

各種大型 PRC 桁の耐衝撃挙動に関する重錘落下衝撃実験

室蘭工業大学 学生員 武井 信雄 室蘭工業大学 正員 岸 徳光
 北海道開発土木研究所 正員 今野 久志 ドーピー建設工業(株) 正員 竹本 伸一

1. はじめに

本研究では、PRC (PC 部材にひび割れ制御用の異形鉄筋を配筋した部材) 桁の耐衝撃性向上効果に関する基礎資料を得ることを目的として、静的せん断余裕度を現行設計による場合と同程度に確保しつつ、PC 鋼材の有効緊張率、せん断補強筋量を変化させた場合の衝撃挙動への影響に着目し、3 種類の大型 PRC 桁模型を用いた繰り返し载荷による重錘落下衝撃実験を行った。

2. 実験概要

表 - 1には試験体一覧を、図 - 1には TypeA の試験体形状寸法および配筋図を示している。試験

試験体名	有効緊張力 (kN/本)	緊張率 (%)	せん断補強筋比	静的曲げ耐力 (MN)	静的せん断耐力 (MN)	静的せん断余裕度	落下高さ (m)
TypeA	133.3	100	0.0032	1.62	1.99	1.23	1.0 ~ 12.5
TypeB	133.3	100	0.0062	1.62	2.45	1.51	1.0 ~ 15.0
TypeC	67.2	50	0.0062	1.62	1.99	1.23	1.0 ~ 15.0

体はいずれも全長 7 m、桁高 90 cm、フランジ幅 120 cm、ウェブ幅 40 cm のプレテンション方式で製作された単純 T 型断面の PRC 桁である。ひび割れ制御用の鉄筋には、いずれの試験体も SD345-D16 を使用している。また、せん断補強筋に関しては、TypeA の場合には全ての区間において SD295A-D13

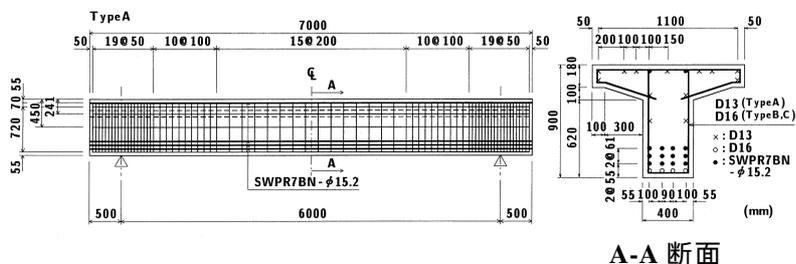


図 - 1 試験体の形状寸法および配筋図 (TypeA)

を使用し、図のように配置している。TypeB、TypeC の場合には、スパン中央部 3 m の区間に D16 を 150 mm 間隔に、また周辺部は TypeA と同様に配筋している。PC 鋼材の緊張率は TypeA、TypeB の場合には 100 % (現行の有効緊張力を導入)、TypeC の場合には現行の 50 %としている。各試験体の静的せん断余裕度 (静的せん断耐力 / 静的曲げ耐力) は、表に示すように TypeB の場合で最も大きく、TypeA と C

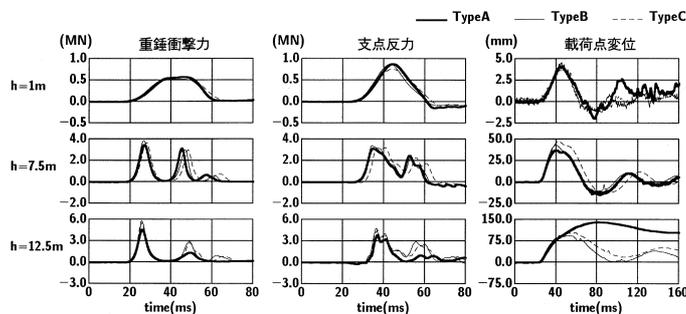


図 - 2 重錘衝撃力、支点反力、載荷点変位波形図

は等しい。実験は、重錘 (質量 3,000 kg、直径 1 m) を所定の高さから桁のスパン中央部に自由落下させることにより行った。载荷方法は、最初の落下高さを 1 m とし、その後、落下高さを 2.5 m から 2.5 m 刻みで桁が破壊に至るまで増加させる繰り返し载荷とした。桁の破壊基準は、当初、残留変位量が純スパン (6 m) の 100 分の 1 (6 cm) に達した時点と定義したが、目視により断面の損傷が著しく実験の継続が危険と判断された場合にはその時点で実験を終了することとした。なお、载荷点部の桁上には重錘の転倒防止、桁の局部破壊防止を目的として 20 cm 厚の敷砂を設置した。また、支点は試験体の跳ね上がりを防止し、かつ回転を拘束しないように、鋼製の治具を用いてピン支持に近い構造としている。

3. 実験結果および考察

3. 1. 重錘衝撃力、支点反力および変位波形

図 - 2には、重錘衝撃力、支点反力および載荷点変位の応答波形を示している。重錘衝撃力に関しては、

キーワード：PRC 桁、耐衝撃挙動、緊張率、せん断余裕度、せん断補強筋量

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 Tel 0143-46-5226 FAX 0143-46-5227

