

I-512

飛翔体の高速衝突によって生じるRC板の局部破壊に及ぼす鉄筋の効果

防衛大学校 学員 北川 真・松本 憲幸
同 正員 大野 友則・内田 孝

1. まえがき

物体が鉄筋コンクリート(RC)構造物に高速で衝突すると、構造物には裏面剥離や貫通などの局部的な破壊が生ずる。局部破壊に関する従来の研究は、剛な物体がマッシュなコンクリート試験体に衝突する実験に基づいたものである。しかしながら、実際に起こり得ると考えられる衝突問題(例えば航空機の墜落や高速車両の事故によりRC構造物に衝突する)では、衝突に際して物体自体が変形し、また構造物の部材には局部破壊とともにせん断あるいは曲げ変形が生ずる。したがって、RC構造物では鉄筋(配置間隔や鉄筋径)の影響を考慮することが重要である。本研究では、鉄筋配置間隔(コンクリート板厚および鉄筋径は同一)が異なるRC板ターゲットに、胴体部の耐力が異なる2種類の飛翔体を高速衝突(約200m/sec)させる衝突実験を行い、鉄筋が局部破壊の大きさに及ぼす効果を調べたものである。

2. 高速衝突実験の概要

(1)RC板試験体：試験体は、図-1に示すように10×60×60cmの正方形単鉄筋コンクリート板である。実験では、主として鉄筋の配置間隔の相違が局部破壊の大きさに及ぼす影響を調べることを目的とすることから、鉄筋径($\phi 6$)およびコンクリート板厚(10cm)は一定とした。なお、図-1(d)に示す試験体は、衝突点に鉄筋の交叉部が存在する場合である。

(2)飛翔体：飛翔体の一例を図-2に示す。飛翔体は、材質が異なる頭部・胴体部および尾部から成っている。頭部は鋼製(重量は160gで一定)で、先端形状は平坦とした。胴体部には、表-1に示すように筒体強度(座屈耐力)の異なる2種類の中空パイプを用いた。

(3)衝突実験装置：衝突実験装置は、高速載荷装置と飛翔体発射装置¹⁾(写真-1、図-3)から構成される。本装置は、高速載荷装置で発射装置の増圧ジャッキ内の空気を瞬間的に高速・高圧にした圧搾空気の圧力を利用して物体を発射させるものである。本実験に用いた物体の重量は約430gであり、衝突速度は約200m/secであった。RC板ターゲットは、発射管の出口から1.2mの位置に置いた。また、RC板の上部を2本のスリングで吊って、飛翔体が衝突した際衝突方向に移動可能な機構とした。飛翔体の衝突位置は、RC板ターゲットの中央である。

(4)計測：RC板に生じる加速度および変位応答を調べるために、図-4に示す位置に加速度計(500および100,000G用)および渦電流式非接触変位計を配置した。また、図-1に示す位置の鉄筋ひずみを計測した。

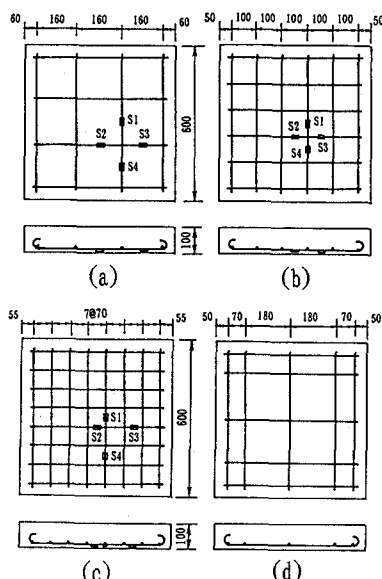


図-1 RC板ターゲットの概要
およびひずみゲージ位置

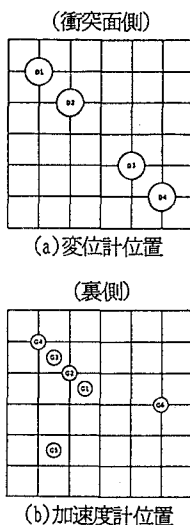


図-4 計測器の配置

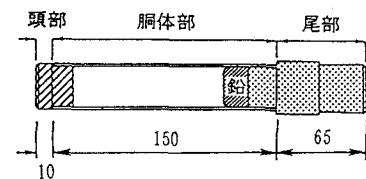


図-2 飛翔体の概要

表-1 飛翔体胴体部の諸元

胴体部 材	外径 (cm)	肉厚 (cm)	長さ (cm)	重量 (gf)	座屈耐力 (tonf)
鋼(厚肉)	3.83	0.42	5.0	173.10	19.02
ステンレス	3.41	0.15	15.0	174.15	5.10

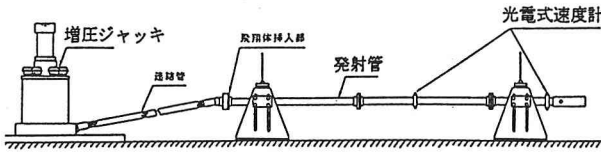
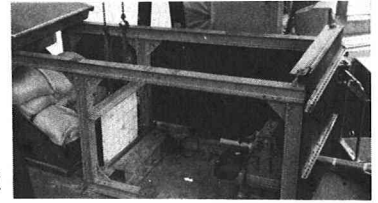


