

V-17 薄ブロックの接着層について

北海道工業大学 正員 犬塚 雅 生

1. まえがき

既存アスファルト路面の表層上に薄いセメントコンクリートブロックを配列することはブロックの審美的な価値の付与に加えて、モルタルの骨材被覆によってその表層の耐磨耗性を向上させる。特に、スパイクタイヤによる磨耗に関しては同一の石質骨材で磨耗量が半分から数分の一に減少する。加えて下地となる路面の温度変化幅を縮小する。したがって下地がアスファルトであれば夏の流動わだち堀れや冬の収縮クラックの防止に寄与する。また、路面の反射率を高めたり、スパイクタイヤによる車粉を水硬性のあるものにして環境汚染の防止に役立つ等セメントコンクリート道路の持つ利点を付け加えながら、既存のアスファルト路としての長所を損なうことがない。一方セメントコンクリート道路の欠点とされた養生のための長い閉鎖期間や地盤の不等沈下によるランダムな亀裂を避ける構造と見ることもできる。この場合に通過する車両の一輪の接地面積程度の大きさに分割すると用いられたブロックに不規則な亀裂の発生する頻度が小さくなる。このような構造はアスファルトの骨材を拡大して均一な寸法に整えて用いたアスファルトコンクリートの一種と見なしうる。また一方、ブロックとして工場で養生して現場の閉鎖時間をなくしたセメントコンクリート路に可撓性と言う特性を持たせたものとも見なし得る。いずれにしても、道路を機能させるための新しい構造としてその安定を検討するべきである。しかし、その構造にこれまでの路面に無い利点は次のような前提による。即ち、既存路面の平坦性が保たれ併せてブロックが所定の位置に安定していることである。このためにアスファルト薄膜を接着層として用いる場合についてその所要の性質を検討した。

2. 接着層の応力

ブロックの上を車両が移動荷重として通過するときブロック下面の応力は通過完了までの短時間に変化する。車両のゴムタイヤによる均一な分布荷重 p が移動し、剛性の大きいブロックは変形が小さく直線状と仮定するとブロックの両端の下に生ずる q_1 と q_2 の応力は脈動する。接着層の応力は垂直方向の変移に比例するものとする。荷重は p である。ただし図1のように要素をとる。

$$\text{従って} \quad 0 < x < L \quad (1)$$

$$\text{のとき垂直力に関する釣り合い方程式は} \quad (1/2) b L (q_1 + q_2) - p b x = 0 \quad (2)$$

但し b はブロック巾、 L はブロックの長さ。

一方、ブロック中央に関するモーメントの釣り合い式は

$$(1/2) (q_1 - q_2) b L (L/2 - L/3) - p b x (L/2 - x/2) = 0 \quad (3)$$

$$\text{荷重の進入時の左端と離脱時の右端との応力はそれぞれ} \quad q_1 = (p/L^2) x (4L - 3x) \quad (4)$$

$$q_2 = (p/L^2) x (3L - 2x) \quad (5)$$

$$x > L \quad (6)$$

$$\text{の時から荷重の後端が進入し } p L \text{ から次第に減少しはじめるまで} \quad q_1 = p \quad (7)$$

$$\text{その後は } q_1 \text{ は } q_2 \text{ と同様な曲線を描く。但しこの曲線は次式に関し対象である。} \quad q = 5p/6 \quad (8)$$

この現象は車輪がその接地長さ a より短いブロックの上を通過するとき常に生ずる。

$$\text{速度を } v \text{ とすると疑似サイクルの周期は} \quad t = (L + a) / v \quad (9)$$

但し a は通過車輪の接地長さである。

q_1 の変化を示すと図2のようである。

一方、接地長さ a がブロック長より短い場合は進入時と離脱時の q_1 変化は上と同じである。ただし途中は集中荷重 $p a$ が移動しその間は q_1 変化が直線状になるのでグラフを示すと図3のようである。

3. 考察

市販ブロックの疑似周期は短辺12.5cm、通過車輪の接地辺長10cmとすると、その時速60km/sのとき約0.014秒である。

また単位面積当たりの圧力を $W\text{kg}$ とし、層厚 d で撓み Δ とすると $W = (E/d) \Delta$ (10)
ただし E は W とおなじ単位 (kg/cm^2) とし d と Δ とは同じ長さ単位 (m) とする。

