

厚さ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 ○飯田 和満 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、世界各地で爆破テロや爆発事故による構造物の破壊とそれに伴う人的被害が問題視されている。主要な建設材料であるコンクリートに対する耐爆補強法の確立は爆破テロや爆発事故への対策に大きく寄与すると考えられる。コンクリートは爆発による裏面剥離を生じやすい材料ではあるが、繊維シートや鋼板、樹脂などによる裏面補強によって裏面剥離によるコンクリート片の飛散を防止できることが知られている¹⁾。なかでも、ポリウレア樹脂による補強は既設の構造物に対する施工が容易で、複雑な形状の構造にも対応し得る利点がある。本研究では、耐爆補強法の確立を目的として、厚さが異なるポリウレア樹脂によって裏面補強されたコンクリート板に対する接触爆発実験を行い、塗膜厚さが補強効果に及ぼす影響を調べるとともに、その定量化を試みた。

2. 実験方法

図-1に示すように、爆発実験室内に設置した鋼製支持具の上に4辺支持となるよう厚さ60mm、縦横500mmのコンクリート板試験体を載せ、跳ね上がり防止のためクランプで4箇所を留めた。試験体取り扱い時の破損を防ぐため、D6鉄筋が試験体の四周に配されている。試験体の中心部に直径と高さが等しい円柱形に成型されたComposition-C4爆薬を直接置き、電気雷管により起爆した。コンクリートの一軸圧縮強度は35.9N/mm²、割裂引張強度は2.7N/mm²であった。実験ケースを表-1に示す。ポリウレア樹脂の塗膜厚さを0mm(無補強)、2mm、4mm、6mmと変化させ、爆薬設置面とは反対側に塗布した。爆薬量は15gから100gの範囲で実験を行い、試験体の損傷状態を確認した。コンクリート板の損傷状態としては、爆発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。補強樹脂塗膜の損傷状態は、裂傷や貫通孔が生じた場合のみ「破断」とした。



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	—
2	15	クレーター	破断無し
2	30	貫通	破断無し
2	50	貫通	破断無し
2	75	貫通	破断
4	30	クレーター	破断無し
4	50	貫通	破断無し
4	75	貫通	破断無し
4	100	貫通	破断
6	15	クレーター	破断無し
6	100	貫通	破断無し

3. 実験結果および考察

実験結果を表-1に、実験後の試験体の代表例を図-2(a)に示す。図-2より、無補強コンクリート板では爆薬15gの爆発で直径約187mmにわたりスポールが生じ、コンクリート片が飛散されたが、塗膜厚さ2mmの場合には樹脂によりコンクリート片の飛散は生じなかった。爆薬量を30gに増量すると、塗膜厚さ2mmの場合にはコンクリート板は貫通されるが、なお破片の飛散は生じない。同じ爆薬量30gで塗膜厚さを4mmとすると、コンクリートの損傷はやや低減される。破片の飛散は生じず、塗膜のふくらみの高さ範囲は塗膜厚さ2mmの場合よりも小さい。さらに爆薬量を増大すると、塗膜にも損傷が生じる。図-2(g)に示す爆薬量100g、塗膜厚さ4mmの場合にはコンクリート板の貫通に加えて塗膜にも裂傷が生じ、破片を拘束できなかった。塗膜厚さを6mmとすると、爆薬量を100gとしても塗膜に損傷はなく、破片の飛散は生じなかった。すなわち、塗膜の存在によりコンクリート板の裏面の破壊が抑制されているか、あるいは破壊が発生したとしても破片を完全に捕捉できた。また、その効果はポリウレア樹脂の塗膜厚さが大きいほど顕著となる。

