

◆ 報文 ◆

河川用ゲート設備におけるステンレス鋼の腐食実態

田中和嗣* 村松敏光**

1. はじめに

河川用ゲート設備は、人命と社会財産を守るために設置される社会資本であり、水害等災害の緊急時に確実に効力を発揮できる信頼性の高いものでなければならぬ。そのためには十分な点検・維持管理等を行うことが重要である。しかし、維持管理作業は、設備の全体的または部分的な機能停止を伴うことが設備運用上の弊害となっている。また、維持管理作業そのものが増加の一途をたどっている。そのため、設備の計画・設計段階から維持管理の合理化の検討を行うことが重要である。

現在、河川用ゲート設備の維持管理作業として実施されている内容に、腐食箇所や防食処理の劣化箇所の補修が多くある。これらの1つとして、ステンレス鋼(耐食性材料)による腐食対策がある。しかし、ステンレス鋼においても、環境の種類によってさびを生じることある。ステンレス鋼の耐食性を効果的に利用し、河川用ゲート設備の維持管理を合理化するためには、ステンレス鋼を適用した場合の腐食発生・進展の傾向を十分に把握しておく必要がある。

本報は、腐食発生・進展傾向の把握の前段として実施した、ステンレス鋼を適用した河川用ゲート設備の腐食実態調査の結果に関するものである。なお、河川用ゲート設備へのステンレス鋼の適用実績が十分に把握されていないことを考慮し、適用実績調査についても同時に実施しており、この結果についても述べる¹⁾。

2. 調査方法

本調査対象は、主要部位にステンレス鋼を適用

The Condition of the Corrosion of the River Gate Using Stainless Steel

表-1 調査項目一覧

調査項目			備考
一般項目 年月、調査年月			
設備環境 海水域、海水週上域、淡水域、その他	設備部位 (扉体)	スキンプレート	スキンプレート下部のみ
		主桁	縦桁
		端縦桁(側板)	補助桁(水平材)
		頂板(越流板)	背面板
		底面板	導流板
		主ローラ	補助ローラ
		皿ばね	支圧板
		措導板	ロッカビーム
		主ローラ軸	補助ローラ軸
		補助ローラブラケット	シープ
(戸当り)	(戸当り)	シープ軸	シープブラケット
		ヒンジピン	吊りピン
		吊り上げ部ブラケット	水切り板
		ゴム押え板	ゴム取付ボルト・ナット
使用材質	オーステナイト系	主ローラ踏面	補助ローラ踏面
		支圧板	側部水密板
		下部水密板	上部水密板
		取り外し可能戸当り	
	SUS304	SUS304L	
	SUS304N2	SUS304LN	
	SUS316	SUS316L	
	SUS316N	SUS316LN	
	オーステナイト・フェライト系	SUS329J1	SUS329J4L
	フェライト系	SUS430	
マルテンサイト系	SUS403	SUS410	
	SUS630	SUS631	
	析出硬化系	SCS2	SCS3
	SCS5	SCS11	
ステンレス鍛鋼	SCS13	SCS16	
	SS+SUS304	SS+SUS304L	
	SS+SUS316	SS+SUS316L	
	SM+SUS304	SM+SUS304L	
腐食発生位置	SM+SUS316	SM+SUS316L	
	大気部	水中部	飛沫部
腐食状況	干溝部		
	全面腐食	部分腐食	孔食
腐食なし			

している設備とした。小型水門や堰等を含めた河川用ゲート設備全数の把握が困難であったため、調査は、主要ゲートメーカーに対するアンケートにより実施した。アンケートの回答は、設備施工時資料および定期点検・改修工事時の資料、本調査のための現地調査に基づいている。

調査項目の一覧を表-1に示す。調査項目として、設備環境を、海水域、海水週上域、淡水域に分類

している。また、設備各部位を35箇所に分類し、使用材質を調査している。

腐食実態調査として、腐食発生位置を大気部、水中部、飛沫部、干満部に分類調査するとともに、腐食発生・進展に要した期間として設備の経過年数を求めている。各部の腐食発生位置は、腐食が発生している場合は腐食発生位置を示し、腐食が発生していない場合は、腐食が発生すると予測される位置を示している。経過年数は、着目部位に対して実施された改造や補修等の最終補修年月と調査年月の差を示している。また、ステンレス鋼の腐食には、孔食や粒界腐食等や、通常、塗装が行われないために生じる、異種金属接触腐食もある。そのため、炭素鋼を用いた河川用ゲート設備のように腐食量を定量的に評価する²⁾ことは困難である。そこで、腐食発生状況を孔食と部分腐食、全面腐食に分類し評価した。

