

トンネル建設と関連用途における ステンレスの使用

目 次

トンネル建設と関連用途におけるステンレスの使用	3
トンネルにステンレスが使用される理由	3
道路トンネルにおけるステンレスの使用	4
道路トンネルの火災	4
事例研究	6-8
鉄道トンネルにおけるステンレスの使用	9
地下鉄トンネル	9
事例研究：ロンドンの地下鉄	9
鉄道トンネル	10
長距離海底鉄道トンネル	10
事例研究：英仏海峡トンネル	10-12
結論	13
参考資料	13
付属資料A：材料指定ガイドラインの追加情報入手先	14
謝意	15

免責条項

ISSFは本パンフレットの技術的正確さには注力しておりますが、読者におかれましてはここに記載されている内容は一般的な情報であることをご留意ください。ISSF、会員各社、スタッフ、コンサルタントは本パンフレットに含まれる情報に起因した損失、損害あるいは被害に関する委細の賠償責任あるいは責任を負いかねます。

トンネル建設と関連用途でのステンレスの使用

D. Cochrane=NIコンサルタント、B. Heritier=ISSF、A. Kosmac=EuroInox 共著

トンネルは道路交通や鉄道輸送の流れを良くし、移動時間を短縮する非常に効率的な手段である。人と貨物両方の輸送に使用され、長さは数メートルから50キロ以上と様々なものがある。

当然のことながら、トンネルは常に「地下」を通る。しかしその設置条件や環境は千差万別である。海底に建設されるものもあれば山を掘削して建設するものもある。こうした条件の違いは各々のトンネル建設には異なる材料が必要となることを意味する。すべてのトンネルには何十年間もあまり保全を行わずに機能することが求められる。使用材料は腐食性が高かったり、有害物質が存在する条件下でもこうした要件を満たさなければならない。



トンネルでは内部に使用される材料もこうした条件の影響を受ける。本冊子の事例研究にも示されているように、トンネルの大気条件は道路用か鉄道用かで大きく異なる。本論文は現存する世界中のトンネルの事例を取り上げている。すべてのトンネルで長期的な効率と大きな経済的利点によりステンレス—特にNi系—が使用されている。

トンネルでステンレスが使用される理由

ステンレスは様々な合金の組み合わせと製品形状で供給され、非常に過酷な条件にも耐えられる。防食用の追加保護材は必要なく、強度と防火性も高く、ほとんど保全を行わなくとも長期の製品寿命が保持される。トンネルの設計技師は防火ドアや柵などの外部用途や補強材などの内部用途の両方にステンレスを採用している。

トンネル管理者の長年に亘るトンネル内部の大気や状態のモニターリングの結果、様々な固定材などには強

ブリズベンの南北バイパスはオーストラリア最長の道路トンネルである。

制的にステンレスがスペック・インされるようになった。照明、換気や消火機器など主要設備の安全な取り付けには防火性固定材が非常に重要となる。固定材の破損は人命にかかわる事故を引き起こし、トンネルの通行制限や閉鎖にもつながりかねない。トンネルの固定材には厳しい大気状態や粒間腐食—特に壁のつなぎ目や岩面での—に耐えられる特定のステンレス鋼種が指定される場合が多い。

必ず個別のトンネル内部の状態により建設や内部用途にどのような材料を使用するかを決定すべきである。またトンネル管理者による保全をどのレベルにするのかも建設計画の仕様作成段階で必ず決定しておくべきである。また有能な腐食関連技師やステンレス・メーカーのアドバイスも必ず求めるべきである。地場の材料関連ガイドラインもチェックすべきである。材料指定に関する参考書類のリストは付属資料Aに記載する。

道路トンネルにおけるステンレスの使用

最も一般的なトンネルは道路トンネルである。その建設場所は堅い、あるいは柔らかい岩を貫通したり、河川や湖や港の下だったり様々である。トンネル内部で事故が起きると爆発や火災につながることもある。通常の使用時でさえ道路トンネルは気温の変化、排気ガスに含まれる高いレベルの腐食物質、また寒い地方では車両のタイヤに付着してトンネル内に持ち込まれる凍結防止塩の影響を受ける。

