



株式会社グローケミカル様 依頼試験

「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

ベルテクス株式会社  
試験分析センター

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

～目次～

1. 業務の目的、対象試験体
2. 要求性能項目
3. 試験方法
  - 1 はく落防止の押抜き試験
    - ①押抜き試験（JSCE-K533）
    - ②押抜き試験（NEXCO試験法734）
  - 2 はく落防止の耐久性能試験
    - ③塗膜劣化評価試験（NEXCO試験法425）
    - ④ひび割れ抵抗性試験（NEXCO試験法425）
    - ⑤付着強度試験（NEXCO試験法425）
    - ⑥塩化物イオン透過性試験（NEXCO試験法425）
  - 3 その他
    - ⑦ひび割れ含浸試験（NEXCO試験法426）
    - ⑧潤着強さ試験（NEXCO試験法735）
    - ⑨温冷繰返し接着強さ試験（NEXCO試験法736）
    - ⑩延焼性試験（NEXC試験法738）
    - ⑪ガス有害性試験
4. 試験結果
5. 総評

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

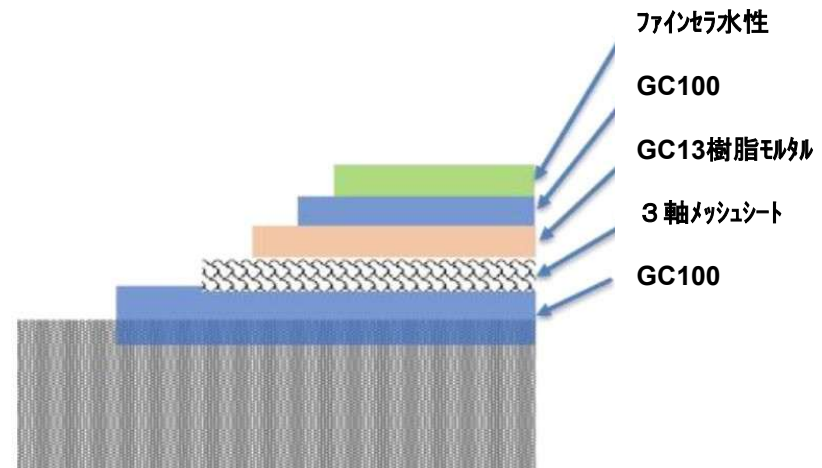
## 1-1.業務の目的

本業務は、「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」を行うことにより、コンクリート構造物補修材料GCシリーズ（以下、本製品）がNEXCO仕様に対するコンクリート剥落防止技術の要求事項を満足していること、また各種試験により耐久性能を確認することを目的とする。

## 1-2.対象試験体

### 【GCシリーズ】

下塗り剤	GC100
連続繊維シート	3軸メッシュシート
断面修復材	GC13樹脂モルタル
下塗り剤	GC100
トップコート剤	ファインセラ水性



### 連続繊維シート補強工法と断面修復工法によるハイブリットトンネルはく落防止工法

連続繊維補強工法とは、既設のコンクリート構造物に連続繊維シートを接着させて補修・補強する工法  
断面修復工法とは、コンクリートの劣化部分をハツリ除去し、断面修復材にてコンクリート断面を復元する工法

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 2. 要求性能項目

項目	試験方法	要求性能
はく落防止の押抜き試験	JSCE-K533準拠（土木学会）	変位10mm以上で1.5kN以上
はく落防止の押抜き試験	試験法734（NEXCO）	荷重値1.1kNにおける変位量50mm以下
はく落防止の耐久性能試験	試験法425（NEXCO） 保持率:キセノンランプ1200h照射後、-30℃～60℃の温冷繰返しと水酸化カルシウム飽和溶液水浸を定められた方法で1サイクル24hを30回繰返す。この負荷前後での試験値比率	<ul style="list-style-type: none"> <li>・塗膜劣化の評価</li> <li>・光沢度保持率</li> <li>・はく落防止の押抜き試験結果の最低値×最少保持率（%）が1.5kN以上 ※ひび割れ抵抗性、付着強度ともに</li> <li>・塩化物イオン透過性0.005g/m<sup>2</sup>・日以下</li> </ul>
ひび割れ含浸性能	試験法426（NEXCO）	曲げ強度として2.0N/mm <sup>2</sup> 以上
接着強さ（湿潤接着強さ） 接着強さ（温冷繰返し）	試験法735（NEXCO） 試験法736（NEXCO）	1.5N/mm <sup>2</sup> 以上
トンネル補修材料の延焼性試験	試験法738（NEXCO）	消炎時間30秒以内、延焼範囲600mm以内
ガス有害性試験	防耐火性能試験	Xs（平均行動時間－標準偏差）6.8分以上

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3. 試験方法 はく落防止の押抜き試験 ①押抜き試験 (JSCE-K533)

### 2. 2. 1 押抜き試験 (JSCE-K533)

土木学会規準のJSCE-K533による押し抜き試験では、φ100mmの押し抜き箇所(コア部)を設けたコンクリート平板に、剥落抵抗性の評価対象となる表面被覆材を施し、載荷試験機にて押し抜き箇所を載荷する。載荷時は荷重と変位を記録し、変位10mm以上における最大荷重を求める。

試験体の形状・寸法、試験方法の概要図を以下に示す。

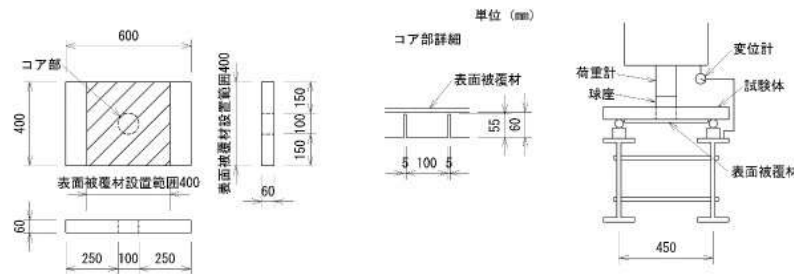


図 2. 2. 1 試験体の形状・寸法、試験方法の概要図

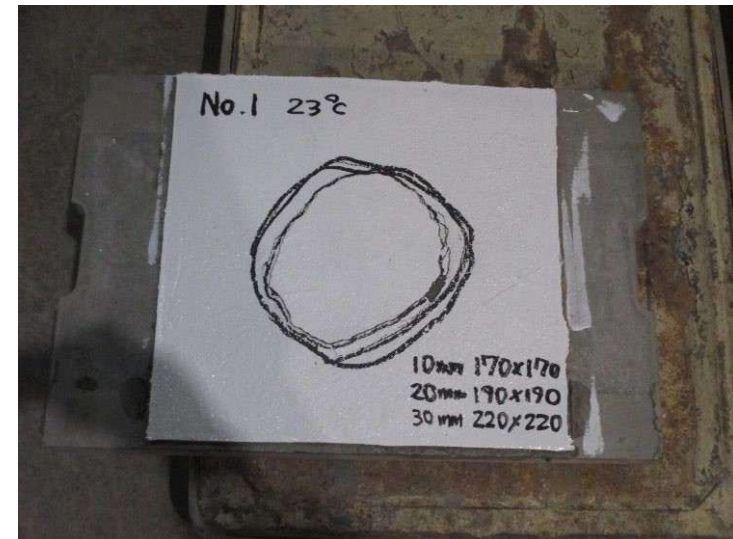
試験体の個数は、同一条件の試験に対して 3 個とし、試験室の温度は  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $-30 \pm 2^\circ\text{C}$  の 3 水準とする。

表 2. 2. 1 試験体の種類

試験体	試験室の温度	試験体数
GCシリーズ	$23 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
	$50 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
	$-30 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体

載荷と変位について以下に記す。

- ・ 1mm/min の速度でコア部をコンクリートが破壊するまで載荷
- ・ 5mm/min の速度で載荷、最大荷重を測定
- ・ 最大荷重に対して 50%程度まで低下したら、載荷を終了
- ・ 変位 10、20、30mm において載荷を一時中止し、剥離範囲をマーキングし写真記録
- ・ 変位は可能であれば、最大 50mm 程度まで載荷を継続



# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3.試験方法 はく落防止の押抜き試験 ②押抜き試験（NEXCO試験法734）

### 2.2.2 押抜き試験（NEXCO 試験法 734）

NEXCO 試験法 734 による押抜き試験では、φ100mmの押し抜き箇所（コア部）を設けたコンクリート平板に、剥落抵抗性の評価対象となる表面被覆材を施し、載荷試験機にて押し抜き箇所を載荷する。載荷時は荷重と変位を記録し、最大荷重とその変位また定められた荷重における変位を求める。

試験体の形状・寸法、試験方法の概要図を以下に示す。

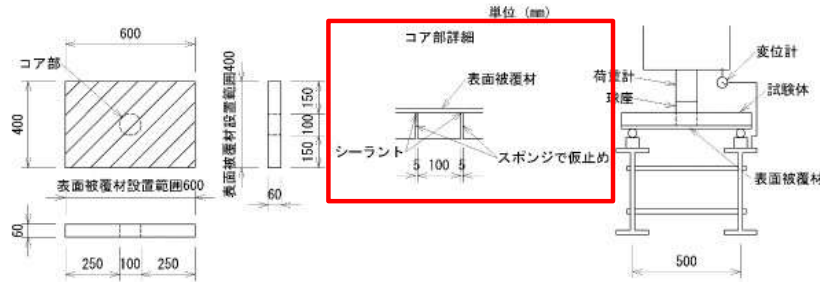


図 2.2.2 試験体の形状・寸法、試験方法の概要図

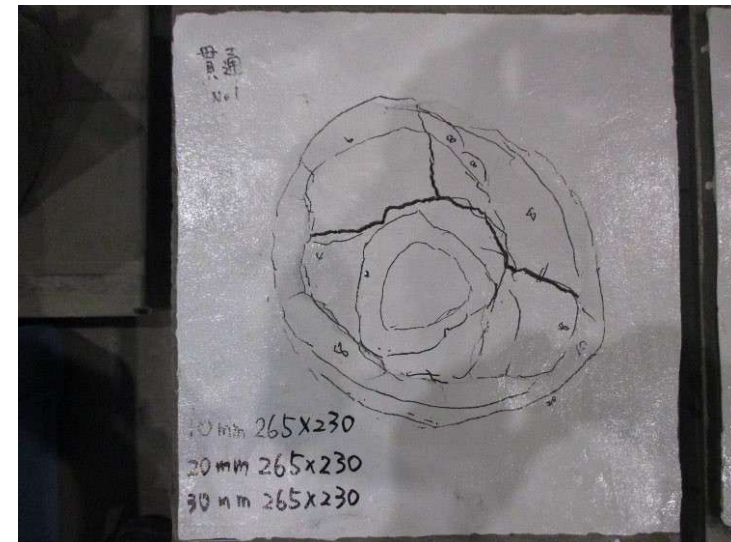
試験体の個数は、同一条件の試験に対して 3 個とし、試験室の温度は  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  とする。

表 2.2.2 試験体の種類

試験体	試験室の温度	試験体数
GCシリーズ	$23 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体

載荷と変位について以下に記す。

- ・ 0.2mm/min の速度でコア部を載荷、変位 2.0mm から載荷終了までは 1 mm/min
- ・ 変位 2.0mm ごとに載荷を一時中止し、剥離範囲をマーキングし写真記録
- ・ 変位 50mm 以内に最終的な耐荷力が確認された場合、試験終了



# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3.試験方法 はく落防止の耐久性能試験（NEXCO試験法425）

[前提条件] 試験体に負荷を与えたものと与えてないものを比較する特殊試験

試験体の負荷:キセノンランプ1200h照射後、-30℃～60℃の温冷繰返しと水酸化カルシウム飽和溶液水浸を定められた方法で1サイクル24hを30回繰り返す。

### 3.2 キセノンアークランプの照射条件

キセノンランプの照射は、JIS K 5600-7-7(塗料一般試験方法-第7部:塗膜の長期耐久性-第7節:促進耐候性及び促進耐光性(キセノンランプ法))の方法1、サイクルAに準拠した。試験条件を表3-2に示す。試験には、ATLAS Ci4000 WEATHER-OMETER(アトラス社製)を使用した。

