

ペネトロメーターは鉄道路盤調査にも使える

室 町 忠 彦*

1. まえがき

これまで専ら簡易地耐力調査の一方法として、構造物基礎地盤の予備調査にオーガーボーリングと併用して効果を挙げてきたコーンペネトロメーターを、今度は鉄道路盤——主として盛土路盤——に応用してみたが、かなり面白い結果が得られ、充分活用すれば路盤強度調査に使っても相当有効な判定資料を得ることができると思われるので、最近実施した東北本線における測定結果を御報告し諸兄の御批判を仰ぐ次第である。

鉄道路盤に限らず、一般に盛土は天然地盤と比較してかなり不均一で雑多な土質から構成されることが多く、特にローラー輾圧を行なわないトロ捲出しによる盛土では強度的にも一定の傾向がなく、完成路盤の強度調査の際にも相当苦心を要するものである。このような強度的に見て不規則な地盤の強度調査の主眼は、数少い測点における試験結果からその平均値的な強度を求めることよりも、むしろ最大値と最小値——特に後者——を示す地点の位置を的確に把えることに置くべきものと考えられるが、このようないわゆる「探測」の目的には貫入試験による方法が時間的にも経済的にも優れていることは論を俟たない。

実験に用いたコーンペネトロメーターは写真—1に示すようなもので、簡易地耐力調査用として用いてきたポータブルコーンペネトロメーターを幾分改造し大型にしたものである。改造の要点はプルーピングリングの容量を100kgから300kg用に替えたことと、押込み用ハンドルを二人押込みに適当な大きさに替えた点で、先端コーンに関しては従来のコーンと全く同一で先端角 30° 、断面積 $1\text{ in}^2 (=6.45\text{ cm}^2)$ のものを使用した。



写真—1 コーンペネトロメーター

実験は枕木上面下約2mまでの盛土部分を対象としその間の貫入抵抗値の測定に重点を置いたが、比較のため道床砂利のめり込みが比較的浅い場合には砂利下の路盤表層において現場CBR試験を実施しコーン支持力との関係も求めてみた。

今回調査した路盤は何れも活着している本線路盤であつたので、実験も僅かの列車間合いを見計つて迅速に且つ的確に進める必要があり現場保線従事者の大なる協力を得て初めて可能な実験であつたと思つている。

2. 現地の概況

調査地点は東北本線小牛田——瀬峯間の新複線区間であるが、現在東北本線は輸送隘路区間から順々に部分的ではあるが複線化工事が進められており、本区間も昭和29年10月から上り本線が新路盤を通つている。下り本線の方は開通後60年を超す旧路盤で盛土も充分安定しているが、これに腹付けした新路盤盛土はトロ捲出しによるもので、開通後列車荷重の輾圧効果により部分的には相当の圧縮沈下を生じておる現状で、強度的に新路盤が旧路盤に近づくには相当の年月を要するものと思われるが、このような見地からも新旧路盤の強度比較は興味深い資料を提供するものである。

実測地点は④小牛田——田尻間396K405M、⑤小牛田——田尻間397K000M及び③田尻——瀬峯間404K100Mの3箇所で、④地点は約3.3m、⑤地点は約6.5m、③地点は約5.5mの盛土路盤である。盛土の土質は同一断面でも水平位置により深さにより多少異りあまり一概とはいえないが、3地点の新旧線の軌道中心位置におけるオーガーボーリング結果を示すと図—1、図—2及び図—3の土質柱状図に示すような構成である。この中殆んど大部分を占めるローム系統の盛土材料は何れも附近の切取区間の地山のシルトストーン（又は土丹）の吸水風化したものと見做されるが、砂の部分は多くは附近の川から採集された川砂らしく粒径もかなり一様である。

3. 実験の概要

以下実験の概略を順序に述べる。

i) 道床砂利の掻き出し

レール継目に近い部分は避けて、先ず写真—2に示すように相隣る枕木間1間の道床砂利を全部掻出し路盤表層を露出させる。次に枕木上面を基準面として路盤表層に至るまでの深さを測り道床砂利の路盤へのめり込み状態を観察する。道床砂利のめり込み厚さは路盤及び荷重の

