

(22) AFRP ロッドを用いたPC梁の衝撃荷重載荷実験

三井建設(株)技研 ○田村富雄
 三井建設(株)技研 三上 浩
 室蘭工業大学工学部 岸 徳光
 室蘭工業大学工学部 松岡健一

1. はじめに

最近コンクリートの補強筋として、従来の鉄筋やPC鋼棒以外の材料である高分子材料(新素材)を用いる研究が活発に行われている^{1)~3)}。これらの材料は高強度で耐蝕性に優れているため厳しい環境でのコンクリート補強筋として注目されている。

著者らも新素材として組紐状AFRPロッドを採用したコンクリート部材について静的及び動的実験を行ない種々研究している^{4)~6)}。これらの研究結果は、AFRPロッドの特性(高強度、高弾性伸び率)が衝撃的な外力を受ける部材の補強材として有利であることを示している。また、これらの新素材はRC材としてよりはPC材とした方がよりその特性を発揮されるとの報告もある。しかし、緊張材として長繊維を用いたPC部材に対する衝撃実験はこれまで例がない。

本論文では、この点に注目し組紐状AFRPロッドをPC緊張材として用いた梁を対象に、これが落錘衝撃力を受けるときの衝撃挙動に及ぼすプレストレスの影響を検討した。衝撃挙動に及ぼすプレストレスの影響としてはプレストレス量、緊張材位置、PC材の材質などが考えられるが、ここでは特に給プレストレス量(断面中心でのプレストレス応力)を一定とし、緊張材位置を変化させた実験を行い緊張材位置の影響に限定して検討した。

2. 実験概要

実験に用いた試験体は、プレテンション方式で作製し、緊張材には組紐状のAFRPロッドFA11、FA13(公称径10.4mm, 12.7mm、断面積85mm², 127mm²)を用いた。組紐状AFRPロッドFA11、FA13は保証引張耐力がそれぞれ、8.0tf、12.0tfで弾性係数は0.7×10⁶kgf/cm²である。緊張材位置は3種類とし、(a)断面中央に1本(PC-A)、(b)断面下側核点位置に1本(PC-B)、(c)断面上下の核点位置に2本(PC-C)とした。また、プレストレス量はいずれも断面中央位置で50kgf/cm²とした。試験体の一覧を表-1に示す。コンクリートは25日圧縮強度が465kgf/cm²で弾性係数は2.9×10⁵kgf/cm²である。なお実験はコンクリート打設後25日目に行った。

図-1に供試体の形状寸法、配筋及びゲージ位置を示す。なお、張出し部の長さは、衝撃による張出し部の慣性力の影響を少なくし、かつ緊張材の定着長を確保するため17.5cmとした。また、各供試体にはスターラップ(丸鋼、径4mm)をピッチ75mmで配

表-1 試験体一覧

梁種別	緊張材位置	載荷速度(m/sec)
PC-A	断面中央	1, 2, 3, 4
PC-B	下側核点	1, 2, 3, 4, 5
PC-C	上下核点	1, 2, 3, 4, 5

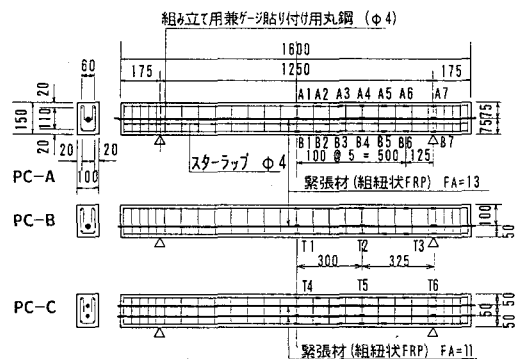


図-1 試験体

置し、衝撃による梁側面でのコンクリートの剝落を少なくするようにした。さらに、梁の上下各2cmの位置にひずみ測定用のひずみゲージを貼付するために径4mmの丸鋼を配置した。

衝撃荷重は円柱状の鋼製重錘(直径15cm、重量100kgf)を所定の高さにセットし、梁中央部に自由落下させて載荷した。支点は、供試体両端面から17.5cmの位置で梁の上下を支点反力測定用のロードセルを介し鋼製のピンを用いて単純支持した。載荷実験は1m/sec刻みで破壊するまで行い、重錘加速度、ひずみ、たわみ及び支点反力を測定し、各載荷速度毎にひび割れ状況も観察したが、ここでは主としてひずみとひび割れ状況に注目して検討する。なお、梁破壊時における重錘の載荷速度はPC-Aは4m/sec、PC-B,Cは5m/secであった。