3. 調査結果

3.1 ステンレス鋼を適用した河川用ゲート設備の設置実績

調査結果より、調査対象設備の設置環境別件数内訳を図-1に示す。調査設備総件数は212件となっており、内訳は海水域の設備50件、海水遡上域の設備113件、淡水域の設備49件である。また、ステンレス鋼を適用した河川用ゲート設備には、補修等が困難であると予想される部位へ部分的にステンレス鋼を適用した設備と、維持管理作業の合理化をより一層進めることを目的とし、設備全体にステンレス鋼を適用したオールステンレス鋼製設備がある。そこで、オールステンレス鋼製設備として回答されている設備件数を図-2に示す。これらの設備には、ステンレスクラッド鋼が使用されている設備も含まれている。ステンレス鋼の適用実績は、昭和40年から昭和44年までの5年間では9件しかないが、平成3年から平成7年までの5年間では78件あり、8倍以上となっている。また、昭和40年代には海水域と海水遡上域の適用実績しかないが、昭和60年代以降では淡水域でも適用実績がある。さらに、オールステンレス鋼製設備は、昭和40年代では、海水域での1件の適用実績のみであるが、昭和50年代から、海水遡上域でも多数の適用実績があり、昭和60年代以降は淡水域でも実績がある。河川用ゲート設備全体の設置

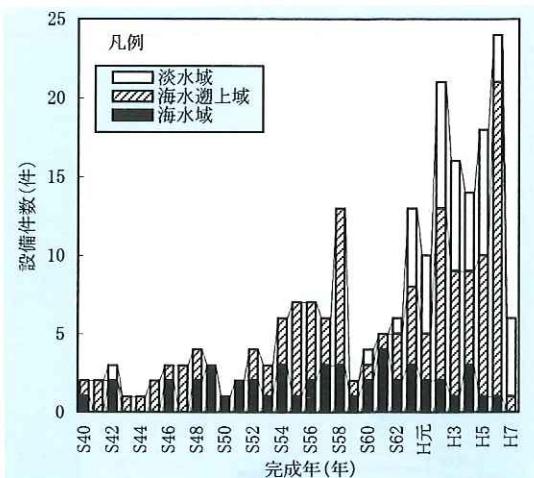


図-1 ステンレス鋼製ゲート設置実績推移

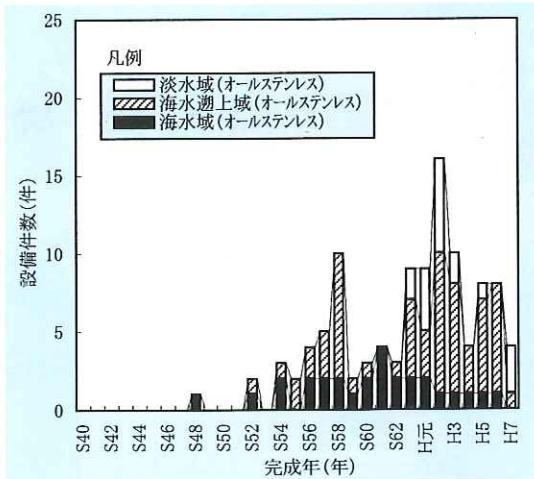


図-2 オールステンレス鋼製ゲート設置実績推移

実績が不明なため、設備設置件数全体に占めるステンレス鋼製設備の割合は不明であるが、オールステンレス鋼製設備の増加から、維持管理の合理化を考慮した、耐食性材料としてのステンレス鋼の適用が多くなっているのではないかと推察する。

設備各部位別のステンレスの適用実績を図-3から図-5に示す。それぞれ、海水域および、海水遡上域、淡水域での場合を示している。各設備部位別のステンレス鋼適用実績を比較すると、スキンプレートや桁類、ローラ、ローラ軸への適用実績が多い。また、ゴム押え板やゴム取付ボルト・ナットへの適用実績と各水密板への適用実績が最も多い。この傾向は設置環境に関係なくある。材料別の適用実績を比較すると、SUS304が最も多く、オーステナイト系ステンレス鋼が著しく多い。海水域