* 国鉄技師、鉄道技術研究所土質研究室

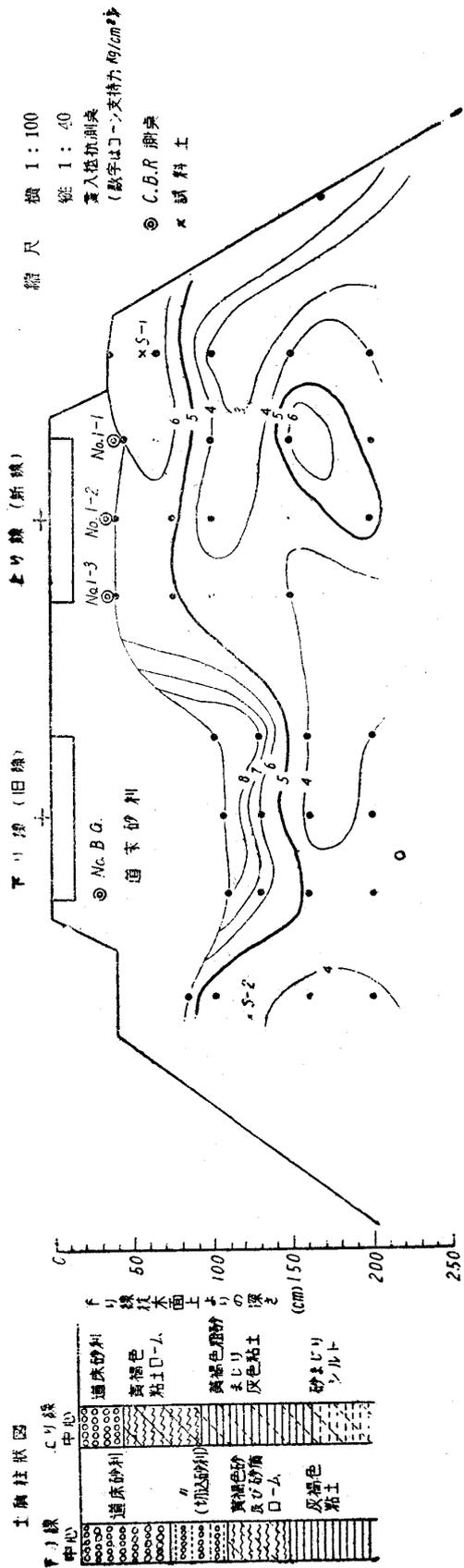


図-1 貫入抵抗値による盤断面 (A地点) 東北線小牛田—田尻間 396 K 405 M

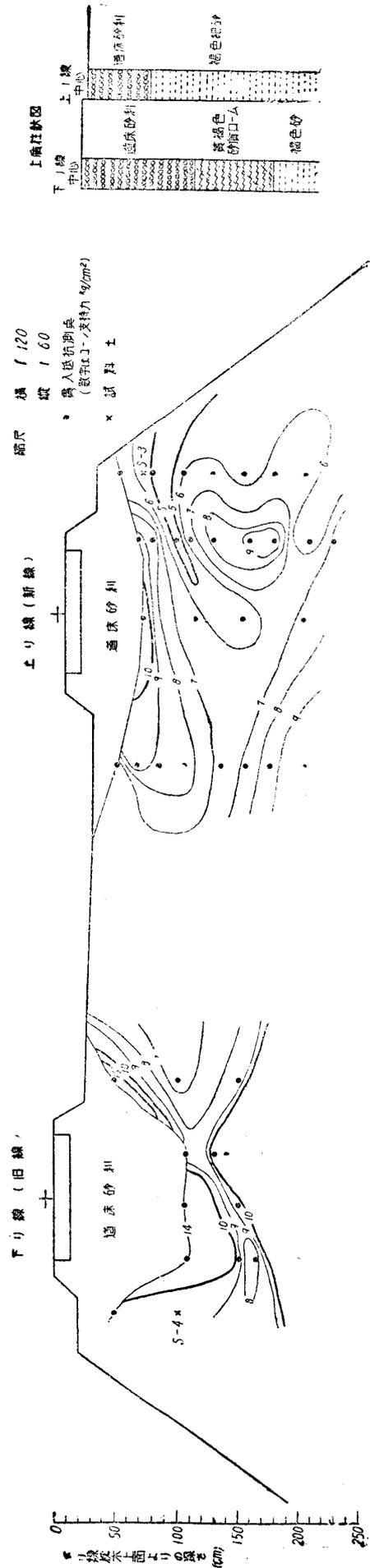


図-2 貫入抵抗値による路盤断面 (B地点) 東北線小牛田—田尻間 397 K 000 M

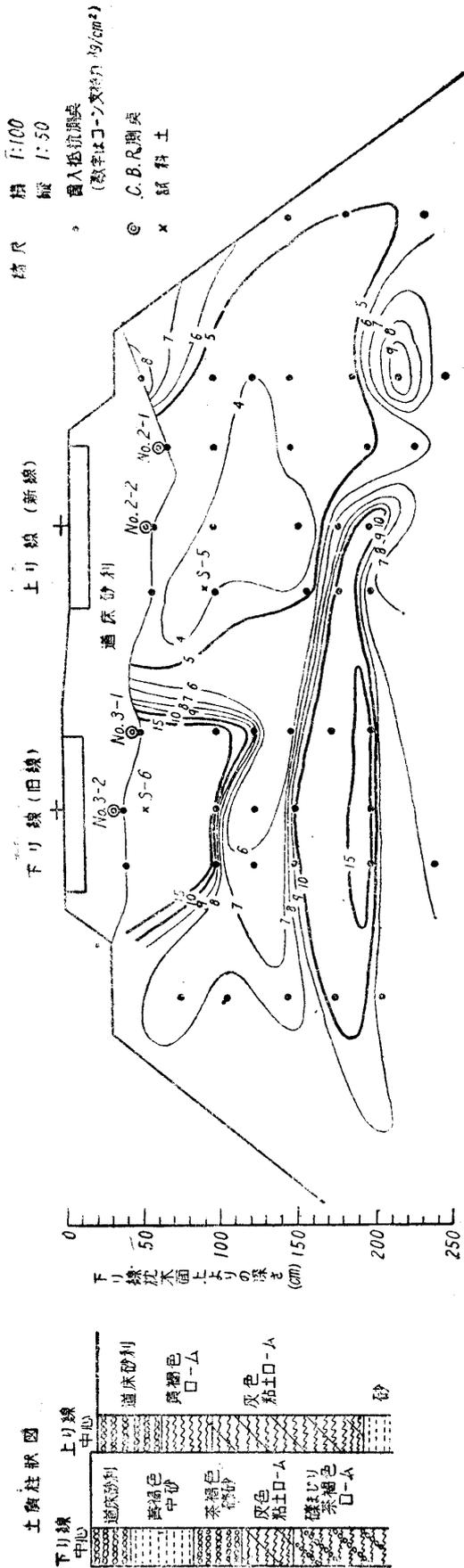


図-3 貫入抵抗値による路盤断面 (C地点) 東北本線小牛田—田尻間 404 K.100 M

諸条件——たとえば盛土土質の適否、盛土施工方法、旧地盤からの盛土高、旧地盤の軟弱の程度及び年間通過屯数等によつて大いに異り、時には枕木上面下 1.5 m 程度にも達することもある。



写真-2 道床砂利の掻出し

ii) 表層における実験

路盤表層の調査には道床砂利のめり込みが異常に深い場合以外は現場 CBR 試験を行ないコーンペネトロメータの貫入抵抗値と比較した。

鉄道路盤の強度試験として元来が道路表層の強度試験



写真-3 現場 CBR 試験準備



写真-4 現場 CBR 試験実施中

