

開発した水砂噴流摩耗試験機の促進倍率

上野和広* 長束 勇** 石井将幸**

* 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所, 〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6

** 島根大学生物資源科学部, 〒690-8504 島根県松江市西川津町 1060

要 旨

本研究では、開発した水砂噴流摩耗試験機の促進倍率を明らかにし、ストックマネジメントを実現する上で必要となる摩耗の進行予測を可能にするための検討を行った。実際に供用中のコンクリート製水路から採取した健全部（気中部）および摩耗部（水中部）の供試体を用いて摩耗試験を実施し、供試体を採取した時点までの供用年数と健全部の供試体が摩耗部の供試体と同等の摩耗状況に達するまでの摩耗時間から促進倍率を求めた。その結果、本研究で対象とした各水路に対する促進倍率は、評価量に摩耗深さをを用いた場合で1.05~1.72year/h、表面粗さをを用いた場合で0.50~8.85year/hとなった。また、算出した促進倍率を用いて摩耗の進行予測を行った結果、摩耗深さが供用年数の経過に伴って増加し続けるのに対し、表面粗さはある程度まで摩耗が進行した後は一定の値に収束することが確認された。

キーワード：水砂噴流摩耗試験機、促進倍率、摩耗深さ、表面粗さ、摩耗の進行予測

1. はじめに

流水環境下で供用される農業水利施設は流水および混入土砂による摩耗作用を受けるため、農業用水路や頭首工エプロン部などにおける摩耗の進行が報告されており、主要な劣化現象と認識されている。流水環境下における摩耗は主に流れの作用によるエロージョン摩耗であり、通常はこの流れに固体粒子や液体粒子を伴う（堀口，1993）。摩耗の進行は躯体断面およびかぶりの減少を生じさせ、構造性能および耐久性能が低下する。さらに、建設材料として多用されるコンクリートは複合材料であることから、この摩耗作用によって比較的脆弱なモルタル部が選択的に摩耗し、粗度の悪化による水理性能の低下を生じる。そのため、コンクリートは摩耗に対する抵抗性を有することが求められ、既往の研究では圧縮強度の大きいコンクリートや最大粗骨材寸法の大きなコンクリートが耐摩耗性に優れることが明らかにされている（例えば、杉田ら，1986）。また、性能低下した農業水利施設へ表面被覆工法や断面修復工法などの補修工法を適用して再び供用する場合、適用された補修材料はそれまでと同様の流水環境下へ曝されるため、補修材料は耐摩耗性について十分に評価された上で適用される必要がある。

エロージョン摩耗を対象とした耐摩耗性の評価には、掃流摩耗試験機を用いた検討（豊福，1990）や水流摩耗試験機を用いた検討（石神ら，2005）が報告されている。しかし、掃流摩耗試験機については供試体形状が特殊であるため、摩耗深さの計測および実構造物から採取した供試体による試験が困難であること、水流摩耗試験機については摩

耗速度が緩慢であるために迅速な摩耗試験の実施が困難であることなどの課題が残されていた。そのため、著者らはエロージョン摩耗を適切かつ迅速に疑似可能な水砂噴流摩耗試験機を開発し、コンクリートあるいは補修材料に対する耐摩耗性の迅速な評価を可能にした。

しかし、近年農業水利分野への導入が強く求められているストックマネジメントを実現するには、施設状態の的確な評価および将来的な状態予測が必要であり、そのためには摩耗試験機による摩耗作用が実際の供用何年分に相当するのか（促進倍率）が明らかになっている必要がある。既往の研究における耐摩耗性の評価では各材料間の相対的な評価が主に行われており、摩耗試験機の促進倍率について検討された例は少ない（石田，2007）。摩耗試験による摩耗の進行予測は摩耗試験機の促進倍率が明らかになっていることが前提であり、摩耗試験結果と実構造物における摩耗との相関性を明確にすることが重要である。

そこで本研究では、実際の供用によって摩耗を生じたコンクリート製水路から供試体を採取し、その摩耗試験結果から水砂噴流摩耗試験機の促進倍率について検討した。

2. 実験方法

本研究では、実際の供用によって摩耗を生じた構造物から健全部（気中部）および摩耗部（水中部）の供試体を採取して摩耗試験を行い、供試体を採取した時点までの供用年数と、健全部の供試体が摩耗部の供試体と同等の摩耗状況に達するまでの摩耗時間から促進倍率を求めた。

