

I - B 176

重錘落下衝撃を受ける曲げ破壊型 RC 梁の耐荷挙動

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) 正員 三上 浩
 室蘭工業大学 正員 松岡 健一

1. はじめに

著者等はこれまで、曲げ破壊型を示す RC 梁の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、断面寸法、スパン長、重錘重量および載荷条件の異なる梁の耐衝撃性について実験的研究を行ってきた¹⁾。その結果、1) RC 梁が破壊に至る衝突速度時の最大合支点反力と静的曲げ耐力の関係および載荷エネルギーと合支点反力より評価される吸収エネルギーの関係がある固有の量で規定される、2) それらの関係を用いることにより静的曲げ耐力に基づく RC 梁の耐衝撃設計が可能であること、等が明らかになった。しかしながら、この結果は衝突速度を漸増させる繰返し載荷法に基づく重錘落下衝撃実験により得られたものであり、単一載荷実験によるものではない。そこで本研究では実現象に即して単一載荷実験を行い、RC 梁が単一載荷を受ける場合の耐衝撃性および実設計への適用性について検討を行った。

2. 実験概要

図-1 に本実験で使用した試験体形状および配筋位置を示す。試験体は、25×25cm(A タイプ)および 20×20cm(B タイプ)の正方形断面を有し、それぞれ純スパン長(L)が 2m および 3m の合計 4 体を製作した。コンクリートの設計基準強度、実験時の圧縮強度およびポアソン比は、それぞれ $f_{ck}=23.5\text{MPa}$ 、 $f_c=34.7\text{MPa}$ および 0.25 である。鉄筋は A タイプには SD345、B タイプには SD295A を用いている。また用いた重錘の質量は 2.94kN である。表-1 に試験体の一覧および実験結果を示す。試験体名は、断面の種類、純スパン長および重錘重量を組み合わせで表示している。衝突速度は、既往の漸増繰返し載荷実験¹⁾の最大載荷速度 (RC 梁の残留変形量が純スパン長の 1/50 程度に達したときの衝突速度) と等しくしている。静的曲げ耐力は、コンクリートの力学的特性および各鉄筋の規格値を用いて断面分割法により算出している。補強筋比は各断面タイプの静的曲げ耐力が概ね等しくなるよう試算した。実験は RC 梁のスパン中央部に円柱状の鋼製重錘を自由落下させて行い、重錘衝撃力、動的支点反力、梁中央部の変位応答ならびに残留変位を計測した。なお、梁の支点部は両端面から 20cm の位置で鋼製治具を用いて上下を固定している。

3. 実験結果および考察

3.1. 静的曲げ耐力と支点反力の関係

図-2 に各梁の最大合支点反力 (以下、支点反力と呼ぶ) R_d と静的曲げ耐力 P_u の比を示す。図中の破線は全試験体の平均値 ($R_d/P_u=2.16$) を示している。また、図より $L=3\text{m}$ の試験体の支点反力が平均値より若干大きく示されていることがわかる。これは、 $L=3\text{m}$ の場

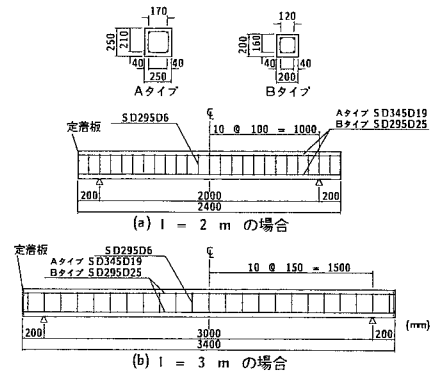
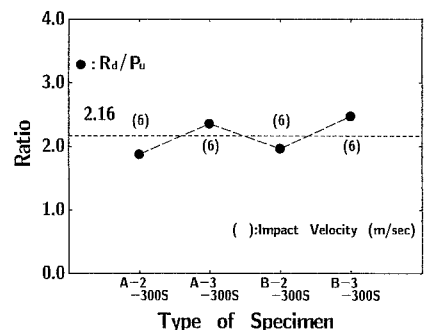


図-1 試験体の形状寸法および配筋位置

表-1 試験体の一覧および実験結果

試験体名	衝突速度 (m/sec)	補強筋比 (%)	静的曲げ 耐力(kN)	残留変位 δ_u (cm)	δ_u/L
A-2-300S	6.0	1.09	89.96	2.22	1/90.1
A-3-300S		1.09	59.98	2.92	1/103
B-2-300S		3.17	83.89	2.09	1/96.0
B-3-300S		3.17	55.96	2.72	1/110

図-2 無次元支点反力 (R_d/P_u)

キーワード：RC 梁、耐衝撃性、単一載荷、静的曲げ耐力、吸収エネルギー

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27 番 1 号 室蘭工業大学・TEL:(0143)47-3168・FAX:(0143)47-3169

