

アスファルト舗装のCBR法による 構造設計の問題点について

小 山 道 義*

寒冷地の道路の路体構造を決定づける要因の1つに凍上現象がある。凍上(結)・融解作用を受ける場合の、路床土の設計 CBR の決定や路盤用材料の CBR 値の評価方法については今後の試験研究に残された面も多く、したがって CBR 法に基礎をおき、かつ、北海道の実状に即した設計手法はいまのところ確立されていない。本文は CBR 法の一般的な問題点を摘出し、私見を述べたものである。

1 CBR と K 値の関係について

CBR 設計曲線を利用すれば、路床の設計 CBR と交通条件に応じて、舗装の全厚が定まり、また路盤としての必要な CBR が求められることになる。実際の設計手法では、地方材料の品質・産状などを勘案して、路盤を数種の材料で組み合わせ築造するのが普通であるので、該設計曲線の安全側において幾通りもの路盤構成が存在することになる。この際 CBR 法の範疇では、これらの路盤効果の差異を比較考察し、設計に取入れることはない。

(1) 平板載荷試験における荷重と沈下量の関係

荷重と沈下量の間には、一般に(1)式の関係が成立する。

$$p = C_K (\epsilon/d)^{n_K} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに p ; 載荷荷重強さ (kg/cm²), ϵ ; 沈下量 (cm)
 d ; 使用載荷板の半径 (cm)

C_K, n_K ; 路床・路盤の強度特性によって定まる係数

任意の路床上に火山灰・切込砂利などの路盤材料を単独にあるいは組合わせて盛上げ築造した路床・路盤を対象に、直径 30cm の載荷板を用いて平板載荷試験を行なったが、その結果でも(1)式が成立することを確かめた。なお、これまでの実験結果から、(1)式の n_K は固定した値をとらずおおよそ 0.6~1.5 の範囲にわたって変化すること、さらに n_K と C_K の間には(2)式の関係が成立することを確かめた。

$$n_K = \alpha C_K^\beta \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに $\alpha=0.505$, $\beta=0.128$

(2) CBR 試験における荷重と貫入量の関係

CBR 試験における荷重と貫入量の関係についても、火山灰・砂・切込砂利などの路盤材料および普通路床土を対象に行なった現状土室内 CBR 試験の結果から(3)、(4)式の成立することを確かめた。

$$p = C_c (\epsilon/d) n_c \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに p ; 貫入棒に加わる荷重強さ (kg/cm²)

ϵ ; 貫入量 (cm), d ; 貫入棒の半径 (2.5cm)

C_c, n_c ; 供試土の強度特性によって定まる係数

$$n_c = \tau C_c^\mu \quad \dots\dots\dots (4)$$

なお、 n_c はおおよそ 0.6~2.0 の範囲の値をとり、また τ, μ は、表—1 に示すように、材料によって異なる値をとることもわかった。

表—1

	切込砂利	砂	火山灰	路床土
τ	0.467	0.263	0.257	0.350
μ	0.229	0.344	0.277	0.327

(3) CBR と K 値の関係

いうまでもなく、多層系路盤上で測定される現場 CBR と K 値の関係を求めることは意味がない。しかし、次項(4)で述べるように、路体を構成する各層がそれぞれ単一地盤であると仮想するときの K 値と現状土室内 CBR の関係を求めることは、多層系路盤の支持力問題を解析する上に有用なものと考えられる。

K_{30} ($\epsilon=0.125$ cm) 値および CBR ($\epsilon=0.25$ cm) は、定義されることによって(5)式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} K_{30} (\text{kg/cm}^2) &= C_K (0.125/15)^{n_K} / 0.125 \\ \text{CBR} (\%) &= C_c (0.25/2.5)^{n_c} / 0.7 \end{aligned} \right\} \dots\dots (5)$$

したがって、 C_K と C_c または n_K と n_c の間の関係を知られば(5)式から CBR と K 値の関係が求められることになる。

*第 2 研究部長

今かりに $n_K = n_0 \Rightarrow n$ とおいて

$$C_K = C_0 \text{ とおけば } K_{30}/\text{CBR} = 5.6/12^n \dots\dots\dots (6-1)$$

$$\text{また } C_K = 6^n C_0 \text{ // // } = 5.6/2^n \dots\dots\dots (6-2)$$

の関係式が得られる。 $n \Rightarrow n_K$ に対する K_{30} 値は (2), (5) 式から求められるので, (6) 式の場合を作図すると 図-1 が得られることになる。(6-1) 式で示される関係は, 推論の過程で異にしているが, たとえば植下氏の式に近

