道を皮切りに各地の軟弱地盤上の盛土工事で

表—4 破壊予測法

破壊予測法	内 容
$S \sim \delta$ 法	 <p>Sとδをプロットし、$\Delta\delta/\Delta S$がある大きさを越えることで破壊予測</p>
$\Delta\delta/\Delta t$ 法	 <p>δの1日当たりの変化量$\Delta\delta/\Delta t$がある大きさを越えることで破壊予測</p>
$S \sim \delta/S$ 法	 <p>Sとδ/Sをプロットし、その軌跡が破壊基準線に近づくかどうかで破壊予測</p>
$\Delta q_E/\Delta\delta \sim q_E$ 法	 <p>漸増載荷中の$\Delta q_E/\Delta\delta \sim q_E$関係(右下がりの曲線)を外挿することで破壊荷重$q_{EJ}$を予測</p>

注) S : 盛土中央部の沈下量
 δ : 盛土のり面の水平変位量
 q_E : 盛土荷重

動態観測が実施された。しかしながら、観測結果から定量的に盛土破壊を予測する手法が確立されていなかったこともあり、破壊事例も結構生じた。こうした経験から定量的な破壊予測手法へのニーズが高まった。昭和49年頃から破壊予測手法についての研究が行われ出し、いくつかの方法も提案されるようになった。道路公団でも新潟、姉齒地区などで適用性のチェックが行われ始め、道央道・岩見沢試験盛土で本格的に検討され、表—4に示すような定量的管理手法の有効性が検証された。さらに、道央道(札幌—岩見沢)ではこれらを基に現場計測工法の考え方が整備され、コンピューターを導入した情報化施工が実施され、画期的な成果をおさめた。

新工法としては、特殊な場合の工法として、深層混合処理工法が登場し、東北道・姉齒地区における試験施工と前後して九州道・八幡地区で側方変形対策として盛土のり面に施工された。九州道・溝陸地区では、超鋭敏な有明粘土層を対象にした隣接構造物(河川)対策として使用された。続いて、同じ有明粘土層を対象に九州道・武雄地区でも近接構造物の側方変形対策として採用された。また、道央道・江別試験盛土では泥炭地盤での試験施工が行われ、その有効性が確認された。

一方、サンドマット施工時にトラフィカビリティーを確保するため敷網工法が各地で実施されたが、もっと積

極的に盛土中に補強材として用いることが試みられた。道央道・江別試験盛土では帯鋼で盛土を補強する工法が実施され、その有効性が確認された。本施工としては、東関道・佐原地区および九州道・小倉地区では金網を、北陸道・刈羽地区では合成樹脂網をそれぞれ盛土中に多層に敷設し、盛土の安定をはかる工法が実施され、成果をおさめた。

また、サンドマットやサンドドレーンの砂の透水性は、その効果と関連して当初から問題とされてきた。昭和50年にはサンドマットの透水性にからんで材料規定が設けられた。その後、道央道・岩見沢試験盛土でサンドマットおよびサンドドレーン内での水圧残留現象が詳細に測定され、透水性確保の重要性が明らかにされた。

(5) 設計要領の改訂

新規縦貫五道の建設と名神、東名などの維持管理での経験を基に、昭和58年4月に「日本道路公団設計要領」の改訂を行った。その基本的な考え方は、次に示すとおりである。

- ① 安定対策は緩速盛土施工を優先的に検討する。
- ② 沈下対策は十分な放置期間の確保など時間効果の有効活用をはかるものとし、残留沈下対策としての地盤処理は、原則として実施しない。
- ③ 残留沈下対策としては、供用後の沈下を見込んだ道路構造の採用や将来の維持補修を前提とした設計上の配慮を行う。
- ④ 橋台および横断構造物個所には原則としてブロードを行う。
- ⑤ 施工にあたっては、動態観測を重視し、当初設計の見直しや施工法の修正に活用する。

あとがき

昭和33年名神高速道路の建設に着手した当初、尼崎地区で6mの盛土をすれば30cm沈下するという計算結果が得られた。盛土が30cmも沈下した場合、高速走行の道路にとって壊滅的な欠陥となるであろうと恐れられた。すべり円弧法によって安全率を求めると1以下と計算されていたので工事が進み、盛土高が上るにつれて滑り出しはしないかと関係者は皆一様に気をもんだ。

その後、1/4世紀の間に全国各地でいろいろな経験を積んだ。そして4mも沈下する北海道の泥炭地帯で、サンドドレーンと押え盛土という何の変哲もないありきたりの工法を用いて、いわばたんたんとして工事を進めることができるようになった。当初からこれらの一連の作業を見つめてきた者にとってまさに隔世の感がある。

