

# 北海道 開発局 土木試験所月報

第 25 號

## 路床置換及び盛土による路盤支持力について

道路研究室 技 官 馬 場 茂

### まえがき

近年に至り急激な普及の趨勢にある道路舗装は国土開発のための道路整備に連なるものと言えるが、この意味では我が国の道路の現状は低位にあり、戦後の交通量及び荷重の激増と高速化の傾向に対処し辛うじて道路の維持と交通の安全を確保するという最低の要求に応じうる程度で、本来の使命からはなお程遠いものように考えられる。

特に北海道の場合は寒冷多雪という特殊な気象条件のため、舗装道に関連した幾多の問題が提起され早急な解決が迫られている。就中冬期間の交通確保のための除雪に必然的に伴う路床の凍上と融解期に於ける軟化の対策究明はその最たるもので、開発局ではこの方策樹立のため昭和 26 年度以来道路の凍上調査研究を継続実施中であり、これまでの現地調査からえられた結論に基づいて舗装新設に当つては路床の置換により凍上の軽減を図っている。この場合の経済的な置換厚及び使用材料の品質については一応論外におくとして、かかる凍上対策の目的で置換築造される路盤の支持力がその使用材料と施工厚さによつて如何なる変化を示すかは路盤支持力が舗装厚決定の一要因であり、又舗装形式選定の一資料ともなるから重要なことと考えられる。

昭和 28 年度施行の国道 36 号線の舗装工事に於て第 2 工区測点 810~1,150 m 間の切土と盛土施工箇所がその土質、含水、湧水等の現場条件のため所定の支持力をうる迄には相当の盛土を必要としたが幸い試験員としてその盛上による支持力の変化を調査試験する機会をえた。本文はその調査結果を上に対する参考資料として報告すると共にこの試験によつてえられた C.B.R. 値 (C.B.R. 試験) と K 値 (平板載荷試験) との対比、切土、盛土の支持力の相違について併せて報告し参考に供するものである。

### 1. 試験要領

- i. 試験期間 28. 8. 19~28. 9. 30
- ii. 試験項目と方法
  - a) 項 目
    - (1) 平板載荷試験 平板載荷試験用具 1 式 (プレート径 30 cm)
    - (2) C.B.R. 試験 (現場試験)
  - b) 方法の概要

本支持力試験は JIS に規定する試験方法に準じたものであるが載荷速度については、(1) 現場の施工に追われたため出来るだけ短期間に試験を終了させる必要があつた、(2) 次の 3 項で述べる通り切土 15 箇所、盛土 9 箇所の各層毎の試験はなるべく同一条件であることを期したため迅速に測定を終了させる必要があつた等の理由から必ずしも JIS によつたものではない。平板載荷試験の場合は各段階の荷重量を 0.2 t 宛とし、これまでの経験から各段階の載荷後に沈下が進行しない程度に加圧し、沈下が最早進行しないことを確かめた後直ちに次の載荷に移つた。又 C.B.R. 試験に於てもピストンの貫入速度は上述の速度によつたものである。この方法によつて 1 試験箇所について約 25 分で両試験の測定を終了することが出来た。

なおこの試験では平板載荷試験を主としたものであるが、C.B.R. 値と K 値との比較換算値をうる意図から、なるべく輾圧状態、土質、含水比等が同一条件となるように図-1に示す関係位置で両試験を行った。この程度の接近は試験結果に殆んど影響を与えないようである。

現場含水比が最適含水比であるか否かにより、その支持力値も変化するものと考えられるが、この支持力試験に併行して行った含水比測定は、支持力試験との関連に於て行ったと云うよりは施工時の条件から盛土に際して含水比が如何に変化したかを知るためであつて、その試料は図-2に示す如く各層について層厚 15 cm の中央部 5 cm 厚を採取した。

