

V-200

界面の付着性を考慮した薄層コンクリート オーバーレイの構造評価に関する一提案

大有建設中央研究所 正会員 中西 弘光^{※1} 長岡科学技術大学 正会員 丸山 暉彦^{※2}
同 上 武井 真一^{※1} 同 上 正会員 唐 伯明^{※2}

1. はじめに

舗装工法のひとつに、薄層コンクリートオーバーレイ工法（欧米では Whitetopping と称される。）がある。この工法は、既設アスファルト舗装面をセメントコンクリート材料で薄層にオーバーレイする工法である。薄層コンクリートオーバーレイ厚は 5 乃至 15cm で、これが既設アスファルト混合物層面に接着することを前提に施工される。しかし、温度や載荷速度、あるいは載荷位置などで必ずしも完全な接着が保証されるとは限らない。両層が完全接着の状態と完全非接着の状態では輪荷重によって生じるひずみ/応力は全く異なるが、一般的にはこの両者の中間的な不完全接着状態である場合が多いと想像される。

ここでは、既設アスコン層と薄層コンクリート層から成る複合体の界面の付着性を考慮してコンクリート層に生じるひずみ/応力を評価する手法について提案する。

2. 組合せ梁構造

コンクリート舗装は、Winkler 基礎上の版として解析されるべきものであるが、上下層の付着の程度を考慮した版の解析は極めて困難であるので、舗装版を図-1 に示すような複数個のスリットに分割して、各スリットに Winkler 基礎上の梁の理論を適用して考えることとする。

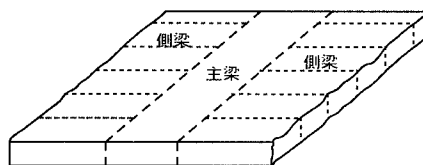


図-1 組合せ梁構造の概念

図-2 は、主梁と側梁との接合点の状態を示す。主梁としては Winkler 基礎上に置かれた無限長梁、半無限長の梁、および有限長の梁を考えることができ、側梁としては半無限長の梁、有限長の梁を考えることができる。

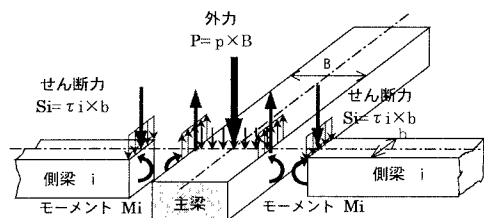


図-2 組合せ梁構造のモデル化

自由縁部について考える場合、図-2 で片側の側梁の無い状態を考え、主梁は無限長の梁、側梁は半無限長の梁と考える。主梁と側梁との接合点にはせん断力 (S_i) とモーメント (M) が作用しているはずであるが、自由

縁部に直交する方向の自由縁部でのモーメントはゼロであり、主梁の幅を小さく想定することで近似的に接合点でのモーメントも無視し、せん断力のみを考慮することにした。主梁には輪荷重である外力と側梁との接合点に生じるせん断力が作用し、側梁には接合点に生じるせん断力のみが作用すると考えて、接合点における二つの梁のたわみが等しくなることを境界条件とする。

主梁の側梁との接合点におけるたわみの式は以下の通りである。

$$\phi = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}} \quad (1) \quad w_{it} = \frac{p\phi}{2K_{75}} F_1(\text{abs}(-it)) - \frac{b\phi}{2BK_{75}} \sum_{j=-n}^n \tau_j F_1\{\text{abs}((-i+j)t)\} \quad (2)$$

ここに、 i : 主梁に付した側梁との接点番号 ($i=0,1,2,\dots,n$)、 j : 側梁に付した側梁番号 ($j=-n,\dots,-1,0,1,2,\dots,n$)

w_{it} : i 番目の側梁設置位置におけるたわみ量(mm)、 τ_i : 接合点のせん断応力 (N/mm)、 $F_1(x) = e^{-\phi x} (\cos \phi x + \sin \phi x)$ $x \geq 0$
 $\text{abs}(x)$: x の絶対値、 K_{75} : 路盤支持力係数 (N/mm³)、 p : 外力輪荷重の接地圧 (N/mm²)

キーワード : 薄層コンクリートオーバーレイ、Winkler 基礎、複合梁、付着係数、曲げ応力、曲げひずみ

連絡先 : ^{※1} 〒454-0055 名古屋市中川区十番町 6-12

Tel 052-653-4665

Fax 052-653-4666

^{※2} 〒940-2188 長岡市上富岡町 1603-1

Tel/Fax 0528-47-9613

E : 梁材料の弾性係数 (N/mm^2)、 $k : K_{75}$ に梁の幅を乗じた値 (N/mm^2)、 B : 主梁の幅、 b : 側梁の幅
 I : 梁の断面二次モーメント (mm^4)、 $2n+1$: 側梁の設置数、 t : 側梁の設置間隔 (mm)

また、 j 番目の側梁の、その端部におけるたわみ
 $(w_j \quad j=0,1,\dots,n)$ は、式(3)の通り表すことができる。

$$w_j = \frac{\tau_j \phi}{2K_{75}} [AF_1(0) - 2BF_2(0) + F_1(0)] \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 $F_1(x) = e^{-\phi x} (\cos \phi x + \sin \phi x)$ 、 $F_2(x) = e^{-\phi x} \sin \phi x$ 、
 $F_3(x) = e^{-\phi x} (\cos \phi x - \sin \phi x)$ 、 $F_4(x) = e^{-\phi x} \cos \phi x$ 、 $A = F_3(0) + 2F_4(0)$
 $B = F_3(0) + F_4(0)$ 、 x : 材軸方向の距離（この場合は $x=0$ ）、
 他の記号は前出と同じである。

