

離隔距離が異なる近接爆発によるポリウレタ樹脂塗布コンクリート板の損傷

防衛大学校 学生会員 ○山口 翔大 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、世界各地で発生している爆発事故や爆発テロ事件によって多数の建造物の破壊や死傷者が発生している。なかでも政治、経済活動のために重要な施設を含む建造物の被害が問題となる。そこで、コンクリート建造物における対策について検討が進められている。樹脂や繊維シート等を爆発面の裏側に添付することは爆発を受けたコンクリートに生じる裏面剥離や破片の飛散を抑制する効果があることが知られている。ポリウレタ樹脂はスプレー吹付による施工の容易さが特徴で既設の建造物の形状に応じた施工が可能である。本研究ではポリウレタ樹脂を用いた爆発を考慮した建造物の設計法の確立を目的として、ポリウレタ樹脂を塗布したコンクリート板の近接爆発実験を行い、塗布による効果を確認するとともに爆薬と板との離隔距離による影響を調べた。

2. 実験方法

実験の様子を図-1に示す。爆薬実験室内の地面を水平に均して平板を敷き、鋼製支持具を設置した。その上に、設計厚さ2mmのポリウレタ樹脂が塗布された厚さ60mm、縦横500mmのコンクリート板試験体をポリウレタ樹脂で塗布された面を下側にして爆発面の裏側になるように載せ、4箇所をクランプで固定した。試験体と同ロットのコンクリートの標準円柱供試体の一軸圧縮強度は 36.2N/mm^2 、割裂引張強度は 2.4N/mm^2 であった。試験体と爆薬との距離（離隔距離）を獲得するために発泡スチロールの爆薬支持具を試験体の中心に設置し、その上に直径と高さが等しい円柱形に成型されたComposition-C4爆薬を載せた。これを電気雷管により起爆した。離隔距離は0mm（接触）、20mm、30mm、50mmとし、爆薬量を15～250gの範囲で実験を行った。実験ケースを表-1に示す。試験体の損傷状態は、以下の通り分類した。コンクリート板が爆発面のみの損傷にとどまる「クレータ」、クレータと爆発面の反対側の面（裏面）で生じた剥離破壊が接続した「貫通」に分類した。樹脂は裂傷、貫通孔が生じた場合に「破断」とし、その有無で分類した。樹脂が破断されると、裏面に破片が飛散する可能性があり、多くの場合に許容されない損傷となる。また、クレータと裏面の膨らみの面積をプランメータで計測した。裏面の膨らみの面積はコンクリート打診棒によって打音が変化する位置をつないだ線の内側の面積とした。



図-1 コンクリート板の設置状況

表-1 実験ケースと結果

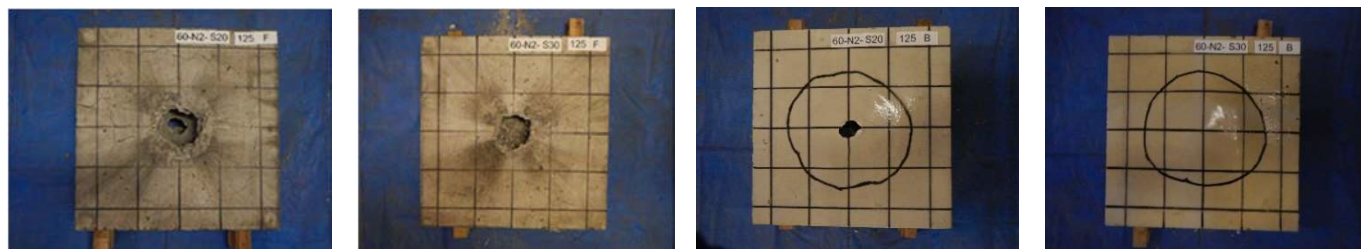
離隔距離 (mm)	爆薬量 (g)	損傷状態	
		コンクリート板	樹脂の破断
0	15	クレータ	無
	30	貫通	無
	75	貫通	有
20	50	クレータ	無
	100	貫通	無
	125	貫通	有
30	75	貫通	無
	125	貫通	無
	150	貫通	有
50	100	クレータ	無
	150	貫通	無
	200	貫通	無
	250	貫通	有

3. 実験結果および考察

表-1に実験結果を示す。たとえば、爆薬と試験体を接触させ、爆薬量75gで爆発するとコンクリート板の貫通に加えて樹脂の破断が生じ、コンクリート片の飛散が認められた。同じ爆薬量で離隔距離を30mmとすると、コンク

