

種類が異なるポリウレア樹脂で裏面を補強したコンクリート板の接触爆発実験

防衛大学校 学生会員 ○アピシット イェンサイ 学生会員 山内 稔也
正会員 市野 宏嘉 正会員 別府 万寿博 IMARI株式会社 福井 秀平

1. はじめに

近年、様々な国で爆破テロ事件や爆発事故が多数発生している。特に爆破テロでは構造物の大規模な損壊や多くの死傷者が発生する。特にコンクリート構造物は爆発によって局部的に破壊を生じ、その破片が飛散してさらに被害を生じることが懸念されている。このような被害を局限するため、近年では構造物の耐爆補強に関する研究が国内外で行われている。たとえば、ポリウレア等の樹脂材料による裏面補強は、爆発によるコンクリートの破片の飛散防止に有効であることが知られている。ただし、ポリウレア樹脂の材料特性、塗膜厚さが補強効果に及ぼす影響などは検討の途上であり、ポリウレア樹脂を用いた耐爆補強設計に必要な知見は十分に得られていない現状にある。そこで、本研究では、異なるポリウレア樹脂を用いて裏面補強したコンクリート板の接触爆発実験を行い、ポリウレア樹脂の種類の違いが耐爆補強の効果に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法

コンクリート板試験体の寸法は厚さ 60mm、縦横 500mm である。コンクリートの一軸圧縮強度は 35.9N/mm^2 、割裂引張強度は 2.7N/mm^2 であった。ポリウレア樹脂は下面、すなわち爆薬設置面の反対側に吹付塗布した。図-1 に示すように、この試験体を 4 辺支持できるような鋼製の支持具を爆発実験室内の砂地盤上に設置してその上に試験体を載せ、4 箇所をクランプで留めた。コンクリート板の中心に直径と高さが等しい円柱形に成型された Composition-C4 爆薬を置き、これを 6 号電気雷管で起爆した。実験ケースを表-1 に示す。補強に用いたポリウレア樹脂は A, B の 2 種類である。ポリウレア A の引張強度は 9.9N/mm^2 、破断時のひずみは 276% である。ポリウレア B の引張強度は 5.0N/mm^2 、破断時のひずみは 99% である。ポリウレアの塗膜の厚さは 2mm とし、爆薬量は 15~75g とした。比較のため、ポリウレアを塗布しない実験（無補強）も行った。爆発によりコンクリート板とポリウレア樹脂に損傷が生じる。コンクリート板の損傷状態は、爆発面（表面）の損傷のみにとどまる「クレータ」、クレータに加え爆発面の反対側（裏面）も剥離破壊される「スポール」、クレータとスポールが接続して生じる「貫通」の 3 段階に分類した。ポリウレア樹脂の損傷状態は、



図-1 コンクリート板の設置状態

表-1 実験ケースと結果

塗膜厚 (mm)	爆薬量 (g)	損傷の状態	
		コンクリート	樹脂塗膜
0	15	スポール	-
A2	15	クレータ	破断無し
A2	30	貫通	破断無し
A2	50	貫通	破断無し
A2	75	貫通	破断
B2	15	クレータ	破断無し
B2	30	貫通	破断無し
B2	50	貫通	破断

「スポール」、クレータとスポールが接続して生じる「貫通」の 3 段階に分類した。ポリウレア樹脂の損傷状態は、裂傷や貫通孔が生じた場合のみ「破断」とした。実験後の試験体を回収してクレータ、スポール及び補強板の裏面の樹脂接着部の損傷の面積を計測した。補強板の裏面の損傷については、打診棒による打音が変化する位置を線でつなぎ、その内側の面積を計測した。面積の計測にはプランメータを用いた。

3. 実験結果および考察

表-1 に実験結果を、図-2 に、実験後の試験体をそれぞれ示す。また、図-3 に表面のクレータの面積と爆薬量との関係（白抜きプロット）、裏面での無補強板のスポールまたは補強板の樹脂とコンクリート板の接着部の損傷面積と爆薬量との関係（中塗りプロット）を示す。

キーワード 接触爆発, ポリウレア樹脂, コンクリート, 耐爆補強法

連絡先 〒239-0811 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 : ichino@nda.ac.jp

