

り線 T15.2B（公称径15.2mm、引張耐力26.6tonf）を用いた。これら緊張材の弾性係数はそれぞれ $0.7 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $2.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ である。緊張材位置は3種類とし(1)断面下縁近傍に2本(A梁)、(2)断面下側核点に2本(B梁)、(3)断面上下の核点位置に1本ずつ(C梁)とした。また、総プレストレス量はいずれも同一とし、プレストレス応力は断面中央位置で 50 kgf/cm^2 である。

コンクリートは単位セメント量 400 kg/m^3 、スランブ 8cm としたが、各試験体に異なるバッチを用いたので強度はそれぞれ異なり、圧縮強度は $487 \sim 735 \text{ kgf/cm}^2$ 、弾性係数は $3.05 \sim 3.71 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ であった。

試験体は梁高さ 24cm、梁幅 16cm、純スパン 200cm である。各試験体にはスターラップ (D6) をピッチ 100mm で配置した。また、緊張材及び組立筋 (異形棒鋼、D6) に梁中央から 20cm 間隔でひずみゲージを取り付け、梁軸方向のひずみ分布を測定した。試験は容量 200tonf のアムスラーを用い、衝撃実験と加力状態を合わせるために直径 15cm の円盤状の载荷盤を介して加力を行った。梁のたわみは、梁中央から 25cm 間隔で設置した変位計で測定した。

3. 実験結果

3. 1 ひびわれ状況

図-2 に試験体破壊時のひびわれ状況を示す。いずれの試験体も緊張材の破断ではなく、コンクリートの圧縮破壊で破壊した。P 梁の方がひびわれ本数が多く見られるが、枝分かれているひびわれや主ひびわれに近接して平行なひびわれは終局近傍で生じ、破壊直前までのひびわれ本数は P 梁でも F 梁でも顕著な差異は見られない。しかし、C 梁は他の梁に比較して中央近傍に大きなひびわれが集中する傾向を示した。

3. 2 荷重-たわみ関係

図-3 に荷重と梁中央のたわみの関係を示す。いずれの荷重-たわみ関係もひびわれ発生前の弾性領域と遷移領域、及び緊張材の弾性領域から成立している。緊張材の配置位置が同じものでは F 梁の方がひびわれ発生荷重が小さい傾向にあり、遷移領域以

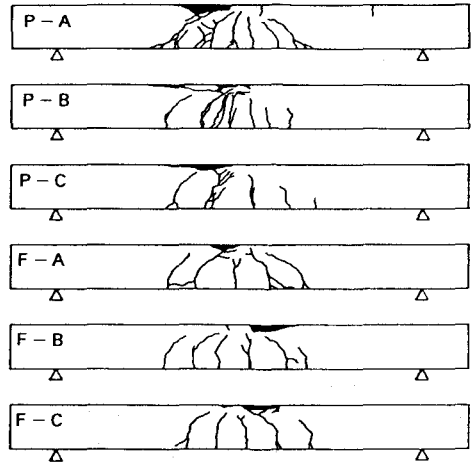


図-2 ひびわれ発生状況

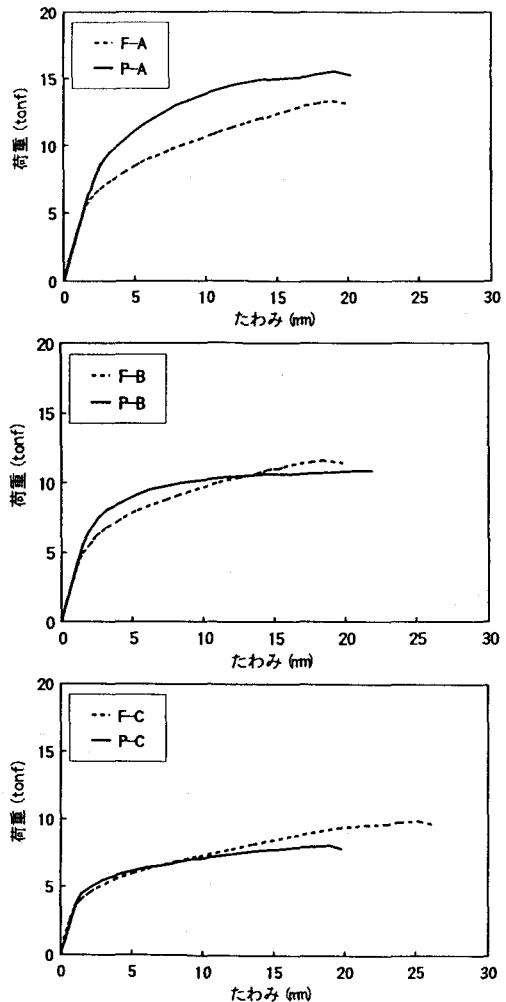


図-3 荷重-梁中央たわみ曲線

降のたわみ量は同じ荷重レベルで比較するとAFRPロッドを用いた方が大きい。これはAFRPロッドの弾性係数がPC鋼より線の約3分の1で、弾性伸びが大きいことに起因している。

