

# アスファルト舗装の層厚の設計方法について

維持管理研究室\*

問 1. アスファルト舗装の層厚の設計にはどういう条件を考慮するのですか？

回答.

アスファルト舗装道路を築造する場合、その厚さの設計は一般に、路床の支持力と設計期間内の交通量を考慮して、表層から路盤までのトータルで必要な強さ（目標 $T_A$ ＝各材料を表基層用アスファルト混合物に換算した場合の厚さ）を求め、その $T_A$ を満たすように各層の材料と厚さを決定します。北海道のような積雪寒冷地においては、更に凍土対策を考慮した設計を行います。

問 2. 目標 $T_A$ はどのように決めるのですか？

回答

アスファルト舗装においては、CBR (California Bearing Ratio) によって路床支持力を評価します。設計CBRが定まれば、式(1)によって目標とする $T_A$ を算出します。

$$T_A = \frac{3.84N^{0.16}}{CBR^{0.3}} \quad \dots \text{式(1)}$$

$T_A$  : 舗装各層を表層および基層加熱アスファルト混合物で設計したときの必要厚さ (cm)

$N$  : 設計期間(n年)における累積 5 トン換算輪数(輪／1 方向)

CBR: 路床の設計CBR

表－1 交通区分ごとの設計累積 5 トン換算輪数(N)

| 設計交通量の区分 | 設計に用いる累積 5 トン換算輪数 |
|----------|-------------------|
| L交通      | 3 万               |
| A交通      | 15 万              |
| B交通      | 100 万             |
| C交通      | 700 万             |
| D交通      | 3500 万            |

表－1 の値を用いて、式(1)から計算した目標 $T_A$ は表－2 のようになります。

表－2 目標とする $T_A$ (cm)

| 設計CBR | L交通  | A交通  | B交通  | C交通  | D交通  |
|-------|------|------|------|------|------|
| (2)   | (17) | (21) | (29) | (39) | (51) |
| 3     | 15   | 19   | 26   | 35   | 45   |
| 4     | 14   | 18   | 24   | 32   | 41   |
| 6     | 12   | 16   | 21   | 28   | 37   |
| 8     | 11   | 14   | 19   | 26   | 34   |
| 12    | 11   | 13   | 17   | 23   | 30   |
| 20    | 11   | 13   | 17   | 20   | 26   |

※( )は、修繕工事などで既存の路床の設計CBRが2であるものの、路床を改良することが困難な場合に摘要する。

問 3. 交通区分はどのように決めるのですか？

回答.

アスファルト舗装の設計期間は原則として10年としています。この設計期間内の累積 5 トン換算輪数によって設計します。一般的には、累積 5 トン換算輪数に代えて大型車交通量によって表－3 に示すL～D交通に区分して設計します。

表－3 設計交通量の区分

| 設計交通量の区分 | 大型車交通量 (台／日・方向) の範囲 |         |
|----------|---------------------|---------|
| L交通      | 100未満               |         |
| A交通      | 100以上               | 250未満   |
| B交通      | 250以上               | 1,000未満 |
| C交通      | 1,000以上             | 3,000未満 |
| D交通      | 3,000以上             |         |

問 4 設計CBRはどのように決めるのですか？

回答.

設計CBRは、路床土が変化していると思われる工区ごとに定める必要があり、原則として、現地から土を採取してCBR試験を行うこととされています。しかし、寒冷地域では融解期に路床支持力が小さくなるので、この時期のCBRを評価して設計する必要があります。各舗装設計箇所について融解時期に現場のCBRを実測することは、多くの時間と労力を要し、しかもその測定精度にも問題があるため、北海道開発局では、全道の多数のサンプルを用いて室内試験を行った結果を基に、路床の材質の種別ごとに設計CBRの設定をしています。

路床の材質の分類は、表－４に示す４分類としています。

火山灰は、凍結融解の繰返し作用によってその粒子が細粒化し、融解期の支持力が大きく低下し、また粗粒材は、凍上性の在来路床土が侵入して凍結融解作用による支持力低下が大きいことからCBR保存率を乗じた値を設計CBRとして用いることとしています。