表 3-2 試験条件

項目	条件
放射照度	60W/m <sup>2</sup> (波長範囲:300~400nm)
インナーフィルター	タイプS ポロシリケート
アウターフィルター	タイプS ポロシリケート
ブラックパネル温度	63±2℃
相対湿度	50±10%R.H.
噴霧	120分照射中18分間噴霧サイクル
試験時間	1200時間(令和6年1月24日~同年3月17日)



状況写真 13 ホルダへの取付け



状況写真 14 キセノンランプ照射



温冷繰返し及びアルカリ促進

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3. 試験方法 ③塗膜劣化評価試験（NEXCO試験法425）

### 2. 3. 1 塗膜劣化評価試験（NEXCO 試験法 425）

NEXCO 試験法 425 による塗膜劣化評価試験は、基準試験体と負荷後の試験体とをグレースケールを用いて変色の程度を比較するとともに、表面のひび割れ及びはがれの有無を目視によって確認する。また上塗材の部分については、白垂化度及び光沢保持率を測定する。

試験体の形状・寸法を以下に示す。

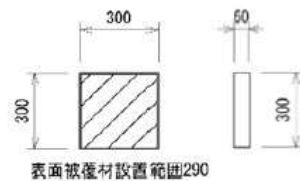
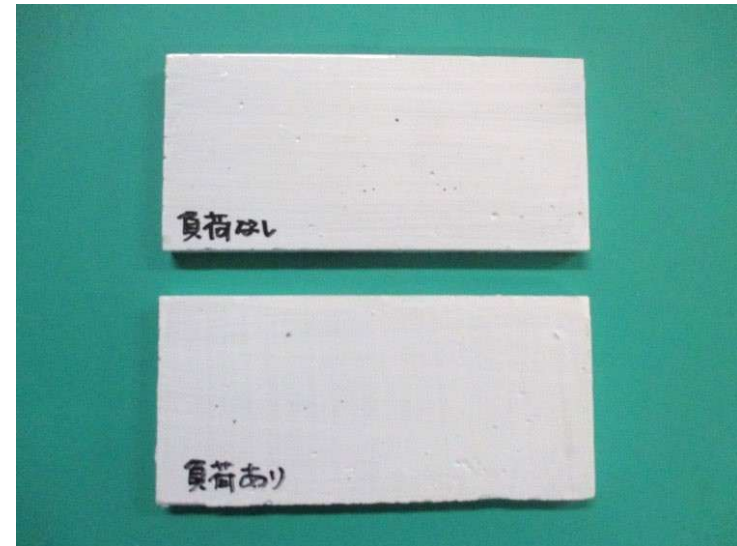
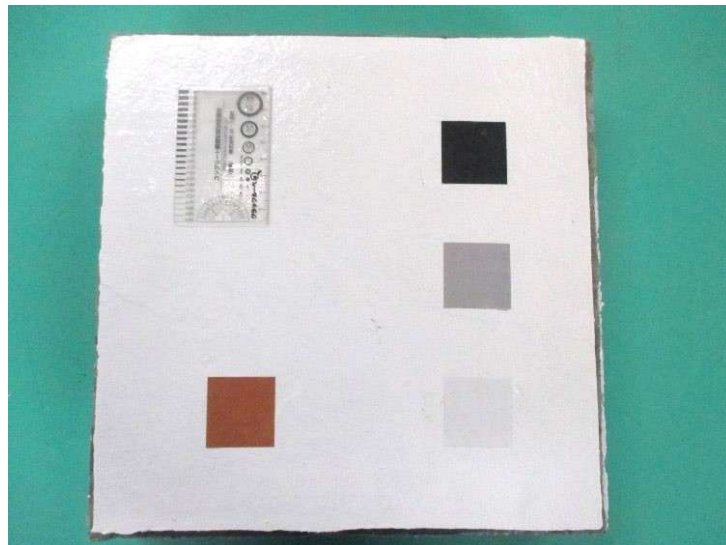


図 2. 3. 1| 試験体の形状・寸法



# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3. 試験方法 ④ひび割れ抵抗性試験（NEXCO試験法425）

### 2. 3. 2 ひび割れ抵抗性試験（NEXCO 試験法 425）

NEXCO 試験法 425 によるひび割れ抵抗性試験は、試験体の中央部幅方向に切込みを入れ両端をつかみ具で固定し、引張試験機にて載荷する。載荷時は荷重を記録する。

試験体の形状・寸法、試験方法の概要図を以下に示す。

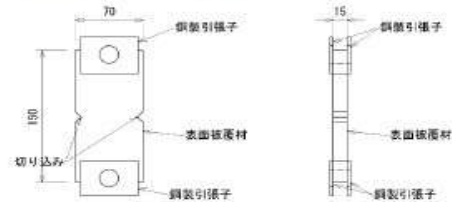


図 2.3.2 試験体の形状・寸法、試験方法の概要図

試験体の負荷は、促進耐侯性と温冷繰返し及びアルカリ促進を行う。促進耐侯性は、キセノンランプ法により 1200 時間照射する。温冷繰返し及びアルカリ促進では、 $-30 \pm 3^\circ\text{C}$  の恒温器で 3 時間冷却し、次いで  $60 \pm 3^\circ\text{C}$  の恒温器で 3 時間の負荷を与えた後に一般環境 ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ) で 18 時間保持するサイクルを 30 回繰り返す。なお  $60 \pm 3^\circ\text{C}$  の状態では、水酸化カルシウム飽和溶液に水浸させ、一般環境 ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ) では水酸化カルシウム飽和溶液に半水浸させることとする。

試験体の個数は、同一条件（負荷なしと負荷ありの 2 条件）の試験に対して 3 個とし、試験室の温度は  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $-30 \pm 2^\circ\text{C}$  の 3 水準とする。

表 2.3.2 試験体の種類

試験体	試験体の負荷	試験室の温度	試験体数
GCシリーズ	あり	$23 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
		$50 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
		$-30 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
	なし	$23 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
		$50 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
		$-30 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体

載荷と変位について以下に記す。

- ・ 5mm/min の速度で載荷、ひび割れ発生時等、変状が現れる時点での荷重を記録
- ・ 試験は以下のいずれかの状態になった場合終了
  - 1) 試験体を構成するすべての材料が破断
  - 2) 繊維シートとの接着が完全に剥離

計算について以下に記す。

- ・ 付着強さは次式より算出

$$S = P/A \quad \text{ここに、S: 付着強さ (N/mm}^2\text{)、P: 最大荷重 (N)、A: 破断の面積 (mm}^2\text{)}$$



# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3. 試験方法 ⑤付着強度試験（NEXCO試験法425）

### 2.3.3 付着強度試験（NEXCO 試験法 425）

NEXCO 試験法 425 による付着強度試験は、試験体の両面に鋼製付着子を接着し、引張試験機にて載荷する。載荷時は荷重を記録し、最大荷重から付着強さを求める。

試験体の形状・寸法、試験方法の概要図を以下に示す。

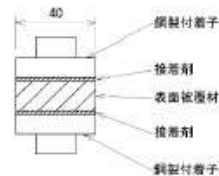


図 2.3.3 試験体の形状・寸法、試験方法の概要図

試験体の負荷は、促進耐候性と温冷繰返し及びアルカリ促進を行う。促進耐候性は、キセノンランプ法により 1200 時間照射する。温冷繰返し及びアルカリ促進では、 $-30 \pm 3^\circ\text{C}$  の恒温器で 3 時間冷却し、次いで  $60 \pm 3^\circ\text{C}$  の恒温器で 3 時間の負荷を与えた後に一般環境 ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ) で 18 時間保持するサイクルを 30 回繰り返す。なお  $60 \pm 3^\circ\text{C}$  の状態では、水酸化カルシウム飽和溶液に水浸させ、一般環境 ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ) では水酸化カルシウム飽和溶液に半水浸させることとする。

試験体の個数は、同一条件（負荷なしと負荷ありの 2 条件）の試験に対して 3 個とし、試験室の温度は  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $-30 \pm 2^\circ\text{C}$  の 3 水準とする。

表 2.3.3 試験体の種類

試験体	試験体の負荷	試験室の温度	試験体数
GCシリーズ	あり	$23 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
		$50 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
		$-30 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
	なし	$23 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
		$50 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体
		$-30 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体

計算について以下に記す。

・付着強さは次式より算出

$$S = P/A \quad \text{ここに、} S: \text{付着強さ (N/mm}^2\text{)、} P: \text{最大荷重 (N)、} A: \text{試験体の面積 (mm}^2\text{)}$$

・試験体の破壊状態を記録



# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3.試験方法 ⑥塩化物イオン透過性試験（NEXCO試験法425）

### 2.3.4 塩化物イオン透過性試験（NEXCO 試験法 425）

NEXCO 試験法 425 による塩化物イオン透過性試験は、2つの円筒の容器（セル）の間に試験体を取り付け、片方に塩化ナトリウム溶液（3w/v%）を、もう一方に脱イオン水をそれぞれ 200ml 入れる。40℃で 30 日間放置後、脱イオン水側のセルから溶液を 100ml 採取し塩素イオンを分析する。

試験体の形状・寸法、試験方法の概要図を以下に示す。

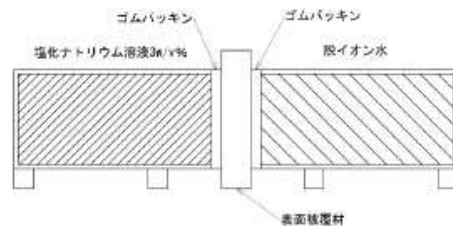


図 2.3.4 試験体の形状・寸法、試験方法の概要図

試験体の負荷は、促進耐候性と温冷繰返し及びアルカリ促進を行う。促進耐候性は、キセノンランプ法により 1200 時間照射する。温冷繰返し及びアルカリ促進では、 $-30 \pm 3^\circ\text{C}$  の恒温器で 3 時間冷却し、次いで  $60 \pm 3^\circ\text{C}$  の恒温器で 3 時間の負荷を与えた後に一般環境 ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ) で 18 時間保持するサイクルを 30 回繰返す。なお  $60 \pm 3^\circ\text{C}$  の状態では、水酸化カルシウム飽和溶液に水浸させ、一般環境 ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ) では水酸化カルシウム飽和溶液に半水浸させることとする。

試験体の個数は、同一条件（負荷なしと負荷ありの 2 条件）の試験に対して 3 個とする。

表 2.3.4 試験体の種類

試験体	試験体の負荷	試験体数
GCシリーズ	あり	3体
	なし	3体

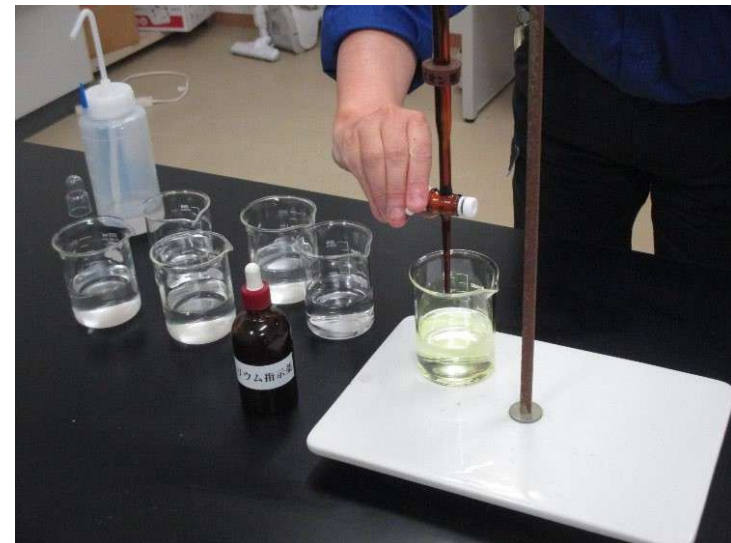
計算について以下に記す。

・塩化物イオン透過度は次式より算出

$$Cl = V \times M / A \times 30 \times 100$$

ここに、Cl: 塩化物イオン透過度 ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ )、V: セル中の脱イオン水の量 (ml)、