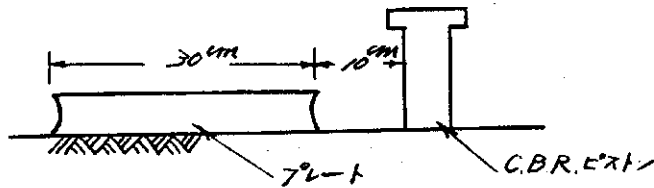


図-1

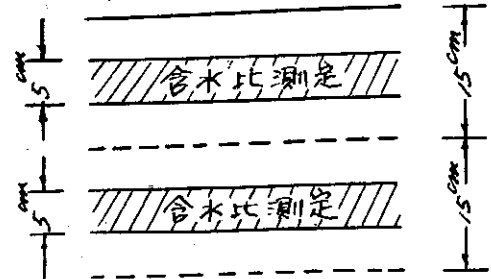


図-2

## 2. 試験地

本試験は国道 36 号線札幌千歳間舗装道、第 2 工区測点 820 m 附近の盛土箇所とこれに続く測点 1,140 m 附近の切土箇所について行ったものである。この切盛両区間とも所謂路床に相当する部分の土質は砂質ローム系で次に路床施工時に於ける状況を参考までに概述する。

### i. 切土試験地区

この試験区間は同上工事に於て比較的切取土工の大きい箇所で、切取深 3 m 位から地下水の湧出をみたため排水溝を掘りながら土工を進め約 8 m 切割つたものである。又この区間は 1 雨降ると泥濘化したため降雨後 1~4 日間位は作業（機械施工）を中止しなければならなかつた。

### ii. 盛土試験地区

この試験区間は高さ約 7 m の盛土でキャリオール、ブルドーザーによつて施工したのであるが、盛土期間中は雨が多かつたため充分な輾圧も出来ず路床の状態は切土区間に比して非常に悪かつた。

## 3. 試験経過

### i. 切土箇所支持力試験経過

この試験区間の路盤工は図-3に示す通り火山灰層 45 cm 厚（3層輾圧）、切込砂利層 30 cm 厚（2層輾圧）その上に碎石層 6 cm 厚を置いたものである。試験箇所は同図左に示したように 15ヶ所を選定し各層毎に行つたが、その試験経過と輾圧状態の概要を次に述べる。なお輾圧機は 12t マカダムローラーを

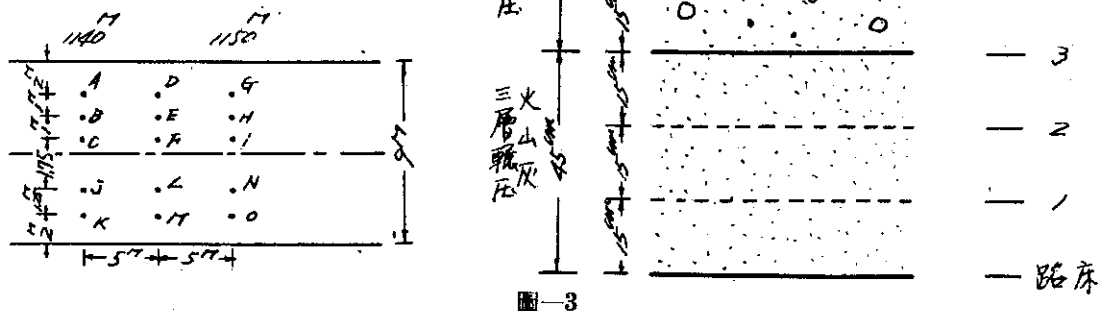


図-3

使用し試験区間でもあり充分な輾圧を試みたものであつて盛土箇所についても同様である。

路床；キャリオール切取後の平坦な面で試験をしたので自然状態の支持力を測定することが出来た。含水比は 50% 前後で L.L. 程度の状態であつて平板載荷試験中水分がしみ出していた。

1層；路床に火山灰を敷込中路床面が擾乱されたため火山灰 15 cm 厚では輾圧効果なく（輾圧がきかない）

支持力は路床面より低かつた。

2層；火山灰層厚計 30 cm なるもローラー輾圧中路床の水分が上昇して締め固まらず支持力の増加もあまりなかつた。

3層；火山灰層厚計 45 cm なるも含水比は2層に比べてあまり変化なく、火山灰層は一旦輾圧されるが輾圧ローラーが去つた後路面がふくれ上つて亀裂を生じ(1層, 2層も同じ)下層部が軟弱なため期待された支持力が得られなかつた。

4層；火山灰 45 cm の上に切込砂利 15 cm 計 60 cm の置換層上で下層部からの水分上昇が少くなり(切込砂利の毛管作用が火山灰より小さい), 輾圧後の路面亀裂も小さく支持力は比較的上つた。

