

トピックス

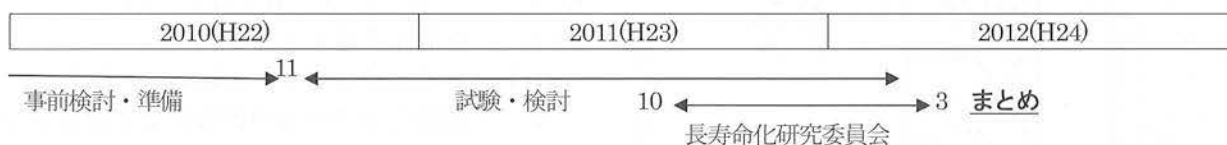
100年鋼管を目指して

－内面・外面防食材料と塗覆装方法の検討終了－

1. いきさつ

近年アセットマネジメントの観点から、管材料の耐用年数の長期化に関する需要家の要求が著しく高まりつつある。また、水道事業体の管路更新率は毎年1%程度で推移していることを考えれば、更新によって布設する新規の管路の耐用年数は100年以上が必要とされる。

そこで、日本水道鋼管協会(WSP)では、100年鋼管に向けて、内面・外面防食材料と塗覆装方法の検討を行った。



2. 「水道鋼管長寿命化研究委員会」の設置

委員長：増子 昇 東京大学 名誉教授
 研究委員：田中 誠 元財団法人鉄道総合技術研究所材料研究室長
 吉崎 信樹 新日本製鐵(株)技術開発本部主任研究員
 上村 隆之 住友金属工業(株)総合技術研究所主任研究員
 北川 尚男 JFEエンジニアリング(株)総合研究所主任研究員



増子委員長

目 標：100年の耐用年数を有する内外面防食材料とその塗覆装方法の検討

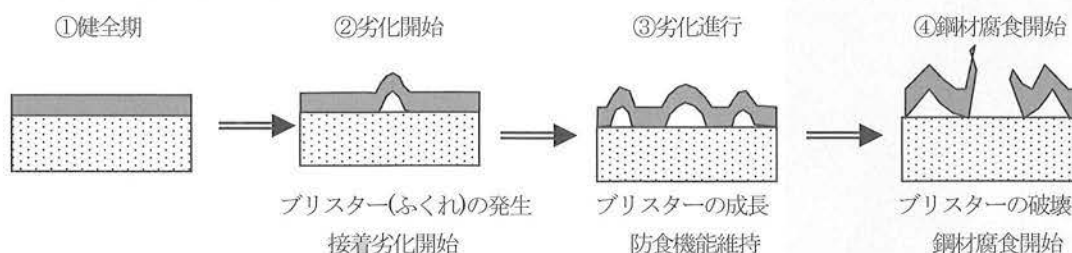
内面の検討対象：水質への影響の無いことが確認されている水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料を選定

外面の検討対象：長期の実績があるプラスチック被覆（ポリウレタン、ポリエチレン、ジョイントコート）を選定

第1回（2011.10.19）からほぼ1回/月のペースで委員会を開催し、第5回（2012.3.27）で最終結論が得られた。

3. 100年耐用内面塗装の検討－水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料

3.1 寿命推定の考え方



図－1 塗装鋼材の寿命概念図

本来水道鋼管としての寿命は④を経過し、鋼材腐食により漏水が発生する時点であるが、水道水への錆の混入防止（赤水への対応）及び十分な余裕をみて、③の中間地点（ブリストア面積率50%）を内面塗装の寿命とした。

3.2 寿命の推定

塗膜のブリストアは、塗膜への水の浸透、拡散によるものであるから、塗膜側を温水、鋼板側を冷水にして浸透を促進させる温度勾配試験及び温度勾配のない高温の湿潤試験によってブリストア面積率50%（寿命）を推定した。