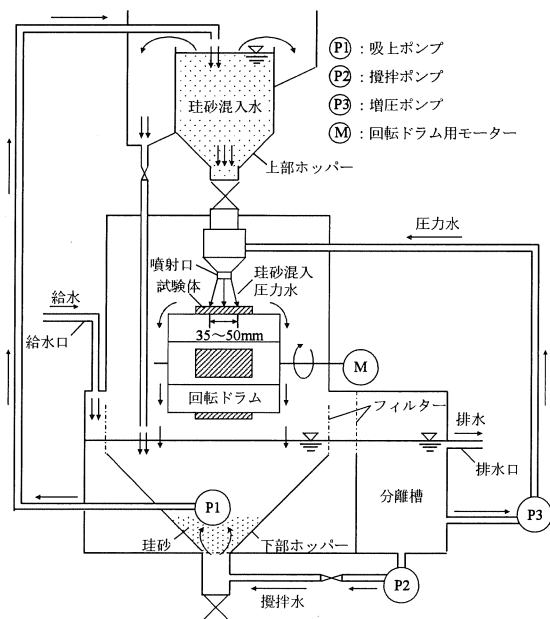


Fig.1 水砂噴流摩耗試験
Abrasion test by the water jet with sand

2.1 摩耗試験の条件および摩耗量の計測方法

開発した水砂噴流摩耗試験機は水に珪砂を混入した状態で供試体へ噴射する機能を有しており、供試体は六角形の回転ドラムに取り付けられた後、上部に設置された噴射口からの珪砂混入圧力水(圧力:約2.0MPa)により約35~50mm幅で摩耗作用を受ける(Fig.1を参照)。本研究では、試験機へ投入する珪砂の量を3l(試験機内水量:280l)、回転ドラムの回転数を30rpmとし、所要の摩耗時間に達するまで摩耗試験を実施した。なお、試験中は1時間毎に試験機内部に付着した珪砂を洗い流して、循環する珪砂の量を一定に保った。

摩耗量の計測は、レーザー変位計(繰り返し精度 $0.5\mu\text{m}$)2体をそれぞれ摩耗深さ方向用および供試体表面並行方向用を使用して行った。供試体表面平行方向へ 0.5mm に1データ以上の測定間隔で供試体表面形状の座標データを取得し、求めた表面形状の経時変化から摩耗量を算出した。本研究で摩耗量の指標として用いたのは、平均摩耗深さおよび表面粗さである。平均摩耗深さは、供試体中央部の $50\text{mm}\times 75\text{mm}$ の範囲において摩耗範囲を横断するように計測長 75mm で計測を行い(10mm間隔、計6測線)、摩耗範囲内における $25\text{mm}\times 50\text{mm}$ 領域の摩耗深さを平均して求めた。表面粗さの計測は、平均摩耗深さの計測方向と直角方向へ計測長 75mm で行った(摩耗範囲の中心線およびその線から左右へ10mm離れた線上において計3測線)。取得したデータ間の距離を供試体表面の凹凸をなぞるように合計し、その値を測点間の直線距離(75mm)で除することによって表面粗さを求めた(Fig.2を参照)。表面粗さは完全な平滑面では1.0を示し、凹凸の程度が激しいほど大きな値を示すことから、表面の凹凸度合いを表す指標として提案されている(石神, 2008)。

