

83 ラバー巻き鋼管の強酸性溶液中における耐腐食性について

防衛大学校土木工学科 ○鯉淵 芳伸

同 上 石川 信隆

シバタ工業 生駒 信康

京 都 大 学 水山 高久

1. 緒言

近年、砂防構造物の一つとして、土石流の先端部にある巨礫を受け止めることを目的としたオープン式鋼製砂防ダムが数多く建設されるようになってきた。しかし、鋼製であるため酸性の強い地域では、鋼管が錆びてしまい、所望の耐力が必要時に得られないのではないかと懸念がある。従来、防錆対策工としてメッキや防錆塗装を施す例もあるが、薄膜構造のため礫の衝突により保護工自体が損傷、剥離するなど必ずしも耐久性に十分な対策工ではない。そこで、耐摩耗性に優れたラバーを鋼管に巻き付けるという試みが検討されつつある。

本研究では、鋼管にラバーを巻き付けることによる防錆効果の定量評価を行うため、ラバーの巻き付け方法を2種類変えた試験体を強酸性溶液中（硫酸10%および30%）に長期間浸漬し、ラバーの巻き付け方法が防錆効果に及ぼす影響について実験的に考察した。さらに、海岸線付近に建設された鋼製構造物では、海水の影響による腐食の進行が考えられるため、海水（NaCl 3.5%）による浸漬試験も行った。

2. 実験の概要

2・1 供試体の寸法および仕様

図-1に示す4種類の供試体は、材質が STK 41、寸法が $L 200 \times \phi 48.6 \times 3.2$ の鋼管を使用した。鋼管は上下部共溶液の浸入を防ぐため、鉄板（3.2t, SS 41）を溶接した。防錆用に使用したラバーは、図-1に示す斜線の部分で、材質を天然系ラバー（NR）、厚さを5mmのものを使用した。ラバーおよび鋼材の組成表は表-1、2に示すとおりである。

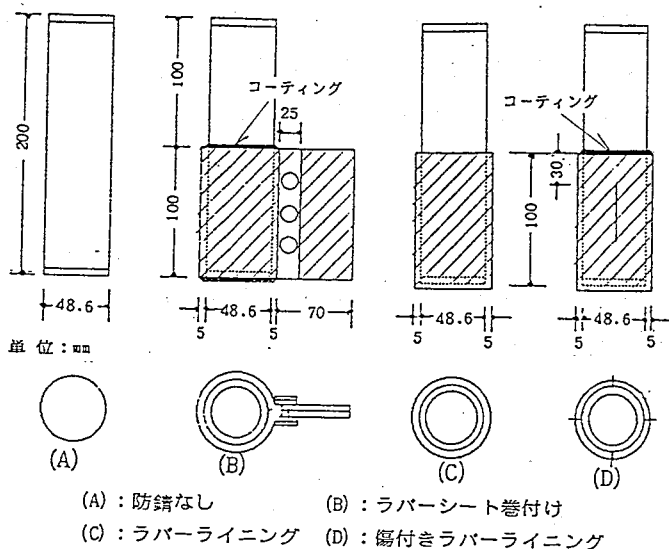


図-1 供試体の種類

供試体の種類は、(A)：防錆なし、(B)ラバーシート巻付け： $L 300 \times H 100 \times 5$ のラバーをステンレス製（SUS 304）の2枚で挟みボルト3本で固定し、ラバー上下部周辺をコーティングをしたもの。(C)ラバーライニング：鋼管表面をサンドブラスト処理し、接着剤を塗布した後、ラバーを加熱圧着（加硫接着）により鋼管の1/2をラバーライニングしたもの。(D)傷付きラバーライニング：(C)の供試体と