表－４ 路床の材質ごとの設計CBRの算出

|           | 現場CBRから算出した<br>設計CBRの「平均値 $\sigma^*$ 」<br>(A) | 保存率**<br>(B) | 設計CBR<br>(A)×(B) |
|-----------|-----------------------------------------------|--------------|------------------|
| 凍上性路床土    | 3.1                                           | —            | 3.1→3            |
| 火山灰       | 18.9                                          | 0.20         | 3.8→4            |
| 砂         | 5.0                                           | —            | 5.0→5            |
| 切込砂利等の粗粒材 | 14.1                                          | 0.70         | 9.9→10           |

\*)  $\sigma$ ＝平均値（最大値－最小値）／C …式(2)  
C：データ数によって定まる定数

\*\*) CBR保存率＝ $\frac{\text{凍結融解繰返し後のCBR}}{4 \text{ 日水浸後のCBR}} \times 100 [\%]$  …式(3)

#### 問５．舗装各層の厚さはどう決定されるのですか？

回答．

前述のように目標とする $T_A$ を求めたのち、各層の厚さを決定します。

表－５に例を示すように、材料ごとに等値換算係数(a)が設定されています。

等値換算係数とは、平たく言うと「それぞれの材料の1cm分が、表層・基層用加熱アスファルト混合物何cm分に当たるか」という値です。すなわち、表－５で下層路盤の4cmは表層・基層の加熱アスファルト混合物の1cmに相当するということになります。

表－５ 等値換算係数の例

| 使用する位置 | 工法・材料             | 品質規格             | 等値換算係数(a) |
|--------|-------------------|------------------|-----------|
| 表層・基層  | 表層・基層用加熱アスファルト混合物 | 要綱・仕様書の示される規格    | 1.00      |
| 上層路盤   | アスファルト安定処理        | 加熱処理：安定度350kgf以上 | 0.80      |
| 下層路盤   | クラッシュラン           | 修正CBR30以上        | 0.25      |

つまり、設定した断面の等値換算厚（全層を表層・基層用加熱アスファルト混合物で施工した場合の厚さ） $TA'$ は、式(4)で計算し、目標 $T_A$ を満足するように、各層の厚さを決定します。

$$TA' = a_1 T_1 + a_2 T_2 + \dots + a_i T_i + \dots + a_n T_n \quad \dots \text{式(4)}$$

$a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$ ：各層の等値換算係数

$T_1, T_2, \dots, T_i, \dots, T_n$ ：各層の厚さ(cm)

北海道開発局では、表層・基層・上層路盤の材料と

厚さを舗装全体の力学的なバランス及び経済性を考慮して表－６のように定めています。なお、アスファルト舗装要綱によれば、A交通のアスファルト安定処理は、最大粒径(30mm)の２倍以上とされていますが、北海道開発局ではこれまでの施工実績や最大粒径30mm以下の場合の作業性が比較的良好ことから、アスファルト安定処理の最小厚である5cmで設計しています。

表－６ 各交通区分での舗装厚（表層・基層・上層路盤）

|      |                | A交通 | B交通 | C交通  | D交通  |
|------|----------------|-----|-----|------|------|
| 表層   | 表層用加熱アスファルト混合物 | 3cm | 4cm | 4cm  | 5cm  |
| 基層   | 基層用加熱アスファルト混合物 | 4cm | 5cm | 10cm | 12cm |
| 上層路盤 | アスファルト安定処理     | 5cm | 6cm | 12cm | 18cm |

ただし、表層の内の上部2cmは摩耗層であるため、 $TA'$ を計算するにあたっては、実際の表層厚から2cmを減じた値となります。

#### 「例１」

例えば、下層路盤としては修正CBR30以上のクラッシュラン( $a=0.25$ )を用いて、設計CBR＝3の路床上にA交通対応の舗装を設計する場合

目標とする $T_A=19\text{cm}$ （表－２）

表－６から、表層＝3cm( $a=1.00$ )

基層＝4cm( $a=1.00$ )

上層路盤＝5cm( $a=0.80$ )

