

せん断補強筋の配置間隔を変化させたせん断破壊型 RC 梁の耐衝撃性状

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○伊勢谷 真樹
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
室蘭工業大学大学院 学生会員 BHATTI Abdul Qadir

1. はじめに

本研究では、せん断破壊型 RC 梁のせん断補強筋間隔がその耐衝撃性状に与える影響を検討することを目的として、せん断補強筋の配置間隔を変化させた 4 種類の RC 梁に関する重錐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 梁の概要図を示している。試験体は、断面寸法（梁幅×梁高）が 200×350 mm、上下端鉄筋には D29 を各 3 本配筋した複鉄筋矩形 RC 梁である。本研究では、せん断補強筋（D6）の配置間隔を有効高さ (d) の倍数とし $1.0d$ (310 mm), $0.75d$ (233 mm), $0.5d$ (155 mm) およびせん断補強筋を配置しない場合について検討を行った。表-1 には、各試験体の静的設計値および実測値の一覧を示している。試験体名は有効高さを表す D とせん断補強筋の配置間隔（有効高さの倍数）を組み合わせて示している。表中の計算静的曲げ耐力 P_{usc} は、土木学会コンクリート標準示方書に基づき算定している。また、実測せん断耐力（以後、静的耐力） P_{us} を P_{usc} で除した実せん断余裕度 α' は D0.5 梁を除いて 1.0 以下となり、それらは静的にはせん断破壊型の RC 梁として評価される。なお、コンクリートの圧縮強度は 30.6 MPa、鉄筋の降伏強度は 411 MPa である。

重錐落下衝撃実験は、跳ね上がり防止用治具付の支点上に設置した RC 梁のスパン中央部に、一度だけ質量 500 kg の重錐を自由落下させる单一載荷法により実施している。測定項目は、重錐衝撃力 P 、合支点反力 R （以後、支点反力）および載荷点変位 δ （以後、変位）である。実験終了後には、RC 梁側面に生じたひび割れをスケッチしている。

3. 実験結果および考察

3.1 重錐衝撃力、支点反力および変位波形

図-2 には、各 RC 梁の重錐衝撃力 P 、支点反力 R および変位 δ に関する応答波形を試験体ごとに示している。図より、重錐衝撃力波形 P は各梁とも衝突速度にかかわらず衝撃初期の振幅が大きく周期の短い第 1 波とその後の振幅が小さく周期の長い第 2 波から構成されていることが分かる。また、各波形の最大振幅は、せん断補強筋間隔が狭く、速度が増大するに伴い増加している。支点反力波形 R は、D0 梁の $V = 3.75$ m/s と $V = 4.25$ m/s では継続時間が 5 ms 程度の三角形波と後続の継続時間が 10 ms 程度の振幅の小さい低周波の波形から成り立っている。D1.0 / 0.75 / 0.5 梁では継続時間が約 18 ms 程度の三角形波と周期が 2 ~ 3 ms 程度の波形が合成された分布性状を示している。

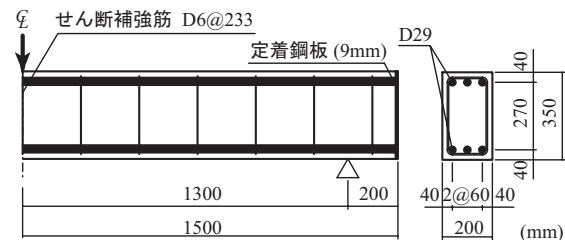


図-1 試験体の概要図

表-1 試験体の静的設計値および実測値の一覧

試験体名	せん断補強筋の有無とその間隔 (mm)	計算静的曲げ耐力 P_{usc} (kN)	実測せん断耐力 P_{us} (kN)	実せん断余裕度 α'	衝突速度 (m/s)
D0	無し	326.0	153.6	0.47	3.5, 3.75, 4, 4.25
D1.0	310		216.8	0.66	4.25, 4.5, 4.75, 5
D0.75	233		244.6	0.75	4.25, 4.5, 4.75, 5
D0.5	155		346.5	1.06	5.75, 6, 6.25, 6.5