同型で、直角方向垂直にラバーを40, 30, 20, 10mmの長さに4ヶ所カッターナイフで鋼管に届くまで傷を付けたものの4種類とした。

2・2 実験方法

表-3の実験ケースに示すように硫酸10%、30%、NaCl 3.5%の溶液を入れたポリ容器 (L 420×320×H 160) の中に鋼管試験体 (A)・(B)・(C)・(D) 各2本を、一組 (24本) とし、1ヶ月周期で取り出すこととして、6ヶ月間浸漬する組を含めて合計144本の全供試体を同時に下部から100mmまで浸漬した。表-4のPH値は、「ガラス電極式水素イオン濃度計」で測定した値を示した。

2・3 測定方法

供試体 (A)、(B) は実験前にサンドペーパー100番で全面を磨き、120番で仕上げアセトンで表面を清掃し、鋼管の寸法、重量を測定した。供試体 (C)、(D) は、鋼管部分を軽く磨く程度にとどめた。また、鋼管は上部から100mmまでを溶液の浸入を防ぐため、ビニール袋で包み絶縁テープで止めた。実験は、全供試体を同時に侵食させ、30日経過ごとに取り出し、供試体 (A) については、水洗い後ワイヤーブラシで軽く錆を落とし、15%の水酸化ナトリウム溶液 (80℃~100℃) に10分間浸漬、錆を落とし、水洗い後乾燥させ、鋼管の寸法および重量の計測を行った。供試体 (B) は、ラバーを取り外し、供試体 (A) と同様に行った。また、供試体 (C)、(D) は水洗い後乾燥させ行った。

3. 実験結果および考察

3・1 腐食速度

図-2は腐食速度の経日変化を示したもので、試料Aの防錆なしとBのラバーシート巻を比較してラバーを巻き付けることによる防錆効果を調べたものである。なお、腐食速度とは、1日当たりの腐食が進行する速度を示したもので、錆の重量を測定して、単位は $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{日}$ である。図-2より、明らかにラバーシート巻

表-1 ラバーの組成表

配合剤	名称	配合比
原料ラバー	N.R・S.B.R	100
加硫剤	硫黄	3
加硫促進剤	N.O.B	1
老化防止剤	パラフィン	4
加工剤	ステアリン酸 クマロン樹脂 亜鉛華	5
補強剤	カーボン	80
軟化剤	オイル	10

表-2 鋼材の組成表

規格	一般構造用炭素鋼管 (JIS G 3444)	ステンレス鋼 (JIS G 4304)
記号	STK 41	SUS 304
引張強度 N/mm^2	460	677
降伏点 N/mm^2	399	323
伸び %	49	52
化学成分 (%)	C	0.14
	P	0.02
	Mn	0.44
	S	0.012
	Ni	-
	Cr	18.14

表-3 実験ケース

供試体	溶 液	硫酸 10%	硫酸 30%	NaCl 3.5%
防 錆 な し (A)		2×6ヶ月	2×6ヶ月	2×6ヶ月
ラバ- シ- ト巻付け (B)		〃	〃	〃
ラバ- ライニング (C)		〃	〃	〃
傷付きラバ- ライニング (D)		〃	〃	〃

表-4 腐食溶液の pH 値

供 試 体	溶 液	硫酸 10%	硫酸 30%	NaCl 3.5%
防 錆 な し (A)		1.68	0.51	3.55
ラバ- シ- ト巻付け (B)		1.14	0.62	3.51
ラバ- ライニング (C)		1.76	0.50	3.51
傷付きラバ- ライニング (D)		1.11	0.54	3.53

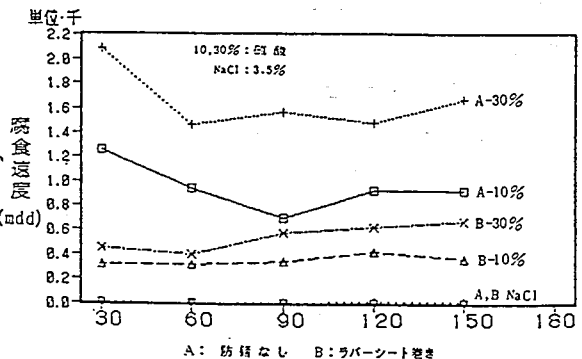


図-2 腐食速度の経日変化

き (B) の鋼管の方が防錆なし鋼管に比べ腐食の進行状況が小さいことが認められ、また、溶液では硫

酸30%、10%、の順に腐食速度が大きいことが認められる。さらに、腐食速度の差が一番小さい経過日数90日（硫酸10%）でも、供試体(B)は供試体(A)に対して腐食速度が50%以下に抑制されており、ラバーシートの防錆効果が認められた。