5層；含水比は4層目と殆んど変わらず(大体敷均中の含水比)ローラー輾圧中の路面沈下も比較的少くなり均一な路面となつたが支持力の増加はあまりなかつた。

6層；火山灰 45 cm 切込砂利 30 cm 計 75 cm の置換層上に碎石 6 cm を輾圧して支持力を測定したが輾圧が充分と思われたのに支持力は減じた。これは JIS の規定により試験面に砂を敷いたのであるが荷重を受持つ碎石が部分的なためと考えられ、載荷板の径が大になるか若しくは実際の舗装に対しては支持力増強の傾向を期待出来るものと推定される。

ii. 盛土箇所支持力試験経過

この試験地区の路整工は図-4に示す通り火山灰層 45 cm 厚(3層輾圧)切込砂利層 60 cm 厚(4層輾圧), その上に碎石層 6 cm 厚を置いたものである。試験箇所は同左図に示したように9箇所を選定し各層毎に行つたがその試験経過と輾圧状態の概要は次の如くである。

路床；路床整正をブルドーザーで行つたのでこのため路床面が攪乱され支持力試験は不能であつた。

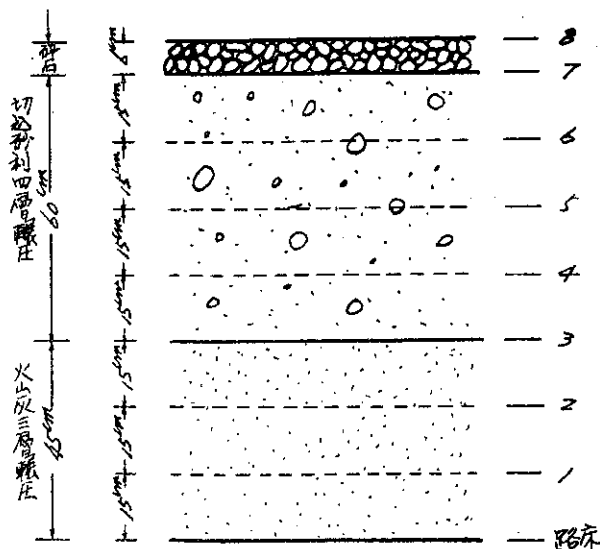
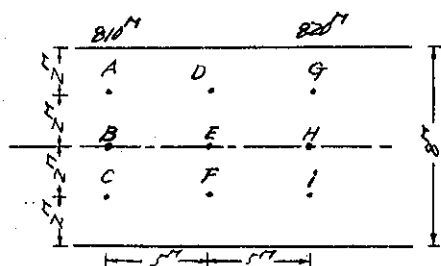


圖-4

- 1層；火山灰を 15 cm 盛上げた面であるが輾圧中下層部より泥濘が吹き出して輾圧効果がなかつた。
- 2層；1層目と全く同一状態で含水比も変らなかつたがいくぶん支持力が増加した。
- 3層；含水比は1層目に比べいくぶん減じたが切土箇所同様路面に亀裂を生じ支持力が増加せぬためそのまま放置して 20~30 台/日の交通に開放し、2日後に再び支持力測定をしたところ前回より安定した傾向を示した。
- 4層；火山灰 45 cm に切込砂利 15 cm 計 60 cm の盛上層で輾圧効果はいくぶん現われてきたが支持力の増加はあまりなく、含水比は3層に比べて非常に減じた。
- 5層；含水比は敷均時の含水で下部よりの水分上昇は無くなり輾圧による締め固めも良くなつて支持力の増加も顕著になつた(5層目以後の試験では工事に試験が追つかなくなり C.B.R. 試験をやめた)。
- 6層, 7層；この層は盛土箇所が切土箇所より一般的に弱体なるため当所の設計より更に 30 cm 切込砂利厚を増したもので、その結果は支持力の増加がみられ非常に有効であつた。
- 8層；碎石上で切土箇所と同様支持力値は低下した。