典型的な道路トンネル内の大気には排気ガスからの二酸化硫黄 (SO₂)、二酸化窒素 (NO₂) や硫化水素 (H₂S) が含まれている (表1参照)。他の排気物質には摩耗タイヤの粒子、重金属の粉塵、煤煙や可溶性塩化物などがある。モンブラン・トンネルでの大気測定によれば3.5%の可溶性塩化物が含まれていた。同トンネル内の粉塵に含まれる塩化物の量は定期的な清浄作業が行われた時には0.1-0.7%、これが行われない時には0.7-3.5%であった。

こうした大気中の化学物質の腐食作用によりアンカー・ポイントが破損することもある。壁と固定材の間に酸性塩化物溶液の膜が発生し、電解液の役目を果たすようになる。トンネルが周期的な乾燥時期に入るたびに濃度が増す。アンカー・ポイントへのアクセスは非常に難しいため清浄作業の費用が高くなったり、また場合によっては事実上作業が出来ないこともある。

そのため、適切なステンレスがスペック・インされていないと粒間腐食により固定材がはずれる場合も生じてくる。保全作業を無くし、耐久性を高めるため、モンブラン・トンネルの管理者は最低6%のMoを含有するステンレスの使用を義務付けている。

道路トンネルでの火災

いままで道路トンネルの火災で多くの人命が失われてきた。犠牲者の死亡の他に、火災により道路トンネルが閉鎖されたり、高額な修繕が必要となることもある。

1999年にモンブラン・トンネルで発生した火災事故が典型的な例である。小麦粉とマーガリンを運搬していたトラックで火災が発生し、53時間燃え続けた。温度が1000℃を超え39人の命が失われた。その結果、同トンネルは3年間閉鎖され、修繕には4.5億ユーロを超える費用がかかった。

道路トンネル火災を防止、あるいはその影響を最小限に食い止めるにはステンレスの使用が必須となる。これはステンレスが炭化水素火災により発生する高温状態でも優れた機能を発揮できるためである。



道路トンネル火災は人命とトンネル自体に壊滅的な被害をもたらすことがある。

事例研究

下記の事例研究では世界中の道路トンネルでの実際の問題解決に使用されたステンレスに関する情報が提供されている。いくつかの事例ではトンネル建設にステンレスがスペック・インされており、また別の事例ではトンネルの安全な使用に影響する問題を解決するために後でステンレスによる補強が行われている。

表1：湿度、温度および大気条件が大きく異なる道路トンネルの実例

トンネル	相対湿度	温度範囲	大気 (ppm)		
			SO ₂	NO ₂	H ₂ S
ゴタード (スイス)	25~81%	3~27℃	81	3	27
モンブラン (仏-伊)	41~95%	6~25℃	95	6	25
サンベルナルディーノ (スイス)	平均73%	-20~17℃	-	73	20
シーリスバーク (スイス)	7~72%	14~28℃	72	14	28

イタリアの道路トンネルでのコンクリート破砕
侵襲性大気によりイタリアの高速道路A7, A10および
A12の多くのトンネルでコンクリート・ライニング
が劣化していた。腐食性の高い大気は排気ガスに含
まれる高濃度で停滞した硫黄化合物、地元の海洋性気
候、振動および異常な湿度などの要因が重なり合っ
て発生したものである。

A10（ジェノアーサボーナ間）だけでも25のトンネ
ルでコンクリートの碎片が路面に落ちてくるのを防止
するため大規模な修繕が必要となった。12,000m²
を超えるステンレス・メッシュ（EN1.4401/
AISI316）がトンネルの内張りに使用された。メッ
シュがコンクリート落下物を押え、路面を塞がないよ
うにしている。



