

高性能軽量コンクリート製曲げ破壊型 RC 梁のエネルギー一定則に関する検証実験

ドーピー建設工業(株) 正員 ○竹本 伸一
 (独) 北海道開発土木研究所 正員 田口 史雄

室蘭工業大学 正員 岸 徳光
 防衛庁第4研究所 正員 安藤 智啓

1. はじめに

本研究では、入力エネルギーが一定条件の下、質量の異なる2種類の重錘を使用して、高性能軽量コンクリート製曲げ破壊型 RC 梁に関する重錘落下衝撃実験を実施し、エネルギー一定則の検討を試みた。

2. 実験概要

図-1には、本実験に用いた高性能軽量コンクリート製 RC 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 25×25 cm の複鉄筋矩形 RC 梁であり、軸方向鉄筋には D19 を、せん断補強筋には D6 を用いている。表-1には、RC 梁の静的設計値一覧を示している。表中、静的曲げ耐力 P_{usc} および静的せん断耐力 V_{usc} は、示方書に基づき算定している。ここで、せん断余裕度 $\alpha > 1.0$ であることより、RC 梁は静載荷時には設計的に曲げ破壊すると予想される。なお、高性能軽量コンクリートは、寸法 5~15 mm の高性能軽量骨材（比重 1.20）を粗骨材として用いている。表-2には、実験ケース一覧を示している。各実験における重錘質量 M 、衝突速度 V は、両者で入力エネルギー $E_k (= MV^2/2)$ が等しくなるように設定している。実験は、RC 梁のスパン中央部に重錘を所定の高さから自由落下させることにより実施している。なお、用いた重錘は、質量 300kg と 400kg の2種類である。RC 梁はリバウンド防止用治具付の支点治具上に設置しており、治具全体は回転のみを許容するピン支持に近い構造となっている。載荷方法に関しては、同一試験体に対して梁が破壊に至るまで重錘の衝突速度を徐々に増大させる繰り返し載荷方法を採用している。なお、破壊の定義に関しては、著者らの過去の研究に基づき、RC 梁の累積残留変位が純スパン長の 2% (60mm) に達した状態と設定している。

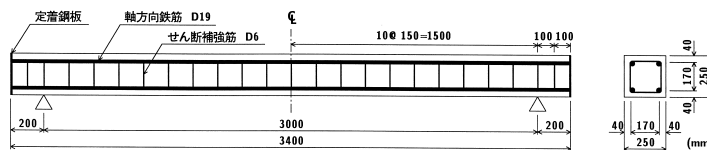


図-1 RC 梁の形状寸法および配筋状況

表-1 RC 梁の静的設計値一覧

主鉄筋比	せん断スパン比	静的曲げ耐力	静的せん断耐力	せん断余裕度	実測曲げ耐力
p_t	a/d	P_{usc} (kN)	V_{usc} (kN)	α	P_{us} (kN)
0.011	0.011	59.2	129.7	2.18	75.1

3. 実験結果および考察

3.1 各種応答波形

図-2には、M300 梁と M400 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入力エネルギー E_k 毎に比較して示している。ここでは、入力エネルギーに対して3ケースに着目して示している。図より、重錘衝撃力波形 P について見ると、両梁の波動は、入力エネルギー E_k に拘わらず、衝撃初期に振幅が大きく継続時間の短い波形成分と後続の振幅が小さく継続時間の長い波形成分から構成される類似の分布性状を示していることが分かる。また、支点反力波形 R に関しても、正弦半波状の波動に高周波成分が含まれた同様の性状を示している R の場合には、全体的な分布性状のみならず高周波成分の性状に至るまで両梁で非常に良く対

表-2 実験ケース

試験体名	重錘質量 M (kg)	衝突速度 V (m/s)	入力エネルギー E_k (kJ)
M300	300	1, 2, 3, 4, 5	0.15, 0.60, 1.35, 2.40, 3.75
M400	400	0.87, 1.73, 2.60, 3.46, 4.33	

