

積層化樹脂材の力学的挙動と材料選定指標に関する一考察

神戸大学工学部 正 員 宮本 文穂
近畿日本鉄道(株) 正 員 永谷麻佐雄

神戸大学工学部 正 員 森川 英典
神戸大学大学院 学生員 〇木村 聡文
ユニシ(株) 若原 直樹

1. まえがき 現在、コンクリート構造物の補修に用いられる積層化樹脂材の材料選択に際しては、材料学的観点から検討される場合が多く、力学的観点からの検討はあまり行われていない。そこで、本研究では、積層化樹脂材について力学的に最適な積層化を評価するため、従来、樹脂材を1層塗布したフィルムにおいて検討した層間せん断応力に着目した指標¹⁾²⁾を積層化樹脂材に適用し、その特性と有効性について模型実験および数値解析により検討した。

2. 実験の概要 対象とした積層化樹脂材のフィルムは、図1に示すように、両端を単純支持され支間中央部に集中荷重Pを受けるアクリル板(母材)の下面に1層および2層樹脂材を2層および3層塗布したもので、各層のヤング係数は約3000~約20000kgf/cm²の範囲とした。模型実験は樹脂材2層塗布フィルムで6種類、樹脂材3層塗布フィルムで2種類のヤング係数の組合わせで行い、図2に示した位置でのひずみを測定した。また、各材料のヤング係数を求めるために、別途、引張試験を実施した。数値解析のためのフィルム化は、図3に示すように、アクリル板および樹脂材に平面はりフィルム、層間部にウェブばね要素を導入することにより行った。模型実験における層間せん断応力の評価は、各層間におけるひずみ差を数値解析結果と対応させて、解析フィルムにおける層間せん断ばね定数を同定することにより行った。

3. 実験結果 図4に、樹脂材3層塗布フィルムにおける層間せん断応力分布の評価結果の一例を示す。この結果から、層間せん断応力集中は母材と1層目樹脂材との間で最も大きく、2層目、3層目の順に低下していることがわかる。また、図5に一例を示すように、層間せん断ばね定数と各層の樹脂材のヤング係数との間には相関があり、例えば、樹脂材2層塗布フィルムにおける母材と樹脂材1層目の層間せん断ばね定数は、図5中に示す回帰式によりフィルム化することができる。樹脂材3層塗布フィルムについても同様に層間せん断ばね定数のフィルム化を行い、これらを図3に示す数値解析フィルムに導入することにより、層間せん断応力の解析的評価を行えるようにした。

4. 材料選定手法の検討 層間せん断応力が最大となる母材と樹脂材1層目の界面に着目して、界面で積層化樹脂材がはがれないという力学的要求性能に対する指標として層間せん断応力集中($\tau_{\max}/\tau_{\text{mean}}$, ただし、 $\tau_{\max}$: 最大層間せん断応力, τ_{mean} : 母材の平均せん断応力)を小さくすること、また、剛性を大きくするという力学的要求性能に対する指標として界面のせん断伝達性能($\tau_0/\tau_{\text{mean}}$, ただし、 τ_0 : 応力

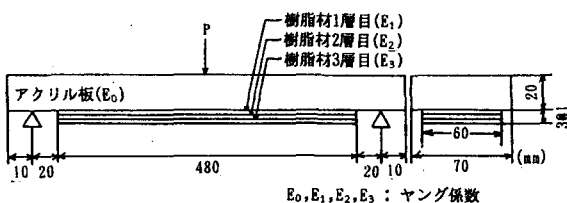


図1 供試体

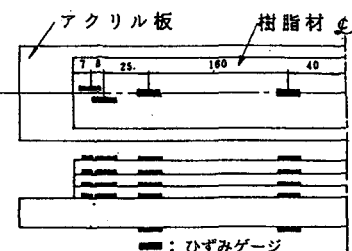


図2 ひずみの測定位置 (mm)

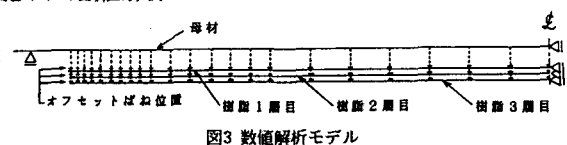


図3 数値解析モデル

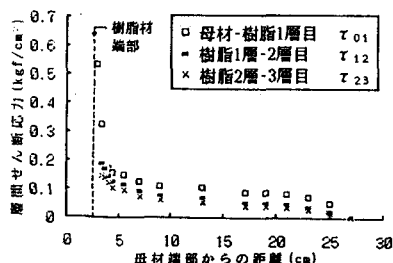


図4 層間せん断応力分布の一例

Ayaho MIYAMOTO, Hidenori MORIKAWA, Masao NAGAYA, Toshifumi KIMURA, Naoki WAKAHARA