法である現場 CBR 試験を実施することの適否は尙検討を要する問題と思われるが、鉄道路盤の強度調査基準が定められていない現段階においては、一応強度判定資料蒐集の意味も兼ねて実施したわけである。この試験のためには写真—3 及び 4 に示すようなオイルジャッキ付支持台枠を試作し、対重としては測定時に台枠の両脚に 2 人ずつ乗って貰ってその体重を利用してオイルジャッキにより加圧し荷重沈下曲線を求めた。

iii) 表層以下の貫入試験

路盤では多くの場合ペネトロメーターの連続貫入は不可能なので適当な間隔に測点を設け、深さの方向に対する調査はこの測点に掘ったオーガー孔を利用して実験を進めた。

貫入操作は衝撃的でない力で緩く押込み、各測定深度でコーン全体がオーガー孔底下に没する時の最小抵抗値の平均値を求め、この値がその点における貫入抵抗値を代表するものとした。

4. 測定結果の図示とその解釈

以上の方法により表層の現場 CBR 値及び貫入抵抗値が求められるが、貫入抵抗値はこれをコーンの最大断面積で割ってコーン支持力に直し、横断面図の各深さにプロットし、同一強度を連ねてコンターを画き図示するものとする。図—1、図—2 及び 図—3 はこのようにして図示したコーン支持力に関する盛土路盤のプロフィールである。以下 3 地点の測定結果につき簡単に説明する。

④地点 (図—1 参照)