12,000m²を超えるステンレス・メッシュが通行車両をコン
クリートの碎片から保護している。

ヘルシンキ近郊のケフトンネルの固定防火設備は消火に非常に有効な細かいミストを発生させる



フィンランド・ケフトンネルの固定防火設備

ヘルシンキのケフトンネルでは5列の直径16mmのステンレス・パイプとスプレー・ノズルで構成される固定防
火設備が使用されている。高圧装置がトンネル火災の消火に効果的なことが証明されている細かい水ミストを作り
出す。設備全体に強度、耐食性および防火性に優れたEN1.4401/AISI316が採用されている。この設備は安全性
を高めるだけでなく、火災の際にトンネルへの損傷や通行制限の減少にも役立っている。

道路トンネルに使用されるステンレス—事例研究

オーストラリアの煙・熱排出設備に使用される二相鋼ステンレス

オーストラリアで最長の道路トンネルはブリズベンの南北バイパス（別名クレム・ジョーンズ・トンネル＝CLEM7）である。2本の4.8キロに亘る二車線で構成されるCLEM7はブリズベン川の下に建設されている。非常に腐食性の高い環境に対応できる鋼種として二相鋼ステンレス（EN1.4462/ASTM-UNS S32205/S31803）がトンネル全体にスペック・インされた。実際の用途にはトンネルのライニング支柱として33,000個の薄ゲージ・ステンレスの柱などが含まれている。



ブリズベンの南北バイパスでは非常に腐食性の高い環境に対応するためトンネルのライニング支柱として33,000個の薄ゲージ・ステンレスの柱が使用されている。

火災や爆発の際には100個のジェットファンを使ったハイテク換気装置がすぐに煙を天井部の長手方向のダクトに送り出す。ステンレスのサスペンション装置で吊り下げられた巨大なコンクリート板が換気孔となっている。ここでの使用鋼種は、耐熱基準を満たし、腐食性の環境で保全も必要とせず長期間に亘り機能を発揮できるEN1.4462 (ASTM-UNS32205/531803)である。

モンブラン・トンネルのステンレス製ジェットファン

モンブラン・トンネルの管理者は最低6%のMoを含有するステンレスの使用を義務付けている。

ステンレス（EN1.4404/AISI316L）製換気ファンは2011年の改修工事の一環として設置された。トンネル内のケーブル・ラダーも同じ鋼種で作られている。

1999年の壊滅的爆発後、モンブラン・トンネルは3年間閉鎖された。現在ではステンレスが広く使用されている。



英国の新しい地下道ではデッキや垂直部にステンレスが使用されている

クレイドルウェルの地下道は英国北部海岸沿いの主要リンクである。建設期間中に256トンのステンレス（EN1.4414/AISI316）がトンネル・デッキや垂直部に使用された。この鋼種が選定された理由は冬期にまかれる凍結防止塩による腐食への耐性だった。冬期の流水はデッキ内に設置されたパイプによって除去される。ステンレスの代わりに普通鋼の補強材が使用されていたら、漏洩は大参事につながり、修繕にも非常に大きな費用が発生したと思われる。

海岸近くを通るクレイドルウェルの地下道では腐食防止用に250トン以上のステンレスが使用されている。



SUSTAINABLE
STAINLESS

スコットランドの新しいステンレスの骨組みとライニング

グラスゴーのクライド・トンネルはグラスゴー北部と南部をつなぐ主要な交通リンクである。平行に走る2本の762メートルのトンネル・チューブで構成され、毎日65,000以上の車両に利用されている。

クライド・トンネルの改修工事（2005-2010年）では1950年代に作られた当初の基礎がそのまま残された。新しい二次補強枠がステンレス（EN1.4401/AISI316）で作られ、当初の基礎に張り付けられた。二次補強枠は、火災が起きた際トンネル内の温度を300℃未満に保つよう設計されたステンレス製ライニングを支えている。

新しい二次補強枠がステンレス製ライニングを支えるためクライド・トンネル（下）に設置された。



道路トンネルに使用されるステンレス—事例研究

ステンレス デッキ・ジョイントが腐食を防ぐ

ロンドンの東側に位置するダートフォード・リバー・クロッシングはテムズ川の下を通りロンドンの南北を結ぶ主要リンクのひとつであり、ロンドン高速環状線M25の一部となっている。