4. 結果と考察

切土箇所及び盛土箇所各層各試験箇所の K 値と C.B.R. 値は夫々表-1, 表-2の通りである。この現場試験の結果から直ちに火山灰及び切込砂利の材料種別とその厚さによる支持力の相違を云々することはできないが次に少しく考察を加えてみる。

i. 切土並びに盛土箇所の支持力増加過程

図—5 及び 図—6 は各層について各試験点の支持力値の平均をとり支持力増加の過程を図示したもので、なお試験時に於ける含水比を参考までに附記してある。これによれば、

a) 切土、盛土両試験箇所共火山灰層、切込砂利層の厚さが増加するに従つて支持力は増加し、両者の対応層の支持力の相違は主として路床の影響によるものと考えられる。

b) 火山灰層の厚さによる支持力増加の割合が切土箇所に於て殆んど直線的であるのに反して盛土箇所は曲線的变化を示している。これを含水比の相違によるものと考えれば、同一含水比であれば火山灰層の厚さによる支持力増加は直線的であると言えそうである。

c) 切土箇所では切込砂利等第1層目の支持力増加の割合が下層火山灰の厚さによる支持力増加割合に等しいが、含水比の急減もみられるので両者の厚さによる支持力増加の傾向は一般に異なるものと考えられる。

d) 切込砂利層の厚さによる支持力増加の割合は切土、盛土両箇所共に同様な傾向を示している。これについては含水比変化の資料がないので判然としないが、切込砂利は少く共火山灰に比べて含水比の影響が少いと言える。

表—1 切土箇所

載荷板径 30 cm

土 質	砂質ローム	火 山 灰			切 込 砂 利		砕 石	
		1	2	3	4	5		
A	C.B.R P.B	— 5.5	2.5 1.0	5.9 2.1	9.5 5.0	15.0 10.8	28.0 12.5	18.0 11.0
B	C.B.R P.B	3.5 3.0	5.5 2.5	11.8 5.0	22.5 8.0	36.2 15.0	18.2 17.5	11.0 10.0
C	C.B.R P.B	22.0 8.5	6.5 2.0	8.0 4.3	14.1 9.2	35.0 13.0	30.6 15.6	44.0 16.0
D	C.B.R P.B	5.0 4.5	10.0 2.9	15.0 6.5	13.0 7.5	22.0 7.5	10.0 16.0	24.0 13.5
E	C.B.R P.B	4.5 5.7	8.0 3.8	20.7 6.0	10.2 11.0	20.0 10.8	28.8 17.0	26.5 17.0
F	C.B.R P.B	14.5 6.0	13.0 4.5	11.0 9.0	15.0 10.5	26.0 11.5	34.0 19.5	11.5 16.0
G	C.B.R P.B	7.2 4.9	6.2 1.3	10.3 3.0	24.0 7.5	35.5 11.0	18.5 15.0	20.0 15.0
H	C.B.R P.B	7.0 4.0	4.0 1.5	17.0 3.4	15.8 8.0	18.4 10.8	24.2 19.4	19.0 14.0
I	C.B.R P.B	5.2 4.5	10.5 2.5	13.0 6.0	25.2 11.0	14.5 11.0	28.0 21.2	33.0 20.5
J	C.B.R P.B	17.5 3.7	6.0 4.5	16.5 7.0	9.5 8.5	15.0 14.3	17.0 14.1	14.0 17.0
K	C.B.R P.B	25.0 3.2	9.0 3.8	16.0 6.5	16.5 7.0	24.4 11.8	22.8 18.5	24.0 11.0
L	C.B.R P.B	5.5 2.0	4.0 0.8	6.5 1.1	18.0 9.0	17.0 9.0	41.2 24.3	— 16.0
M	C.B.R P.B	2.0 4.2	3.5 1.2	4.0 1.5	15.0 6.0	15.0 6.3	16.0 17.0	20.0 9.3
N	C.B.R P.B	10.8 5.0	11.0 5.5	22.5 7.0	21.0 8.5	21.0 13.8	30.0 22.5	25.0 13.0
O	C.B.R P.B	— 7.5	14.0 3.7	23.0 7.5	21.0 7.5	22.0 10.5	28.0 18.8	— 14.5
平均	C.B.R P.B	10.0 4.8	7.6 2.8	13.4 5.1	16.6 8.3	22.5 11.1	25.0 17.9	— 14.3
平均含水比 %		49.9	40.8	40.2	38.2	16.8	12.9	—

