

1. はじめに：近年，コンクリート構造物の補強法として連続繊維シート接着工法が注目されている．本研究では，この工法における接着樹脂の材質の相違に着目して，解析的にはりの耐荷性能を評価することを目的としている．そこで，繊維シートを線要素，接着樹脂をバネ要素でモデル化し，接着樹脂の水平方向の接着・はく離を考慮した二次元有限要素解析を行い，接着樹脂の相違による影響を実験結果との比較を行いながら，解析的な評価を試みた．

2. 解析の概要：解析は二次元有限要素解析を用いた．解析モデルを図-1 に示す．解析対象モデルは著者らが行った実験¹⁾において用いた供試体であり断面が 150×150mm，長さが 1400mm の RC はりとし，繊維シートは，幅 75mm，長さ 1100mm とし，エポキシ樹脂を用いて供試体下面に接着した．解析モデルは，対称供試体であったため，片側のみをモデル化して，スパン中央断面を軸方向に拘束した．また，コンクリートを平面応力要素，鉄筋要素を線要素とし，コンクリート要素と引張鉄筋要素の接触節点において，付着を考慮したバネ要素を導入している．さらに，はり下面に貼り付けた繊維シート要素を線要素でモデル化し，コンクリート要素と繊維シート要素との接触節点において，接着を考慮したバネ要素を導入している．コンクリート要素および鉄筋要素の応力-ひずみ関係を図-2 に示す．コンクリート要素については，圧縮側について圧縮ひずみ 250 μ までを弾性範囲，圧縮ひずみ 250 μ ～1500 μ までを塑性範囲としており，圧縮ひずみ 1500 μ においてコンクリートは降伏する．その後圧縮ひずみが 3500 μ に達するとコンクリートは圧縮破壊する．また引張側については，引張限界ひずみまでは弾性範囲とし，引張限界ひずみに達するとひび割れが発生する．引張ひび割れ発生後，応力-ひずみ関係が直線関係になるように引張軟化モデルを導入した．鉄筋要素については，Bi-Linear 型つまり完全弾塑性としてモデル化した．弾性範囲は，ひずみ 1990 μ までとした．鉄筋付着のバネ要素については，垂直方向および付着方向を弾性型でモデル化した．繊維シートおよび接着樹脂の特性を図-3，4 に示す．繊維シート要素については，弾性-破断型でモデル化し，接着樹脂要素については弾性-はく離型のモデルで，はく離を表現するために最大接着力に達した後は接着力を解放するとともに剛性を減少させたモデルで表現した．なお，はく離後は繊維シートとコンクリートとの間の摩擦等を考慮するため，最大接着力の 1/100 を与えた．また，図-4 における接着特性値については，著者らが行った引張付着試験²⁾により求めた接着力と相対変位により算出した．表-1 にはその特性値について示す．また，供試体の名称および要因を表-2 に示す．繊維シートの性質およびエ

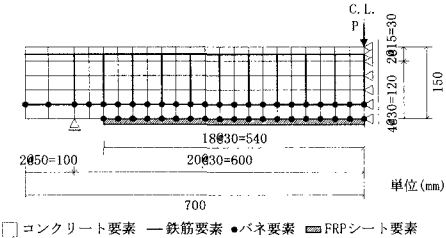


図-1 解析モデル図

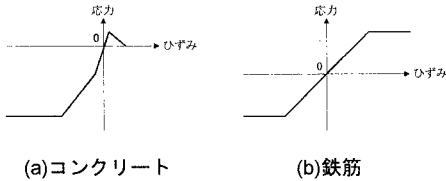


図-2 応力-ひずみ関係

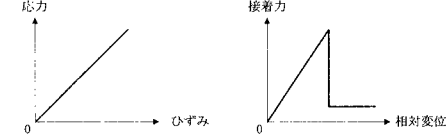


図-3 繊維シートの特性 図-4 接着特性

表-1 接着特性値

	せん断バネ定数 (kN/mm)	はく離変位 (mm)
高弾性率	1881.5	0.06814
低弾性率	625.5	0.41333

表-2 解析の要因

供試体番号	繊維シートの種類	樹脂の圧縮弾性率
C-H-L	炭素繊維	高弾性率
C-L-L	炭素繊維	低弾性率

表-3 繊維シートの性質

繊維シート の種類	繊維目付 (g/m ²)	設計厚さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	引張弾性率 (N/mm ²)
炭素繊維 シート	300	0.167	3481	2.30×10 ⁵