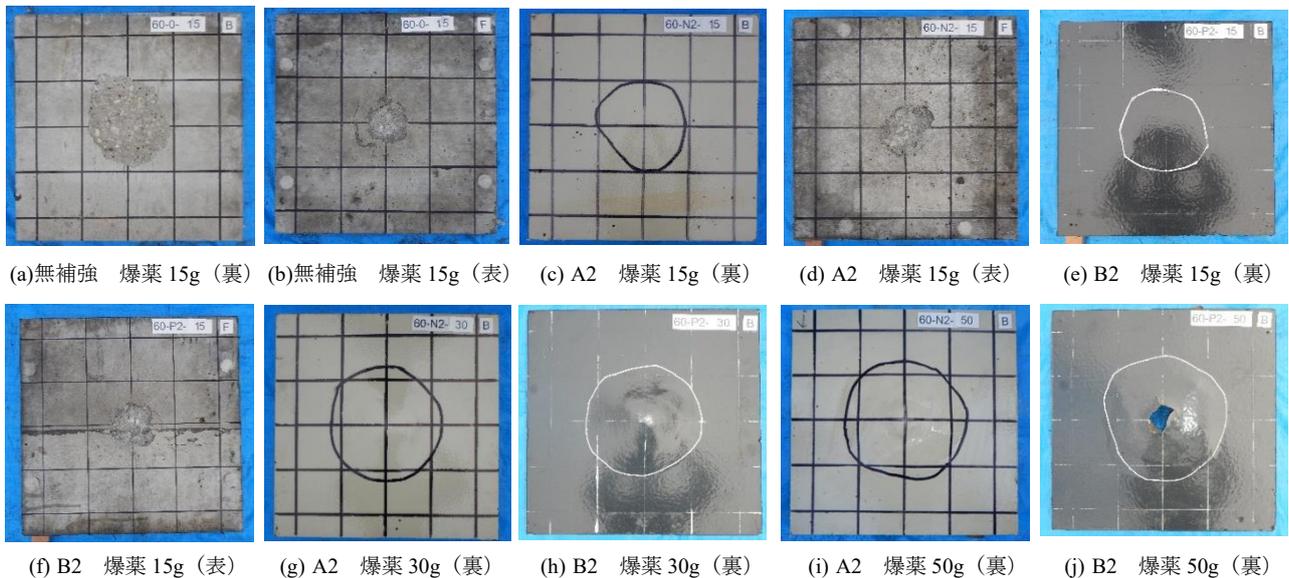


図-2 実験後の試験体

無補強の場合、爆薬量15gの接触爆発でスポールが生じ、コンクリートの破片が飛散された。一方、2mmの厚さのポリウレア樹脂で補強を行った場合、A、Bともに樹脂塗膜に損傷は認められず、コンクリートの破片は飛散しなかった。クレタの面積は無補強が74cm²、Aが93cm²、Bが87cm²であり、無補強の場合がやや小さいが、図-2(a)より、無補強のクレタの外側に別のひび割れが生じていることを考慮すれば、表面の損傷面積は補強板とほぼ同等である。裏面では無補強のスポールの範囲が275cm²、Aの損傷面積が292cm²、Bが302cm²であった。無補強板のスポールより多少広い範囲で打音の変化が生じたことから、樹脂による裏面補強の効果はコンクリートの破壊を防ぐよりも破片を拘束することにあるとみられるが、今後、板を切断して内部の損傷状態を比較して、補強の効果について詳細に検討する必要がある。爆薬量を30gとしても裏面の樹脂塗膜に損傷試験体の表面、裏面の損傷部分の面積は両ケースとも大きな差はなく、ポリウレア樹脂の違いによる影響は認められなかった。

爆薬を増量して50gとすると、Aではなお裏面の樹脂塗膜に損傷は生じていない。ただし、塗膜のふくらみはより局所的となり、爆薬の直下に近い部分が著しく隆起されている。一方、Bではポリウレア樹脂に破断が生じ、破片が裏面側に飛散された。試験体の表面、裏面の損傷部分の面積は両ケースとも大きな差はなかった。爆薬量を75gとすると、ポリウレアAにも破断が生じた。以上より、板厚60mmのコンクリートにポリウレア2mmで裏面補強を施した場合、樹脂の種類による試験体の損傷部の面積に大きな差はないが、破断の有無には影響が認められた。すなわち、ポリウレアAでは少なくともC4爆薬50gの接触爆発に対して破片の飛散を防止でき、ポリウレア樹脂Bでは30gの爆発に対して破片の飛散を防止できた。ポリウレア樹脂AはBよりも引張強度および破断時のひずみが大きく、この力学的特性の差が補強効果の差異に影響したと考えられる。

4. おわりに

本研究ではポリウレア樹脂の種類の違いが耐爆補強の効果に及ぼす影響について検討した。より引張強度および破断時のひずみが大きいポリウレア樹脂では、より大きな爆薬量でも樹脂塗膜に損傷が生じず、コンクリートの破片が飛散しない点で補強効果が大きいことが確認された。

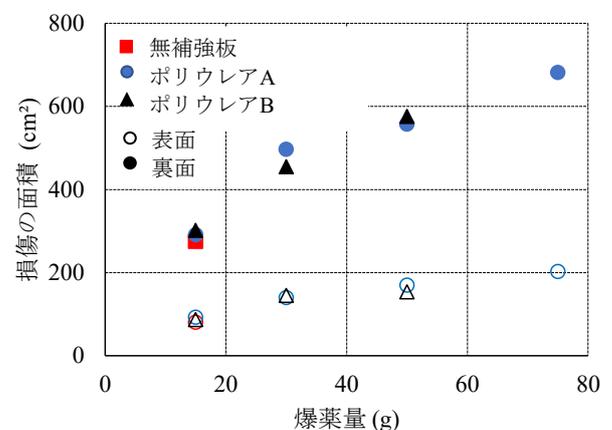


図-3 損傷の面積と爆薬量との関係