

# せん断破壊型 RC 梁の衝撃耐力に関する断面形状の影響

飛鳥建設（株） 正員 ○安藤 宏 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 三井住友建設（株） フェロー 三上 浩

## 1. はじめに

本研究ではせん断破壊型 RC 梁における断面形状の衝撃耐力への影響を検討することを目的として、主鉄筋比および静的せん断耐力を設計的にほぼ同程度とした3種類の RC 梁に関する重錘落下衝撃実験を実施し、その影響について検討を試みた。

## 2. 実験概要

図-1には、本実験に用いた RC 梁の断面形状および配筋状況を示している。RC 梁の断面寸法（梁幅 × 梁高）は、200 × 310 mm (AT, AD 梁) と 230 × 260 mm (BT 梁) である。軸方向鉄筋には、AT, BT 梁の場合は上下端に D22 を3本ずつ、AD 梁の場合には上下端に D29 を2本ずつ配置している。純スパン長はいずれの梁も2mである。表-1には、各試験体の静的設計値および実験時の衝突速度を一覧にして示している。実験は RC 梁を跳ね上がり防止用具付の支点治具上に設置し、スパン中央部に質量300 kgの重錘を一度だけ自由落下させる単一载荷により行っている。支点治具全体は、RC 梁の回転のみを許容する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）の各種応答波形である。また、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 各種応答波形

図-2には、各 RC 梁の重錘衝撃力  $P$ 、支点反力  $R$  および変位  $\delta$  に関する各種応答波形を衝突速度  $V$  ごとに示している。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、各梁の波形性状は衝突速度  $V$  にかかわらず、良く一致していることが分かる。すなわち、衝撃初期に継続時間が1.5 ms程度の正弦半波（第1波）と後続の継続時間の比較的最長い正弦半波（第2波）から構成されている。次に、支点反力波形  $R$  について見ると、梁ごとに波動の立ち上がり勾配および最大応答値の差異は見られるものの、最大値到達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。すなわち、継続時間が10 ms程度の三角形波と継続時間が比較的長く振幅の小さい波形成分が重なった分布性状を示しており、いずれの梁においても、類似した波形性状を呈している。AT, AD 梁と BT 梁で初期勾配および最大応答値に差異が生じている。これは、後述のように曲げ剛性の影響によるものと考えられる。変位波形  $\delta$  は梁の载荷速度にかかわらず、各梁とも正弦波状の分布を示している。また、衝突速度  $V$  の増加とともに最大変位および継続時間が増大し、塑性化が進行していることが分かる。詳細に見ると、 $V = 4 \text{ m/s}$  では、各梁ともにほぼ同様の波形性状を呈している。 $V \geq 4.5 \text{ m/s}$  では梁によって振幅に変化が見られる。これは、梁の損傷度に差異が現れたことによるものと考えられる。

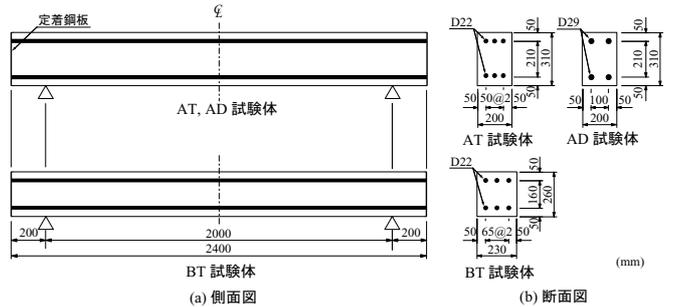


図-1 RC 梁の断面形状および配筋状況

表-1 試験体の一覧

試験体	主鉄筋比 $P_t$	計算静的せん断耐力 $V_{usc}$ (kN)	計算静的曲げ耐力 $P_{usc}$ (kN)	せん断余裕度 $\alpha (V_{usc} / P_{usc})$	衝突速度 $V$ (m/s)
AT 梁	0.022	123.6	206.0	0.60	4, 4.25, 4.5, 4.75
AD 梁	0.024	124.2	226.7	0.55	4, 4.5, 4.75, 5
BT 梁	0.025	127.9	162.8	0.79	4, 4.25, 4.5, 4.75

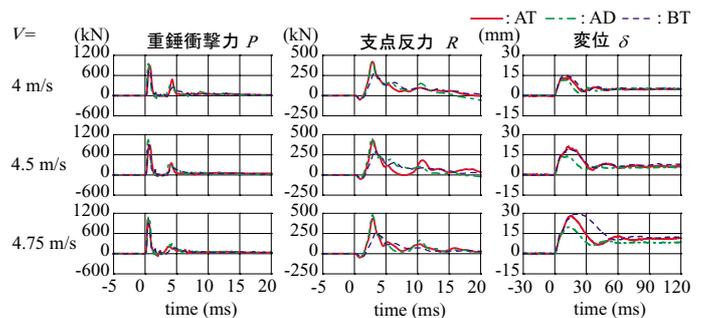


図-2 各種応答波形

キーワード：せん断破壊，耐衝撃性，断面形状，曲げ剛性，アスペクト比

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 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227

