

DENKA

## トンネルの補修技術（NAV工法）

可視性の高いコンクリート片はく落防止工法


独立行政法人 土木研究所  
鹿島建設株式会社  
電気化学工業株式会社

**DENKA**  
DENKI KAGAKU KOGYO KABUSHIKI KAISHA

DENKA

## 目次

1. 可視性の高いコンクリート片はく落防止工法の開発
  - ・コンクリート片のはく落防止対策
  - ・可視性の高いはく落防止工法《NAV工法》
2. NAV工法の改良
  - ・耐火性の向上《NAV-G工法》
  - ・NEXCOトンネルはく落対策への適合化

  
電気化学工業株式会社(DENKA)は「デンカビッグスワンスタジアム」の  
ネーミングライツパートナーです。

DENKA

### 1. 可視性の高いコンクリート片はく落防止工法の開発

- ・コンクリート片のはく落対策
  - 繊維接着工法とコンクリート片のはく落防止の流れ

1980年代 構造物の補修・補強用に研究が始まる  
1995年 阪神・淡路大震災（平成7年兵庫県南部地震）後、研究が本格化  
⇒設計・施工指針整備（主に補強用）

DENKA

### 1. 可視性の高いコンクリート片はく落防止工法の開発

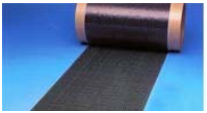

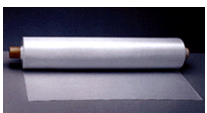
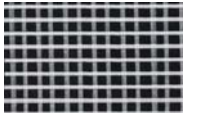
- ・コンクリート片のはく落対策
  - 繊維接着工法とコンクリート片のはく落防止の流れ

1999年 鉄道トンネルではく落事故発生  
国内各機関において、コンクリート構造物の製造から維持管理に関する検討・報告（劣化コンクリートの維持管理に注目）  
2000年 各鉄道・道路事業者ではく落対策マニュアル・管理標準の制定化が始まる  
2001年～ 各事業者による本格対策始まる

DENKA

### 1. 可視性の高いコンクリート片はく落防止工法の開発

- ・コンクリート片のはく落対策
  - 繊維接着工法で用いられる繊維シートの例

 炭素繊維1方向シート	 アラミド繊維1方向シート
 ガラス繊維2方向クロス	 ビニロン繊維2方向メッシュ

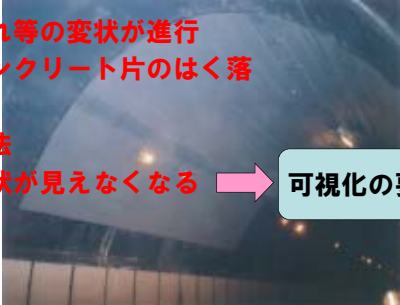
DENKA

### 1. 可視性の高いコンクリート片はく落防止工法の開発

- ・可視性の高いはく落防止工法《NAV工法》
  - 従来のはく落防止工法の例－炭素繊維接着

ひび割れ等の変状が進行  
⇒コンクリート片のはく落

従来工法  
⇒変状が見えなくなる → 可視化の要求



1. 可視性の高いコンクリート片はく落防止工法の開発 DENKA

・可視性の高いはく落防止工法《NAV工法》

NAV工法

**ナイロクロス**




高い可視性を実現

HV工法  
(弊社従来)

**ビニロンメッシュ**





1. 可視性の高いコンクリート片はく落防止工法の開発 DENKA

・可視性の高いはく落防止工法《NAV工法》


■NAV工法の技術ポイント

接着材料を繊維のフィラメント間に十分含浸させる。

⇒ **可使光透過FRPの形成**



ナイロクロス  
⇒ **不透明**

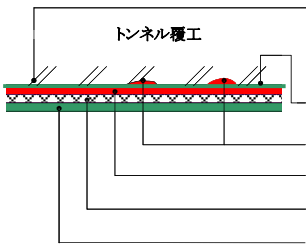


1. 可視性の高いコンクリート片はく落防止工法の開発 DENKA

・可視性の高いはく落防止工法《NAV工法》

⇒ 一般的な繊維接着工法と同様の仕様

トンネル覆工



①施工面コンクリート  
(ディスクサンダー研磨)

②プライマー (低粘度樹脂)

③段差修正(中粘度樹脂)

④下塗り(中粘度樹脂)

⑤繊維シート(ナイロクロス)

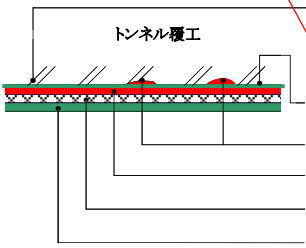
⑥上塗り(低粘度樹脂)

