

せん断破壊型 RC 梁の耐衝撃性を与える断面形状の影響

西松建設（株） 正 員 ○小坂 剛  
三井住友建設（株）フェロー 三上 浩

室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光  
防衛庁第4研究所 正 員 安藤 智啓

1. はじめに

本研究では、せん断破壊型 RC 梁に関する断面寸法の影響を検討するため、静的せん断耐力、静的曲げ耐力およびせん断余裕度が設計的にほぼ同等である2種類の断面を有する RC 梁に関する重錘落下衝撃実験を実施した。

2. 実験概要

図-1には、本実験に用いた RC 梁の形状寸法を示している。RC 梁の断面寸法（梁幅×梁高）は、220×300 mm（A 梁）と 250×250 mm（B 梁）の2種類である。軸方向鉄筋には、A 梁の場合には D29 の鉄筋を上下端に2本ずつ、B 梁の場合には D25 の鉄筋を上下端に3本ずつ配置している。純スパン長はいずれの梁も 2.0 m としている。表-1には、各試験体の静的設計値および実験時の重錘の衝突速度を一覧にして示している。

実験は、RC 梁をリバウンド防止用治具付の支点上に設置し、質量 300 kg の重錘を所定の高さからスパン中央部に一度だけ自由落下させる単一载荷により行っている。なお、支点治具全体はピン支持に近い構造となっている。測定項目は、重錘衝撃力  $P$ 、合支点反力  $R$ （以後、支点反力）および载荷点変位  $\delta$ （以後、変位）の各応答波形であり、実験終了後には梁側面に生じたひび割れを記録している。

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、各 RC 梁の重錘衝撃力  $P$ 、支点反力  $R$  および変位  $\delta$  に関する各応答波形を衝突速度  $V$  毎に示している。ここでは、紙面の都合上3ケースについて示している。まず、重錘衝撃力波形  $P$  について見ると、両梁の分布性状は衝突速度  $V$  にかかわらず同様の性状を示していることが分かる。すなわち、いずれの場合も衝撃初期に継続時間が短い正弦半波（第1波目）と後続の継続時間が比較的長い正弦半波（第2波目）から構成される波形性状を示している。支点反力波形  $R$  について見ると、最大値には差異が見られるものの、最大値以降の波動の減少勾配や継続時間には大きな差異が見られないことが分かる。全体的には、継続時間が 8 ms 程度の三角形の波

形と周期が数 ms 程度の波形が合成された分布性状を示しており、両者で類似している。最大応答値が異なるのは、後述のように曲げ剛性が大きく関与しているものと推察される。変位波形  $\delta$  について見ると、衝突速度  $V=6$  m/s の場合を除くと、両梁の振動は最大応答値まではほぼ類似の分布となっていることが分かる。しかしながら、最大応答値以降の減衰自由振動状態における分布性状には、両者で若干差異が見られる。すなわち、A 梁の波動が B 梁のそれより短い周期で振動している。これは、両梁間の曲げ剛性の違いと劣化損傷の程度の差に起因しているものと考えられる。

3.2 各種応答値の比較

図-3には、A, B 梁の最大支点反力  $R_{ud}$ 、最大変位  $\delta_{max}$

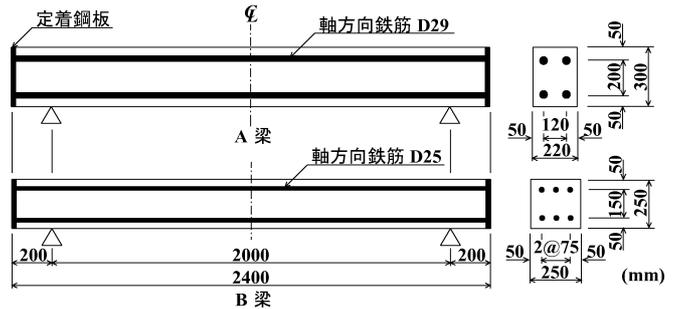


図-1 試験体概要図

表-1 試験体の一覧

試験体	計算静的 せん断耐力 $V_{usc}$ (kN)	実測静的 せん断耐力 $P_{us}$ (kN)	計算静的 曲げ耐力 $P_{usc}$ (kN)	実せん断 余裕度 $\alpha' (P_{us} / P_{usc})$	衝突速度 $V$ (m/s)	曲げ 剛性 (MN)
A 梁	149.0	175.4	221.2	0.793	4, 5, 5.5,	14.8
B 梁	157.0	158.0	198.2	0.797	5.75, 6	9.7