普通鋼のロード・デッキ補強材が腐食したため建設後わずか20年で改修工事が必要となった。塩素（冬期にまかれた凍結防止塩からの）を含有する水分がコンクリート板にしみ込んで補強材を腐食させたのが腐食の主な原因だった。

板の端が壊れてさらに水分がしみ込んでくるのを防ぐため、396トンのNi系ステンレス（EN1.4401/AISI316）のデッキ・ジョイントが4.5メートル間隔でコンクリート板に取り付けられた。

火災避難路と換気装置

フランスのリオラン・トンネルではステンレス（EN1.4404/AISI316L）が火災時の避難ドアに使われている。この鋼種は耐食性に優れ、熱に曝されても良好な機械的性質が保持される。

ステンレスは火災時のトンネルから安全な場所への避難ドア、また安全な場所と避難ドアをつなぐ箇所にも使用された。

道路トンネルの換気孔カバーは高いレベルの腐食性大気ガスに曝される。トンネルから空気を吸い出す換気シャフト・カバーが最も影響を受ける。しかし新鮮な空気の取り込み口も大気腐食に曝される。リオラン・トンネルでは腐食を防ぐためこのカバーにもステンレス（EN1.4404/AISI316L）を使用している。

リオラン・トンネルの換気や火災時の避難用途に広く使用されているステンレス（下と右）



ダートフォード・リバー・クロッシングでは凍結防止塩の腐食作用に対しステンレス デッキ・ジョイントが設置された。

ドイツのエルブ・トンネルにおける火災の影響の低減対策

火災の影響を最小限にするため、ハンブルグのエルブ・トンネルは1,500トンのステンレス・プレート（EN1.4571/AISI316Ti）で補強された。これらのプレートは同じ鋼種で作られた60トンの固定ボルトとネジでトンネルに取り付けられた。

**SUSTAINABLE
STAINLESS**



鉄道トンネルにおけるステンレスの使用

乗客輸送のニーズに対応したり、交通渋滞を緩和するために都市計画担当部門はますます地下鉄に注目するようになってきている。高速鉄道網も都市と都市、また場合によっては国と国を結ぶ手段としても重要になっている。

多くの発展途上国では鉄道網が急速に普及している。例えば中国では軽便鉄道網導入が21の都市で計画されている。またこうした鉄道網の建設は少なくとも7つの都市で既に開始されている。2012年中に中国は既に敷設されている6,000キロの高速鉄道路線用としてさらに高速車両120両の引き渡しを受ける予定である。インドも都市部の鉄道インフラを推進している国のひとつで、少なくとも12の都市で地下鉄網の整備が発表または検討されている。

この項ではメトロ（地下鉄）、鉄道および長距離海底鉄道トンネルのそれぞれ異なる検討事項といたにステンレスがこうしたトンネルの機能寿命の長期化と安全に寄与しているかを概説する。

地下鉄トンネル

都市の地下鉄車両は通常電動ゆえ、大気腐食は道路トンネルほど大きな問題ではない。しかしトンネルを建設する地場の環境要因が選定材料に影響を与える場合がある。こうした要因にはトンネルを取り巻く岩や土壌内の化学物質や道路、河川、また場合によっては都市の上下水道網からの水分の浸透などがある。

地下鉄トンネルは電車の運行中に火災が発生することもあり、この点も計画の仕様決定段階で検討されるべきである。

事例研究—ロンドンの地下鉄

ロンドンの地下鉄の一部は地上から67メートル、また海面から21メートル下を走っている。トンネル内で浸透する水分には非常に腐食性が強くかつ有害な塩素イオンが含まれている。

キングス・クロス駅で1987年に起きた悲惨な火災の後、ロンドン交通局は地下鉄網の建設や改修工事の際に煙や有毒ガスを発生させない材料の採用を指定するようになった。ステンレスがこうした要求を満たすので、これらの例が示すように地下鉄網の新規工事に広く使用されている。

