

V-15 FRP筋を用いたコンクリート部材の特性について

北海道大学工学部 学生員 筒井 勇二
 北海道大学工学部 正 員 佐伯 昇
 北海道大学工学部 正 員 高田 宣之
 道立工業試験場 野口 達夫

1. まえがき

最近鉄筋コンクリート構造物にとって、鉄筋の腐食が重大な問題の一つになっている。海洋・海岸構造物やその他の厳しい環境下におけるコンクリート構造物では、特にその問題は大きい。現在のところでは、コンクリートのかぶりを大きくとるなどの方法をとっているが、近年、これとは別に腐食に対して強いFRP筋で補強した構造物が検討されており、特に、充分なかぶりを確保することができない構造物や、メンテナンスが難しい構造物には、有効であると考えられる。本研究では、FRP筋で補強したコンクリート桁を製作し静的曲げ破壊試験、低温下における曲げ破壊試験および凍結融解作用させた後の破壊試験を行いその挙動の相違を調べるものである。

2. 実験概要

1) 供試体

実験に用いた桁は、幅20cm、高さ30cm及び25cm、長さ150cmであり、8本作製した。補強筋としてFRP筋を用いた。断面は図-1に示すように主筋を断面の上側、中段、下側の3段に配置し、スターラップを10cm間隔に主筋に剛結させて成形されたものである。また、主筋の物性値及び引張試験により求めた応力-歪曲線をそれぞれ表-1、図-2に示した。

供試体に用いたコンクリートの配合は材令14日での圧縮強度が 400kgf/cm^2 となるように定め、コンクリート打設後、2日目から 50°C の水中で48時間養生し、その後 20°C で水中養生した。

2) 実験方法

実験桁のスパンは120cmまたは135cmとして、載荷スパンは30cmか45cmの静的2点載荷およびスパン中央の静的1点載荷とした。供試体には図-1に示すように、上側と下側の主筋の位置のコンクリート表面に、コンタクトポイントを貼り変位をコンタクトゲージにより測定し、曲率とひびわれ幅を求めた。さらにスパン中央におけるたわみを変位計により測定した。また、NO.1とNO.2の供試体については、FRP筋とコンクリートの線膨張係数の違いによる付着の低下を調べるために、実験に先立って -20°C ～ $+10^\circ\text{C}$ の低温室中で凍結融解させた。凍結融解サイクルは1日2サイクルで60サイクルまでかけて常温で載荷試験を行なった。NO.5については低温下における挙動を調べるために、供試体の断面中央の温度が -20°C の状態です

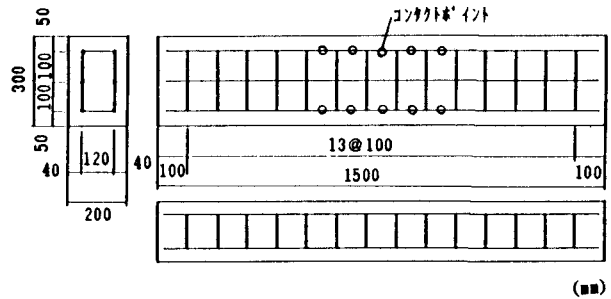


図-1 供試体寸法と配筋図

表-1 FRP筋の物性値

繊維混入率VF(%)	25.5
直径φ(mm)	13.02
引張強度σu(kg/cm ²)	6000
弾性係数E(kg/cm ²)	4.0×10^5
破断時伸び	0.015

