

エポキシ樹脂の接着強度に及ぼす温度履歴の影響に関する研究

東北学院大学大学院 学生会員 ○小野 正之
 東北学院大学工学部 学生会員 大塚 浩司
 日立造船（株）技術開発部 正会員 数藤 久幸

1. はじめに

エポキシ樹脂は様々な優れた性質を保有しており、広く産業分野で使用されている。しかし、現在我が国では数多くのエポキシ樹脂系補修剤が市販されているが、それらの接着強度の違いや材料の破壊性状における温度の依存性に関する報告は少ない。そこで本研究は、現在我が国で使われている約100種類のコンクリート補修用エポキシ樹脂のうち、代表的な6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用いて、夏及び冬場などにおけるコンクリート構造物の温度変化を想定した温度履歴がエポキシ樹脂の接着強度に及ぼす影響について調べることを目的としている。なお本実験では、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）を用いて静的引張試験を行いながら、エポキシ樹脂の接着性状の微視的観察を行った。

2. 実験方法

2.1 実験材料及び性質

表-1 は本実験で使用したコンクリート補修用エポキシ樹脂（6種類）であり、各樹脂の主な性質を示したものである。図-1 は昨年、各樹脂の平均接着強度と温度との関係性を求めたものである。図-1 と表-1 より、温度履歴の影響により顕著に接着強度の低下する樹脂K、NおよびDは、加熱変化率が高い傾向が見られた。このようにエポキシ樹脂の雰囲気温度が上昇すると、ある温度領域で急激に状態変化を起こし（ガラス転移現象）接着強度が著しく低下する性質を有していることが分かっている。

2.2 実験概要

本実験では形状が $40 \times 5 \times 5$ mm のステンレス棒（SUS304）を使用した。実験に使用した供試体は、2本のステンレス棒を突き合わせ、その中央部にエポキシ樹脂を注入、接着したものである。エポキシ樹脂を注入する幅は0.1mmに設定した。図-2 は供試体形状寸法を示したものである。静的引張試験は、温度履歴あり又は温度履歴なしの供試体をサーボパルサに固定し 1.0×10^{-4} mm/s という変位制御設定で行った。また本実験で使用した温度履歴は、各樹脂のガラス転移現象が起こる温度に基づいて設定した。実験に使用した温度履歴を図-3 に示す

表-1 コンクリート補修用エポキシ樹脂の主な性質

樹脂名	粘性・粘度 ($\text{mpa} \cdot \text{s}$)	加熱変化 (%)	硬化収縮率 (%)
S	500 ± 200	-	-
K	340	2.0	-
N	500 ± 200	4.0	2.0
D	430	3.6	1.4
R	475	0.7	2.1
E	500 ± 200	1.2	1.8