本文で示したように、大規模な軟弱地盤地帯ではすべ

て試験盛土を実施し設計施工の指針を得てから本線工事に着手するという手法を採った。予期せぬ結果がいくつか生じたが、理論計算よりも実測結果を重視し冷静に判断するという態度を貫いた。サンドドレーン工法を沈下促進のためのみには使わないというのは最も大きな特色であるが、この決断のために当初計画よりも大幅に対策工を減らし、きわめて経済的に工事を実施得たという自負がある。

設計要領では計算と実測との相違を指摘して、同種同規模の軟弱地盤においては計算よりも過去の事例を参考にして対策工を立てることを提案しているが、定量的にこれらの現象を説明する普遍的な手法をまだ確立し得ていない。各地の大学の同好の志にも集積したデータを提供して研究してもらっているが、現代の発達した土質力

学をもってしても、なかなか難しく前途はまだ遠いようである。

参 考 文 献

- 1) 持永龍一郎：圧密による軟弱地盤の改良効果について，土と基礎，Vol. 20, No. 8, 1972年。
- 2) 持永龍一郎：軟弱地盤における工事実施例。その2（第2章道路），土質基礎工学ライブラリー 13，土質工学会編，1977年。
- 3) 日本道路協会：日本道路史，1977年。
- 4) 建設産業調査会：土木・建築技術者のための最新軟弱地盤ハンドブック，1981年。
- 5) 栗原則夫：深い地盤改良の実際と問題点を考える，2。バーカルドレーン工法の実際と問題点（2），土と基礎，Vol. 30, No. 11, 1982年。

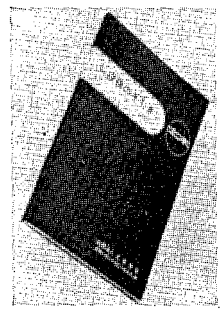
(1984.7.31・受付)

土木学会投稿の手引き・1984年版

A4判 90ページ・折込付録つき 1500円(〒300円)

1971年版を発行して以来13年、要望に応じて全面的に内容を改めた手引書。豊富な例示を中心にやさしく解説した「発表のしかた」のテクニックを詳述した。

- 目次● 第1章 はじめに 1. 投稿の手引きを作った目的 2. 原稿審査の基本的態度 3. 標準化と情報処理 第2章 土木学会誌用原稿の編集の流れ 1. 原稿の受付事務 2. ページ数のチェック 3. 内容の査読 4. レイアウトの設計 5. 組版作業 6. 校正作業 7. 別刷 8. 原稿料 第3章 土木学会誌用原稿の作成 1. 印刷物の出来上がり仕様 2. 原稿用紙 3. 原稿の内容と投稿区分 4. ページ数の制限 5. 数式と欧文 6. 図と写真 7. 表 8. 著作権 9. 原稿の送付 第4章 土木学会論文集用原稿の作成 1. 投稿規則の変遷 2. 和文原稿の作成 3. 英文原稿の作成 第5章 土木学会論文集（第Ⅵ部門）原稿の作成 1. 編集状況と規則等 第6章 オフセット用原稿の作成 1. 目的 2. 活字の大きさと字数 3. 日本語ワードプロセッサの利用, 4. その他。〔資料および付録〕 資料1. ページ数計算のための数値 2. 写真・図版の割付例 3. 写真・図版の縮小割付例 4. 原稿の長さの計算用紙 5. 標準的な作図用の下敷きと作図例 6. 著者校正 7. 土木学会誌編集方針および投稿規則 8. 土木学会論文集編集方針および投稿要項 9. 年次学術講演会用論文投稿要項 10. ワードプロセッサを使用した原稿作成方法 11. 研究発表会用スライドの作り方 12. 英文原稿の執筆例 13. 用字・用語のガイド 14. 記号表 15. SI単位の導入および表記法 16. 写真でみる原稿が印刷されて本となるまでの工程 17. 校正記号と校正例
- 〔付録1〕土木学会誌用論文送付票，内容紹介原稿用紙，原稿用紙 2. 土木学会論文集用論文送付票，執筆要項，原稿用紙 3. 全国大会および各種発表会用原稿用紙（ワープロ用・タイプ用・手書き用）



●申込先：〒160 東京都新宿区四谷1丁目無番地 土木学会刊行物係 電話(03)355・3441(代) 振替東京6-16828