

水砂噴流摩耗試験機の試作とその性能評価

長東 勇* 上野和広** 渡嘉敷 勝** 石井将幸*

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

** 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

要 旨

水利コンクリート構造物の劣化現象の一つとして、コンクリート材料のモルタル分が選択的に切削される摩耗がある。このコンクリートの選択的摩耗の進行予測手法や補修材料の流水環境下における耐摩耗性の評価手法の開発を目的として、砂を含む水の噴流によるすり磨きおよび衝撃による摩耗作用を擬似した摩耗試験機を試作した。本試作試験機、これまで多用されているテーバー式摩耗試験機、水流摩耗試験機を用いて、コンクリート、ポリマーセメントモルタル、複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料の各試験体についての比較摩耗試験を行った。その結果、試作試験機は比較的短時間で選択的摩耗を再現でき、補修材料の流水環境下における耐摩耗性を評価できることが明らかになった。

キーワード：摩耗，コンクリート，補修材料，テーバー式摩耗試験，水流摩耗試験

1. はじめに

水利施設のストックマネジメントを進める上においては、水利施設を主として構成しているコンクリート構造物の耐久性確保が重要な課題となる。コンクリート構造物の耐久性を損なう劣化要因には、中性化、塩害、アルカリ骨材反応、風化・老化などが考えられ、このうち、風化・老化に分類される現象の一つとして摩耗が挙げられる(石田, 2007)。種々の形態の摩耗の中でも、流水環境下で供用される水利コンクリート構造物の摩耗は、比較的流速が速い場合はキャビテーションが主となり、比較的流速が遅い場合は流水および混入土砂の流れ作用によるエロージョンが主となるというように、複合的に作用して生じるものである(ACI Committee 201, 1990)とされている。複合材料であ

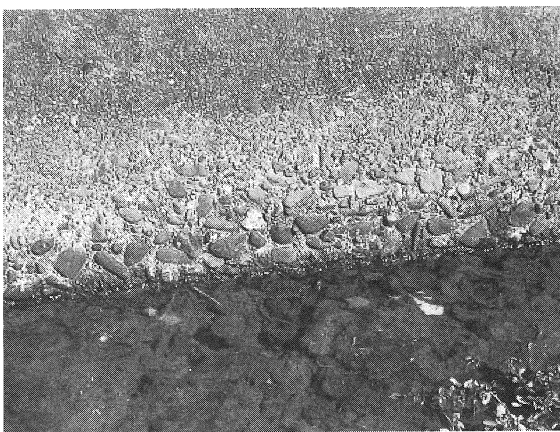


Fig.1 水路壁に発生した選択的摩耗
Abrasion in concrete canal

るコンクリートに主としてエロージョンが作用すると、表面から順次、比較的脆弱なモルタル分が選択的に切削(以降、選択的摩耗と呼ぶ。Fig.1を参照)され、その結果、躯体断面およびかぶりの減少が生じ、加えて粗度の悪化が懸念される。そのため、この摩耗に対する補修工法として断面修復工法や表面被覆工法などを採用して、所要の断面、かぶり、表面の平滑性を確保することが各地で進められている。その際、補修工法に採用する補修材料には、それまでと同様の流水環境下に曝されることから摩耗に関する抵抗性が要求され、採用に当たっては事前に耐摩耗性の評価が必要となっている。

こうした背景を受け、著者らは既に、選択的摩耗現象を再現できることを目的とした高圧水流による摩耗促進試験装置(以降、水流摩耗試験機と呼ぶ)およびその方法を開発している(森ら, 2007)。また、この水流摩耗試験機を用いて、水セメント比の異なるコンクリートの摩耗特性とコンクリート表面に含浸材を塗布することによる耐摩耗性向上効果(石神ら, 2005)、コンクリート水路における断面修復材の耐摩耗性評価(石神ら, 2006)、モルタルおよびペーストの摩耗特性(渡嘉敷ら, 2006)を明らかにしている。しかし、この試験機を用いた摩耗の進展には長時間を要することから試験時間の大幅な短縮が望まれること、実際に水路などの水利施設を流れる流水中には砂やごみなどの異物(固体)が混入していることが多く、特に施設の摩耗を促進させる要因の一つは流水中に混入して流れる砂であると考えられることなどから、試験装置、試験方法の再検討が必要と考えられた。