C.B.R %  
K kg/cm<sup>3</sup>

表-2 盛土箇所

載荷板径 30 cm

土質	砂質ローム	火山灰			切込砂		利	碎石		
		1	2	3	4	5			6	7
A	C.B.R		1.5	6.1	7.5	9.6	—	—	—	—
	P.B		0.8	1.5	2.8 3.5	6.3	16.0	17.0	25.0	10.0
B	C.B.R		2.5	10.0	6.0	20.0	—	—	—	—
	P.B		0.9	1.5	1.8 3.5	5.8	14.0	25.0	35.0	28.0
C	C.B.R		6.0	7.5	7.2	53.0	—	—	—	—
	P.B		0.8	1.5	2.0 2.6	7.3	20.0	24.0	25.0	23.0
D	C.B.R		2.5	5.0	4.0	12.0	—	—	—	—
	P.B		0.7	1.0	1.8 1.8	3.9	20.0	13.0	31.0	13.0
E	C.B.R		4.1	9.0	9.5	16.3	—	—	—	—
	P.B		1.0	1.8	5.5	6.3	27.5	33.0	42.0	11.0
F	C.B.R		5.7	12.0	8.0	15.3	—	—	—	—
	P.B		1.1	3.0	3.5 4.5	9.3	21.0	21.0	40.0	21.0
G	C.B.R		5.0	6.0	8.0	12.0	—	—	—	—
	P.B		1.0	1.5	2.0 3.5	4.0	7.5	16.0	29.0	23.0
H	C.B.R		2.0	—	7.2	20.0	—	—	—	—
	P.B		0.8	1.5	2.5 3.3	8.3	12.5	25.0	40.0	29.0
I	C.B.R		7.0	5.0	4.0	12.7	—	—	—	—
	P.B		1.0	1.5	3.5 2.5	7.0	13.6	20.0	31.0	14.0
平均	C.B.R		4.0	7.6	6.8	19.0	—	—	—	—
	P.B		0.9	1.6	2.6 3.3	6.5	16.8	21.6	33.1	19.1
平均含水比 %			37.2	39.0	33.1	—	—	—	—	—

C.B.R %  
K kg/cm<sup>2</sup>

ii. C.B.R. 値と K 値との対比

路盤又は路床を補強する目的で築造される路盤は舗装を支持するに足る十分な支持力を保有するものでなければならぬが、又舗装も路床路盤の支持力に相応した厚さをもたなければならぬ。舗装がたわみ性であるか剛性であるかによつて要求される路床路盤の条件も自ら違つて来るが、未だ決定的な舗装厚算定法と的確な路床路盤の支持力判定法がないままに、一般には交通、気象、経済上の諸条件から舗装形式とその断面を決定し、逆に路床路盤に対して所要の支持力を要求する傾向にある。

C.B.R. 値は路床土支持力比であり又 K 値は基礎の支持力の係数であるから支持力そのものではなく、従つてその値は設計理論と設計曲線の併用によつて見出される。C.B.R. 試験はたわみ性舗装の路床に対する一種の剪断試験