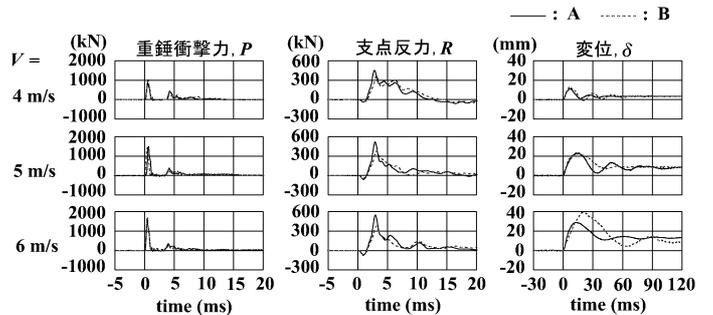


図-2 各種応答波形

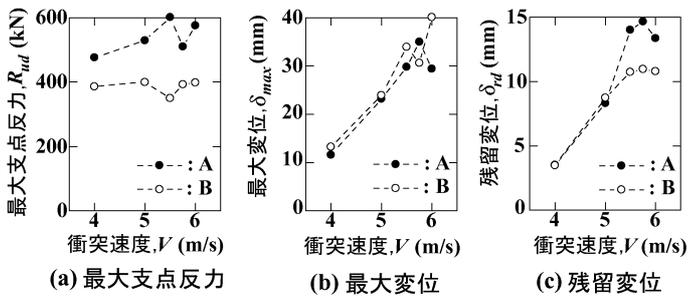


図-3 各種応答値

および残留変位  $\delta_{rd}$  を衝突速度  $V$  毎に示している。

(a) 図より、最大支点反力  $R_{ud}$  について見ると、 $R_{ud}$  は衝突速度  $V$  の大きさにかかわらず両梁で差異のあることが分かる。すなわち A 梁の  $R_{ud}$  が B 梁のそれより大きく示されている。その程度を本実験の範囲内における絶対最大支点反力値と比較すると、A 梁が B 梁の 1.5 倍程度となっている。一方、実測静的せん断耐力や、鉄筋の剛性を無視した弾性的なせん断剛性、および (b) 図の最大変位が両梁で大差見られないのに対して、弾性的な曲げ剛性は A 梁が B 梁の 1.5 倍程度大きい。また、図-2 からも明らかなように、三角形波と最大振幅が増加する位相状態で高周波成分波が合成されている。このことは、最大支点反力は低次振動状態に高次振動が介在した状態で発生していることを意味している。これより、両梁の最大支点反力の差は、重錘衝突初期の過渡応答にも大きく影響を受けているものと判断され、最大支点反力には梁の曲げ剛性が関与していることを伺わせる。

(b), (c) 図より、最大変位  $\delta_{max}$  について見ると、両梁の値は  $V = 6 \text{ m/s}$  の場合を除くと、衝突速度  $V$  の大きさにかかわらずほぼ同様であることが分かる。また、両梁とも  $\delta_{max}$  は衝突速度  $V$  の増加とともに線形的に増大している。一方、残留変位  $\delta_{rd}$  は、 $V = 5 \text{ m/s}$  までは両梁で良く対応した値となっていることが認められる。しかしながら、 $V \geq 5.5 \text{ m/s}$  では、A 梁の  $\delta_{rd}$  が B 梁のそれより大きい。これは、A 梁の場合には、斜めひび割れ発生後に、衝撃力に主に抵抗する主鉄筋量が少ないことによるものと考えられる。なお、A 梁の  $\delta_{rd}$  は衝突速度  $V = 5.5 \text{ m/s}$  までは  $V$  の増加とともに線形的に増大しているが、それ以上の衝突速度では顕著な増加は見られない。