そこで、筆者らは新たに、流水、混入土砂によるすり磨きおよび衝撃による摩耗作用の擬似を目指した摩耗試験機(以降、水砂噴流摩耗試験機と呼ぶ)を試作した(長東ら、

2007). この水砂噴流摩耗試験機は、回転ドラムに取り付けられた試験体を回転させながら、試験体に高圧ポンプによる珪砂混入圧力水を所定の時間だけ噴射し、噴射終了後に試験体の摩耗度合いを判定するものである。噴射された珪砂混入圧力水は、回収して再利用する。その結果、材料がコンクリートであれば、相対的に脆弱なモルタル分が選択的に摩耗する摩耗特性が評価できると考えられる。

本研究では、試作した水砂噴流摩耗試験機、これまで多用されているテーバー式摩耗試験機、水流摩耗試験機の性能特性を比較するため、コンクリート、ポリマーセメントモルタル (PCM)、複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 (HPFRCC) の共通試験体について、3 種の摩耗試験機による摩耗試験を行った。本論は、各摩耗試験結果の比較に基づいて、試作した水砂噴流摩耗試験機の性能評価を論じたものである。

2. 比較した摩耗試験機

2.1 テーバー式摩耗試験機

建設材料などの耐摩耗性については、種々の摩耗機構に対応した摩耗促進試験方法が規定されている。その中でも Fig.2 に示すテーバー式摩耗試験機を用いた方法は、プラスチック (JIS K 7204「プラスチック—摩耗輪による摩耗試験方法」)、塗料 (JIS K 5600-5-9「塗料一般試験方法—塗膜の機械的性質—耐摩耗性 (摩耗輪法)」)、建築材料 (JIS A 1453「建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法 (研摩紙法)」) の試験方法として多用されており、水利施設の補修工法に使用される材料の評価方法としても利用されている。例えば、2007 年度に A 農政局管内で発注された水路工事に係る特別仕様書において、水路表面被覆補修工法に使用される材料の耐久性は、JIS K 7204 に規格化された摩耗輪による摩耗試験での摩耗量が 1,000 回転で 10g 以下であることが性能照査基準値として規定されている。また、用水路などの表面補修材料の長期耐久性を評価する促進劣化試験方法の一環として、テーバー式摩耗試験による摩耗量から耐摩

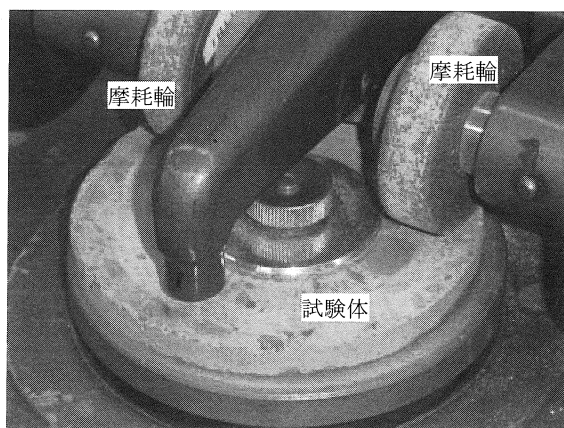


Fig.2 テーバー式摩耗試験機
Taber type abrasion tester

耗性を評価した報告 (鍋島・小林, 2008) も見られる。

しかし、この試験方法は、コンクリートよりも硬質な材料を摩擦摺動させることにより、試験体を表面から均一に摩耗させるものである。したがって、試験体は、コンクリート中のモルタルと粗骨材が面的かつ均一に摩耗する。一方、前述したように、水利コンクリート構造物にみられる選択的摩耗は、通水表面においてモルタル部が選択的に切削され、粗骨材のみが残存し露出する摩耗である。したがって、このテーバー式摩耗試験機を用いた方法では、水利コンクリート構造物に発生している摩耗状況を再現しておらず、流水環境下で供用される水利コンクリート構造物の摩耗進行予測、補修工法に採用される補修材料の耐摩耗性評価は困難ではないかと考えられる。

2.2 水流摩耗試験機

流水および固体によって摩耗作用を与える摩耗試験には、奥田式すりへり試験機 (例えば、中川ら, 2005) や、掃流式摩耗試験機 (例えば、遠藤・岡島, 2006) が用いられている。奥田式すりへり試験機は、試験体を取り付けた六角柱型内に鋼製ロッド ($\phi 19\text{mm} \times 40\text{mm}$) を 21 個入れた状態で回転させ、試験体内面にロッドによる衝撃力を与えるものである。しかし、鋼製ロッドの大きさが流水中に混入する砂と比較して非常に大きいことから、コンクリート中のモルタル部分が選択的に切削されるといった水利コンクリート構造物の摩耗形態を十分に疑似することは難しいと考えられる。

