

単一衝撃载荷を受けるせん断補強筋を有するせん断破壊型 RC 梁の耐衝撃挙動

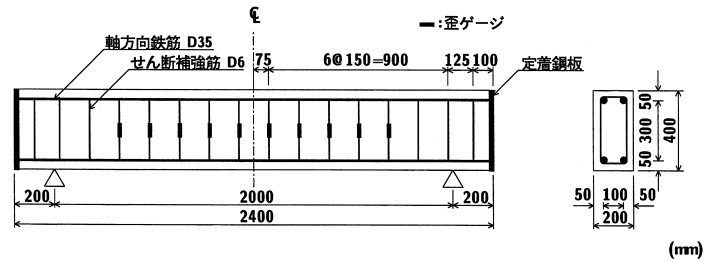
室蘭工業大学 正 員 安藤 智啓 室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
三井建設（株） フェロー 三上 浩 室蘭工業大学 フェロー 松岡 健一

1. はじめに

本研究では、せん断破壊に対する RC 梁の合理的な耐衝撃設計法を確立するための基礎資料を得ることを目的として、静载荷時にせん断破壊が卓越する RC 梁の単一载荷による重錘落下衝撃実験を行った。ここでは、せん断補強筋間隔が異なる 2 種類の RC 梁に着目し、補強筋量の影響も合わせて耐衝撃挙動に関する検討を試みた。

2. 実験概要

図－1 には、本実験に用いた A 試験体の形状寸法を示している。試験体は、梁幅、梁高、純スパン長がそれぞれ 200, 400, 2,000mm の複鉄筋矩形 RC 梁である。軸方向筋（D35-SD345）は上下に 2 本ずつ、せん断補強筋（D6-SD295）は、A, B 試験体に対してそれぞれ 150mm, 75mm ピッチに配筋している。表－1 には本試験体の設計値一覧を示している。表中、静的せん断耐力 V_{usc} および曲げ耐力 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。せん断余裕度 α は V_{usc} を P_{usc} で除した値であり、 $\alpha < 1.0$ は静载荷時にせん断破壊することを表している。

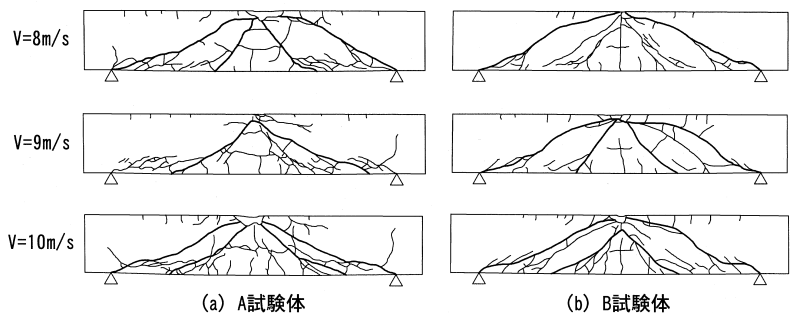


図－1 A 試験体の形状寸法

表－1 設計値一覧

試験体名	主鉄筋比 p_t	せん断補強筋比	静的せん断耐力 V_{usc} (kN)	静的曲げ耐力 P_{usc} (kN)	せん断余裕度 α (V_{usc}/P_{usc})
A	0.0273	0.0021	260.8	448.5	0.58
B		0.0042	339.7	443.7	0.77

実験は、試験体をリバウンド防止用治具付の支点治具上に設置し、梁スパン中央部に質量 300 kg の重錘を所定の高さから自由落下させて行っている。支点治具はピン支持に近い構造となっている。衝突速度 V は、RC 梁の破壊時近傍の耐衝撃挙動に着目して検討するため、別途行った漸増繰り返し载荷実験において B 試験体の载荷点近傍のかぶりコンクリートが著しく剥落した速度の+1～+3 m/s ($V = 8 \sim 10$ m/s) を設定している。実験



図－2 ひび割れ分布

ケースはせん断補強筋量を 2 種類および衝突速度を 3 種類考慮した全 6 ケースである。測定項目は、重錘衝撃力、合支点反力（以後、支点反力）、载荷点変位（以後、変位）およびせん断補強筋歪の応答波形である。

3. 実験結果および考察

3.1 ひび割れ分布

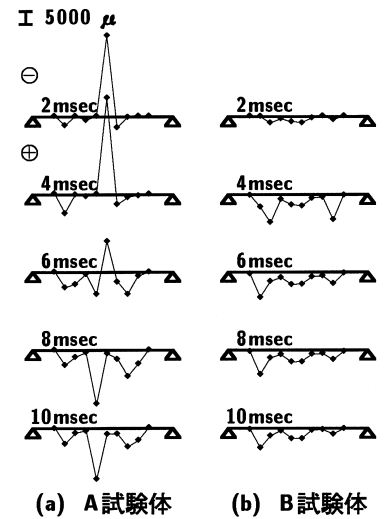
図－2 には、各衝突速度における実験終了後の RC 梁のひび割れ分布を示している。図より、A, B 試験体には、衝突速度に関わらず、载荷点部から支点部に至る斜めひび割れおよび 45° 程度で梁下縁に進展する斜めひび割れが発生していることが分かる。また、载荷点部近傍の梁高中央部には水平方向に発生するひび割れも確認できる。この水平ひび割れは A 試験体の場合でより顕著に示されている。さらに、主鉄筋に沿う形で進展するひび割れも発生しており、ここでも A 試験体のひび割れの方がより顕著に示されている。

