

V-27

供用時に要求される床版防水層の性能評価に関する一考察

神戸大学大学院 学生員 ○前田敏也

神戸大学工学部 正員 宮本文徳

神戸大学工学部 正員 高見忠良

1. 目的 本研究は、多様な性能が要求される床版防水材選定にあたって必要となる評価基準を明らかにするため、特に、供用時に床版防水層に要求される性能、すなわち、敷設後の材料に要求されるひびわれ追従性及び重車両走行及びその急制動時に生じる剝離、せん断抵抗性等に関する性能基準等の根拠となる考え方について検討したものである。

2. ひびわれ追従性能 ひびわれ追従性能基準の設定にあたっては、供用後に床版に発生する可能性のある最大ひびわれ幅がどの程度になるかの推定が重要となる。ここでは、ひびわれ幅と鉄筋応力度の関係式の一例として、次式に示す岡村による実験式¹⁾を用いてひびわれ幅の基準値を設定した。

$$\sigma_s = K_2 \cdot \eta \cdot (60 - \phi) \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 σ_s :あるひびわれ幅を生ずるときの鉄筋応力度(kgf/cm²)、 ϕ :鉄筋の直径(mm)

$K_2 = 2.5 \cdot w / 0.1$ (w :ひびわれ幅(mm))、 η :ひびわれ係数(普通丸鋼 1.0、異形丸鋼 1.4)

式(1)は、ひびわれ幅の算定を鉄筋応力度と鉄筋径の関数として求めるものであるため、これらのパラメータを設定することが必要となる。そこで、現在JIS G 3112「鉄筋コンクリート用棒鋼」に規定されているもののうち、もっともひびわれ幅が大きくなるであろうと思われるSD40を用いた場合のひびわれ幅を式(1)より算定した結果、鉄筋応力度が2100kgf/cm²(許容応力度)でひびわれ幅が0.32mm、また4000kgf/cm²(降伏点応力度)でひびわれ幅は0.61mmとなる。また、いくつかの構造物の損傷事例²⁾によると、最大ひびわれ幅は1.00mm以上のものもあるが、多くのものは0.10~0.70mmの範囲である。従って、防水層施工前にすでに床版に乾燥収縮等によって最大幅0.10mmのひびわれがあることを想定すれば、追従限界ひびわれ幅の基準値として、0.22mm(許容応力度)、0.51mm(降伏点応力度)、0.60mm(損傷事例)などを設定することができる。

床版防水材のひびわれ追従限界は、基本的には材料の伸びが支配的となる現象であるが、コンクリート面との接着性などの影響があるため、材料のひびわれ追従限界は、コンクリート供試体によるひびわれ追従性試験結果と材料の基礎物性との関係より評価する必要がある。ここでは、別途行った曲げひびわれ追従性試験結果(約40体)と樹脂及びシート材単体の引張り試験及びせん断試験より得られた基礎物性値³⁾の関係(式(2)、図1)を利用してその評価を試みた。

$$W_{or} = [(\delta + 1.60) / 3.57 + W_0] \cdot K / 100 \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 W_{or} :追従限界ひびわれ幅(mm)、 δ :せん断試験によるせん断変位量(mm)

W_0 :導入ひびわれ幅(mm)、 K :引張り伸び率(%)

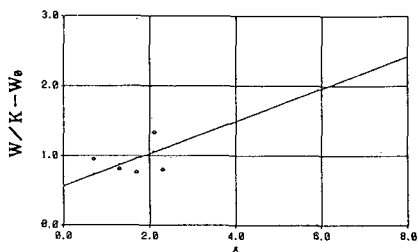


図1 基礎物性との相関

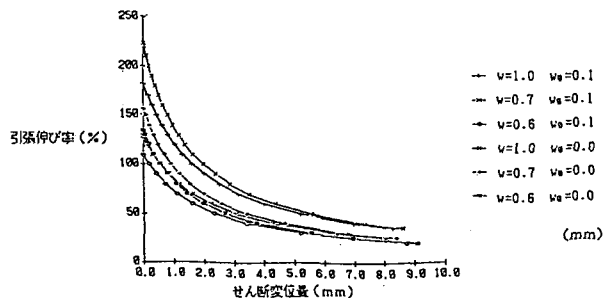


図2 引張り伸び率～せん断変位量関係

式(2)より樹脂及びシート材の追従限界ひびわれ幅は、樹脂及びシート材単体の引張り伸び率、せん断変位量が大きいくほど大きくなるということが明らか

である。また、式(2)中の「導入ひびわれ幅: W_0 」と「追従限界ひびわれ幅: W 」を定めると、図2のように樹脂材に要求される引張り伸び率～せん断変位量関係が明らかとなる。

図2より、導入ひびわれ幅0.10mm、追従限界ひびわれ幅1.00mm程度であれば、樹脂材の引張り伸び率は180%、また、同様にゼロスパンの場合に対しては、引張り伸び率は220%程度であればじゅうぶんであるという結果が得られる。

