

トンネルの補修技術（光ネット可視工法、NAV 工法）

# トンネル補修技術

## 光ネット可視工法・NAV工法



独立行政法人 土木研究所  
つくば中央研究所 トンネルチーム

### 本技術の適用

- ・地震等による被災トンネルの補修
- ・供用後の変状トンネルに対する補修

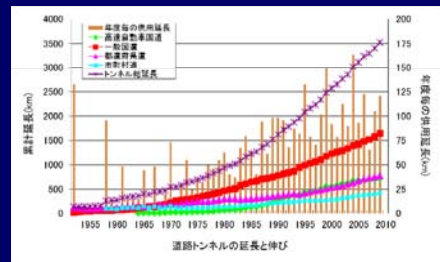
### 技術紹介 — 目次 —

1. 道路トンネルの現況
2. トンネル補修技術の開発
3. 本技術の適用にあたって

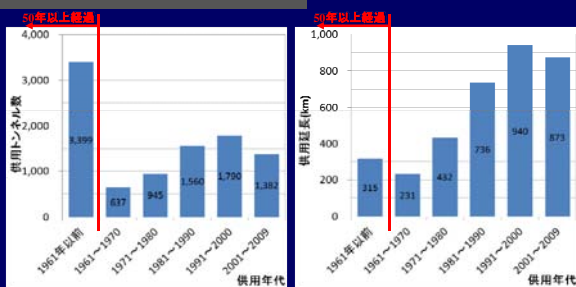
## 道路トンネルの現況

### ●道路トンネルの現況

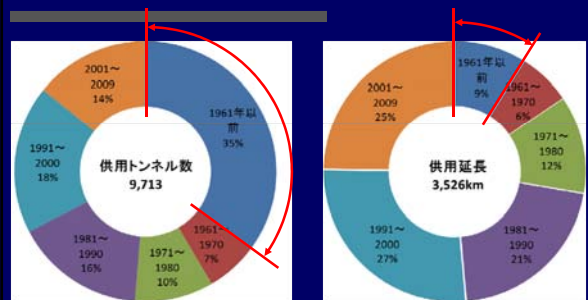
- ・全国の道路トンネル延長は年々増加  
(平成20.4現在: 箇所数9,713箇所・延長3,526km)



### ●供用年代別トンネル数



### ●供用年代別トンネル割合



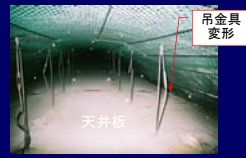
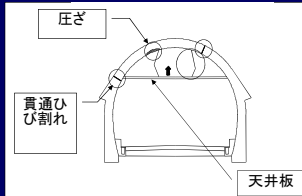
## 変状トンネルの事例(外力作用)

Aトンネル(約L=2500m)

中央部の30m区間に大きな変状が発生  
覆工の圧ざ・クラック、天井板吊金具の変形

対策工

最終的にはこの区間の覆工の打直しの実施



## 変状トンネルの事例(ひび割れによるブロック化)



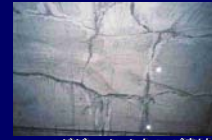
単一のひび割れが交差しブロック化



ひび割れと横断目地との組合せで半月状にブロック化



コールドジョイントと横断目地との組合せでブロック化



コールドジョイントとひび割れとの組合せでブロック化

## トンネル変状対策工の分類と選定

トンネル変状対策工は期待する対策効果の点から、

### 1. 外力対策

→トンネル補強技術

### 2. はく落防止対策

→トンネル補修技術

### 3. 漏水・凍結対策

の3つに分類される

## トンネル補修技術の開発

## 補修技術の開発

### ●現状

・覆工コンクリートのひび割れ等によるはく落の可能性

覆工コンクリートに対して各種の補修工の実施

・炭素繊維シート接着工、鋼板接着工、ひび割れ注入工、L形鋼に当板工  
繊維補強シートなどは、一度対策工を実施するとその後の覆工コンクリート表面の観察ができない

### ●新しい補修技術

民提案型共同研究

押抜き疲労試験(耐荷力の把握)

