

上面増厚工法を適用したはく離領域を持つ床版の数値計算

国土開発センター 設計事業部 正会員 ○横山 広 亀田浩昭
東京都 土木技術支援・人材育成センター 正会員 関口 幹夫
大阪工業大学 都市デザイン工学科 正会員 堀川 都志雄

1. 背景と目的

輪荷重の繰り返し载荷による疲労損傷の対策として、上面増厚工法が高速道路を中心に採用されている。上面増厚工法とは、舗装と既設床版の上縁側 10mm を切削した後に 60mm 程度の厚さで超速硬コンクリート（以下、増厚部という）を敷設する工法で、曲げ耐力と押し抜きせん断耐力の増加を期待する工法である。本工法が成立する条件として、疲労損傷が進行することで剛性が低下している既設床版と増厚材が一体化していることが挙げられる。しかしながら最近になって増厚部のはく離が各所で顕在化しており、それが起因となる舗装の異常が維持管理上の問題となっている。上面増厚工法は切削から下地処理、増厚材の敷設まで機械化されているが局所的な既設床版の劣化による初期欠陥等がはく離に繋がる危険性を内包している。そこで本研究では、三次元弾性論に基づく厚板理論と選点法を組み合わせ、部分的なはく離領域を設定することで曲げ応力や横せん断応力を把握し、補強効果の変化やはく離進展の可能性について検討する。

2. モデルと解析手法

計算に用いたモデルを図-1 に示す。モデルは最上層の増厚部の厚さを 60mm とし、中間層（＝既設床版上層）は厚さ 25mm の劣化層を設定し、165mm 厚さの最下層はひび割れ状態を考慮した既設床版である。各層の物性値は表-1 の通りで、最下層はコンクリートの引張無視の状態としてヤング係数比 $n=15$ を考慮している。筆者らの既往の輪荷重走行試験機を用いた RC 床版の走行疲労試験の研究成果¹⁾ によれば、たわみの値が $n=15$ のヤング係数で計算した引張無視の値を超える時点での床版下面のひび割れ密度は $10\text{m}^2/\text{m}$ 程度まで進展し、実験レベルの測定値であることを割り引いたとしても補強や打ち替えが必要な損傷レベルとなる。なお、増厚部直下の劣化層のヤング係数を、防水層のない場合のかぶりコンクリートの表層劣化を考慮して最下層の 75%と仮定した。

計算に使用した厚板理論は荷重直下の局所応力を得るのに適した手法であり、道路橋示方書に採用されている薄板理論が平面保持の仮定を導入しているのに対し、仮定なしに厳密解が得られる利点がある。この厚板理論に組み合わせる選点法は、多層版の接合面のみを任意の大きさと要素分割し、その代表点で応力を伝達させる手法で、単一もしくは複数の要素の応力伝達機能を遮断することで局所的なはく離領域を表現することができる。本研究では 3 層版の上層と中間層に選点法を適用し、特に増厚部のはく離現象に着目する。なお、設定したはく離領域（図のハッチング部分）は図-2 に

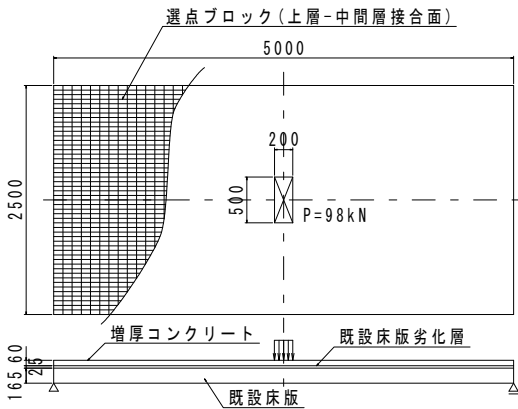


図-1 モデル図

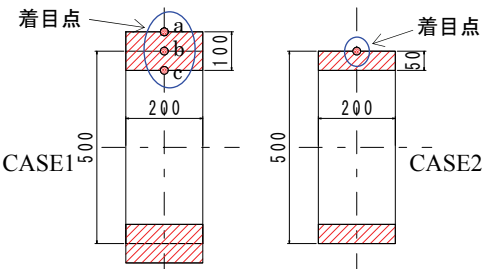


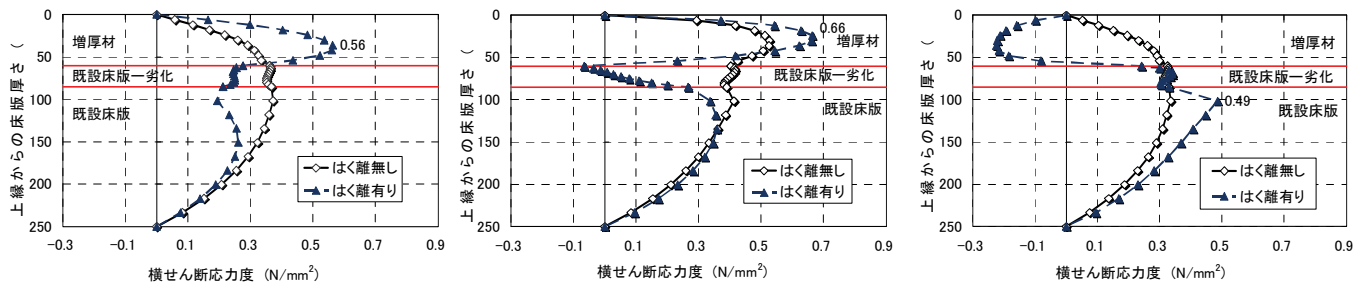
図-2 はく離領域と着目点

表-1 材料物性値

材 料	ヤング係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
増厚コンクリート	33.0	0.2
既設床版の劣化層(n=15の75%)	10.5	0.2
既設床版(n=15)	14.0	0.2