M: 測定した塩素イオン濃度 (mg/l)、A: 塩素イオンの透過面積 ( $\text{cm}^2$ )



# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3. 試験方法 ⑦ひび割れ含浸試験（NEXCO試験法426）

### 2.4 ひび割れ含浸試験（NEXCO 試験法 426）

NEXCO 試験法 426 によるひび割れ含浸試験は、予め破壊し幅 0.2mm のひび割れを模した曲げ試験用のコンクリート柱に、評価対象となる表面被覆材を施し、載荷試験機にて 3 等分点載荷法による曲げ試験を行う。最大荷重と曲げ強度、その破壊状況と材料のひび割れへの含浸深さを記録する。

試験体の形状・寸法、試験方法の概要図を以下に示す。

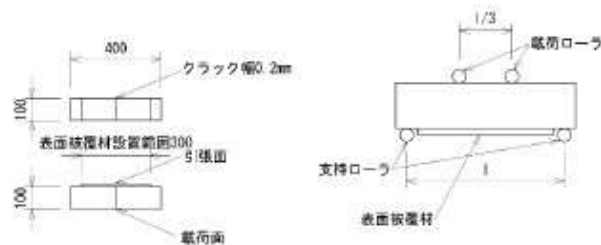


図 2.4.1 試験体の形状・寸法、試験方法の概要図

試験体の個数は、同一条件の試験に対して 3 個とし、試験室の温度は  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  とする。

表 2.4.1 試験体の種類

試験体	試験室の温度	試験体数
GCシリーズ	$23 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体

載荷と計算について以下に記す。

- ・ふち応力度の増加率が毎秒  $0.06 \pm 0.04 \text{ N/mm}^2$  になるように、最大荷重にまで載荷
- ・曲げ強度は次式から算出

$$fb = P \times l / b \times h^2$$

ここに、fb：曲げ強度 ( $\text{N/mm}^2$ )、P：最大荷重 (N)、l：スパン (mm)、

b：破壊断面の幅 (mm)、h：破壊断面の高さ (mm)



# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3. 試験方法 ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿ ㏀ ㏁ ㏂ ㏃ ㏄ ㏅ ㏆ ㏇ ㏈ ㏉ ㏊ ㏋ ㏌ ㏍ ㏎ ㏏ ㏐ ㏑ ㏒ ㏓ ㏔ ㏕ ㏖ ㏗ ㏘ ㏙ ㏚ ㏛ ㏜ ㏝ ㏞ ㏟ ㏠ ㏡ ㏢ ㏣ ㏤ ㏥ ㏦ ㏧ ㏨ ㏩ ㏪ ㏫ ㏬ ㏭ ㏮ ㏯ ㏰ ㏱ ㏲ ㏳ ㏴ ㏵ ㏶ ㏷ ㏸ ㏹ ㏺ ㏻ ㏼ ㏽ ㏾ ㏿ 㐀 㐁 㐂 㐃 㐄 㐅 㐆 㐇 㐈 㐉 㐊 㐋 㐌 㐍 㐎 㐏 㐐 㐑 㐒 㐓 㐔 㐕 㐖 㐗 㐘 㐙 㐚 㐛 㐜 㐝 㐞 㐟 㐠 㐡 㐢 㐣 㐤 㐥 㐦 㐧 㐨 㐩 㐪 㐫 㐬 㐭 㐮 㐯 㐰 㐱 㐲 㐳 㐴 㐵 㐶 㐷 㐸 㐹 㐺 㐻 㐼 㐽 㐾 㐿 㑀 㑁 㑂 㑃 㑄 㑅 㑆 㑇 㑈 㑉 㑊 㑋 㑌 㑍 㑎 㑏 㑐 㑑 㑒 㑓 㑔 㑕 㑖 㑗 㑘 㑙 㑚 㑛 㑜 㑝 㑞 㑟 㑠 㑡 㑢 㑣 㑤 㑥 㑦 㑧 㑨 㑩 㑪 㑫 㑬 㑭 㑮 㑯 㑰 㑱 㑲 㑳 㑴 㑵 㑶 㑷 㑸 㑹 㑺 㑻 㑼 㑽 㑾 㑿 㒀 㒁 㒂 㒃 㒄 㒅 㒆 㒇 㒈 㒉 㒊 㒋 㒌 㒍 㒎 㒏 㒐 㒑 㒒 㒓 㒔 㒕 㒖 㒗 㒘 㒙 㒚 㒛 㒜 㒝 㒞 㒟 㒠 㒡 㒢 㒣 㒤 㒥 㒦 㒧 㒨 㒩 㒪 㒫 㒬 㒭 㒮 㒯 㒰 㒱 㒲 㒳 㒴 㒵 㒶 㒷 㒸 㒹 㒺 㒻 㒼 㒽 㒾 㒿 㓀 㓁 㓂 㓃 㓄 㓅 㓆 㓇 㓈 㓉 㓊 㓋 㓌 㓍 㓎 㓏 㓐 㓑 㓒 㓓 㓔 㓕 㓖 㓗 㓘 㓙 㓚 㓛 㓜 㓝 㓞 㓟 㓠 㓡 㓢 㓣 㓤 㓥 㓦 㓧 㓨 㓩 㓪 㓫 㓬 㓭 㓮 㓯 㓰 㓱 㓲 㓳 㓴 㓵 㓶 㓷 㓸 㓹 㓺 㓻 㓼 㓽 㓾 㓿 㔀 㔁 㔂 㔃 㔄 㔅 㔆 㔇 㔈 㔉 㔊 㔋 㔌 㔍 㔎 㔏 㔐 㔑 㔒 㔓 㔔 㔕 㔖 㔗 㔘 㔙 㔚 㔛 㔜 㔝 㔞 㔟 㔠 㔡 㔢 㔣 㔤 㔥 㔦 㔧 㔨 㔩 㔪 㔫 㔬 㔭 㔮 㔯 㔰 㔱 㔲 㔳 㔴 㔵 㔶 㔷 㔸 㔹 㔺 㔻 㔼 㔽 㔾 㔿 㕀 㕁 㕂 㕃 㕄 㕅 㕆 㕇 㕈 㕉 㕊 㕋 㕌 㕍 㕎 㕏 㕐 㕑 㕒 㕓 㕔 㕕 㕖 㕗 㕘 㕙 㕚 㕛 㕜 㕝 㕞 㕟 㕠 㕡 㕢 㕣 㕤 㕥 㕦 㕧 㕨 㕩 㕪 㕫 㕬 㕭 㕮 㕯 㕰 㕱 㕲 㕳 㕴 㕵 㕶 㕷 㕸 㕹 㕺 㕻 㕼 㕽 㕾 㕿 㖀 㖁 㖂 㖃 㖄 㖅 㖆 㖇 㖈 㖉 㖊 㖋 㖌 㖍 㖎 㖏 㖐 㖑 㖒 㖓 㖔 㖕 㖖 㖗 㖘 㖙 㖚 㖛 㖜 㖝 㖞 㖟 㖠 㖡 㖢 㖣 㖤 㖥 㖦 㖧 㖨 㖩 㖪 㖫 㖬 㖭 㖮 㖯 㖰 㖱 㖲 㖳 㖴 㖵 㖶 㖷 㖸 㖹 㖺 㖻 㖼 㖽 㖾 㖿 㗀 㗁 㗂 㗃 㗄 㗅 㗆 㗇 㗈 㗉 㗊 㗋 㗌 㗍 㗎 㗏 㗐 㗑 㗒 㗓 㗔 㗕 㗖 㗗 㗘 㗙 㗚 㗛 㗜 㗝 㗞 㗟 㗠 㗡 㗢 㗣 㗤 㗥 㗦 㗧 㗨 㗩 㗪 㗫 㗬 㗭 㗮 㗯 㗰 㗱 㗲 㗳 㗴 㗵 㗶 㗷 㗸 㗹 㗺 㗻 㗼 㗽 㗾 㗿 㘀 㘁 㘂 㘃 㘄 㘅 㘆 㘇 㘈 㘉 㘊 㘋 㘌 㘍 㘎 㘏 㘐 㘑 㘒 㘓 㘔 㘕 㘖 㘗 㘘 㘙 㘚 㘛 㘜 㘝 㘞 㘟 㘠 㘡 㘢 㘣 㘤 㘥 㘦 㘧 㘨 㘩 㘪 㘫 㘬 㘭 㘮 㘯 㘰 㘱 㘲 㘳 㘴 㘵 㘶 㘷 㘸 㘹 㘺 㘻 㘼 㘽 㘾 㘿 㙀 㙁 㙂 㙃 㙄 㙅 㙆 㙇 㙈 㙉 㙊 㙋 㙌 㙍 㙎 㙏 㙐 㙑 㙒 㙓 㙔 㙕 㙖 㙗 㙘 㙙 㙚 㙛 㙜 㙝 㙞 㙟 㙠 㙡 㙢 㙣 㙤 㙥 㙦 㙧 㙨 㙩 㙪 㙫 㙬 㙭 㙮 㙯 㙰 㙱 㙲 㙳 㙴 㙵 㙶 㙷 㙸 㙹 㙺 㙻 㙼 㙽 㙾 㙿 㚀 㚁 㚂 㚃 㚄 㚅 㚆 㚇 㚈 㚉 㚊 㚋 㚌 㚍 㚎 㚏 㚐 㚑 㚒 㚓 㚔 㚕 㚖 㚗 㚘 㚙 㚚 㚛 㚜 㚝 㚞 㚟 㚠 㚡 㚢 㚣 㚤 㚥 㚦 㚧 㚨 㚩 㚪 㚫 㚬 㚭 㚮 㚯 㚰 㚱 㚲 㚳 㚴 㚵 㚶 㚷 㚸 㚹 㚺 㚻 㚼 㚽 㚾 㚿 㜀 㜁 㜂 㜃 㜄 㜅 㜆 㜇 㜈 㜉 㜊 㜋 㜌 㜍 㜎 㜏 㜐 㜑 㜒 㜓 㜔 㜕 㜖 㜗 㜘 㜙 㜚 㜛 㜜 㜝 㜞 㜟 㜠 㜡 㜢 㜣 㜤 㜥 㜦 㜧 㜨 㜩 㜪 㜫 㜬 㜭 㜮 㜯 㜰 㜱 㜲 㜳 㜴 㜵 㜶 㜷 㜸 㜹 㜺 㜻 㜼 㜽 㜾 㜿 㝀 㝁 㝂 㝃 㝄 㝅 㝆 㝇 㝈 㝉 㝊 㝋 㝌 㝍 㝎 㝏 㝐 㝑 㝒 㝓 㝔 㝕 㝖 㝗 㝘 㝙 㝚 㝛 㝜 㝝 㝞 㝟 㝠 㝡 㝢 㝣 㝤 㝥 㝦 㝧 㝨 㝩 㝪 㝫 㝬 㝭 㝮 㝯 㝰 㝱 㝲 㝳 㝴 㝵 㝶 㝷 㝸 㝹 㝺 㝻 㝼 㝽 㝾 㝿 㞀 㞁 㞂 㞃 㞄 㞅 㞆 㞇 㞈 㞉 㞊 㞋 㞌 㞍 㞎 㞏 㞐 㞑 㞒 㞓 㞔 㞕 㞖 㞗 㞘 㞙 㞚 㞛 㞜 㞝 㞞 㞟 㞠 㞡 㞢 㞣 㞤 㞥 㞦 㞧 㞨 㞩 㞪 㞫 㞬 㞭 㞮 㞯 㞰 㞱 㞲 㞳 㞴 㞵 㞶 㞷 㞸 㞹 㞺 㞻 㞼 㞽 㞾 㞿 㟀 㟁 㟂 㟃 㟄 㟅 㟆 㟇 㟈 㟉 㟊 㟋 㟌 㟍 㟎 㟏 㟐 㟑 㟒 㟓 㟔 㟕 㟖 㟗 㟘 㟙 㟚 㟛 㟜 㟝 㟞 㟟 㟠 㟡 㟢 㟣 㟤 㟥 㟦 㟧 㟨 㟩 㟪 㟫 㟬 㟭 㟮 㟯 㟰 㟱 㟲 㟳 㟴 㟵 㟶 㟷 㟸 㟹 㟺 㟻 㟼 㟽 㟾 㟿 㠀 㠁 㠂 㠃 㠄 㠅 㠆 㠇 㠈 㠉 㠊 㠋 㠌 㠍 㠎 㠏 㠐 㠑 㠒 㠓 㠔 㠕 㠖 㠗 㠘 㠙 㠚 㠛 㠜 㠝 㠞 㠟 㠠 㠡 㠢 㠣 㠤 㠥 㠦 㠧 㠨 㠩 㠪 㠫 㠬 㠭 㠮 㠯 㠰 㠱 㠲 㠳 㠴 㠵 㠶 㠷 㠸 㠹 㠺 㠻 㠼 㠽 㠾 㠿 㡀 㡁 㡂 㡃 㡄 㡅 㡆 㡇 㡈 㡉 㡊 㡋 㡌 㡍 㡎 㡏 㡐 㡑 㡒 㡓 㡔 㡕 㡖 㡗 㡘 㡙 㡚 㡛 㡜 㡝 㡞 㡟 㡠 㡡 㡢 㡣 㡤 㡥 㡦 㡧 㡨 㡩 㡪 㡫 㡬 㡭 㡮 㡯 㡰 㡱 㡲 㡳 㡴 㡵 㡶 㡷 㡸 㡹 㡺 㡻 㡼 㡽 㡾 㡿 㢀 㢁 㢂 㢃 㢄 㢅 㢆 㢇 㢈 㢉 㢊 㢋 㢌 㢍 㢎 㢏 㢐 㢑 㢒 㢓 㢔 㢕 㢖 㢗 㢘 㢙 㢚 㢛 㢜 㢝 㢞 㢟 㢠 㢡 㢢 㢣 㢤 㢥 㢦 㢧 㢨 㢩 㢪 㢫 㢬 㢭 㢮 㢯 㢰 㢱 㢲 㢳 㢴 㢵 㢶 㢷 㢸 㢹 㢺 㢻 㢼 㢽 㢾 㢿 㣀 㣁 㣂 㣃 㣄 㣅 㣆 㣇 㣈 㣉 㣊 㣋 㣌 㣍 㣎 㣏 㣐 㣑 㣒 㣓 㣔 㣕 㣖 㣗 㣘 㣙 㣚 㣛 㣜 㣝 㣞 㣟 㣠 㣡 㣢 㣣 㣤 㣥 㣦 㣧 㣨 㣩 㣪 㣫 㣬 㣭 㣮 㣯 㣰 㣱 㣲 㣳 㣴 㣵 㣶 㣷 㣸 㣹 㣺 㣻 㣼 㣽 㣾 㣿 㤀 㤁 㤂 㤃 㤄 㤅 㤆 㤇 㤈 㤉 㤊 㤋 㤌 㤍 㤎 㤏 㤐 㤑 㤒 㤓 㤔 㤕 㤖 㤗 㤘 㤙 㤚 㤛 㤜 㤝 㤞 㤟 㤠 㤡 㤢 㤣 㤤 㤥 㤦 㤧 㤨 㤩 㤪 㤫 㤬 㤭 㤮 㤯 㤰 㤱 㤲 㤳 㤴 㤵 㤶 㤷 㤸 㤹 㤺 㤻 㤼 㤽 㤾 㤿 㥀 㥁 㥂 㥃 㥄 㥅 㥆 㥇 㥈 㥉 㥊 㥋 㥌 㥍 㥎 㥏 㥐 㥑 㥒 㥓 㥔 㥕 㥖 㥗 㥘 㥙 㥚 㥛 㥜 㥝 㥞 㥟 㥠 㥡 㥢 㥣 㥤 㥥 㥦 㥧 㥨 㥩 㥪 㥫 㥬 㥭 㥮 㥯 㥰 㥱 㥲 㥳 㥴 㥵 㥶 㥷 㥸 㥹 㥺 㥻 㥼 㥽 㥾 㥿 㦀 㦁 㦂 㦃 㦄 㦅 㦆 㦇 㦈 㦉 㦊 㦋 㦌 㦍 㦎 㦏 㦐 㦑 㦒 㦓 㦔 㦕 㦖 㦗 㦘 㦙 㦚 㦛 㦜 㦝 㦞 㦟 㦠 㦡 㦢 㦣 㦤 㦥 㦦 㦧 㦨 㦩 㦪 㦫 㦬 㦭 㦮 㦯 㦰 㦱 㦲 㦳 㦴 㦵 㦶 㦷 㦸 㦹 㦺 㦻 㦼 㦽 㦾 㦿 㧀 㧁 㧂 㧃 㧄 㧅 㧆 㧇 㧈 㧉 㧊 㧋 㧌 㧍 㧎 㧏 㧐 㧑 㧒 㧓 㧔 㧕 㧖 㧗 㧘 㧙 㧚 㧛 㧜 㧝 㧞 㧟 㧠 㧡 㧢 㧣 㧤 㧥 㧦 㧧 㧨 㧩 㧪 㧫 㧬 㧭 㧮 㧯 㧰 㧱 㧲 㧳 㧴 㧵 㧶 㧷 㧸 㧹 㧺 㧻 㧼 㧽 㧾 㧿 㨀 㨁 㨂 㨃 㨄 㨅 㨆 㨇 㨈 㨉 㨊 㨋 㨌 㨍 㨎 㨏 㨐 㨑 㨒 㨓 㨔 㨕 㨖 㨗 㨘 㨙 㨚 㨛 㨜 㨝 㨞 㨟 㨠 㨡 㨢 㨣 㨤 㨥 㨦 㨧 㨨 㨩 㨪 㨫 㨬 㨭 㨮 㨯 㨰 㨱 㨲 㨳 㨴 㨵 㨶 㨷 㨸 㨹 㨺 㨻 㨼 㨽 㨾 㨿 㩀 㩁 㩂 㩃 㩄 㩅 㩆 㩇 㩈 㩉 㩊 㩋 㩌 㩍 㩎 㩏 㩐 㩑 㩒 㩓 㩔 㩕 㩖 㩗 㩘 㩙 㩚 㩛 㩜 㩝 㩞 㩟 㩠 㩡 㩢 㩣 㩤 㩥 㩦 㩧 㩨 㩩 㩪 㩫 㩬 㩭 㩮 㩯 㩰 㩱 㩲 㩳 㩴 㩵 㩶 㩷 㩸 㩹 㩺 㩻 㩼 㩽 㩾 㩿 㪀 㪁 㪂 㪃 㪄 㪅 㪆 㪇 㪈 㪉 㪊 㪋 㪌 㪍 㪎 㪏 㪐 㪑 㪒 㪓 㪔 㪕 㪖 㪗 㪘 㪙 㪚 㪛 㪜 㪝 㪞 㪟 㪠 㪡 㪢 㪣 㪤 㪥 㪦 㪧 㪨 㪩 㪪 㪫 㪬 㪭 㪮 㪯 㪰 㪱 㪲 㪳 㪴 㪵 㪶 㪷 㪸 㪹 㪺 㪻 㪼 㪽 㪾 㪿 㫀 㫁 㫂 㫃 㫄 㫅 㫆 㫇 㫈 㫉 㫊 㫋 㫌 㫍 㫎 㫏 㫐 㫑 㫒 㫓 㫔 㫕 㫖 㫗 㫘 㫙 㫚 㫛 㫜 㫝 㫞 㫟 㫠 㫡 㫢 㫣 㫤 㫥 㫦 㫧 㫨 㫩 㫪 㫫 㫬 㫭 㫮 㫯 㫰 㫱 㫲 㫳 㫴 㫵 㫶 㫷 㫸 㫹 㫺 㫻 㫼 㫽 㫾 㫿 㬀 㬁 㬂 㬃 㬄 㬅 㬆 㬇 㬈 㬉 㬊 㬋 㬌 㬍 㬎 㬏 㬐 㬑 㬒 㬓 㬔 㬕 㬖 㬗 㬘 㬙 㬚 㬛 㬜 㬝 㬞 㬟 㬠 㬡 㬢 㬣 㬤 㬥 㬦 㬧 㬨 㬩 㬪 㬫 㬬 㬭 㬮 㬯 㬰 㬱 㬲 㬳 㬴 㬵 㬶 㬷 㬸 㬹 㬺 㬻 㬼 㬽 㬾 㬿 㭀 㭁 㭂 㭃 㭄 㭅 㭆 㭇 㭈 㭉 㭊 㭋 㭌 㭍 㭎 㭏 㭐 㭑 㭒 㭓 㭔 㭕 㭖 㭗 㭘 㭙 㭚 㭛 㭜 㭝 㭞 㭟 㭠 㭡 㭢 㭣 㭤 㭥 㭦 㭧 㭨 㭩 㭪 㭫 㭬 㭭 㭮 㭯 㭰 㭱 㭲 㭳 㭴 㭵 㭶 㭷 㭸 㭹 㭺 㭻 㭼 㭽 㭾 㭿 㮀 㮁 㮂 㮃 㮄 㮅 㮆 㮇 㮈 㮉 㮊 㮋 㮌 㮍 㮎 㮏 㮐 㮑 㮒 㮓 㮔 㮕 㮖 㮗 㮘 㮙 㮚 㮛 㮜 㮝 㮞 㮟 㮠 㮡 㮢 㮣 㮤 㮥 㮦 㮧 㮨 㮩 㮪 㮫 㮬 㮭 㮮 㮯 㮰 㮱 㮲 㮳 㮴 㮵 㮶 㮷 㮸 㮹 㮺 㮻 㮼 㮽 㮾 㮿 㯀 㯁 㯂 㯃 㯄 㯅 㯆 㯇 㯈 㯉 㯊 㯋 㯌 㯍 㯎 㯏 㯐 㯑 㯒 㯓 㯔 㯕 㯖 㯗 㯘 㯙 㯚 㯛 㯜 㯝 㯞 㯟 㯠 㯡 㯢 㯣 㯤 㯥 㯦 㯧 㯨 㯩 㯪 㯫 㯬 㯭 㯮 㯯 㯰 㯱 㯲 㯳 㯴 㯵 㯶 㯷 㯸 㯹 㯺 㯻 㯼 㯽 㯾 㯿 㰀 㰁 㰂 㰃 㰄 㰅 㰆 㰇 㰈 㰉 㰊 㰋 㰌 㰍 㰎 㰏 㰐 㰑 㰒 㰓 㰔 㰕 㰖 㰗 㰘 㰙 㰚 㰛 㰜 㰝 㰞 㰟 㰠 㰡 㰢 㰣 㰤 㰥 㰦 㰧 㰨 㰩 㰪 㰫 㰬 㰭 㰮 㰯 㰰 㰱 㰲 㰳 㰴 㰵 㰶 㰷 㰸 㰹 㰺 㰻 㰼 㰽 㰾 㰿 㱀 㱁 㱂 㱃 㱄 㱅 㱆 㱇 㱈 㱉 㱊 㱋 㱌 㱍 㱎 㱏 㱐 㱑 㱒 㱓 㱔 㱕 㱖 㱗 㱘 㱙 㱚 㱛 㱜 㱝 㱞 㱟 㱠 㱡 㱢 㱣 㱤 㱥 㱦 㱧 㱨 㱩 㱪 㱫 㱬 㱭 㱮 㱯 㱰 㱱 㱲 㱳 㱴 㱵 㱶 㱷 㱸 㱹 㱺 㱻 㱼 㱽 㱾 㱿 㲀 㲁 㲂 㲃 㲄 㲅 㲆 㲇 㲈 㲉 㲊 㲋 㲌 㲍 㲎 㲏 㲐 㲑 㲒 㲓 㲔 㲕 㲖 㲗 㲘 㲙 㲚 㲛 㲜 㲝 㲞 㲟 㲠 㲡 㲢 㲣 㲤 㲥 㲦 㲧 㲨 㲩 㲪 㲫 㲬 㲭 㲮 㲯 㲰 㲱 㲲 㲳 㲴 㲵 㲶 㲷 㲸 㲹 㲺 㲻 㲼 㲽 㲾 㲿 㳀 㳁 㳂 㳃 㳄 㳅 㳆 㳇 㳈 㳉 㳊 㳋 㳌 㳍 㳎 㳏 㳐 㳑 㳒 㳓 㳔 㳕 㳖 㳗 㳘 㳙 㳚 㳛 㳜 㳝 㳞 㳟 㳠 㳡 㳢 㳣 㳤 㳥 㳦 㳧 㳨 㳩 㳪 㳫 㳬 㳭 㳮 㳯 㳰 㳱 㳲 㳳 㳴 㳵 㳶 㳷 㳸 㳹 㳺 㳻 㳼 㳽 㳾 㳿 㴀 㴁 㴂 㴃 㴄 㴅 㴆 㴇 㴈 㴉 㴊 㴋 㴌 㴍 㴎 㴏 㴐 㴑 㴒 㴓 㴔 㴕 㴖 㴗 㴘 㴙 㴚 㴛 㴜 㴝 㴞 㴟 㴠 㴡 㴢 㴣 㴤 㴥 㴦 㴧 㴨 㴩 㴪 㴫 㴬 㴭 㴮 㴯 㴰 㴱 㴲 㴳 㴴 㴵 㴶 㴷 㴸 㴹 㴺 㴻 㴼 㴽 㴾 㴿 㵀 㵁 㵂 㵃 㵄 㵅 㵆 㵇 㵈 㵉 㵊 㵋 㵌 㵍 㵎 㵏 㵐 㵑 㵒 㵓 㵔 㵕 㵖 㵗 㵘 㵙 㵚 㵛 㵜 㵝 㵞 㵟 㵠 㵡 㵢 㵣 㵤 㵥 㵦 㵧 㵨 㵩 㵪 㵫 㵬 㵭 㵮 㵯 㵰 㵱 㵲 㵳 㵴 㵵 㵶 㵷 㵸 㵹 㵺 㵻 㵼 㵽 㵾 㵿 㶀 㶁 㶂 㶃 㶄 㶅 㶆 㶇 㶈 㶉 㶊 㶋 㶌 㶍 㶎 㶏 㶐 㶑 㶒 㶓 㶔 㶕 㶖 㶗 㶘 㶙 㶚 㶛 㶜 㶝 㶞 㶟 㶠 㶡 㶢 㶣 㶤 㶥 㶦 㶧 㶨 㶩 㶪 㶫 㶬 㶭 㶮 㶯 㶰 㶱 㶲 㶳 㶴 㶵 㶶 㶷 㶸 㶹 㶺 㶻 㶼 㶽 㶾 㶿 㷀 㷁 㷂 㷃 㷄 㷅 㷆 㷇 㷈 㷉 㷊 㷋 㷌 㷍 㷎 㷏 㷐 㷑 㷒 㷓 㷔 㷕 㷖 㷗 㷘 㷙 㷚 㷛 㷜 㷝 㷞 㷟 㷠 㷡 㷢 㷣 㷤 㷥 㷦 㷧 㷨 㷩 㷪 㷫 㷬 㷭 㷮 㷯 㷰 㷱 㷲 㷳 㷴 㷵 㷶 㷷 㷸 㷹 㷺 㷻 㷼 㷽 㷾 㷿 㸀 㸁 㸂 㸃 㸄 㸅 㸆 㸇 㸈 㸉 㸊 㸋 㸌 㸍 㸎 㸏 㸐 㸑 㸒 㸓 㸔 㸕 㸖 㸗 㸘 㸙 㸚 㸛 㸜 㸝 㸞 㸟 㸠 㸡 㸢 㸣 㸤 㸥 㸦 㸧 㸨 㸩 㸪 㸫 㸬 㸭 㸮 㸯 㸰 㸱 㸲 㸳 㸴 㸵 㸶 㸷 㸸 㸹 㸺 㸻 㸼 㸽 㸾 㸿 㹀 㹁 㹂 㹃 㹄 㹅 㹆 㹇 㹈 㹉 㹊 㹋 㹌 㹍 㹎 㹏 㹐 㹑 㹒 㹓 㹔 㹕 㹖 㹗 㹘 㹙 㹚 㹛 㹜 㹝 㹞 㹟 㹠 㹡 㹢 㹣 㹤 㹥 㹦 㹧 㹨 㹩 㹪 㹫 㹬 㹭 㹮 㹯 㹰 㹱 㹲 㹳 㹴 㹵 㹶 㹷 㹸 㹹 㹺 㹻 㹼 㹽 㹾 㹿 㺀 㺁 㺂 㺃 㺄 㺅 㺆 㺇 㺈 㺉 㺊 㺋 㺌 㺍 㺎 㺏 㺐 㺑 㺒 㺓 㺔 㺕 㺖 㺗 㺘 㺙 㺚 㺛 㺜 㺝 㺞 㺟 㺠 㺡 㺢 㺣 㺤 㺥 㺦 㺧 㺨 㺩 㺪 㺫 㺬 㺭 㺮 㺯 㺰 㺱 㺲 㺳 㺴 㺵 㺶 㺷 㺸 㺹 㺺 㺻 㺼 㺽 㺾 㺿 㻀 㻁 㻂 㻃 㻄 㻅 㻆 㻇 㻈 㻉 㻊 㻋 㻌 㻍 㻎 㻏 㻐 㻑 㻒 㻓 㻔 㻕 㻖 㻗 㻘 㻙 㻚 㻛 㻜 㻝 㻞 㻟 㻠 㻡 㻢 㻣 㻤 㻥 㻦 㻧 㻨 㻩 㻪 㻫 㻬 㻭 㻮 㻯 㻰 㻱 㻲 㻳 㻴 㻵 㻶 㻷 㻸 㻹 㻺 㻻 㻼 㻽 㻾 㻿 㼀 㼁 㼂 㼃 㼄 㼅 㼆 㼇 㼈 㼉 㼊 㼋 㼌 㼍 㼎 㼏 㼐 㼑 㼒 㼓 㼔 㼕 㼖 㼗 㼘 㼙 㼚 㼛 㼜 㼝 㼞 㼟 㼠 㼡 㼢 㼣 㼤 㼥 㼦 㼧 㼨 㼩 㼪 㼫 㼬 㼭 㼮 㼯 㼰 㼱 㼲 㼳 㼴 㼵 㼶 㼷 㼸 㼹 㼺 㼻 㼼 㼽 㼾 㼿 㽀 㽁 㽂 㽃 㽄 㽅 㽆 㽇 㽈 㽉 㽊 㽋 㽌 㽍 㽎 㽏 㽐 㽑 㽒 㽓 㽔 㽕 㽖 㽗 㽘 㽙 㽚 㽛 㽜 㽝 㽞 㽟 㽠 㽡 㽢 㽣 㽤 㽥 㽦 㽧 㽨 㽩 㽪 㽫 㽬 㽭 㽮 㽯 㽰 㽱 㽲 㽳 㽴 㽵 㽶 㽷 㽸 㽹 㽺 㽻 㽼 㽽 㽾 㽿 㿀 㿁 㿂 㿃 㿄 㿅 㿆 㿇 㿈 㿉 㿊 㿋 㿌 㿍 㿎 㿏 㿐 㿑 㿒 㿓 㿔 㿕 㿖 㿗 㿘 㿙 㿚 㿛 㿜 㿝 㿞 㿟 㿠 㿡 㿢 㿣 㿤 㿥 㿦 㿧 㿨 㿩 㿪 㿫 㿬 㿭 㿮 㿯 㿰 㿱 㿲 㿳 㿴 㿵 㿶 㿷 㿸 㿹 㿺 㿻 㿼 㿽 㿾 㿿 ̀ ́ ̂ ̃ ̄ ̅ ̆ ̇ ̈ ̉ ̊ ̋ ̌ ̍ ̎ ̏ ̐ ̑ ̒ ̓ ̔ ̕ ̖ ̗ ̘ ̙ ̚ ̛