### 3.3 ひび割れ分布

図-4 には、A, B 梁の衝撃実験終了後のひび割れ分布を衝突速度  $V$  毎に示している。図より、 $V = 4 \text{ m/s}$  では、A 梁の場合には荷点部から支点部に向けてアーチ状に進展する斜めひび割れや、荷点部から梁下縁に約  $45^\circ$

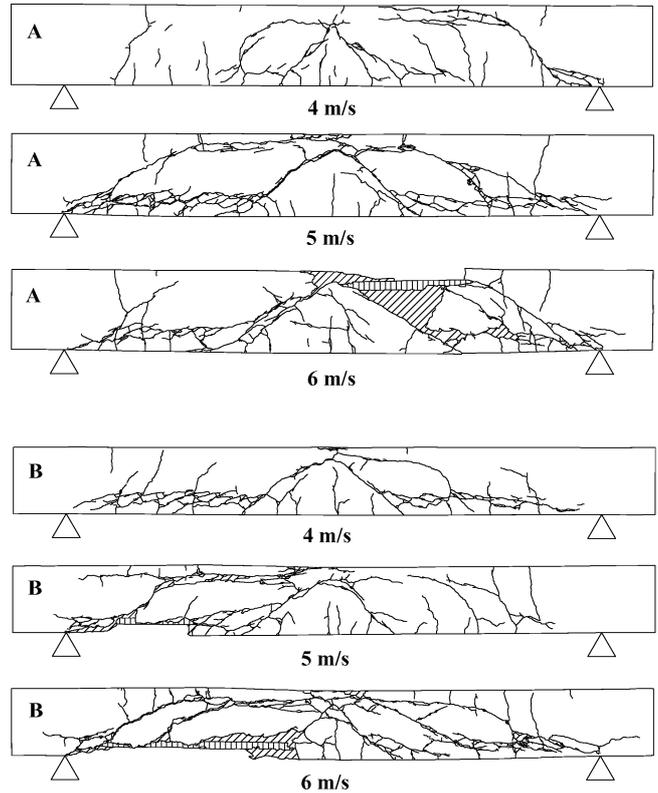


図-4 ひび割れ分布

の角度で進展するひび割れが発生していることが分かる。また、後者のひび割れは主鉄筋に達すると主鉄筋に沿う形で進展している。一方、B 梁の場合には、アーチ状の斜めひび割れは未だ明瞭に形成されていないものの、荷点部から梁下縁に向かう約  $45^\circ$  の角度で進展するひび割れや、主鉄筋に沿う形で進展する割裂ひび割れが形成されている。いずれの梁も、この衝突速度でせん断破壊型のひび割れ分布の性状を呈している。 $V = 5 \text{ m/s}$  では、両梁ともアーチ状の斜めひび割れ、約  $45^\circ$  の斜めひび割れや割裂ひび割れが明瞭に形成されており、梁がせん断破壊で終局に至っている様子が伺える。 $V = 6 \text{ m/s}$  では、両梁ともせん断ひび割れがさらに顕在化し、荷点部上縁のかぶりコンクリートや支点部近傍のかぶりコンクリートの剥落も見られる。

### 4. まとめ

本実験結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 各種応答波形は、断面寸法が異なる場合においても類似の分布性状を示す。しかしながら、最大支点反力は梁の曲げ剛性比と同程度の差異を示す。
- 2) 最大支点反力値を用いて衝撃耐力を評価するものと仮定すれば、本試験体の場合には断面寸法によって耐力が異なることとなる。
- 3) ひび割れ分布は、衝突速度が小さい段階から終局に至るまでほぼ同様の性状を示す。