

繰り返し温度変化を与えたホゼン式工法の付着疲労性状に関する研究

群馬工業高等専門学校 正会員 田中 英紀
群馬工業高等専門学校 学生会員 ○近藤 高誉

1. はじめに

1.1 研究背景と目的

ホゼン式工法とは、ひび割れや浮きなどの損傷が生じた橋の床版などのRC構造物を網鉄筋、テーパ付T型アンカー、ポリマーセメントモルタルを用いて補強する断面修復工法の一つである。さらに、ホゼン式工法の中でも、超低粘度エポキシ樹脂をひび割れや空隙に注入することによって、より強い一体化を目指したものをスーパーホゼン式工法という。

平成25年2月までにホゼン式工法によって補強された橋は217件に及ぶ¹⁾が、その多くは九州・中国地方であり、寒冷地での施工実績が少ない。そこで、本研究では寒冷地を想定した繰り返し温度変化を供試体に負荷し、補強面の1軸と3軸方向のひずみをひずみゲージを用いて計測することで、接合面で剥離や欠落が起こるかどうかを評価する。

1.2 ホゼン式工法の概要

工程は図-1の通りである。ホゼン式工法は1～5、スーパーホゼン式工法は1～7の工程で施工される。

スーパーホゼン式工法 施工手順

1. 樹脂導入路設置



2. 下地処理 (サンダーケレンor超高压水洗ケレン)



3. 網鉄筋取付 テーパ付T型アンカー打設 及び樹脂注入器具設置



4. 防錆プライマー塗布



5. ホゼン材吹付増厚



6. 超低粘度エポキシ樹脂注入



7. ホゼンコート材塗布



図-1 ホゼン式工法の工程³⁾

2. 実験方法

① 供試体

400×100×100mmの供試体をホゼン式工法とスーパーホゼン式工法について1つずつ用意し、図-2の位置に1軸と3軸のひずみゲージを貼り付ける。

② 繰り返し温度変化

図-3のように、-10～3℃の温度変化(北海道日高市を想定)を供試体に繰り返し与える。1サイクルを1.25時間とし、5分毎にひずみと温度を計測する。

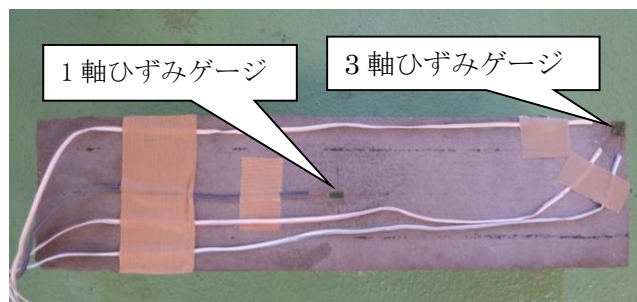


図-2 ひずみゲージ貼り付け位置

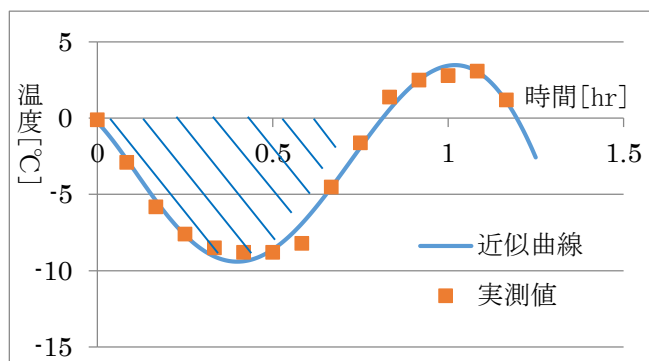


図-3 温度変化と積算温度

3. データ処理及び評価方法

3.1 温度-ひずみ分布と楕円近似

最大主ひずみは次式で与えられる。

$$\varepsilon_{\max} = \frac{1}{2} \left[\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \sqrt{2\{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2\}} \right] \quad (1)$$

$\varepsilon_{\max}$: 最大主ひずみ

ε_1 : 第1軸方向のひずみ

ε_2 : 第2軸方向のひずみ

ε_3 : 第3軸方向のひずみ

上式で主ひずみを求めた後、図-5のように最小二乗法を用いて1サイクル毎の温度-ひずみ分布を楕円に近似する。この楕円はサイクル毎によってそれぞれ位置や形状が異なる。そこで、以下の3つの評価方法から供試体の経時的な変形を観察する。