3. 実験結果

載荷速度3m/secのときの鉄筋のひずみ波形を、梁中央付近のA1、A2、A3、B1、B2、B3のみについて図-2に示す。上端筋(A1~A3)の波形はいずれも衝撃初期約20msecに大きな圧縮の値を示し、その大きさは $C < B = A$ である。その後周期約9msecの減衰自由振動を示している。衝撃初期から自由振動に移行するときかなり大きな引張ひずみを生じており、特にPC-Bの梁では初期の最大圧縮ひずみより絶対値の大きな引張ひずみを示している。これは梁下縁のプレストレス量に差があるためで、重錘落下後の梁の跳ね返りがPC-Bで最も大きいことを示しており、緊張材位置が下方にあるBの梁の下縁プレストレス量が最も大きいことに対応するものと考えられる。除荷後の残留ひずみは僅かではあるが生じており、Aでは圧縮、Bでは引張、CではA1で引張、A2、A3で圧縮のひずみとなっている。

一方下端筋(B1~B3)のひずみ波形は、衝撃初期に大きな引張ひずみを示し、その大きさは $B = C > A$ である。その後はやはり減衰振動を示し減少しているが、上端筋のような反転現象は顕著ではない。また、除荷後の残留ひずみは、いずれの梁もB1では引張、B2、B3では圧縮のひずみが生じている。

同様載荷速度3m/secにおける、ひずみのスパン方向分布を代表的な時刻で示したのが図-3、4である。時間は立ち上がり時

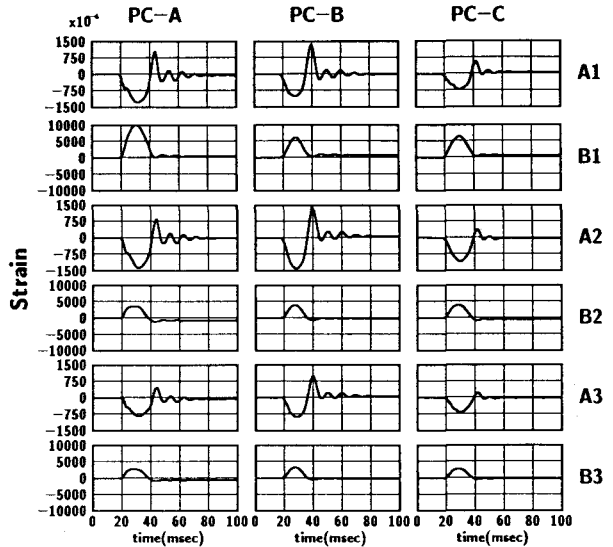


図-2 ひずみ波形(V=3m/sec)

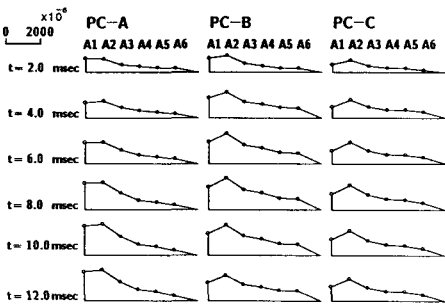


図-3 上端筋ひずみのスパン方向分布

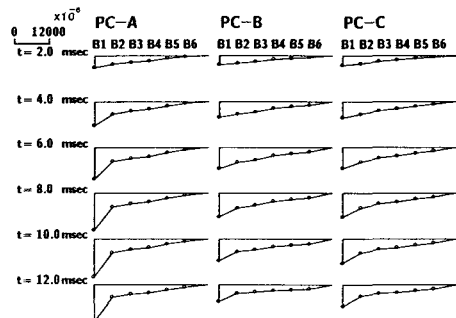


図-4 下端筋ひずみのスパン方向分布

間を零として表している。図-3は、上端筋のひずみ分布を示したが、いずれの梁も最大ひずみ発生時刻付近では中央点で最大値を示さず、A2点で最大ひずみを示しており、特にBの梁で著しい。また、下端筋のひずみ分布は図-4のようであるが、下端筋では時間の経過とともに中央点のひずみが増大し、応力が中央部に集中している様子がわかる。その傾向は特にAの梁で著しい。ひずみの絶対値は下端筋ひずみがかなり大きく平均的に上端筋の5~6倍となっている。