ジュビリー・ライン延長路線

ロンドンのジュビリー・ラインでは同路線が市東部の再開発された波止場地域まで延長された際にステンレスがトンネルと駅で広く使用された。

各駅がステンレスの異なる仕上げで識別できるように



ロンドンの地下鉄網には270の駅があり人々の安全な往來の担保をステンレスに依存している。



なっている。異なる仕上げにより各駅に個性的美観が付与されると同時に、ステンレスには機能的目的もある。さらにステンレスはその外観を保持するのに時々洗浄するだけで済むので長期的には経済性も高い。

ビクトリア・ラインにおける浸透

ビクトリア・ラインの改修工事の際、アーチ型乗客用トンネルで浸透水を排水溝に迂回させるために大量の正弦波形の堰板が使用された。1.2ミリ厚のNi系 (EN1.4401/AISI316) ステンレス鋼板が560トン以上使用された。火災の際でもステンレスは煙や有毒ガスを発生させず、他の金属より長期間その強度を保持できる。

ノーザン・ライン：オールド・ストリート駅の改修工事

ロンドン地下鉄のノーザン・ラインのオールド・ストリート駅では酸性の土壌が当初設置した鋳鉄のトンネル保護材を腐食させていた。この保護材は約750トンのNiを8%含有する独自鋼種のスーパー二相鋼を使った3,500個の曲面鋳造セグメントに置き換えられた。セグメントは20,000個のステンレス (EN1.4501/ASTM-UNS S32760) の留め具でつながれた。

鉄道および長距離海底トンネルにおけるステンレスの使用

鉄道トンネル

鉄道トンネルには電動またはディーゼル駆動、また時々両方の車両が走る。電動車両は比較的クリーンだがディーゼル駆動車両は二酸化硫黄の有毒ガスを発生させ、これがトンネル内での使用材料を腐食させたり、損傷させることがある。排出レベルは車両の通行頻度、速度、トンネルの長さ、さらに温度と湿度コントロールにどんな機器が設置されているかなどの要因に左右される。材料選定前に地場の汚染や大気の手入データを手入する必要がある。

長距離海底トンネル

長距離海底トンネル内における材料の持続性と性能および状態に関するデータは、実例がほとんど存在しないため、限られている。一番古いのは日本の本州と北海道を結ぶ53.9キロ（内23.3キロが海底）の青函トンネルである。現在、新幹線が通れるようになるための改修工事が進められている。