合が $L=2m$ の場合より低次固有振動が長くなるため、衝撃エネルギーがより支点に伝達されるためと考えられる。

3.2. 重錘衝撃力および支点反力と梁中央変位の関係

図-3に各衝撃力と梁中央変位の関係を示す。図下段には、重錘衝撃力および支点反力と梁中央変位のなすループの面積として求まる吸収エネルギー値を示している。まず各力と変位の関係に着目すると、いずれも重錘衝撃力が極めて小さい変形状態で励起され、変位の増加とともに急速に減少している。これより、重錘衝撃力は梁の変形性能よりむしろ断面剛性に強く影響されることがわかる。一方、支点反力は重錘衝撃力の減少とともに徐々に増加してピーク値を示す。また立ち上がりから除荷に至る分布はほぼ平行四辺形あるいはそれに近い形状を示している。

次に $L=2m$ および $L=3m$ の分布性状をみてみると、重錘衝撃力に関しては $L=2m$ の波形に第2波目が顕著に現れていることがわかる。また支点反力にも第2波目が存在している。これは、 $L=2m$ の場合にはたわみ剛性が大きいために重錘のリバウンド量も大きく、従って第2波目の衝撃力も大きく示されたためと考えられる。これに対して $L=3m$ の場合には、重錘のリバウンド量が小さくなり、あたかも一波の衝撃力が作用したかのように挙動したものと推察される。

3.3. 支点反力-変位の模式化

図-4に各梁の吸収エネルギーの载荷エネルギー（重錘の運動エネルギー）に対する比率（ α ）を示す。図中、破線は本単一载荷実験の平均値（ $\alpha=0.6$ ）を示している。また、既往の漸増繰返し载荷実験¹⁾より得られた平均値（ $\alpha=0.7$ ）も併せて示している。図より、単一载荷実験の平均値は漸増繰返し载荷実験のそれより小さい。これは単一载荷を行った試験体の残留変位量が純スパン長の $1/50$ 以下であり、損傷の程度が小さいためと考えられる。しかしながら B-3-300S ではほぼ $\alpha=0.7$ となっていることより、設計的に安全側で評価することとすれば、支点反力-変位のヒステリシスループは図-5のように模式化できる。従って、吸収エネルギーと入力エネルギー E_k の関係は模式図を用いて次式のように表される。

$$2.0 P_u \times \delta_u = 0.7 E_k \quad \text{-----1)}$$

これにより、単一载荷においても既往の漸増繰返し载荷と同様の評価式により、RC梁の耐衝撃設計が可能となる。ここで、 δ_u を純スパン長 L の $1/100$ 、衝突速度を 6 m/sec として P_u を求めると、A-2-300S、B-2-300S に対して 94.5 kN および A-3-300S、および B-3-300S に対して 63.0 kN が得られる。これは表-1の値にほぼ対応している。

4. まとめ

- 1) 単一载荷時において RC 梁の最大支点反力は静的曲げ耐力の2倍程度と評価できる。
- 2) 単一载荷時において RC 梁のエネルギー比率は 0.7 と評価することで安全側となる。
- 3) 単一载荷を受ける RC 梁についても、既往の漸増繰返し载荷と同様の評価式を用いて静的曲げ耐力に基づく耐衝撃設計が可能である。

参考文献

- 1) 松岡健一，岸徳光，三上浩，安藤智啓：スパン長の異なる RC 梁の重錘落下衝撃実験，コンクリート工学年次論文報告集，1998。

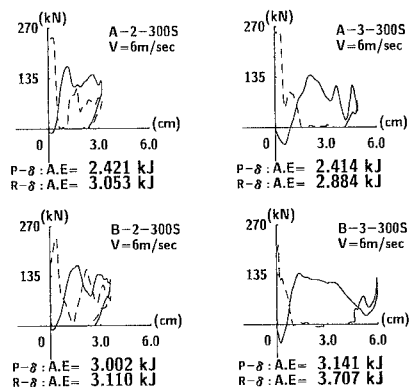


図-3 各衝撃力と梁中央変位の関係

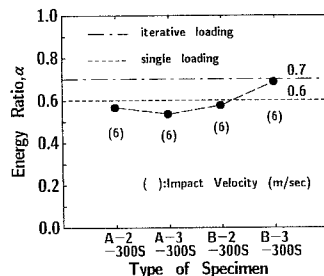


図-4 エネルギー比率（ α ）

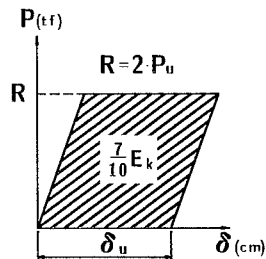


図-5 模式図