各ひずみの最大値と載荷速度との関係を図-5~7に示した。上端筋については、圧縮と引張の最大値

を別々に整理した。下端筋ひずみでは(図-5)破壊状態に近い載荷速度4m/sec以上を除けば、PC-A、PC-Cの梁のひずみはほぼ載荷速度に比例しているのに対し、PC-Bの梁では放物線のような曲線関係を示しており、緊張材位置の影響が現れている。

上端筋の圧縮ひずみでは(図-6)いずれもきれいな直線性を示さないが、A、Cの梁は比較的似た挙動を示し、Bの梁はA1のひずみが速度によらずあまり大きくなく、A2、A3のひずみは速度と比例関係にあるようである。

また、上端筋の引張ひずみ(図-7)でも、A、Cの梁は似た挙動を示しているが、Bの梁ではやはりA1のひずみがかなり大きく、緊張材位置の影響が現れていると思われる。

各載荷速度毎に観察されたひび割れの状況を図-8に示す。PC-Aの梁は、1m/secではひび割れは発生せず、2m/secで下側に引張ひび割れが生じ、その後本数は変化せず4m/secで圧縮側の圧壊により破壊にいたっている。PC-Bは、1m/secから下側はもとより上側にも引張ひび割れが発生している。これはひずみ波形でみられた跳ね返りによるひび割れとみられる。その後速度の増加とともにひび割れ長さ、本数とも増加し、せん

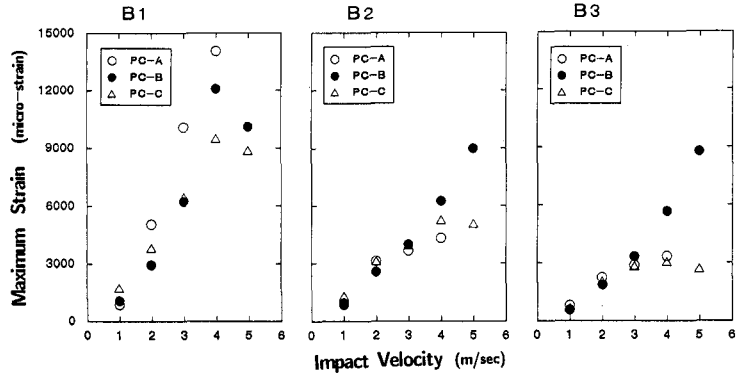


図-5 下端筋ひずみの最大値と載荷速度との関係

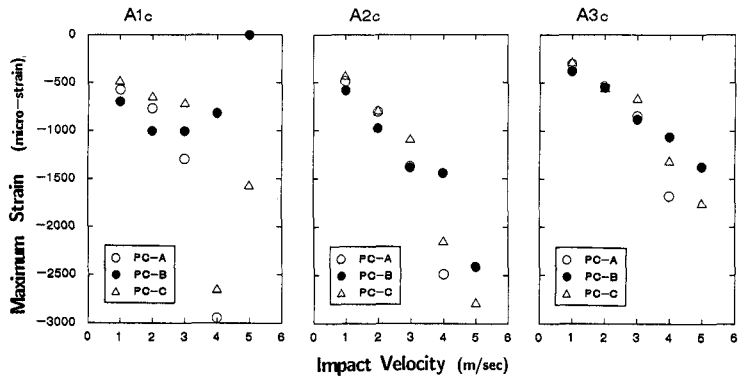


図-6 上端筋の圧縮ひずみの最大値と載荷速度との関係

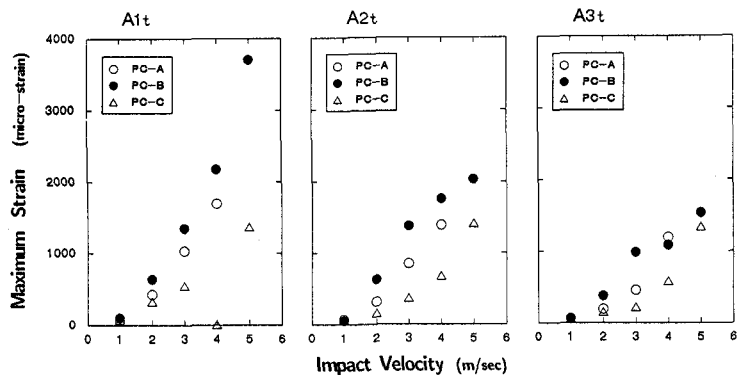


図-7 上端筋の引張ひずみの最大値と載荷速度との関係

断ひび割れや、緊張材に沿うひび割れが発生し緊張材にそったひび割れ幅の増大と上側の圧壊によって5m/secで破壊している。PC-Cのひび割れ発生状況は1m/secですでに下側にひび