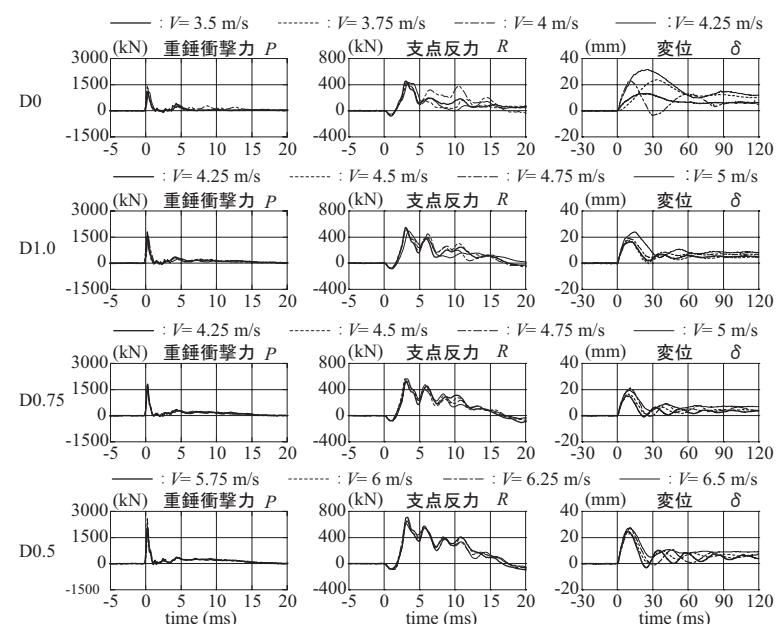


図-2 各種応答波形

キーワード：RC 梁、せん断補強筋、せん断破壊型、重錐落下衝撃実験、耐衝撃性状

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

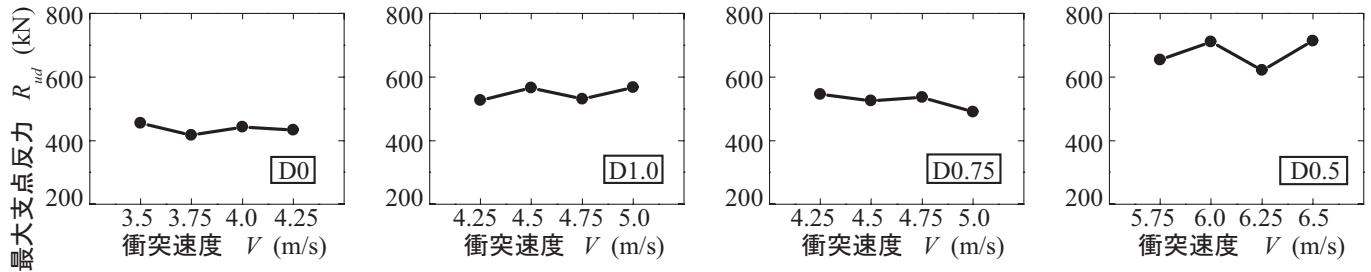


図-3 各RC梁の最大支点反力と衝突速度の関係

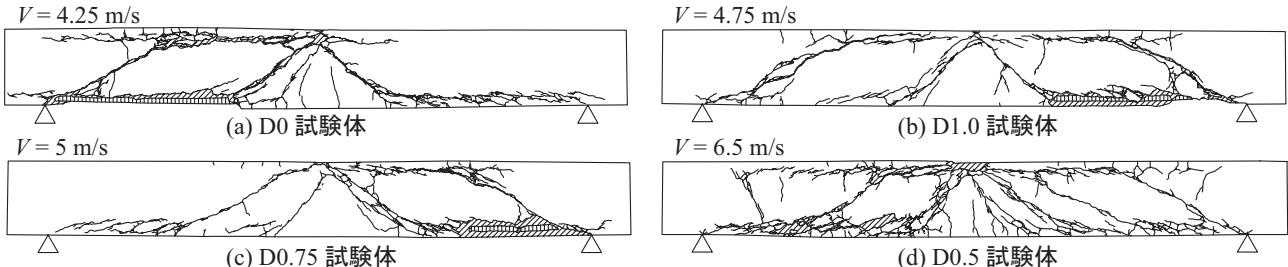


図-4 実験後のひび割れ分布性状

なお、せん断補強筋を有する各梁の波形性状は配置間隔によらずほぼ同様であるが、衝突速度が大きいD0.5梁の最大振幅はD0/1.0/0.75梁よりも大きく示されている。変位波形 δ より、D0梁では、衝突速度が $V = 4$ m/sにおける波形を除き、衝突速度の増大とともに最大変位も増加傾向を示し、除荷後急激に減衰していることが分かる。

一方、衝突速度が $V = 4$ m/sの波形には、自由振動状態が見受けられる。これは後述の図-4に示されるような上端鉄筋に沿う割裂ひび割れが発生せずに、載荷点近傍に発生する斜めひび割れと下端鉄筋に沿う割裂ひび割れの発生によって梁が上下に2分され、鉄筋と下縁かぶりコンクリート部が自由振動状態に至ったためである。

せん断補強筋を有する梁の場合には、載荷時に周期の長い正弦半波状の波形を示し、その減衰自由振動状態に至っている。また、減衰自由振動状態における振動性状は、D0.5梁のようにせん断補強筋の配置間隔が小さい場合が大きい場合に比べて周期が短く、振幅が大きくなる傾向を示している。

3.2 動的耐力の検討