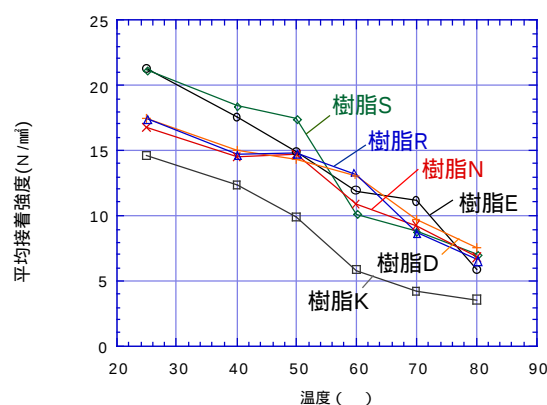


図-1 全6種類の温度別平均接着強度

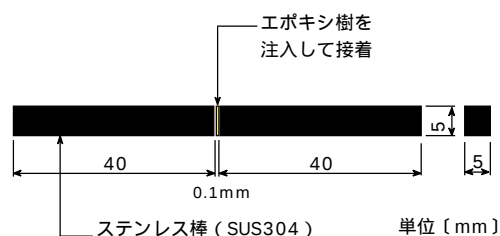


図-2 供試体形状図

キーワード エポキシ樹脂、接着強度、温度履歴

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

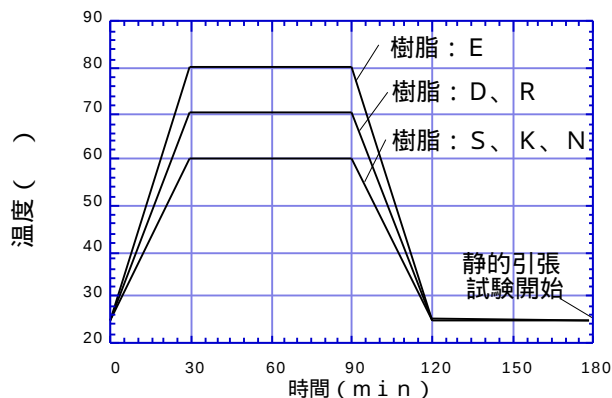


図-3 温度履歴

3. 実験結果および考察

図-4 は温度履歴有り、温度履歴無しの樹脂N供試体に対して静的引張試験を行った結果得られた、供試体本数と荷重との関係を示したものである。図-4 から、温度履歴無しでは引張強度が一定の荷重値に集中している傾向が見られた。温度履歴ありでは、引張強度が300～600N程度と幅広く荷重値を示す傾向が見られ、樹脂Rにおいても同様の傾向が見られた。

表-2 は樹脂別に温度履歴ありと温度履歴なしの接着強度の比較を示したものである。樹脂S、K、NおよびDの試験結果から、温度履歴有りにおいて温度履歴無しと比較すると約20～38%の接着強度の低下を示す傾向が見られた。この接着強度低下の原因は、高分子材料における特有のガラス転移現象に起因したものと考えられる。

さらに樹脂Sについては温度を上昇させるばかりではなく、冬場を想定した-18の冷蔵庫に24時間冷凍保存し、その後ただちに静的引張載荷試験を行った。その試験結果を表-3に示す。この結果から低温の温度履歴を与えると接着強度が24%程度低下する傾向が見られた。これはエポキシ樹脂が本来持っている変形能力が低温での影響で減少することにより、静的引張載荷に対して脆性的に破壊したためと考えられる。

4. まとめ

本実験の範囲内で以下のことが言える。

- 1 温度履歴を受けた接着供試体の静的引張載荷を行った結果、ほとんどの樹脂で温度履歴を受けてない場合よりも接着強度が低下する傾向が見られた。
- 2 低温における温度履歴を樹脂Sに与えると接着強度が低下する傾向が見られた。
- 3 エポキシ樹脂の市販のカatalogには温度履歴の影響が記載されていないのが実状であり、工法の安全性を検討する上で温度履歴の影響を明確に表記する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 白鳥 喜子、大塚 浩司、数藤 久幸、大槻 法雄：エポキシ樹脂の接着破壊性状に及ぼす温度履歴の影響に関する研究、平成15年度 東北支部技術研究発表会講演概要、p664 - 665
- 2) 守 聡志、大塚 浩司、後藤 正裕：「モルタル供試体を引張破壊させる際に発生するマイクロクラックに関する研究」、平成12年度 東北支部技術研究発表会講演概要、p604 - 605

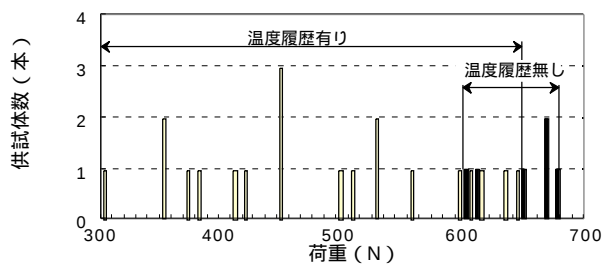


図-4 荷重別供試体本数（樹脂N）

表-2 樹脂別接着強度比較

樹脂名	接着強度 (N/mm ²)		接着強度 (N/mm ²)
	温度履歴なし	温度履歴有り	
S	21.4	13.2	38.3
K	22.3	17.9	19.7
N	26.1	19.6	24.9
D	17.3	13.4	22.5
R	16.9	14.7	13.0
E	22.2	23.8	- 7.2

表-3 低温下での接着強度と最大荷重との関係（樹脂S）

供試体名	温度 (°C)	最大荷重 (N)	接着強度 (N/mm ²)
1	- 18	329	13.2
2		375	15.0
3		378	15.1
4		407	16.3
5		475	19.0
6		490	19.6
平均		409	16.4