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3. 試験方法 ⑨ 温冷繰返し接着強さ試験 (NEXCO試験法736)

### 2.5.2 温冷繰返し接着強さ試験 (NEXCO 試験法 736)

NEXCO 試験法 736 による接着強さ試験は、コンクリート平板に評価対象となる表面被覆材を施し、鋼製付着子を3か所設置し、引張試験機にて載荷する。最大荷重から接着強さを求める。

試験体の形状・寸法、試験方法の概要図を以下に示す。

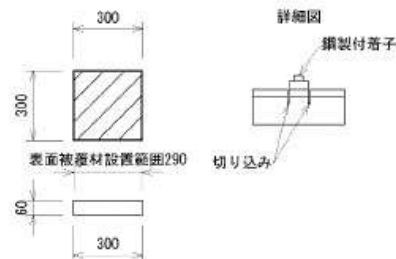


図 2.5.2 試験体の形状・寸法、試験方法の概要図

NEXCO 試験法 736 では、低温恒温恒湿器に試験体を設置し、次の a~c を 1 サイクルとする負荷を 30 サイクル実施する。

- 温度  $-20 \pm 2^\circ\text{C}$  で 3 時間冷却する。
- 温度  $50 \pm 2^\circ\text{C}$  で 3 時間加温する。
- 温度  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  及び湿度 80% 以上の条件下で 18 時間保持する。

試験体の個数は、同一条件 (NEXCO 試験法 736) の試験に対して 3 体 (1 体に付き 3 か所) とする。

表 2.5.2 試験体の種類

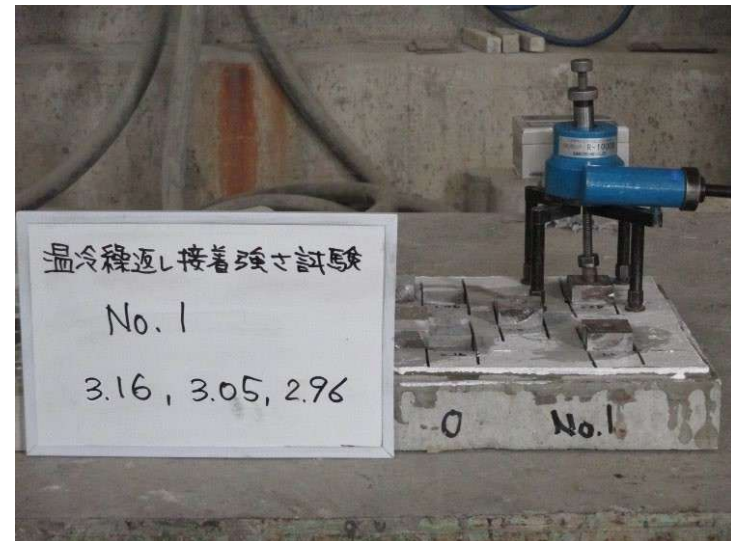
試験体	試験法	試験室の温度	試験体数
GCシリーズ	736 (温冷繰返し)	$23 \pm 2^\circ\text{C}$	3 体

計算について以下に記す。

- ・接着強さは次式より算出

$$S = P/A \quad \text{ここに、S: 接着強さ (N/mm}^2\text{)、P: 最大荷重 (N)、A: 試験体の面積 (mm}^2\text{)}$$

- ・試験体の破壊状態を記録



# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3. 試験方法 ⑩延焼性試験 (NEXC試験法738)

### 2.6 延焼性試験 (NEXC 試験法 738)

NEXC 試験法 738 による延焼性試験は、不燃材料（ケイ酸カルシウム板）に評価対象となる表面被覆材を施し、メッセルバーナーを用い表面被覆材の延焼性・自己消化性を確認する。熱電対温度計により火炎温度を計測・記録する。

