

1 序論

剛性舗装(コンクリート舗装, 鉄筋コンクリート舗装)において, 膨脹目地を設ける目的は, 舗装の膨脹をおさえることによって生ずる圧縮力を減らすためと, 持上りを防ぐためである。しかし, 目地はできるだけ少ない方がよい。このため, 舗装の持上りとは何かを改めて考えておく必要がある。

持上り { 1 路盤の不等沈下あるいは不等隆起による。
2 熱膨脹およびそれに基く圧縮力による。

1. せり上り = 舗装の端面が接触している物の面に沿ってせり上る変形
2. 曲げ上り = 偏心圧縮によって曲げが生じて, 端面がまくれ上る変形。ほか温度勾配。
3. 座屈 = 連続舗装の座屈, 目地部分の座屈, 剛体に接した部分の座屈

上の1, 2は, 舗装を連続にしてしまえば起こらない現象である。連続にした上で, 座屈が生じないようにできれば, 熱膨脹による持上りは解決つくと考えられる。剛体と接する部分でも, 膨脹による圧縮力を伝えてはならない場合以外は, できるだけ連続にするか, あるいは目地をつくらずに接しさせるかすれば, 上記1, 2の持上りはなくなる。

座屈理論としては, 従来, 明確なものは知られていなかったようである。^[1]しかし, 現に1キロ以上の連続舗装があり, 座屈することなく使用されている。たゞ, 理論的な裏づけがないため, 座屈に対して, 確たる態度をとれないのが現状のようである。PC舗装は導いので, 座屈に注意せざるを得ない。これに関してはLévyの論文^[2]があり, [3]にはWetter, Beckerの考察が紹介されている。筆者は, さらに厳密な取扱いをするとともに, 剛体と接する部分の座屈, 路盤のK値の影響などについて研究した。

2 剛性舗装の力学モデル

舗装の形および境界条件

- イ. 舗装は中に比して十分長いとする。厚さに比して巾は広いが, 近似的に棒に置換する。
 - ロ. 舗装は連続的であり, 棒としての曲げ剛性は一様であるとする。
 - ハ. 舗装の横断方向の両側は自由である。
- ニ. 座屈が問題となる境界条件として, 次のものをとりあつかう:

1. 十分長い連続舗装の中央部, 座屈波の終端で, 任意に $w = w' = 0$
2. 剛体に接した端部, 接している部分で $w = w'' = 0$, 座屈波の終端で $w = w' = 0$

路盤の鉛直方向の抵抗力

舗装が座屈によって沈下する場合には弾性的に反力がか, 浮上の場合には何ら抵抗しないとする。

熱膨脹による外力

座屈直前には, 舗装の中央部および剛壁付近では ほとんど一様な圧縮状態と考えられる。

3 座屈方程式

○ 座屈した部分の釣合方程式は $EI w'''' + P_B(x) w'' = -Q$ (1)

ただし, $w > 0$, $Q = f$; $w = 0$, $Q = 0$; $w < 0$, $Q = k w$

○ 軸力に関する釣合条件より $P - P_A = r f f (L - U) + f f (V - L)$ (2)

○ 伸び変形の適合条件は $\frac{1}{2} \int_0^L w'^2 dx = \frac{1}{EA} \left[(P - P_A) L - r f f \frac{(L - U)^2}{2} + f f \frac{(V - L)^2}{2} \right]$ (3)

4 座屈荷重の計算

軸力 P_B はたわみの関数であるから, 方程式は非線形である。近似解法として, ガラーキン法を用いる。たわみを $w = C \phi$ (4) と仮定する。C は未定常数である。φ は, w の満すべき, あべての境界条件を満足しているものをとる。ガラーキン法によれば

$$\int_0^L [EI (C\phi)'''' + P_B(C\phi)'' + Q] \phi dx = 0 \quad (5)$$

(5) は C に関する3次方程式となる。座屈荷重は, (5) が C の実根を持つ条件より定まる。そのとき, 実根 C が存在するための最小の P は, 座屈長 L の関数であり, P が最小になるように, L を選らねばならない。φ としては

十分長い舗装の中央部の座屈に対して

$$\phi = 1 + \cos \frac{\pi x}{L} + \alpha_1 \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{L} \right)$$

剛体と接する部分の座屈に対して

$$\phi = \left(\sin \frac{\beta_1 x}{L} - \frac{\beta_1 x}{L} \cos \beta_1 \right)$$

$$+ \alpha_2 \left(\sin \frac{\beta_2 x}{L} - \frac{\beta_2 x}{L} \cos \beta_2 \right)$$

$$\beta_1 = 4.493, \beta_2 = 7.723$$

α_1, α_2 は座屈荷重を最小にするように選らぶ。

5 結論

イ. 図3に示すように, 10 cm 以上の連続舗装の座屈の危険性は極めて少い。

ロ. 表形は, $\alpha_1 = -0.27$, $\alpha_2 = 0.35$ であつた。

ハ. 座屈高は, 中央部の場合, 10 cm 厚で約 7 cm, 20 cm で約 15 cm である。

ニ. 座屈長は, 中央部の場合, 10 cm 厚で約 23 m, 20 cm で約 40 m である。

ホ. 路盤の K 値および摩擦係数の値は座屈にほとんど影響しない。

本研究は, 筆者が, 学会空港舗装研究委員会で行ったものをもとにしている。

[1] セメントコンクリート舗装要綱 p19 [2] Annales de I.T.B.T.P. No. 66, pp 537~555 1953 [3] 森口 拓: 港湾技研資料 No 40

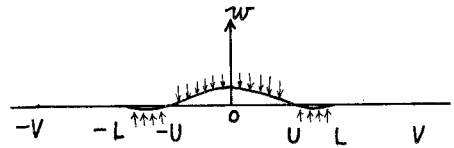


図1. 座屈表形

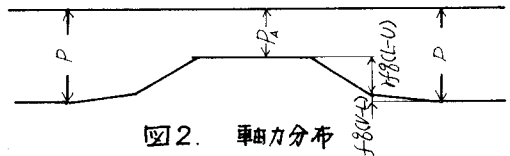
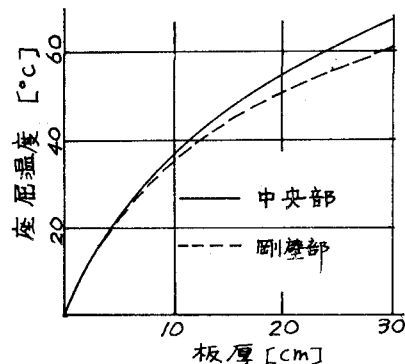


図2. 軸力分布



$E = 3.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, 線膨脹係数 $= 10^{-5}$

図3