3・2 侵食度

図-3に示す侵食度 (mm/yr) とは、年間に対する銅管の直径の変化量をグラフに表したもので、腐食速度 (図-2) とほぼ同じ傾向を示している。一般的には、日数の経過と共に低下するが、経過日数90日以降も、ほとんどの溶液でやや上昇傾向にある。これは、強酸性のため侵食が促進するためと考えられる。

3・3 腐食量

図-4に示す腐食量は、試験前重量から試験後重量を減じた値である。防錆なし(A)とラバーシート巻付け(B)について硫酸濃度と腐食量の関係の評価すると両供試体共に硫酸濃度が高くなる程腐食量が増大している。供試体(A)と(B)の浸漬日数に対する両供試体の腐食比〔(B)の腐食量/(A)の腐食量〕は、30日経過後では、硫酸10%で0.26、30%で0.21であるのに対し、150日経過後では、それぞれ0.39、0.40と経過日数が長くなる程両供試体の腐食量の差が縮まっている。この理由として、両供試体の腐食傾向は、供試体(A)の全面腐食に対し、供試体(B)は、ラバー締め付け部より溶液が浸入し著しい局部腐食を生じたためと思われる。また、NaClの影響について考察すると図-4に表せない程の軽微であり、防錆なし(A)の腐食量は、硫酸10%、経過日数150日でも2%以下であった。

3・4 ラバーライニングの侵食深さ

図-5は、ラバーライニングした供試体(C)のラバー上部周辺からの侵食状況を調べるため、ラバー上部のコーティング無しで行った侵食深さの最大値を表した試験結果である。このグラフから硫酸30%では、明らかに侵食が速いことがわかる。これは、ラバーが溶液の水面上に位置しているため、上からの酸素量が多く、一