そして、二つの梁の接合点におけるたわみは等しいという条件で連立方程式を解くことで、未知数である各接合点でのせん断応力 (τ_i) が求まる。これを用いて、主梁の任意点における曲げモーメントは式(4)で求めることができる。

$$M(x) = \frac{Bp}{4\phi} F_3(x) - \left\{ \frac{b}{4\phi} \sum_{j=-n}^n \tau_j F_3[abs(x-jt)] \right\} \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 x : 主梁の材軸方向の座標（外力載荷位置を原点） $M(x)$: 位置 x における曲げモーメント ($\text{N}\cdot\text{mm}$)
 Bp : 輪荷重外力 (N) (B は主梁幅、 p は接地圧)、 $abs(x-jt)$: $(x-jt)$ の絶対値、他の記号は前述と同じ。

この式(4)から求まる値は、1 個の集中荷重が作用した場合のものである。従って、これを輪荷重に相当する分だけ重ね合わせることで輪荷重が載荷した状態となる。図-3 に本方法による計算結果を示す。

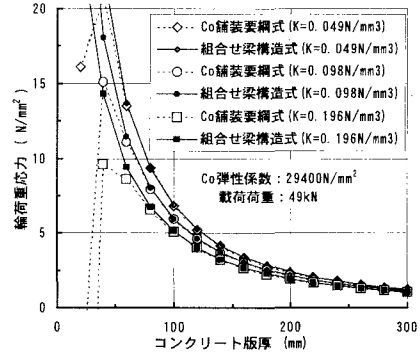


図-3 従来法と組合せ梁構造で計算したコンクリート版厚と輪荷重応力の関係

3. 界面の付着性を考慮した複合梁

不完全接着状態にある複合体の中立軸は、二本できる。図-4 に示したように、第 1 中立軸の位置を原点とすると、第 2 中立軸の位置は(T)の位置に生じると考える。2 本の中立軸とも、そのひずみの分布は Bernoulli-Euler の平面保持の法則に従うと考える。また、二つの層が同じ曲率で変形するものと考え、複合体に生じる二つのひずみの分布は同じ勾配である。

ひずみ応力の計算式は以下の通りである。

$$\varepsilon_1 = \eta y \dots\dots\dots (5)$$

$$\varepsilon_2 = \eta(y-T) \dots\dots\dots (6)$$

$$T = (1-t_b) \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \dots\dots\dots (7) \quad h = \frac{h_1 + \alpha \beta h_2 + 2\alpha h_2 - 2\alpha \beta T}{2(1+\alpha \beta)} \dots\dots\dots (8)$$

$$J = \frac{b}{3} [(h_B^3 - h_A^3) + \alpha(h_C^3 - h_B^3) - 3T\alpha(h_C^2 - h_B^2) + 3T^2\alpha(h_C - h_B)] \dots\dots\dots (9)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{M}{E_1 J} \cdot y \dots\dots (10), \quad \sigma_1 = \frac{M}{J} \cdot y \dots\dots (11), \quad \varepsilon_2 = \frac{M}{E_1 J} \cdot (y-T) \dots\dots (12), \quad \sigma_2 = \frac{M\alpha}{J} \cdot (y-T) \dots\dots (13)$$

ここに、 t_b : 上下層界面の接着係数 ($t_b=0 \sim 1$, $t_b=0$ は完全分離、 $t_b=1$ は完全接着)、 T : 中立軸間の距離、
 $\alpha = E_2/E_1$, $\beta = h_2/h_1$, b : 複合梁の幅、 J : 断面 2 次モーメント、その他の記号は、図-4 に示した通り。

4. 計算結果とまとめ

以上の関係を利用して、過去のひずみ計測結果¹⁾ からアスコン層の弾性係数を逆算してみる。この計算に用いた付着係数は、試験施工で実測した同様の工種の付着係数 (0.34) を用いた。結果を図-5 に示す。界面の付着の程度を考慮することで、より実際に近い解析が可能となった。

【参考文献】

- 1) 中部道路研究会：昭和 55~59 年度 中部道路研究会報告
- 2) 中西弘光、武井真一、前田英和：SFRC 薄層舗装の複合梁理論による構造評価に関する一考察、土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集、pp. 52-53、1998 年、9 月

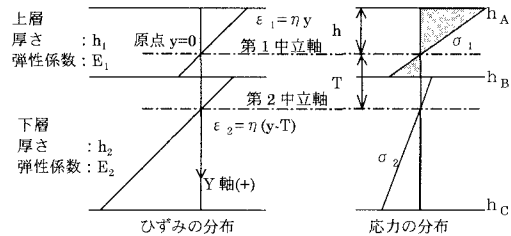


図-4 不完全状態にある複合体

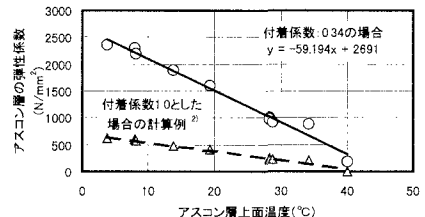


図-5 アスコン層温度と弾性係数（静的載荷）