接着されたブロックに対するばね定数の単位を N/m とし $k = E / (9.8 d)$ (11)

したがって接着されたブロックの接着層による振動周期(秒)は $T = 2\pi \sqrt{m/k}$ (12)

ただし m は単位接着面が支えるブロックの質量 (kg) である。

計算例として市販のブロックの場合厚さ8cm、比重2.3とすると単位面積当たりで m は18.4gであり、層厚10mm、 E を $1000\text{kg}/\text{cm}^2$ とすると振動周期は約0.0085秒となり確実な接着であれば疑似周期とは充分な差異がある。しかし接着の一部が剥離し支えるブロック重量が増加したり、層厚が厚くなったり、接着材の弾性率が下がった場合は周期が接近し共振の可能性が生ずる。

実際の路面では隣接したブロック相互は力学的に独立ではなくジョイントを通して応力を伝える。このためジョイントの間隙を適当な材料で埋めるかインターロッキングブロックのように曲線のジョイントを挿入することは位置固定に有効であると考えられる。また荷重の進入と離脱を徐々に行うためにフィッシュボンやより複雑な曲線を目地線としてその効果を高めている。

また接着層の弾性率は常温でも路盤のそれよりかなり低いから高温流動を避けるためにも力学的には層厚は薄いほうが望ましい。ブロック厚と強度が一定ならブロック一個の支持力は路盤係数に対応する。ブロックの下面と表層面が平面なら最適層厚は極めて薄くてもよい。しかし各ブロックの下面の凹凸を埋めるだけでなくポットライフを延ばすためにも作業可能な厚さが必要である。一方、厚いほどブロック下面の空間を充填し易いが、交通解放のために溶けた接着材を冷却する時間が掛かる。施工時間が延びアスファルト量が増えるとコストも上がる。

なを層の材料の粘度の管理を加熱によって行う場合、接着力の発生やブロック下面の間隙の充填にはアスファルトが一定温度以上に保ち工事の間塑性性を確保することが必要である。層材料の加熱には二方式がある——前加熱と後加熱。前加熱はアスファルトを敷き広げる前に加熱し、粘着性がある間にブロックを並べる。後加熱は電気等を使ってブロックの敷き並べが終わってから加熱する。前加熱のポットライフは気温や層厚の影響を受けやすいので現場の条件を考慮した正確な予測が要求される。後加熱の手段としてアスファルト膜中への通電やマイクロ波照射が期待される。

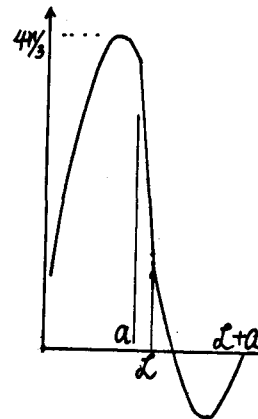
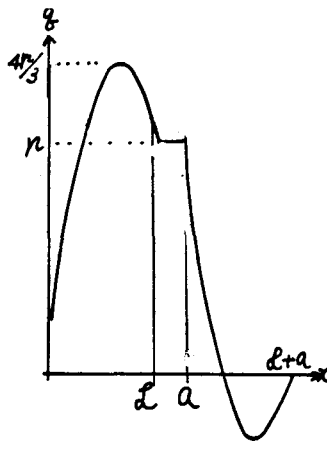
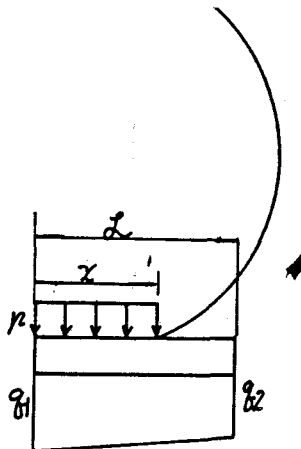


図1. ブロック要素の図

図2. 接着層の応力 ($L < a$)図3. 接着層の応力 ($L > a$)