試験体の形状・寸法、試験方法の概要図を以下に示す。

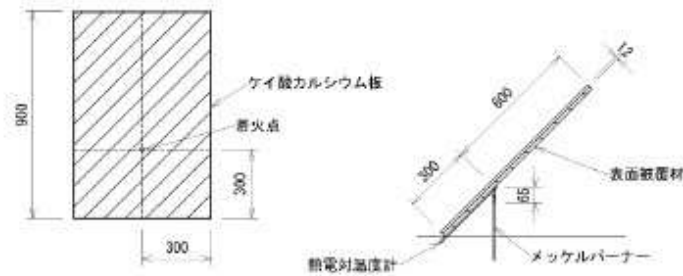


図 2.10.1 試験体の形状・寸法、試験方法の概要図

試験体の個数は、同一条件の試験に対して 2 個とする。

表 2.10.1 試験体の種類

試験体	試験体数
GCシリーズ	2 体

燃焼について以下に記す。

- ・火炎温度は 1200℃以上、試験時間は 10 分
- ・バーナーの炎を取り去ってから、炎が消えるまでの時間を記録

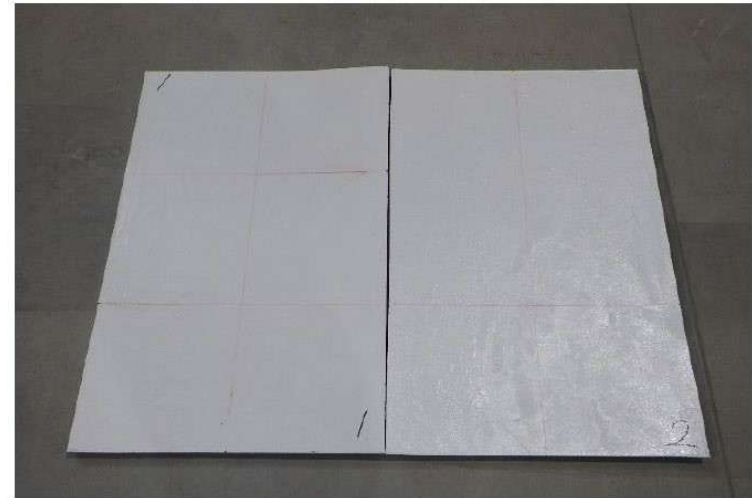


写真 1 試験前試験体

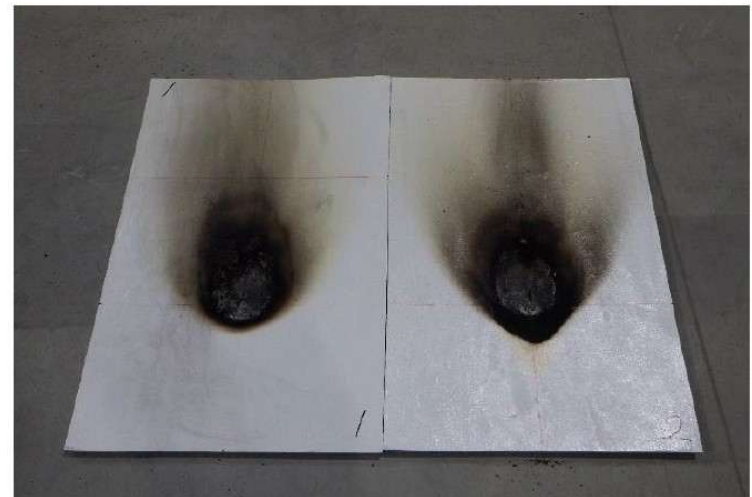


写真 2 試験後試験体

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 3. 試験方法 ⑪ガス有害性試験

### 2.7 ガス有害性試験

ガス有害性試験は、加熱炉で試験体を燃焼させ、発生したガスを攪拌箱からマウスを入れた被検箱へ送る。被検箱内にはマウスを入れた回転かごが設置されており、回転かごの回転をマウスの行動として記録する。

試験体の形状・寸法、試験方法の概要図を以下に示す。

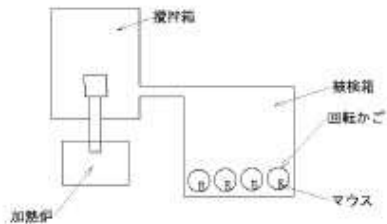


図 2.11.1 試験体の形状・寸法、試験方法の概要図

試験体の個数は、同一条件の試験に対して 2 個とする。

表 2.11.1 試験体の種類

試験体	試験体数
GCシリーズ	2 体

測定について以下に記す。

- ・加熱を初めてから個々のマウス（計 8 匹）が行動を停止するまでの時間を記録
- ・加熱開始後 15 分を経過するまで記録

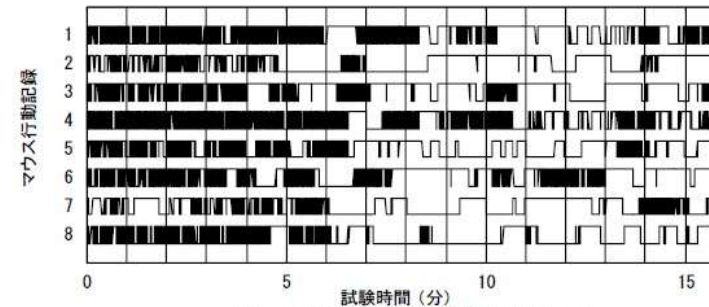


図1 マウス行動記録 (試験体番号: 1)

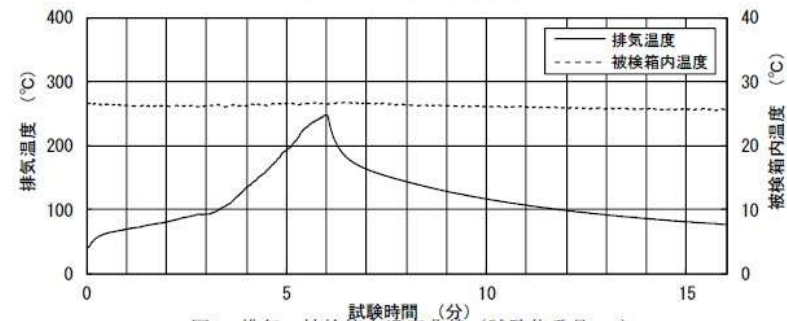
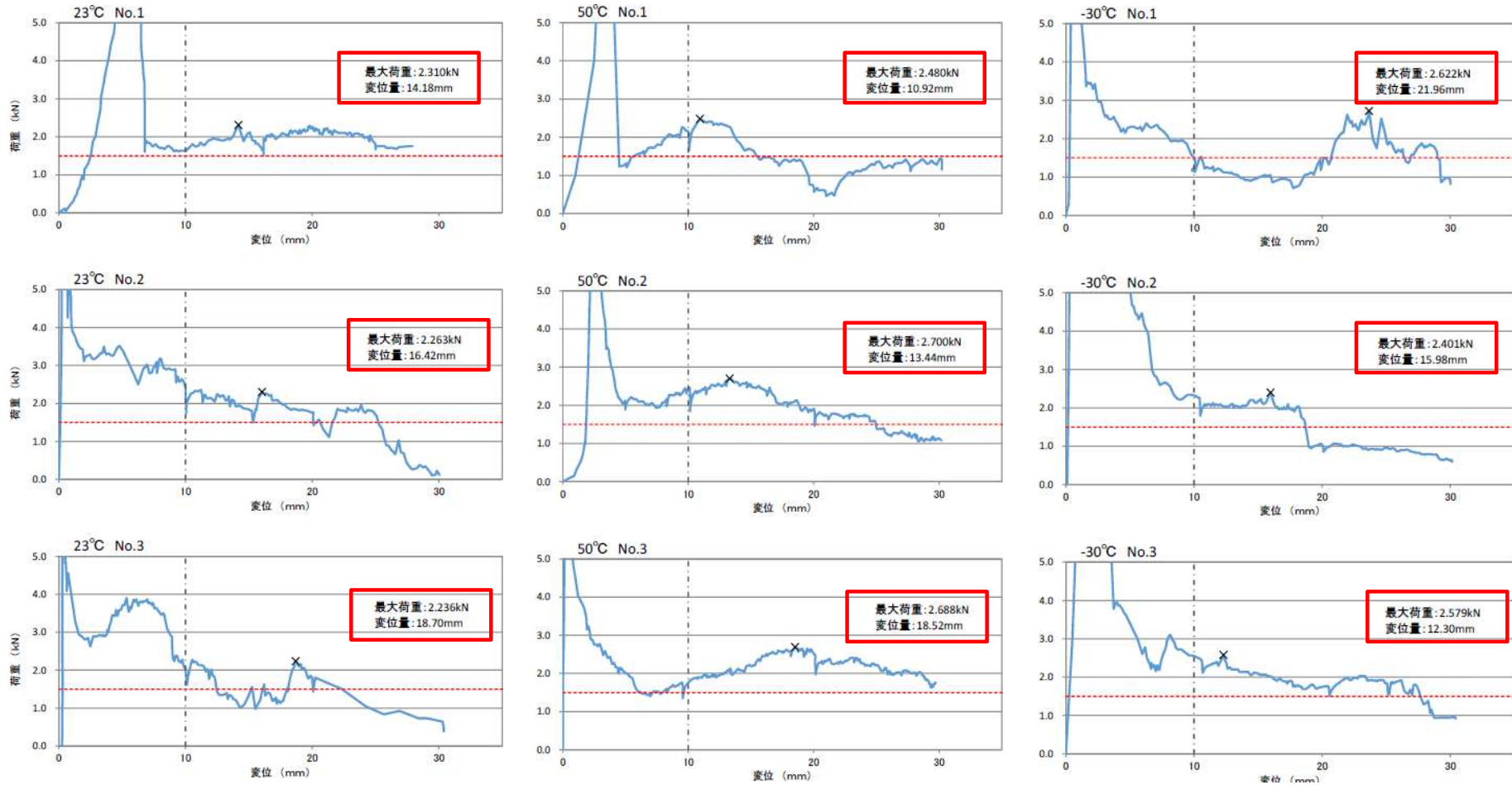


図2 排気・被検箱内温度曲線 (試験体番号: 1)

試験体番号: 1		
マウス質量 (g)	1	20.2
	2	19.8
	3	19.2
	4	20.0
	5	20.4
	6	20.0
	7	18.2
	8	20.5
	平均	19.8
マウス行動停止時間 (分)	1	15.0
	2	14.3
	3	15.0
	4	15.0
	5	15.0
	6	15.0
	7	15.0
	8	15.0
	$\bar{X}$	14.91
$\sigma$	0.23	
$X_p$	14.68	

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 ①押抜き試験 (JSCE-K533)



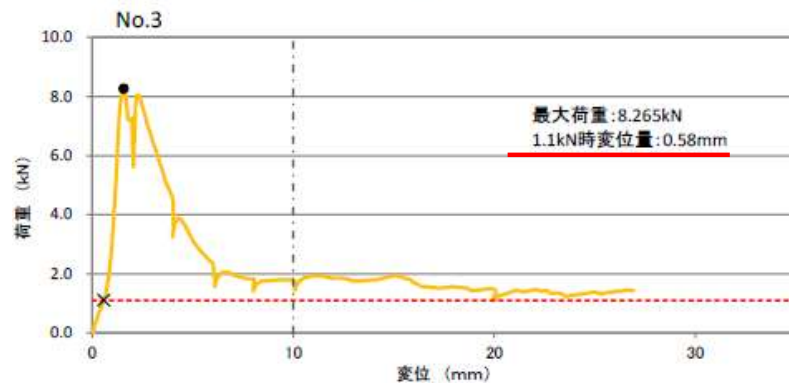
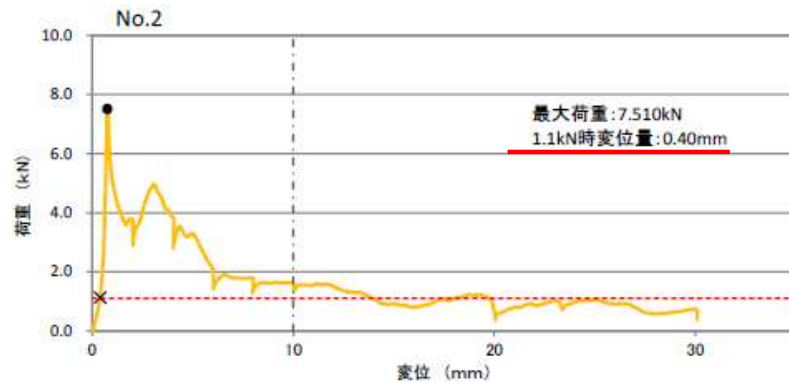
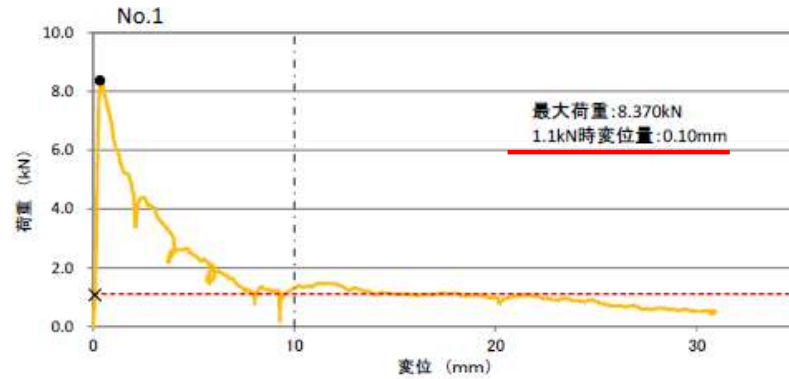
要求性能：変位10mm以上で荷重値1.5kN以上