1. 可視性の高いコンクリート片はく落防止工法の開発 DENKA

・可視性の高いはく落防止工法《NAV工法》

シートの躯体への保持

トンネル覆工



①施工面コンクリート  
(ディスクサンダー研磨)

②プライマー (低粘度樹脂)

③段差修正(中粘度樹脂)

④下塗り(中粘度樹脂)

⑤繊維シート(ナイロクロス)

⑥上塗り(低粘度樹脂)

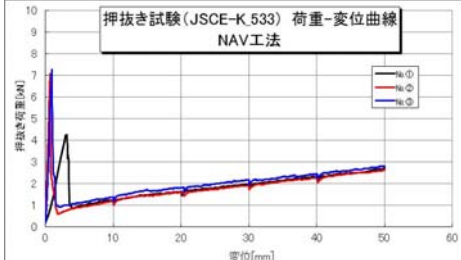
下塗りと上塗りの樹脂が異なる

シートへ含浸=透明性高いFRP

1. 可視性の高いコンクリート片はく落防止工法の開発 DENKA

・可視性の高いはく落防止工法《NAV工法》

※多くの事業者が規定している押抜き荷重1.5kNをクリア



押抜き試験(JSCE-K.533) 荷重-変位曲線  
NAV工法

図 NAV工法の押抜き試験結果(例)

2. NAV工法の改良 DENKA


・耐火性の向上《NAV-G工法》

トンネル内で用いる材料、特に有機系の材料は火災への対応が求められる

- ①延焼性・自己消火性
- ②発生ガスの安全性

2. NAV工法の改良 DENKA

・耐火性の向上《NAV-G工法》  
○延焼性・自己消火性



※NAV工法  
TSC研究会(トンネル安全対策工法研究会)が定めた「燃焼試験方法(案)」で試験

図 試験状況(例)

2. NAV工法の改良 DENKA

・耐火性の向上《NAV-G工法》  
○延焼性・自己消火性



※NAV工法  
TSC研究会(トンネル安全対策工法研究会)が定めた「燃焼試験方法(案)」で試験  
⇒バーナー炎を外し、残炎の発生がないことを確認

図 試験後の状況(例)

2. NAV工法の改良 DENKA

・耐火性の向上《NAV-G工法》

トンネル内で用いる材料、特に有機系の材料は火災への対応が求められる

①延焼性・自己消火性  
②発生ガスの安全性

⇒NEXCOトンネル施工要領に、トンネルはく落対策の規定が記載された(平成23年7月)  
⇒TSC研究会より厳しい試験条件  
⇒繊維シートをナイロクロスからガラスクロスへ変更し、より高い耐火性能を実現《NAV-G工法》

2. NAV工法の改良 DENKA

・NEXCOトンネルはく落対策への適合化

NEXCOトンネルはく落防止対策の延焼性、発生ガスの安全性評価に適合することを確認

		NEXCOトンネル施工要領			TSC研究会試験法
		NAV-G工法試験値	NAV-G工法適合	条件/基準	条件/基準
延焼性試験(試験法738)	被着体	—	—	ケイ酸カルシウム板 600×900×12mm	コンクリート平板 300×300×60mm
	炎炎温度	—	—	≧1200℃	≧1000℃
	延焼時間	—	—	10分	30秒
	消火時間	0秒	適合	≦30秒	≦30秒
発生ガスの安全性	試験範囲上端方向	483mm	適合	≦600mm	—
		8.1分	適合	マウスの行動時間 ≧6.8分	—

2. NAV工法の改良 DENKA

・NEXCOトンネルはく落対策への適合化

NEXCOトンネルはく落防止対策のその他の規定に適合することを確認

種別	試験項目	試験方法	規定値	試験値			判定
				0.7kN時の変位(mm)	0.8kN時の変位(mm)	1.1kN時の変位	
はく落対策 繊維 接着工法	押し抜き性能	試験法734	荷重管・P:変位・D P=0.7kN P=0.8kN P=1.1kN D:20mm以下	0.61	0.64	1.48	合格
				No.1	No.2	No.3	
				4.4	5.2	4.7	
	付着強さ (離脱試験強さ)	試験法735	1.5N/mm <sup>2</sup> 以上	No.1	No.2	No.3	合格
				3.7	5	3.8	
				No.1	No.2	No.3	

2. NAV工法の改良 DENKA

問い合わせ先

トンネル補修技術(NAV工法)

技術名称 : NAV工法  
NETIS登録 : KT-100023-A  
連絡先 : 電気化学工業株式会社  
03-5290-5137  
: 土木研究所  
つくば中央研究所 トンネルチーム  
029-879-6791



電気化学工業株式会社(DENKA)は「デンカビッグスワンスタジアム」の  
スポンサーパートナーです。