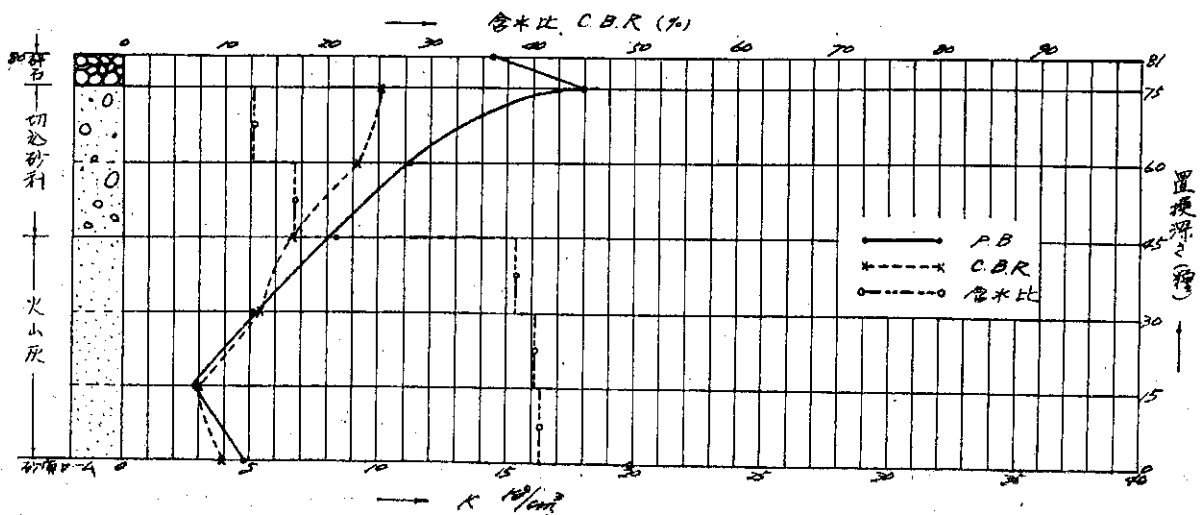


圖-5 切土箇所

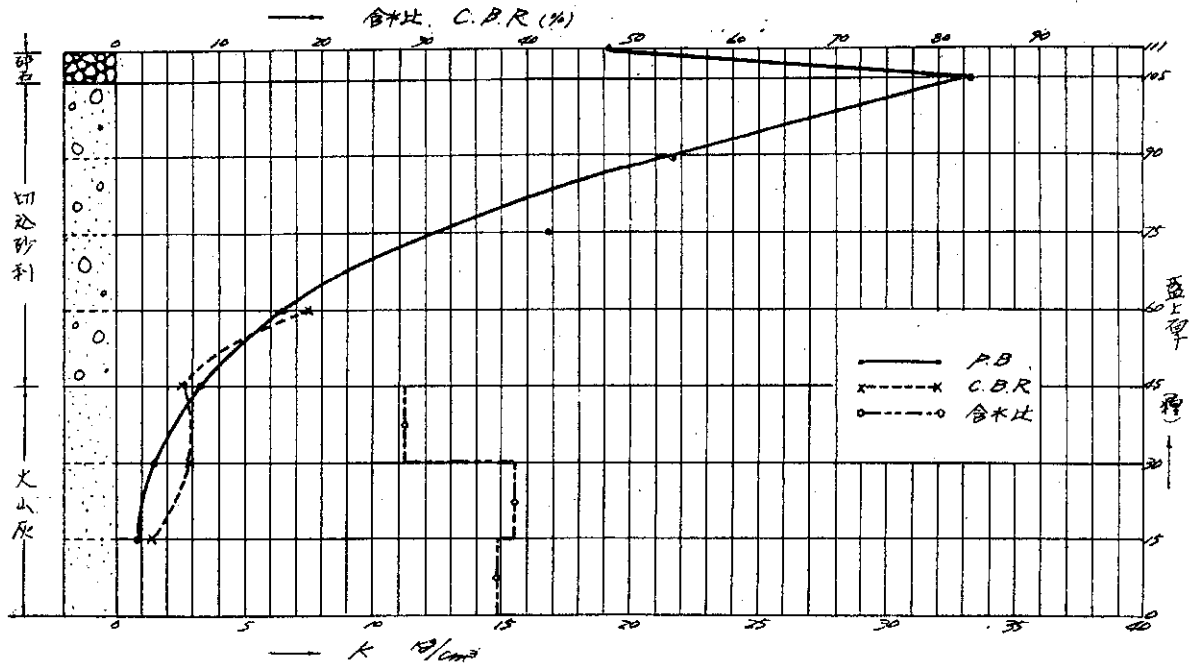


圖-6 盛土箇所

であり、又平板載荷試験は弾性圧縮試験であるから剛性舗装に対するものと言うことができるが、何れも路床又は路盤の支持力試験であり両者の関係を知ることができれば舗装道の設計と施工にあつた両試験を運用する上に基だ都合である。

これについてはすでに図-7(路床、路盤の設計を参照)に示すような、K値とC.B.R.の関係曲線が広く紹介されて

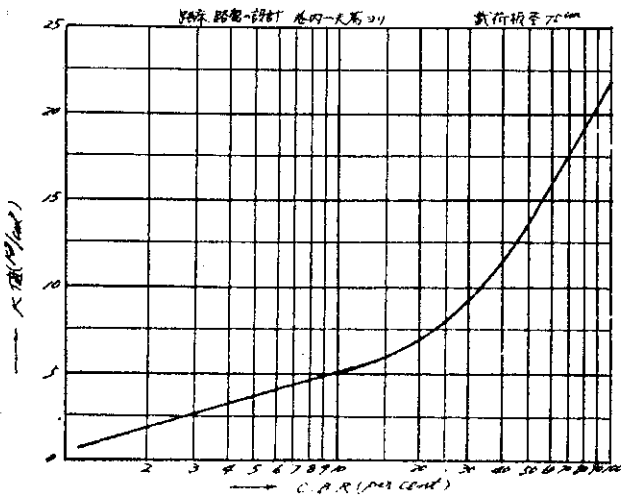


圖-7

ている。この例に倣つて本試験結果からえたK値とC.B.R.値との関係を図示したのが図-8、図-9、図-10及び図-11であるが土質によつて相違し簡単な関係曲線は求められなかつた。