新路盤では未だ道床砂利のめり込みは殆んどないが、旧路盤では施工基面下 70 cm にも達しているのが目立つ。然し路盤表層の状態は良好でウォーターポケットは全然見当たらない。砂利下の路盤強度は新線ではコーン支持力 (以下 C. B. V. と略記す) が $4\sim 6 \text{ kg/cm}^2$ で未だ列車荷重による輾圧効果が全く見られないのに反し旧線の砂利下では C. B. V. が $5\sim 8 \text{ kg/cm}^2$ で輾圧効果は明瞭に現われている。

枕木上面からの深さが 1.5 m 位になると、土質が粘性土のためか新旧線の路盤強度の差は認められないこともわかる。

⑤地点 (図—2 参照)

新路盤でも、道床砂利のめり込みが始まっている。旧路盤では、既に施工基面下 85 cm まで道床砂利がめり込んでいる。新旧線共盛土の土質が砂質土なので路盤強度に著しい差はないよう

であるが、旧線の砂利下では C. B. V. が $9\sim 14 \text{ kg/cm}^2$ あるのに対し新路盤では C. B. V. が $7\sim 10 \text{ kg/cm}^2$ で 6 kg/cm^2 以下の部分も見られる。砂質土の捲出しが締つていなかつたためか、新路盤にも既に列車荷重による輾圧効果が現われている。⑥地点同様旧路盤表層にウォーターポケットは全然見当らず良好な状態を保っている。

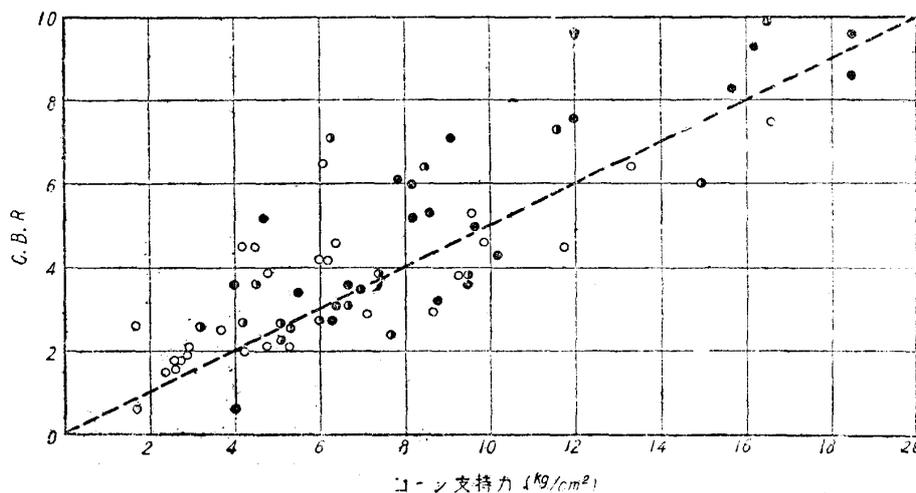
⑦地点 (図—3 参照)

旧線の砂利下には敷砂があり、これが非常によく締固められておるので道床砂利が殆んどめり込んでいない。道床砂利のめり込みはむしろ新線の方が大きい。砂利下の路盤強度は新線では C. B. V. が $3\sim 5 \text{ kg/cm}^2$ であるのに反し、旧線では C. B. V. が砂利下 60 cm 程では 18.5 kg/cm^2 もあり、その下部の粘性土でも $5\sim 7 \text{ kg/cm}^2$ を示し新旧路盤強度の差は著しい。旧路盤に捲き出された礫質層の存在も明瞭に浮び上っている。

5. コーン支持力と現場 CBR 値

参考までに国鉄各線でこれまで実施してきた貫入試験と現場 CBR 試験から同一測点におけるコーン支持力値と現場 CBR 値を比較してみると 図—4 に示すような結果となつた。この図に関する限り、コーン支持力値と現場 CBR 値との関係はかなり分散しており、一義的に両者の換算はできそうにも思われない。但し両者の測定はペネトロメーターの方が少くとも 3 点以上の平均値であるのに反し、現場 CBR 値は各 1 点であるので、この辺にも幾分の無理があるのではなからうかとも思っている。図 4 から大雑把に換算を試みるならば現場 CBR が 10 以下の場合コーン支持力値のほぼ 1/2 が現場 CBR 値に相当していることがわかる。現場 CBR が 10 を起えるような鉄道路盤は切取以外ではその殆んどが締つた砂礫層か玉石、砂利、砕岩の類を含んでいるので、このような静貫入方法では測定不能となることが多く、現場 CBR 値は求められてもコーン支持力は求められず、両者の比較は残念ながら出来ない。然しそのような路盤