低温疲労試験(耐久性の把握)

実大トンネル実験施設での試験施工(可視性の確保)

補修後も覆工コンクリート表面のひび割れが観察可能な補修工の開発

## 補修技術の共同研究グループ

### ●光ネット可視工法 【NETIS登録:KT-100108-A】

(独)土木研究所・清水建設(株)・昭和電工(株)  
・倉敷紡績(株)

### ●NAV工法

【NETIS登録:KT-100023-A】

(独)土木研究所・鹿島建設(株)・電気化学工業(株)

**断面図**

**載荷状況**

供試体 コンクリート母材  
1500×1500×150(mm)  
コンクリート圧子(隙間5~8mm)  
直径250、500(mm)

押抜き載荷試験装置の概要

### 光ネット可視工法

[NETIS登録:KT-100108-A]

(独)土木研究所・清水建設(株)・昭和電工(株)  
・倉敷紡績(株)

### ●光ネット可視工法

光硬化型ビニルエステル樹脂を用い、高密度ポリエチレン二軸ネットをコンクリートに貼り付け、可視光で硬化させるはく落防止工(工法1)。さらに、二軸ネットの上に光硬化型シートを貼り付け、工法1に比べてより高い耐荷力を有するはく落防止工(工法2)

- 透明性がある樹脂を使用し、ネット貼り付け後もコンクリート表面の観察が可能
- 光硬化型シートを併用することで耐荷力、可視性をさらに向上することが可能
- 照射後には樹脂の硬化が終了しており、直ちに性能を発揮することが可能
- 材料は下地コンクリートへの不陸への追従性高く、軽量で取り扱いが容易

材料等	光ネット可視工法の仕様
繊維ネット	高密度ポリエチレン二軸ネット 幅100cm,目合2cm 目付量45g/m <sup>2</sup>
光硬化型シート	ガラス繊維補強光硬化型シート
プライマー	2液型エポキシ樹脂
含浸樹脂	可視光硬化型ビニルエステル樹脂

二軸ネット 光硬化型シート

光ネット可視工法の概要

### 光ネット可視工法

【施工手順】

```

準備工
↓
漏水対策工(止水・防水・導水)
↓
養生工
↓
コンクリート覆工清掃
↓
高圧水洗浄
↓
プライマー工
↓
不陸修正工
↓
工法1: 繊維ネット貼付工
↓
工法2: 繊維ネット貼付工 + FRPシートの上貼り
↓
照射による樹脂硬化
↓
確認・調整作業
↓
樹脂の上塗り工
↓
仮設撤去・片付け

```

耐候性付与のためトンネル出入口付近のみ

工法1の仕上り図

工法2の仕上り図

押し抜き荷重の増加に伴って 繊維ネットの破断(工法1)  
繊維ネットと光硬化型シートが破断(工法2)

耐荷力 約8kN(工法1)、約17kN(工法2)  
接着面積1.2m×1.2m、押抜き径φ500  
単位はく離強さ(小型供試体) Sp<sub>o</sub>=3.5 N/mm(工法1)、Sp<sub>o</sub>=4.5N/mm(工法2)

押抜き載荷試験による耐荷力

本工法の適用範囲

光ネット可視工法の耐荷力と適用範囲

### 実現場での適用

【一般国道231号 増毛日方泊トンネル】  
適用面積:120m<sup>2</sup>

実大トンネル実験施設での試験施工

可視性の状況

- ・近接目視:繊維ネットが重なった部分を除いてクラックゲージ0.2mm幅のクラックに対しても確認が可能
- ・工法2の光硬化型シートの使用により可視性が向上

光ネット可視工法の適用実績・可視性

## NAV工法

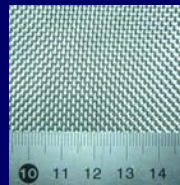
【NETIS登録:KT-100023-A】

(独)土木研究所・鹿島建設(株)・電気化学工業(株)