この工事箇所に於ける輾圧状況からみて、路床砂質ローム土はローラー輾圧だけではC.B.R. 40%以上を期待することは無理なようであつたが、この状態からK値は急に増す傾向を示し、又切込砂利(火山灰20%混入のもの)は輾圧によりK値を増大できたがその割にC.B.R.値が足りないように思われ、C.B.R.値を増すためには火山灰の混入量を増す必要があるようだがC.B.R.試験の適用範囲と又C.B.R.値とK値との比較換算できる範囲があるようで今後の研究にまつ可きであろう。ここで少しく考察を加えたいのはC.B.R.試験

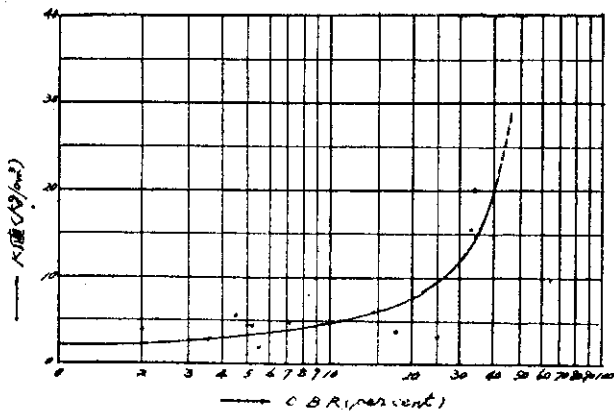


圖-8 砂質ローム土

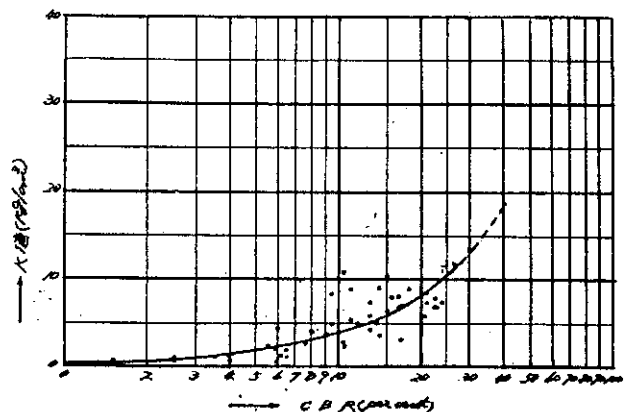
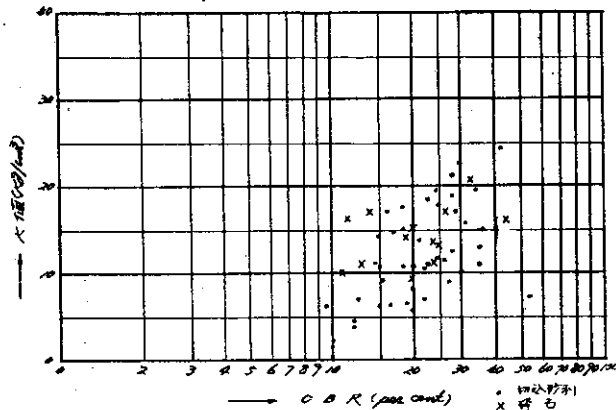
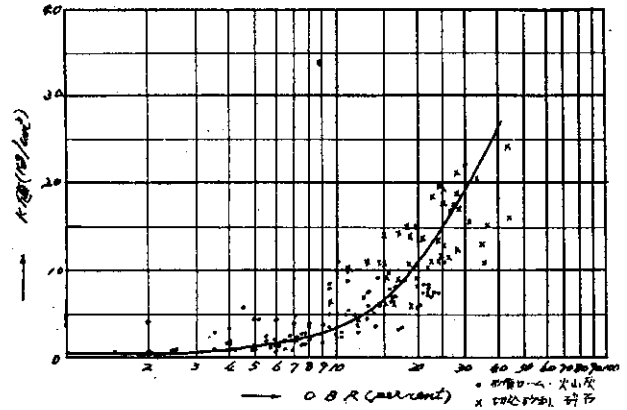


