

柔飛翔体の高速衝突に対する コンクリート板の局部破壊

防衛大学校 ○ 学生員 松本憲幸 学生員 松永慶二 正会員 高橋芳彦
正会員 内田 孝 正会員 大野友則

1. はじめに

飛翔体が鉄筋コンクリート構造物に高速で衝突すると、構造物には裏面剝離や貫通などの局部的な破壊が生ずる。従来行われた研究は、剛な飛翔体を対象とした高速衝突実験に基づいたものであり、コンクリート板の局部破壊の予測式¹⁾が数多く提案されている。しかしながら、実際に起こり得る衝突問題では、衝突によって飛翔体自体にも変形が生ずる。したがって、剛な飛翔体を対象として提案された局部破壊の予測式をそのまま用いると、局部破壊の大きさが過大に評価されることになる。そこで本研究は、飛翔体胴体部の剛さが異なる5種類の各飛翔体を板厚の異なるコンクリート試験体に衝突させ、主としてコンクリート試験体の局部破壊と飛翔体の変形状について調べたものである。なお、衝突速度はすべての試験に対して同一条件とし、約200m/secに設定した。

2. 実験概要

本実験に用いたターゲット用のコンクリート試験体は、縦横60×60cmの正方形単鉄筋コンクリート板(図-1)であり、厚さを7～15cmの範囲内で種々変化させた。実験時におけるコンクリートの静的圧縮強度は、平均300kgf/cm²であった。なお、コンクリート試験体は上部2ヶ所をワイヤーで吊って支持条件を自由とし、飛翔体の衝突によってコンクリート試験体が衝突方向に移動可能な機構にした。

飛翔体は、図-2に示すように材質が異なる頭部・胴体部・尾部から成っている。頭部(157.2gf)は鋼製で先端形状は平坦である。尾部(97.5gf)はプラスチック製で、全飛翔体とも同一のものをを用いている。胴体部は、剛さが異なる5種類の中空パイプを用いた。胴体部の諸元を表-1に示す。飛翔体の静的軸方向圧縮試験で得られた荷重～変位関係の一例を図-3に示す。本研究では、図中の最初のピーク値(○印)を胴体部の座屈耐力と定め、飛翔体の剛さの基準として用いた。

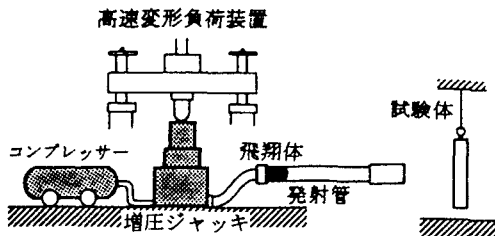


図-4 高速衝突載荷装置の概要

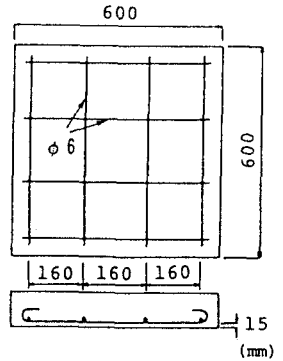


図-1 試験体の形状・寸法

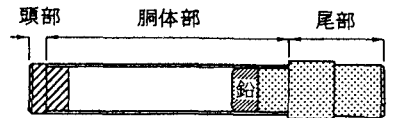


図-2 飛翔体の概要

表-1 飛翔体胴体部の諸元

胴体部 材 質	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
鋼 (薄肉)	3.46	0.23	8.85	172.65	11.38
ステンレス	3.41	0.15	15.0	174.15	5.10
アルミニウム	3.49	0.20	15.0	76.95	3.74
塩化ビニル	3.82	0.36	15.0	79.35	1.90

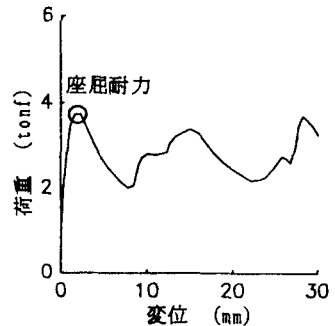


図-3 静的軸方向圧縮試験による
荷重～変位関係 (アルミニウムパイプ)

飛翔体の発射には、図-4に示す高速衝突载荷装置を用いた。本装置は、増圧ジャッキによって発生させた高速・高圧の圧搾空気の圧力を利用して発射管(内径39.85mm)内に固定した飛翔体を発射するものである。