ポキシ樹脂の物性については表-3、4 に示す。

3. 解析結果と実験結果との比較評価：ここでは、解析結果と実験結果との比較を行い考察する。なお、実験供試体においては、はり中央に人口切欠を導入していたため、その影響については人口切欠部分のコンクリート要素の引張限界ひずみを小さくすることで考慮した。供試体 C-H-L および C-L-L の荷重－たわみ関係について図-5、6 に示す。両者ともおおむね実験結果を追随していることがわかる。破壊形式については、供試体 C-H-L では実験結果と同様のシートのはく離であり、そのはく離荷重、はく離時のたわみともほぼ実験結果と同様の値を示している。供試体 C-L-L については、実験結果と同様のシート破断であるが、解析値の方が破断荷重、破断時のたわみとも大きい値となった。これは、実験においては水平方向のいわゆる単純引張力のみならず、ひび割れ部における面外せん断の影響により、単純引張による引張強度より小さい引張力で破断することが考えられるためである。また、供試体 C-H-L および C-L-L を比較すると実験結果と同様に解析結果においても樹脂の弾性率が小さいものの方が最大荷重、最大たわみは大きい値となることが表現できた。供試体 C-H-L についてはのり中央部の荷重－引張鉄筋ひずみ関係を図-7 に示す。これによると、初期の段階から実験結果と解析結果とでは差が生じている。これは、人口切欠の影響によるものであり、本解析において引張限界ひずみを小さくすることである程度考慮したが、完全に考慮するまでには至らなかった。しかし、初期の荷重の上昇後はほぼ実験結果と解析結果は同様の挙動を示しているといえる。次に、ほぼはり中央の荷重－繊維シートひずみ関係について図-8 に示す。荷重－繊維シートひずみ関係においても同様に、人口切欠直下においてその影響を完全に考慮するまでには至っていないため、そのとなりの点における関係を示している。これによると、実験結果と解析結果とではほぼ同様の挙動を示していることがわかる。つまり、人口切欠の影響を除けば、精度よく実験結果を追随していることがいえる。

4. 結論：以上から次の結論を得た。

- ・荷重－たわみ関係においては、解析結果が精度よく実験結果を再現することができた。
- ・破壊形式についても実験結果と解析結果は同様であった。
- ・解析においても樹脂の弾性率が小さい方が最大荷重、最大たわみは大きい値となることが表現できた。
- ・人口切欠の影響を除けば、全体挙動としておおむね精度よく実験結果を追随していることがいえた。

【参考文献】1)杉山裕樹，森川英典，高田至郎，小林秀恵，中島潤一郎：エポキシ樹脂の材質に着目した RC 部材の FRP シート接着補強における接着性能の評価，土木学会第 54 回年次学術講演会，pp.718-719，1999.9.

2)森川英典，小林秀恵，杉山裕樹，中島潤一郎：コンクリート部材の FRP シート接着補強におけるエポキシ樹脂接着性能の実験的評価，建設工学研究論文報告集，第 41-A 号，pp.121-140，1999.11.

表-4 エポキシ樹脂の物性

樹脂の種類	圧縮弾性率 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	引張せん断接着強さ (N/mm ²)
高弾性率	2.6×10 ³	44.1	22.8
低弾性率	0.3×10 ³	8.8	8.8

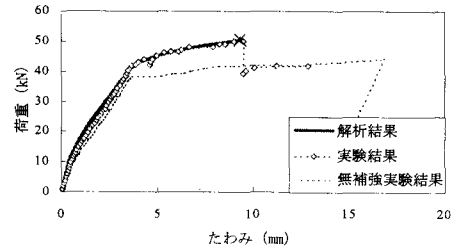


図-5 荷重－たわみ関係 (C-H-L)

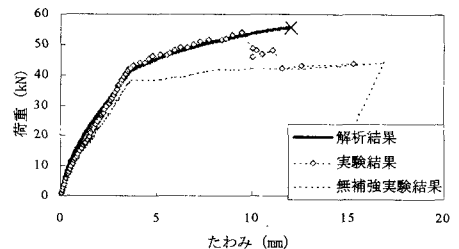


図-6 荷重－たわみ関係 (C-L-L)

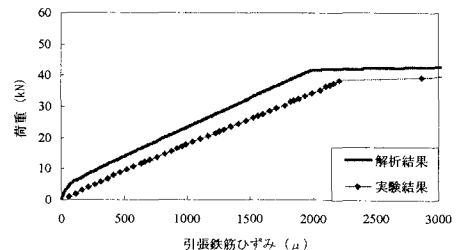


図-7 荷重－引張鉄筋ひずみ関係 (C-H-L)

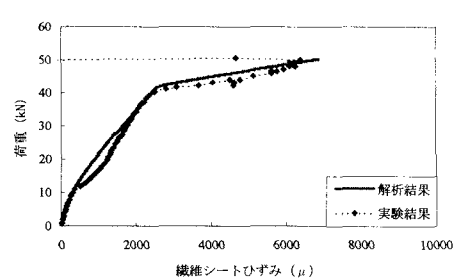


図-8 荷重－繊維シートひずみ関係 (C-H-L)