圖-9 火山灰



圖一10 切込砂利と碎石



圖一11 砂質ローム、火山灰、切込砂利、碎石

結果の適用についてである。平板載荷試験では使用する載荷板の径も大きく、その相違による K 値の変化も弾性圧縮の範囲では補正することもできるが、C.B.R. 試験では碎石、砂利等に対しては弾性圧縮であり、又液性限界に近い軟弱路床土への貫入は横流動であるからこれ等の貫入抵抗から直ちに支持力の強弱を判定することは危険であり、K 値と対比することも無理であると考えられる。

### 5. 結 語

現在の舗装厚の設計では路床、路盤の支持力は参考程度にしか考えられていないようだが、近い将来には支持力測定結果により舗装厚を設計することになると思う。この度の支持力測定を行つて最も我々が痛切に感じたことは舗装の基礎となる路床、或いは路盤支持力の均一性についてであつた。如何に良質な材料が使用されても均一な支持力がえられない限り舗装体破壊の原因となる。従つて路床特に路盤の施工に当つては先づ使用材料の均質性に留意し、支持力の均一性を図ることが望ましく然る後に支持力の測定も有意義になることと思われる。

次に本試験に使用した試験器具についてのべると、C.B.R. 試験用ジャッキ、平板載荷試験用ジャッキは共に新しく購入したものであつたが、C.B.R. 用ジャッキ 2 台、平板載荷用ジャッキ 3 台の中最後まで満足に使用出来たものは 1 台もなかつた。今後の製作と購入には充分の注意が必要であらう。又平板載荷試験には製作所別の器具を使用して見たがダイヤルゲージ取付けフレームが三点支持より二点支持の方が安定性があり、繁雑な現場試験には設置も簡単でゲージも取付けやすく、且つ上下の調整もしやすいので非常に能率的であつた。唯試験中に地盤が非常に軟い場合は荷重を加えるとフレーム支点まで影響するので、フレーム長さを長く作つて置かないと正確な試験は無理である。C.B.R. 試験器については、同一製作所の器具を使用したので他の製品との比較は出来なかつたが同一状況の地点で相当注意深く試験をしても結果には大きな差異が生じてきた。これは貫入棒が細いので荷重を加えると安定性がなくなると共に、基礎の土質に大きく左右されるため試験器の欠点であると思われ、今後の合理的な改善が必要であらうと考えられる。

### 文献紹介

### “伊藤式護岸について、”

(東北地建月報 4 月號より)

伊藤式護岸は、その水制と共に現岩手工事々務所長の伊藤美代治技官が最上川下流所長在任当時考案したものとして知られている。これは障子の格子があんなに薄い級を張つておりながら相当の強風に耐えていることからヒントを得たもので、障子の格子に相当する枠をコンクリートで作リ、その後紙に相当する薄いコンクリートスラブを打設する工法である。各種護岸の平方米当り単価と比較すると、コンクリート張工(伊藤式) 490 円 雜割石張(練張) 1,845 円 雜割石張(空張) 1,189 円 玉石張(練張) 1,013 円 玉石張(空張) 527 円となり伊藤式は可成り安くなつてゐる。これはこの地域では張石用玉石が現場で採取出来ず自から割高となつてゐる。護岸と水制とは相関連し、堤防を守るのが護岸であり、この護岸を守るのが水制で、更に護岸根止を守るのは根固、法覆を守るのは根止であると言うのが施工者の考である。竹田に於ける伊藤式護岸を見るに根固は従来の工法即ち粗朶沈床若しくは、捨石を以て河床を床均して根固の本体を構成する施工方法では、出水時の捨石の流失或いは河床の急激な洗掘によつて、重ね合せた粗朶沈床のまくれ上り等を来たし流速の大きな処では施工が殆んど不可能に近く、実施するにしても莫大な経費と時間を要する。それで床均用粗朶沈床は極力最小限度に止め、床掘を要する箇所は、その施工に最も適するド