

## 断面寸法が異なる AFRP シート緊張接着 RC 梁の三次元弾塑性解析

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○池田 翔哉  
 室蘭工業大学大学院 正会員 栗橋 祐介  
 釧路工業高等専門学校 フェロー 岸 徳光

室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人  
 三井住友建設(株) フェロー 三上 浩

### 1. はじめに

本研究では、形状寸法および緊張力の異なる 6 種類の矩形 RC 梁を対象に提案の数値解析手法を適用した弾塑性解析を実施し、その妥当性を実験結果との比較によって検討した。ここでは、荷重－変位関係、破壊性状について着目している。なお、本解析には構造解析用汎用コード DIANA 9.3 を使用した。

### 2. 試験体概要

図 1 には、本解析で対象とした矩形 RC 梁の形状寸法、配筋状況および補強概要を示している。試験体は、梁幅が異なる矩形 RC 梁(純スパン長 3,200 mm)である。軸方向鉄筋には、D13、D16、D19、D22 を断面形状毎に組み合わせ、上下端に 2 本ずつ配筋した。スターラップには D10 もしくは D13 を 100 mm 間隔で配筋している。緊張接着用 FRP シートには、梁幅と同じ幅を有する AFRP シート(目付量: 1,245 g/m<sup>2</sup>)を用い、シートの補強範囲を梁底面中央部から両支点の 80 mm 手前までとしている。

図 2 には、解析に用いた要素分割状況を示している。解析モデルは RC 梁の対称性を考慮してスパンおよび断面方向に 2 等分した 1/4 モデルである。コンクリート、上下端鉄筋および AFRP シートは 8 節点あるいは 6 節点固体要素を用いてモデル化している。スターラップに関しては、DIANA にあらかじめ組み込まれている埋め込み鉄筋要素を用いてモデル化している。

境界条件は、対称切断面において法線方向変位成分を、支点部では鉛直方向変位成分を拘束し、単純支持状態としている。また、コンクリートのひび割れや鉄筋のすべり、シートの剥離等の幾何学的不連続現象を適切に再現するため、既往の研究成果に基づいて図 2 に示す箇所に接触面要素を配置した。コンクリートの主要なひび割れ部は、コンクリートの引張応力に達するとひび割れが開口するものとした。鉄筋のすべりについては、CEB-FIP モデルコードによる付着応力と相対変位の関係により定義している。シートの剥離には、コンクリートの応力が引張強度もしくはシートの限界せん断応力に達した時点で剥離し、コンクリート要素には力を伝達しないものとして仮定している。なお、その他のコンクリート要素に関しては、分布ひび割れモデルを適用している。

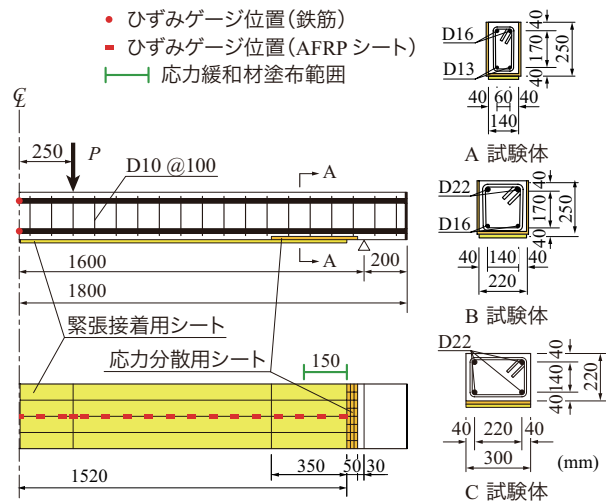


図 1 試験体概要図

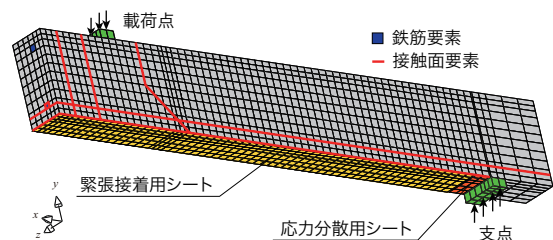


図 2 要素分割状況

### 3. 材料構成則

コンクリートの構成則について、圧縮側はひずみが -3,500  $\mu$  以下の場合はコンクリート標準示方書に基づいて定式化し、以後は初期弾性係数の 0.05 倍で  $0.2f'_c$  まで線形軟化するモデルとした。一方、引張側はコンクリート標準示方書に準拠した引張軟化曲線を適用している。また、鉄筋は等方弾塑性体にモデル化し、降伏の判定には von Mises の降伏条件を適用している。AFRP シートには、引張強度に達した時点で破断するカットオフモデルを用いている。

### 4. 解析手法

本解析では、実験の手順を数値解析的に再現するために、DIANA に組み込まれているフェーズ機能を用いている。具体的には、1)シートの一端部を拘束し、他端部に強制変位を与えることでシートに緊張力を導入する。2)コンクリートとシートの間に接触面要素を配置しシートの緊張力を解放することで試験体にプレストレスを導入する。3)荷重位置に鉛直下向きに強制変位を与えることで、実験の手順を段階的に再現した。

キーワード: RC 梁, AFRP シート, 緊張接着, 三次元弾塑性解析, 耐荷性状

連絡先: 〒050-8585 室蘭工業大学大学院 暮らし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX:0143-46-5228

