

日本大学理工学部交通工学科 正会員 川口昌宏

1 緒言

この研究は、前回発表したものに続くものである。⁽¹⁾すなわち、舗装における膨脹目地は、舗装の弱点となるから、熱膨脹による座屈が生じない範囲でできるだけつくらないようにしたい。そのためには、熱膨脹座屈のメカニズムを明らかにし、舗装厚と座屈を生ずる温度上昇との関係を求めなければならぬ。経験的には膨脹目地間隔は次第に長くなっているが、理論的な根拠が不足しているため不案が残っているのが現状である。研究の結果⁽²⁾、熱膨脹座屈のメカニズムは低ライズのアーチにみられるような飛移り現象であって、座屈荷重そのものを求めることは難しいことが明らかになった。

しかし、座屈荷重の下限は求めることができ、実際の座屈荷重はその下限より2割程度は少くも高いようである。舗装厚と座屈温度上昇との関係は、厚さ10cmで38°C以上、20cmで54°C以上、30cmで67°C以上であると考えられる。そしてこの値は、路盤のK値・摩擦係数(もちろん圧縮力が加わって座屈する路面の摩擦作用)などにはほとんど影響されず、ヤング率が高くなれば低下する。つまり連続舗装においては、熱膨脹座屈の可能性は非常に少ないであって、もしあるとすれば目地のように曲げ剛性が小さい点が弱点となって、そこに生ずるであろうと考えられる。

道路に縦断曲線がある場合には、これが座屈の際の初期変形となって、座屈荷重を低下させる原因になることが考えられる。セメントコンクリート舗装要綱⁽³⁾には、特に曲率半径の小さい場合(100m)には注意するように記されている。

2 理論

理論をたてるにあたっては、次の仮定をおこなう。

○舗装は中に比して十分長く、解析にあたっては棒に置換する。また、舗装は連続的であり、棒としての曲げ剛性は一樣である。

○舗装は連続的に路盤によって支持されている。舗装の死荷重が載荷された状態で、路盤は圧密変形を完了しているとある。したがって舗装がその状態から短時間にさらに沈下する場合には弾性的に働くが、沈下の場合には何ら抵抗しないとある。

○座屈前には、十分長い範囲にわたって軸力は等しいと考える。厚さ方向の温度勾配の影響は省略する。縦断曲線のない場合は、厚さ方向の温度勾配は、連続舗装中央部の座屈に何ら影響がない。⁽²⁾

以上の仮定のもとに、座屈後の釣合方程式をたてると

$$EIw'''' + P_B(w+w_0)'' = -Q \quad (1)$$

ここに w_0 は初期変形であり、図1に示す。 Q は $w > 0$ のとき $Q = \gamma$ (自重)、 $w \leq 0$ のとき $Q = \lambda w$ である。 λ は路盤のパネ定数である。(1)式にガラキン法を適用するため、 $w = C\phi$ とする。 ϕ は、すべての境界条件を満足している関数であり、 C は未定常数である。

ガラーキン法によれば

$$\int_0^L [EI(C\phi)'''' + P_B(C\phi)'' + Q]\phi dx + \int_0^L P_B w_0'' \phi dx = 0 \quad \dots (2)$$

であり、2項が初期変形の影響である。Lは座屈長の半分である。

$$w_0'' = -\frac{1}{R} \quad \dots (3)$$

とすれば、計算が簡単になる。ここにRは曲率半径である。この条件は初期変形が放物線であることを示している。負符号は路盤が凸の場合である。凹の場合には、座屈に対して安全であると思われるので省略する。(2)の積分を計算すれば、Cに関する三次方程式が得られる。

$$A_2 C \left[P + \frac{f\gamma}{2L} \{(V-L)^2 - \gamma(L-U)^2\} + \frac{1}{A_2} (A_1 EI + A_3 R + f\gamma A_7) \right] + (fA_4 - \Delta) = A_6 \frac{EA}{2L} C^3 \quad \dots (4)$$

ここにA₁ ~ A₇は座屈の表形によって定まる定積分であり、fは摩擦係数、γはその修正係数、Uは座屈に際して舗装が沈下する位置、Vは座屈に際して摩擦が変化ある範囲である。Δは縦断曲線の影響を示す項であり、自重が舗装を押えつける効果 $\frac{1}{2} A_4$ か Δだけ少なくなったと考えることが出来る。ここに EI は舗装の単位巾曲げ剛性 EAは単位巾断面剛性であり

$$\begin{aligned} \Delta &= - \int_0^L P_B w_0'' \phi dx \\ &= \frac{1}{R} \left[P + \frac{f\gamma}{2L} \{(V-L)^2 - \gamma(L-U)^2\} - \frac{EA}{2L} C^2 A_5 \right] A_8 + \frac{f\gamma}{R} A_9 \quad \dots (5) \end{aligned}$$

A₈, A₉も表形によって定まる定積分である。

そこで曲率による自重効果の減少を考慮して、理想的に平らな場合をもとにして、曲率のある場合の座屈荷重(正確に言えば座屈荷重の下限)を求めれば

$$P_{cr}' = \frac{a_1 EI L^2 + a_3 R L^2 + \gamma f a_7 L}{-a_2} - \frac{f\gamma}{2L} \{(V-L)^2 - \gamma(L-U)^2\} + \left[\frac{3\gamma a_4}{-2a_2} \sqrt{\frac{3EAa_5}{2}} \right]^{\frac{2}{3}} L^{\frac{2}{3}} \left(1 - \frac{4}{L} \frac{1}{\gamma a_4}\right)^{\frac{2}{3}} \quad \dots (6)$$

式中4/Lは(5)式のPにRが無限大の場合の座屈荷重P_{cr}を代入した値である。a₁ ~ a₇はA₁ ~ A₇を無次元表示した値である。

3. 数値計算結果 図2

曲率半径が300m以下であると縦断曲線の影響は大きい。

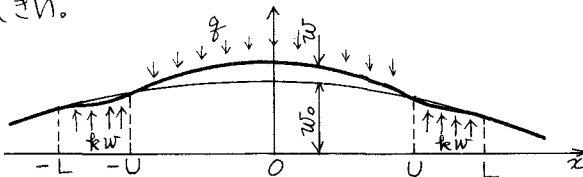


図1 縦断曲線のある場合の座屈

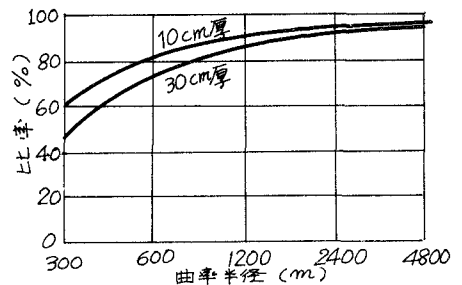


図2 Rによる座屈温度上昇の低下率
曲率半径無限大を100%とする。

(1) 「舗装の熱膨脹座屈」 昭和43年度年次学術講演会講演概要集 オI部門 P603

(2) 「連続舗装の熱膨脹座屈」 学会論文集投稿中