

V-352

各種RC梁の耐衝撃性に関するエネルギー論的考察

室蘭工業大学 学生員 村瀬 尚久
 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

本研究は、異形鉄筋およびAFRP ロッドで補強した RC 梁の耐衝撃性を検討することを目的として、補強筋比の異なる各種 RC 梁および無筋梁に関する重錘落下による衝撃実験を行い、支点反力と梁中央変位との関係、吸収エネルギーと破壊時の載荷エネルギーの関係について検討を行った。

2. 実験の概要

図-1 に試験体の形状寸法および配筋位置を示す。実験に用いた試験体は表-1 に示す 11 体である。

試験体名は、表に示している様に補強筋の種類（D：異形鉄筋，RA：AFRP ロッド，N：無筋），呼び径および本数（一以下）で表している。

衝撃実験は、載荷速度（重錘が梁に衝突する直前での速度）を $v = 1 \text{ m/sec}$ から 1 m/sec 刻みで増加させ破壊するまで行った。表中の静的耐力は、表-2 に示す補強筋の力学的特性を用いて、断面分割法により分割数を 48 とし算出した。

試験体製作に用いたコンクリートの呼び強度は全て $f'_{ck} = 255 \text{ kgf/cm}^2$ である。なお、表-1 には衝撃実験終了後の破壊形式および残留変位量を整理している。

衝撃荷重は、梁中央に重量 200 kgf、直径 15 cm の鋼製の重錘を所定の高さから自由落下させることによって載荷した。また、スパン中央には容量 80 mm の非接触式変位計（レーザ式変位計）を設置して変位応答を測定した。

本実験では、支点部のリバウンドを防止するため梁の両端面から 25 cm の位置で鋼製の治具を用いて、ピン支持に近い構造となるように上下を固定した。なお、支点部には衝撃荷重測定用に開発したロードセルを設置し、動的反力を測定している。

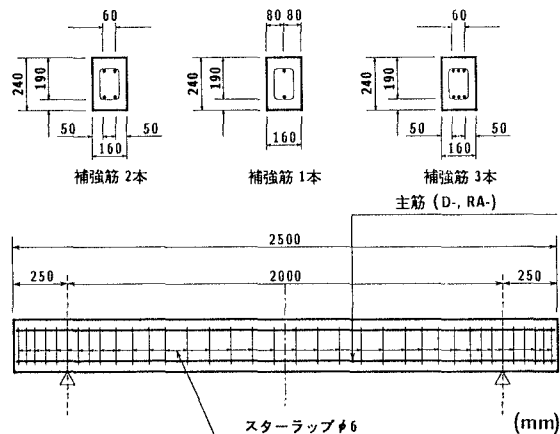


図-1 試験体の形状寸法および補強筋の配置位置

表-1 試験体および実験結果

試験体名	載荷速度 (m/sec)	破壊形式	補強筋比 (%)	静的耐力 (tf)	残留変位量 (cm)
D10-1	1 ~ 3	下端筋降伏	0.23	0.972	4.13
D10-2	1 ~ 4	下端筋降伏	0.47	1.834	4.82
D10-3	1 ~ 4	下端筋降伏	0.69	2.530	3.68
D13-2	1 ~ 4	下端筋降伏	0.83	3.164	3.50
D16-2	1 ~ 5	下端筋降伏	1.31	4.502	3.61
D19-2	1 ~ 6	下端筋降伏	1.88	6.876	3.98
N	1 ~ 3	下端引張破壊	0.00	0.228	5.62
RA5-2	1 ~ 4	下端筋の破断	0.14	2.172	8.63
RA7-2	1 ~ 6	下端筋破断及び圧壊	0.28	3.480	6.98
RA9-2	1 ~ 6	圧壊	0.42	4.150	1.34
RA11-2	1 ~ 6	圧壊	0.56	4.728	1.22

表-2 補強筋の力学的特性

補強筋名称	D10	D13	D16	D19	RA5	RA7	RA9	RA11
材質	SD295A			SD345	アラミド繊維			
公称直径(mm)	9.5	12.7	15.9	19.1	5.2	7.3	9.0	10.4
公称断面積(cm ²)	0.71	1.27	1.99	2.87	0.21	0.42	0.63	0.85
引張耐力(tf)	3.2~4.4	5.7~7.8	8.9~12.2	14.3以上	3.2	6.4	9.6	12.8
降伏耐力(tf)	2.1以上	3.8以上	6.0以上	10.1~12.9				
ヤング係数 ($\times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$)	2.1				0.7			
弾性伸び率(%)	0.2				2.0			