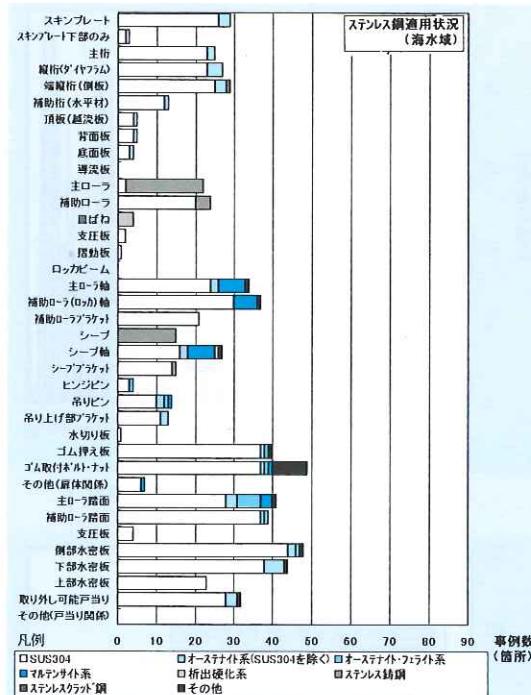


図-3 ステンレス鋼適用実績(海水域)

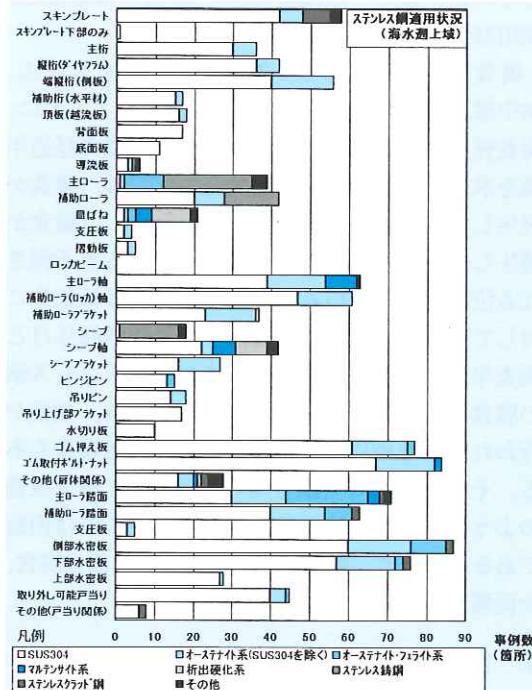


図-5 ステンレス鋼適用実績(海水過上域)

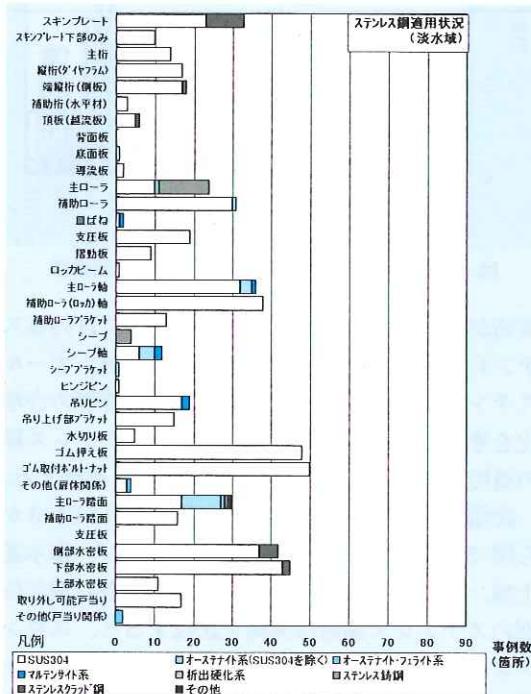


図-4 ステンレス鋼適用実績(淡水域)