図-3には、各試験体の動的耐力を検討するために衝突速度 V を横軸にとって最大支点反力 R_{ud} を示している。図より、各試験体ともに衝突速度 V にかかわらず最大支点反力は類似の値を示していることが分かる。また、図-4における実験終了後のひび割れ分布図から、D0梁およびD1.0梁、D0.75梁、D0.5梁において衝突速度がそれぞれ $V = 4.25$ m/s, 4.75 m/s, 5 m/s, 6.5 m/sには下縁かぶりが剥離剥落していることから、この時点で終局に至っているものと判断される。以上より、せん断破壊で終局に至る場合のRC梁の終局近傍の衝突速度における最大支点反力は損傷の多少の差異にかかわらず類似の値を示すことが明らかとなった。これより、本論文では各試験体の各衝突速度の最大支点反力の平均値をその試験体に対する動的耐力として評価するものとする。

3.3 せん断補強筋による耐力向上効果の検討

表-2には、各試験体の実験結果から得られた動的耐力および別途実施した静載荷実験による静的耐力を一覧にして示している。また、図-5には、動的耐力 R_{ud} および静的耐力 P_{us} とせん断補強筋比との関係を示している。図より、静的耐力および動的耐力ともにせん断補強筋比に対してほぼ線形な増加の傾向を示していることがわかる。

4. まとめ

- (1) せん断破壊で終局に至る場合のRC梁において、終局近傍における最大支点反力は損傷の多少の差異にかかわらず類似の値を示す。
- (2) 支点反力で評価する場合のRC梁の動的耐力は静的耐力と同様にせん断補強筋比に対してほぼ線形な増加傾向を示す。

表-2 動的耐力と静的耐力

試験 体名	せん断 補強筋比 P_s (%)	動的 耐力 R_{ud} (kN)	静的 耐力 P_{us} (kN)
D0	0	436.7	153.6
D1.0	0.102	524.0	216.8
D0.75	0.136	547.6	244.6
D0.5	0.204	675.1	346.5

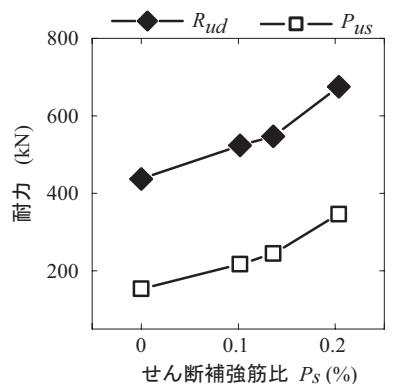


図-5 動的耐力および静的耐力とせん断補強筋比の関係