

参 考 資 料 4

目 次

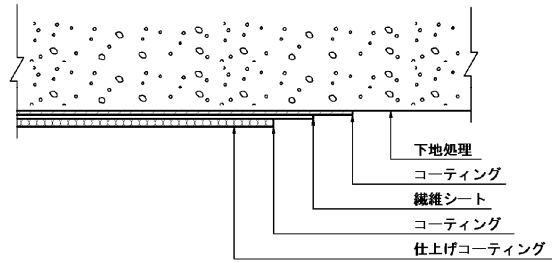
1. トンネル覆工の剥落防止対策工の施工範囲	4-参 4-1
2. ネット系剥落防止対策工の適用条件	4-参 4-3
3. 内面補強工の設計計算条件	4-参 4-4
4. トンネル漏水防止工（面導水）	4-参 4-5

1. トンネル覆工の剥落防止対策工の施工範囲

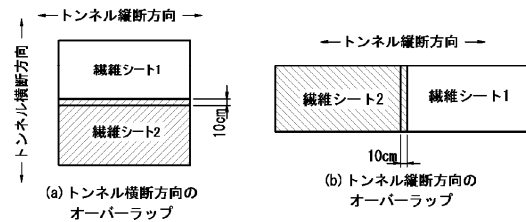
(1) 一般部

トンネル覆工の剥落防止対策工の設置範囲については、関連基準等を参考に以下の範囲を基本とする。

繊維シート工詳細図(例)

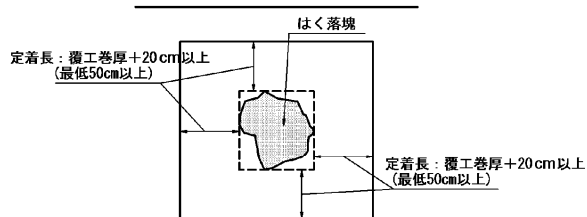


繊維シートのオーバーラップ解説図

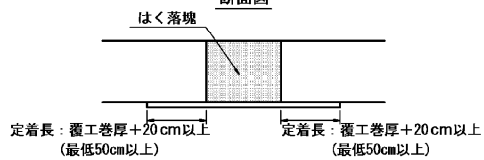


繊維シート施工範囲(例)

平面図



断面図



(2) 横断目地、水平打継ぎ目

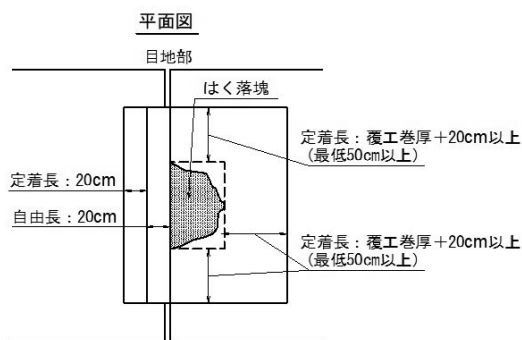
「道路トンネル維持管理便覧【本体工編】令和2年度版」では、横断目地や水平打継ぎ目をまたいだ繊維シートの適用は、漏水や目地等の開口量の季節変動等により、シートが破断・はく離するおそれがあるため十分注意する必要があるとされている。

同便覧には、目地部等での具体的な処理方法は示されていないが、関連基準等にもとづく標準的な処理方法を参考図として下図に示す。

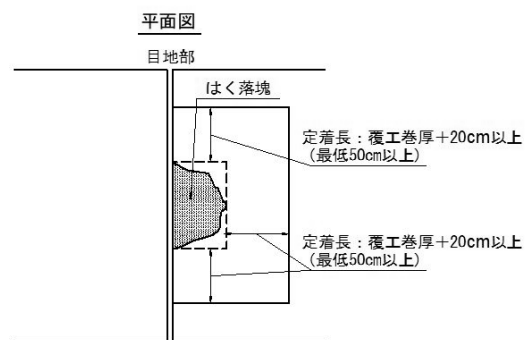
なお、採用に当たっては、漏水状況、変状位置・規模などの現地状況、繊維シートの材質（アラミド繊維、炭素繊維、ガラス繊維、特殊ナイロン等）などに応じて適切な構造を検討するものとする。特に炭素繊維シート等の剛性の高い材料では、目地部の温度伸縮に追従できずシート破断が発生する可能性も考えられるため、目地を跨がない三辺定着構造等が望ましい。

横断目地付近のはく落対策（参考図）

(a) 剛性が低いシートの場合(ex: ガラス繊維、特殊ナイロン)



