

## 樹脂補強によるコンクリート飛散片抑止効果に関する実験的検討

防衛大学校 学生会員 ○足立 国明 学生会員 原木 大輔 正会員 香月 智  
 ジャスト・フィット・マテリアル(株) 福井 秀平 大林 文孝

### 1. 緒言

コンクリート構造物が衝突や爆発などの衝撃荷重を受けると、その衝撃荷重により構造全体が破壊に至らなくとも、局所的な破壊により発生するコンクリート片の飛散によって構造物内外部の人命および財産を脅かす二次被害の可能性がある。そこで本研究は、樹脂によるコンクリート構造物の飛散片抑止効果を検証するため、コンクリート標準供試体にアクリル樹脂を含浸させたものと、その上にポリウレア樹脂を塗膜した供試体について、構造物が衝撃荷重を受ける際に想定されるひずみ速度  $10^0 \sim 10^2(1/s)$  に相当する高速度急速載荷実験を実施し、危害要因となるコンクリート飛散片の性状について実験的に比較・検討したものである。

### 2. 実験概要

#### 2.1. 供試体

樹脂補強を施す基となる標準供試体は表-1 に示す配合の直径 100mm、高さ 200mm のコンクリート円柱供試体である。コンクリート供試体にアクリル樹脂を含浸させる際、供試体側面からのみ含浸する状態にするために上下端面を OHP シートおよびコーキング材で密封し、約 50 時間後に硬化し始めるように配合した液状のアクリル樹脂に設定した浸透時間ごと 12, 24, 48 時間浸した。計測した養生後の質量増分から推定された平均浸透厚は 0.7~1.4mm(12h), 1.0~1.5mm(24h), 1.3~2.3mm(48h)であった。

ポリウレア樹脂補強供試体は、アクリル樹脂を 48 時間含浸させた供試体にポリウレア樹脂を 1mm および 2mm の厚みを目標としてスプレーで塗装した。参考までに硬化した後のア

クリル樹脂およびポリウレア樹脂の引張強さと破断伸びの公称値は表-2 に示すものである。

#### 2.2. 急速載荷実験要領

急速載荷実験は、図-1 に示す急速載荷実験装置を使用し、油圧と空気圧によって載荷速度を制御するものであり、本実験における平均的載荷速度は 1.4m/s となる。飛散片の運動エネルギーを求めるために、まず、実験後に飛び散った破片の位置 (x, y) を図-2 の要領で記録した。また、各破片の大きさおよび質量を記録した。そのうえで、写真-1 に示すように高速ビデオ画像において各破片の移動量を算出し、その時間差から破壊直後の各飛散片の速度を算出した。なお、実験場の制約で裏面や側面に飛んだ破片については、このような算出はできないが、全体のエネルギーは破片数に基づく比例増分を仮定して算出した。

### 3. 実験結果及び考察

写真-2, 3 にそれぞれプレーンおよびアクリル樹脂 48 時間含浸供試体の急速載荷実験の破片とその破片を再度組み上げた様子を示す。また、写真-4 にポリウレア塗膜の実験後の供試体形状を示す。まず、アクリル樹脂含浸による飛散片の形状や割れ方についてプレーンコンクリートと比較すると、アクリル樹脂を含浸させたものは、一つ一つの破片の大きさが大きくなっている。ただし、破壊を減殺させるほどの効果は見られなかった。一方、ポリウレア塗膜では、1mm でも 2mm でも飛散片が生ずることなく、破片を閉じ込めている。ただし、1mm 塗膜では、一部破れているところもある。

図-3 に破片の飛散速度の頻度分布を示す。グラフには最頻

表-1 コンクリート配合表

粗骨材 最大寸法 (mm)	スラン プ (cm)	空気量 (%)	水セメン ト比 W/C (%)	細骨材 率 s/a (%)	単位量					28日 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	実験時 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
					水 W (kg)	セメント C (kg)	細骨材 S (kg)	粗骨材 G (kg)	減水剤 A (g)			AE剤 A (g)
20.0	8.0	6.0	57.1	45.1	163.76	288.80	835.30	994.00	1239.13	92.42	18.3	21.9