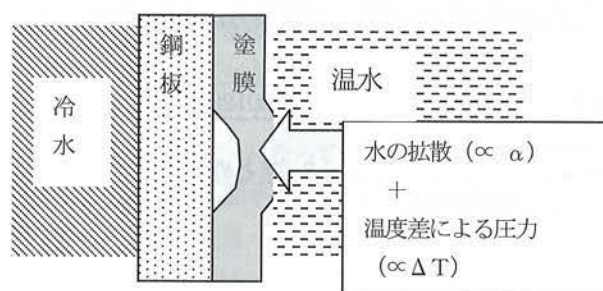


図-2 温度勾配試験概要図

寿命推定に用いた関係式

$$Q(t) \propto D(T) \times (\alpha + \Delta T) \times t$$

Q : 塗膜を透過する水の量

$D(T)$: 拡散係数に相当する温度依存係数

α : 温度差0での水の拡散による浸透を示す項

ΔT : 設定温度における塗膜の温度差

t : 時間

3.3 寿命推定の結果と100年内面塗装の仕様

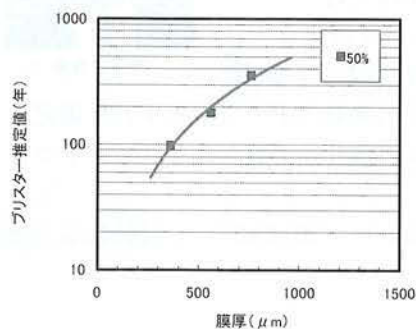


図-3 膜厚と50%ブリストア推定値（工場機械塗装）

塗膜の厚みを変えて試験し、期待耐用年数100年の無溶剤形エポキシ樹脂塗料の厚み仕様を次の様に設定した。

表-1 必要塗膜厚み

分類	塗膜厚み
工場機械塗装	0.6mm以上
現場手塗り塗装	1.0mm以上

註) 図-3の結果に安全率を加味して決定。



現場手塗り塗装はクシ形へら使用
（新規塗装方法のためWSPで講習会予定）

4. 100年耐用外面被覆の検討－ポリウレタン、ポリエチレン、ジョイントコート

4.1 寿命推定の考え方

プラスチック被覆は膜厚が厚い(2~3mm)ことが特徴である。従って、上記エポキシ塗装のように、水分の透過、接着の破壊、プリスターの発生、プリスターの破壊という劣化メカニズムをとらないので、薄膜塗装の長期耐久性の推定方法をそのまま適用するのは難しい。

そこで、①酸素透過による鋼面腐食 ②被覆材料自身の酸化劣化③被覆材料の紫外線劣化 の3つに分解して解析し、長期耐久性を検討することとした。

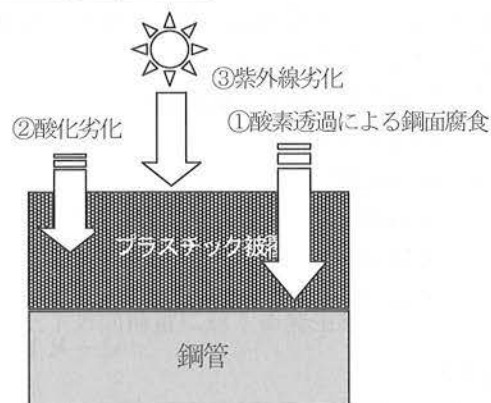


図-4 プラスチック被覆の劣化の要因

4.2 寿命の推定結果と100年外面被覆の仕様

① 酸素透過による鋼面腐食

塗膜下腐食は酸素透過が律速となるので、酸素透過係数を測定し、鋼面の腐食量から推定寿命を求めた。

表-2 酸素透過係数と推定寿命

被覆材料		ポリウレタン		ポリエチレン	
測定温度		15℃	30℃	15℃	30℃
酸素透過係数 ($\times 10^{-16} \text{ mol} \cdot \text{m} / \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$)		1.73	3.83	2.16	4.42
推定寿命(年)	0.5mm	239	108	191	94
	1.0mm	477	216	383	187

表-2、図-5及び紫外線劣化のデータ(別途)より、現状のプラスチック被覆2.0mm(-0.5mm)(I形)で、十分に100年以上の期待耐用年数を有すると推定できた。

② 被覆材料の酸化劣化

高温で酸化劣化を促進させ、各試験温度において寿命を求めアレニウスプロットを行った。外挿線の傾きはすべて同等(見掛けの活性化エネルギーは同等)とした。

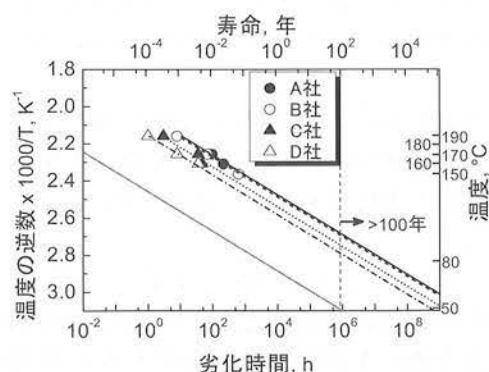


図-5 ポリウレタンの酸化劣化寿命推定

5. 今後の展開－各規格へ100年耐用年数の結果を反映

WSP075	「長寿命形水道鋼管用無溶剤エポキシ樹脂塗料塗装方法(現場溶接部の動力工具による下地処理と手塗り塗装)」制定済
WSP076	「長寿命形水道鋼管用塗覆装材料・塗覆装方法」制定済
JIS G3443	「水輸送用塗覆装鋼管」改訂予定
JWWA K157	「水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料塗装方法」改訂中
JWWA K151	「改訂予定」
JWWA K152	
JWWA K153	