

ポリウレア樹脂塗布によるRC版の裏面剥離抑制効果に関する実験的研究

○防衛大学校 学生会員 清田 翔吾 防衛大学校 正会員 別府 万寿博
防衛大学校 正会員 市野 宏嘉 日本通信エレクトロニック株式会社 折戸 広志

1. 緒言

近年、竜巻に伴う飛来物や火山噴石の衝突を受ける鉄筋コンクリート構造物の耐衝撃補強法の確立が急務となっている。近年では構造物の耐衝撃設計法において、ポリウレア樹脂（ポリウレア）の適用が検討されているが、具体的な研究例は少ない。本研究は、約40～100m/sの衝突速度における、ポリウレア樹脂によるRC版の局部破壊抑制効果について実験的な検討を行ったものである。

2. 実験の概要

実験では、図-1に示す高圧空気式飛翔体発射装置を用いた。この装置は空気圧を調節（0.1MPa～4MPa）することで、図-2に示す質量8.3kgの飛翔体を20m/s～100m/sで衝突させることが可能である。図-3に、実験に用いたRC版の寸法および設置要領を示す。RC版の縦横寸法は1100mm×1100mmであり、版厚は150mmとした。D10鉄筋は衝突後におけるコンクリートの破片化を防ぐために配置した。コンクリートの一軸圧縮強度の平均値は39.6N/mm²であった。衝突直前の飛翔体の速度は、撮影速度100000フレーム/秒の高速ビデオカメラによる連続画像を解析して得た変位～時間関係を時間について微分することで算定した。表-1に、ポリウレアの力学特性を示す。ポリウレアの引張強度は26N/mm²、伸び率は350%である。塗布厚の大小が補強効果に与える影響を調べるため、塗布厚は4mm、7mmとした。ポリウレアの塗布は、RC版の裏面全体に対してスプレーを用いて行った。

実験ケースは、局部破壊評価式であるCRIEPI¹⁾式を参考にして、裏面を補強していないRC版（無補強版）に裏面剥離が生じる衝突速度（約42m/s）を基準として、衝突速度約40m/s～100m/sに設定した。すなわち、塗布厚4mmおよび7mmに対してそれぞれ4体の試験体を用いて、合計8ケースの実験を行った。

3. 実験結果および考察

図-4に、速度約70m/s～100m/sで衝突させたRC版の破壊性状を示す。なお、RC版の裏面には打診棒を用いて打音の違いから判定した、ポリウレアに生じた剥離部の外周を黒の実線で示している。また、ポリウレアに破断が生じた部分を白の実線で囲んでいる。塗布厚4mm、衝突速度73m/sのケースでは、貫入が大きくなり、衝突部に孔が生じていることが確認できる。また、断面内のひび割れが大きく開口し、ひび割れが多く発生した。そして、試験体裏面の中央には、白線で示すようにポリウレアの破断が確認されたため、破壊モードは裏面剥離限界とした。塗布厚4mm、衝突速度97m/sのケースでは、衝突速度73m/sのケースと同様に衝突部に孔が生じた。試験体裏面のポリウレアは完全に破断し、剥離片が飛散した。よって、破壊モードは裏面剥離とした。塗布厚7mm、衝突速度73m/s

キーワード 飛来物衝突、裏面剥離、RC版、ポリウレア樹脂

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 E-mail：em58042@nda.ac.jp

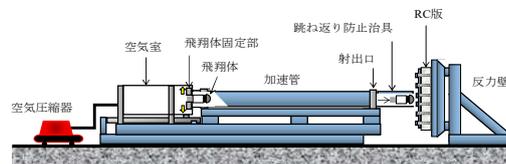


図-1 高圧空気式飛翔体発射装置

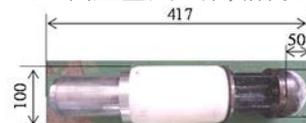
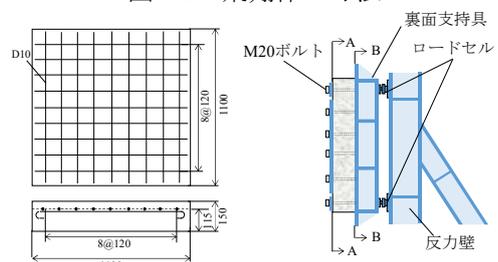
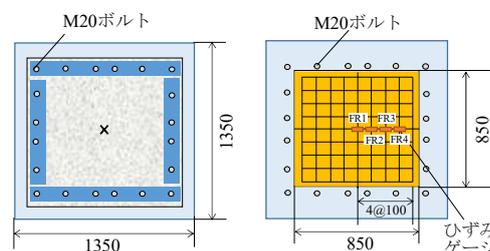


図-2 飛翔体の寸法



(a) 寸法図

(b) 側面図



(c) 正面図(A-A)

(d) 裏面図(B-B)

図-3 RC版の寸法図および設置要領

表-1 ポリウレア樹脂の力学特性

塗布厚 (mm)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	伸び率 (%)
試験方法	ASTM D412	ASTM D790	ASTM D412
4	26	1035	350
7			

