

防衛大学校土木工学科 学生会員 ○ 北 川 真

" 正 会 員 内 田 孝

" 正 会 員 大 野 友 則

大林組技術研究所 正 会 員 井 元 勝 慶

1. はじめに 航空機の墜落事故等に対する原子力関連施設の安全性を検討する目的から、我国でも高速飛来物を対象とした鉄筋コンクリート構造物の耐衝撃性に関する研究が進められている。構造物の耐衝撃性を向上させる方策としては、補強鋼板、緩衝材を配置する等のほか、2重壁構造とすることが議論されている。2重壁構造は、貫入と2次的作用に対する防護という2重機能を満足させるため1重壁構造よりも有利であることが報告されている。²⁾ そこで本研究では、厚さの異なる2枚のRC板を重ねた2重RC壁構造部材を対象として高速衝突実験を行い、局部破壊の程度や耐衝撃性について調べたものである。さらに、2枚のRC板の間に緩衝材を配置し、その効果についても調べた。

2. 実験の概要 (1) 実験装置：本実験は、高速載荷試験装置と飛翔体発射装置から構成される高速衝突実験装置(図-1)を用いて行った。本装置は、コンプレッサで与圧された増圧ジャッキ内の空気を高速載荷試験装置により瞬間的に高速・高圧にし、その圧搾空気の圧力を利用して飛翔体を発射させるものである。実験では、飛翔体の重量を430g、衝突速度を約170m/sとした。

(2) 試験体：試験体には正方形単鉄筋コンクリート板(3~10×60×60cm)を使用し、鉄筋径(φ6)及び鉄筋間隔(15cm)は一定とした。RC試験体の厚さは8cm, 9cm, 10cmを基準板厚とし、2重RC壁構造の試験体については2枚のRC板の厚さの和が基準板厚に等しくなるように組み合わせた。また、試験体の構造は一体型、積層型及び空隙型の3タイプとし、積層型については2枚の板の間に緩衝材を配置した。なお、2重壁構造の試験体については板間隔を3cmにした。試験体の構成及び寸法を図-2に示す。

(3) 緩衝材：緩衝材には物理的、化学的な面や施工性等を考慮し、ウレタンフォームを選定した。緩衝材の厚さは3cmであり、圧縮強度は1.23kg/cm²である。(圧縮速度:5mm/min)

(4) 飛翔体：飛翔体は頭部、胴体部、尾部から構成されており、胴体部に筒体強度の異なる鋼パイプとステンレスパイプの2種類を使用した。なお、先端形状は全て平坦とした。(図-3)

(5) 測定：試験体の裏面7ヶ所に加速度計(圧電素子電圧出力型)を取り付け試験体裏面の加速度を計測した。

3. 実験結果および考察 (1) 破壊径からの検討：図-4に、本実験結果を示す。(a)は鋼パイプ、(b)はステンレスパイプの場合である。まず(a)について、基準板厚10cmの場合には一体型に比べて積層型及び空隙型の方が破壊径が減少しており、2重壁構造による裏面剥離の抑制効果が認められる。とくに、前壁厚が7cmの場合

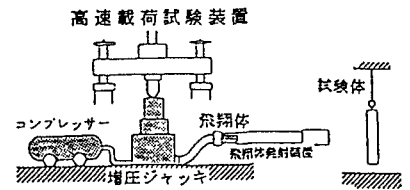
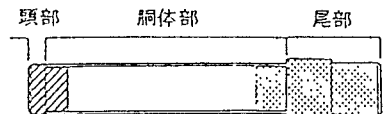


図-1 衝突実験装置の概要

Type	一体型	積層型 及び 空隙型					
	(基準板厚)	前壁	後壁	前壁	後壁	前壁	後壁
板	8	4	4	5	3	3	5
厚	9	4.5	4.5	6	3	3	6
(cm)	10	5	5	7	3	3	7

試験体寸法 (mm)	600		15
	150		
	150		600
			30~100

図-2 試験体の構成及び寸法



胴体部材	胴体部長さ	胴体部外径	胴体部肉厚	圧縮力	飛翔体の全重量
鋼 (圧肉)	50cm	3.83	0.42	19.02tf	430g
ステンレス	15.0cm	3.41	0.15	5.10tf	

