

ポリウレア塗布による RC 版の耐衝撃性向上効果に関する検討

大成建設株式会社 正会員 ○島崎 利孝 武者 浩透
防衛大学校 正会員 別府 万寿博 片岡 新之介

1. 目的

近年、構造物の耐衝撃補強において、ポリウレア樹脂(ポリウレア)に関する研究が行われてきている(例えば¹⁾)。ポリウレアは、高い伸縮性、耐候性を有しており、日本では主に防水用途として、屋上や床等へ使用されている。一方で、海外では耐衝撃補強としても用いられている。しかし、ポリウレアを塗布した構造部材の衝撃実験に関する研究例は少なく、その有効性に関しては不明な点が多い。そこで、本研究では、RC 版の衝突裏面にポリウレアを塗布し、飛翔体の衝突実験を行った。特に、RC 版とポリウレア塗布 RC 版との破壊性状の違いに着目し、ポリウレアによる耐衝撃性の向上に関して検討を行った。

2. 実験概要

図-1 に衝突実験で用いた高圧空気式飛翔体発射装置の概要を示す。空気圧により質量 4~10kg の飛翔体を速度 20~100m/s で発射することが可能である。飛翔体の衝突速度は、パネル側面側に設置した高速度カメラで衝突の瞬間を記録し、その映像を解析することで算出した。写真-1 に本試験で使用した飛翔体を示す。飛翔体の形状は、長さ 430mm、先端部は直径 90mm の半球型である。質量は 8.3kg で、これは竜巻等の飛来物を想定したものである。

表-1 に実験水準を示す。実験要因は版厚と、ポリウレア塗布の有無、衝突速度とした。衝突速度は、RC 版の局部破壊評価式である電中研式²⁾に基づき、それぞれの版厚で裏面剥離を生じると予想される速度を設定した(版厚 150mm:速度 70m/s, 版厚 200mm:速度 100m/s)。

RC 版の配筋図を図-2 に示す。RC 板の寸法は 1150mm×1150mm の平板であり、板厚は 150mm および 200mm とし、鉄筋間隔を 200mm、純かぶりを 30mm とした。厚さ 150mm では D13 を用い鉄筋比を 0.85%、厚さ 200mm では D16 を用い鉄筋比を 1.0%とした。実験時における RC 版の圧縮強度は 40.3N/mm²である。

表-2 にポリウレアの物性を示す。伸び率 400~500%のポリウレアを用い、図-2 に示すように RC 版の裏面に 800mm 四方で吹き付けた。吹き付けに際しては、事前にプライマー処理を行った。ポリウレアの平均塗布厚さは 7.5mm であった。

3. 実験結果

表-3 に各ケースの実験結果を示す。RC 版(R150, R200)には裏面剥離が生じ、裏面の剥離片が激しく飛散した。一方で、ポリウレア塗布 RC 版(RP150, RP200)は、外観上は裏面のポリウレアに膨らみが生じたが、剥

キーワード ポリウレア, 耐衝撃性能, 中速度衝突実験, RC 版, 裏面剥離, 剥離片飛散抑制

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター 生産技術開発部 TEL045-814-7219

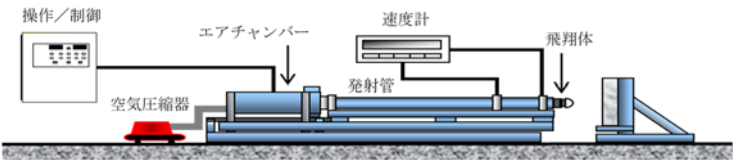


図-1 高圧空気式飛翔体発射装置の概要

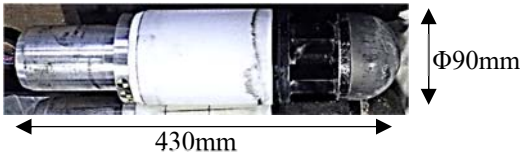


写真-1 鋼製飛翔体

表-1 実験水準

ケース名	RC版の厚さ(mm)	ポリウレアの塗布	衝突速度(m/s)
R150	150	無し	67
RP150	150	7.5mm塗布	71
R200	200	無し	96
RP200	200	7.5mm塗布	95

表-2 ポリウレアの物性

密度(g/cm ³)	引張強度(N/mm ²)	伸び率(%)	圧縮強度(N/mm ²)
ASTM D-1622	ASTM D-412	ASTM D-412	ASTM D-695
1.10~1.12	19.3~22.1	400~500	5.52

※メーカーの技術資料をもとに作成。表中の ASTM は試験方法を示す。

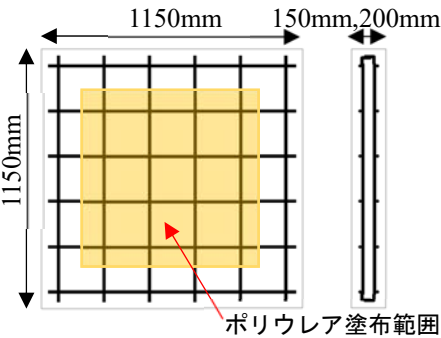
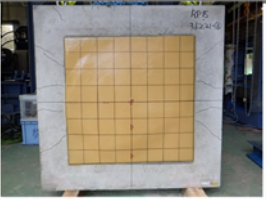
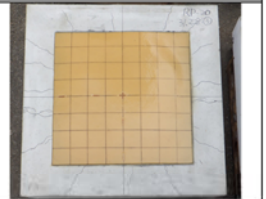