F梁の方がひびわれ発生荷重が小さいものの、最大耐力はA梁を除いてP梁と同程度かあるいは大きくなっている。後に述べるように、F-A梁では所定のプレストレス量が導入されていなかったためにP-A梁の荷重-たわみ関係と差異が生じたと考えられる。最大荷重時のたわみ量は、緊張材を断面上下の核点に配置したF-C梁が25mmと最も大きい、それ以外の試験体では20mm前後で、顕著な差は見られなかった。なお、P梁では破壊後の梁の観察より、緊張材の抜け出しが確認された。抜け出しは3試験体ともコンクリート圧縮縁の破壊損傷の大きい側(図-2の梁中央から左側)の端面で確認されており、その大きさはP-A、P-Bでは2本の平均でそれぞれ4.74、4.86mm、P-Cでは下側で7.57mm、上側で1.03mmであった。なお、反対側の端面では抜け出しは生じていなかった。

3.3 たわみ分布

図-4に荷重が7tonfにおける梁のたわみ分布を示す。C梁のたわみ分布性状が、A梁、B梁に比較して直線的なのは、中央付近に大きなひびわれが集中したためと考えられる。同じ荷重段階ではC梁のたわみ量が最も大きく、P-C、F-C梁の中央たわみ量はP-A、F-A梁のそれぞれ4.7、2.5倍であった。

3.4 緊張材のひずみ分布

図-5(a)~(c)に各荷重段階における緊張材のひずみ分布を示す。C梁では下側緊張材の値を示した。P梁の比較的小さい荷重段階には、支点付近のひずみはほとんど発生していないが、荷重が増加するとひずみ値の急増が見られるようになった。また、低荷重段階で示した右(梁中央)上りのひずみ分布は、破壊近傍のB梁やC梁では見られない。

梁支点上の断面では、外荷重によるモーメントは発生しないので緊張材のひずみも生じないと考えられる。しかし、上記のような結果が得られたのは緊張材の定着切れ、すなわち抜け出しが発生したことを示している。このような緊張材の抜けが発生する荷重を、支点上の緊張材のひずみ値が急増する荷重レベルと仮定すると、A梁で11~12tonf、B梁で7~8tonf、C梁で4.5~5.5tonf程度である。

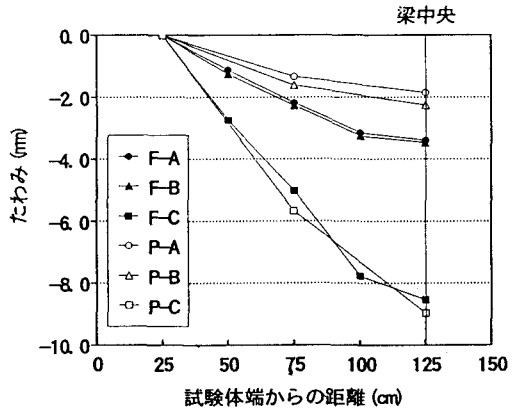


図-4 たわみ分布 (荷重7.0tonf)

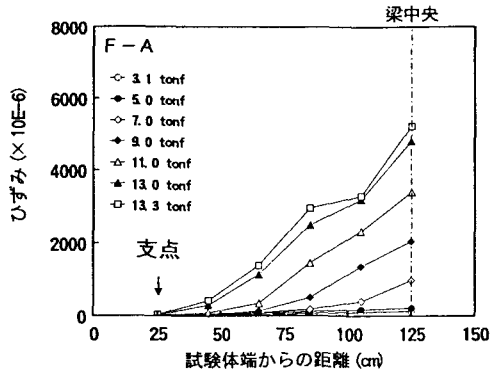
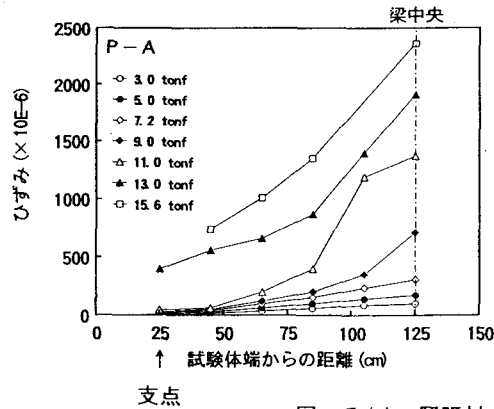