下層路盤厚を $X\text{cm}$ ( $a=0.25$ )とすると、

$$TA' = (3\text{cm} - 2\text{cm}) \times 1.00 + 4\text{cm} \times 1.00 + 5\text{cm} \times 0.80 + X\text{cm} \times 0.25 \geq T_A = 19\text{cm}$$

$$\text{これから } X \geq 40.0\text{cm}$$

なお、端数がある場合は、施工精度などの面から下層路盤厚は5cm単位に切り上げる。

#### 問６．凍上対策はどのように考慮するのですか？

回答．

路床土などは低温になると凍結しますが、単に凍結するだけでなく霜柱のように体積が著しく膨張する場合があります。これによって路面が押し上げられる現象を凍上と呼んでおり、ひび割れの発生や平坦性の悪化などの原因となります。凍上対策として、路床（路床面の下1mの部分と言う）の一部を難凍上性の材料で置換えを行います。この層を凍上抑制層と呼んでいます。

凍上抑制層の厚さは、その箇所での凍結深さから求める置換え深さによって決まります。置換え深さは、設計期間（アスファルト舗装だと10年）に一度生じる

と推定した凍結深さの70%あるいは経験値とします。

北海道の国道の置換え深さは、過去の実績に基づいて決められています。例えば、札幌では80cm、函館では60cm、帯広では100cmとなっています。

北海道開発局では、路線の区間ごとに置換え深さをランク分けして、設計用の数値が簡単に求まるようにしています。凍上抑制層厚も施工の煩雑さを避けるため5cm単位として、置換え深さのランクに最も近づくように（2捨3入、7捨8入）厚さを決定します。

また、凍上抑制層には粗粒材や砂を使いますが、路床の一部を支持力の異なるものに置換えるため、路床の設計CBRを検討しなおす必要があります。路床が2層以上の層からなり、凍上抑制層の材料のCBRが路床のCBRより大きな場合は、その合成CBRを式(5)によって求めます。

$$CBR_m = \left[ \frac{h_1 CBR_1^{1/3} + h_2 CBR_2^{1/3} + \dots + h_n CBR_n^{1/3}}{100} \right]^3 \dots \text{式(5)}$$

$CBR_m$  : m地点のCBR

$CBR_1, CBR_2, \dots, CBR_n$  : m地点の各層のCBR

$h_1, h_2, \dots, h_n$  : m地点の各層の厚さ(cm)

$$h_1 + h_2 + \dots + h_n = 100$$

#### [例2]

例1において、置換え深さが80cmで、凍上抑制層として、粗粒材（CBR=10）を用いる場合

#### [①凍上抑制層厚と設計CBRの算出]

例1において、舗装合計厚 = (3-2) + 4 + 5 + 40 = 50  
(置換え必要厚) (舗装合計厚) (不足分)  
80cm - 50cm = 30cm

置換え厚が30cm不足していますので、凍上抑制層厚は30cmとなります。

なお、端数がある場合は2捨3入、7捨8入により5cm単位とします。

凍上抑制層を考慮した路床の合成CBRを求めると式(3)から

$$\left[ \frac{70\text{cm} \times 3^{1/3} + 30\text{cm} \times 10^{1/3}}{100\text{cm}} \right]^3 - 4.54$$

となります。つまり、現地盤の設計CBRは3ですが、30cmの凍上抑制層を設けることによって、設計CBRは4に変更となったので、舗装厚の再計算が必要となります。

#### [②路盤厚の算出]

目標とする $T_A$ は表-4から18cmと1cm減ります。

下層路盤厚をXcmとすると、

$$TA' = (3\text{cm} - 2\text{cm}) \times 1.00 + 4\text{cm} \times 1.00 + 5\text{cm} \times 0.80 +$$

$$X\text{cm} \times 0.25 \geq T_A = 18\text{cm}$$

$$\text{これから } X \geq 36.0\text{cm}$$

下層路盤厚は5cm単位に切り上げるため、40cm。

再計算の結果、層厚の変更がないので、凍上抑制層厚を30cmとして、これで設計終了です。なお、再計算した下層路盤厚が変更になると、これによって自動的に凍上抑制層の不足分も再度変わってきます。このため、①に戻って上記の計算を層厚の変更がなくなるまで繰返し行う必要があります。

#### 参考文献

- 1) アスファルト舗装要綱、社団法人 日本道路協会、1992年
- 2) 舗装技術の質疑応答（第1巻～第5巻）、建設図書、1985年