および海水過上域においては、ローラやローラ軸、シープ等に対してオーステナイト・フェライト系ステンレス鋼や析出硬化系ステンレス鋼の適用実

績があるが、淡水域においては少ない。

3.2 ステンレス鋼を適用した河川用ゲート設備の腐食実態

a. 腐食実態調査結果資料

ステンレス鋼の適用実態調査の結果から、腐食実態の確認できた設備の部位数を表-2に示す。

本調査では、孔食(孔食状の腐食を含む)の発生・進展事例は、海水過上域の1設備のSUS304の適用部位において報告されている。しかし、施工時に長期間土中にあったこと等の特殊な環境下での事例であり、検討の対象外としている。他の設備においての孔食の発生事例はなかった。なお、全面腐食として報告されたものは、写真による腐食状況の確認を実施した範囲において、着目部位の全面に発生した発錆やもらい錆であった。全面腐食とは、材料表面全体にはほぼ均一に生じる腐食を指すことから、報告された全面腐食事例は、全面腐食の本来の意味とは異なっていると予想できる。しかし、報告された内容が発錆やもらい錆程度の腐食であったのか、本来の意味での全面腐食であったのか、全ての事例について確認できなかつたため、本研究では全面腐食として整理することにした。また、部分腐食として報告されてい

表-2 腐食実態を確認できた事例数

(単位：箇所)

材料	部位	海水域				海水遡上域				淡水域					
		大気部	水中部	干満部	飛沫部	その他	大気部	水中部	干満部	飛沫部	その他	大気部	水中部	干満部	飛沫部
オーステナイト系	SUS304	192	55	89	29		127	227	75	28	6	5	1		
	SUS304L	4	1	8											
	SUS304N	1	1												
	SUS304N2	1					1	3	3	1					
	SUS304LN	1	7												
	SUS316	1	2				1	22	14	3					
	SUS316L	2	1		1		8	14							
	SUS316N						1	27	1	4					
	SUS316LN					1	6	2		1					
オーステナイト・フェライト系	SUS329J1	3		3	4		12	11	6	6					
	SUS329J4L	1		1			4								
マルテンサイト系	SUS403	8					3	2							
	SUS410						1	1	1						
析出硬化系	SUS630							6		2					
	SCS3	1					6	1		1					
ステンレス鉄鋼	SCS5	1													
	SCS11	8	1	1											
	SCS13	10	2	3	1		5	10	3	1					
	SCS16							2							
	SS+SUS304						1	1	7			1			
ステンレス クラッド鋼	SS+SUS316							1							
	その他	3	2	6	2		3	10	2	1					
小計		237	72	111	38	0	179	340	112	48	6	6	1	0	0
合計															1,150

る事例についても表面に限定された発錆やもらい錆程度のものが多く、全面腐食または部分腐食として報告されている全事例において、腐食発生箇所に対する補修実施等はなかった。

b. SUS304の腐食実態

a. の結果から、ステンレス鋼を適用した河川用ゲート設備において、機能維持に影響を与える腐食の発生は少ないと考える。しかし、河川用ゲート設備における腐食発生・進展の傾向が明確でなく、発生した腐食がその後進展する可能性もあることや、特殊な環境下での事例ではあるが孔食の発生が報告されていること、河川用ゲート設備が高い信頼性を要求されていること等を考慮し、これらの腐食についてさらに検討を行った。本報では、適用実績が多いSUS304について、十分な資料の得られた海水域と海水遡上域の設備でかつ、表-1に示した扉体の主な部位に適用された場合の腐食実態についての評価を示す。これ以外の部位およびSUS304以外の材料についての腐食実態とその評価については、紙面の都合上、別報にゆずる¹⁾。

調査事例件数に対する腐食発生事例件数の割合を腐食割合として、各設備環境、腐食発生位置別の経年による腐食割合の推移を図-6から図-9に

示す。縦軸は経過年数を示しており、横軸は、腐食割合を示している。図中の数値はそれぞれ、腐食なし、部分腐食、全面腐食それぞれの事例件数を示している。飛沫部および干満部にある部位については、事例数が十分得られなかつたため、本報では省略する。

図-6より、海水域の設備で常時大気部にある部位においては8年経過した全ての事例で腐食が発生している。また、8年以上経過した部位において、10年経過した事例の一部で腐食なしとの報告はあるものの、ほぼ全ての部位で何らかの腐食が発生している。一方、図-7より、海水域の設備で常時水中部にある部位においては、11年経過した事例で腐食が発生しているが、9年では全く腐食していない。このことから、水中部より大気部の方が腐食が発生しやすいことがわかる。一般に、海洋においては海水中より大気中の方が腐食が発生しやすいといわれており、この調査から同様の傾向が河川用ゲート設備においても存在することがわかる。