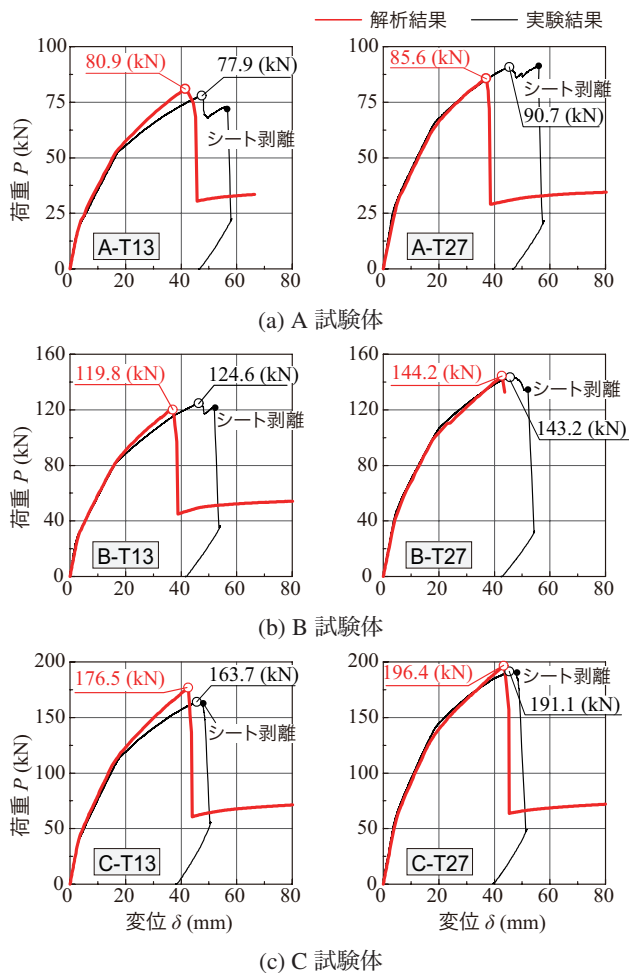


図3 荷重—変位関係

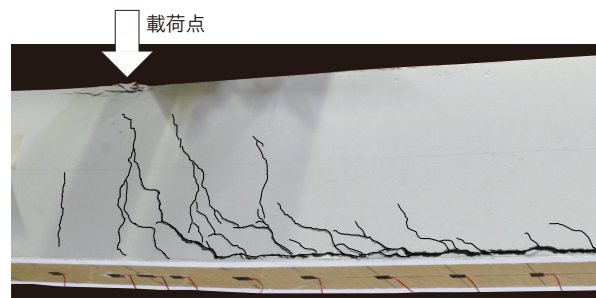
## 5. 数値解析結果および考察

### 5.1 耐力性状

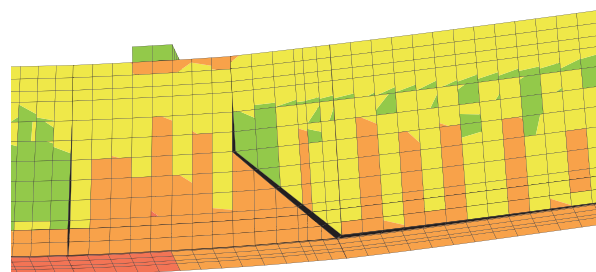
図3には各試験体の載荷荷重とスパン中央変位の関係を示している。図より、実験結果に着目すると、RC梁の形状寸法に関わらず、シートに導入した緊張力に伴い主鉄筋降伏荷重 $P_y$ および最大荷重 $P_{max}$ が増大していることが分かる。また、いずれの試験体においてもひび割れ発生時および主鉄筋降伏時に剛性が低下し、シートの剥離によって終局に至っている。

緊張力の小さいA/B/C-T13梁の数値解析結果をみると、いずれの場合も解析結果は実験結果と比較して主鉄筋降伏後の剛性勾配を過大に評価していることが分かる。また、最大荷重に関しては、A/C梁においては実験結果よりも過大に、B梁においてはそれを過小に評価している。しかしながら、ひび割れ発生後の剛性勾配や主鉄筋降伏時の荷重および変位に関しては、実験結果と大略一致している。なお、いずれの場合も解析結果の終局時における変位は実験結果よりも小さな値を示している。

次に、緊張力の大きいA/B/C-T27梁について検討すると、数値解析結果における最大荷重はA梁を除いて実験結果を適切に評価している。さらに、ひび割れ発生および主鉄筋降伏による剛性低下を含め、実験時の剛性勾配



(a) 実験状況



(b) 最大主ひずみ分布図(変形倍率3倍)

図4 終局近傍における実験状況と最大主ひずみ分布の比較 (A-T13 試験体)

を精度よく再現していることが分かる。

### 5.2 破壊性状

図4には、A-T13梁の終局近傍におけるひび割れ性状と数値解析結果における梁側面の最大主ひずみ分布を示している。なお、実験結果の写真には、ひび割れを明瞭にするため、ひび割れ部分に黒線を加筆している。図4(a)より、実験では斜めひび割れの発生後、ピーリング作用によって下縁かぶりコンクリートがシートと一体となって剥落し終局に至っている。

図4(b)に示す数値解析結果においても、最大荷重時において斜めひび割れ位置に配置した接触面要素が開口しており、かつひび割れ開口ひずみ(1,300 $\mu$ )を超えるひずみが発生していることから、実験結果と同様の結果を示していることが分かる。最終的には、実験結果と同様にシート剥離によって終局に至っている。

なお、他の試験体の数値解析結果においても、斜めひび割れが開口しシートの剥離によって終局に至っており、実験結果を大略再現できているものと考えられる。

## 6. まとめ

- 1) 提案の解析手法を適用することにより、終局変位近傍における荷重—変位関係を除き、RC梁の形状寸法にかかわらず実験結果の剛性勾配や変曲点等の耐力性状を概ね再現可能である。
- 2) また、解析結果は実験結果の緊張接着用シートの軸方向ひずみ分布、破壊形式およびひび割れ分布を大略再現可能である。