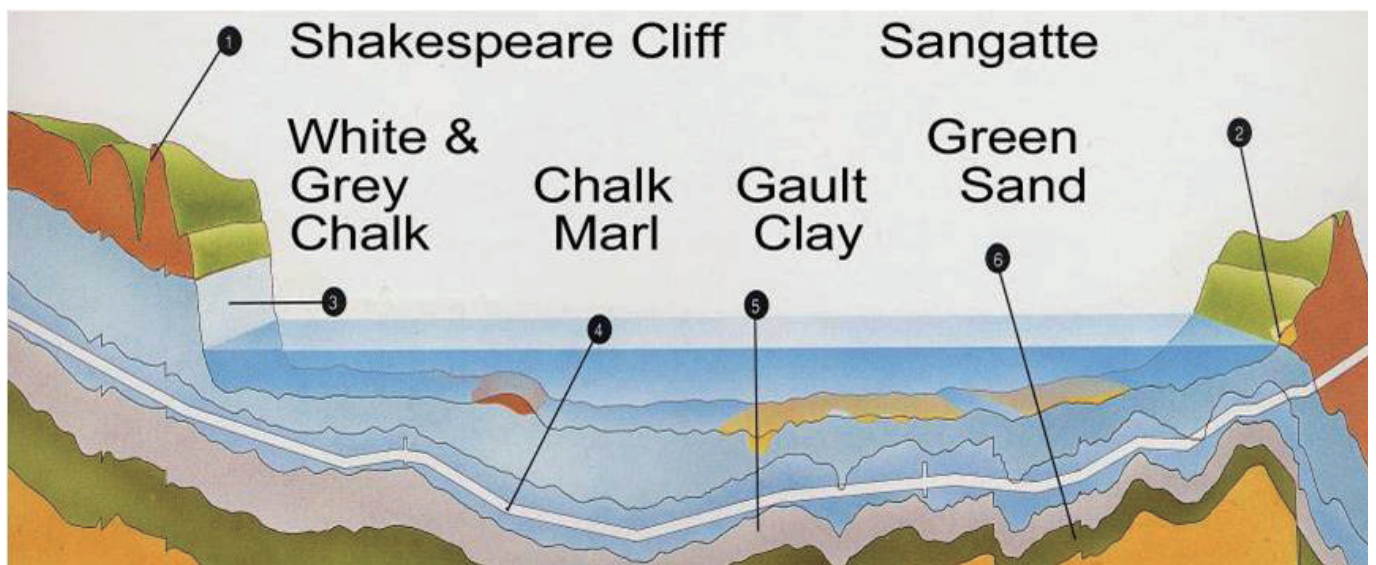
事例研究：英仏海峡トンネルにおけるステンレスの性能テスト

青函トンネルの材料性能データは無いが英仏海峡トンネル（全長49.2キロ、内37.5キロが海底）で若干の知見が得られている。この特殊な環境での性能を調べるためにステンレスと他の材料のテストがトンネル内の条件が異なる場所で行われた。

英仏海峡トンネルにおける材料性能を評価するための最初のテストは1994年ニッケル開発協会（現在のNI）により行われた。フランスと英国のステンレスメーカーが様々な鋼種の試験片を提供した。同トンネルの管理者であるユーロトンネルの協力を得て試験片は走行トンネルとサービス・トンネル両方の様々な箇所に配置された。

Ni系の必要性

1994年、それまで培われた知識からNi系鋼種EN1.4401/AISI316がトンネル内の多くの部位に適している可能性が明らかになった。この鋼種は多くのトンネル関連用途で求められる防食性、耐火性および軽微な保全作業などの要件を満たしていた。例えば、トンネル内に17,000個もある分電箱は1,000℃の高温でも完全に機能しなければならない。この用途にEN1.4401/AISI316を使用することで防火テストに準拠した上記の目標が達成できた。



英仏海峡トンネルは両国間の様々な地層と岩層を通っている。

1-シェクスピア・クリフ（左=英側） 2-サンガット（右=仏側） 3-白と灰色の石灰岩 4-泥炭土 5-ゴールト土 6-緑砂

鉄道および長距離海底トンネルにおけるステンレスの使用



走行トンネルの内部

材料テストの拡張

様々なステンレス鋼種を評価する当初のテスト・プログラムはユーロトンネルによりさらに広範な材料を含むものに拡張された。試験片は同じトンネル内でも場所により状態が異なるため様々な箇所に設けられた棚に置かれた。

20~25℃間のほぼ一定した温度がトンネル全長に亘って設置された直径400ミリの水が入った2本のパイプにより保たれている。しかし場所と大気中の塩分により湿度は45~76%とばらつきがある。

大気カクテル

トンネルを利用する客車と貨車は電動だが保線車両はディーゼル駆動である。従って大気には排気ガスから出る少量の二酸化硫黄が含まれている。大気にはトンネルのライニングから出る粉塵や車輪とレールの接触で発生する鉄粉が含まれていることがテストで判明した。海洋性大気のため塩化物イオンも含まれていた。

高い湿度とも相まって、こうした大気カクテルはトンネルや機器の表面に付着した状態で放置されると腐食性が非常に強くなる。腐食作用は電車が時速140キロに及ぶスピードでトンネルを通過する際に起こる風の