3.2 セン断補強筋歪分布

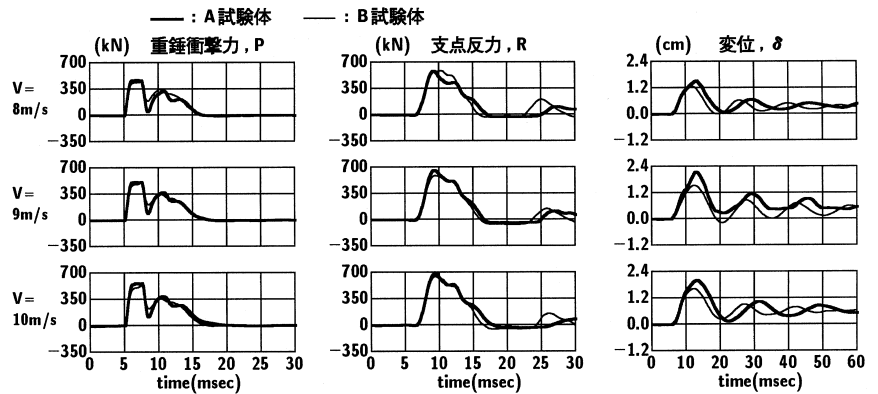
図－3には、衝突速度 $V = 10 \text{ m/s}$ におけるセン断補強筋歪分布の時間的推移状況を示している。図より、A 試験体の場合には、载荷点部に $20,000 \mu$ 以上の非常に大きい歪が発生していることが分かる。これは、载荷部近傍の梁中央部に水平方向に発生するひび割れ等の損傷に対応しているものと推察される。また、いずれの試験体にもスパン長の $1/4$ 点近傍において大きい歪が発生している。これは、载荷点部から支点部に貫通する斜めひび割れ位置に対応している。なお、梁全体の歪値はセン断補強筋量の多い B 試験体の方で小さく示されている。

3.3 重錘衝撃力、支点反力および変位波形

図－4には、各衝突速度における重錘衝撃力 P 、支点反力 R および変位 d に関する応答波形を示している。図より、重錘衝撃力および支点反力波形は、いずれの衝突速度においても A, B 試験体でほぼ類似の分布性状を示していることが分かる。すなわち、重錘衝撃力波形は2つの正弦半波状の波動が合成された分布性状を、支点反力波形は単純な正弦半波の分布性状を示している。また、波動の振幅および継続時間は、両試験体とも衝突速度の増加に伴い徐々に増大している。一方、変位波形に関しては、波動の分布性状は両試験体で類似していることが分かる。すなわち、荷重载荷時には支点反力波形に対応した正弦半波的な分布性状を示している。



図－3 セン断補強筋歪分布
($V = 10 \text{ m/s}$)



図－4 重錘衝撃力、支点反力および変位波形

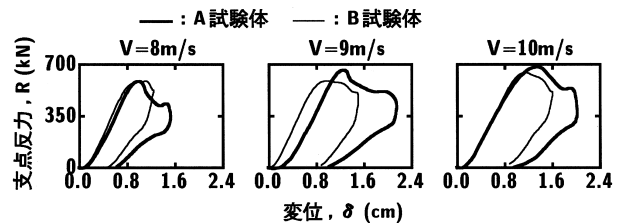
荷重除荷後は波動が正方向にドリフトした状態で減衰自由振動を呈し残留変位値に漸近している。しかしながら、最大変位値および振動周期は、衝突速度に関わらず B 試験体の方で小さく示されている。これは、B 試験体の配筋量が A 試験体のそれに比べて相対的に多いことより、セン断力を効率的に分担し梁の塑性化の進行を抑制したためと考えられる。

3.4 支点反力－変位特性

図－5には、各衝突速度における支点反力の変位に関する $R-d$ 履歴曲線を示している。図より、いずれの試験体も支点反力は変位の増加とともに単調に増大していることが分かる。最大値到達後は徐々に減少するものの、変位は継続して最大変位値まで増大している。最大変位値到達後は、初期勾配と大略同程度の勾配で除荷している。なお、吸収エネルギーは両試験体とも衝突速度の増加とともに増大している。また、その吸収エネルギー量はセン断補強筋量の多い B 試験体の場合で小さく示されている。

4. まとめ

本研究では、セン断破壊に対する RC 梁の合理的な耐衝撃設計法を確立するために、静载荷時にセン断破壊が卓越する RC 梁に関する単一载荷による重錘落下衝撃実験を行った。その結果、1) セン断余裕度が 0.8 以下の場合には载荷点部から支点部に至る斜めひび割れが発生し、そのひび割れ位置に対応するセン断補強筋には大きい歪が励起される、2) 支点反力波形は変位波形に対応した単純な正弦半波的な分布性状を示す、3) 支点反力は変位の増加に伴い単調に増大し、最大変位値到達後は初期勾配と同程度の勾配で減少する、4) セン断補強筋量を増大させることで、セン断力を効率的に分担し梁の塑性化の進行を抑制する、等の耐衝撃挙動が明らかになった。



図－5 支点反力－変位特性 ($R-d$ 履歴曲線)