

## エポキシ樹脂の接着破壊性状に及ぼす温度の影響に関する実験的研究

東北学院大学大学院 学生員 大槻 法雄  
 東北学院大学工学部 フェロー会員 大塚 浩司  
 日立造船（株）技術開発部 正会員 数藤 久幸  
 東北学院大学大学院 非会員 遠藤 博一

## 1. まえがき

エポキシ樹脂は多くの優れた性質を保有しており、土木、建築分野はもちろんのこと産業分野等で広く使用されている。しかし、エポキシ樹脂による接着強度の違いや材料の破壊性状に及ぼす温度の影響に関する研究は少ない。また、市販されているコンクリート補修用エポキシ樹脂の品質を示すカタログに、温度による影響がほとんど記載されていないのも現状である。

そこで本研究は、現在我が国で使われている約100種類のうち代表的な7種類のエポキシ樹脂によって接着されたステンレス供試体を低真空型走査電子顕微鏡付き高温疲労試験機（Wet-SEM サーボパルサ）を用いて引張載荷し、エポキシ樹脂の接着破壊性状に及ぼす温度の影響を実験的に調べることを目的とした。

表 - 1 コンクリート補修用エポキシ樹脂の主な品質

樹脂名	粘性・粘度 (mPa・s)	可使用時間 (分)	接着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ガラス転移温度 TG ( )
A	低粘度 (300-700)	—	9	—
B	超低粘度 (300)	80 (5)	5.9	—
C	極低粘度 (500±200)	—	—	—
D	低粘度 (500±200)	50±10 (20)	9.7	—
E	低粘度 (600±100)	100±10	6.8	—
F	極低粘度 (液状タイプ)	30	6.99	—
G	低粘度 (500)	80	7.4	—

## 2. 実験概要

## 2.1 実験材料

今回実験で使用したエポキシ樹脂は、表 - 1 に示すように全部で7種類である。

## 2.2 実験方法

本実験では長さ40mm、幅5mm、厚さ5mmのステンレス棒を用いて、エポキシ樹脂で接着し一つの供試体とした。図 - 1 は、接着方法を示したものである。軸線が揃うようにガイドラインを設けステンレス棒とステンレス棒の間にエポキシ樹脂を注入し接着した。図 - 2 は、実験方法を示したものである。供試体を試験機に固定し変位制御で引張載荷を行い、各段階で画像を撮影しコンピューターに保存した。このときの荷重 - 変位を X - Yレコーダーで記録し、この作業を供試体が破断するまで繰り返した。また、測定装置内部の雰囲気温度条件を常温(25)、40、50、60、70、80とした。

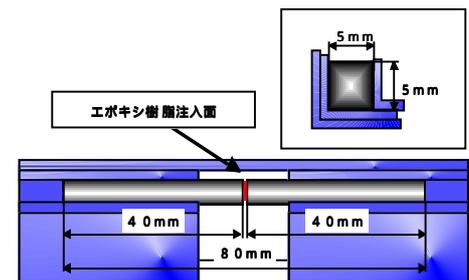


図 - 1 供試体接着方法

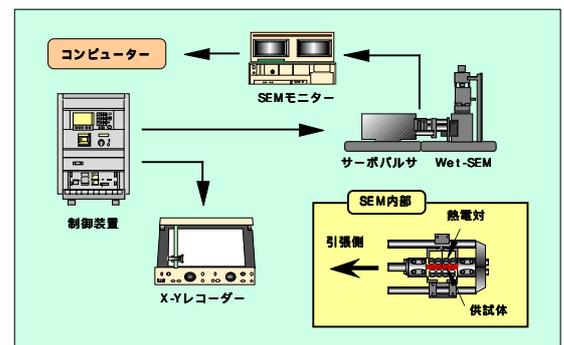


図 - 2 実験方法

## 3. 実験結果および考察

図 - 3 および図 - 4 は、結果の例として供試体を温度別に引張載荷し、そこから得られた荷重 - 変位曲線をまとめた樹脂 A と樹脂 D のグラフを示したものである。グラフ中の丸印は、各温度における最大荷重 ( $P_{max}$ ) を表したものである。2つのグラフ共温度が常温よりも高くなると、温度上昇に応じて  $P_{max}$  は低下する傾向が見られ、 $P_{max}$  前までの弾性係数は小さくなる傾向が見られた。また、樹脂 A においては高温になると  $P_{max}$  後すぐに荷重が低下するのに対し、樹脂 D は  $P_{max}$  後緩やかに荷重が低下し、変位が伸び続ける傾向が見られた。

キーワード エポキシ樹脂、接着強度

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1

TEL 022-368-7479 FAX 022-368-7479

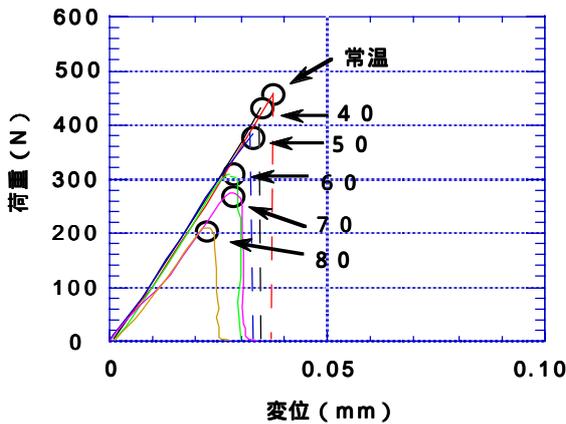


図 - 3 荷重 - 変位曲線 (A)