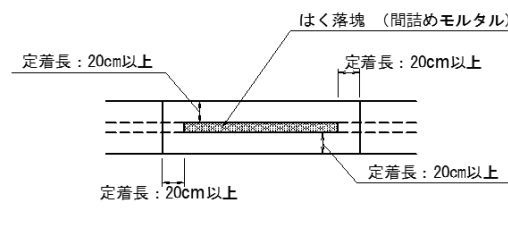
(b) 剛性が高いシートの場合(ex: アラミド繊維、炭素繊維)



注 自由長: 覆工コンクリートと繊維シートを接合させない区間

水平打継ぎ目をまたぐ場合（参考図）

正面図 (水平打継ぎ目の間詰めモルタルの場合)



2. ネット系剥落防止対策工の適用条件

従来、金網・ネット工は、はく落物の支持効果は期待できるが、覆工材料の劣化進行を予防する効果は期待できないことから、仮設対策として位置付けられてきた。しかしながら、平成26年「道路法施工規則の一部を改正する省令」施行、平成27年「道路トンネル維持管理便覧【本体工編】」改訂に伴って、1回/5年の近接目視で金網・ネット工の対策効果について継続的に確認できることから、周辺環境等の留意点に配慮することを前提に、パネル系・繊維シート系当て板工法の代替として、金網・ネット工を本対策工として適用できることとなった。

本項では、北海道開発局での金網・ネット工の本対策工適用への基本的な考え方として、「道路トンネル維持管理便覧【本体工編】」の考え方にに基づき、金網・ネット工適用条件（案）を示すものである。

表 金網・ネット工適用条件（案）

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">① はく落物に対して十分な支持効果が得られる材料、十分な剛性を有する材料を使用すること。② 金網工：防錆効果のある材料（ステンレス製）、ネット工：坑口部では耐候性のある材料（特に耐紫外線）等、中～長期的に対策効果が持続する材料を使用すること。③ 金網・ネット工の固定は、はく落物の重量を十分支持できるメカニカル式コンクリートアンカー（ステンレス製）を適切に配置し、健全な覆工に材料を確実に固定すること。④ 漏水箇所については、適切な漏水対策工を併用すること。⑤ 凍害の進行等により、覆工材料の劣化が深部まで進行するような変状に対しては適用できない。 |
|--|

3. 内面補強工の設計計算条件

本項では、矢板工法により施工されたトンネルの耐久性向上を目的して実施される、裏込め注入工に伴う内面補強工の基本的な設計計算条件について整理し、設計条件（案）を示すものである。なお、ここでの内面補強工は、覆工巻厚不足の際の裏込め注入工施工時の注入圧および注入材死荷重の増加に対する補強工を対象と考えており、偏土圧、地すべり、膨張性土圧等の外力作用が伴う場合には、別途検討が必要である。また、荷重条件等については現地条件等で異なることから、適宜、変更すること。

表 内面補強工の設計条件（案）

条件	考え方（案）
適用条件	・有効巻厚20cm以下、覆工強度$10\text{N}/\text{mm}^2$以下を基本とする。 ・背面空洞の大きさにも十分配慮すること（「矢板工法トンネルの背面空洞注入工設計・施工要領」NEXCO東日本等を参考）。
計算方法	・覆工骨組み計算（フレーム計算）
計算モデル	・対象トンネル形状をモデル化する。 ・モデル化範囲は、覆工施工方法（上下半分分割工法、全断面工法）に準拠する。
荷重条件	・可塑性エアモルタル単位体積重量$12.0\text{kN}/\text{m}^3$。 ・注入圧力$200\text{kN}/\text{m}^2$。 ・その他、覆工自重等を荷重とすること。
補強範囲	・上半120°を基本範囲とする。

4. トンネル漏水防止工(面導水)

(1) 既設道路トンネルの漏水対策のうち面導水工法の適用についてはトンネル覆工面のクラック、漏水、剥離、剥落等の状況を把握し安全性を確認すること。又、進行性のクラック、変位が継続している場合には、原則として施工してはならない。

(2) 凍結余裕幅(トンネル延長方向)

面導水工、小口端部の延長は漏水個所(クラック)終端より、凍結の影響を考慮して凍結余裕幅として、1m程度とするものとする。

(3) 標高補正

原則として標高補正を行うものとする。但し、100m以下については行わなくてもよい。

標高補正は、+100mにつき-0.6℃とする。

(4) 断熱材の厚さ

断熱材の厚さは、次式による断熱材厚を満足すること。

非定常熱伝導解析による断熱材厚

$$u = u_m - \frac{\sqrt{C^2 + D^2}}{A^2 + B^2} \cdot Ay \geq -0.5^\circ\text{C}$$

u : 断熱材背面温度(℃)

u_m : 年平均温度(℃)

