接触・近接爆発を受けるRC梁の破壊挙動に関する基礎的実験

防衛大学校 学生会員 〇永田 真 正会員 市野 宏嘉 別府 万寿博

1. 緒元

近年,世界中で爆破テロや爆発事故が頻発してお り,爆発荷重に対する構造物の安全性評価手法や耐 爆設計法の確立が求められている.本研究は,耐爆 設計法に資することを目的とし,接触・近接爆発を 受ける RC 梁の破壊挙動について実験的検討を行っ たものである.

2. 実験の概要

図 -1 に RC 梁の概要を示す. RC 梁の寸法は梁幅 120mm,梁高 180mm であり,支点間距離は 1,100mmとした.軸方向鉄筋には D10 異形鉄筋を, せん断補強筋には D6 異形鉄筋を用い,引張鉄筋比 を 0.82%,せん断補強筋比を 0.50%とした. コンク リートの圧縮強度は 27.1N/mm² である.

写真 - 1 に実験状況の外観を示す. 梁の支点は梁の 回転を許容し, ピン支持に近い構造とした. 爆薬に は C4 爆薬 376g を用い, 爆薬の起爆には 6 号電気雷 管を用いた. C4 爆薬の TNT 爆薬に対する爆発熱の 比は 1.25 であるため¹⁾,本実験で用いた C4 爆薬の TNT 換算質量は 470g となる. 爆薬は RC 梁中央の 上部に設置し, 爆薬の中心から RC 梁の上面までの 距離(以下,離隔距離と呼ぶ)が所定の高さとなる ように設定した. 表 - 1 に実験ケースを示す. 実験は 爆薬量を一定とし,接触爆発および次式で定義され る換算距離が 0.10m/kg^{1/3}, 0.20m/kg^{1/3}, 0.30m/kg^{1/3} になるように離隔距離を 77mm, 154mm, 231mm と変化させて実施した.

$$Z = \frac{R}{W^{1/3}} \tag{1}$$

ここに、*R*は離隔距離(m)、WはTNT 換算質量(kg)
を示す.実験は、換算距離が 0.20m/kg^{1/3}のケースは
2回行い、他のケースは1回のみ行った.

爆風圧を計測するため,近接爆発実験においては 写真 - 1 に示すように,梁の直交方向に梁上面と同一 高さの計測用架台に圧力センサを 100mm 間隔で設 置した.すなわち,圧力センサにより RC 梁中央か





写真-1 実験状況の外観

表-1 実験ケース

実験 番号	C4 直径・高さ (mm)	C4 質量 (g)	TNT 換算質量 W (g)	離隔距離 <i>R</i> (mm)	換算距離 Z (m/kg ^{1/3})	圧力計測 (○:計測)
1				接触	0.00	未実施
2				77	0.10	0
3-1	70	376	470	154	0.20	0
3-2				154	0.20	計測不良
4				231	0.30	0

ら 100mm, 200mm, 300mm, 400mm, 500mmの 位置に作用する圧力を計測した. ただし実験 3-2 に ついては計測不良であった.

実験結果および考察

3.1 圧力波形

図-2 に, 圧力センサから得られた圧力波形を示 す. 図から, いずれのケースにおいても梁中央に近 い位置では, 爆風圧がセンサ位置に到達すると瞬間 的に高い圧力が生じるため, 立ち上がりが鋭い性状 を示している. 一方, 端部に近い位置では, 距離が 増大し爆風圧が減衰されるため, 梁中央部に比べて

キーワード RC 梁,接触爆発,近接爆発,圧力分布,全体破壊,局部破壊

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 Tel:046-841-3810

緩やかに変化する性状を示している.また,最大圧 カについては,梁中央から端部へ向かうにしたがい 急激に減少する傾向が認められる.作用時間につい ては,例えば図 - 2(b)に示す実験 3-1の梁中央に近い P1の場合は約 0.08ms であるのに対し,端部側の P 5 の場合は約 0.12ms となっており,梁中央から端部 へ向かうにしたがい増加する傾向が認められる.

3.2 破壊性状

写真 - 2 に, 爆発実験後の RC 梁の破壊性状と梁中 央における残留変位を示す. 接触爆発の実験1では 本実験ケースの中で最大となる残留変位 44mm が生 じた. また, 中心部のコアコンクリートが完全に欠 損する局部破壊が生じており,実験後に飛散したコ ンクリート片を観察したところ、細かいものでは粗 骨材程度の大きさに破砕されていた.実験2では残 留変位 36mm が生じ、中心部のかぶりコンクリート が剥離していた. コアコンクリートには多数のひび 割れが生じているが, コンクリート片はせん断補強 筋の内側に残留していた.実験 3-1 および 3-2 は同一 の離隔距離であり,残留変位はともに 8mm であった. 実験2と同様の局部破壊が生じているが、実験1お よび2と比較して局部破壊が生じた範囲は減少して いる.実験4では残留変位6mmが生じ、中央上部の 隅角部の一部に欠損があり,側面には斜め方向のひ び割れと中央部下縁から下端鉄筋位置まで伸びる曲 げひび割れ, 軸方向鉄筋に沿ったひび割れが確認さ れた. また, クレータおよびスポールは確認されな かったことから、今回の実験条件下における局部破 壊の発生限界は、離隔距離が 154mm から 231mm の 間にあると考えられる.

以上から,離隔距離が短くなるにしたがい残留変 位が増大するとともに局部破壊が生じる範囲が増加 する傾向が認められた.

4. 結言

接触・近接爆発荷重を受ける RC 梁の破壊挙動を 調べるため爆発実験を行った.爆薬量を一定にした 場合,接触爆発では残留変位が最も大きくコアコン クリートが完全に欠損する局部破壊が生じた.近接 爆発においては最大圧力が梁中央から端部へ向かう にしたがい急激に減少する傾向があること,また離 隔距離が短くなるにしたがい,残留変位とともに局 部破壊が生じる範囲が増加していくことがわかった.





写真 - 2 接触・近接爆発による RC 梁の破壊性状

参考文献

1) 火薬学会:エネルギー物質ハンドブック,共立出版株式会社,1999.3