

せん断補強筋の鉄筋径が異なるせん断破壊型 RC 梁の耐衝撃性状

(株) 竹中土木 正会員 ○東中 邦夫 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
三井住友建設(株) フェロー 三上 浩 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 梁におけるせん断補強筋の耐衝撃耐力分担分を評価することを目的に、せん断補強筋の鉄筋径を変化させた4種類の RC 梁を用いた重錘落下衝撃実験を実施し、耐衝撃性状に関する検討を行った。

2. 実験概要

図-1には、本実験に用いた RC 梁の概要図(D4, D6, D10 梁)を示している。試験体は、断面寸法(梁幅×梁高)が 180×400 mm, 上端鉄筋に D25 を2本, 下端鉄筋には D25 を2本束ねた束ね筋を2組用いた複鉄筋矩形 RC 梁である。本研究では、せん断補強筋を配置しない場合の他、せん断補強筋に直径 4 mm の丸鋼, D6, D10 を有効高さの 1/2 (175 mm) の間隔で配置する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。試験体名は無補強を N とし、せん断補強筋を配置したものについては、英字 D に鉄筋径(mm)を組み合わせ示している。表中の計算静的曲げ耐力 P_{usc} および静的せん断耐力 V_{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、 V_{us} を P_{usc} で除した実せん断余裕度 α' は、D10 梁の場合において 1.0 を上回っており、別途実施した静載荷実験時に曲げ破壊型の特徴を示し終局に至っていることを確認している。なお、コンクリートの圧縮強度は 26.3 MPa, 主鉄筋の降伏強度は 412 MPa である。

重錘落下衝撃実験は、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 の重錘を自由落下させる単一載荷法により実施している。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 δ に関する応答波形を試験体毎に示している。図より、重錘衝撃力波形 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。第2波の継続時間は、せん断補強筋の無い N 梁に比較してせん断補強筋を有する梁は長く、せん断補強筋径の増大と共に長くなる傾向にある。支点反力波形 R は、D10 梁を除いた梁では、継続時間が 18 ms 程度の三角形波と周期が 3 ms 程度の波形が

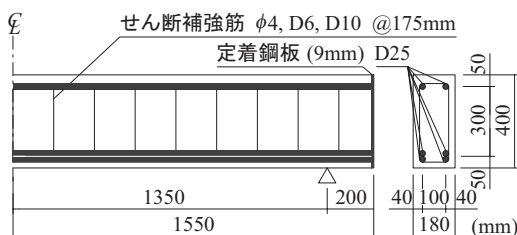


図-1 試験体の概要図 (D4/D6/D10 梁)

表-1 試験体の静的設計値および実測値の一覧

試験体名	せん断補強筋の鉄筋径 (補強筋比)	計算静的曲げ耐力 P_{usc} (kN)	実測 せん断耐力 V_{us} (kN)	実せん断 余裕度 α'	衝突速度 (m/s)
N	-	372.0	164.7	0.44	3.0, 3.25, 3.5, 3.75
D4	$\phi 4$ (0.08)		188.1	0.51	4.0, 4.5, 5.0, 5.5
D6	D6 (0.20)		310.3	0.83	5.25, 5.5, 5.75, 6.0
D10	D10 (0.45)		403.6	1.09	5.75, 8.0, 10.0, 10.75

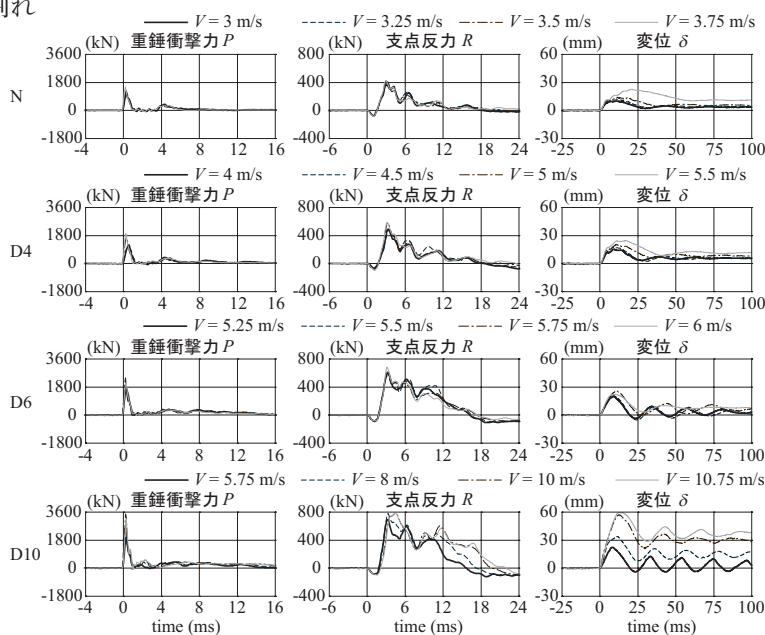


図-2 各種応答波形

キーワード：RC 梁, せん断補強筋, せん断破壊型, 重錘落下衝撃実験, 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