また、海水遡上域の設備で常時大気中にある部位では、12年経過した全ての事例で腐食が発生しており、1事例しかないが、11年経過した事例で

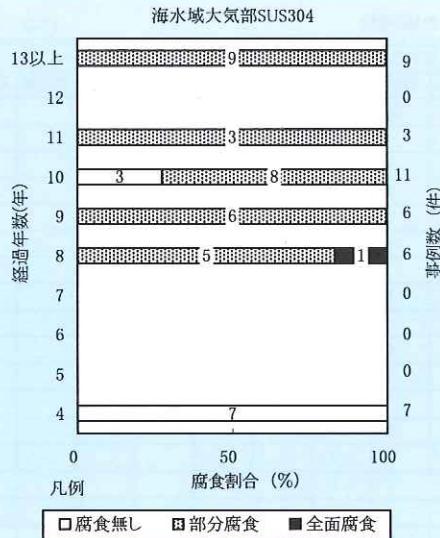


図-6 経過年数-腐食割合 (海水域大気部 SUS304)

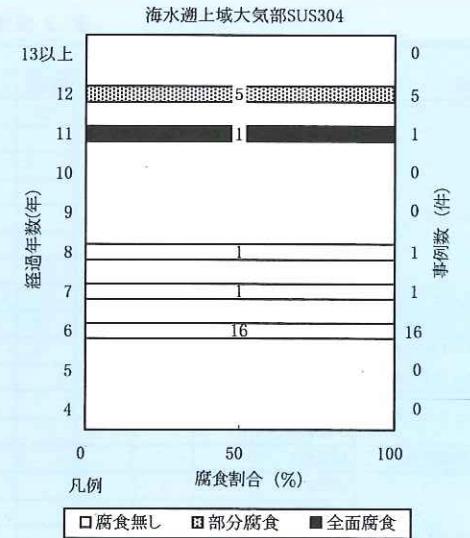


図-8 経過年数-腐食割合 (海水遡上域大気部 SUS304)

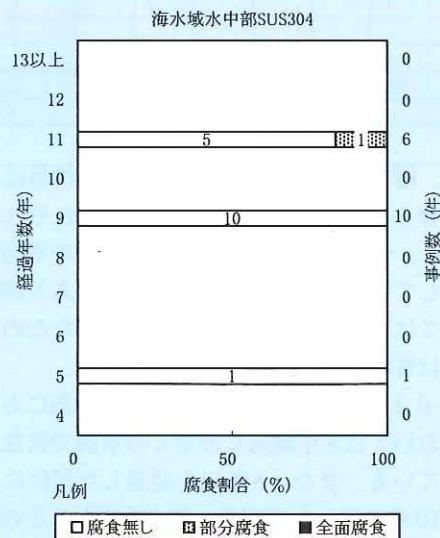


図-7 経過年数-腐食割合 (海水域水中部 SUS304)

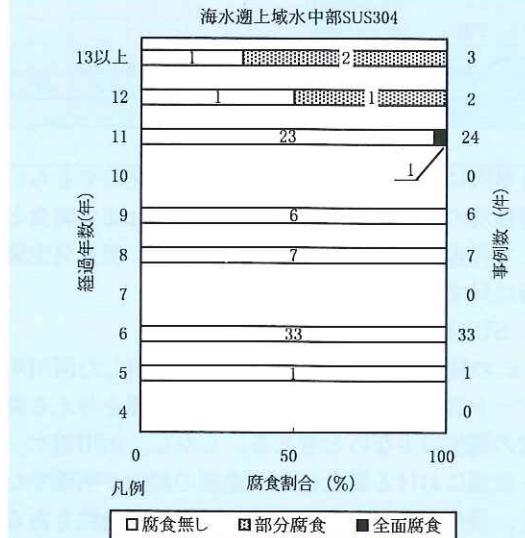


図-9 経過年数-腐食割合 (海水遡上域水中部 SUS304)

も腐食が発生している。一方、常時水中部にある部位では、11年経過した事例のほとんどで腐食が発生しておらず、12年経過した事例でも、腐食なしとしが1件、部分腐食の発生が1件ある。このことから、海水域ほど明確ではないが、海水遡上域においても海水域と同様に水中部より大気中部の方が腐食は発生しやすいようである。

さらに、海水域と海水遡上域の腐食発生を比較した場合、図-7と図-9の水中部の部位の11年経過した事例の比較から、海水遡上域の方が海水域よりも若干腐食しにくいことがわかる。

