

防衛大学校土木工学科 学生員 ○佐々木 晃
 大林組技術研究所 正 員 井元 勝慶
 防衛大学校土木工学科 正 員 大野 友則

1. はじめに：本研究は、RCはり部材の耐衝撃性に影響を及ぼすと考えられる各種部材特性（材料特性及び部材断面諸元）、とくにコンクリートの強度、引張鉄筋比及びせん断補強筋比に着目し、載荷速度（重錘の落下高さ）を変えた落錘衝撃実験を行い、これらの部材特性の影響を調べることを目的としている。また、衝撃荷重をロードセルで計測する場合、データそのものが確実に得られないことがある。さらに応力波及びロードセル自体の固有振動数等の影響により得られたデータもその確からしさに信頼性を欠くことが多い。本研究では、荷重計測の一方法として、鉄筋ひずみデータより衝撃荷重を算定する方法を試みた。

2. 実験概要：(1)試験体：試験体は図-1に示すように全長1600mm、はり高200mm、はり幅110mmの複鉄筋RCはりとし、70mm間隔でせん断補強筋を配置した。本研究では鉄筋の径を変えて引張鉄筋比及びせん断補強筋比を変化させた。コンクリート強度（静的圧縮強度 $f_c' = 288\text{kgf/cm}^2$ 、 328kgf/cm^2 ）、引張鉄筋比（ $P_t = 1.38\%$ 、 2.13% ）及びせん断補強筋比（ $P_w = 0.83\%$ 、 1.83% ）をそれぞれ変化させ計8種類の試験体を作製した。試験体の種類を表-1に示す。

(2)載荷方法：実験は、落錘式衝撃実験装置を用いた。試験体を支間1333mmで単純支持し、支間中央部に200kgfの重錘を1m及び3mの高さから自由落下させた。載荷速度は計算より、1m、3mの場合それぞれ約4.4m/s、7.7m/sとなる。

(3)実験計測：計測は、載荷荷重、試験体の載荷点変位及び鉄筋ひずみ（引張側、試験体中央部より0, 30, 60, 90, 200, 400mmの位置）について行った。荷重の計測には、載荷体に取り付けた50tfロードセルを、変位については光学式変位計を用いた。

3. 実験結果及び考察：(1)破壊性状：試験体は載荷点を中心として曲げ破壊し、載荷点より放射状に曲げせん断ひびわれが生じ、全体的に最大載荷点変位（終局変位量）の増大にしたがってひびわれ幅及び試験体中央部下面のひびわれ範囲も増大している。試験体種別には顕著な差異は認められなかった。

(2)部材特性の影響：荷重～時間関係の比較及び載荷点変位の比較を図-2に示す。コンクリート強度に関しては強度差が小さいためか荷重、変位ともに明確な相違は認められなかった。引張鉄筋比に関しては、荷重継続時間、変位の大きさに顕著な相違が生じた。また、せん断補強筋比の相違は、落下高さが1mの場合はほとんど影響がなく、高さが3mになるとせん断補強筋比の大小によって変位量の大きさに差が生じている。

(3)鉄筋ひずみデータによる衝撃荷重の算定：衝撃実験において荷重を測定する場合、衝撃専用のロードセル（圧電素子型）を使用することが望ましいが、小容量でかつ高価であることから静的荷重用のロードセルで代用することが多い。他の方法として、質量 m の衝突体に生じる加速度 a を測定

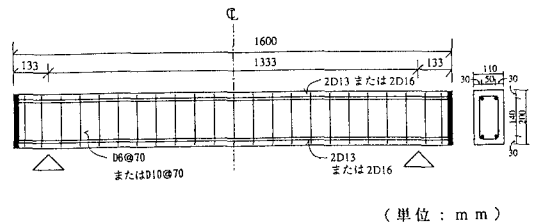


図-1：試験体形状

表-1：試験体種類

試験体名	引張鉄筋比 (%)	せん断補強筋比 (%)	コンクリート強度(kgf/cm ²)	重錘落下高さ(m)
L-T1W1-M3	1.38	0.83	288	3
L-T1W1-H3	1.38	0.83	328	3
L-T1W2-M3	1.38	1.84	288	3
L-T1W2-H3	1.38	1.84	328	3
L-T2W1-M3	2.13	0.83	288	3
L-T2W1-H1	2.13	0.83	328	1
L-T2W1-H3	2.13	0.83	328	3
L-T2W2-M1	2.13	1.84	288	1
L-T2W2-M3	2.13	1.84	288	3
L-T2W2-H1	2.13	1.84	328	1
L-T2W2-H3	2.13	1.84	328	3