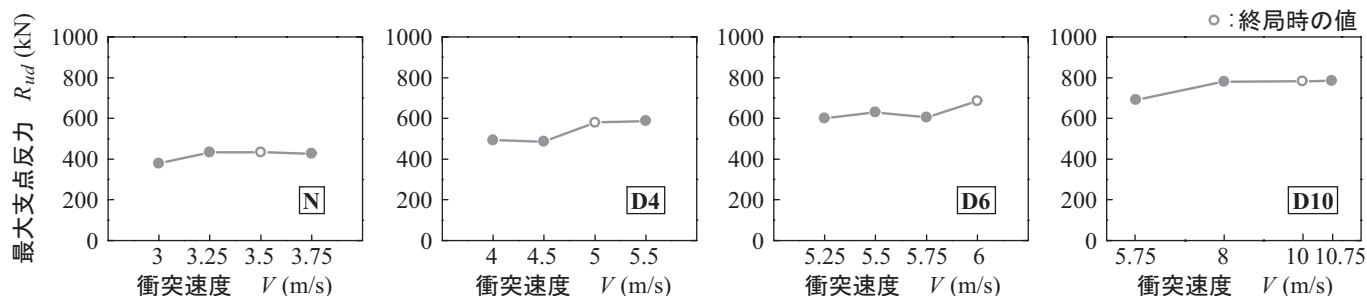


図-3 各 RC 梁の最大支点反力と衝突速度の関係

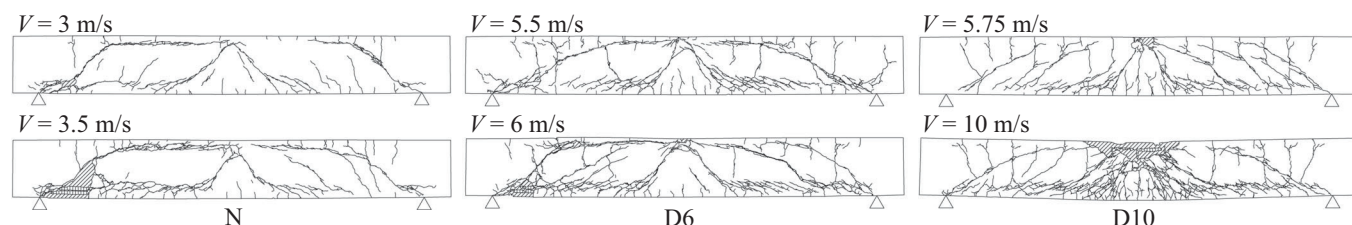


図-4 実験後のひび割れ分布性状

合成された性状を示している。N, D4, D6 梁では衝突速度の大きさが波形に与える影響は顕著ではない。D10 梁では、衝突速度の増大と共に継続時間が長くなる傾向にあるものの、最大振幅に関しては、衝突速度が2倍程度（入力エネルギー的には4倍程度）異なる場合においても同程度の値を示していることから、せん断補強筋を有する RC 梁の支点反力には上限値があるものと考えられる。変位波形 δ より、N 梁はいずれの衝突速度においても明確な振動状態に至っておらず、低衝突速度においてもせん断ひび割れが顕在化していることがうかがわれる。せん断補強筋を有する各 RC 梁では、その径が大きくなるほど剛性低下が抑制され、振動状態が明瞭になり、波形の周期も短くなる傾向にある。ただし、D6, D10 梁の場合には、衝突速度の増加に伴い梁の塑性化が進行し、波形の周期が長くなり、応答変位が増加する傾向にあることは勿論である。

3.2 各 RC 梁の終局時における耐荷性状

図-3には、各梁ごとに最大支点反力 R_{ud} と衝突速度の関係を示している。また、図-4には、実験終了後のひび割れ性状を示している。図-3より、最大支点反力はいずれの梁も衝突速度に関わらずほぼ同程度の値を示している。これは、図-4からも分かるように、終局近傍においては、载荷点から斜め下方へのせん断ひび割れやアーチ状のひび割れが明確に発生するもののせん断補強筋が破断するまでには至らずにトラス効果が発揮され、系全体で衝撃荷重に抵抗していることによるものと推察される。なお、図-3より、せん断補強筋の鉄筋径が大きくなるのに対応して終局時支点反力および衝突速度（入力エネルギー）が増加していることが確認できる。

3.3 セン断補強筋による増分耐力

表-2には、終局衝突速度における最大支点反力と別途実施した静载荷実験による実測静的せん断耐力を示している。なお、D4, D6, D10 梁に関してはせん断補強筋による増分耐力も算定している。図-5には、せん断補強筋を配筋することにより増加した静的耐力と最大支点反力の関係を示している。図より、増分最大支点反力は増分静的耐力の増加に対応してほぼ線形的に増大していることが分かる。

4. まとめ

- (1) セン断補強筋を有する RC 梁の終局近傍における最大支点反力には上限があり（動的耐力）、入力エネルギーを増大させても類似の値を示す。
- (2) セン断補強筋を有する RC 梁において、せん断補強筋を配筋することによる増分静的耐力と増分最大支点反力にはほぼ線形的な関係がある。

表-2 静的耐力と最大支点反力

試験体名	静的耐力 P_{us} (kN)	増分静的耐力 P_{sd} (kN)	最大支点反力 R_{ud} (kN)	増分最大支点反力 R_{sd} (kN)
N	164.7	-	431.5	-
D4	188.1	23.4	583.4	151.9
D6	310.3	145.6	684.4	252.8
D10	403.6	238.9	781.4	349.9

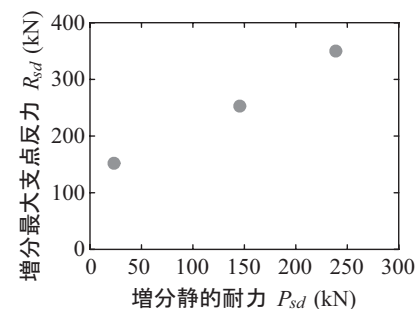


図-5 補強筋による増分耐力