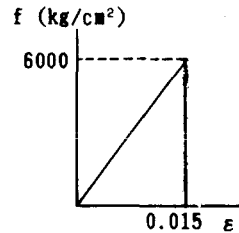


図-2 FRP筋の応力-歪曲線

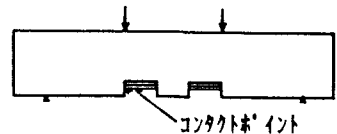


図-3 滑り測定用供試体

験した。NO.6.7

.8についてはF

RP筋の付着お

よび性状を調べ

るため、図-3

に示すように桁

の下側に切り欠

きをつけ、切り

欠き端部におけ

るFRP筋の抜

け出しを測定し

た。

なお、各供試体の断面、スパン及び載荷方法は実験結果とともに表-2に示す。

表-2 供試体の種類と実験結果

供試体No.	スパンL cm	桁高H cm	載荷支間 cm	破壊荷重 tonf	せん断耐力 tonf	曲げ耐力 tonf	破壊 形式
凍結融解 1	135	30	45	22	20.7	25.5	曲げ
" 2	135	30	一点載荷	16.2	20.3	17	曲げ
" 3	120	30	一点載荷	15	20.4	19	せん断
" 4	120	30	30	20	20.7	25.5	せん断
低温 5	120	30	一点載荷	19.8	20.4	23	せん断
付着 6	135	25	45	18	18.2	22	曲げ
" 7	135	25	45	17	18.2	22	曲げ
" 8	135	25	45	17	18.2	22	曲げ

3. 実験結果と考察

1) 破壊荷重と破壊パターン

表-2に各供試体の破壊荷重及び破壊パターンを示した。併せて、計算上のせん断耐力と曲げ耐力を示してある。せん断耐力については、土木学会コンクリート標準示方書中のせん断耐力の式により求めた。また曲げ耐力は、コンクリートと、FRP筋の応力-歪曲線を

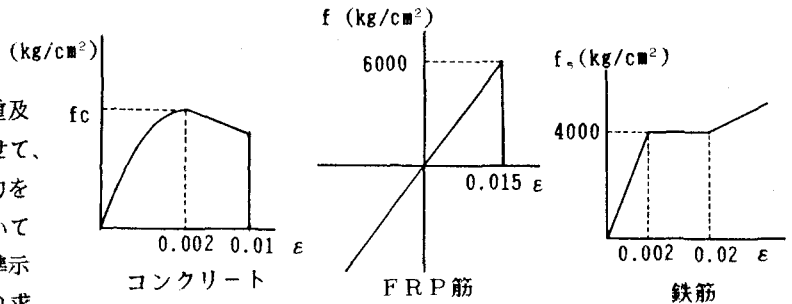


図-4 応力-歪曲線のモデル

図-4のようにモデル化して求めた。これらの計算において、有効桁高dは、上、中、下段に配置されている主筋のうち、中、下段の筋がその中間の位置に集中して配置されていると仮定した。図-5のようにH=30 cmの桁についてはd=20 cm、H=20 cmの桁についてはd=17.5 cmとした。計算上の耐力と、破壊荷重および破壊パターンは必ずしも一致していないが、せん断破壊しているNO.3.4.5については図-6に示すような破壊状態で、いずれもスターラップと主筋の接合部附近で主筋が破断している。このことから、NO.3.4.5の破壊荷重についてはスターラップの強度や、間隔よりも、主筋がひび割れ部のせん断変形に抵抗する能力が低いためと考えられる。NO.6.7.8については、破壊荷重が計算値と大きく違うが、これは、下部の切り欠きによる影響と考えられる。

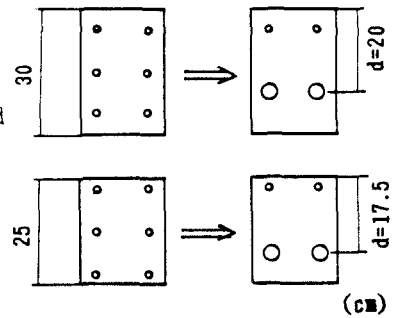


図-5 有効桁高dの仮定

2) 荷重(P)-たわみ(δ)関係

及び曲げモーメント(M)-曲率(φ)関係

前述のモデルに基き図-7のフローチャートによって計算した。これによりP-δ関係を求めた。P-δ関係の実験値と計算値を図-8に

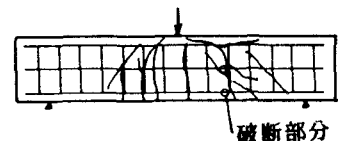


図-6 破壊状況

M- ϕ 関係を図-9に示した。まずP- δ 関係については、多くの実験において荷重の小さな領域において、比較的良好に計算値と実験値があっているが、終局状態に近づくにつれて、実験値のたわみが計算値を上回る傾向がみられる。これはFRP筋の応力-歪曲線のモデルが、FRP筋の単体による引張試験に基づいていること、コンクリートとFRP筋との付着がなくなっていることなどが考えられる。M- ϕ 関係については、実験値と計算値がよくあっている。