全ての条件で判定基準を満足

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 ②押抜き試験 (NEXCO試験法734)



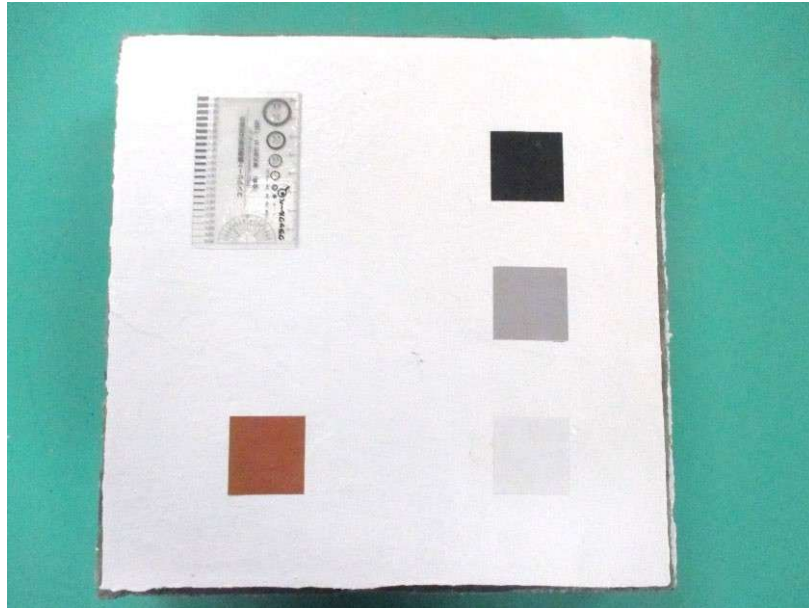
要求性能：荷重値1.1kNにおける  
変位量50mm以下



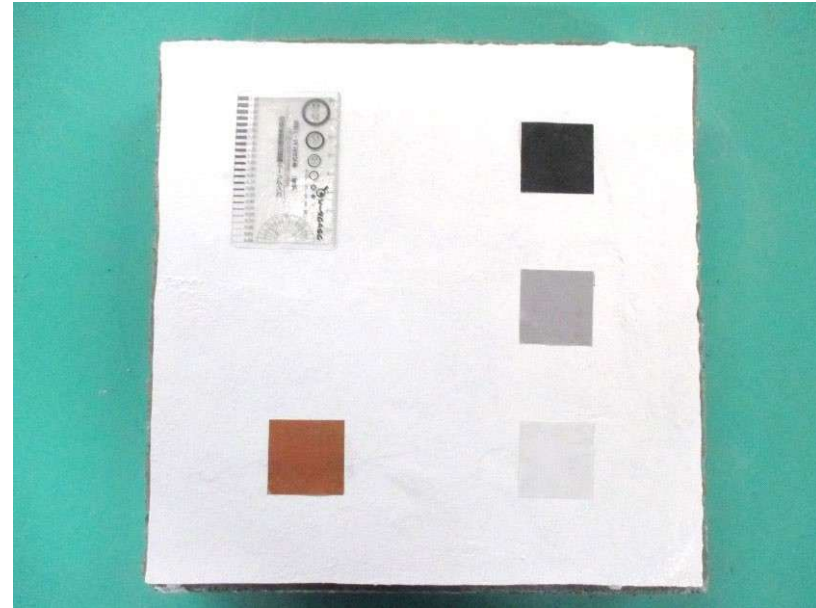
判定基準を満足

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 ③塗膜劣化評価試験（NEXCO試験法425）



負荷前（光沢度：84）



負荷後（光沢度：76）  
ひび割れ、浮き、剥がれ、色差など変状なし

光沢保持④：90.4% 劣化はほとんどしていない

要求性能：負荷前後の変状有無の確認



変状なし

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 ④ひび割れ抵抗性試験（NEXCO試験法425）

供試体制	試験温度	番号	負荷前	負荷後	保持率	
ひび割れ抵抗性試験	湿潤・23°C	-30°C	No.1	4.28N/mm <sup>2</sup>	4.17N/mm <sup>2</sup>	106.1%
			No.2	3.25N/mm <sup>2</sup>	4.51N/mm <sup>2</sup>	
			No.3	3.68N/mm <sup>2</sup>	3.24N/mm <sup>2</sup>	
			平均値	3.74N/mm <sup>2</sup>	3.97N/mm <sup>2</sup>	
ひび割れ抵抗性試験	湿潤・23°C	+23°C	No.1	3.77N/mm <sup>2</sup>	4.18N/mm <sup>2</sup>	110.8%
			No.2	3.12N/mm <sup>2</sup>	3.07N/mm <sup>2</sup>	
			No.3	3.37N/mm <sup>2</sup>	4.12N/mm <sup>2</sup>	
			平均値	3.42N/mm <sup>2</sup>	3.79N/mm <sup>2</sup>	
ひび割れ抵抗性試験	湿潤・23°C	+50°C	No.1	3.80N/mm <sup>2</sup>	3.19N/mm <sup>2</sup>	88.6%
			No.2	3.78N/mm <sup>2</sup>	3.31N/mm <sup>2</sup>	
			No.3	4.03N/mm <sup>2</sup>	3.79N/mm <sup>2</sup>	
			平均値	3.87N/mm <sup>2</sup>	3.43N/mm <sup>2</sup>	
押抜き試験最低値			227kN	× 最小保持率	88.6% =	2.01kN



要求性能：はく落防止の押抜き試験結果の最低値×最少保持④（%）が1.5kN以上

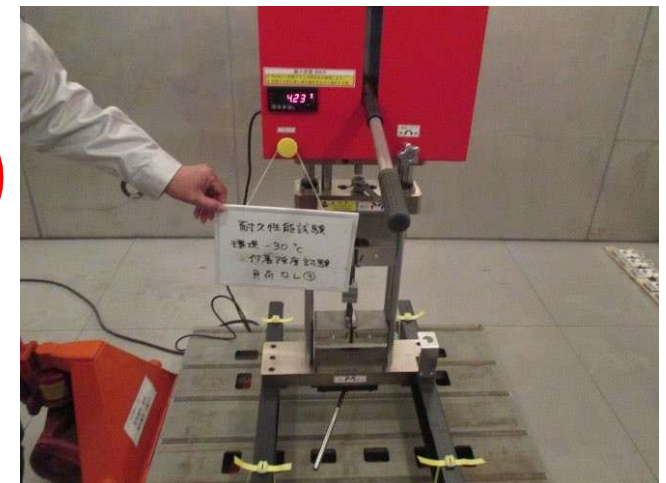


判定基準を満足

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 ⑤付着強度試験（NEXCO試験法425）

	供試本作製	試験温度	番号	負荷前	負荷後	保持率
付着強度試験	湿潤・23°C	-30°C	No.1	3.54N/mm <sup>2</sup>	4.18N/mm <sup>2</sup>	124.7%
			No.2	4.03N/mm <sup>2</sup>	4.23N/mm <sup>2</sup>	
			No.3	2.64N/mm <sup>2</sup>	4.32N/mm <sup>2</sup>	
			平均値	3.40N/mm <sup>2</sup>	4.24N/mm <sup>2</sup>	
	湿潤・23°C	+23°C	No.1	2.58N/mm <sup>2</sup>	1.97N/mm <sup>2</sup>	87.9%
			No.2	2.22N/mm <sup>2</sup>	2.23N/mm <sup>2</sup>	
			No.3	2.40N/mm <sup>2</sup>	2.13N/mm <sup>2</sup>	
			平均値	2.40N/mm <sup>2</sup>	2.11N/mm <sup>2</sup>	
	湿潤・23°C	+50°C	No.1	1.91N/mm <sup>2</sup>	2.18N/mm <sup>2</sup>	101.9%
			No.2	2.38N/mm <sup>2</sup>	2.54N/mm <sup>2</sup>	
			No.3	2.18N/mm <sup>2</sup>	1.89N/mm <sup>2</sup>	
			平均値	2.16N/mm <sup>2</sup>	2.20N/mm <sup>2</sup>	
押抜き試験最低値27kN×最小保持率87.9% = 200kN						



要求性能：はく落防止の押抜き試験結果の最低値×最少保持④（%）が1.5kN以上

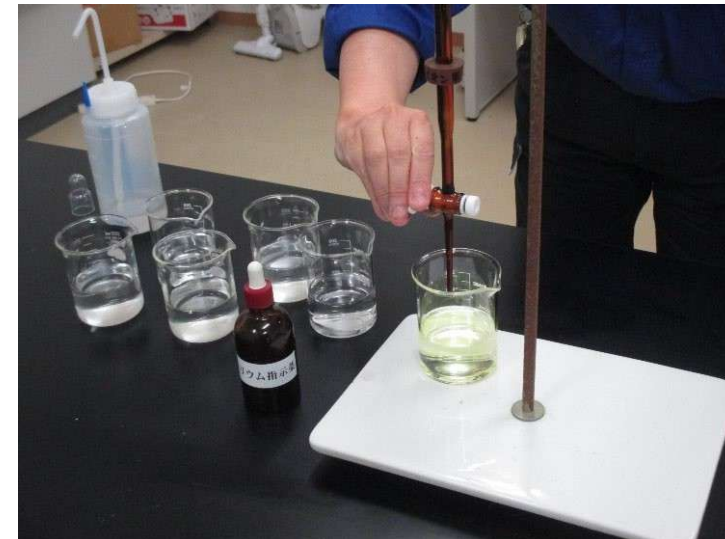


判定基準を満足

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 ⑥塩化物イオン透過性試験（NEXCO試験法425）

	供試体作製	試験温度	番号	負荷前	負荷後
塩化物イオン 透過性試験	湿潤・23°C	+23°C	No.1	0.0009g/m <sup>2</sup>	0.0009g/m <sup>2</sup>
			No.2	0.0009g/m <sup>2</sup>	0.0009g/m <sup>2</sup>
			No.3	0.0009g/m <sup>2</sup>	0.0009g/m <sup>2</sup>
	—	—	平均値	0.0009g/m <sup>2</sup>	0.0009g/m <sup>2</sup>



要求性能：塩化物イオン透過性0.005g/m<sup>2</sup>・日以下



判定基準を満足

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 ⑦ひび割れ含浸試験 (NEXCO試験法426)

項目	試験方法	試験条件		番号	試験結果	平均値
		供試本作製	試験温度			
ひび割れ含浸性能	試験法426 (NEXCO)	湿潤・23°C	+23°C	No.1	4.62N/mm <sup>2</sup>	5.06N/mm <sup>2</sup>
				No.2	4.84N/mm <sup>2</sup>	
				No.3	5.72N/mm <sup>2</sup>	



要求性能：曲げ強度として2.0N/mm<sup>2</sup>以上



判定基準を満足

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 ⑧ 湿潤接着強さ試験 (NEXCO試験法735)