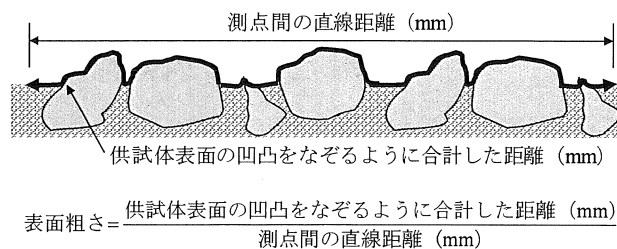


Fig.2 表面粗さの算出方法
Measuring method of unevenness

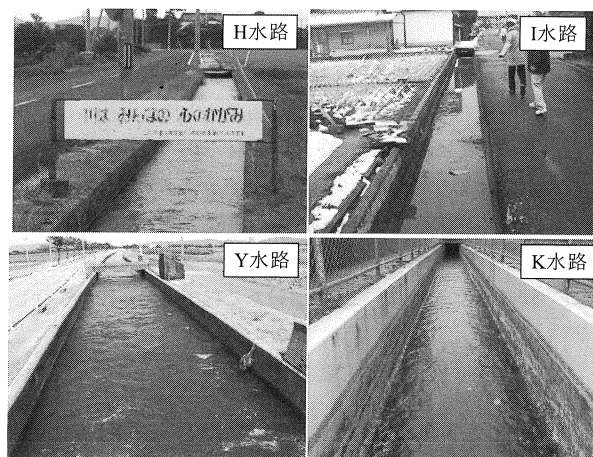


Fig.3 供試体を採取した各水路
Situation of canals

2.2 供試体の概要および実際の供用による摩耗量

摩耗試験に用いた供試体は、実際に供用中のコンクリート水路側壁から採取した健全部(気中部)および摩耗部(水中部)のコンクリートである。摩耗部の供試体は、喫水線以下の範囲において比較的摩耗が進行していた深さから採取した。供試体を採取した水路は、鳥根県で供用中のH水路およびI水路、鳥取県で供用中のY水路、香川県で供用中のK水路の4箇所であり、I水路では健全部3体を、Y水路では健全部3体および摩耗部2体の計5体を、その他の水路では健全部3体および摩耗部3体の計6体を用いて摩耗試験を行った。各水路の状況をFig.3に示す。

次に、水砂噴流摩耗試験機の促進倍率を求めるにあたって必要となる、実際の供用によって生じた摩耗深さの算出方法について述べる。本来、摩耗深さは建設時における初期断面からの断面減少深さとして定義されるものである。しかし、今回供試体を採取したコンクリート水路では建設時の初期断面が不明であったことから真の摩耗深さを求めることが不可能であった。そこで、摩耗面において露出していた粗骨材の頂点部からの深さを基に摩耗深さを算出した。粗骨材頂点部からの深さには建設時に表層部へ存在していたモルタル層の厚さが考慮されていないことから、健全部の摩耗試験において粗骨材が露出し始めた際の摩耗深さを加算することで実際の供用によって生じた摩耗深さとした(Fig.4を参照、以後この方法によって求めた摩耗深さを「頂点法による摩耗深さ D_p 」と称する)。なお、H水路に

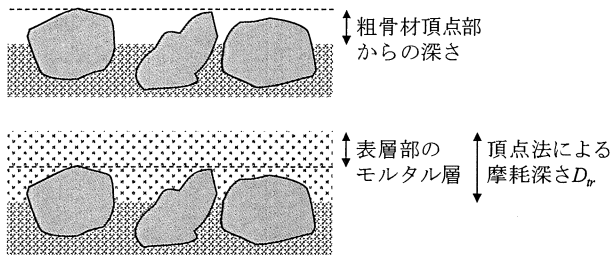


Fig.4 実際の供用によって生じた摩耗深さの算出方法
Measuring method of abrasion depth caused by service

においては健全部から摩耗部までの連続した表面形状を計測することができたため、健全部の壁面を延長した線からの摩耗深さ D_{er} も併せて計測した(以後この方法によって求めた摩耗深さを「延長法による摩耗深さ D_{er} 」と称する)。

また、実際の供用によって生じた表面粗さ U_r は、採取した摩耗部の供試体を「2.1 摩耗試験の条件および摩耗量の計測方法」に示した方法で計測した値である。

3. 結果と考察

3.1 実際の供用による摩耗状況

各水路の詳細および D_{tr} , D_{er} , U_r をTable 1に示す。なお、Table 1の最大粗骨材寸法は、供試体の切断面に存在する粗骨材の寸法から推定した値である。各水路は供用年数が32.0~52.5年と、建設から長期間供用されたものであった。コンクリートの圧縮強度はH水路, Y水路, K水路が27.0~36.8N/mm²と十分な強度を有している一方、I水路は6.79N/mm²と非常に小さい。これは、最大粗骨材寸法40mmの粗骨材を含むコンクリートに対してφ100mmのコアで圧縮試験を行ったため、モルタルと粗骨材の界面破壊が顕著であったこと、およびコンクリートの品質が粗悪であったことなどが可能性として考えられる。また、H水路において D_{tr} と D_{er} が近い値を示していることから、頂点法による摩耗深さの算出方法がある程度の妥当性を有していることが確認された。

各水路において D_{tr} , U_r の値を比較すると、 D_{tr} はI水路で最大値、Y水路で最小値を示しており、 U_r はK水路で最大値、Y水路で最小値を示していることから、K水路およびI水路で比較的摩耗が進行していることを確認できる。K水路で摩耗が進行した理由は、流速が大きいことであると考えられる。また、I水路で摩耗が進行した理由は、先述したように圧縮強度が極端に低いことを考慮すると、コンクリートの品質が粗悪であり耐摩耗性が低かったためと考えられる。一方、Y水路において D_{tr} , U_r の値が最も小さいのは、圧縮強度が36.8N/mm²と最も高いこと、供用年数がさほど長くないこと、流速が小さいために摩耗の進行が緩慢であったことが原因と考えられる。