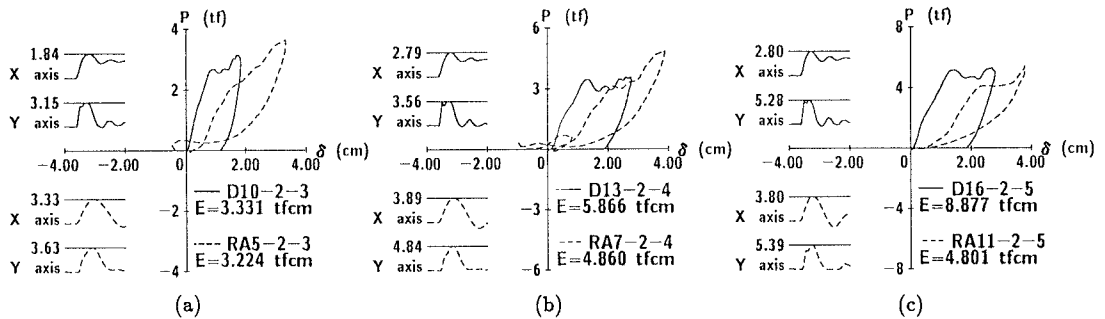


図-2 支点反力と梁中央変位の関係

3. 耐衝撃性のエネルギー論的考察

図-2 に補強筋の特性による耐衝撃性の差異を検討するため、支点反力と梁中央変位の関係を比較して示した。

(a) 図は、静的耐力が同程度の D10-2 と RA5-2 を比較したもので、ともに $v = 4 \text{ m/sec}$ 載荷で破壊した梁の $v = 3 \text{ m/sec}$ 載荷時における反力と変位の関係を示している。なお、図中の X, Y は各々変位および反力の応答波形を示している。図より、反力と変位の関係は D 梁と RA 梁で大きく異なることが分かる。D 梁では弾性的に大きな支点反力が励起され、ほぼ一定の反力状態で変形が進行し、その後初期剛性と同程度の剛性で除荷状態となり、極めて大きな変位が残留している。一方、RA 梁ではほぼ弾性的に静的耐力以上の反力が励起され、応答変位量も D 梁に比べて 2 倍程度の大きさとなるが、残留する変位は極めて小さい。そのため、反力と変位のなすループの面積が両梁でほぼ同程度となっている。この面積を吸収エネルギーと仮定するならば、両梁の吸収エネルギーは同程度であり、両梁が同じ載荷エネルギーで破壊したと符合する。

(b) 図は、静的耐力が同程度の D13-2 ($v = 4 \text{ m/sec}$ 載荷で破壊) と RA7-2 ($v = 6 \text{ m/sec}$ 載荷で破壊) の $v = 4 \text{ m/sec}$ 載荷における反力と変位の関係を比較したものである。反力と変位の関係は (a) 図とほぼ同様であるが、反力と変位のなすループの面積である吸収エネルギーは D13-2 の方が RA7-2 よりも大きい。すなわち、同じ載荷速度では吸収エネルギーの大きな梁ほど耐衝撃性に劣ることが分かる。(c) 図は、静的耐力が同程度の D16-2 ($v = 5 \text{ m/sec}$ 載荷で破壊) と RA11-2 ($v = 6 \text{ m/sec}$ 載荷で破壊) の $v = 5 \text{ m/sec}$ 載荷における反力と変位の関係を示したものである。この図からも (b) 図と同様に、耐衝撃性に劣る D 梁の吸収エネルギーが RA 梁よりも大きいことが分かる。このように、同じ載荷速度で比較すると、吸収エネルギーの大きい梁ほど耐衝撃性が劣ることが分かる。

図-3 に各梁の破壊時の吸収エネルギーとその時の載荷エネルギーの比率を示した。() 内の数字は計測可能な最大の載荷速度である。無筋梁を含む低補強筋比の梁でばらつきがあるものの、D10-3 から RA11 までほぼ一定の比率を示している。これらを平均すると比率は約 36 % となり、梁の補強筋比や補強筋の特性に関わらず、梁が破壊するときの吸収エネルギーは載荷エネルギーの約 1/3 であることが分かる。

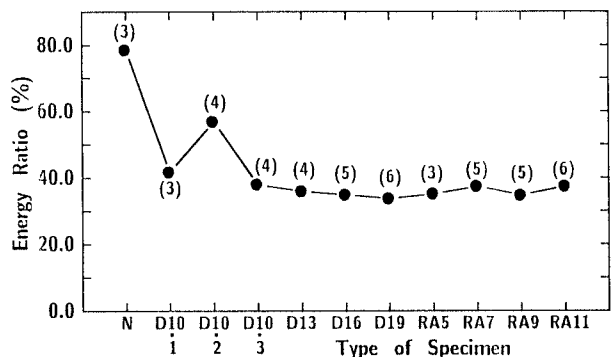


図-3 吸収エネルギーと載荷エネルギーの比率

4. まとめ

耐衝撃性のエネルギー論的検討から、同一載荷速度で比較すると耐衝撃性に優れた梁は吸収エネルギーが小さいことが明らかになった。また、梁の限界吸収エネルギーは補強筋の特性や量に関わらず固有であり、本実験の場合には載荷エネルギーの 1/3 程度である。この比率は今回の実験に用いた梁の断面寸法で固有な値であることも考えられる。今後、異なる断面寸法の梁に関する実験を行い、このエネルギー比率を確認したいと考えている。