## ●NAV工法

透明性を有するアクリル樹脂によってナイロクロスをコンクリート表面に接着するはく落防止工

- ナイロクロスは接着剤を含浸硬化すると透明度が高く、表面の可視性に優れる
- はく落防止性能としてコンクリートの接着性、押抜き耐荷力が高い
- 材料が柔らかいので施工面の凹凸に対する追従性がある
- 接着剤として用いるアクリル樹脂は速硬化性を有し、工期短縮が可能
- ナイロクロスは炭素繊維・アラミド繊維の面格の約1/3~1/5で経済性に優れる



ナイロクロス

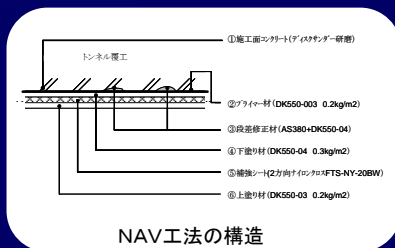
材料等	NAV工法の仕様
繊維シート	2方向ナイロクロス 繊維量:200g/m <sup>2</sup>
コンクリートプライマー	アクリル樹脂0.2kg/m <sup>2</sup> 粘度:300mPa・s
下塗り接着剤	アクリル樹脂0.3kg/m <sup>2</sup> 粘度:4,000mPa・s
上塗り接着剤	アクリル樹脂0.2kg/m <sup>2</sup> 粘度:300mPa・s

NAV(=Nylon Acrylics Visible)工法の概要

## NAV工法

### 【施工手順】

- 準備工・前処理工
- 下地の変状観察・記録
- コンクリートプライマー塗布工
- 段差修正・不陸調整工
- 下塗り工
- ナイロクロス貼付け工
- 上塗り工
- 硬化養生



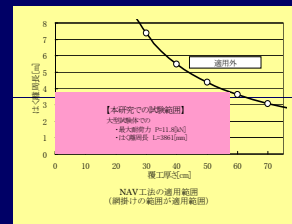
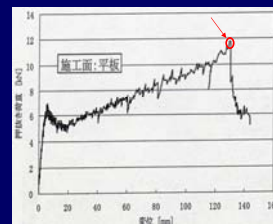
### 押し抜き荷重の増加に伴いシートが剥離進展する

耐荷力 約12kN

接着面積 1.2m × 1.2m、押抜き径 φ500

はく離進展(単位ははく離長さ(押し抜き荷重をはく離周長で除した値))

Spo=3.17 N/mm



押し抜き荷重試験による耐荷力

本工法の適用範囲

NAV工法の耐荷力と適用範囲



施工前

施工直後

施工後5日



施工後約1年経過(実大トンネル実験施設での試験施工)

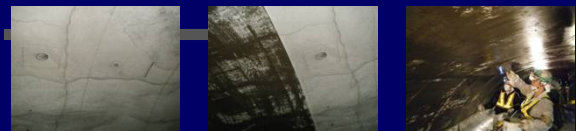
NAV工法の可視性

近接目視:  
ひび割れ観察やひび割れ幅の計測が可能であり、施工後約1年経過までの可視性の低下は認められない。

## 実現場での適用

【山岳トンネル、シールドトンネル等で適用】

適用面積:約10000m<sup>2</sup>



1. 施工前

2. ケレン・プライマー塗布

3. 下塗り



4. NAVシート貼り付け

5. 上塗り

6. 施工完了

## 本技術の適用にあたって

## 連絡先一覧

### トンネル補修技術

技術名称	連絡先	TEL
NAV工法 【NETIS登録:KT-100023-A】	電気化学工業(株)	042-721-3650
光ネット可視工法 【NETIS登録:KT-100108-A】	NIRネット工法研究会事務局 プラス産業(株)	03-5821-0591

※各技術の詳細等の問い合わせは、土研トンネルチーム、もしくは上記連絡先等へ連絡して下さい。  
NETIS登録技術は、NETIS新技術情報提供システムのHPで詳細情報が確認できます。