落下高さ $h = 1 \text{ m}$ の場合には、いずれの桁も台形状分布を示している。これは、衝突速度が小さいことより、重錘がコンクリートに直接衝突することにより発生する高周波成分が敷砂により吸収されるためと推察される。その継続時間は、約 40 ms であり、支点反力および変位波形のそれと良く対応している。しかしながら、 $h = 7.5 \text{ m}$ 以上の場合には、重錘衝撃力はいずれの試験体も二つの正弦半波が連なった分布性状を示している。なお二波目の波形は、桁の振動と重錘の相互作用によって発生するものと推察される。 $h = 12.5 \text{ m}$ における二波目の振幅は、せん断補強筋量の少ない TypeA の場合が小さく示されており、最も早く塑性化が進行していることが分かる。一方、支点反力はいずれの試験体においても落下高さの増加に伴い、一波の正弦半波状分布から二波からなる分布性状に推移していることが分かる。しかしながら、 $h = 12.5 \text{ m}$ では TypeA の二波目の振幅が他に比べて小さく、継続時間は長い。これは変位波形の分布性状からも明らかのように、TypeA 桁の劣化の進行が著しく、重錘と桁の振動に伴う相互作用が小さくなったためと推察される。変位波形はいずれも荷重載荷時に正弦半波状の分布を形成していることが分かる。また、いずれの試験体も落下高さの増加に伴い、振幅は増大し周期も長くなっている。 $h = 12.5 \text{ m}$ の場合には、TypeA の変位波動は大きく正方向にドリフトした状態でわずかに振動しており、試験体が破壊に至っていることが伺える。

3. 2. 支点反力 - 載荷点変位関係

図 - 3には、支点反力と載荷点変位に関する履歴曲線を示している。ここでは、紙面の都合により $h = 12.5 \text{ m}$ の場合についてのみ示している。図より、TypeA の場合には他試験体に比べ、ループで囲まれる面積（吸収エネルギー）が大きく、その分布性状は三角形分布となっており、せん断破壊特有の性状を示している。緊張率のみが異なる TypeA と TypeC を比較すると、最大応答変位値に至るまでは両試験体とも大略類似の分布性状を示している。その後、TypeA は変位が残留する傾向を示すものの、TypeC は変位がほぼ零レベルまで復元している。これは、静的せん断耐力が等しい場合には、緊張率を 50% とした場合が耐衝撃性に優れていることを示唆している。また、TypeB の場合には、TypeC と類似の分布性状を示しているものの、TypeC に比べて早い段階から復元作用が働いており、より耐衝撃性に優れていることが分かる。これは、TypeB の静的せん断耐力が TypeC より大きいことに起因しているものと推察される。

3. 3. ひび割れ状況

図 - 4には、実験終了後のひび割れ状況を示している。図中の () 内に示している P は緊張率を、 a は静的せん断余裕度を表している。なお、各試験体の最終落下高さは異なっている。図より、いずれの試験体も隣り合うひび割れが連結して載荷点を頂点とするせん断型の破壊性状を呈していることが分かる。TypeA と TypeC を比較すると、両試験体ともウェブ部のコンクリートが剥落するような著しい破壊に至っているものの、TypeC の最終落下高さが TypeA に比べて大きいことより、静的せん断耐力が等しい場合には緊張率を 50% とした場合が耐衝撃性に優れていることが分かる。また、TypeB と TypeC を比較すると、静的せん断耐力の大きい TypeB の損傷の程度が小さい。

4. まとめ

本実験結果より、1) 静的せん断余裕度が 1.2 以上であることを前提として、静的せん断耐力が等しい場合には、緊張率を 50% とした場合の方が耐衝撃性に優れている。2) せん断補強筋比が同様で、緊張率のみを変化させた場合には、静的せん断耐力が大きい方が、耐衝撃性に優れていること、等が明らかになった。

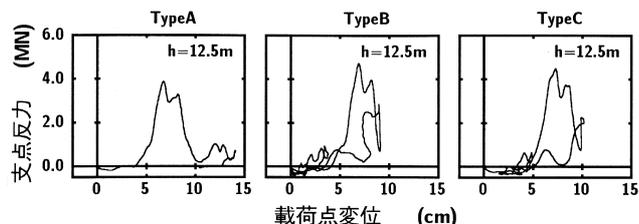


図 - 3 支点反力 - 載荷点変位履歴曲線

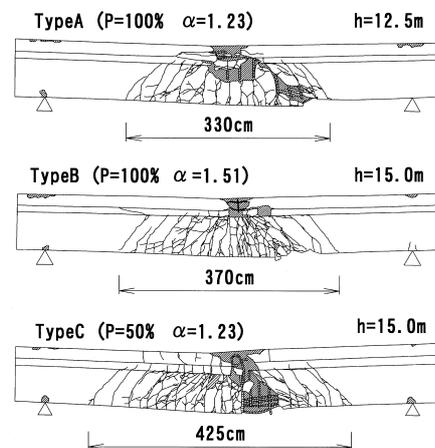


図 - 4 ひび割れ状況図