

定着用膨張材を用いたFRP緊張材用定着具の挙動解析

長崎大学工学部

正会員 原田哲夫

鹿児島大学工学部

正会員 ミヨーキン

福岡大学工学部

正会員 添田政司

(株) 富士ピー・エス

正会員 徳光 卓

1. はじめに

定着用膨張材によって連続繊維補強材 (FRP) を定着する方法は、引張試験方法として、またCFRPストランドを用いたグラウンドアンカーの定着方法として、広く使われてきている。CFRPストランドの引張疲労試験を行った結果、同一製作ロットで静的引張強度は定着法の違いによらずほぼ同じ値であるにもかかわらず、定着用膨張材を用いる場合の方が、エポキシ樹脂定着による場合よりCFRPストランドの疲労特性が格段によくなるという興味ある結果が得られている。

この原因は、定着方法の違いがCFRPストランドの疲労特性になんらかの影響を及ぼしているためと考えられるが、その原因解明の試みの一つとして、ここではまず、繰り返し载荷試験を実施して定着具のひずみ挙動等を実験によって調べ、その結果をモデル化して解析的な検討を行った。

2. 繰り返し引張試験

長さ30cmの鋼管スリーブ中央にCFRPストランドをセットし、その隙間に定着用膨張材を充填して、50MPa以上の膨張圧が発現した段階で、引張荷重の载荷・除荷を20回繰り返した。そのとき、鋼管表面に貼付したひずみの挙動、口元部からの緊張材の抜け出し量を測定した。鋼管スリーブ自体は、端部をナット定着によってアムスラー試験機に定着した。比較のためにエポキシ樹脂定着を行った供試体についても同様の試験を実施した。

3. 実験結果

図-1は、定着用膨張材による定着の場合で、単調に引張荷重を増加させていった場合の定着具内の q の分布の変化を示す。 q は単位長さあたりのせん断力で、緊張材と膨張材の界面に作用しており、同時に、定着用膨張材の層を介して、鋼管と定着用膨張材の界面にも同じ作用するとして、鋼管スリーブ表面のひずみ値より算定した。荷重が大きくなるにつれ、口元部から順に q_{max} に達し、その位置が徐々に後方に変化しており、また、 q_{max} の値は場所によらずほぼ一定であることがわかる。

図-2は、9.8~133kNの载荷・除荷を繰り返した後に、载荷過程におけるCFRPストランドの引張荷重 T_p の分布を鋼管スリーブのひずみ値をもとに、計算により求めたものであり、図-3は、同様にエポキシ樹脂定着の場合の T_p の分布である。

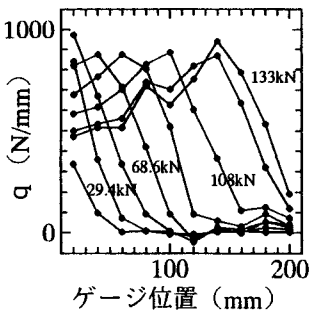
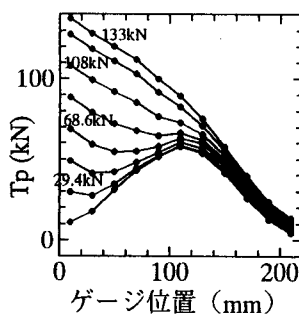
図-1 q の分布

図-2 定着用膨張材定着の場合

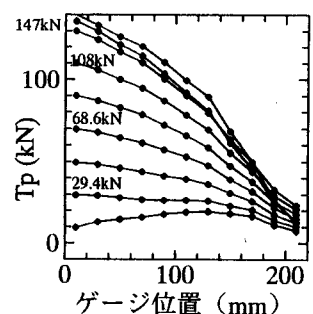


図-3 樹脂定着の場合

図-2の定着用膨張材の場合には、口元から11cmあたりのところでピークがみられ、引張力が残存していることがわかる。また、その値以上の引張荷重が作用するまで、口元近くを除きTpの分布にほとんど変化がみられない。これは除荷した段階で導入されるいわゆる「せん断 prestress」の影響と考えられる。

以上、定着用膨張材による定着では、定着具内での引張荷重振幅が樹脂定着によるそれよりも小さいことを示しており、このことがCFRPストランドの疲労特性に影響を及ぼす一要因と考えられる。

4. 解析方法および解析結果

3. で示した実験結果を解析的に検討する。定着用膨張材は、図-4のように鋼管スリーブとFRP緊張材との間のせん断伝達層（せん断ばね）としてモデル化した。弾性状態における要素剛性マトリクスを誘導すると式(1)となる。緊張材、鋼管スリーブはともに弾性体とし、定着用膨張材のせん断ばねKsの特性は実験結果に基づき、図-5のような直線で近似した。すなわち、単位長さあたりのせん断力qは、その最大値qmaxまでは増加し、それ以降は低下するようにモデル化し、除荷過程では載荷過程①と同じせん断ばね定数をもつと仮定している。鋼管スリーブ、CFRPストランドはいずれの荷重においても、ともに弾性体と仮定している。解析は荷重増分法によった。除荷過程の解析では、載荷過程における最大荷重時の状態に、除荷荷重分の圧縮力を載荷した状態を重ね合わせて求めた。今回の解析では、5mmピッチで26cmのスリーブ長を52分割している。



図-4 有限要素モデル

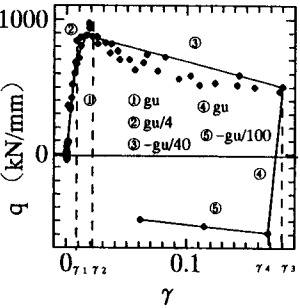


図-5 qの特性

$$\begin{Bmatrix} f_{si} \\ f_{pi} \\ f_{sj} \\ f_{pj} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Es \cdot As}{Ls} + Ks & -\frac{Es \cdot As}{Ls} & -Ks & 0 \\ -\frac{Es \cdot As}{Ls} & \frac{Es \cdot As}{Ls} + Ks & 0 & -Ks \\ -Ks & 0 & \frac{Es \cdot As}{Ls} + Ks & -\frac{Es \cdot As}{Ls} \\ 0 & -Ks & -\frac{Es \cdot As}{Ls} & \frac{Es \cdot As}{Ls} + Ks \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_{si} \\ u_{pi} \\ u_{sj} \\ u_{pj} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

要素剛性マトリクス

図-6にq分布、図-7にTpの分布の解析結果を示す。図-1および図-2の実験結果を比較して、両者ともよくあっていることがわかる。

5. あとがき

定着用膨張材をせん断伝達層とみなし、そのせん断ばね定数を仮定した比較的簡単なモデルで、引張および除荷過程の実験結果を説明できる。今後は、繰り返し載荷過程の解析を行う予定である。

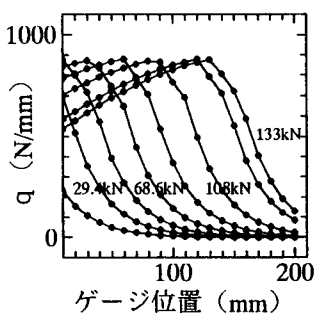


図-6 qの分布(解析値)

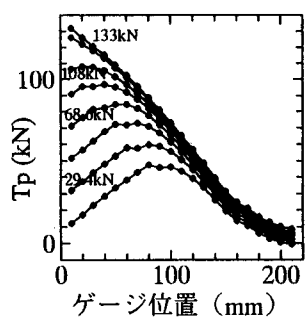


図-7 Tpの分布(解析値)