3) 環境条件の違いによる挙動の変化

凍結融解作用を加えるか、低温下における実験によっては、コンクリートの強度が常温の約1.3倍になったが、FRP筋の性質の変化は本実験においては認められなかった。

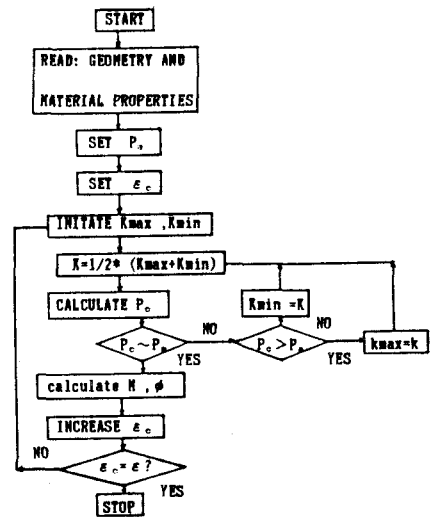


図-7 計算のフローチャート

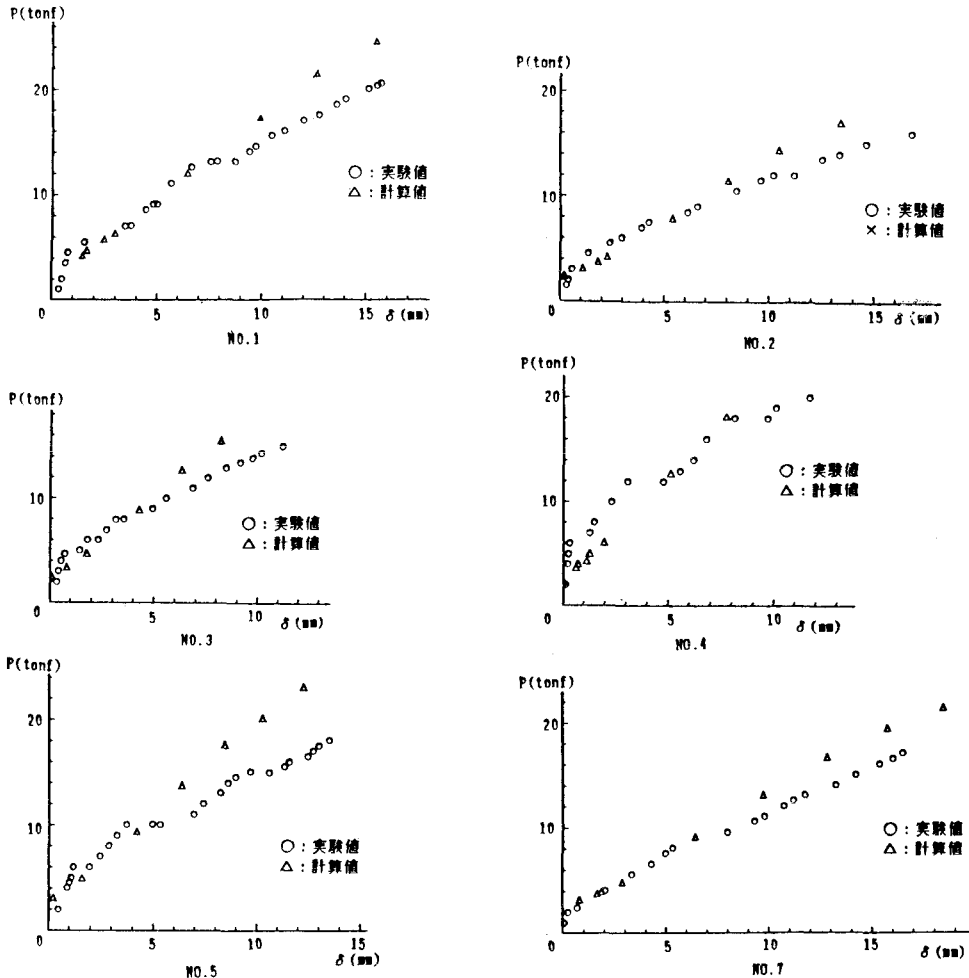


図-8 P- δ 関係

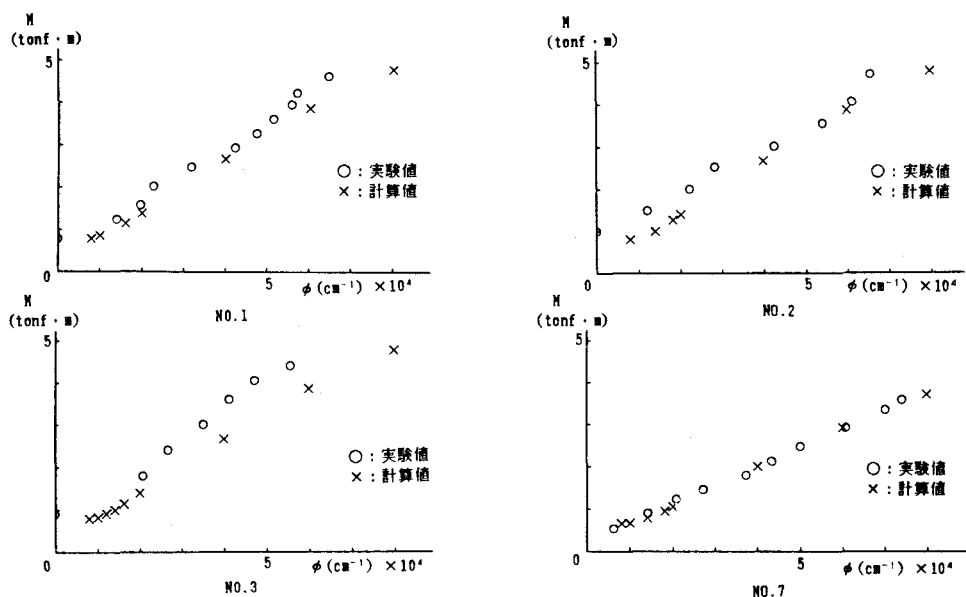


図-9 M- δ 関係

4) 鉄筋コンクリート桁との比較

本実験で使用したFRP筋と同程度の引張強さを持つSD35、D13の鉄筋を使った場合の、計算によるP- δ 関係を図-10に示した。これからわかるように、通常の荷重ではFRP筋による桁では変形が非常に大きいことがわかる。鉄筋の応力-歪曲線のモデルは図-4に合わせて示してある。