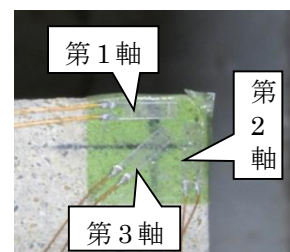


図-4 3軸ひずみゲージ

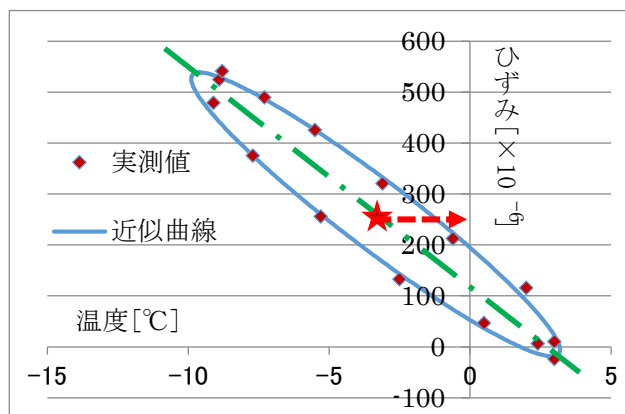


図-5 温度-ひずみ分布の楕円近似

キーワード スーパーホゼン式工法、ホゼン式工法、温度履歴、凍結融解、付着疲労

連絡先 〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580 群馬工業高等専門学校 TEL. 027-254-9184 E-mail: htanaka@cvtl.gunma-ct.ac.jp

① 中心ひずみ

楕円中心(図-5の星印)のひずみの変化は供試体の塑性変形が進行する様子を示している。

② 線膨張係数

線膨張係数は楕円の長軸の傾き(図-5の一点鎖線)である。ひび割れや欠落が生じ、供試体の一体性が損なわれた時、線膨張係数が低下するものと予想する。

③ ひずみエネルギー

ひずみエネルギーは楕円内部の面積である。供試体の接合面で剥離が起こる時、ひずみエネルギーが著しく増減するものと予想する。

3.2 積算温度

積算温度は次式で与えられる。

$$M = \sum_0^t \theta \cdot \Delta t \quad (2)$$

M: 積算温度[°C・hr]

θ : 外気温[°C]

Δt : 時間[hr]

本実験と北海道日高市1年分、また群馬県沼田市1年分について、負の外気温による積算温度(図-3の斜線部の面積)を求めた。これらを比較して、本実験で与えた積算温度が北海道日高市あるいは群馬県沼田市の何年分に相当するかを概算する。

4. 結果と考察

昨年度の実験では3000サイクルまでの繰り返し温度変化を供試体に与えた。本年度では、昨年度の供試体に引き続き3000サイクルの繰り返し温度変化を与えた。以下に結果の一部を示す。

4.1 楕円の形状と供試体の状態

① 中心ひずみ

ホゼン式工法とスーパーホゼン式工法の中心ひずみの変化を図-6に示す。ホゼン式工法はあまりひずみが増減していないが、スーパーホゼン式工法はひずみが徐々に増加していることがわかる。ホゼン式工法とスーパーホゼン式工法の主な違いは母材との間にエポキシ樹脂を注入したかどうかであることから、繰り返し温度変化によって超低粘度エポキシ樹脂が塑性変形したのではないかと考えられる。

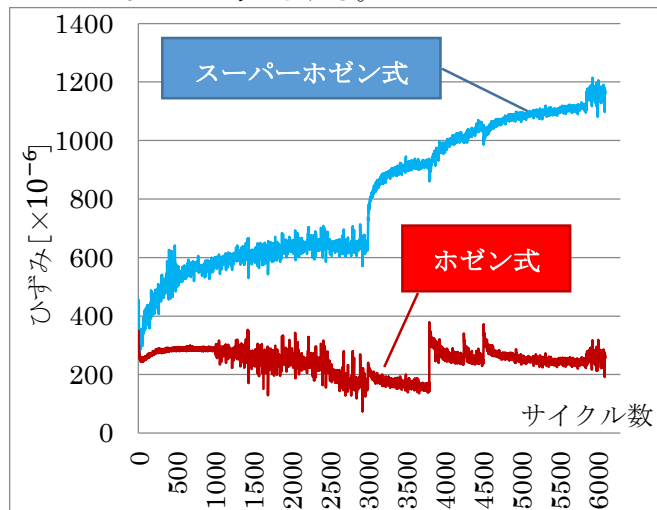


図-6 中心ひずみの変化

② 線膨張係数

ホゼン式工法とスーパーホゼン式工法の線膨張係数の変化を図-7に示す。ホゼン式工法とスーパーホゼン式工法は、どちらも初めは値が一定しなかったが、3000サイクル以降は値が一定しており、供試体の一体性は損なわれていないと考えられる。

