

コンクリート舗装の構造解析における横目地モデルについて

石川工業高等専門学校 ○ 西沢 辰男

東北大学

福田 正

佐藤道路技術研究所

松野 三朗

1 まえがき

コンクリート舗装における横目地は、温度、湿度の変化に伴うコンクリート版の体積変化を吸収し、拘束応力を軽減する役割を負っている。しかしながら、この横目地は、逆にコンクリート版の連続性を失わせ、交通荷重に対する構造的弱点となってしまう。特にそのわだち付近は、コンクリート舗装版の版厚設計の際の一つのクリチカルな点と考えてよい。

横目地縁部に荷重が作用したときのコンクリート舗装版の力学的な挙動を解析するにあたっては有限要素法をもちるが、その際横目地の荷重伝達を適切にモデル化した目地要素を考え出す必要がある。

従来、目地の不連続性を平板有限要素モデルに組み入れるには、二つの方法が考えられていた。¹⁾

一つは、通常の棒要素をそのまま組み込むもので、スリップバーとコンクリート版は完全に密着しており、すなわち、棒要素の節点変位と平板要素の節点変位が同一と仮定されており、スリップバー周辺のコンクリートの局所的な変形は考慮されていない(図-1 a)。他の一つは、スリップバーによるコンクリートの局所変形のみを考慮し、主にせん断伝達だけに注目したものである(図-1 b)。

実際の横目地付近の挙動は、スリップバー自体の変形とその周辺のコンクリートの局所変形とが相互に作用しあっていると考えられ、この2つのモデルを組み合わせれば、より合理的なモデルを考えることができよう。

2 スリップバーを有する横目地の力学モデル

図-2は、スリップバー付近のコンクリート版とスリップバーの変形状態を示したものである。図からわかるとうり、コンクリート版のたわみおよびたわみ角とスリップバーのそれらとは、版端部において差を生じている。すなわち、

$$d^* = d + \Delta d \quad (1)$$

ここに、 $d = \langle w_1 \quad \theta_1 \quad w_2 \quad \theta_2 \rangle$ で、*はスリップバーの変位成分であり、 Δ はコンクリート版とスリップバーの変位成分の差であることを示す。この差はスリップバー周辺のコンクリートの局所変形によるもので、その影響はよく知られたばね支承上のはりの微分方程式の解を用いて評価できる。

図-3に示すように、コンクリートの局所的な変形による作用をはねに置き換える。スリップバーの端部に図に示すようなせん断力とモーメントが作用したとき、スリップバーのたわみおよびたわみ角は次式のように表わすことができる。

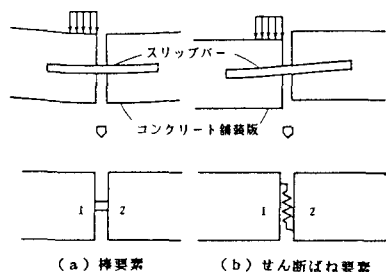


図-1 従来の目地モデル

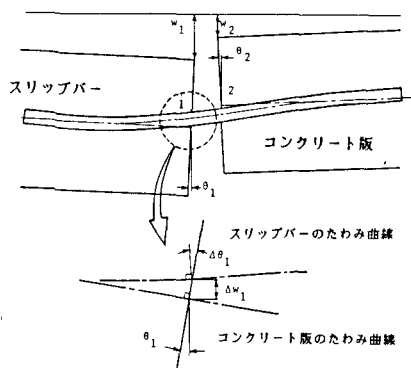


図-2 コンクリート版とスリップバーの相互作用

$$\begin{bmatrix} \Delta w \\ \Delta \theta \end{bmatrix} = -\frac{e^{-\beta x}}{2\beta EI} \begin{bmatrix} \frac{1}{\beta} \cos \beta x & -(\cos \beta x - \sin \beta x) \\ -(\cos \beta x + \sin \beta x) & 2\beta \cos \beta x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_w \\ F_\theta \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここに、 $\beta = \sqrt{k/EI}$ で、 k はコンクリートの支圧係数、 $E I$ はスリップバーの曲げ剛性である。(2)式で $x=0$ とすると、

$$\begin{bmatrix} \Delta w \\ \Delta \theta \end{bmatrix} = -\frac{1}{2\beta EI} \begin{bmatrix} \frac{1}{\beta} & -1 \\ -1 & 2\beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_w \\ F_\theta \end{bmatrix}$$

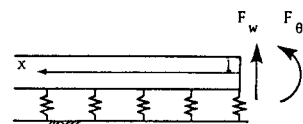


図-3
スリップバー周辺のコンクリートの
局部変形の効果を示すモデル

(3)

節点2においてもまったく同様に考えることができるから、コンクリートとスリップバーの変形成分の差は次のように表わすことができる。

$$\begin{bmatrix} \Delta w_1 \\ \Delta \theta_1 \\ \Delta w_2 \\ \Delta \theta_2 \end{bmatrix} = -\frac{1}{2\beta EI} \begin{bmatrix} \frac{1}{\beta} & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 2\beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\beta} & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 2\beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{w1} \\ F_{\theta1} \\ F_{w2} \\ F_{\theta2} \end{bmatrix} \quad (4)$$

あるいは、

$$\Delta d = M f \quad (5)$$

さて、節点1および2を持つ棒要素の剛性関係は、次式のように表わされる。

$$f = K d^* \quad (6)$$

ここに、 K は通常の棒要素の剛性マトリックスである。

(6)式に、(1)式を代入すると、

$$f = K (d + \Delta d) = K d + K \Delta d \quad (7)$$

さらに、(5)式より、

$$f = K d + K M f$$

$$(E - K M) f = K d$$

$$f = (E - K M)^{-1} K d = \bar{K} d \quad (8)$$

ここに、 $\bar{K} = (E - K M)^{-1} K$ で、 E は単位マトリックスである。 $\bar{K}$ は、コンクリートの局部変形とスリップバーの変形を考慮した新たな目地要素の剛性マトリックスであり、容易に平板有限要素モデルに組み入れることができる。

3 数値計算例

図-4は、三種類の横目地モデルを用いた場合のコンクリート舗装版のひずみ分布を比較した結果である。新しいモデルは、従来のモデルの中間的な挙動を示すことがわ

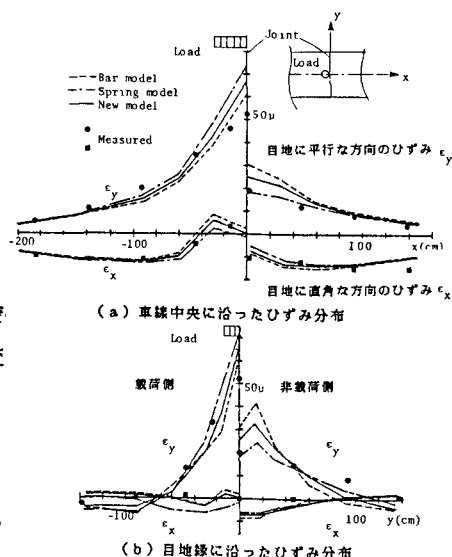


図-4 それぞれの目地モデルによるひずみ分布の比較

4 参考文献

- 1) Tabatabaie, A.M., and Barenberg, E.J., "Finite Element Analysis of Jointed or Cracked Concrete Pavements," Transportation Research Record 671, 1978, pp 11-17.