3.2 水砂噴流摩耗試験機の促進倍率

3.2.1 摩耗深さをを用いた検討

健全部の供試体を用いた摩耗試験における平均摩耗深さ

Table 1 水路の詳細および摩耗部の摩耗状況
Details of canals and abrasion levels of abraded part

	供用年数	圧縮強度 (N/mm ²)	最大粗骨材寸法 (mm)	流速 (m/s)	D_{tr} (mm)	D_{er} (mm)	U_r (mm)
H水路	52.5	27.0	20	0.99	3.65	3.71	1.21
I水路	52.0	6.79	40	0.66	7.33	-	1.24
Y水路	35.5	36.8	15	0.68	3.00	-	1.15
K水路	32.0	34.2	20	1.61	4.40	-	1.28

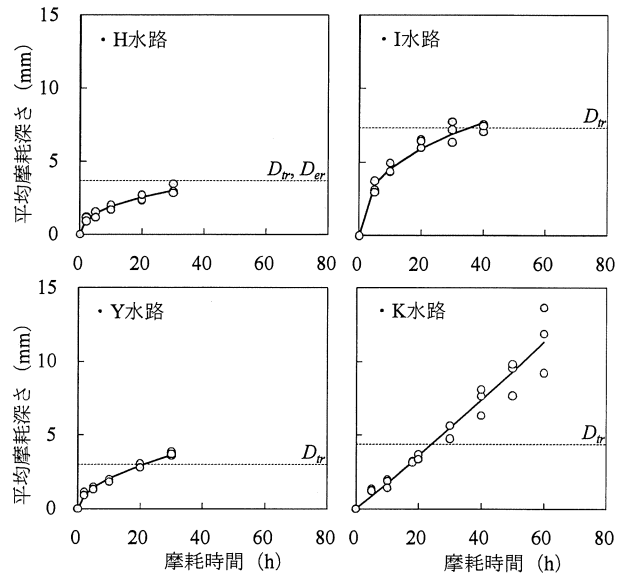


Fig.5 健全部の供試体における平均摩耗深さの経時変化
Progresses of abrasion depth in sound part specimen

の経時変化をFig.5に示す。Fig.5を見ると、H水路, I水路, Y水路では試験開始直後に摩耗深さの増加速度が大きく、その後は徐々に小さくなる傾向が確認された。これは、既往の研究によって報告された傾向(石神ら, 2005)と同様であり、摩耗時間の経過に伴って露出した粗骨材が摩耗の進行を抑制するためと考えられる。

一方、K水路においては摩耗深さの増加が線形に近くっており、他の3水路とは異なった傾向を示している。この原因には、モルタル部の強度と粗骨材の強度が同等であったこと、あるいは供用期間中の環境作用によってコンクリートの品質が低下したことが考えられる。水と接触する環境下に置かれたコンクリートでは、カルシウムの溶脱に伴って空隙の増加や微小圧縮強度の低下など組織構造が脆弱化するという報告(例えば、出口ら, 2000; 橋本ら, 2007)が数多くされている。つまり、本来なら摩耗の進行を抑制する粗骨材がそれを保持するモルタル部の脆弱化によって抜け落ちやすくなり、結果として線形的に摩耗深さが増加したと考えられる。また、乾湿繰り返し作用を受けた場合にセメントペースト部の組織が粗くなるという報告(青野ら, 2006)やK水路の存在する地域においてアルカリ骨材反応による劣化を生じた構造物が多く確認されていることを考慮すると、供用期間中におけるコンクリートの品質低下による影響があったものと考えられる。特に、

Table 2 近似曲線のパラメータおよび促進倍率
(摩耗深さをを用いた場合)

Parameters and acceleration ratios in the case assessing with the abrasion depth

	a	b	D_{tr} あるいは D_{er} に達するまでの摩耗時間 (h)		促進倍率 (year/h)	
			D_{tr} まで	D_{er} まで	D_{tr} を用いた場合	D_{er} を用いた場合
H水路	0.757	0.407	47.7	49.8	1.10	1.05
I水路	1.905	0.379	35.0	-	1.48	-
Y水路	0.601	0.530	20.7	-	1.72	-
K水路	0.156	1.047	24.3	-	1.32	-

アルカリ骨材反応はアルカリシリカゲルの吸水膨張によって骨材粒子内部およびその周辺に微視的なひび割れを多数発生させることから、粗骨材の抜け落ちが生じやすくなったものと考えられる。