図-5 (a) 緊張材のひずみ分布 (A梁)

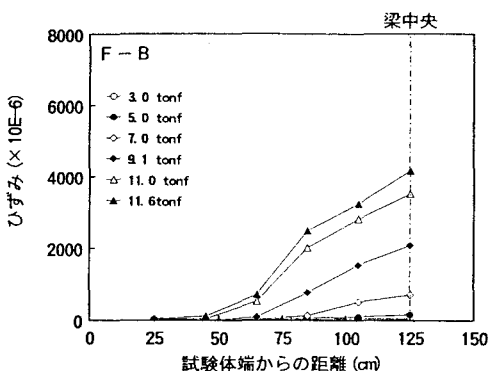
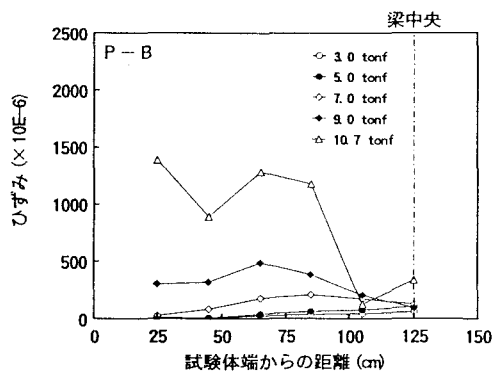


図-5 (b) 緊張材のひずみ分布 (B 梁)

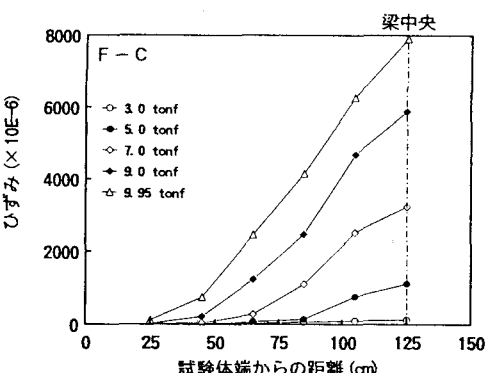
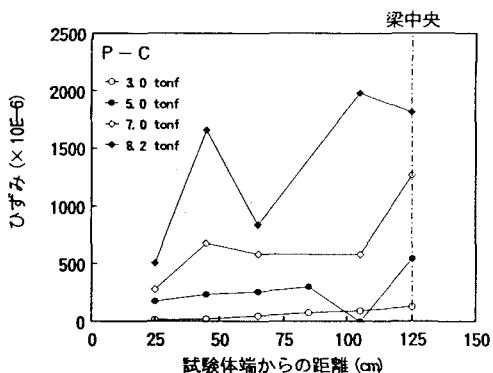


図-5 (c) 緊張材のひずみ分布 (C 梁)

一方、F 梁は支点付近のひずみ値の急増は見られず、AFRP ロッドの定着切れが発生していないことが分かった。また、右 (梁中央) 上がりのひずみ分布を破壊時まで示しており、AFRP ロッドとコンクリートの付着が良好であることが確認された。梁中央部の AFRP ロッドのひずみを配置位置の違いで比較すると、いずれの荷重段階でも C 梁が最も大きく、A 梁、B 梁は同程度であった。これは、図-3 のたわみ曲線で同じ荷重段階の C 梁のたわみ量が A 梁、B 梁に比べ大きくなることと密接に関係している。また、このような特性を C 梁が有しているため、衝撃的な荷重が作用した場合に、衝撃エネルギーを梁の変形で吸収する衝撃吸収性能が A 梁、B 梁よりも優れていることが考えられる。

4. 断面分割法による解析

4. 1 解析方法概要

梁の断面内ひずみ分布及び終局耐力等の解析を積層モデルを用いた逐次計算法により行った。材料モデルとして、スターラップ及び組立筋に使用した D 6 と P C 鋼より線はコンクリート標準示方書に示される 2 直線モデル及び 3 直線モデルを、AFRP ロッドは弾性材料であり降伏点を持たないために単純な 1 直線モデルを使用した。また、コンクリートは鋼材と同様にコンクリート標準示方書に準じて 2 次曲線モデルを用いることとしたが、モデル中の降伏ひずみは、材料試験結果より通常の