## ⑨ 温冷繰返し接着強さ試験 (NEXCO試験法736)

項目	試験方法	試験条件		番号	試験結果	平均値
		供試体作製	試験温度			
接着強さ (湿潤接着強さ)	試験法735 (NEXCO)	湿潤・23℃	+23℃	No.1	2.02N/mm <sup>2</sup>	2.01N/mm <sup>2</sup>
				No.2	1.80N/mm <sup>2</sup>	
				No.3	2.21N/mm <sup>2</sup>	
接着強さ (温冷繰返し)	試験法736 (NEXCO)	湿潤・23℃	+23℃	No.1	1.91N/mm <sup>2</sup>	1.90N/mm <sup>2</sup>
				No.2	1.98N/mm <sup>2</sup>	
				No.3	1.81N/mm <sup>2</sup>	



要求性能：1.5N/mm<sup>2</sup>以上



判定基準を満足

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 ⑩延焼性試験 (NEXC試験法738)

項目	試験方法	試験条件		番号	試験結果	平均値
		供試体作製	試験温度			
トンネル補修材料 の延焼性試験	試験法738 (NEXCO)	湿潤・23℃	—	No.1	13秒	8.5秒
				No.2	4秒	
		湿潤・23℃	—	No.1	200×200mm	200×200mm
				No.2	200×200mm	

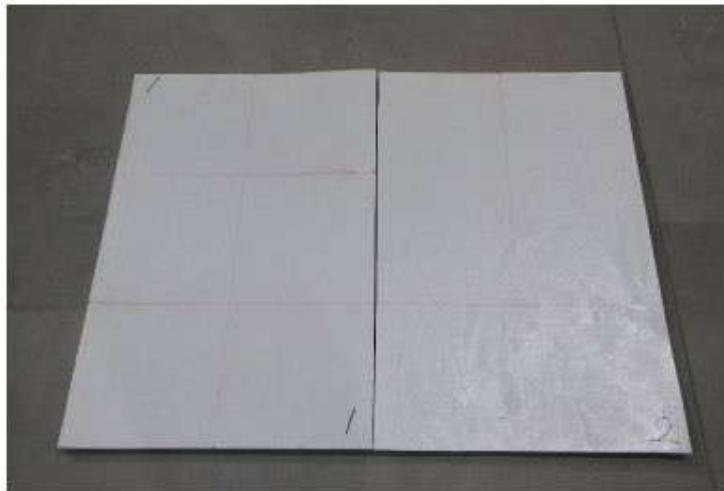


写真1 試験前試験体

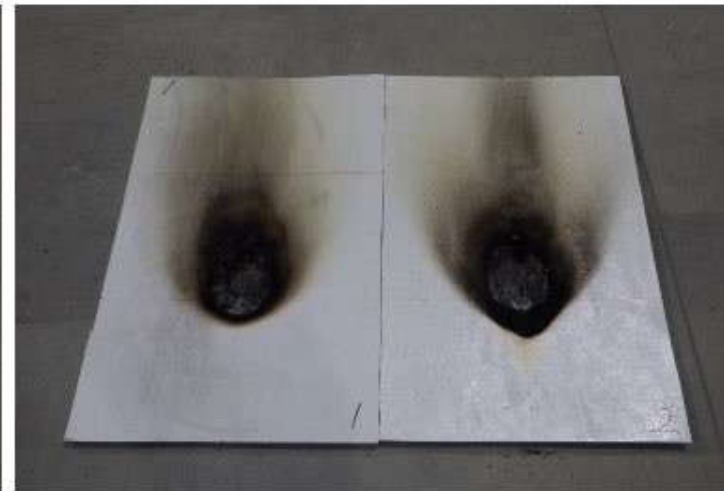


写真2 試験後試験体

要求性能：消炎時間30秒以内、延焼範囲600mm以内



判定基準を満足

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 ⑪ガス有害性試験

項目	試験方法	試験条件		番号	試験結果	平均値
		供試体作製	試験温度			
ガス有害性試験	防耐火性能試験	湿潤・23°C	—	No.1	14.68分	14.84分
				No.2	15.00分	

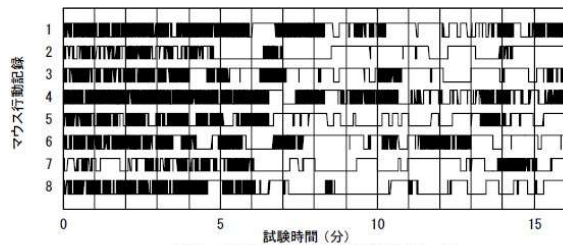


図1 マウス行動記録 (試験体番号: 1)

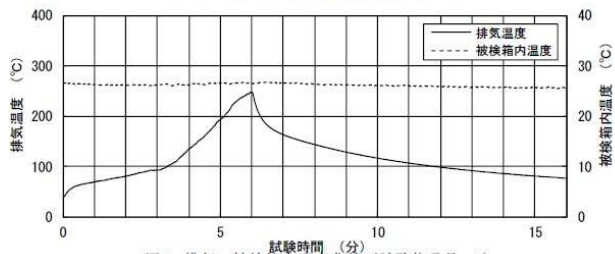


図2 排気・被検箱内温度曲線 (試験体番号: 1)

試験体番号: 1	
マウス質量 (g)	
1	20.2
2	19.8
3	19.2
4	20.0
5	20.4
6	20.0
7	18.2
8	20.5
平均	19.8
マウス行動停止時間 (分)	
1	15.0
2	14.3
3	15.0
4	15.0
5	15.0
6	15.0
7	15.0
8	15.0
$\bar{x}$	14.91
$\sigma$	0.23
$X_s$	14.68

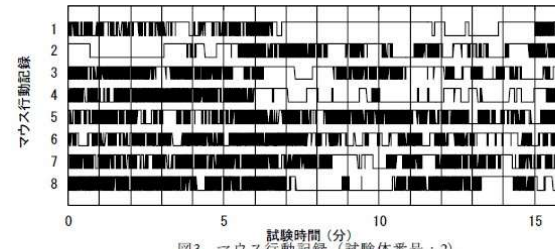


図3 マウス行動記録 (試験体番号: 2)

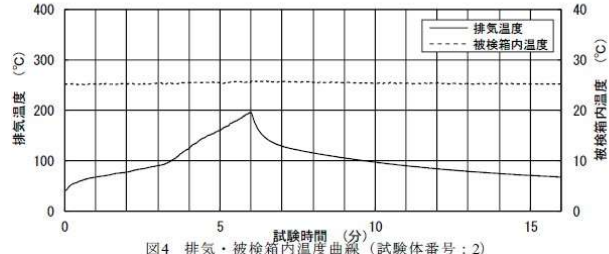


図4 排気・被検箱内温度曲線 (試験体番号: 2)

試験体番号: 2	
マウス質量 (g)	
1	19.4
2	19.7
3	18.8
4	18.8
5	18.8
6	19.7
7	18.3
8	20.1
平均	19.2
マウス行動停止時間 (分)	
1	15.0
2	15.0
3	15.0
4	15.0
5	15.0
6	15.0
7	15.0
8	15.0
$\bar{x}$	15.00
$\sigma$	0.00
$X_s$	15.00

要求性能:  $X_s$  (平均行動時間 - 標準偏差) 6.8分以上



判定基準を満足

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 4. 試験結果 (総括)

項目	試験方法	判定基準	照査条件			試験結果				
			供試体作製	試験温度	構造	負荷前	負荷後	保持率		
はく落防止の 押抜き試験	JSCE-K533準拠 (土木学会)	変位10mm以上で 1.5kN以上	湿潤・23℃	-30℃	標準	2.53kN				
			湿潤・23℃	+23℃	標準	2.27kN				
			湿潤・23℃	+50℃	標準	2.62kN				
	試験法734 (NEXCO)	荷重値1.1kN時の 変位量が50mm以下	湿潤・23℃	+23℃	標準	0.35mm				
はく落防止の 耐久性能試験	試験法425 (NEXCO) 保持率:キセノンラン プ1200h照射後、 -30℃~60℃の温冷 繰返しと水酸化カル シウム飽和溶液水浸 を定められた方法で 1サイクル24hを30回 繰繰り返す。この負 荷前後での試験値比率	塗膜劣化の評価	湿潤・23℃	+23℃	標準	変状なし		—		
		光沢度保持率	湿潤・23℃	+23℃	標準	84	76	90.4%		
		ひび割れ抵抗性保持率	湿潤・23℃	-30℃	標準	3.74N/mm <sup>2</sup>	3.97N/mm <sup>2</sup>	106.1%		
		はく落防止の押抜き試験結 果の最低値×最少保持率 (%)が1.5kN以上	湿潤・23℃	+23℃	標準	3.42N/mm <sup>2</sup>	3.79N/mm <sup>2</sup>	110.8%		
			湿潤・23℃	+50℃	標準	3.87N/mm <sup>2</sup>	3.43N/mm <sup>2</sup>	88.6%		
		押抜き試験最低値2.27kN×最小保持率88.6%=2.01kN								
		付着強さ保持率	湿潤・23℃	-30℃	標準	3.40N/mm <sup>2</sup>	4.24N/mm <sup>2</sup>	124.7%		
		はく落防止の押抜き試験結 果の最低値×最少保持率 (%)が1.5kN以上	湿潤・23℃	+23℃	標準	2.40N/mm <sup>2</sup>	2.11N/mm <sup>2</sup>	87.9%		
			湿潤・23℃	+50℃	標準	2.16N/mm <sup>2</sup>	2.20N/mm <sup>2</sup>	101.9%		
		押抜き試験最低値2.27kN×最小保持率87.9%=2.00kN								
		塩化物イオン透過性 0.005g/m <sup>2</sup> ・日以下	供試体作製	試験温度	構造	負荷前	負荷後	—		
			湿潤・23℃	+23℃	標準	0.0009g/m <sup>2</sup>	0.0009g/m <sup>2</sup>	—		
ひび割れ含浸性能	試験法426 (NEXCO)	2.0N/mm <sup>2</sup> 以上	湿潤・23℃	+23℃	標準	5.06N/mm <sup>2</sup>				
接着強さ (湿潤接着強さ)	試験法735 (NEXCO)	1.5N/mm <sup>2</sup> 以上	湿潤・23℃	+23℃	標準	2.01N/mm <sup>2</sup>				
接着強さ (温冷繰返し)	試験法736 (NEXCO)	1.5N/mm <sup>2</sup> 以上	湿潤・23℃	+23℃	標準	1.90N/mm <sup>2</sup>				
トンネル補修材料 の延焼性試験	試験法738 (NEXCO)	消炎時間30秒以内	湿潤・23℃	—	標準	8.5秒				
		延焼範囲600mm以内	湿潤・23℃	—	標準	200×200mm				
ガス有害性試験	防耐火性能試験	Xs (平均行動時間 -標準偏差) 6.8分以上	湿潤・23℃	—	標準	14.84分				

GCシリーズは、NEXCO仕様に対するコンクリート剝離防止技術の**要求事項の全てを満足した。**

# 「トンネル覆工のはく落防止性能証明試験」

## 5.総評

- ①GCシリーズは、NEXCO仕様に対するコンクリート剥落防止技術の要求事項をすべて満足した。
- ②ひび割れ抵抗性試験の結果、高いひび割れ抵抗性を示した。これは連続繊維シートと樹脂モルタルの非常に優れた一体性が現れたものと推測される。
- ③試験体負荷前と負荷後の結果に明確な差異は現れなかった。ファインセラ水性の高い防食性能が示されたものと推測される。

### 【総評】

もともと靱性力に優れた繊維シートと、それに相反する断面修復モルタルであるが、断面修復材を樹脂モルタルとすることにより、**優れた一体性**を発揮している。

また、下地剤であるGC100は躯体のコンクリートとの付着性を高め、さらにトップコートであるファインセラ水性が、**非常に優れた防食性能**を発揮している。

GCシリーズは、**連続繊維シート補強工法**と**断面修復工法**の2つの工法、性能を有した**ハイブリットトンネルはく落防止工法**となる。

ご清聴ありがとうございました。