

せん断スパン比の異なる軽量コンクリートを用いたせん断破壊型 RC 梁の耐衝撃性

ドーピー建設工業（株）正員○竹本伸一室蘭工業大学フェロー岸徳光
（独）北海道開発土木研究所正員今野久志室蘭工業大学フェロー松岡健一

1. はじめに

本研究では、軽量コンクリートを用いたせん断補強鉄筋を有しないせん断破壊型 RC 梁の衝撃耐荷性状を検討するために、同一断面形状を有しせん断スパン比の異なる軽量コンクリート RC 梁に関する重錘落下実験を実施した。

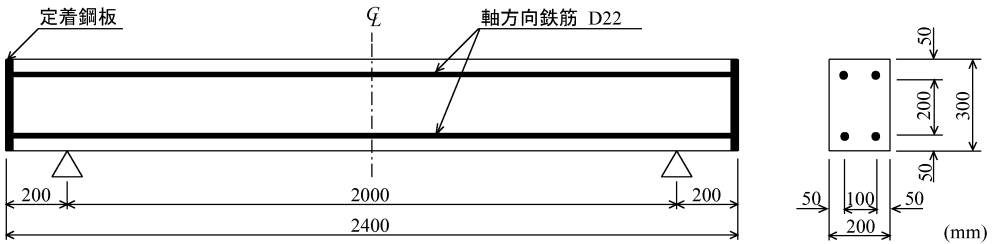
2. 実験概要

図－1には、軽量コンクリート（Light-Weight-Concrete）を用いた（以後、LW 梁）の形状寸法および配筋状況を示している。試験体は、断面寸法が 200 × 300 mm のせん断補強筋を有しない複鉄筋矩形 RC 梁である。純スパン長は 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 m とし、せん断スパン比を 4 種類に変化させた。表－1 には、本研究に用いた各試験体一覧およびそれらの静的設計値を示している。表中の計算静的せん断耐力 V_{usc} および計算静的曲げ耐力 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。なお、 V_{usc} 値は示方書に基づき計算値の 70 % に低減して評価している。表より、いずれの梁もせん断余裕度 α ($=V_{usc}/P_{usc}$) が、 $\alpha < 1.0$ であることより、静的載荷時にはせん断破壊に至ることが予想される。なお、LW3 梁の実測静的せん断耐力は計算のその 1.8 倍程度大きい。これはせん断スパン比が小さいことにより、ディープビーム的な挙動を示していることによるものと考えられる。表－2 および 表－3 には、実験時のコンクリートと鉄筋の力学的特性を示している。実験は、リバウンド防止用治具付の支点治具上に設置した RC 梁のスパン中央部に所定の高さから一度だけ重錘を自由落下させる単一載荷により実施している。重錘質量は 300 kg で載荷点部直径が 150 mm の円柱状鋼製重錘であり、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）波形である。

3. 実験結果および考察

3.1 各種応答波形

図－2 には、せん断スパン比の違いによる耐衝撃性への影響を検証するために、LW4 梁と LW6 梁の重錘衝撃力 P と支点反力 R および変位 δ に関する応答波形を衝突速度 V 毎に示している。図より、重錘衝撃力波形 P に関しては、第 1 波の振幅および継続時間は両者でほぼ同一であるが、第 2 波目の振幅の大きさや立ち上がり時間に差異が見られることが分かる。せん断スパン比およびせん断余裕度の小さい LW4 梁の場合には振幅が大きく、立ち上がりも時間も早い。支点反力波形 R



図－1 試験体概要図（LW4 梁）

表－1 試験体の一覧

試験体名	主鉄筋比 P_t	純スパン長 (m)	せん断スパン比 a/d	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 α	実測静的せん断耐力 P_{us} (kN)	実せん断余裕度 α'	衝突速度 V (m/s)
LW3	0.015	1.5	3.0	80.7	175.1	0.46	142.7	0.82	3, 3.5, 3.75, 4, 4.25
LW4		2.0	4.0		131.3	0.61	101.7	0.75	
LW5		2.5	5.0		105.0	0.77	90.5	0.86	
LW6		3.0	6.0		87.6	0.92	94.2	1.07	

表－2 コンクリートの力学的特性

コンクリート	比重	圧縮強度 f'_c (MPa)	引張強度 f_t (MPa)	弾性係数 E_c (GPa)	ポアソン比 ν_c
軽量	1.86	41.8	2.53	21.1	0.21

表－3 鉄筋の力学的特性

鉄筋名称	材質	降伏強度 σ_y (MPa)	弾性係数 E_s (GPa)	ポアソン比 ν_s
D22	SD345	367	206	0.3

キーワード：軽量コンクリート，RC 梁，せん断スパン比，衝撃耐力

連絡先：〒 060-0001 北海道札幌市中央区北 1 条西 6 丁目 ドーピー建設工業(株) TEL 011-221-1571 FAX 011-222-5527

は、重錘衝撃力波形 P と異なり継続時間が 25 ms 程度の三角形の波形成分と周期が数 ms の波形成分から構成されているのが分かる。波動の継続時間は、両梁とも V の増加に伴い徐々に長くなる傾向にある。これは、変位波形 δ と対応しており、衝突速度 V の増加に伴い RC 梁の塑性化が進行することを示唆している。変位波形 δ は、载荷時に正弦半波の波形を示し、その後減衰自由振動の状態を示している。また、LW6 梁の場合には、LW4 梁の場合より周期が長く示されていることより、損傷がより進行しているものと推察される。

