

飛来物の繰返し衝突に対するポリウレア塗布 RC 版の耐衝撃性に関する研究

防衛大学校 学生会員 ○小山 拓途 森 広毅 正会員 別府 万寿博 市野 宏嘉
 西松建設株式会社 正会員 原田 耕司 IMARI 株式会社 正会員 福井 秀平

1. 緒言

近年、火山噴石の衝突による避難所の被害や竜巻飛来物による建物への被害が多く報告されており、退避シェルター等の耐衝撃性評価や補強方法の確立が求められている。このような災害では飛来物が繰り返して衝突する可能性がある。しかし、既往研究¹⁾²⁾では、単一衝突に対する裏面補強の効果評価は行われているが、飛翔体が繰返し衝突する場合に関する検討は行われていない。本研究は、繰返し衝突を受ける RC 版および飛散防止を目的としたポリウレア塗布 RC 版の耐衝撃性に関して実験的な検討を行ったものである。

2. 実験の概要

実験は、図-1 に示す高圧空気式飛翔体発射装置を用いて行った。図-2 に、RC 版の寸法および設置要領を示す。試験体の寸法は縦 1100mm、横 1100mm、厚さ 150mm とした。また、衝突後のコンクリートの破片化を防止するために D10 鉄筋を配筋した。図-3 に、実験で使用した質量 4.5kg の飛翔体を示す。実験ケースを表-1 に示す。ポリウレアの塗布厚を 2、3 および 4mm に変化させて実験を行った。電力中央研究所が提案した式³⁾によると、飛翔体質量が 4.5kg の単一衝突に対する版厚 150mm の RC 版の裏面剥離限界の速度は 56m/s となる。そこで、飛翔体の単一衝突に対して裏面剥離が生じる速度 (80m/s) および、それ以下の速度 (20, 40m/s) で繰返し衝突実験を行った。なお、繰返し衝突については、無塗布 RC 版に裏面剥離、あるいはポリウレア塗布 RC 版にポリウレアの破断、剥離が生じるまで繰返し衝突させた。

3. 実験結果および考察

図-4 に、実験結果の破壊性状を示す。ポリウレア塗布 RC 版の裏面に対しては打診棒を用いてひび割れ、剥離の発生を確認した。ポリウレア塗布 RC 版は、無塗布 RC 版と同じ衝突回数 (衝突速度 20m/s のとき 4 回目、衝突速度 40m/s のとき 2 回目) においてポリウレアの伸張が生じ始めた。そのため、ポリウレア塗布 RC 版と無塗布 RC 版では、裏面剥離が生じた衝突回数に違いはなかった。しかし、ポリウレア塗布 RC 版では、ポリウレアが伸張することにより破片の飛散を抑制した。塗布厚 2mm のケースでは、破壊に至るまで、

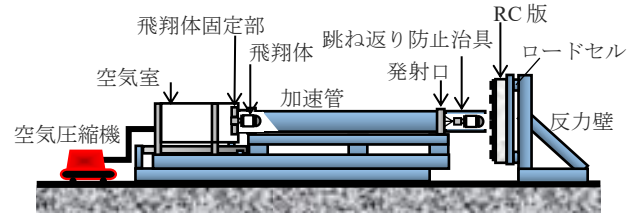


図-1 高圧空気式飛翔体発射装置

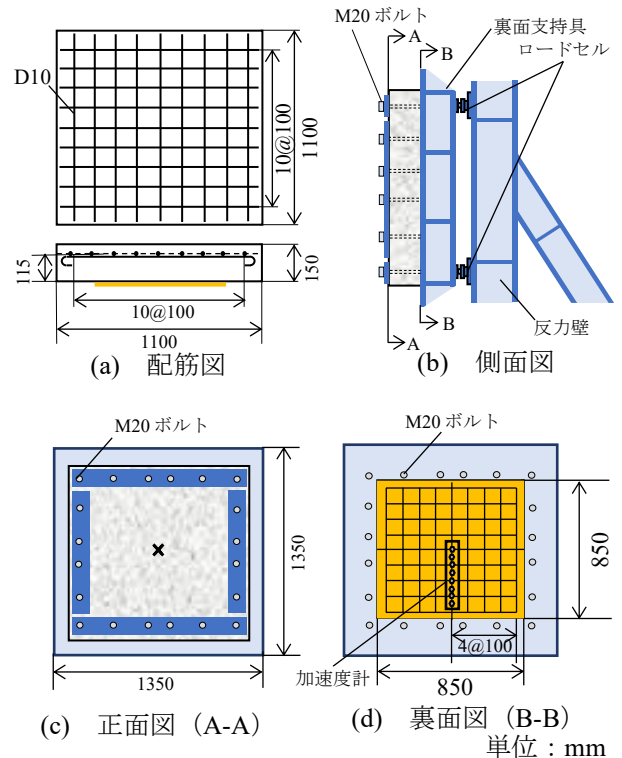


図-2 RC 版の寸法および設置要領

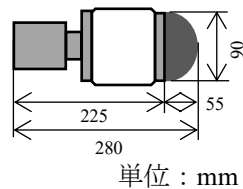


図-3 飛翔体の寸法

表-1 実験ケース

塗布厚	衝突速度 V
無塗布	80m/s
	20m/s
	40m/s
2mm	20m/s
	40m/s
3mm	20m/s
	40m/s
4mm	20m/s
	40m/s

