

V-28

積層化樹脂材の力学的挙動に基づく材料設計手法の検討

近畿日本鉄道㈱ 正会員 〇永谷麻佐雄 神戸大学工学部 正会員 宮本 文穂
 神戸大学工学部 正会員 森川 英典 神戸大学大学院 学生員 木村 聡文

1. はじめに 現在、コンクリート構造物の補修に積層化樹脂材が適用されているが、そ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未解明である。そこで、本研究では、力学的に最適な積層化を評価するため、積層化樹脂材に要求される各性能に対応した指標(指標Ⅰ)として、従来、樹脂材を1層塗布したモデル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。また、さらに合理的な積層化を行うために、各要求性能を考慮しながら指標Ⅰを結合して新たな指標(指標Ⅱ)を作成する手法を示し、その適用を試みた。

2. 実験の概要 対象としたモデルは、図1に示すような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)の下面にエポキシ系樹脂材を2層塗布したものとし、供試体は、樹脂材のヤング係数を約3000~20000kgf/cm²の範囲について6種類の組み合わせとした。ひずみの測定位置は図2の通りとし、また、各材料のヤング係数を求めるために、別途、引張り試験を行った。実験における層間せん断応力の評価は、各界面におけるひずみ差を数値解析による結果と対応させ、解析モデル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。数値解析モデルは、図3に示すように、アクリル板および樹脂材を平面はりモデルで表し、層間部にワザトばね要素を導入したものとした。

3. 実験結果 図4に、層間せん断応力分布の評価結果の一例を示す。この結果より、層間せん断応力集中は母材と樹脂材1層目の界面で最も大きくなるのがわかる。また、図5に示すように、層間せん断ばね定数と樹脂材各層のヤング係数との間には相関があり、層間せん断応力集中が最大となる母材と樹脂材1層目の界面における層間せん断ばね定数は、図5中に示す回帰式によりモデル化することができる。

4. 指標Ⅰの特性 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(①)に対する指標として層間せん断応力集中 τ_{max}/τ_{mean} (ただし、 τ_{max} : 最大層間せん断応力、 τ_{mean} : 母材の平均せん断応力) を小さくするという、また、