表-2 樹脂の性能

項目	アクリル樹脂	ポリウレア樹脂
引張強さ	2.0N/mm <sup>2</sup>	30N/mm <sup>2</sup>
破断伸び	50%	450%

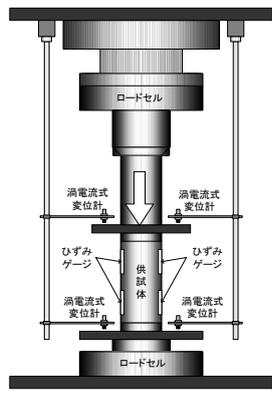


図-1 急速載荷実験装置

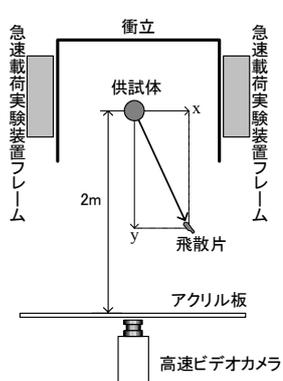


図-2 飛散方向の算定

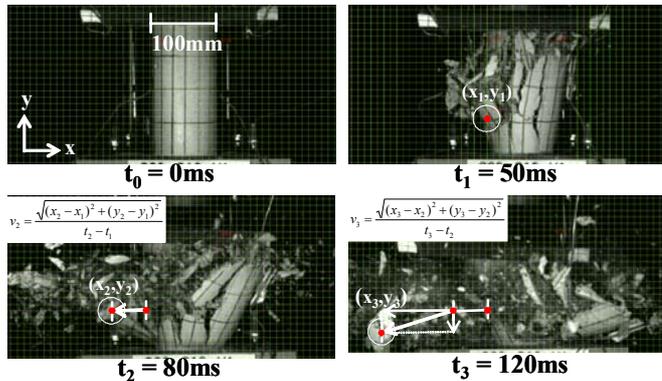
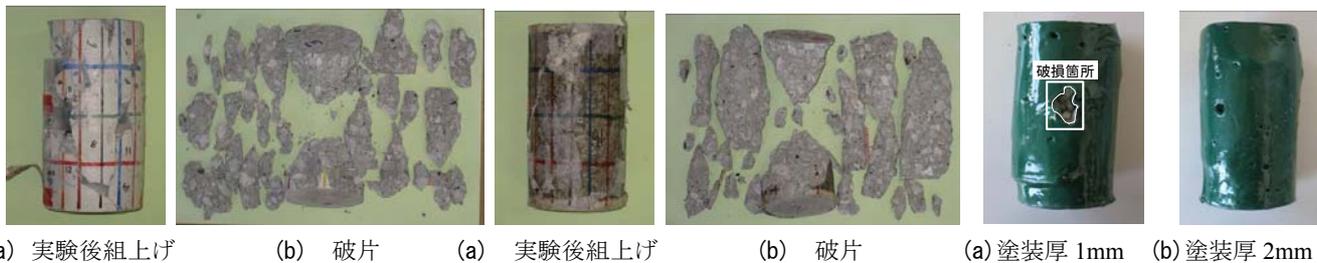


写真-1 飛散速度の算定

キーワード アクリル樹脂, ポリウレア樹脂, コンクリート飛散片, 急速載荷実験, 飛散エネルギー

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(内 3518)