次に、Fig.5における摩耗深さの増加傾向を定量的に表して水砂噴流摩耗試験機の促進倍率を明らかにするため、摩耗深さを式(1)に示す累乗関数で近似した。なお、パラメータ a および b の値は、近似値と実測値の誤差2乗和が最小となるように決定した。

$$D_a = at^b \quad (1)$$

ここに、 D_a : 摩耗深さ (mm), t : 摩耗時間 (h), a および b : パラメータである。

各水路におけるパラメータ a , b の値を Table 2 に示す。なお、累乗関数で近似した曲線を Fig.5 に示している。パラメータ b の値を見ると、摩耗深さの増加速度が徐々に小さくなる傾向が見られた H 水路, I 水路, Y 水路では 0.379~0.530 の 1 より小さい値を示し、線形に近い形で増加した K 水路では 1 に近い値を示した。H 水路, I 水路, Y 水路の中で最も小さな値であったのは I 水路であり、摩耗深さの増加速度が大きく逓減することを示している。これは、使用されている粗骨材寸法が大きいことから摩耗面に対する粗骨材の占める割合が多くなり、それに伴って摩耗の進行が抑制されたためだと考えられる。しかし、パラメータ a の値は 1.905 と他の 2 水路と比較して非常に大きく、摩耗深さは結果として最も大きくなっている。I 水路においてパラメータ a の値が大きい理由は、先述したようにコンクリートの品質が粗悪であることなどの影響があると考えられる。

次に、Table 2 に示した D_{tr} あるいは D_{er} に達するまでの摩耗時間と各水路の供用年数を用い、水砂噴流摩耗試験機の促進倍率を式(2)により算出した。算出結果を Table 2 に示す。

$$R_d = \frac{P}{t_{da}} \quad (2)$$

ここに、 R_d : 評価量に摩耗深さをを用いた場合の促進倍率 (year/h), P : 供用年数 (year), t_{da} : D_{tr} あるいは D_{er} に達するまでの摩耗時間 (h) である。

促進倍率は評価量に D_{tr} をを用いた場合で 1.10~1.72year/h, D_{er} をを用いた場合で 1.05year/hであり、水砂噴

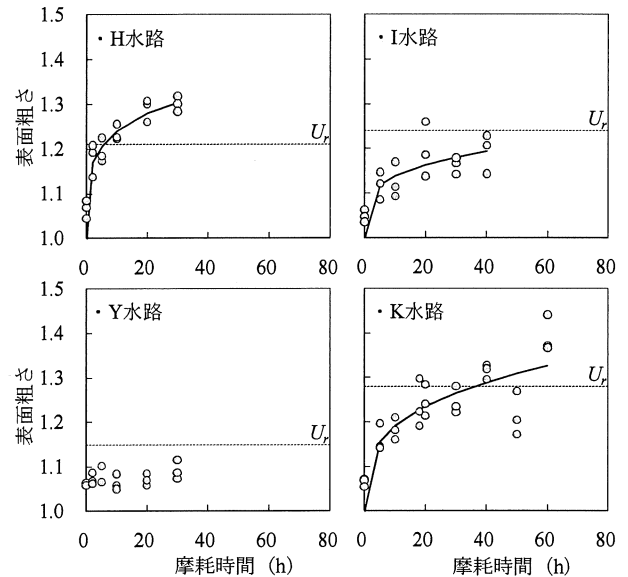


Fig.6 健全部の供試体における表面粗さの経時変化
Progresses of unevenness in sound part specimen

流摩耗試験機は本研究で対象とした各水路において1年~2年程度の供用で受ける摩耗作用を約1時間で疑似可能であることが明らかとなった。ストックマネジメントを実施するにあたり、経済比較の指標には従来のライフサイクルコストから機能保全コストが用いられるようになっており、機能保全コストを算定する際に想定する期間は特段の事情がない限り事業実施工期+40年とされている(杉山, 2008)。すなわち、水砂噴流摩耗試験機を用いれば少なくとも40時間程度の摩耗試験を実施することで、期間中に生じる摩耗を疑似することが可能である。