表-2 解析結果

梁種別	最大荷重 (tonf)		ひびわれ荷重 (tonf)	
	実験値	解析値	実験値	解析値
P-A	15.55	14.06	6.80	6.10
P-B	10.87	11.41	5.75	4.49
P-C	8.15	8.48	3.72	3.57
F-A	13.33	13.63	4.82	6.07
F-B	11.64	9.17	4.22	4.30
F-C	9.95	8.44	3.20	3.33

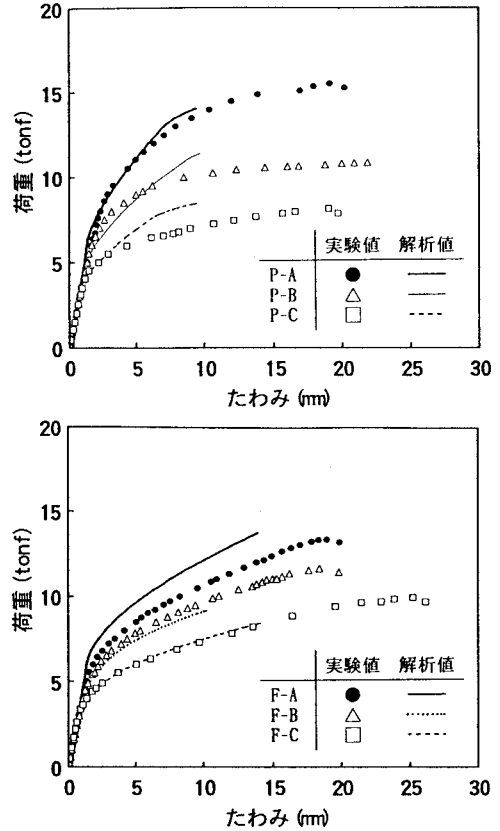
0.2%ではなく0.25%とした。なお、計算上の破壊基準はコンクリートの圧縮ひずみで0.35%とした。

4. 2 解析結果（荷重－たわみ関係）

表－2に最大耐力及びひびわれ発生荷重の実験値及び解析値をまとめた。また、図－6に各供試体の荷重－たわみ関係の実験値と解析値を示す。P梁では、ひびわれ発生前及び遷移領域では実験値と解析値は比較的良好に一致しているが、それ以降は緊張材の抜けによるたわみ量の増加及び耐力の低下が顕著となり、解析値との一致が見られなくなる。P－A、－C梁では、3. 4で推定した緊張材の抜けが発生した荷重と、実験値と解析値にずれが生じ始める荷重はほぼ一致している。一方、F梁ではB、C梁で終局付近を除いて良好な一致を示した。

P－B梁、F－A梁ではひびわれ発生荷重が解析値と実験値で1tonf以上の差があり、ひびわれ発生以降の荷重－たわみ関係も実験値と解析値で大きく異なっている。

ひびわれはプレストレスによって生じた梁下縁の圧縮ひずみが曲げ荷重により解放され、その後生じる引張ひずみが限界ひずみに達して発生する。したがって、断面の条件が同じで限界ひずみの設定が適切であれば、ひびわれ発生荷重の差は導入プレストレス量の差によって生じたものと考えられる。計算した結果、P－B梁ではプレストレス量が所定量よりも約30%多く、F－A梁では所定量よりも約27%少なかったことが推測される。



図－6 荷重－梁中央たわみ曲線

5. まとめ

- 1) 緊張材の種類がひびわれ性状に与える影響は少ない。しかし、緊張材の配置によってその性状は異なり、C梁では梁中央付近に大きなひびわれが集中する傾向にあった。
- 2) 緊張材のひずみ分布及び試験後の梁の観察より、P C鋼より線を用いた梁ではいずれも緊張材の定着切れが生じた。一方、AFRPロッドで定着切れは発生せず、また、良好な付着性状を示した。
- 3) 同じ荷重レベルでF－C梁は緊張材の伸び、梁のたわみ量が最も大きく、このような静的耐荷挙動が衝撃吸収性能を高めていると考えられる。
- 4) 各梁の耐荷挙動を断面分割法を用いて解析した結果、緊張材の抜けがなく、プレストレス量の把握が適切になされた梁であれば、静的耐荷挙動を終局付近を除いて高い精度で推定できることが分かった。

〈参考文献〉

- 1) 三上 浩・林 寿夫・加藤 正利・田村 富雄：アラミド繊維による組み紐状棒材を用いたP Cばりの静的耐荷挙動、第10回コンクリート工学年次論文報告集、pp.665-670、1988.6
- 2) 田村 富雄・三上 浩・岸 徳光・松岡 健一：AFRPロッドを緊張材に用いたP C梁の衝撃挙動に及ぼす緊張材位置の影響、第15回コンクリート工学年次論文報告集、pp.929-934、1993.6