キーワード 飛翔体衝突, 繰返し衝突, 局部破壊, 裏面剥離

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 : beppu@nda.ac.jp

衝突速度 20m/s で 12 回、衝突速度 40m/s で 8 回の衝突回数であった。また、塗布厚 3mm のケースでは衝突速度 20m/s で 17 回、衝突速度 40m/s で 7 回、塗布厚 4mm のケースでは衝突速度 20m/s で 9 回、衝突速度 40m/s で 6 回の衝突回数であった。すなわち、裏面剥離片の飛散防止に対する補強効果が確認できた。破壊性状については、塗布厚 2mm、衝突速度 20m/s のケースでは 12 回目の衝突によりポリウレアが破断した。一方、それ以外のポリウレア塗布 RC 版のケースではポリウレアとコンクリート間で剥離が生じた。各ケース終了時のポリウレアの膨らみの高さは、いずれの塗布厚においても衝突速度 40m/s のケースで大きくなり、塗布厚 2mm のケースの 39.2mm が最も大きかった。衝突速度 40m/s において放射状の亀裂が生じているのは、塗布厚 2mm のケースのみであった。そのため、ポリウレアの伸び性能が最も発揮して破壊したのは、塗布厚 2mm であると考えられる。図-5 に、各ケースにおける破壊に至るまでの飛翔体の運動エネルギーの総和（累積運動エネルギー）を示す。無塗布 RC 版に対する繰返し衝突では、単一衝突の裏面剥離限界のエネルギーより小さいエネルギーで裏面剥離が発生した。一方、ポリウレア塗布 RC 版では、すべての実験ケースにおいて RC 版に対する単一衝突の裏面剥離限界のエネルギーを超えており、ポリウレア塗布による剥離片の飛散抑制効果をエネルギーの観点から確認した。衝突速度 20m/s で累積運動エネルギーが最も大きいのは、塗布厚 3mm のポリウレア塗布 RC 版であり、無塗布 RC 版の単一衝突での裏面剥離限界の速度における運動エネルギー（裏面剥離限界エネルギー）7.1kJ の 3.0 倍（21.1kJ）であった。衝突速度 40m/s で累積運動エネルギーが最も大きいのは塗布厚 2mm のポリウレア塗布 RC 版であり、裏面剥離限界エネルギーの 3.9 倍（27.5kJ）であった。塗布厚 4mm のケースでは、塗布厚 2mm および塗布厚 3mm よりも累積運動エネルギーがやや低い結果となった。この理由は、ポリウレアの塗布厚が 3mm より厚くなると、ポリウレアとコンクリート間において剥離が生じたためと考えられる。

4. 結言

本研究は、飛来物の繰返し衝突を受ける RC 版およびポリウレア塗布 RC 版の耐衝撃性を検討したものである。実験結果から、ポリウレア塗布による RC 版の裏面剥離片の飛散を抑制する効果が確認できた。また、塗布厚 2mm、衝突速度 40m/s のケースにおける破壊に至るまでの飛翔体の運動エネルギーの総和は、無塗布 RC 版の単一衝突の裏面剥離限界のエネルギー量の 3.9 倍になった。

参考文献

- 1) 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 版の裏面剥離抑制効果に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol.66A, pp.1047-1058, 2020.
- 2) 清田翔吾, 別府万寿博, 市野宏嘉, 折戸宏志: 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, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No2, pp.589-594, 2020.
- 3) 電力中央研究所: 飛来物衝突に対するコンクリート構造物の耐衝撃法, 電力中央研究所報告, 総合報告 U24, 1991.

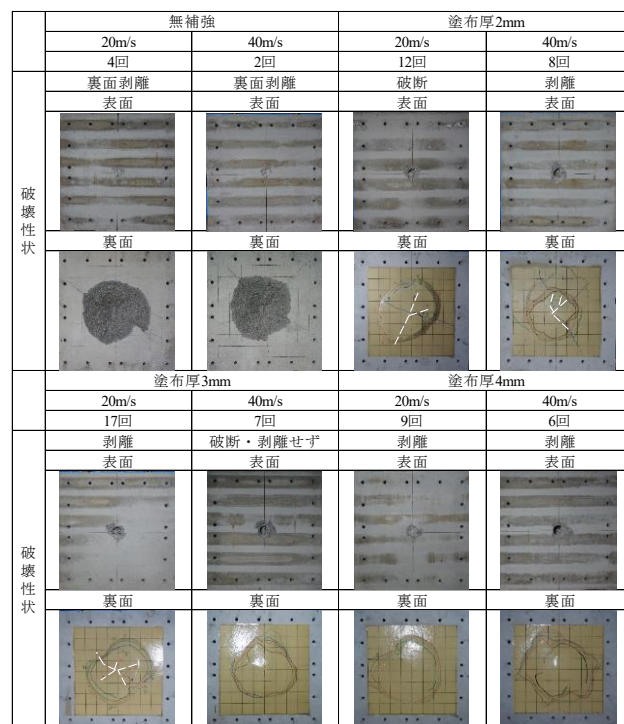


図-4 各ケースの衝突回数と破壊性状

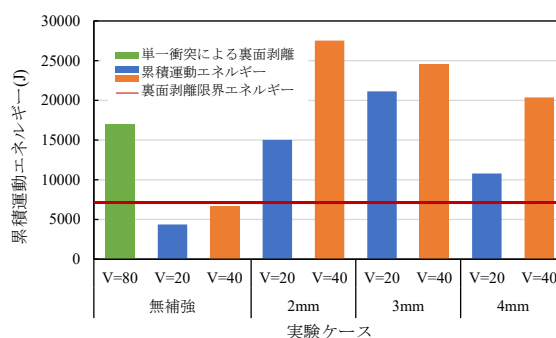


図-5 各ケースにおける累積運動エネルギー