Ay : 気温の年振幅(℃)

$$A = 1 + \alpha, \quad B = \alpha + \beta$$

$$C = A + (A + B) \cdot \frac{\ell}{K} \cdot \sqrt{(Pc)e \cdot Ke \cdot P/2} \cdot X + B \cdot \frac{\ell^2}{K} \cdot \frac{(Pc) \cdot P}{2} \cdot Y$$

$$D = B - (A - B) \cdot \frac{\ell}{K} \cdot \sqrt{(Pc)e \cdot Ke \cdot P/2} \cdot X - A \cdot \frac{\ell^2}{K} \cdot \frac{(Pc) \cdot P}{2} \cdot Y$$

$$\alpha = \left(\frac{\ell d}{Kd} + \frac{\ell}{K} \right) \cdot \sqrt{(Pc)e \cdot Ke \cdot P/2} \cdot X$$

$$\beta = \left(\frac{\ell d \cdot \ell}{Kd} + \frac{\ell^2}{2K} \right) \cdot P \cdot (Pc) \cdot Y \quad \begin{array}{l} X = 0.52723 \\ Y = 0.27797 \end{array} \quad (\text{SI単位補正係数})$$

ℓd : 断熱材厚 (m)

ℓ : 覆工厚 (m)

Kd : 断熱材の熱伝導率 (W/m・k)

K : コンクリートの熱伝導率 (1.512W/m・k)

Ke : 地山の熱伝導率 (1.163W/m・k)

(Pc) : コンクリートの熱容量 (2093kJ/m³・k)

$(Pc)e$: 地山の熱容量 (2093kJ/m³・k)

P : 角速度 $2\pi/(365 \times 24)$

$(Pc)d$: 断熱材の熱容量 (41.86kJ/m³・k)

u_m (年平均気温℃)及び Ay (気温の年振幅℃)は、7.3 各気象管内の年平均気温及び年振幅によること。

【解 説】

面導水の断熱材厚さの計算は、設置箇所における気象条件（年平均気温、年振幅）、トンネル構造（覆工厚）を条件に、非定常熱伝導解析による断熱材厚計算式で算出する。

北海道開発局における標準的な面導水規格（断熱材の厚さ、熱伝導率）は下表のとおりであり、各トンネルにおいて適用可能な規格を計算により選定する。

なお、断熱材厚計算結果により標準的な面導水タイプが適用できない場合には、別途考慮するものとし、単価の設定は見積によるものとする。

表 標準的な面導水規格

面導水タイプ	面導水タイプ細別	断熱材厚さ (mm)	断熱材熱伝導率 (W/m・k)
A型	A-1	22 (24.8)	0.0216
	A-2	30	0.0325
	A-3	25	0.0240
B型	B-1	35 (37.8)	0.0216
	B-2	50	0.0325
	B-3	35	0.0240
C型	C-1	45 (47.8)	0.0216
	C-2	60	0.0325
	C-3	45	0.0240

※断熱材厚（ ）内は背面発泡ポリエチレン換算厚を加えた値

【検討例】

検討例①

面導水タイプA型のA-1、A-2、A-3全てで断熱材背面温度を満足する場合

→面導水タイプA型採用、特記事項無し

検討例②

面導水タイプA型のA-1、A-3では断熱材背面温度を満足するが、A-2では満足しない場合

→面導水タイプA型採用、特記事項としてA-1またはA-3採用を記載

検討例③

面導水タイプC型のC-1、C-2、C-3全てで断熱材背面温度を満足しない場合

→標準タイプの面導水は採用不可として別途考慮

(5) 点検口

漏水の状況、クラックの進行等、トンネル覆工の維持管理のため、原則として点検口を設置する。

【解 説】

(1) 設置基準

トンネルの覆工コンクリート面にクラック等があり漏水が多い箇所、及び特に必要な箇所を選定して設置する。(2箇所/1,000m²程度以上)

(2) 点検方法

点検口から点検、観測及び必要に応じ計測機器により測定する。点検結果は点検簿等に記載し、今後の維持管理の資料として活用するため、整理、保管する。

(3) 形状寸法

点検口の開口部は点検に必要な開口面積とする。(0.2m²/箇所程度以上が望ましい。)