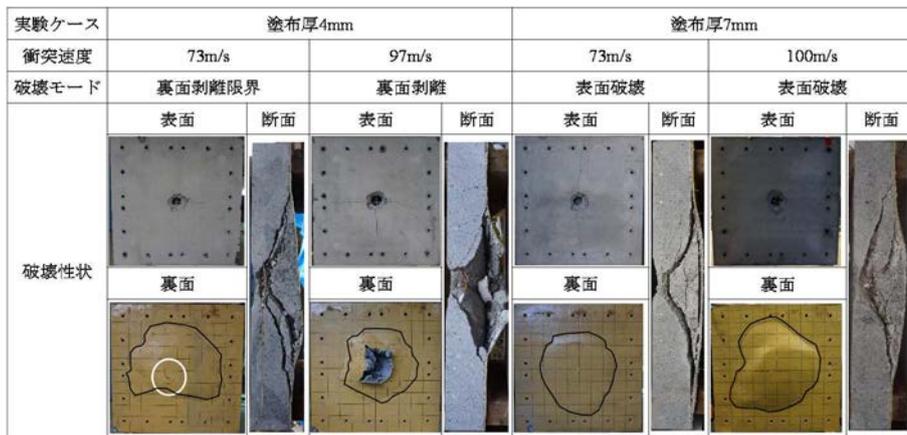


図-4 RC版の破壊性状

のケースをみると、塗布厚 4mm、衝突速度 73m/s ではポリウレアが破断していたのに対し、塗布厚 7mm のケースではポリウレアが破断せず、剥離片の飛散は生じなかったため、破壊モードは表面破壊と判定した。さらに衝突速度が大きくなった塗布厚 7mm、衝突速度 100m/s のケースでは、衝突部に孔が生じていることがわかる。しかし、試験体裏面のポリウレアは破断せず、表面破壊となった。以上から、塗布厚 4mm に比べて塗布厚 7mm の方が高い裏面剥離抑制効果を示すことがわかる。

図-5 に、本実験の破壊モードと CRIEPI 式¹⁾による無補強版の裏面剥離限界版厚（黒実線）および貫通限界版厚（黒破線）を重ねて示す。ポリウレア塗布による裏面剥離抑制効果の評価するため、図中には CRIEPI 式に対して本実験結果と整合するように低減係数を乗じた式を示している。塗布厚 7mm については、衝突速度 100m/s においても表面破壊であったため、この速度を裏面剥離限界速度として低減係数を求めた。各塗布厚に対する低減係数は、塗布厚 4mm が 0.73、塗布厚 7mm に対する低減係数が 0.59 であった。すなわち、無補強版と比較すると、同じ衝突速度に対して、ポリウレアを裏面に塗布した RC 版の裏面剥離限界版厚は塗布厚 4mm が 27%、塗布厚 7mm が 41%

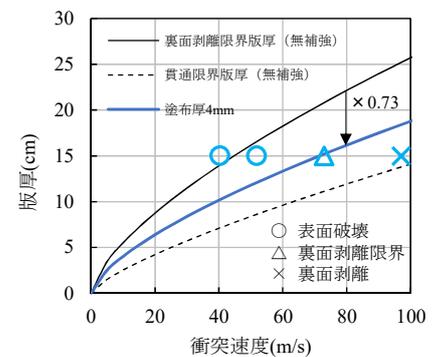
小さくなることを示している。図-6 に、RC 版の補強に関する既往の研究との比較を示す。これらの研究では、RC 版を補強するために本研究とは異なる性質を有するポリウレア（異種ポリウレア）の裏面塗布（塗布厚 7.5mm）²⁾、UFC（鋼繊維混入率 2%）の適用³⁾および AFRP シート裏面貼付（目付量 330g/m²）⁴⁾を行っている。図-6 から、本研究で用いた厚さ 4mm のポリウレア塗布による補強効果は異種ポリウレア塗布厚 7.5mm と同等であり、本研究で用いた塗布厚 7mm のポリウレアによる補強が全ての中で最も効果が高いことがわかる。

4. 結言

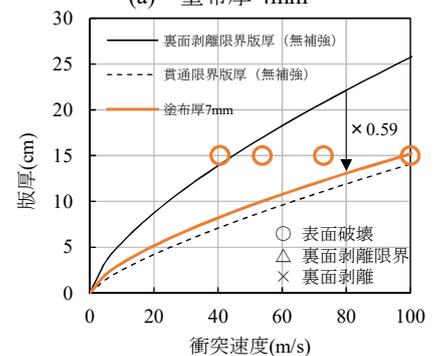
本研究は、速度 40~100m/s の飛翔体衝突に対して、ポリウレア塗布による RC 版の裏面剥離抑制効果を検討した。塗布厚 4mm および 7mm のポリウレアで RC 版を裏面補強した結果、無補強の RC 版に対して裏面剥離が抑制されることがわかった。また、塗布厚 7mm の方が塗布厚 4mm よりも裏面剥離抑制効果が高いことがわかった。

参考文献

- 1)伊藤千浩, 大沼博志, 白井孝治: 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手法, 電力中央研究所総合報告, U24, 1991.
- 2) 島崎利隆, 武者浩透, 別府万寿博, 片岡新之介: 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, 令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会, pp.I-268, 2019.
- 3)片岡新之介, 別府万寿博, 武者浩透: 飛来物衝突を受ける超高強度繊維補強コンクリートパネルの耐衝撃性に関する考察, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第 18 巻, pp.47-52, 2018.10.
- 4) 清田翔吾, 片岡新之介, 別府万寿博, 市野宏嘉, 佐藤和幸: アラミド繊維シート補強による RC 版の局部破壊抑制効果に関する基礎的研究, 第 12 回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集, 2019.12.



(a) 塗布厚 4mm



(b) 塗布厚 7mm

図-5 CRIEPI 式による評価

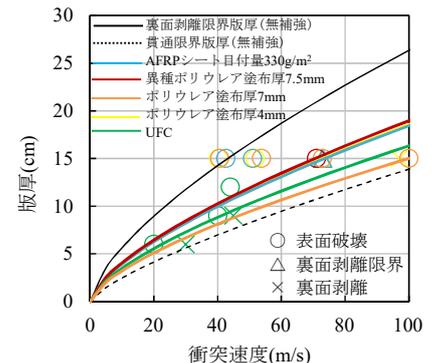


図-6 既往研究との比較