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

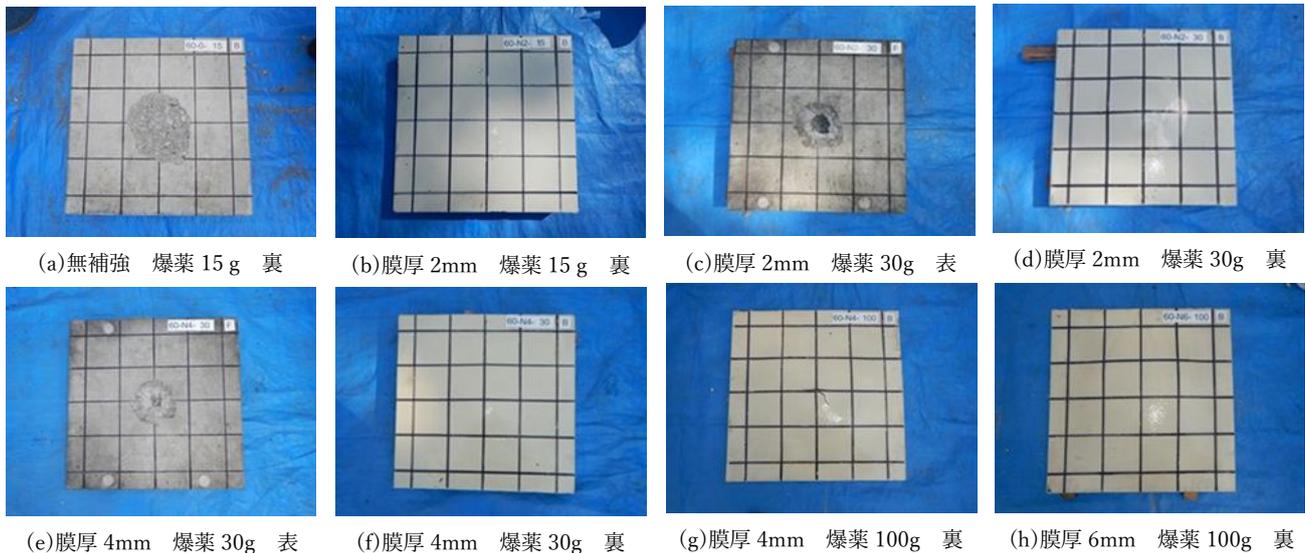


図-2 実験後の試験体

ここで、ポリウレア塗膜による補強効果を定量的に表すことを考える。図-3 は塗膜厚さと爆薬量との関係を、試験体の損傷状態別にプロットしたものである。図-3において、塗膜厚さ 2mm で試験体が貫通されない限界の爆薬量は 50g と 75g の間にある。同様に、塗膜厚さ 4mm では、75g と 100g の間にある。一方、裏面補強を行わない RC 版に対する接触爆発において裏面剥離が発生する条件として、次式が提案されている²⁾。

$$\frac{T}{W_{TNT}^{1/3}} = 3.6 \quad (1)$$

ここに、 M_{TNT} : TNT 換算爆薬量(g), T : 板厚(cm), である。C4 爆薬の爆発熱は TNT 爆薬の 1.13 倍であることから、本研究で用いた C4 爆薬量に 1.13 を乗じて式(1)により裏面剥離限界板厚を求めると、C4 爆薬 50g に対して 138mm, 75g に対して 158mm, 100g に対して 174mm となる。すなわち、RC 版の貫通限界厚さを基準とした場合、ポリウレア塗膜 2mm の補強によりコンクリート板厚 78~98mm 程度の増加に相当する補強効果が得られ、同様に塗膜 4mm の補強によりコンクリート板厚 98~114mm 程度の増加に相当する補強効果が得られることになる。これらの値については、今後さらに詳細に検討を行う必要がある。

4. 結言

本研究では、厚さが異なるポリウレア樹脂によって裏面補強されたコンクリート板に対する接触爆発実験を行った。その結果、ポリウレア樹脂の塗膜厚さを増加することによって補強の効果が向上された。また、既往の裏面を補強しない RC 版の貫通孔の発生を評価する式を用いることにより、ポリウレア樹脂による裏面補強の効果と等価なコンクリート板厚に換算して求めることができた。

参考文献

- 1) 市野宏嘉, 永田真, 別府万寿博, 大野友則: 接触・近接爆発を受けるコンクリート板の局部破壊に対する裏面補強法とその効果, 土木学会論文集 E2, Vol.72, No.2, pp.146-164, 2016.
- 2) 森下政浩, 田中秀明, 伊藤孝, 山口弘: 接触爆発を受ける鉄筋コンクリート版の損傷, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.1787-1797, 2000.

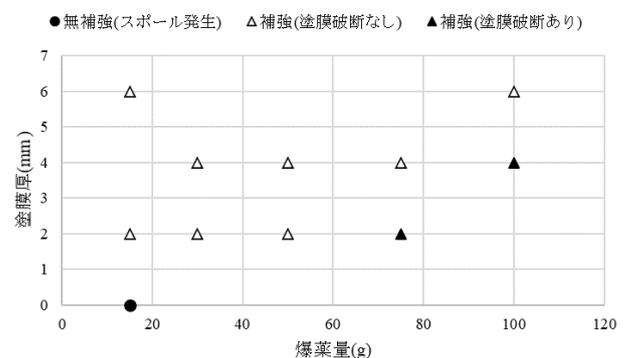


図-3 塗膜厚さと爆薬量に応じた損傷状態