凡例 ● 砂質土、礫 ○ □-△ 粘性土



図—4 コーン支持力と現場 CBR

は強度的に見ても一応良好路盤の範囲に入るものであるから、このような場合コーン貫入不能とわかっただけでも調査の目的は一応達せられたわけである。

現在までに実施した路盤強度試験例によれば、普通の鉄道の盛土路盤では現場 CBR 値が 10 以下の場合が殆んど大部分であるので、大体においてこの種のコーンペネトロメーターを利用し得る強度範囲と見做される。近

い将来路盤上層の盛土試料に特別の検討が加えられ、かつすべて機械輾圧により路盤が施工される時代が到来し、静貫入の試験方法では最早追付かなくなるようになって、静貫入を動貫入すなわち打込式に切替えることによつて同様に調査の目的を達することができるものと考えている。

人力施工より機械化施工の方がよい

竹 下 春 見

東北地方建設局盛岡工事事務所では奥中山附近で道路工事を施工している。仕事の段取りの関係で小川をはさんで南側は機関車運搬ブルまき出し工法を行い、北側はキャリオールとブルドーザーで、いわゆる機械化施工を行っている。

土取場の土はロームであつて、JIS にしたがつて突固め試験を行った結果は最適含水量は 48.8%，最大乾燥密度は 1.63 gm/cm³ であつた。現場の含水量は天候によつて 50% から 70% くらいの間で変化している。普通状態では 60% くらいのものである。この附近は一帯にいわゆる黒ボク（岩手火山灰）が地表面をおもつているが、道路用材料としては、この黒ボクは全部すてゝい

今年の 8 月上旬に施工中の土の乾燥密度と単純圧縮強度を測定して見た。その結果は施工法の差によりはつきりした差があらわれた。測定結果は表のとおりである。なお、機関車運搬ブルまき出しというのは、トロですてた土をブルドーザーでまき出しているもので、まき出し中にある程度輾圧されるものと考えられる。機械化施工のブル押し出しは、キャリオールで運んできた土をブルで押し出して盛土していったものである。原地盤よりの高さは試料を採集した位置で、試料は全部現在の施工面より 30 cm 下からとつているので、現在の施工面はこれより 30 cm 上であると考えてよい。

原地盤は田圃であるので盛土の下ほど含水量が多くし

表

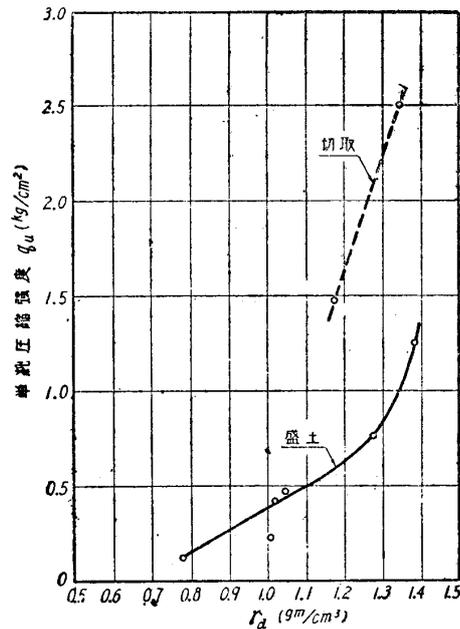
施 工 法		原地盤よりの高さ	乾燥密度 γ_d (gm/cm ³)	γ_d/γ_{mas} (%)	単純圧縮強度 (kg/cm ²)
機 関 車 運 搬 土 工	人力まき出し	50 cm	0.78	46.5	0.13
	トロ線のあと	"	1.01	60	0.23
	ブルまき出し	"	1.05	62.4	0.47
	"	30 cm	1.02	60.8	0.42
機 械 化 施 工	ブル押し出し	約 5m	1.28	71.6	0.76
	キャリオールとブルの共同作業	約 6m	1.39	82.8	1.25

* 建設省土木研究所

まりにくいことは想像できるが、施工法の差によつて土の密度も強度も大いに異なつてくることが表からよく理解することができる。

なお表より乾燥密度と単純圧縮強度の関係をプロットすれば図のようになり、しめ固めの効果がよく分る。機械化施工が望ましい一つの例である。

— 昭和 30 年 9 月 —



図