

各種 PC 緊張材を用いた PC 梁の衝撃挙動に及ぼす載荷方法の影響

室蘭工業大学 学生員 高澤 昌憲
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
 三井建設（株） 正 員 三上 浩
 室蘭工業大学 正 員 松岡 健一

1. はじめに

近年、各種の連続繊維補強材（FRP ロッド）をコンクリートの補強材、あるいは緊張材として用いる研究が盛んに行われており、一部においては実構造物にも適用されている。著者等はこれまで FRP ロッドを用いた RC、PC 梁の耐衝撃性に関する実験的研究を行ってきた。これまでの研究ではこれらの構造部材に関する耐衝撃性状に関し、繰り返し載荷法によって、異形鉄筋で補強する場合や鋼より線を緊張材として用いた場合と相対比較する形で検討を行ってきた。しかしながら、通常、部材の衝撃耐力は単一載荷に対して評価されるべきものである。本研究ではこのような観点より、アラミド繊維製 AFRP ロッドと鋼より線を緊張材として用いた PC 梁に関して、繰り返し載荷と単一載荷による衝撃荷重載荷実験を行い、衝撃挙動に及ぼす載荷方法の影響について検討を行った。ここでは特に支点反力波形および最大支点反力に着目して検討を行っている。

2. 実験概要

試験体の一覧を表-1 に、試験体の形状寸法、緊張材の配置位置を図-1 に示す。試験体はいずれもプレテンション方式で製作し、プレストレス量が断面中央位置で 50 kgf/cm^2

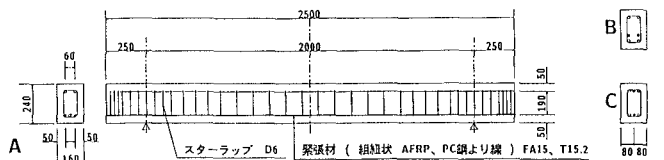


図-1 試験体寸法及び測定位置 (mm)

となるようにして緊張材配置位置を (a) 断面下縁近傍に 2 本 (A タイプ)、(b) 断面下側核点位置に 2 本 (B タイプ)、(c) 断面上下縁近傍に 2 本 (C タイプ) の 3 ケースを設定した。PC 緊張材として用いた材料は、組紐状 AFRP ロッド FA15 (F 梁) および 7 本の PC 鋼より線 T15.2B (P 梁) である。コンクリートは 28 日圧縮強度が 770 kgf/cm^2 、ヤング係数が $3.72 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ である。実験はコンクリート打設後 110～116 日に行った。実験時の材令における圧縮強度は 806 kgf/cm^2 であった。実験は本学に設置されている落下衝撃万能試験機を用いて行った。衝撃荷重は直径 15 mm、重量 200 kgf の鋼製重錘を所定の高さにセットした後、梁中央部に自由落下させて載荷した。実験は載荷速度を 1 m/sec 刻みで破壊に至るまで増加させる繰り返し載荷 (-R) 及び、載荷速度を 5 m/sec とした単一載荷 (-S) の 2 種類について行っている。測定には、重錘に容量 1000 G の歪ゲージ型加速度変換器を 2 個、支点部にロードセルを設置し測定を行った。梁の支持形式は、試験体両端面から 25 cm で跳ね上がりを防止するために、梁の上下を鋼製の治具を用いて固定している。

3. 実験結果

3.1 支点反力波形

図-2、3 に各試験体に関する上方向反力の応答波形について示している。なお、これらの結果は左右の支点到に設置されているロードセル反力の合力として整理されている。いずれも 3～4 波の減衰波形となっている。これらの反力波形において第一波形は衝撃荷重載荷時の応答反力であり、第二波形以降は梁の自由振動状態における梁の慣性力によって発生する反力波形である。ここでは荷重除荷後の反力波形より梁の固有振動周期を概算して、梁の曲げ剛性の劣化程度を相対的に比較を行う。表-2 に反力波形より概算した梁の固有振動周期の一覧を示す。表より単一載荷 (-S)

表-1 試験体の一覧

試験体名	緊張材の種類	緊張材の配置位置	載荷速度 (m/sec)
P-A-R	PC 鋼より線	A	1～6
P-B-R		B	1～5
P-C-R		C	1～5
F-A-R	AFRP ロッド	A	1～5
F-B-R		B	1～5
F-C-R		C	1～5
P-A-S	PC 鋼より線	A	5
P-B-S		B	5
P-C-S		C	5
F-A-S	AFRP ロッド	A	5
F-B-S		B	5
F-C-S		C	5

