

近接爆発を受けるポリウレア樹脂塗布コンクリート板の損傷に及ぼす塗膜厚の影響

防衛大学校 学生会員 ○山内 稔也 学生会員 山口 翔大
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. 緒言

近年、爆破テロや爆発事故により多くの構造物に被害が生じ、人命や財産が失われている。このため、公共施設等の社会的に重要性の高い構造物に対しては爆発による被害を局限できる設計が求められている。コンクリート構造物のごく近傍で爆発が生じた場合、コンクリートの局部破壊や破片の飛散が問題となる。そこで、構造物の爆発を受ける面の反対側に樹脂材料を塗布して部材を補強し、破片の飛散を防止する方法がある。しかし、このような樹脂の塗布による効果は定量的には把握されていない。本研究では、ポリウレア樹脂を裏面に塗布したコンクリート板試験体の近接爆発実験を行い、ポリウレア樹脂の塗膜厚の違いが試験体の損傷に及ぼす影響について調べる。

2. 実験方法

コンクリート試験体の設置状況を図-1 に示す。コンクリート板の寸法は板厚 60mm、縦横 500mm であり、図-2 に示すように D6 鉄筋を配筋した。鋼製支持具の上に四辺を揃えて設置し、試験体の四隅をクランプで固定した。試験体の下面にはポリウレア樹脂が塗布されている。試験体の中央部には、C-4 爆薬を発泡ポリスチレンの爆薬支持具に載せて爆薬底面と試験体表面を 20mm の間隔（離隔距離）で設置した。C-4 爆薬は、後述する爆薬量に応じて、高さと同径が等しい円柱形に成型した。実験ケースは、コンクリート板に塗布するポリウレア樹脂の厚さを 0mm～6mm、爆薬量を 50～250g の間で変化させ、合計 9 ケース実施した。コンクリートの圧縮強度は 36.2N/mm²、割裂引張強度は 2.4N/mm²であった。また、ポリウレア樹脂の引張強度は 9.9N/mm²、破断伸びは 276%であった。

実験条件に応じて爆発後の試験体の損傷状態は異なり、その特徴により分類できる。裏面側に樹脂を塗布しない塗膜厚 0mm のコンクリートは、局部破壊が表面側のみの「クレータ」、局部破壊が裏面まで及ぶ「スポール」、それらが連結して貫通孔が生じる「貫通」分類した。裏面側にポリウレア樹脂を塗布したコンクリートは、裏面側のスポールの発生が直接確認できないため、コンクリートの貫通の有無、ポリウレア樹脂の破断の有無で分類した。さらに、表面のクレータの面積および裏面のポリウレア樹脂の膨らみの面積を計測した。

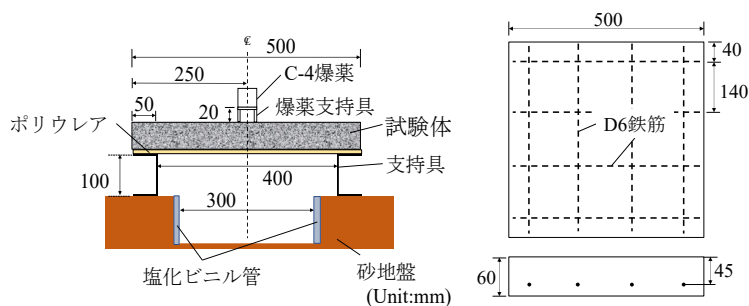


図-1 設置状況

図-2 配筋図

表-1 実験結果

番号	塗膜厚 (mm)	爆薬量 (g)	損傷状態		損傷規模 (cm ²)	
			コンクリート	ポリウレア	クレータ面積	膨らみ面積
1	0	50	スポール	-	41	-
2	2	50	非貫通	破断せず	66	391
3	2	100	貫通	破断せず	97	543
4	2	125	貫通	破断	161	708
5	4	150	貫通	破断せず	210	819
6	4	175	貫通	破断	190	856
7	4	200	貫通	破断	276	1276
8	6	200	貫通	破断せず	246	1407
9	6	250	貫通	破断	375	1594

3. 実験結果および考察

表-1 に実験結果を、表-2 に試験体の損傷状態の代表例を示す。裏面側に樹脂を塗布しないコンクリートを爆薬量 50g で爆破したケースでは、コンクリートに貫通は生じないものの、表面側の破壊と比較して裏面側には大きな破壊が生じており、コンクリートの破片が飛散したことがわかる。このケースの損傷状態は「スポール」となる。次に、

キーワード 近接爆発, ポリウレア樹脂, コンクリート, 塗膜厚

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 : 046-841-3521

E-mail : em60015 @nda.ac.jp

塗膜厚 2mm で塗布したコンクリートを同じ爆薬量 50g で爆破したケースでは、表面側の破壊は塗布しない場合と顕著な違いは認められないが、裏面側のポリウレア樹脂は破断せずに、コンクリート片の飛散を防止していることがわかる。この時の損傷状態は「非貫通・破断せず」となる。塗膜厚 4mm で塗布したコンクリートを爆薬量 200g で爆破したケースでは、コンクリ