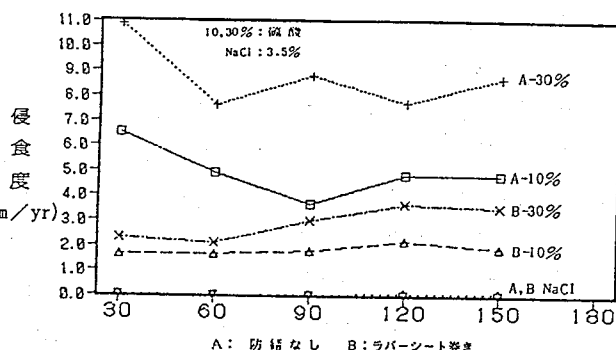


図-3 侵食度の経日変化

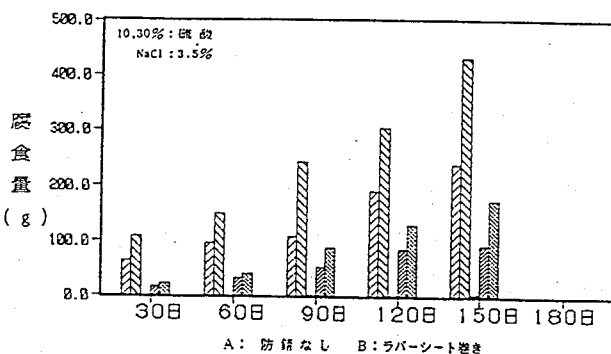


図-4 腐食量の経日変化

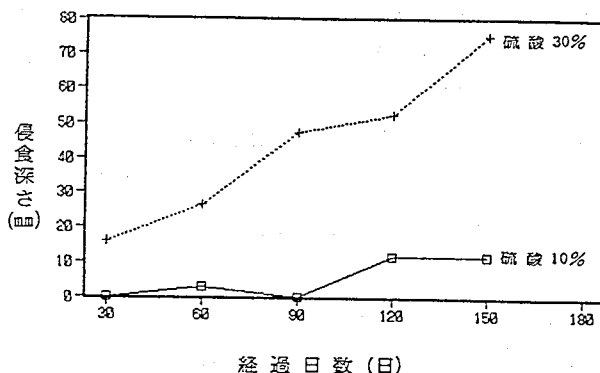


図-5 ラバーライニング(C) 侵食深さの経日変化

且侵食するとラバーと鋼管の間に硫酸第1鉄 (FeSO_4) が発生して、ラバーを膨張させ深く侵食させるためと思われる。一方、硫酸10%では、侵食が極めて小さく、これは、硫酸第1鉄の発生が少ないため侵食が遅いものと考えられる。なお、NaCl 3.5%では、侵食は全く認められなかった。

3・5 傷付きラバーライニングの侵食幅

図-6は、傷付きラバーライニング(D)の傷付き長さ40mmまでの侵食幅を示したものである。本試験は、ラバーライニング加工を施した鋼管構造物に巨礫が衝突し、ラバーに貫通傷が発生した場合を想定し、ラバーの傷が鋼管の耐久性に及ぼす影響を調べるために行った。硫酸10%と硫酸30%溶液での侵食幅の経日変化を比較すると、10%の方が30%より侵

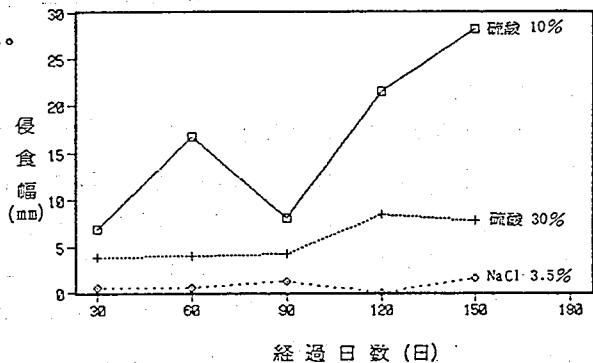


図-6 傷付きラバーライニング(D) 40 mm の場合

食幅が広く、ラバーライニング鋼管による腐食の進行速度と比べ遅く、また、その傾向が逆転している。原因としては、すべて傷口が溶液中で、大気が遮断され、高濃度の硫酸では酸素の供給がなくなったためと考えられる。侵食幅の進行は、経過日数90日までは比較的緩慢であるが、90日から150日にかけて増加傾向が認められた。一方、NaCl 3.5%では、最大侵食幅は、3 mmと安定した傾向を示した。傷の長さは腐食の進行度にあまり影響しないものと推察される。

4. 結論

本研究の成果を要約すると以下のとおりである。

(1) 鋼管にラバーを巻き付けることにより、強酸中においても腐食の低減効果があることが確認された。しかし、防錆効果を長期間持続するためには、ラバー巻き構造でのシート締め付け部、およびラバー上端部の鋼管との境界面のシールを十分にすることが必要である。また、塩水中においては、硫酸と比べて腐食の進行は緩慢であるが、ラバーを巻けばさらに防錆効果があることが示された。

(2) ラバーライニングした供試体(C)は、硫酸10%程度ではほとんど侵食が行われないことが認められた。

(3) ラバーの傷が鋼管の耐久性に及ぼす影響について、たとえラバーに貫通傷が生じて浸漬液中であれば、強酸中であっても腐食の進行は緩慢であることが認められた。

参考文献

- 1) (財) 砂防・地すべり技術センター鋼製砂防構造物委員会：構造砂防構造物設計便覧、P 29 昭和62年版