キーワード 床版，上面増厚工法，はく離，厚板理論，選点法

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八束穂3丁目7番地 (株) 国土開発センター設計事業部 TEL 076-274-8816

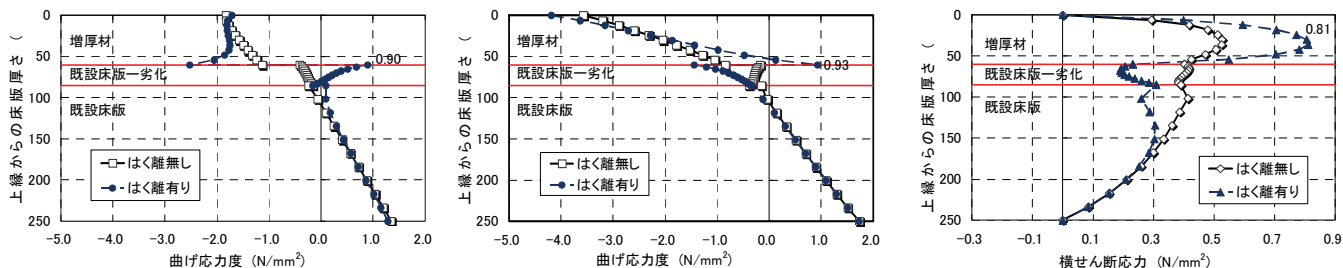


(a) CASE1 外側 (はく離端部)

(b) CASE1 中央 (荷重端部)

(c) CASE1 内側 (はく離端部)

図-3 版厚方向の横せん断応力分



(a) CASE1 外側 (はく離端部)

(b) CASE1 内側 (はく離端部)

図-5 CASE2 の横せん断

図-4 版厚方向の曲げ応力分布

応力分布

示す2種類であり、輪荷重のエッジ付近としている。

3. 計算結果

はく離領域が $200 \times 100\text{mm}$ の CASE1 の計算結果を図-3, 4 に示す。図-3 は版厚方向の横せん断応力 (橋軸直角方向) の分布であり、はく離の影響を比較するためにはく離していない場合の計算結果も示している。図-3(b)では増厚部と劣化層の境界部分の応力値がほぼ零となっており、はく離領域が適切に表現されている。増厚部の内部のピーク値が最大となる部分にはく離領域の中央であるが、これは荷重端の影響が大きいと考えられる。はく離端部の(a)と(c)では、荷重位置の影響でせん断応力の方向が異なっており、その値は外側の方が大きくなっていることが判る。なお既設床版部では(c)の内側のはく離端部が大きい値となっている。何れの界面せん断応力の値でも床版の防水層で設定されている規格値の 0.2N/mm^2 を超過しており、はく離の危険性もしくはそれが進展する可能性が推察される。図-4 は橋軸直角方向の曲げ応力の版厚方向の分布を示したもので、増厚部は各着目点でほとんどが圧縮域で、外側のはく離端部では劣化層上端側で引張域となっていることから、はく離によって、応力分布が複雑になっていることが判る。なお、既設床版側の分布形状ははく離の有無に関係なくほぼ同等となっていることから、はく離が既設床版の曲げ応力に与える影響は本計算の範囲では小さいことが認められる。図-5 は荷重端部にはく離領域を設定した CASE2 の計算結果で、横せん断応力の分布形状は CASE1 の(a)に酷似しているが、ピーク値は CASE2 の方が大きい結果となった。横せん断応力に関しては荷重端部とはく離領域の端部が一致すると中間層下層での横せん断応力が大きくなり、更なるはく離が進展する可能性が高くなると考えられる。

4. おわりに

本研究では、上面増厚工法ではく離領域を設定した解析的検討を行った。部分的なはく離によって曲げ応力や横せん断応力の分布は複雑なものとなり、横せん断応力のレベルから部分的なはく離が縁切れに進展する危険性があり、既設コンクリートの一体性に悪影響を及ぼすと推察される。また、耐荷性の低下も懸念されることから、はく離の影響を低減するためには機械的なアンカー定着による一体性強化が望ましいが、物性値が大きく異なる増厚材と既設コンクリートとの相性の問題の再確認も必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 横山広ほか：ゴムタイヤ式輪荷重走行試験による道路橋床版の疲労耐久性評価手法，構造工学論文集 Vol.50A, pp.999-1006, 2004.3.