一方、掃流式摩耗試験方法は、中空半円形の環状試験体 (内径 130mm, 外径 250mm, 幅 100mm) を用いて、試験体の内側に粒径 1.2~2.5mm の砂 2kg および水で満たし、試験体中心軸と回転軸を同一にするスクリューで攪拌回転 (回転数 1,440rpm) されることにより、流速約 9m/s の掃流作用を与え、単位摩耗量を求めるものである。しかし、この試験方法では、試験体形状が上記のように中空半円形と特殊であるため、摩耗深さを直接的に計測することが困難であること、実物構造物から採取した試験体の試験が困難であること、などの問題がある。

そこで、筆者らは試験体に水噴流を衝突させることにより流水によるエロージョンを促進して模擬する水流摩耗試験を提案し、種々材料の摩耗試験を実施してきた。水流摩耗試験機の概要を Fig.3 に示す。本試験機は、試験体を取り付ける本体と水噴流を発生させる吐出装置により構成される。本体は、試験体 6 個を設置可能な回転ドラムとドラムを回転させる駆動モーターで構成される。駆動モーターの回転を制御することにより、ドラムを一定速度で回転させることが可能である。吐出装置は、プランジャポンプ、耐圧ホース、ノズルより構成される。使用水は水道水で、プランジャポンプにより加圧された後、耐圧ホースを経て本体の回転ドラム中心部に設置されたノズルより試験体に噴射される。水噴流は、Fig.3 の④に示すように円錐状に広がり、試験体表面に衝突する。

本水流摩耗試験機の吐出圧力は、試験機開発の当初は最

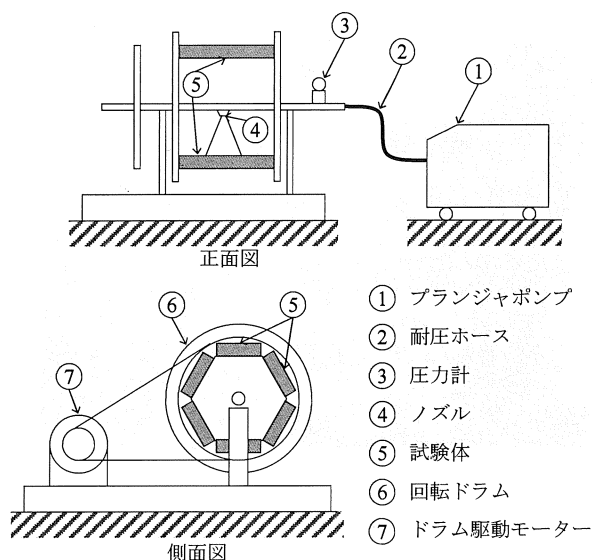


Fig.3 水流摩耗試験 (渡嘉敷ら, 2008)
Water jet abrasion test

大 4.9MPa であった。この吐出圧力条件でモルタル試験体 (W/C : 50%, S/C : 3.0, σ_{28} : 39.1N/mm²) の摩耗試験を行ったところ、672 時間 (28 日) 後の平均摩耗深さは 5mm 程度であった。試験後の試験体の摩耗状況は水利構造物での選択的摩耗状況を再現していた。しかし、コンクリート水路などの摩耗の進行を予測する試験方法としては、試験時間の大幅な短縮が望まれた。なお、その後、吐出圧力を最大 20MPa とする水流摩耗試験機が開発されている (渡嘉敷ら, 2008)。

3. 水砂噴流摩耗試験機の試作

3.1 試験装置

石神らは、流水環境下における摩耗を擬似する摩耗試験機が具備する条件として、①モルタル部のみ選択的に切削させることができること、②摩耗させる材料はコンクリートよりも硬質でないこと、③水を利用した試験方法であること、の三つを示している (石神ら, 2005)。また、湿潤状態にあるコンクリートは乾燥状態にあるものよりも耐摩耗性が劣るといった報告 (近藤ら, 1988 : 齊藤ら, 1989) があることから、コンクリートの乾湿状態が摩耗性状に大きく影響する可能性がある。これらのことから、水利施設における摩耗状況を擬似するには水を利用した摩耗試験を実施することが重要と考えられる。しかし、前述したように、5MPa 程度の圧力水のみによる摩耗作用では迅速に摩耗を生じさせることが困難であったため、水中に珪砂を混入した状態で試験体へ噴射できる水砂噴流摩耗試験機を新たに試作した。珪砂は流下する農業用水に含まれる土砂などと同等のものであることから、水砂噴流摩耗試験機による摩耗作用は水利施設における摩耗作用を疑似できると考えられる。