4. 検討

ステンレス鋼を適用した河川用ゲート設備の腐食実態調査では、表面に限定された発錆やもらい錆程度の事例が多く、腐食発生箇所に対する補修等実施事例はなかった。これらのことから、現段階では、ステンレス鋼を適用した河川用ゲート設備において、機能維持に影響を与える腐食の発生は少ないと考える。しかし、ステンレス鋼でも長期的には腐食が発生する傾向にあり、発生した腐食がその後進展する可能性もある。また、耐食性

が特に要求される箇所でステンレス鋼が適用されている。さらに、特殊な環境下での事例ではあるが孔食の発生も報告されている。そのため、河川用ゲート設備の機能の信頼性を確保するためには、合理的かつ適切な点検・維持管理作業を行うことが必要であると考える。

そこで、河川用ゲート設備への適用実績の多かったSUS304の適用部位のうち、扉体の主な部位についての腐食発生傾向の検討結果から、点検・維持管理方法として、次のことが考えられる。第1に、河川用ゲート設備の水中部分の点検は水中作業となるため、実施されることが少ないが、常時水中にある部位より、大気中にある部位の方が腐食が発生しやすいことから、大気中にある部位の点検結果によって、水中にある部位の腐食発生状況を予測し、機能の信頼性を確保できる可能性があると考える。第2に、多くの場合、単一河川の複数の河川用ゲート設備を同一の管理者が点検・維持管理を行っているが、単一河川にある複数設備の点検作業を、より河口に近い設備に重点をおき実施することで、全ての設備を逐一的に点検する以上に信頼性確保の効果をあげることが可能であると考える。

5. おわりに

ステンレス鋼の河川用ゲート設備への適用実績の調査結果をまとめると、以下のようになる。

- (1) ステンレス鋼の適用実績は、昭和40年代には海水域と海水遡上域のわずかであったが、近年では淡水域を含めた全水域で増加している。
- (2) ステンレス鋼の適用部位は、スキンプレートや桁、ローラやローラ軸が多く、その傾向が海域、海水遡上域、淡水域で類似している。
- (3) SUS304を含めたオーステナイト系ステンレス鋼の適用実績が非常に多い。

これらステンレス鋼を適用した河川用ゲート設備のうち、適用実績の多かったSUS304を適用した部位について、腐食発生傾向を検討した結果、腐食原因となる因子が複合的に作用している河川用ゲート設備の設置環境下においても、腐食発生に以下の傾向があることがわかった。

- (1) 海水域・海水遡上域の設備では、常時水中部にある部位より常時大気部にある部位の方が腐食が発生しやすい。

(2) 海水域の設備は、海水遡上域の設備より若干腐食しやすい。

これらのことから、河川用ゲート設備の維持管理作業として、以下のことが考えられる。

(1) 大気中の部位の点検作業の結果から、常時水中にある部位の腐食進行状況を予測し、設備の信頼性を確保する。

(2) 単一河川にある複数設備を同時点検する場合、より河口に近い設備に重点をおくことができる。

これらは、海水域及び海水遡上域設備のSUS304を用いた扉体の主な部位に関する検討結果による予測である。しかし、防食設計手法が十分に確立しておらず、河川用ゲート設備の腐食発生・進展の傾向が明確になっていない現状において、腐食発生・進展の傾向を把握し、維持管理の合理化を検討する前段的資料として活用されることを期待する。

今後は、これらの検討結果に基づき、河川用ゲート設備におけるステンレス鋼の腐食発生・進展の傾向を把握し、維持管理の合理化を行うために、ゲート設備を考慮した腐食検討の試験を行う予定である。

参考文献

- 1) 吉田正、藤野健一、米村克巳、田中和嗣、小林誠：河川用ゲート設備の腐食特性に関する実態調査、土木研究所資料第3554号、1998.3
- 2) 田中和嗣、吉田正、藤野健一：SS400を用いた河川用ゲート設備の腐食発生傾向の検討、第53回土木学会年次講演会、1-A,pp.524-525,1998.10
- 3) 田中和嗣、吉田正：ステンレス鋼を適用した河川用ゲート設備の腐食実態調査、第28回安全工学シンポジウム,pp.221-224,1998.7

田中和嗣*



建設省土木研究所
材料施工部
機械研究室研究員
Kazushi TANAKA

村松敏光**



同 機械研究室長
Toshiimitsu MURAMATSU