図-3 飛翔体の概要及び諸元

には積層型、空隙型ともに裏面剥離を防止している。また、積層型については、前壁が厚いほど裏面剥離を抑える効果が顕著になっている。なお、基準板厚8cmと9cmの場合については全て貫通した。次に(b)について、基準板厚10cmの場合には一体型が裏面剥離を起こしていないのに対し、積層型については前壁厚7cmの場合を除き裏面剥離が生じている。一方、空隙型については一体型と同様に全て裏面剥離が生じていない。また、基準板厚9cmの場合には一体型が貫通しなかったにもかかわらず、積層型、空隙型ともに貫通した。これは、試験体板厚が貫通限界厚に近いために結果に差異が生じたと考えられる。

(2) 破壊状況からの検討：2重壁構造化による裏面剥離の抑制効果が認められた基準板厚10cmの場合の試験体の破壊状況を、図-5に示す。図より、前壁が厚くなるほど前壁の局部破壊の程度が大きくなり後壁の局部破壊は小さくなる。これは、前壁が厚いと飛翔体が前壁を貫通するために多大なエネルギーを失うので後壁に対する衝撃力が小さくなるものと考えられる。

(3) 加速度分布からの検討：図-6に、加速度分布の比較の一例として図-5の前壁厚7cmの場合（積層型、空隙型）の加速度分布と板厚10cmの一体型の加速度分布を比較したものを示す。加速度分布から、衝突点近傍（衝突点0cm～15cm）における試験体裏面の加速度は一体型よりも積層型と空隙型の方が低い値を示しており、2重壁構造化による効果が確認できる。

基準板厚10cm（ウレタン厚、板間隔：3cm）

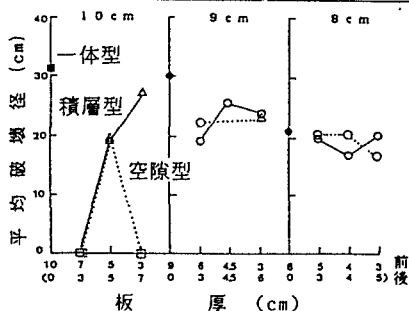
Type		積層型	空隙型	積層型	空隙型	積層型	空隙型
前(後)壁厚		7cm(3cm)		5cm(5cm)		3cm(7cm)	
破壊状況	前						
	壁後						
	後						
	壁後						

図-5 破壊状況（飛翔体：鋼パイプ）

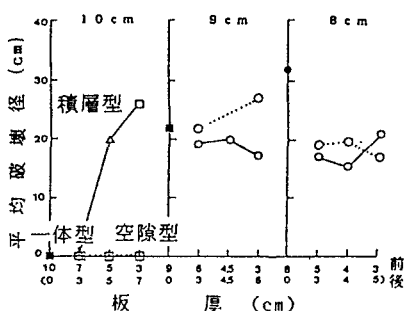
4. まとめ 本実験の結果から、以下のことが明らかとなった。①2重壁構造は裏面剥離に対して有効であり、特に前壁を厚くするほど耐衝撃性が向上する。②本実験では、2重壁構造及び緩衝材の配置による、貫通に対する効果は認められなかった。

参考文献] 1)松本、高橋、内田、大野：柔飛翔体の高速衝突に対するコンクリートの局部破壊，第18回関東支部技術研究発表会 2)Josef Eibl：Zweischalige Wandkonstruktionen aus Stahlbeton unter weicher Stoßbeanspruchung（柔衝突（航空機墜落）を受ける鉄筋コンクリート2重壁構造）

凡例	貫通 貫通限界 裏面剥離	一体型	積層型	空隙型
		●	○	○
		▲	△	△
		■	□	□



(a) 鋼パイプの場合



(b) ステンレスパイプの場合

図-4 平均破壊径～板厚関係

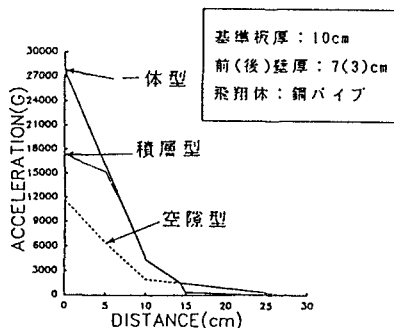


図-6 加速度分布