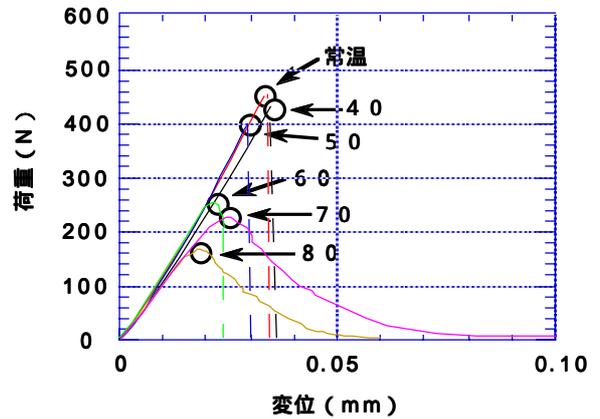


図 - 4 荷重 - 変位曲線 (D)

図 - 5 は、7種類のエポキシ樹脂における温度別接着強度の平均値を比較したグラフである。全体的に温度が高温になると接着強度が低下する傾向が見られた。

樹脂 A、C は、常温において他のエポキシ樹脂よりも高い接着強度値を示した。また、樹脂 A は70 から80、樹脂 C は50 から60 において接着強度が急激に低下する傾向が見られた。

樹脂 B は、全体的に他のエポキシ樹脂よりも低い接着強度値を示し、50 から60 において接着強度が急激に低下する傾向が見られた。

樹脂 D、G は、常温から50 にかけて接着強度の低下があまり見られなかった。また、50 から60 において接着強度が急激に低下する傾向が見られた。

樹脂 E、F は、50 から60 において接着強度の低下があまり見られなかった。また、高温になるにしたがい接着強度が緩やかに低下する傾向が見られた。

このように、急激に接着強度の低下が起きた原因は、エポキシ樹脂のような高分子物質特有のガラス転移によるものだと考えられる。高温になると高分子鎖の運動性が大きく変わってガラス状態からゴム状態に変化したことが、急激な接着強度の低下に大きく影響を与えたのだと思われる。

写真 - 1 は、SEM によって撮影された樹脂の Pmax 後0荷重点35倍の画像を示したものである。常温においては、接着剤と被着剤の一方の面で破壊されている傾向が見られた。また、高温になると樹脂の軟化している傾向が見られた。

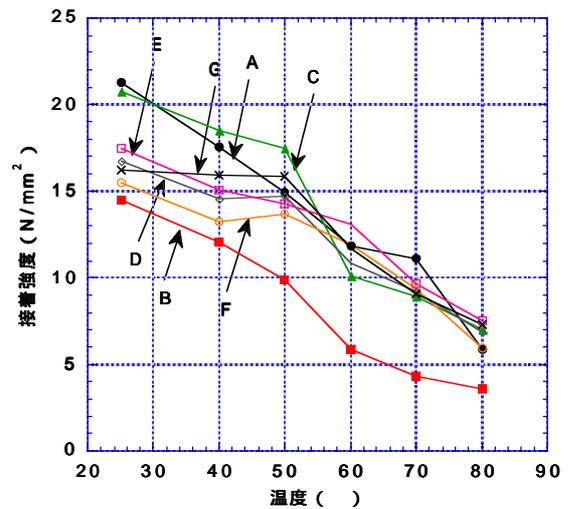


図 - 5 接着強度比較グラフ

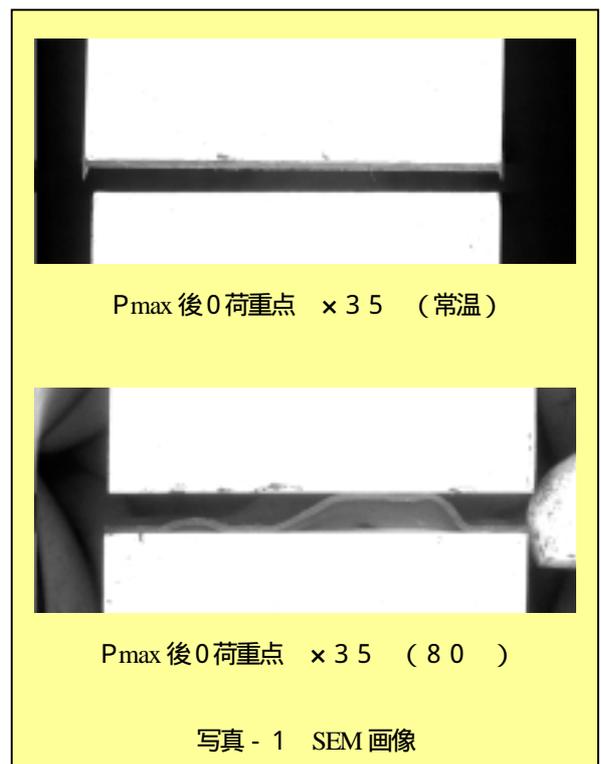


写真 - 1 SEM 画像

4. まとめ

以上の結果より本研究の範囲内で以下のことが言える。

1. 7種類のエポキシ樹脂は、すべて常温より高くなると温度の上昇に応じて Pmax は低下する傾向が見られ、Pmax 前までの弾性係数は小さくなる傾向が見られた。

3. ほとんどのエポキシ樹脂が温度50 から60 において急激にエポキシ樹脂の接着強度が低下した。その原因は、高分子物質特有のガラス転移の影響が大きく現れたために起こったのだと思われる。