

V-33

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
東北大学工学部土木工学科 福田 正
佐藤道路（株）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、交通荷重に対しては構造的な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ティカルな点と考えられる。

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用いるが、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。本研究では、横目地の荷重伝達機能を次の2つに分ける。

- (1) コンクリート版側面のかみ合わせ
- (2) スリップバーの曲げ抵抗

(1) はスリップバーを用いないダミー目地あるいは突き合わせ目地、(2) は膨張目地、(1) と (2) の組み合わせされたものはスリップバーを用いたダミー目地あるいは突き合わせ目地の荷重伝達のメカニズムと考えられる。

そこで、図-1 に示されているような4節点目地要素に対して次のような剛性方程式を考える。

$$\{f\} = [J_T] + [J_S] \{d\} \quad (1)$$

ここに、 $\{f\}$ ：要素の節点力ベクトル、 $\{d\}$ ：要素の節点変位ベクトルであり、 $[J_T]$ 、 $[J_S]$ は、それぞれ (1)、(2) の機能に対応している。それらの具体的な内容について以下に述べる。

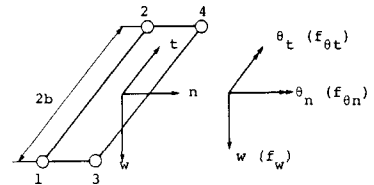


図-1 4節点12自由度目地要素

2 かみ合わせ効果

コンクリート版側面のかみ合わせによって主にせん断力が伝達される。その場合 $[J_T]$ の内容は次のようになる。

$$[J_T] = \begin{bmatrix} k^*h & 0 & 0 & -k^*h & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k^*h & 0 & 0 & k^*h & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

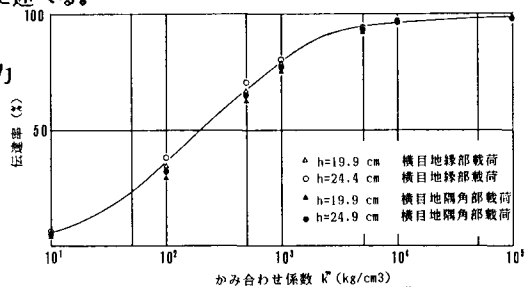


図-2 伝達率とかみ合わせ係数 k^* の関係

ここに、 h はコンクリート版厚、 k^* はコンクリートのかみ合わせ面における単位面積あたりのせん断ばね定数であり、本研究では、この定数をかみ合わせ係数と呼ぶことにする。 k^* の値と目地幅とは密接な関係が存在することが予想されるが、その関係を解析的なモデルから導き出すのは非常に難しいため、本研究では実験結果に基づいて数値計算より求めることにした。

図-2 は数値計算の結果から求めた、 k^* の値と次式で示される目地をはさんでのたわみの伝達率 $e = s_1/s_2$ との関係を示している。ここに、 s_1 は載荷側の最大たわみ、 s_2 は非載荷側の最大たわみである。図-2 から分かるように、 k^* と伝達率の間には次式のような関係を見いだすことができる。

$$\log_e k^* = [e - 85.19e - 1784e + 13020e] / [50.12e(e - 100)] \quad (3)$$

一方、文献 (1) によれば、伝達率と目地幅の間には次式のような線形関係が存在するとされている。

$$e = 100 - 25 \times B \quad (4)$$

ここにBは目地幅である。(3)式と(4)式から目地幅と k^* の値との関係を得ることができる。

3 スリッバーの効果

図-3は、スリッバー付近のコンクリート版とスリッバーの変形状態を示したものである。図-3からわかるとうり、節点1および節点2において棒要素と平板要素の変位とは同一とはならない。そこで図-4に示すように、内部節点①、②を設け、棒要素との間に、一種のばね要素を挿入する。このばね要素は、コンクリートの局所変形と埋め込まれたスリッバーの効果を表現しており、本研究では、このばね要素を局所変形要素と呼ぶことにする。

さて、コンクリートに埋め込まれたスリッバーを、Fribergの考え方にしたがって、弾性床の上のはりでモデル化し、節点1と節点①および節点②と節点2を持つ局所変形要素の剛性方程式を仮想仕事の原理より誘導する。また節点①と節点②の間には通常の棒要素を用いる。これらを重合わせ、内部節点には外力が作用しないことを考慮すると、節点1と節点2の間の剛性方程式を得る。

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M & 0 \\ 0 & M \end{bmatrix} \cdot \left[\begin{bmatrix} E & 0 \\ 0 & E \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} K_{11}+M & K_{12} \\ K_{21} & K_{22}+M \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} M & 0 \\ 0 & M \end{bmatrix} \right] \cdot \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

ここに、Eは単位マトリックス、 K_{ij} は棒要素の剛性マトリックスであり、さらに、

$$[M] = \frac{2\beta^2 EI (S^2 - s^2)}{S^2 \cdot C^2 - 2S^2 \cdot s^2 - s^2 \cdot C^2} \begin{bmatrix} 2\beta (S \cdot C + s \cdot c) & (S^2 + s^2) \\ (S^2 + s^2) & \frac{1}{\beta} (S \cdot C - s \cdot c) \end{bmatrix} \quad (6)$$

ここに、 $\beta = \sqrt{k/(4EI)}$ 、 $S = \sinh(\beta l)$ 、 $C = \cosh(\beta l)$ 、 $s = \sin(\beta l)$ 、 $c = \cos(\beta l)$ であり、 k はコンクリートの支圧係数、 EI はスリッバーの曲げ剛性、 l はスリッバーの埋め込み長さである。

ダミー目地のように目地幅が極端に小さい場合、目地間のスリッバーのスパンは極めて短くなり、棒というよりはむしろ剛性が非常に高い剛体として作用することになる。そのような場合には棒要素を取り除き、局所変形要素のみを考えることにし、図-4にあるように、内部節点を1つだけ設けて2つの局所変形要素をその節点で直接結合する。やはり、内部節点①には外力が作用しないことを考慮すると、目地幅の狭い場合の剛性方程式が得られる。

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} M & -M \\ -M & M \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

以上より、膨張目地のように目地幅が大きい場合には(5)式が、またダミー目地のように目地幅が小さい場合には(7)式が、スリッバーの効果を示す剛性方程式となり、それらの剛性マトリックスが $[J_s]$ となる。本モデルを用いて横目地縁部のコンクリート版の力学的挙動を解析した。それらの結果の詳細は発表時に譲る。

参考文献

(1) Load Transfer at Transverse Joints and Design of Concrete Pavements, Report and Appendices of Subcommittee No. 1 Committee on Concrete Roads, 1979.

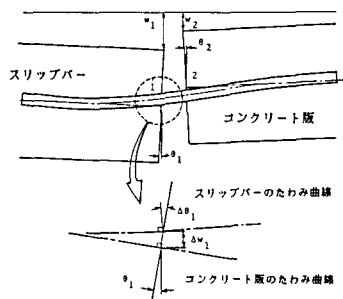


図-3 目地付近の変形状態

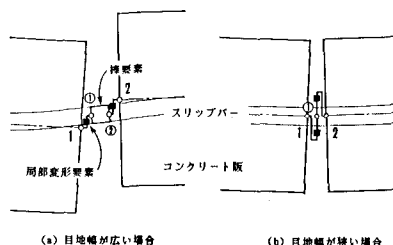


図-4 コンクリートの局所変形を考慮したスリッバーモデル