バッファーでさらに進行する。これにより2つの影響が出る。

1. 湿った粒子が物の表面——特に電車の進行方向やバッファー力と直角にある物——に付着する可能性がある。
2. 風速とコンクリート粒子や鉄粉が結びついて発生する摩擦性媒体が常に当たるため保護材が損傷される場合がある。

粉塵の蓄積により不具合が生じることがすぐに明らかになり、ユーロトンネルは定期的な洗浄作業を実施するようになった。ステンレスの滑らかな表面が物の表面に腐食性のある粉塵が蓄積するのを防ぎ洗浄と清掃を容易にしている。

表2：テスト箇所における塩素と湿度のレベル

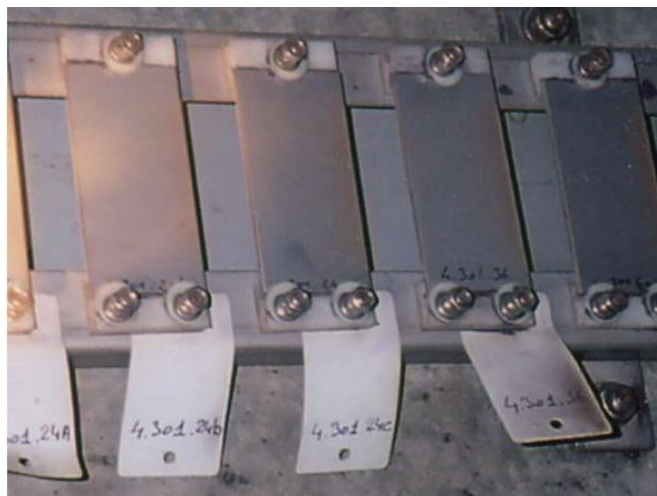
設置箇所	塩素 (mg/m ² /日)	湿度*
PK1511	74	<10 H/A
PK2102	400	2500<5500 HA
PK3574	142	<10 H/A
PK3575	80	<10 H/A
PK5052	228	3<30 H/A
PK5877	75	3<30 H/A

*時間/年(凝縮体測定)

鉄道および長距離海底トンネルにおけるステンレスの使用

英仏海峡のほとんどの部分はかなり乾燥しているものの、試験片から内部状態が大きく異なることが判明した。比較のために普通鋼の試験片も使われた。

各場所の塩素と湿度のレベルの概要を表2に示す。すべての場所で二酸化硫黄は10mg/m²/日で問題とは思われないレベルであった。



英仏海峡内に置かれた試験片

表3 重量損失 (g/m²/年)

設置箇所	EN1.4306/AISI304L	EN1.4318/AISI301LN	EN1.4404/AISI316L	普通鋼
PK1511	0.01	0.04	0.00	10.39
PK2102	2.00	8.49	7.34	276.26
PK3574	0.01	0.06	0.00	10.10
PK3575	0.03	0.02	0.02	7.94
PK5052	0.07	0.15	0.05	27.79
PK5877	0.03	0.07	0.01	40.16

注：PK2102におけるEN1.4404/AISI316Lの高い重量損失はこの箇所でいくつか（全部ではない）の試験片に直接水漏れの影響を受けたためだった。普通鋼の試験片はその影響を受けなかった。



**SUSTAINABLE
STAINLESS**

英仏海峡でステンレスは換気装置（左）や分電箱（下）などに使用されている。



結論

トンネルは夫々長さ、建設場所や目的などの点で大きく異なる。トンネルは移動時間の短縮や渋滞の解消のために建設されるので使用材料には保全や修繕を最小限にするという重い要件が課せられる。トンネルは政府や管理者にとり大きな財政支出を要するので、その投資回収には何十年も問題なく機能することが求められる。

こうした要件からステンレスはトンネル建設や内部機器用の理想的な材料と言える。ステンレスは：

- ・高温でも有毒ガスを発生させず；
- ・900℃を超える温度でもその強度はほとんど劣化せず；
- ・防食用にさらなる表面保護材を必要とせず；
- ・保全無し、あるいは軽度の保全でも長期に亘り耐久性の高い製品寿命を提供する様々な鋼種や形状で供給される。