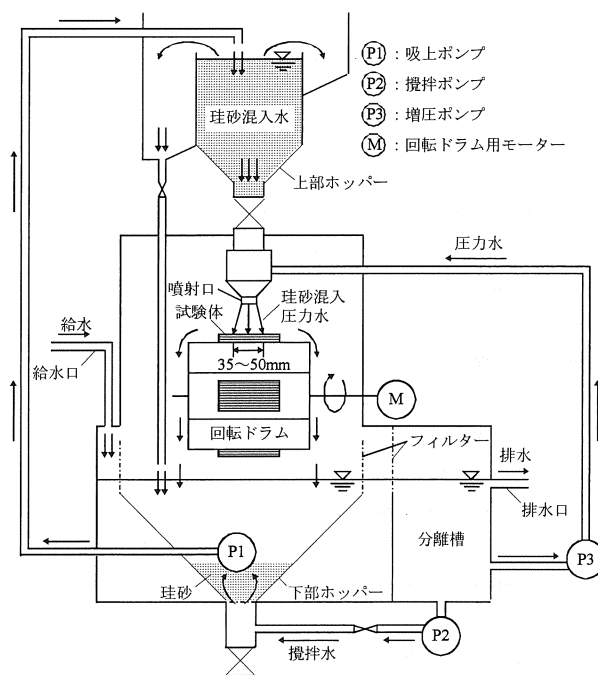


Fig.4 水砂噴流摩耗試験
Abrasion test by the water jet with sand

水砂噴流摩耗試験の概要を Fig.4 に示す。水砂噴流摩耗試験機は、珪砂が混入した水を試験体へ向けて噴射するための攪拌ポンプ、吸上ポンプ、増圧ポンプ、噴射口、および試験体へ均等に摩耗作用を与えさせるための回転ドラムで構成される。試験機は上部・下部ホッパーと分離槽に分割されており、下部ホッパーに投入された珪砂 (粒径 0.61~1.18mm : フィルターを通過しないように 4 号珪砂から 0.6mm 以下の細粒分を除去) は攪拌ポンプから供給される攪拌水によって下部ホッパー内で水と混合された状態 (珪砂混入水) となる。珪砂混入水は吸上ポンプによって上部ホッパーへ吸上げられて、噴射口へと供給される。噴射口では上部ホッパーから流下する珪砂混入水と増圧ポンプから供給される圧力水が混合され、珪砂混入圧力水 (圧力約 2.0MPa, 水量約 89l/min) が回転ドラム上の試験体へ約 35~50mm 幅で噴射される。摩耗幅を上記の値にした理由は、一般的に用いられる粗骨材の寸法以上の範囲へ摩耗作用を与えるためである。回転ドラムは 6 面体にしたことから、同時に 6 試験体の試験を行うことが可能である。なお、試験体の標準寸法は 195×145×38mm であり、噴射口から回転ドラムまでの距離は 130mm である。

噴射口からの珪砂混入圧力水、上部ホッパーを越流した珪砂混入水、攪拌ポンプから供給される攪拌水はいずれも下部ホッパー内に流入する。流入した珪砂および水は下部ホッパーの上方に設置されているフィルター (金網) によって分離され、珪砂は下部ホッパー内に残存し、水は下部ホッパー外へ排出されて分離槽へ流入する。ただし、試験機内の水を試験中に循環利用することにより水温が上昇するため、試験中に外部から注水して試験機内水

温の上昇を抑制できる給水口を設置した。なお、注水によって増加した試験機内の水量は排水口からオーバーフローすることによって排出されるため、試験機内の水位は一定に保たれる。

3.2 試験条件および摩耗量の計測方法

試験条件について、試験機へ投入する珪砂は 3I (試験機内水量 280l)、回転ドラムの回転数は 30rpm とし、所要の摩耗時間に達するまで試験を継続した。なお、試験中は 1 時間毎に試験機を停止させて試験機内部に付着した珪砂を洗い流し、また、5 時間おきに珪砂を全量入れ替えて、循環する珪砂の質や量が一定になるように努めた。