3. 剥離、せん断抵抗性能 ここで適用した解析モデルは、RC床板上の防水層を含むアスファルト舗装（総厚7cm:アスファルト層6.8cm,防水層2mm,幅50cm）面上に重量車の後輪9tfが載っている状態を考え、有限要素法により解析⁴⁾した。なお、舗装系を構成するアスファルト及び樹脂材はともに粘弾性体であり、温度とともにそれぞれの弾性係数が変化する。本解析が防水層の概略挙動を明かにするための弾性解析としたため、アスファルトの弾性係数 E_a と樹脂材の弾性係数 E_r をパラメーターとした計算を実行した。図3、4は、それぞれ、RC床版と防水材界面に生ずる最大せん断応力及び最大剥離応力に及ぼすアスファルトの弾性係数 E_a （10000～300000kgf/cm²）及び樹脂材の弾性係数 E_r （100～100000kgf/cm²）の影響の一例を示したものである⁵⁾。

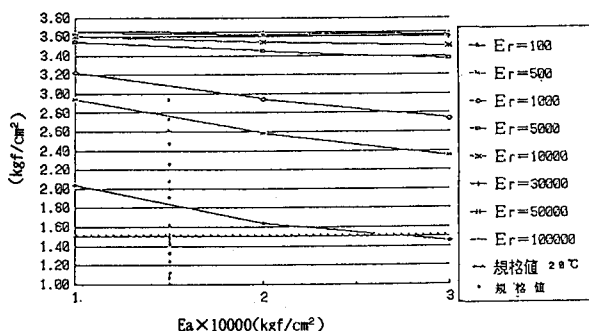


図3 E_a と最大せん断応力

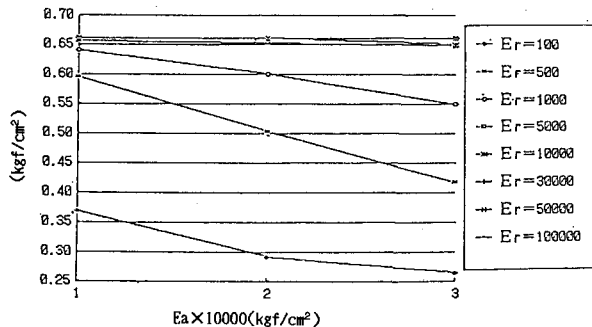


図4 E_a と最大剥離応力

これらの図より、防水材に必要な最大せん断強度及び最大剥離強度は、それぞれ、3.70kgf/cm²、0.6kgf/cm²程度となることが明らかとなる。以上の解析結果を利用して、最大せん断応力及び最大剥離応力を樹脂材の弾性係数 E_r とアスファルトの弾性係数 E_a の関数として表すと次式のようなになる。

$$\bullet S_{\max} = [0.117(\log_{10} E_r) - 0.558] \cdot E_a + [0.375(\log_{10} E_r) + 2.018] \quad \text{----- (3)}$$

$$\bullet H_{\max} = \begin{cases} 0.660 & (E_r \geq 50000 \text{ kgf/cm}^2) \quad \text{----- (4)} \\ [0.033(\log_{10} E_r) - 0.143] \cdot E_a + [0.140(\log_{10} E_r) + 0.214] & (E_r \leq 50000 \text{ kgf/cm}^2) \quad \text{----- (5)} \end{cases}$$

ここで、 $S_{\max}$:最大せん断応力、 $H_{\max}$:最大剥離応力、 E_a :アスファルトの弾性係数、 E_r :樹脂材の弾性係数

4. まとめ 本研究で得られた結果を以下にまとめる。

①追従限界ひびわれ幅と基礎物性との関係式を利用して防水材の伸び率を検討した結果、防水材の引張り伸び能力として、導入ひびわれ幅0.10mm、追従限界ひびわれ幅1.00mmの場合180%、ゼロスパンで追従限界ひびわれ幅1.00mmの場合220%あればじゅうぶん追従可能である。

②車輪走行モデルによる解析結果より、防水層に要求される最大剥離強度及び最大せん断強度は、それぞれ、0.65kgf/cm²、3.70kgf/cm²程度が上限であることが明らかとなった。

最後に、本研究を行うにあたり、日本材料学会橋梁樹脂小委員会での貴重な資料を使用させて頂きましたことを紙面を借りて御礼申し上げます。

参考文献 1)高架構造研究会：道路橋の点検補修、理工図書、1978. 2)西ドイツ交通省道路建設局：橋梁その他構造物の損傷事例集、土木施工Vol.27 No.9、山海堂、1986. 3)日本材料学会橋梁樹脂小委員会：RC床版防水工共通試験接着力試験結果報告書、1987. 4)上中、他：床版防水層に要求される力学的性能に関する一考察、土木学会第42回年講V、1987.9. 5)上中：床版防水層への樹脂材適用とその評価法に関する研究、神戸大学大学院修士論文、1988.3.