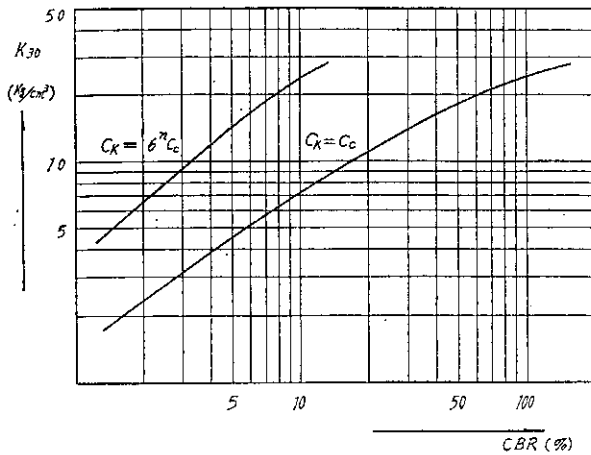


図-1

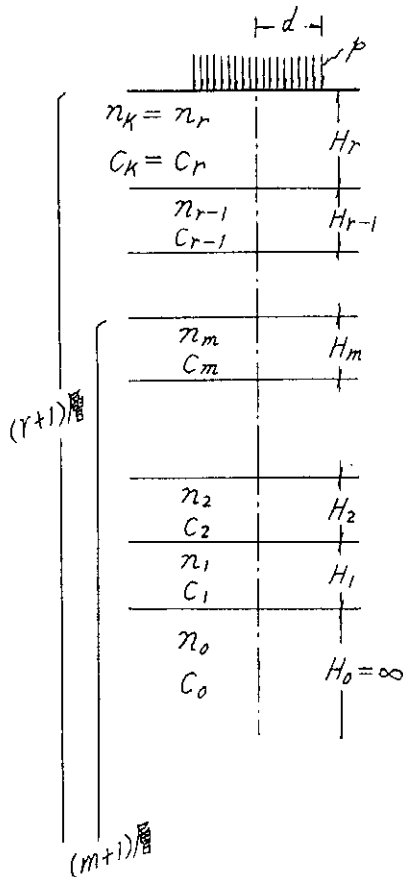


図-2

い。しかしこれまでの経験によれば (6-2) 式に近い傾向を示す場合もかなり多いようである。実際上の CBR と K_{30} 値の関係は, 従来考えられているような単式もしくは単一曲線に表示できるものではなく, 図示の 2 曲線の間プロットされるような関係にあるものと考えられる。

(4) 多層系路盤の路面沈下式

われわれが扱う路床・路盤は完全弾性体ではない。これまでの実験結果に基づいて, 多層系路盤上で平板載荷試験を行なうときの路面沈下式を検討した結果, 図-2 に示すような路盤構成の場合に対する一般式として (7) 式を導いた

$$\epsilon = \sum_{m=0}^r \epsilon_m (1 - e^{-k_m H_m / d}) - \frac{1}{nm} \sum_{i=m+1}^r k_i n_i H_i / d \dots\dots (7)$$

最も単純な 2 層系路盤の場合では次式となる。

$$\epsilon = \epsilon_1 (1 - e^{-k H_1 / d}) + \epsilon_0 e^{-k \frac{n_1}{n_0} H_1 / d}$$

(7) 式において ϵ_m は

$$\epsilon_m = d (p / C_m)^{1/n_m} \dots\dots\dots (8)$$

で与えられるもので, 路体を構成する各層が単一地盤であると仮想するときの路面沈下を表わす。なお (8) 式は (1) 式を変形すれば得られるが, (7) 式の合成路盤に対する ϵ にも適用できるものである。また (8) 式中の k は実験的に定めなければならないが, 設計上の概数として $k=1/2$ とするものが合理的であるように思われる。したがって, 路体を構成する各層の n_K または C_K がわかれば (2) および (7), (8) 式から任意の載荷荷重強さ (p) に対する路面沈下量 (ϵ) は計算できることになるので K 値が求められることになる。

ここで前項 (3) で述べたように, C_K と C_0 または n_K と n_0 の関係を明らかにすることができれば, 路体各層の CBR を知って任意多層系の路盤支持力 (K 値) を求めることもできることになるわけである。

2 CBR 設計曲線について

CBR 法による路体の設計は設計曲線に基づいて行なわれることになるが, 輪荷重などによって利用する曲線は区別される。この際明示されていない交通条件の場合では内外挿など適当な方法によらなければならないし, またこの成否の検証は爾後の経験的事実によらなければならない。内外挿特に外挿法の適用を容易にし, また,

検証結果に基づく補正をより確実なものとする意図から、CBR 設計曲線について、以下述べるような考察を試みた。

現行のアスファルト舗装要綱に示される設計 CBR と舗装合計厚との関係は片対数方眼紙上で与えられているが、両対数方眼紙上にプロットすれば直線もしくは折線で表わされる関係にあることがわかる。図-3は *SOIL MECHANICS FOR ROAD ENGINEERS (H.M.S.O.)* に掲載