3.2.2 表面粗さをを用いた検討

健全部の供試体を用いた摩耗試験における表面粗さの経時変化を Fig.6 に示す。Fig.6 を見ると、H 水路, I 水路, K 水路では摩耗深さの結果と同じく試験開始直後に表面粗さの増加速度が大きく、その後は徐々に小さくなる傾向が確認された。これは、摩耗時間が経過するに伴ってモルタル部が逐次消失し、残存した粗骨材との高低差が大きくなることで次第に凹凸が激しくなるためである。一方、Y 水路においては表面粗さの値がほぼ一定の値で推移しており、他の 3 水路とは異なった傾向を示している。摩耗深さの結果 (Fig.5) で摩耗の進行が確認されていることから、Y 水路においては摩耗が進行しても表面粗さが増加しないといった現象が生じており、この原因には最大粗骨材寸法が小さいことが考えられる。つまり、モルタル部において摩耗が進行しても残存した粗骨材との高低差がさほど大きくなり、表面粗さは小さい値のまま推移したと考えられる。

次に、摩耗深さをを用いた検討と同様に Fig.6 における表面粗さの増加傾向を定量的に表し、水砂噴流摩耗試験機の促進倍率を明らかにするため、表面粗さを式(3)で近似した。

$$U_a = at^b \quad (3)$$

ここに、 U_a : 表面粗さ (-), t : 摩耗時間 (h), a および b :

Table 3 近似曲線のパラメータおよび促進倍率
(表面粗さをを用いた場合)

	a	b	U_r に達するまでの 摩耗時間 (h)	U_r を用いた場合の 促進倍率
H水路	0.146	0.217	5.9	8.85
I水路	0.081	0.237	103.0	0.50
Y水路	-	-	-	-
K水路	0.096	0.299	34.3	0.93

パラメータである。

各水路におけるパラメータ a , b の値を **Table 3** に示す。なお、Y水路については表面粗さの値がほぼ一定値で推移し、促進倍率を求めることが不可能であったため考察から除外した。パラメータ b の値を見ると、各水路で 0.217~0.299 と比較的近い値を示していることから、表面粗さは各水路において類似した傾向で増加したことが明らかとなった。また、それらの値は **Table 2** に示した摩耗深さの増加傾向を近似した場合のパラメータ b と比較して小さくなっており、表面粗さの増加速度の減速度合いが摩耗深さの場合よりも大きいことを示している。この理由は、粗骨材が抜け落ちた際に凸部の消失による摩耗面の平滑化が生じ、表面粗さの増加が抑制されたためと考えられる。

次に、**Table 3** に示した U_r に達するまでの摩耗時間と各水路の供用年数を用い、水砂噴流摩耗試験機の促進倍率を式(4)により算出した。算出結果を **Table 3** に示す。

$$R_u = \frac{P}{t_{ua}} \quad (4)$$

ここに、 R_u : 評価量に表面粗さをを用いた場合の促進倍率 (year/h)、 P : 供用年数 (year)、 t_{ua} : U_r に達するまでの摩耗時間 (h) である。

促進倍率はH水路で 8.85year/h、I水路で 0.50year/h、K水路で 0.93year/hであり、H水路で極端に大きな値を示す結果となった。これは、H水路から採取した摩耗部の供試体において粗骨材の抜け落ちが生じて U_r の値が小さくなり、水砂噴流摩耗試験で U_r に達するまでの時間が評価量に摩耗深さをを用いた場合よりも小さく見積もられたためと考えられる。したがって、水砂噴流摩耗試験機の促進倍率は表面粗さをを用いた場合よりも、摩耗深さをを用いた検討で算出された値の方が信頼性が高いと考えられる。

3.3 摩耗の進行予測

算出した促進倍率を摩耗試験結果 (**Fig.5** および **Fig.6**) の摩耗時間へ乗じ、摩耗時間を対応する期間 (year) へ換算することで、各水路の実際の供用条件下における摩耗の進行予測を行った。換算した結果を **Fig.7** および **Fig.8** に示す。なお、**Fig.7** および **Fig.8** では摩耗部の供試体による摩耗試験結果を、供試体採取時における供用年数以降のデータとして扱うことで、より長期的な摩耗の進行予測を行っている。また、Y水路では表面粗さをを用いた促進倍率が算出できなかったため、**Fig.8** の Y水路における表面粗さの進行予測には、摩耗深さを評価量として求めた促進倍率を使