表-2 試験体の損傷状態

	塗膜0mm-爆薬50g	塗膜2mm-爆薬50g	塗膜4mm-爆薬200g	塗膜6mm-爆薬200g
表				
裏				

※グリッド線は10cm 間隔

ートが貫通され、さらにポリウレアにも破断が生じ、裏面からコンクリート片が飛散する結果となった。この時の損傷状態は「貫通・破断」となる。最後に爆薬量が同じ 200g で塗膜厚を 6mm に増加したケースでは、コンクリートには貫通孔が生じているものの、ポリウレアは破断には至らず、裏面からの破片の飛散が防止された。塗膜厚が増加することで、コンクリート板の損傷には大きな影響はない一方で、樹脂の破断が起こりにくくなることがわかる。

図-3 に試験体の損傷状態を、爆薬量と塗膜厚の関係としてプロットしたものを示す。図より、塗膜厚が大きいほどポリウレア樹脂の破断に要する爆薬量が増大することがわかる。塗膜厚2mmでは爆薬量125gで、塗膜厚4mmでは175gでそれぞれ破断が生じており、塗膜厚が2mmから4mmに増加すると、破断が発生する爆薬量が50g程度増加していることがわかる。塗膜厚が6mmに増加すると250gで破断が生じており、塗膜厚4mmから6mmに増加すると、破断が発生する爆薬量が75g程度増加し、塗膜厚2mmの増加により25g程度破断に要する爆薬量が増加していることがわかる。次に、クレータ面積および膨らみの面積と爆薬量との関係を図-4 および図-5 に示す。マーカーの形状で損傷状態を表し、塗膜厚毎に色を分けて表示している。図-4 および図-5 に示すクレータ面積および膨らみ面積と爆薬量との関係では、塗膜厚や損傷状態により大きく傾向が変化することなく、爆薬量の増加に伴い、同じ傾きでこれらの面積が増加していることがわかる。以上より、クレータや膨らみの面積に及ぼす塗膜厚の影響は小さいことがわかる。

4. 結言

本研究では、ポリウレア樹脂が塗布されたコンクリート板試験体が近接爆発を受けた際の、樹脂の塗膜厚さが試験体の損傷に及ぼす影響について調べた。塗膜厚が増加するほどより大きな爆薬量に対してポリウレア樹脂の破断を防ぐことができ、破片の飛散を防止できることがわかった。本実験の条件では、塗膜厚2mmの増加に対して、破断に要する爆薬量が25g程度増加した。また爆発によるクレータや膨らみの面積に対しては、塗膜厚の影響は認められなかったが小さいことがわかった。

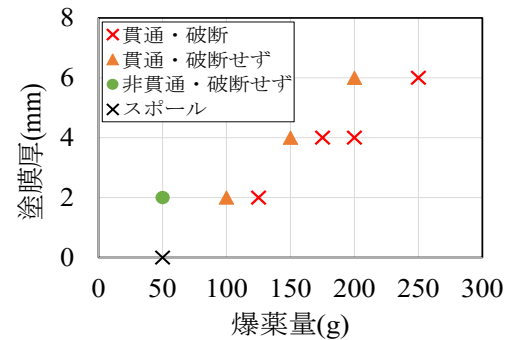


図-3 近接爆発実験結果

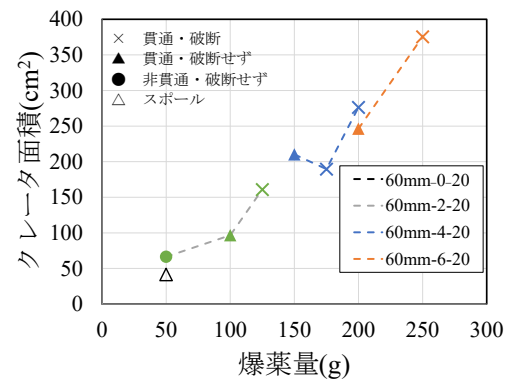


図-4 クレータ面積と爆薬量の関係

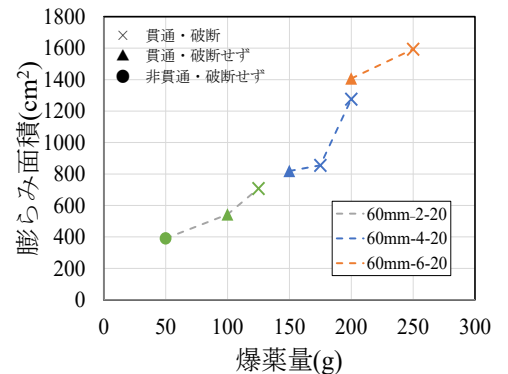


図-5 膨らみ面積と爆薬量の関係