キーワード 近接爆発, 離隔距離, ポリウレタ樹脂, コンクリート板

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 TEL:046-841-3810 E-mail:ichino@nda.ac.jp



(a)離隔距離 20mm 爆薬 125g 表 (b)離隔距離 30mm 爆薬 125g 表 (c)離隔距離 20mm 爆薬 125g 裏 (d)離隔距離 30mm 爆薬 125g 裏

図-2 実験後の試験体

リート板は貫通したが樹脂の破断は生じず、破片の飛散も認められなかった。図-2 に実験後の試験体の代表例を示す。爆薬量 125g では、離隔距離 20mm でコンクリートは貫通され、樹脂には破断が生じた。このとき、コンクリートの破片は樹脂から完全に剥離されており、実験後の板を裏返すと破片がこぼれ落ち、空洞となった。同じ爆薬量 125g でも、離隔距離 30mm では、コンクリートは貫通されたが樹脂は破断されず、コンクリートの破片も樹脂との付着を保っていた。図-3 に、離隔距離と爆薬量の関係を、損傷状態別にプロットしたものを示す。図より、離隔距離 30mm では、爆薬量 150g で樹脂が破断され、離隔距離 50mm では、爆薬量 250g で樹脂が破断される。離隔距離の増大により、樹脂の破断に要する爆薬量は大きくなる。破断したケースに対して爆薬量と離隔距離との関係を近似すると、次式が得られる。

$$m=0.0417R^2+1.3782R+74.962 \quad (1)$$

ここに、 m :爆薬量(g)、 R :離隔距離(mm)である。この式の相関係数を求めると 0.979 となり、強い正の相関を示す。すなわち、離隔距離を増すことにより、樹脂の破断に要する爆薬量はわずかに非線形的を示しつつ大きくなる。

次に、損傷の規模について検討する。図-4 にクレータの面積、および膨らみの面積と離隔距離との関係を爆薬量別に示す。たとえば、爆薬量 75g の場合、クレータの面積は接触の場合は 202cm²、離隔距離 30mm では 30cm²、裏面の膨らみの面積は同じく 682cm²、470cm² となり、裏表どちらの面においても離隔距離 30mm の方が損傷の範囲は小さくなった。一方、先に写真で示した爆薬量 125g、離隔距離 20mm および 30mm では、クレータの面積はそれぞれ 161cm² および 102cm²、裏面の損傷面積は 708cm² および 731cm² となり、裏面において離隔距離 30mm の方が損傷の範囲は大きくなった。これは離隔距離 20mm において、裏面に塗布した樹脂が破断されていることから、破断部分からコンクリート片が抜け、破断が生じていない離隔距離 30mm の場合と比較して膨らみが拡張しなかったことが考えられる。以上より、離隔距離を増大することでコンクリートと樹脂の損傷が低減され、破片の飛散を防止されることがわかる。また、離隔距離の増大に伴い、クレータの面積が減少する傾向が顕著であることがわかった。

4. おわりに

本研究では、ポリウレア樹脂を塗布したコンクリート板に対する近接爆発実験を行い、離隔距離の違いによる塗布の効果調べた。離隔距離を大きくすることでコンクリート板や樹脂の損傷を低減でき、耐爆設計上許容されない状態である樹脂の破断が生じる条件を評価する式を示した。

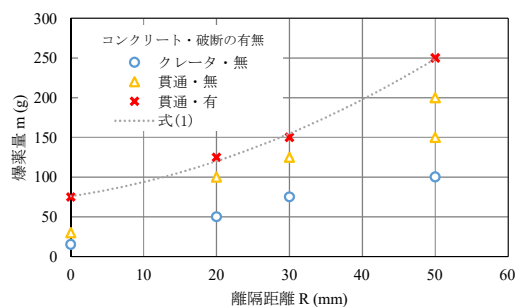


図-3 離隔距離と爆薬量の関係

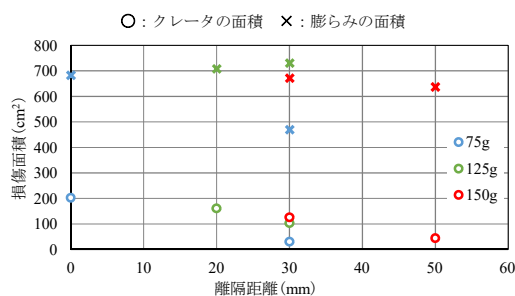


図-4 離隔距離と損傷面積の関係