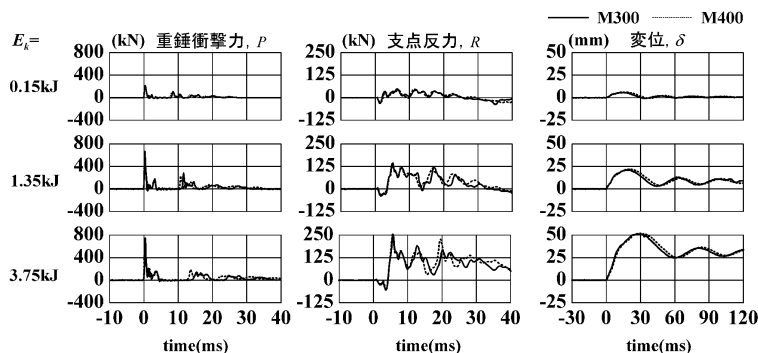


図-2 各種応答波形

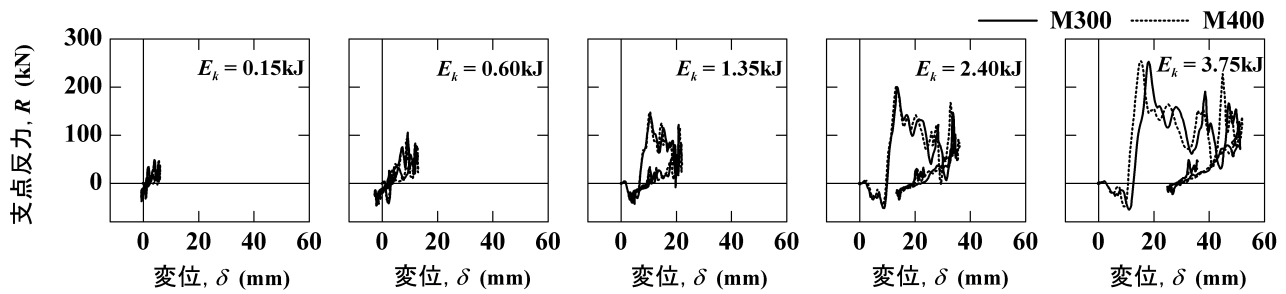


図-3 支点反力-変位曲線

応した分布性状となっている。変位波形 δ に関して、両梁の波動は立ち上がりから自由振動状態に至るまで非常に良く対応していることが分かる。

3.2 支点反力-変位曲線の比較

図-3には、M300梁とM400梁の支点反力-変位曲線 ($R-\delta$ 曲線) を入力エネルギー E_k 毎に比較して示している。図より、 $R-\delta$ 曲線は入力エネルギーに拘わらず両梁で良く対応していることが分かる。詳細を見ると、入力エネルギーの小さい $E_k = 0.15, 0.60$ kJ では、ループの面積として評価される吸収エネルギー量が小さく、梁が弾性的に挙動していることを伺わせる分布を示している。さらに、 E_k を増大させると吸収エネルギー量が増大し、梁の弾塑性的な挙動に対応した分布に推移してくる。 $E_k \geq 1.35$ kJ の分布を見ると、支点反力 R は負荷荷状態から載荷荷状態に移行した後、最大値まではほぼ線形に増大して

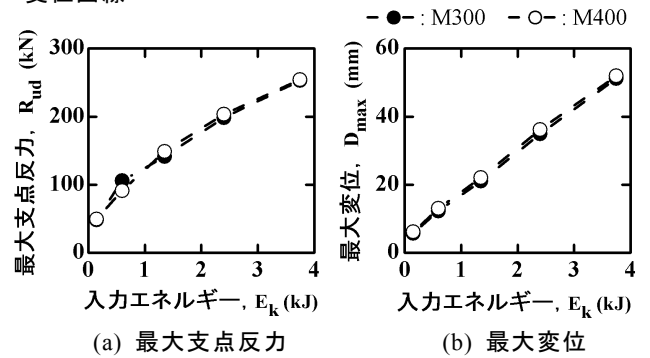


図-4 各種応答値と入力エネルギーの関係

いる。その後、 R は増減を繰り返し徐々に減少するものの、最大変位値近傍で再度最大値程度まで増大している。最大変位到達後には、 R は初期よりは勾配の小さい剛性で除荷されている。

3.3 最大支点反力、および最大変位の比較

図-4にはM300梁とM400梁の最大支点反力 R_{ud} 、最大変位 δ_{max} と入力エネルギー E_k の関係を示している。図より、最大支点反力と最大変位は、入力エネルギーに拘わらず良く対応した分布性状となる。また両曲線に着目すると、 $R_{ud}-E_k$ 曲線は若干双曲線的な分布を、 $\delta_{max}-E_k$ 曲線は線形的な分布を示している。

3.4 ひび割れ分布の比較

図-5には、最終載荷時の実験終了後のM300梁とM400梁のひび割れ分布を示している。図より、両梁ともスパン全域に渡って梁下縁から上縁に鉛直方向に貫通する曲げひび割れの発生していることが分かる。また、これら曲げひび割れの分散性や本数は、両者で良く対応しているものと判断される。さらに、載荷点部に着目すると、両梁には載荷点部近傍から梁下縁に 45° 程度の角度で貫通する斜めひび割れが同様に見られる。しかしながら、M400梁の場合には、微細なひび割れがM300梁のそれに比べて多く発生している。これは、M400梁の場合には、衝突速度がM300梁の場合より小さいことに起因しているものと推察される。

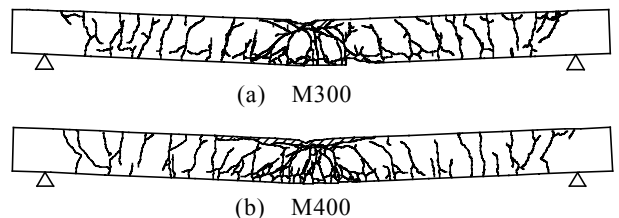


図-5 実験終了後のひび割れ分布

4. まとめ

- 1) 重錘衝撃力、支点反力、変位波形および支点反力-変位曲線は、重錘質量が異なる場合も入力エネルギーが同様である場合には、波動の立ち上がりから減衰に至るまで類似した分布性状となる。
- 2) 最大支点反力、最大変位は入力エネルギーに拘わらず良く対応する。
- 3) スパン全域に渡って生じる曲げひび割れの分布は、入力エネルギーが等しければほぼ同様となる。

以上より、高性能軽量コンクリートを用いる曲げ破壊型RC梁に関しても、普通コンクリートを用いる場合と同様、エネルギー等価載荷に関するエネルギー一定則が成立するものと判断される。