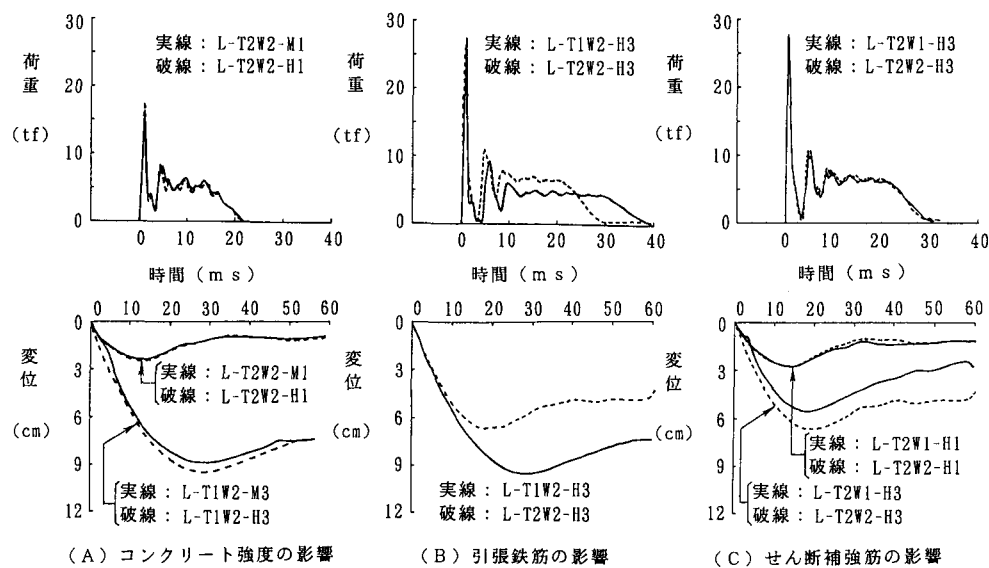


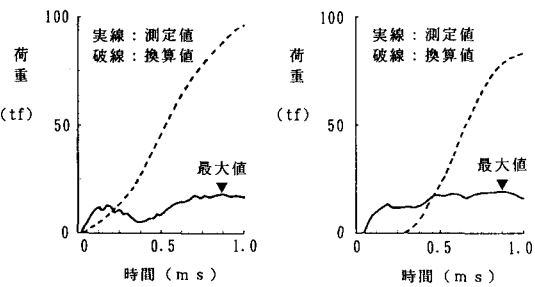
図-2: 荷重及び変位の比較

して $P = m \alpha$ として得ることもある。はりに作用する衝撃荷重は、荷重作用面の接触範囲が小さければ近似的に接触域近傍のせん断力で表され、せん断力は曲げモーメントの微分、曲げモーメントはひずみで表される。したがって、はり下端のひずみを計測すれば衝撃荷重が測定できることになる。断面高さ h のはりでは、最大引張応力 σ_t ははりの下端で生じる。またはりの中央部に微小幅の等分布荷重が載荷された場合を考えると、載荷荷重は次式で表される。

$$P(t) = 2E \cdot (2 \cdot I / h) \cdot (\varepsilon_2(t) - \varepsilon_1(t)) / dx \quad \dots \dots (1)$$

ここに、 $P(t)$: 載荷荷重(kgf)、 E : ヤング係数(kgf/cm²)、 I : 部材の断面2次モーメント(cm⁴)、 h : 部材の断面高さ(cm)、 $\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon_2(t)$: 部材中央部下面のひずみ、 dx : ひずみ ($\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon_2(t)$) 測定位置間隔(cm)である。

実験で得られたひずみデータを式(1)に代入して、衝撃荷重の算定を試みた。Eは材料特性試験より求め、 $\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon_2(t)$ はそれぞれ部材中央部より0mm, 30mm位置のひずみデータを使用した。図-3に、荷重の測定値と(1)式による換算値との比較例を示す。(1)式より載荷荷重($P(t)$)とひずみの差($\varepsilon_2(t) - \varepsilon_1(t)$)の間には線形的な関係があるが、荷重の測定値との間には認められない。また荷重の最大値についても、換算値はかなり大きな値となっている。ひずみデータについては同一種類の試験体の場合でもばらつきが多く、今回の実験データからは本算定法の適用性について確認することはできなかった。



4. 結論: 以上、本実験結果よりRC部材の耐衝撃性に及ぼす部材断面諸元、材料特性及び載荷速度の影響について確認することができた。特に引張鉄筋比及び載荷速度が衝撃荷重及び終局変位量を大きく左右することが分った。また、鉄筋ひずみデータより衝撃荷重を求める方法については今後さらに検討する予定である。