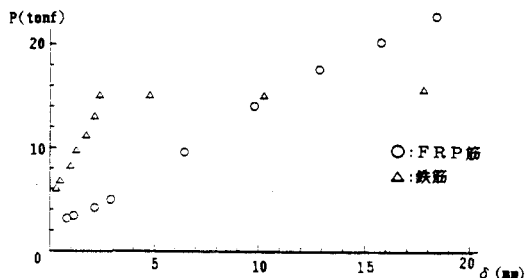


図-10 鉄筋を使った場合のP- δ 関係

5) FRP筋とコンクリートの付着

NO.8の切り欠き端部における滑りと応力の関係を図-11に示す。破壊時までほぼ直線的に滑り量が増加していた。

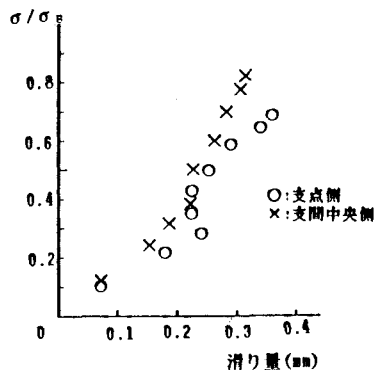


図-11 滑りと応力の関係

5. まとめ

- 1) 鉄筋コンクリートにくらべて、鉄筋の降伏点以下ではFRP筋コンクリートの変形が大きい。構造物によっては、これらを考慮して使用することが必要である。
- 2) FRP筋自体の付着が期待できないので、スターラップを主筋に剛に接合して定着をはかっているため、接合部が弱点となることがある。
- 3) 低温下の環境条件による挙動の変化は認められなかった。
- 4) FRP筋の応力-歪曲線を仮定することで、変形を表現することができた。