

線増工事中に破壊した鉄道盛土の復旧工事

日本国有鉄道 鉄道技術研究所 正会員 渡辺 進

1 まえがき

昭和43年10月開業をめざした東北本線盛岡～青森間複線電化工事は、小川町～上北町間673K350～500m付近では泥炭性軟弱地盤上の現在線腹付盛土の形をとった。竣工間近かの43年4月18日、施工中の盛土が基底破壊を生じたため、左右の押え盛土にレール杭各100本を打設したが、5月16日の十勝沖地震により盛土は上下線とも再び崩壊を生じ、さらにこの応急復旧工事中にも大きな変状があった。

このような複雑な経過に鑑み、必要な土質調査を行ない、崩壊原因を検討した結果、復旧対策工法として押え盛土を併用したシートパイル締切り盛土工法が採用された。工事中、シートパイルの曲げ応力やタイロッドの引張り応力の測定、押え盛土の変状観測および施工基面上の一種の載荷試験等が行なわれ、盛土沈下については、竣工後も長期間にわたって観測が続けられた。

ここではシートパイルで締切られた盛土の圧密沈下の問題を中心に、この復旧工事で取扱ったいくつかの土質工学上の問題を報告する。¹⁾

2 土質調査と復旧対策工法の決定

最初の基底破壊直後、ダッチコーンと技研Ⅲ型コーンペネトロメータを用いて軟弱層の深さと強度分布を調べた。よく知られているように、ダッチコーンの適用土質は広く、わが国でも軟弱層を主とした地盤の調査機としては主役の位置に近づきつつある。しかし泥炭地のような超軟弱地盤では、ロッドが自重で沈下するため、正確な貫入抵抗を知ることはできない。これに対して技研Ⅲ型コーンペネトロメータはロッドがねじ継ぎ式となっているので、継いだロッドの本数によってコーン貫入抵抗値を補正することができ、超軟弱地盤に適性がある。

図1は両調査機によって得られたコーン支持力の比較の一例である。これらのデータから、この軟弱地盤では

$$q_{c(DC)} / q_{c(III)} = 0.71$$

の関係が成立し、最低粘着力は $0.7t/m^2$ 程度であることがわかった。

たまたまこの地盤調査の期間に十勝沖地震が発生したので²⁾、地震前後の軟弱層の強度変化についても貴重なデータを得ることができた(図2)。これらのデータによればこの軟弱地盤では地震による全体的な強度変化は生じなかったようである。代表的な地点における地盤の柱状図は図3の中に示されているが、泥炭層とその下の粘土層の代表的試料の工学的性質を表1に示す。

土質調査の結果に基づき、基底破壊の原因を究明し、各種の対策工法を検討した結果、当時の規模の押え盛土とレール杭だけでは盛土の変状を止めることはできないことが明らかとなり、本格的復旧対策として下記の方法が採用されることになった(図3)。

- (1) 施工基面の改良：盛土荷重を軽減するため、下り線の縦こう配を変えずにその施工基面を1.2m下げる。
- (2) 押え盛土の追加：左側を約20m、右側を10～16m拡幅し、高さについては沈下した分を補充する。
- (3) シートパイル締切り盛土工法

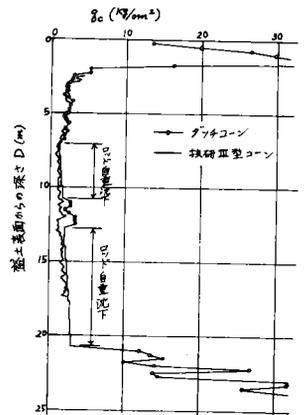


図-1 ダッチコーンと技研Ⅲ型コーンのコーン支持力の比較の例

3 シートパイル締切り盛土の沈下傾向の予測

シートパイル締切り盛土工法は盛土の安定に関する対策工法であって、盛土の沈下まで抑制できるものではない。むしろ、シートパイルは盛土荷重の分散を遮断するから、圧密沈下量は通常の盛土の場合より大きくなりうる。

上り線盛土は崩壊当時すでに約4.0mも沈下していたことが土質調査の結果明らかとなったが、他方、この盛土荷重による軟弱層の一次元圧密を計算すると、その最終沈下量は2.7mで、そのうち崩壊時までの沈下量はわずか0.5mに過ぎない。これは過去の複雑な盛土工事の過程で破壊的変状を含む軟弱層の側方流動が何回かあったことを示唆する。それゆえ次に述べる2つの考え方でシートパイル締切り盛土の沈下傾向を推定することにした。

1つは軟弱層上部の各層の厚さがそれぞれ1.0~1.5m程度減ったものと考えて締切り盛土完成時の軟弱層構造を推定し、これが旧線盛土の荷重（圧密は終わっている）からシートパイル打設後の軌動荷重を含む最終圧まで単一の荷重変化を受けるとした一次元圧密計算、他の一つは現在までの圧密沈下量0.53mに対応する平均圧密度0.198から各層の局部圧密度を求め、この時期における各層の有効圧を初期圧とみなした一次元圧密である。計算の結果、上り線盛土の沈下はかなり長期にわたって進行し、最初の1年間の沈下量は0.3mと推定された。また下り線盛土の沈下量は上り線盛土の2/3程度となった(図4)。