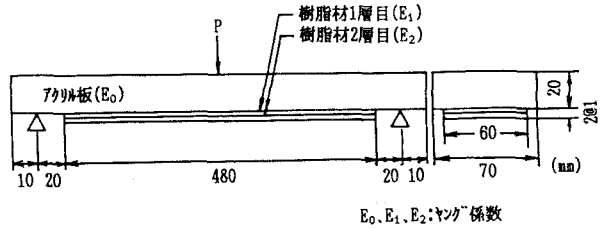


図1 樹脂材2層塗布モデル

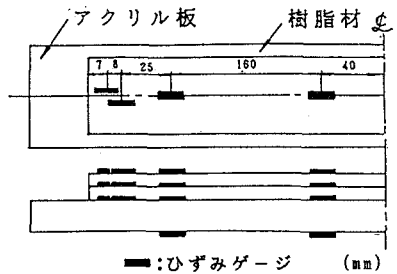


図2 ひずみの測定位置

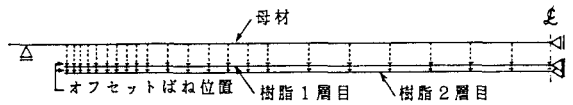


図3 数値解析モデル

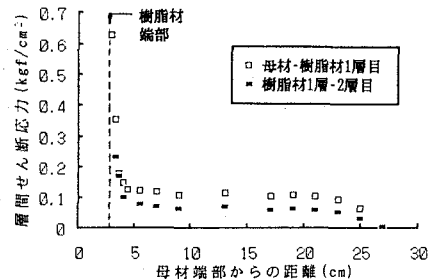


図4 層間せん断応力分布の一例

剛性を大きくするという力学的要求性能(②)として界面のせん断伝達機能 τ_o / τ_{mean} (ただし、 τ_o : 層間せん断応力分布の平坦部の値) を大きくすることを取り挙げ、実験結果(図5参照)およびパラメータ解析に基づいて、これらの指標(指標I)と樹脂材各層のヤング係数との相関関係について回帰式によりモデル化を行い、両者の関係(図6参照)について検討した。この図から、①、②に関する材料選択基準として① $E_1 \rightarrow$ 小、 $E_2 \rightarrow$ 小、② $E_1 \rightarrow$ 大、 $E_2 \rightarrow$ 大が得られる。また、 E_1 、 E_2 の各指標Iに対する感度は、 τ_{max} / τ_{mean} については E_1 、 E_2 で顕著な差はなく、 τ_o / τ_{mean} に関しては $E_1 > E_2$ という関係があることがわかる。したがって、両方の要求性能を満足させるためには、 $E_1 \rightarrow$ 大、 $E_2 \rightarrow$ 小とするのが有効であると考えられる。

5. 指標IIに基づく材料設計手法の検討 ①、②の要求性能に基づき合理的な材料設計を行うために、指標Iを結合することを考え、その結合概念を的確に表すものを指標IIとする。指標Iの結合概念としては、(A)剛性を設計諸元として与え、層間せん断応力を最小とすること、(B)層間せん断応力を設計諸元として与え、剛性を最大とすること、つまり、(A) $\tau_o / \tau_{mean} \geq \alpha$ 、 $\tau_{max} / \tau_{mean} \rightarrow$ 最小、(B) $\tau_{max} / \tau_{mean} \leq \beta$ 、 $\tau_o / \tau_{mean} \rightarrow$ 最大、ただし、 α 、 β : 各指標Iに関する設計値の2通りを考えた。次に、4.で検討した指標Iのモデルを用いて樹脂材各層のヤング係数をパラメータとした解析を行い、両指標Iの関係について調べた結果を図7に示す。図7において、結合概念(A)、(B)はいずれも領域の境界線を意味する。これらのことより、結合概念(A)、(B)に関する指標IIとして、それぞれ、次式を定義した。

$$F = \tau_{max} / \tau_{mean} + \gamma / (\tau_o / \tau_{mean} - \alpha) \rightarrow \text{最小} \dots\dots\dots (1)$$

$$G = \tau_o / \tau_{mean} + \gamma / (\tau_{max} / \tau_{mean} - \beta) \rightarrow \text{最大} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 γ は微小な係数とする。したがって、式(1)、(2)を満足するように樹脂材各層のヤング係数を決定すると、指標IIに基づく最適積層化ができると考えられる。

6. まとめ ①積層材界面の力学的特性である層間せん断ばね定数を樹脂材各層のヤング係数でモデル化し、層間せん断応力に関する指標Iを樹脂材各層のヤング係数で評価した。②要求性能を考慮して指標Iを結合する手法を示し、結合された指標IIによる材料設計手法について検討した。

【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、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.

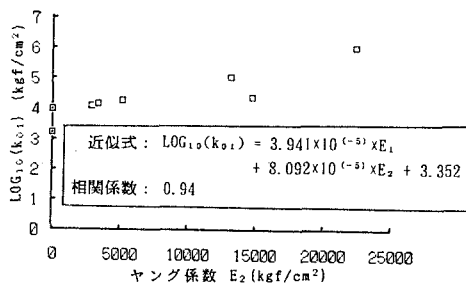


図5 層間せん断ばね定数と樹脂材各層のヤング係数との関係

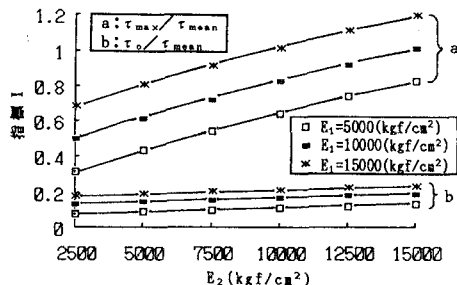


図6 指標Iと樹脂材各層のヤング係数との関係

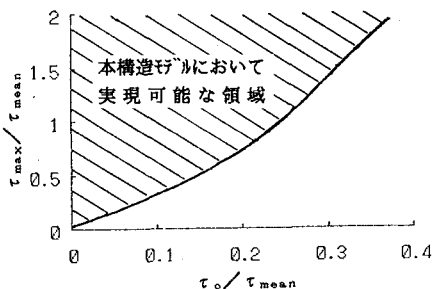


図7 τ_{max} / τ_{mean} と τ_o / τ_{mean} との関係