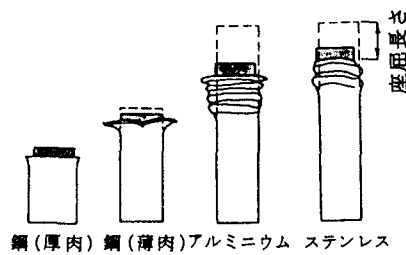


図-5 衝突後の飛翔体胴体部の変形状

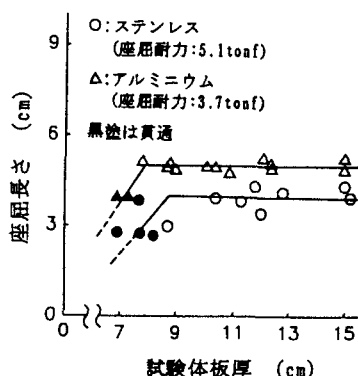


図-6 座屈耐力の相違による座屈長さとの試験体板厚の関係

3. 実験結果

3.1 飛翔体の変形状 各飛翔体の衝突後の変形の一例を、図-5に示す。胴体部に厚肉の鋼パイプを用いた飛翔体の胴体部はほとんど変形しなかった。一方薄肉の鋼パイプ飛翔体は、図に示すように頭部側に花卉状の変形が認められた。これに対し、ステンレスおよびアルミニウム飛翔体は、リング状の変形が頭部側に連続的に生じている。また、塩ビパイプ飛翔体はパイプ全体が破碎した。図-6に、試験体板厚とステンレスおよびアルミニウム飛翔体の座屈長さの関係を示す。座屈耐力が小さいアルミニウムはいずれの場合についても、ステンレスよりも座屈長さが大きい。また、ステンレスおよびアルミニウムともに、コンクリート板を貫通しない場合は板厚にかかわらずば一定の座屈長さであるのに対し、貫通する場合は両者とも貫通しない場合に比べ座屈長さが小さくなる。

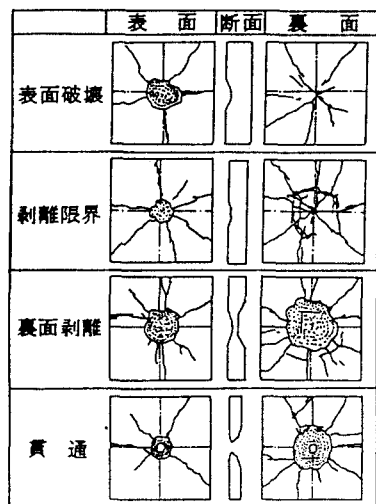


図-7 試験体の局部破壊の区分

3.2 コンクリート試験体の破壊状況 本実験で得られたコンクリート試験体の局部破壊状況の区分を、図-7に示す。この区分にしたがって、それぞれの板厚に対する局部破壊状況と飛翔体の座屈耐力の関係を示すと、図-8のとおりとなる。図から、飛翔体の座屈耐力が小さくなれば、試験体の裏面剝離および貫通の限界厚が小さくなる傾向が認められる。また、剛飛翔体を対象とするN D R C式¹⁾を用いて算定した剝離限界厚(Y_S (NDRC))および貫通限界厚(Y_P (NDRC))を図中に点線で示している。図から明らかなように、N D R C式で求められる剝離および貫通の各限界厚は、本実験で用いた座屈耐力19tonf程度の鋼(厚肉)パイプ飛翔体による結果とほぼ一致する。しかしながら、座屈耐力が小さい飛翔体に対しては、それぞれの限界厚を過大に評価していることが認められる。したがって、N D R C式を用いて柔飛翔体に対する局部破壊の大きさを評価する場合、座屈耐力の大きさに応じた低減係数を考慮する必要がある。

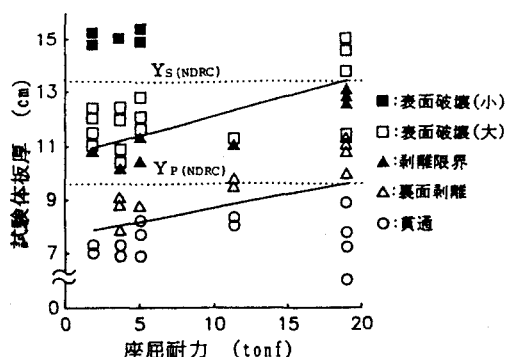


図-8 局部破壊に及ぼす試験体板厚と座屈耐力の関係

1) George E. Sliter: Assessment of Empirical Concrete Impact Formulas, Proc. of ASCE, Vol. 106, ST5, pp. 1023-1045, May, 1980.