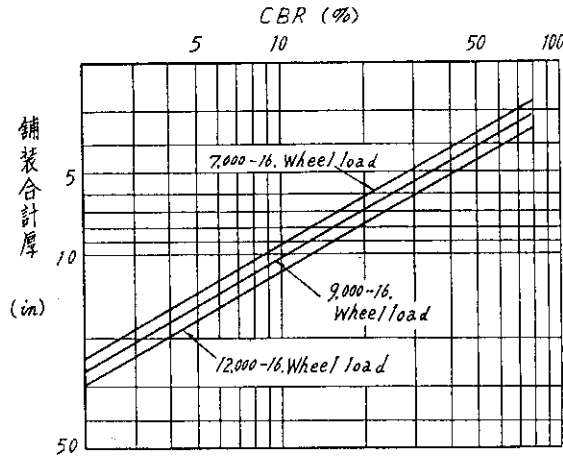


図-3

されている CBR 設計曲線に基づいて作図したものである。図から (9) 式が成立することを推論した。

$$H = T \cdot R^i \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここに H ; 舗装合計厚 R ; 路床土の CBR (%)
 T ; 交通条件によって定まる係数 i ; 常数

図-3はまた図-4のように作図し直すことができる。図-4では、輪荷重 (W) と係数 T の関係ならびに T と H との関係をもパラメータとして示している。これは任意の路床土の CBR (R) が与えられるときの T と H の関係が、(9) 式によって、普通方眼紙上で原点を通る直線で表わされること、また T は (9) 式において $R=1$ とするときの H で与えられることから作図したものである。なお、図-3から W に対する T の概値を求めると表-2となったが、図-4に示したように W と T は普通方眼紙上で直線で表わされる関係となっている。

W -lb	7,000	9,000	12,000
T	34	38	43

図-4には参考までに $R=0.5, 1, 3$ の場合を例示したが、任意の R に対しても H と T の関係は容易に作図することができる。したがって、図-4を利用すれば、ある路床が与えられるときの任意の輪荷重に対して必要

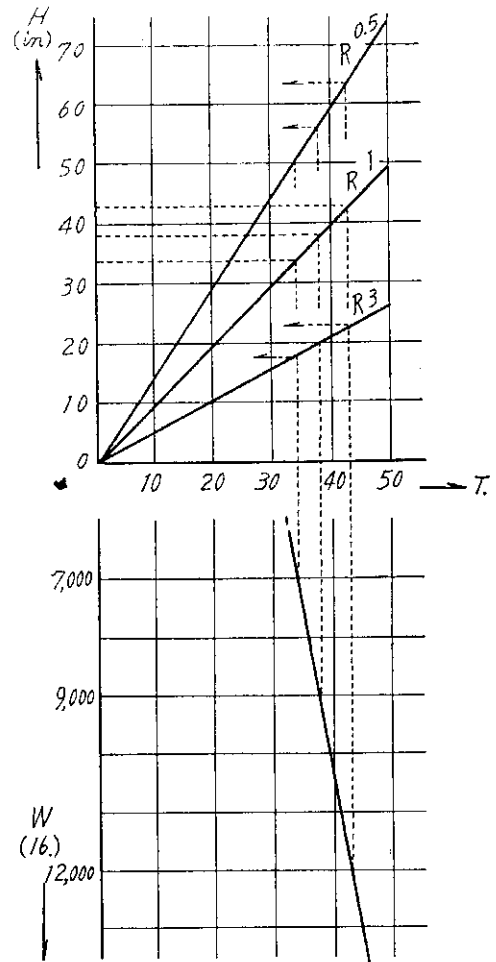


図-4

な舗装合計厚が求められることになる。 W と T の関係が直線式で表わすことができない場合や、(9) 式の i 値が交通条件や路床条件によって変わる場合でも、(9) 式が成立する限りにおいて、図-4と同様の関係図が得られるはずである。

路体構造の設計には数多くの方法が提案されているが、わが国の現状では CBR 法と K 値法が一般的なものである。したがって、北海道に即した設計手法を検討する上にも、これらの設計方法が足がかりとなる。この際どのような材料をどのような状態で〜ということは CBR に、またいくらの厚さで盛上げたらいくらの支持力になるか〜ということは K 値に関することとして、概念上の CBR と K 値の立場関係を絞って考えるのも一策であると思われる。いずれにしても、路体を構成する各層の強度特性の季節的変動や経年変化の実態を的確に想定し、これに基づいて CBR を評価することが必要となる。