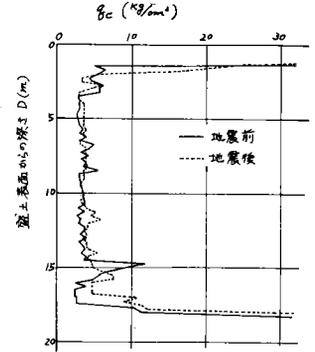


図-2 ダッチコーンによる十勝沖地震前後の地盤強度比較の例

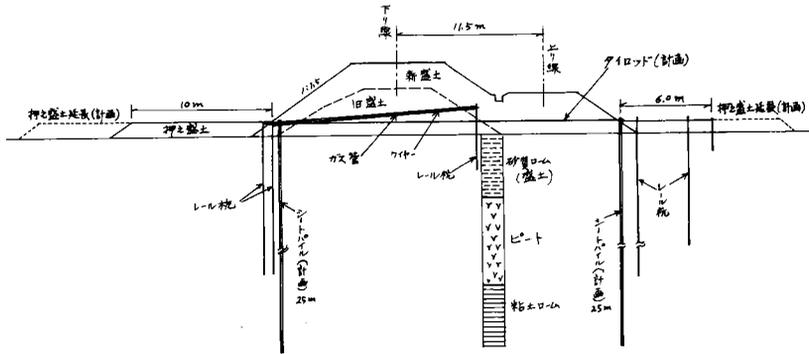


図-3 復旧対策工法を示した盛土横断面図

4 復旧後の盛土の沈下傾向

シートパイル締切り盛土工法を採用した全区間にわたって復旧後の盛土沈下の測定が野辺地保線区により実施されてきた。図5の2つの折れ線は前項で沈下計算をした代表地点における沈下量の実測値をプロットしたものである。この図から、上り線と下り線の相対的な沈下量はほぼ推定どおりの結果が得られたことがわかるが、圧密の平均的な速さは上下線とも実測値の方が大きい。そこで、沈下量推定の際考慮しなかった影響因子としてシートパイルの撓みを検討したところ、これによる盛土の沈下量は約20cmとなった。従って、前記計算沈下曲線にこの

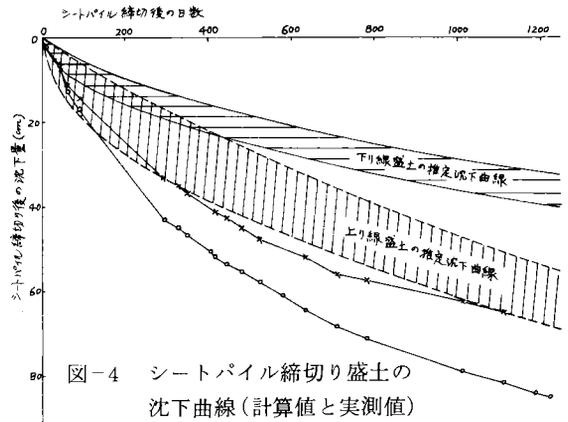


図-4 シートパイル締切り盛土の沈下曲線(計算値と実測値)

修正を施せば実測曲線にかなり近づくことがわかる。

シートパイル締切り盛土の沈下は数多くの因子の影響を施けるであろうが、上述の結果から、実際問題としては泥炭性地盤であっても通常の一次元圧密による推定ができるものと考えられる。この判断に基づいて、実測沈下曲線から今後生ずるべき沈下量を、対数曲線の方法と放物線の方法により推定した³⁾。これらの方法はいずれも圧密理論に基づくものである。計算の結果を表2に示す。

5 あとがき

この区間の盛土の沈下は、極めて緩慢ではあるがその後も続いており、それに伴って道床バラストの補充が行なわれている。従って今後の沈下はここに述べた値を越えることが予想される。

土構造物に関する事故や災害の復旧工事は他の構造物の場合より容易であるといわれているが、わが国の沖積軟弱地盤の構成材料は比較的鋭敏比が高いため、変状によりその性質が大きく変りやすい。従って工法の選択や工程の決定は慎重でなければならない。

参 考 文 献

- 1) 渡辺進ほか：鉄道技術研究報告, No. 811, 1972, 7
- 2) 山田剛二ほか：鉄道技術研究報告, No. 650, 1968, 8
- 3) 室町忠彦ほか：鉄道土木, Vol. 12, No. 7, 1970. 7

表-1 軟弱層の代表的な土の工学的性質

土の種類		ピート	粘土
採取深さ(m)		1.8 ~ 2.7	11.0 ~ 11.9
粒度(%)	レキ分	0	0
	砂分	3	4
	シルト分	29	36
	粘土分	68	60
含水比(%)		461	140
土粒子比重		2.12	2.63
湿潤密度(γ_{sat})		1.08	1.36
固相比		10.0	3.63
液性限界(%)		353	112
塑性指数		207	74
一軸圧縮強さ(γ_{cm})		0.164 ~ 0.218	0.255 ~ 0.401
圧縮指数		3.68	1.52

表-2 残留沈下量の推定値

計算方法	放物線法		対数曲線法	
	上り線盛土	下り線盛土	上り線盛土	下り線盛土
対象地点	43.9 上旬	43.7 上旬	43.8 上旬	43.7 中旬
換算載荷時期	105 cm	100 cm	102 cm	85 cm
圧密終沈下量	12 "	26 "	22 "	15 "
観測開始前の沈下量	29 "	24 "	16 "	10 "

(以上)