ステンレスは既に世界中でトンネル建設や重要な機器の製造に広く使用されている。

トンネルの設計者や管理者にとって、ステンレスは重要機器やトンネル自体の安全確保、修繕費用の低減や長期使用を可能にする主要な材料となっている。

参考資料

- ・ Gumpel, P: *Localised corrosion and pitting in tunnel construction*. Fisher Connect It; Issue 6, 2005.
- ・ *CFA Guidance Note: Fixings and Corrosion*; 2002.
- ・ *Products in Application: Tunnel Construction*. Halfen Deha. (www.halfen.co.uk)
- ・ *Design Fires in Road Tunnels*. NCHRP Synthesis 415, 2011
- ・ Haselmair, H; Morach, R; and Boehni, H: *Field and laboratory testing of high alloy steels and nickel alloys used in fasteners in road tunnels*. Corrosion Engineering; pp 160-168, February 1994.
- ・ Cochrane, D.J.; Gra epanche, E; Baltenneck, S; Baxter, C: *The Channel Tunnel: Interim results of materials undergoing performance tests at different tunnel locations*. Proceedings of Stainless Steel World Conference 2001, The Hague, the Netherlands: 13-15 November 2001.

付属資料A：材料指定ガイドラインの情報入手先

トンネルに使用できる材料のガイドラインは各国の関連自治体や建設・設備関連協会より入手できる。いくつかの例は下記の通り。

ドイツ

土木工事に用追加技術仕様とガイドライン：最新版
2010年4月

閉削・開削工法で建設される道路トンネル用のガイドラインを記載している。トンネルでの用途によって特定のステンレス鋼種が指定されている場合もある。

イタリア

ANASは国の道路管理機関で交通用トンネルの安全を指導している。道路トンネルに関してANASは露出される材料についてすべて毒性がなく、耐火性に優れ、煙を発生させないものと指定している。

ファンや照明装置の一部は最低90分間、最高400℃の温度に耐えうるものでなければならない。ステンレスはアルミが耐えられる限度をはるかに超える900℃以上の高温でもその強度が劣化しないことが実際の火災テストで証明されている。

スイス

スイス技師・建築士協会（SIA）はトンネル建設者や管理者にアドバイスや関連サイト情報を提供している。SIAのウェブサイト（一部英語）アドレスは：www.sia.ch

英国

英国幹線道路局（UK Department of Main Roads）は道路や橋梁のオンライン総合的設計マニュアル（DMRB）を提供している。トンネル関連の情報は第2巻：高速道路の構造：設計（下部構造と特別下部構造）、材料に記載されている。さらに詳しい情報は下記のアドレスより入手できる。

www/dft.gov.uk/ha/standards/dmrb/

謝意

ISSFはニッケル協会の本プロジェクトサポートに感謝するとともに、ご協力頂いた以下の方々に謝意を表します。

Annabelle Wilson, Ancon Ltd., United Kingdom
Vittorio Boneschi, Centro Inox, Italy

また、本パンフレット作成のために資料をご提供頂いた、以下の機関、企業に謝意を表します。

- ・ Ancon Ltd (United Kingdom)
- ・ Cedinox (Spain)
- ・ Centre d' Etude des Tunnels (France)
- ・ Centro Inox (Italy)
- ・ D.J. Cochrane, Nickel Institute
- ・ Euro Inox (Belgium)
- ・ Eurotunnel
- ・ Japan Stainless Steel Association
- ・ Marrioff Corp. (Finland)

本書はISSFが作成し、ステンレス協会が邦訳したものです。




International Stainless Steel Forum (ISSF)

Rue Colonel Bourg 120
B-1140 Brussels, Belgium

T: +32 2 702 8915

F: +32 2 702 8912

www.worldstainless.org

 ステンレス協会

東京都中央区日本橋茅場町3-2-10

TEL 03-3669-5691

FAX 03-3669-5690

www.jssa.gr.jp

SUSTAINABLE
STAINLESS