③ ひずみエネルギー

ホゼン式工法とスーパーホゼン式工法のひずみエネルギーの変化を図-8に示す。3000サイクルを境目に値が小さくなっている。この原因として、データロガーを繋ぎかえたことによるひずみゲージの抵抗値の変化が考えられる。ただし、ホゼン式工法とスーパーホゼン式工法は互いに同じ挙動をしており、試験機の作動中にひずみエネルギーの急激な増減は確認されていないため、供試体の損傷は少ないと考えられる。

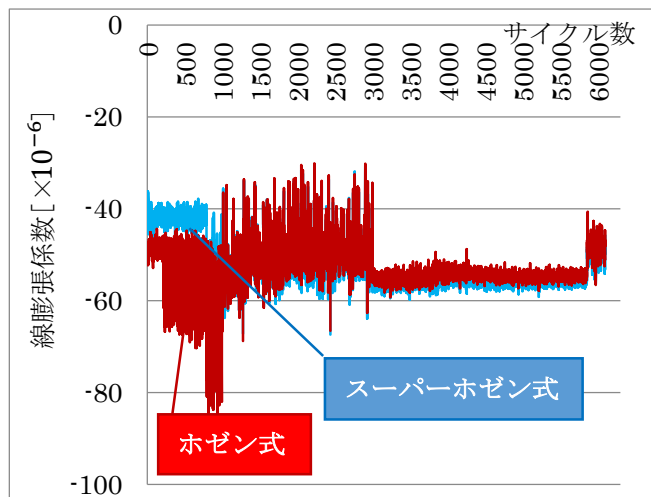


図-7 線膨張係数の変化

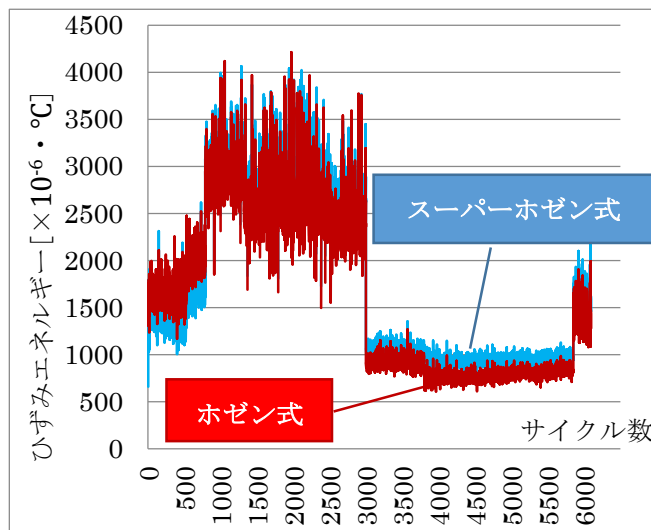


図-8 ひずみエネルギーの変化

4.2 積算温度

供試体に与えた積算温度と北海道日高市と群馬県沼田市の一年分の積算温度を表-1に示す。積算温度で評価すると、北海道日高市では1.5年、群馬県沼田市では10.3年は温度変化による剥離は起こらないといえる。ただし、まだ供試体の剥離が確認されていないので積算温度と剥離の関係は明確ではない。

表-1 積算温度の比較²⁾

地域(1年分)	積算温度 [°C・hr]	相当年数 [年]
本実験(6099サイクル)	-28322	-----
北海道日高市	-18322	1.5
群馬県沼田市	-2758	10.3

5. まとめ

本実験からいえることは次の2点である。

- ① スーパーホゼン式工法は繰り返し温度変化によって超低粘度エポキシ樹脂が塑性変形する。
- ② 北海道日高市の1.5年分、群馬県沼田市の10.3年分の積算温度では供試体の損傷が少ない。

謝辞

本研究は日本建設保全協会の協力で実施したものです。ここに深謝いたします。

参考文献

- 1) 日本建設保全協会：総合カタログ
- 2) 気象庁 過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (平成26年1月2日)
- 3) 先端建設技術センター 新技術情報データベース
<http://www.netisplus.net/Data/Img/Netis/CG-110038S.jpg> (平成25年10月10日)