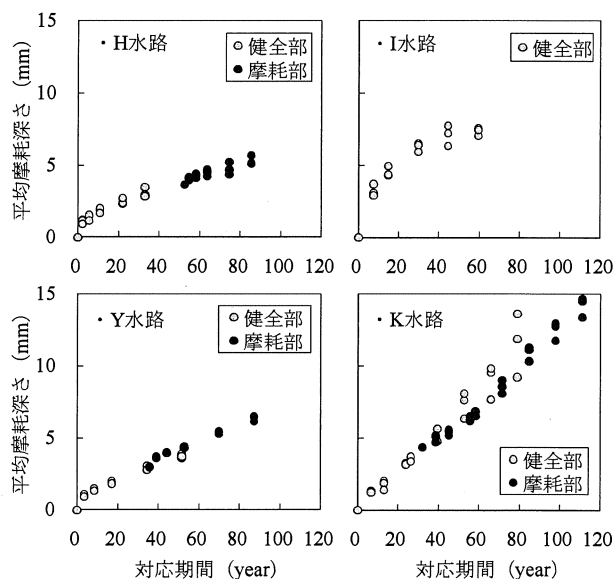


Fig.7 摩耗深さの進行予測
Progress estimations of abrasion depth

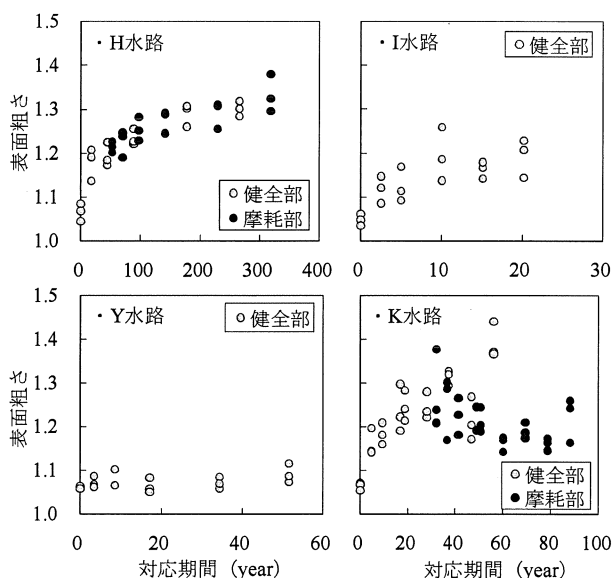


Fig.8 表面粗さの進行予測
Progress estimations of unevenness

用した。**Fig.7** および **Fig.8** を見ると、横軸の値が対応する期間 (year) へと換算されていることから、実際の供用条件下における摩耗の進行を直接的に把握することができる。また、横軸の値が供試体を採取した時点の供用年数よりも大きいデータは、供試体採取時以降に生じる摩耗の進行を示していることから、本研究の手法を用いることで摩耗の進行予測が可能となることが明らかとなった。

ここで、**Fig.7** において摩耗深さの進行を見ると、摩耗深さが対応期間の増加に伴って大きくなっており、供用年数の経過による摩耗の進行を確認できる。機能保全コストを算定する際に想定する期間 (40年) が経過した時点での摩耗深さは、H水路で約4mm、I水路で約7mm、Y水路で約4mm、K水路で約5mmであり、こうした値を参考にして余

寿命予測, 各種対策およびその実施時期の選定, 機能保全コストの算定などを行う必要がある。

次に, Fig.8 で表面粗さの進行を見ると, H水路, I水路, K水路では対応期間の経過に伴って表面粗さが上昇することが確認でき, 促進倍率が非常に大きな値をとったH水路においては約300年後でも表面粗さが上昇傾向にあるといった結果になった。しかし, K水路における結果を見ると, 30~40年が経過した時点からやや減少し, その後は上昇・下降を繰り返しながら1.20付近で推移している。これは, 露出した粗骨材が抜け落ちることによって摩耗面の平滑化が生じたためであり, 粗骨材の抜け落ちが生じる程度まで摩耗が進行した以降の表面粗さは一定の値に収束することが明らかとなった。コンクリートの切断面において粗骨材の占める面積率は, コンクリート表面からの距離が使用した粗骨材の最大寸法を超える距離でほぼ一定になるとの報告(佐藤ら, 2008)があることから, 他の水路においても摩耗深さがその程度まで増加した後, 表面粗さは一定の値に収束すると考えられる。また, 表面粗さが凹凸度合を示す指標であることを考慮すると, Manningの平均流速公式に用いられる粗度係数も最終的には一定の値に収束すると考えられ, その値が通水に不具合を生じないのであれば, 摩耗の進行による表面粗さの上昇は, その水路においては性能上の問題とはならない可能性がある。