(a) 実験後組上げ (b) 破片 (a) 実験後組上げ (b) 破片 (a) 塗装厚 1mm (b) 塗装厚 2mm

写真-2 プレーン供試体

写真-3 アクリル樹脂 48 時間含浸供試体

写真-4 ポリウレア樹脂塗膜供試体

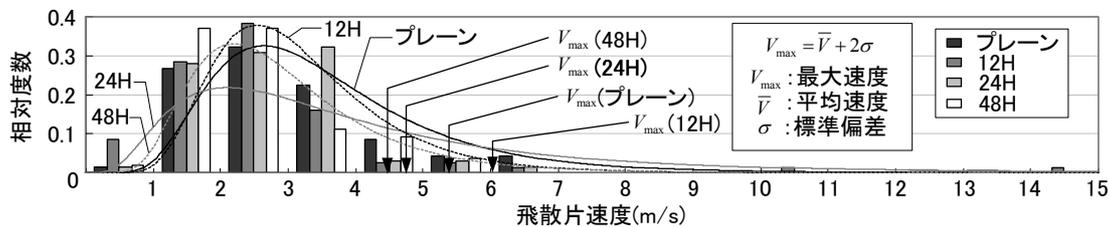


図-3 破片の速度頻度分布

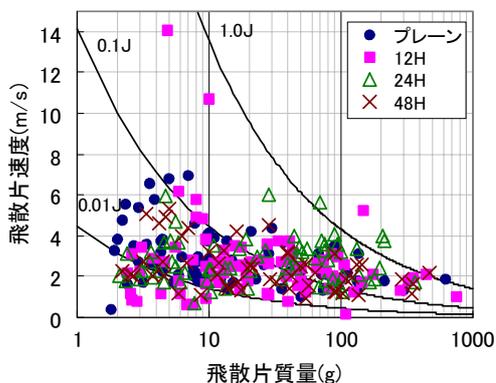


図-4 飛散片速度～質量関係

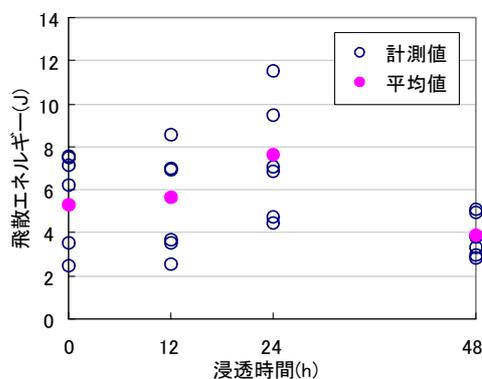


図-5 飛散エネルギー～浸透時間関係

値の比較を容易にするため、対数正規分布の近似曲線も示している。

図-3の飛散片の速度の最頻値は2.1～2.6m/sの範囲であり、載荷速度である1.4m/sの1.5倍程度の値となっている。速度の最大値を4.6%非超過確率値で代表させるものとする、浸透時間が増加するに従って最大速度が遅くなる傾向があり、アクリル樹脂を含浸させることによる飛散片の速度を抑制する若干の効果が確認できる。その効果をプレーンと48時間含浸供試体の飛散片の最大速度で比較すると、飛散片の速度の減少率は18%程度となり、減少している。このため、実験後のコンクリート片が飛散する範囲も抑えられ、距離において速度と同等の18%程度、飛散面積にして32%程度の抑制効果が得られる。

図-4に飛散片速度と質量の関係を示す。一般に重い破片に大きな速度を与えるのはエネルギーを要し、速度が小さくなるのが考えられる。そこで、グラフには参考のため、0.01J, 0.1J, 1.0Jの等エネルギー線を入れている。図によると、浸透時間12時間のものが約1.0Jの飛散エネルギーを有する破片が4コほど発生し、顕著に大きな運動エネルギーを有する破片を生じたことがわかる。また、プレーンコンクリートでは質量10g未満の小さな破片の中で他のものより大きな速度を有するものが目立っていることもわかる。

図-5には、これらの各飛散エネルギーを積分して得られた各実験の全飛散運動エネルギーを示している。これより、ア

クリル樹脂を24時間浸透させた場合、全飛散運動エネルギーはむしろ増加傾向にあることがわかる。これは、中途半端にアクリル樹脂で外縁の引張強度を増すと拘束効果により内部にエネルギーを蓄積させた後に、外縁が亀裂破壊すると一気に飛散片が形成され飛び出すことを示しているためと思われる。しかし、48時間含浸供試体は6体ともまとまってプレーンコンクリートのものよりも小さくなっている。すなわち、含浸時間を長期にしてプレーンコンクリートの細かい傷やひび割れに十分に浸透させることができれば、破壊の発生および亀裂進展を効率的に抑制できる可能性があることが伺える。

4. 結 言

本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) 急速載荷による飛散片の速度は、アクリル樹脂の浸透時間の増加にともない遅くなる傾向にあり、48時間の含浸で約18%の増加が見られ、樹脂による供試体外縁損傷部の補強効果を確認することができた。
- (2) ポリウレア樹脂の拘束効果により、飛散片を生ずることなく破片を閉じ込めることができる。

参考文献

「土木コンクリート補修・補強事典」編集委員会：土木コンクリート補修・補強事典，産業調査会，2003。