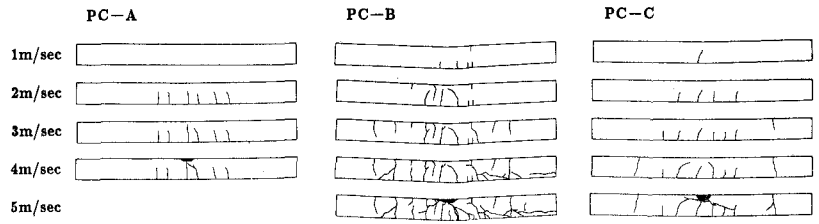


図-8 ひび割れ発生状況

割れが発生するもののPC-Aと比較的似ている。即ち、3m/sec位までは下側に数本のひび割れが発生するのみで本数も多くはない。PC-Aと異なる点は3~4m/secで支点付近の上側にもひび割れが発生し5m/secでは中央部にせん断ひび割れがみられるとともに圧縮部が大きく圧壊することにより破壊状態となっている。図に示すようにいずれの梁も最終的には圧縮部の圧壊で破壊していると思われるが、最終載荷速度や破壊状態から、衝撃耐力の大きさは $A < B < C$ であると推測される。

4. まとめ

組紐状AFRPロッドを緊張材として用いたPC梁の耐衝撃挙動に及ぼす緊張材位置の影響を検討するため、緊張材位置の異なる3種の供試体を作成し、重錘落下衝撃実験を行った。紙面の都合で全ての実験結果を示すことは出来なかったが、実験で得られた結果から、次のことが明らかとなった。

- 1) 破壊に至った載荷速度はPC-Aが4m/sec、PC-B、PC-Cが5m/secであり、断面中央に配置する事は、衝撃的外力に対しても得策ではない。
- 2) 下端筋ひずみは、中央点ではA梁が大きい、その他の点では低速度ではほぼ同じであり、速度が大きくなるとB梁が大きい。
- 3) 上端筋ひずみは、主衝撃時には大きな圧縮ひずみを生じるが、その後はかなり大きな引張ひずみを生じている。
- 4) 上端筋の引張ひずみは、特にB梁で大きくその絶対値は中央点で圧縮ひずみより大きい。
- 5) ひび割れ発生状況を比較すると、A、C梁は主として下側の引張ひび割れが顕著であるが、CはAに比べひび割れが分散している。B梁は、A、Cとは異なり低速度の衝撃から上側に引張ひび割れが生じており、速度の増加とともに多数のひび割れが発生している。
- 6) この実験からは、プレストレス応力の効果とPC緊張材が補強筋として衝撃力に抵抗する二つの効果を合わせ期待できることから、上下に緊張材を配置した梁が総合的に判断して良い特性を示している。

参考文献

- 1) 古川 茂, 辻 幸和, 大谷杉郎, 小島 昭; CFRPロッドで補強したコンクリートはりの曲げおよびせん断性状, 第11回コンクリート工学年次論文報告集, 849-854, 1989.
- 2) 秋山 暉, 天野玲子, 奥村一正; 板状のFRPロッドを用いたコンクリートはりの曲げ性状, 第12回コンクリート工学年次論文報告集, 1099-1104, 1990.
- 3) 木村耕三, 小島克郎, 岡野素之; 炭素繊維およびアラミド繊維を補強筋としたはり部材のせん断実験, 第12回コンクリート工学年次論文報告集, 1135-1140, 1990.
- 4) 三上 浩, 加藤正利, 竹内 光, 田村富雄; 組紐状FRPロッドによるスパイラル筋を用いたRC梁の曲げ・せん断性状, 第11回コンクリート工学年次論文報告集, 813-818, 1989.
- 5) 三上 浩, 林 寿夫, 加藤正利, 田村富雄; アラミド繊維による組紐状棒材を用いたPC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, 665-670, 1988.
- 6) 三上 浩, 加藤正利, 田村富雄, 石橋一彦; 組紐状AFRPロッドで補強したコンクリート梁の疲労性状, 第12回コンクリート工学年次論文報告集, 1153-1158, 1990.