図-2 RC 版配筋図

表－3 実験結果

ケース名	R150	RP150	R200	RP200
衝突裏面				
厚さ(mm)	150	150	200	200
衝突速度(m/s)	67	71	96	95
破壊状況	裏面剥離(貫通限界)	裏面剥離(貫通限界.飛散抑制)	裏面剥離	裏面剥離(飛散抑制)
貫入深さ(mm)	(貫通孔が生じ計測不可)	(貫通孔が生じ計測不可)	63.8	58.8
裏面損傷面積(mm ²)	241,000 (18.2%)※1	371,000 (28.1%)※1	303,000 (22.9%)※1	352,000 (26.6%)※1
ポリウレアの付着切れ面積(mm ²)		472,000 (73.8%)※2		451,000 (70.5%)※2

※1 RC版裏面面積に対する裏面損傷面積の割合
※2 ポリウレア塗布面積に対する付着切れ面積の割合

離は生じていない。この破壊性状に関しては、高速度で行われた既往の飛翔体衝突実験³⁾でも同じ結果が報告されているが、写真－2に示すポリウレア塗布 RC 版の断面写真からわかるように、RC 版では裏面剥離が生じたが、剥離片の飛散をポリウレアが抑制していたことが確認された。

表－4に衝突実験後のポリウレアの形状データを示した。ここで、最大残留隆起高さは、実験後に計測したポリウレア面の最大の隆起高さである。最大残留伸縮率は、ポリウレアに事前に100mm 間隔のメッシュを描き(表－3 参照)、衝突試験後に各メッシュの長さを計測して算出した。隆起高さに関して、RP150は貫通孔が生じ、RP200よりも損傷が激しいため、ポリウレア面の隆起が大きくなったと考えられる。また、版厚によらず最大残留伸縮率が同一である理由は、ポリウレアの隆起形状が異なり、付着切れ面積が隆起高さに伴い増加したためと考えられる。図－3に各試験ケースの裏面損傷面積を示す。ポリウレア塗布 RC 版はポリウレアを剥がし、裏面損傷面積を計測した。厚さ150mm、200mmともに、裏面損傷面積はポリウレアを塗布した場合の方が大きかった。また、ポリウレアの付着切れ面積に基づいて、衝突後のポリウレアの残留付着面積率を算出したところ、RP150は26.2%、RP200は29.5%となり、これによりポリウレア層の剥離が抑制されていたと考えられる。

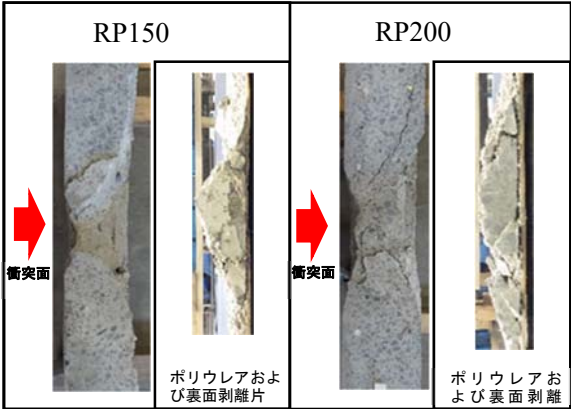
4. まとめ

今回の中速度飛翔体衝突実験を行った結果、以下のことが分かった。

RC 版へのポリウレア塗布は、局部損傷に対する低減効果は大きくないが、剥離片の飛散に対しては抑制効果が認められた。RC 版と比較すると、ポリウレア塗布 RC 版の裏面剥離面積が大きい傾向にあった。本実験ではポリウレアの残留付着面積が30パーセント以下であり、これによりポリウレアの剥離が抑制されていた。

参考文献

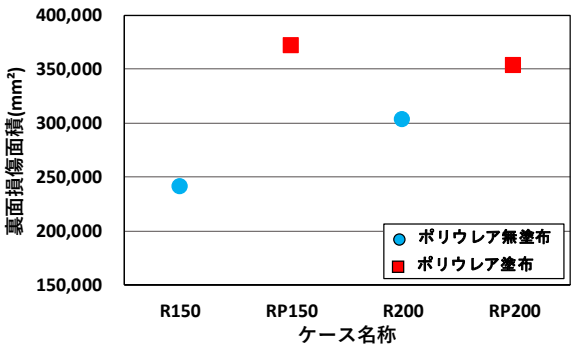
1) 足立国明, 原木大輔, 香月智, 福井秀平: 樹脂補強コンクリート供試体の飛散片抑止効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, pp.847-852, 2008 年
2) 電力中央研究所: 飛来物の衝突に対するコンクリート構造物の耐衝撃設計法, 電力中央研究所報告, 総合報告 U24, 1991
3) 三輪幸治: 剛飛翔体の高速衝突を受けるコンクリート板の裏面剥離の発生メカニズムと耐衝撃補強に関する研究, 防衛大学校理工学研究科後期課程卒業論文, p95-116, 2011



写真－2 ポリウレア塗布 RC 版の断面写真

表－4 試験後のポリウレアの形状データ

ケース名	最大残留隆起高さ(mm)	衝突時の隆起高さ(mm)	最大残留伸縮率(%)
RP150	21	約60	2
RP200	10	約25	2



図－3 各試験ケースの裏面損傷面積