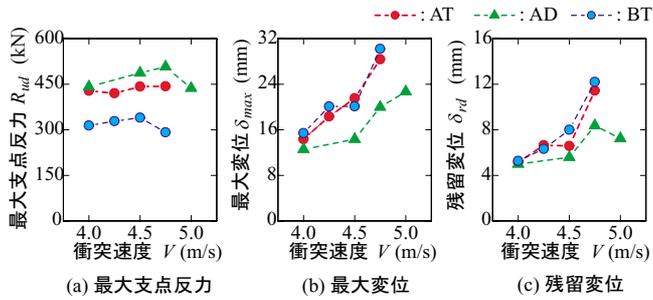


図-3 各種応答値

### 3.2 各種応答値の比較

図-3には、各梁の衝突速度  $V$  に対する最大支点反力  $R_{ud}$ 、最大変位  $\delta_{max}$  および残留変位  $\delta_{rd}$  の分布図を示している。

(a) 図より、AT, AD 梁について着目すると、最大支点反力  $R_{ud}$  は衝突速度  $V$  の大きさにかかわらずほぼ同様の値であることより、軸方向鉄筋の違いが最大支点反力に与える影響は小さいことがうかがえる。しかしながら、BT 梁では AT 梁に比べて小さい。両者で本実験の範囲内における絶対最大支点反力値で比較すると、AT 梁が BT 梁の 1.5 倍程度となっている。また、AT, BT 梁の実測静的せん断耐力や、鉄筋の剛性を無視したコンクリートの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ないのに対して、AT, AD 梁の弾性的な曲げ剛性は BT 梁の 1.5 倍程度大きい。これより、AT, AD 梁と BT 梁間の最大支点反力の差は曲げ剛性の大小に起因しているものと推察される。(b), (c) 図より、最大変位  $\delta_{max}$ 、残留変位  $\delta_{rd}$  について見ると、 $V = 4$  m/s では各梁でほぼ同様の値を示している。 $V \geq 4.5$  m/s になると AD 梁が AT, BT 梁に比べて小さい値を示していることがわかる。これは、斜めひび割れ発生後に衝撃力に抵抗する主鉄筋量が AD 梁が AT, BT 梁に比べて多いためと考えられる。

### 3.3 ひび割れ分布性状

図-4には、各梁の衝撃実験終了後のひび割れ分布性状を示している。ここでは、衝突速度  $V = 4, 4.5, 4.75$  m/s について示している。(a) 図より、 $V = 4$  m/s では、各梁とも荷重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、荷重点部から梁下縁に約  $45^\circ$  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。各梁ともこの時点でせん断破壊型のひび割れ分布性状を呈している。(b) 図から  $V = 4.5$  m/s になると、アーチ状のひび割れや約  $45^\circ$  の斜めひび割れおよび割裂ひび割れが明瞭に形成され、荷重点部のコンクリートの剥落もあり、この時点で梁がせん断破壊で終局に至っ

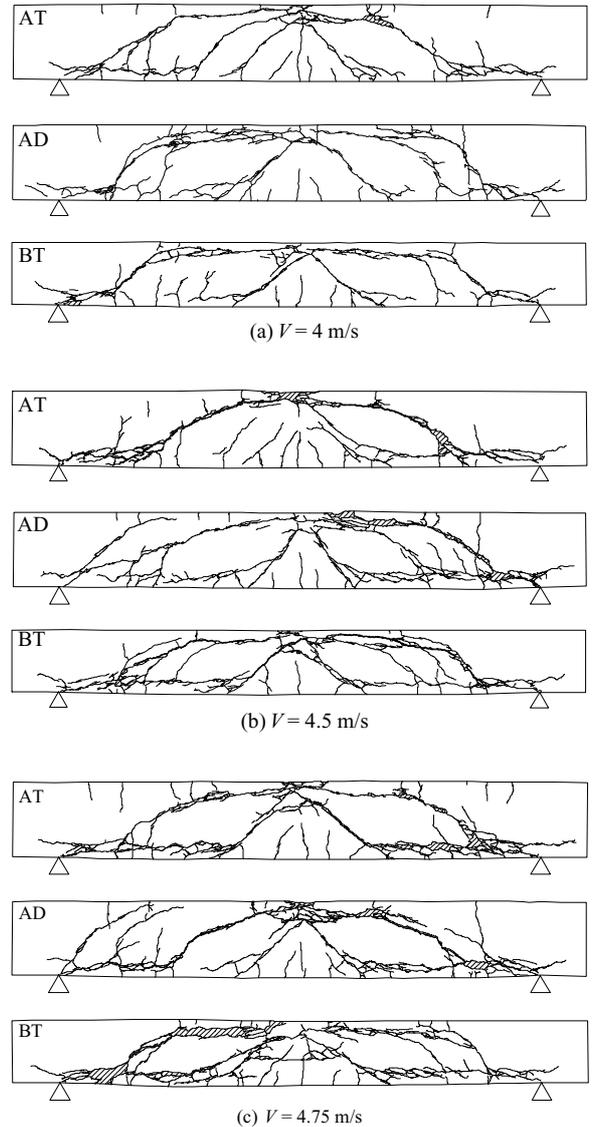


図-4 ひび割れ分布性状

ている様子がうかがえる。(c) 図の  $V = 4.75$  m/s になるとアーチ状のひび割れがさらに大きく開口し、支点部ではコンクリートの剥離が見られ、せん断破壊が顕在化していることが分かる。

## 4. まとめ

- 本研究の範囲内で得られた結果は以下の通りである。
- 1) 重錘衝撃力、支点反力、変位波形については、断面形状が異なる場合においても類似の波形性状を示す。
  - 2) 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。
  - 3) ひび割れ分布性状は、断面形状にかかわらずほぼ同様である。
  - 4) 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、本梁の場合にはアスペクト比によって耐力が異なる結果となる。ただし、終局時の入力エネルギーはほぼ等しいことから、入力エネルギーを用いた耐衝撃設計法が可能であることが考えられる。