図-3 発射装置の概要

写真-1

RC板の配置



3. 実験結果および考察

(1)鉄筋交叉部の有無による局部破壊の相違: 図-5, 6は、板厚が等しいRCターゲットに対し、飛翔体の衝突位置に鉄筋の交叉部の有無による局部破壊の相違を示したものである。図-5は、胴体部が厚肉の鋼パイプの飛翔体による衝突であり、図-6はステンレスパイプの場合である。飛翔体の軸方向座屈耐力の大きさによって破壊の大きさは異なるが、いずれも衝突位置に鉄筋交叉部が存在しない場合は両面に放射状のひび割れが生じる。一方、鉄筋交叉部が存在すると中央で直交する2本の鉄筋に沿うひび割れが卓越する。また、鋼パイプの衝突では、鉄筋交叉部が存在することにより剥離したコンクリートの量が比較的小なく、かつ飛翔体の貫通を防止する効果がある。ステンレスパイプ飛翔体の衝突に対しては、鉄筋が存在する場合の方が裏面に生じた円状ひび割れが少なくなっている。

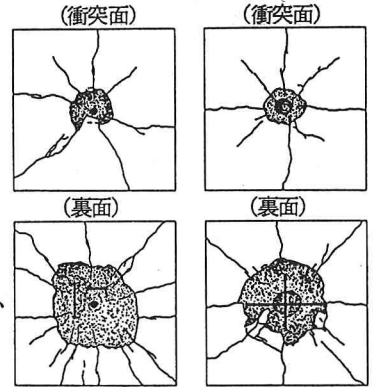


図-5 鉄筋交叉部の有無による局部破壊の相違 (厚肉鋼パイプ)

(2)鉄筋配置間隔の相違による局部破壊の比較: 図-7は、鉄筋間隔が異なる(7, 10, 16cm: 鉄筋比は、0.44, 0.33, 0.22%) RCターゲットに対し鋼(厚肉)パイプ飛翔体を衝突させた結果を示す。間隔が16cmの場合には裏面剥離、10cmの場合は貫通孔が生じている。局部破壊の大きさに違いが現われたのは、RC板厚(10cm)が貫通限界厚(9.5cm)に近かったためと考えられる。しかしながら、鉄筋間隔が10cmと16cmでは間隔の大小は顕著ではない。間隔が7cmの場合は、飛翔体の衝突によって破壊したコーン状のコンクリート塊が残存している。すなわち、鉄筋間隔が小さくなると、メッシュ状の鉄筋がコンクリート塊の脱落を防止する効果があることが認められる。

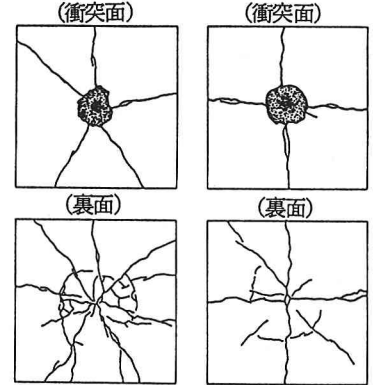
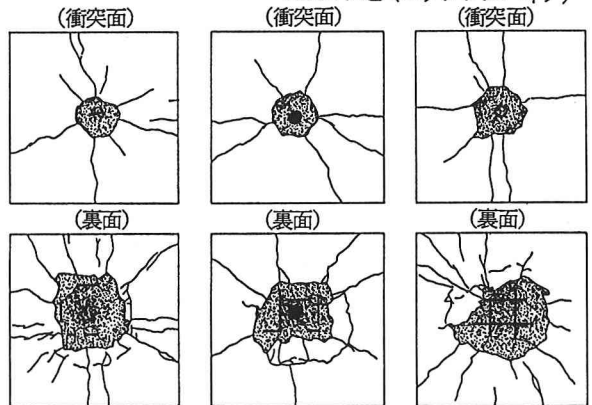


図-6 鉄筋交叉部の有無による局部破壊の相違 (ステンレスパイプ)

4. 結言

本実験の結果、鉄筋間隔を密に配置することにより、局部破壊を小さく抑える効果があることが認められた。とくに、衝突位置に鉄筋あるいは鉄筋交叉部が存在すれば飛翔体の貫通を防止できる。しかしながら、飛翔体の重量、径および衝突速度などが増大することによりメッシュ状に配置された鉄筋が剥される状態が生じ、裏面のかぶりコンクリートが剥落する面積が増加する可能性がある。

1) 内田他: 高速載荷および高速衝突実験装置の開発、落石等による衝撃問題に関するシンポジウム論文集、pp. 105-110, 1991.



(a)鉄筋間隔:16cm

(b)鉄筋間隔:10cm

(c)鉄筋間隔:7cm

図-7 鉄筋配置間隔の相違による局部破壊の比較