集中部以外の平均せん断応力)を大きくするというものを
 取り挙げ、これらの指標に対する樹脂材各層のヤング係数の感
 度解析により積層化樹脂材の多層化における材料選定につ
 いて検討した。図6は樹脂材2層塗布モデルにおいて、
 $\tau_{\max}/\tau_{\text{mean}}$ および $\tau_o/\tau_{\text{mean}}$ を一定とした場合の E_1 と E_2
 との関係を示したものである。この図から $\tau_{\max}/\tau_{\text{mean}}$ に関
 する感度については E_1, E_2 で顕著な差がなく、 $\tau_o/\tau_{\text{mean}}$ に
 関する感度には、 $E_1 > E_2$ という関係があることがわかる。し
 たがって、両方の指標を満足させるには、1層目のヤング係数を大
 きくし、2層目のヤング係数を小さくするのが有効であると思
 われる。次に、図7(a)は樹脂材3層塗布モデルにおいて、
 $\tau_{\max}/\tau_{\text{mean}}$ および $\tau_o/\tau_{\text{mean}}$ を一定とした場合の、
 E_1 と E_2 との関係を、また、図7(b)は $\tau_{\max}/\tau_{\text{mean}}$ および
 $\tau_o/\tau_{\text{mean}}$ を一定とした場合の、 E_2 と E_3 との関係を示したも
 のである。これらの結果より、 $\tau_{\max}/\tau_{\text{mean}}$ に関する感度
 には、 $E_1 > E_3 > E_2$ という関係があり、 $\tau_o/\tau_{\text{mean}}$ に関する感度
 には、 $E_1 > E_2 > E_3$ という関係があることがわかる。これらの関係
 を考慮すると、樹脂材3層塗布モデルにおける層間せん断応力
 集中に関しては、2層目よりも1層目と3層目のヤング係数を変
 化させるのが有効であり、界面のせん断伝達性能に関しては、
 母材に近い樹脂材のヤング係数を変化させるのが有効である
 と考えられる。したがって、両方の指標を満足させることを考えると、1層目のヤング係数に関しては、両材料選
 定基準が相反することになり、決定が困難であるが、2層目のヤング係数は大きくし、3層目のヤング係数は小さく
 することが有効であると考えられる。

5. まとめ ①積層材界面の材料特性である層間せん断ばね定数を樹脂材のヤング係数との相関を考慮して
 モデル化し、層間せん断応力に関する力学的指標を樹脂材各層のヤング係数で評価した。②層間せん断応力集中
 と界面のせん断伝達性能に関する2つの指標に対する樹脂材各層のヤング係数の感度解析を行い、要求性能の
 対する最適組合せを定性的に評価した。

【参考文献】 1)宮本、森川、永谷、若原：積層した樹脂材の力学的挙動と材料設計に関する基礎的研究、
 建設工学研究所報告、第32号、1990.11.、2)宮本、森川、永谷、松本、若原：積層した樹脂材の力学的挙
 動と材料設計に関する一考察、平成2年度土木学会関西支部講演概要集、1990.6.

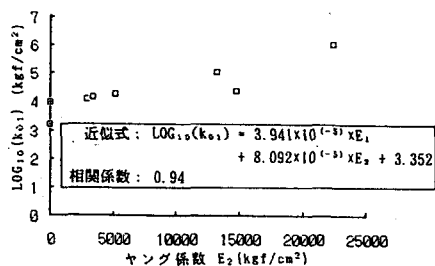


図5 樹脂材2層塗布モデルにおける層間せん断ばね定数と樹脂材のヤング係数との関係

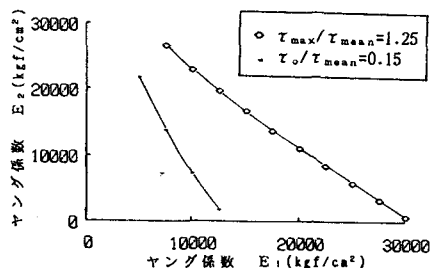
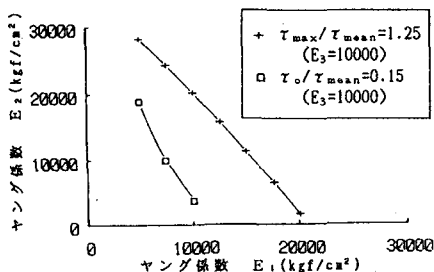
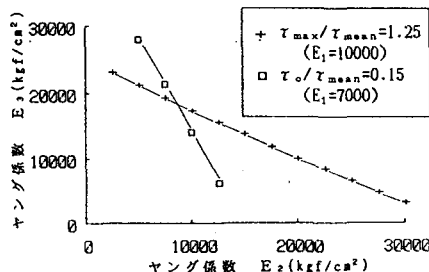


図6 層間せん断応力に関する指標に対する樹脂材各層のヤング係数の感度特性 (樹脂材2層塗布モデル)



(a) E_3 が一定値のときの E_1, E_2 の感度特性



(b) E_1 が一定値のときの E_2, E_3 の感度特性

図7 層間せん断応力に関する指標に対する樹脂材各層のヤング係数の感度特性 (樹脂材3層塗布モデル)