4. まとめ

本研究では, 農業水利施設で生じる摩耗の評価手法を確立してストックマネジメントの実現へ寄与するため, 水砂噴流摩耗試験機の促進倍率について検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- (1) 実際に供用中の構造物から採取した供試体の摩耗試験結果から摩耗試験機の促進倍率を明らかにすることで, 当該構造物に対する摩耗の進行予測が可能である。
- (2) 本研究で対象とした各水路に対する水砂噴流摩耗試験機の促進倍率は, 評価量に頂点法による摩耗深さ D_r を用いた場合で1.10~1.72year/h, 延長法による摩耗深さ D_{er} を用いた場合で1.05year/h, 表面粗さ U_r を用いた場合で0.50~8.85year/hであった。
- (3) コンクリートはモルタル部が先行して摩耗するため, 摩耗の進行に伴って表面粗さが上昇する。しかし, ある程度まで摩耗が進行した後は一定の値に収束する。

なお, K水路の摩耗試験結果で摩耗深さの増加傾向が他の水路と異なった理由については明らかにできていない

め, 今後その要因について説明する必要がある。

謝辞: 本研究の遂行にあたり, 多大なるご協力を頂いた島根大学施設機能工学研究室専攻生の井周平氏, 牛尾康二氏, 富山和城氏, 西村強志氏, 溝上辰弥氏, 鎌田雄晃氏, 土屋拓万氏, 宮下朋也氏に深く感謝を致します。また, 論文を執筆するにあたり様々な助言を頂いた島根大学の野中資博教授および鳥取大学の緒方英彦准教授に深謝の意を表します。

引用文献

- 青野義道, 松下文明, 柴田純夫, 浜幸雄(2006): 乾湿繰り返し及ばずコンクリートの耐凍害性への影響とその劣化メカニズムに関する研究, 日本建築学会構造系論文集, **607**, 15-22.
- 出口朗, 増田良一, 斉藤裕司(2000): 約80年間水と接していたコンクリートの変質状態, セメント・コンクリート論文集, **54**, 174-179.
- 橋本勝文, 大即信明, 松土真也, 西田孝弘(2007): モルタルからのCaの溶脱に伴う化学的変質及び物理的変質に関する基礎的研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, **7**, 361-368.
- 堀口敬(1993): コンクリートの摩耗に関する研究の現状, コンクリート工学, **31**(10), 17-25.
- 石田知子(2007): 水理構造物のコンクリートの摩耗評価に関する試験方法の現状, コンクリート工学, **45**(3), 50-54.
- 石神暁郎, 森充広, 渡嘉敷勝, 増川晋(2005): 農業用水路コンクリートに生じる摩耗現象と促進試験方法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, **27**(1), 805-810.
- 石神暁郎(2008): 農業用コンクリート水路における補修工法および工法評価手法に関する研究, 鳥取大学大学院博士論文, 49-92.
- 佐藤周之, 緒方英彦, 野中資博, 服部九二雄(2008): コンクリート水路における骨材露出の評価に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, **30**(1), 699-704.
- 杉田英明, 永松武教, 大和竹史(1986): 小水力ダムコンクリートの耐摩耗性評価に関する一考察, 第8回コンクリート工学年次講演会論文集, 885-888.
- 杉山一弘(2008): 農業水利施設のストックマネジメントのあゆみと今後の展望, 農業農村工学会誌, **79**(3), 11-14.
- 豊福俊英(1990): 炭素繊維補強コンクリートの衝撃・掃流作用に対する摩耗特性, コンクリート工学年次論文報告集, **12**(1), 1245-1250.

[2009. 6. 8.受稿, 2010. 1. 26. 閲読]

[この研究論文に対する公開の質疑あるいは討議(4,000字以内, 農業農村工学会論文集編集委員会あて)は, 2010年10月24日まで受付けます。]

Accelerated Erosion Rate of Concrete by Abrasive Jet

UENO Kazuhiro*, NATSUKA Isamu** and ISHII Masayuki**

* *National Institute for Rural Engineering,*

2-1-6 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8609, JAPAN

** *Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University,*

1060 Nishikawatsu, Matsue, Shimane 690-8504, JAPAN

Abstract

The acceleration ratio of the abrasion tester using water jet with sand was investigated to enable the progress estimation of abrasion which is needed to the asset management. The abrasion test was executed by using specimens taken from the sound part of concrete canals, and the results are compared with the abraded specimens from submerged part of the identical canals. Then, the acceleration ratio was calculated from the service period and the test duration needed to achieve the similar abrasion on the sound specimen. As a result, the acceleration ratio was 1.05-1.72y/h in the case assessing with the abrasion depth, and 0.50-8.85y/h in the case with the unevenness. The progress of abrasion could be estimated by using the calculated acceleration ratio. Moreover, it was confirmed that the unevenness converged at constant value while the abrasion depth kept increasing with service period.

Key words : *Abrasion test, Acceleration ratio, Abrasion depth, Unevenness, Progress forecast of abrasion*