の場合には P、F 梁とも A タイプが B、C タイプよりも、また F 梁が P 梁よりも固有振動周期が延びている。これより A タイプの場合は、B、C タイプの場合よりも多くのひびわれが発生し、剛性が低下しているものと考えられる。この剛性低下は、A タイプの下縁の導入プレストレス量が 3 タイプ中最も大きいことより、緊張材の剛性効果の他にリバウンドによる上縁のひびわれによる効果が大きいものと判断される。また、F 梁が P 梁よりも長い固有周期になっているのは、F 梁の緊張材である AFRP ロッドの弾性伸び領域が広いことによる梁の変形の程度も大きく、従ってひびわれの進展程度および剛性低下がより大きくなったものと考えられる。B、C タイプに関しては、P、F 梁とも同じ固有振動周期となっており、緊張材の材質によらずほぼ同程度の剛性低下になっているものと考えられる。繰り返し載荷 (-R) について検討すると、P 梁の A タイプの場合は、単一載荷 (-S) と同一の固有周期になっているが、B、C タイプは (-S) に比較して 4 msec 程度固有周期が延びている。これに対して、F 梁の場合は A、B タイプで 1～2 msec 程度の延びにとどまっている。これは静的載荷時と同様、P 梁の場合は繰り返し載荷によって鋼より線とコンクリートとの間に付着切れが生じ、剛性が低下したものと考えられる。それに対し、F 梁の場合は AFRP ロッドの付着性能が優れていることや弾性伸び領域が広いことにより、繰り返し載荷に対しても著しい変化が示されなかったものと考えられる。また、P、F 梁とも A タイプの繰り返し載荷による固有周期の延びが小さい。これは前述しているように、載荷方法によらず大きな剛性低下に至るほど梁上部のひびわれが進展していないことを示しているものと考えられる。

3.2 最大支点反力

図-4 に最大支点反力値を緊張材配置に関する梁のタイプを横軸にとって整理している。各梁の支点反力の大きさについて検討すると、P 梁の場合には単一載荷において $A > B > C$ で、導入プレストレスを考慮した曲げ剛性の大きさに対応している。繰り返し載荷の場合には、A タイプは単一載荷と同程度となっているが、B、C タイプは 1.5～2 tf 程度単一載荷に比べ低下している。これは前項の固有振動周期から評価した梁の劣化状況に対応している。一方、F 梁に関しては、各タイプとも載荷方法によって最大支点反力の大きさに著しい差が認められず、前項同様載荷方法が最大支点反力に与える影響が小さいことがわかる。

以上より、梁の固有振動周期の推移より梁の曲げ剛性に関する劣化性状や、最大支点反力によって評価した耐荷性状より、P 梁の B、C タイプの場合には載荷方法の影響が大きい、P 梁の A タイプおよび F 梁の全てのタイプでは載荷方法による著しい差は示されないことが明らかになった。

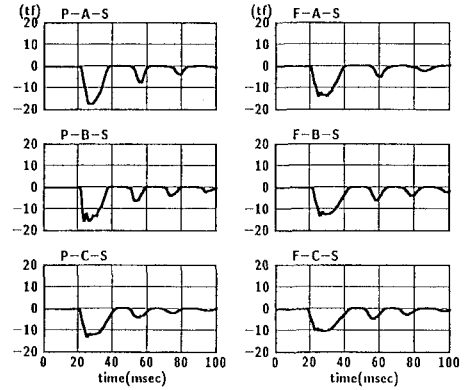


図-2 単一載荷時の支点反力波形

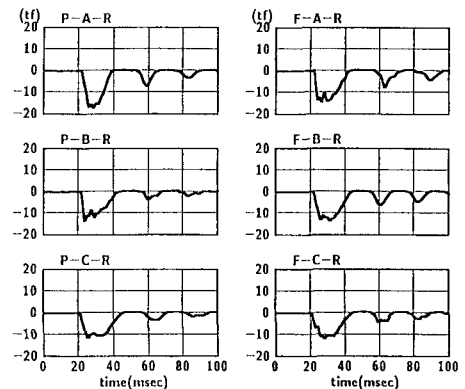


図-3 繰り返し載荷時の支点反力波形

表-2 固有振動周期の一覧

試験体名	固有振動周期(msec)	試験体名	固有振動周期(msec)
P-A-S	23	P-A-R	23
P-B-S	20	P-B-R	23
P-C-S	20	P-C-R	24
F-A-S	25	F-A-R	26
F-B-S	20	F-B-R	22
F-C-S	20	F-C-R	20

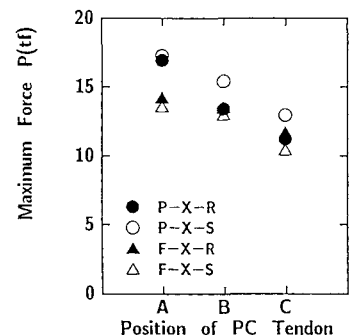


図-4 最大支点反力値