3.2 ひび割れ分布性状

図-3 には、実験終了後の LW4 梁および LW6 梁のひび割れ分布性状を衝突速度毎に示している。せん断スパン比の違いに着目すると、 $V=3\text{ m/s}$ 時には、LW4 梁は载荷点部から支点部に向けて進展するアーチ状のひび割れが形成されせん断破壊を呈していることが分かる。一方、LW6 梁には、前述したアーチ状のひび割れは形成されず、スパン全域に渡って曲げひび割れが進展している。 $V=3.5\sim 4\text{ m/s}$ において、LW6 梁の場合は、 $V=3\text{ m/s}$ の場合と同様に曲げひび割れが発生しているが同様に腹部にも斜めひび割れが発生しており、このひび割れが主鉄筋に沿った割裂ひび割れとなって支点まで進展し、せん断破壊していることが分かる。いずれの場合も $V=4\text{ m/s}$ 時に上縁コンクリートが剥落しており、 $V=3.75\text{ m/s}$ 時点が終局であるものと推察される。

3.3 終局時における応答値の比較

表-4 には、各梁の終局時 ($V=3.75\text{ m/s}$ 時点) における各種応答値を一覧にして示している。ここで、ディープビーム的な挙動を示していると考えられる LW3 梁に関する結果を除いて、耐力比、エネルギー比を比較すると、せん断スパン比の大小によらず類似であり、平均値は 2.29、0.68 となることが分かる。

4. まとめ

- 1) 重錘衝撃力、支点反力波形は、せん断スパン比にかかわらず類似の分布性状を示す。
- 2) せん断スパン比が 3 の場合には、静・衝撃载荷時共にディープビーム的な挙動を示し、耐力が向上する傾向を示す。
- 3) せん断スパン比が 4～6 においては類似の耐衝撃性状を示し、終局時の耐力比およびエネルギー比はそれぞれ 2.30、0.70 前後の値となる。

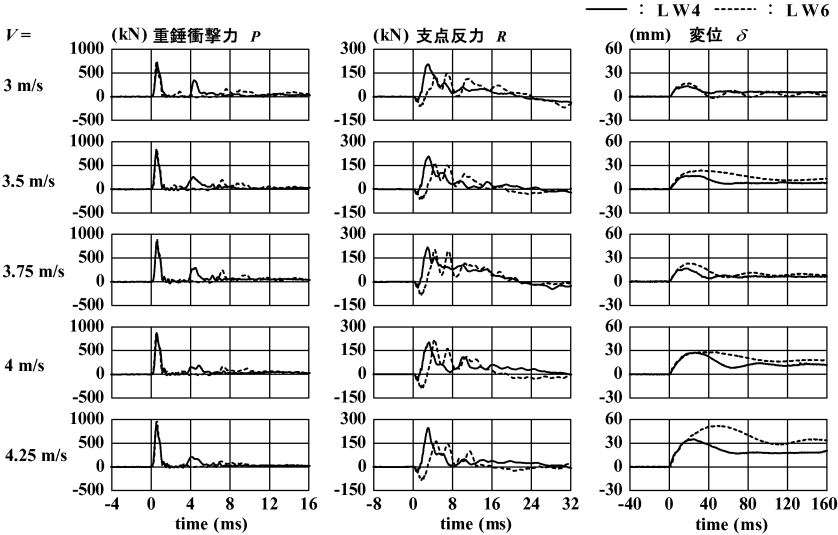


図-2 各応答波形

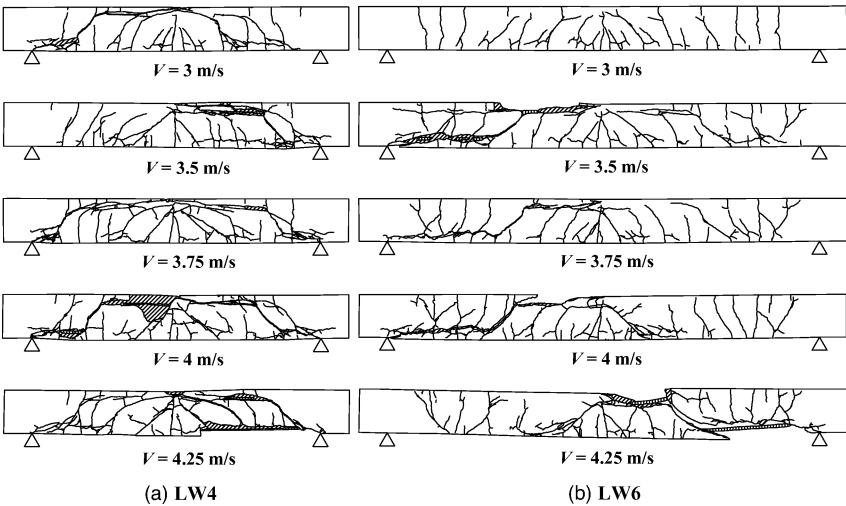


図-3 ひび割れ分布性状

表-4 終局時における各種応答値一覧 ($V=3.75\text{ m/s}$)

試験体名	入力エネルギー E_k (kJ)	最大重錘衝撃力 P_{ud} (kN)	最大支点反力 R_{ud} (kN)	最大変位 δ_{max} (mm)	残留変位 δ_{rd} (mm)	吸収エネルギー E_a (kJ)	耐力比 R_{ud} / P_{us}	エネルギー比 E_a / E_k
LW3	2.11	843.9	230.7	15.9	7.1	1.67	1.62	0.79
LW4		830.8	235.3	17.1	6.4	1.47	2.31	0.70
LW5		863.9	200.6	28.7	9.4	1.34	2.22	0.64
LW6		898.0	219.6	23.2	8.8	1.49	2.33	0.71