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に使用し、供試体中央部である Fig.5 の斜線部分および格子部分の範囲 ($50\text{mm}\times 75\text{mm}$) において試験体短辺方向へ 10mm 間隔(計 6 測線)で行った (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)。計測した摩耗面の表面形状の経時変化から摩耗量を算出した。本論で摩耗量として用いた指標は、摩耗体積および平均摩耗深さである。摩耗体積は計測範囲内 (Fig.5 の斜線部分および格子部分の範囲) において消失した試験体の体積を式 (1)、(2) により算出した。また、平均摩耗深さは摩耗範囲内における $25\text{mm}\times 50\text{mm}$ 領域 (Fig.5 の格子部分) の摩耗深さを平均したものである。

$$V = \sum_{i=2}^6 \left(\frac{A_{i-1} + A_i}{2} \times 10 \right) \quad (1)$$

$$A = \sum_{j=2}^n \left[\frac{(y_{j-1} + y_j)}{2} \times (x_j - x_{j-1}) \right] \quad (2)$$

ここに、 V : 摩耗体積 (mm^3)、 A : 1 本の測線上における摩耗断面積 (mm^2)、 i : 測線番号、 y : 摩耗深さ (mm)、 x : 横位置 (mm)、 j : 測定開始時から数えたデータの番号、 n : データの個数、である。なお、 x の基準点は計測開始点であり、 y の基準面は計測開始点と計測終了点を直線で結んだ面である。

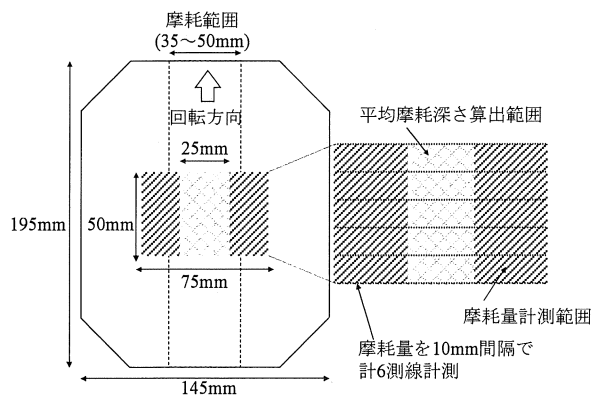


Fig.5 摩耗量の計測範囲
Measurement range

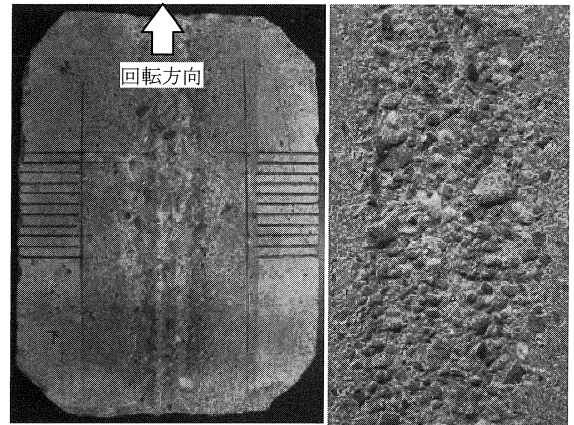


Fig.6 水砂噴流摩耗試験機による摩耗状況
Abrasion of concrete board by the water jet with sand

4. 試作試験機の性能評価

4.1 選択的摩耗の再現性

試作した水砂噴流摩耗試験機による摩耗状況を確認するため、市販のコンクリート板(設計基準強度 $40\text{N}/\text{mm}^2$ 、水セメント比 47%) を用いて予備試験を行ったところ、Fig.6 のような摩耗状況を示した。摩耗作用を受けた範囲ではモルタル部が先行して摩耗されて粗骨材が露出しており、水利コンクリート構造物特有の選択的摩耗状況を示していることから、水砂噴流摩耗試験機は珪砂混入圧力水を噴射することで流水および混入土砂による摩耗を適切に擬似可能であると考えられた。

4.2 水砂噴流摩耗試験の摩耗作用

予備試験により、水砂噴流摩耗試験機を選択的摩耗の再現性を確認した。しかし、その摩耗が珪砂によるすり磨きおよび衝撃作用によるものか、高速水流によるキャビテーションによるものかは明らかではない。そこで、水砂噴流摩耗試験機へ珪砂を投入せずに水噴流のみで摩耗作用を与えた場合と珪砂を投入した通常の水砂噴流摩耗試験の場合を比較した。試験体には PCM (水粉体比 16.5%) および HPRCC (Table 1 に配合を示す) をそれぞれ 3 体ずつ用意し、摩耗試験時間が 20 時間に達するまで実施した。

Fig.7 に、水噴流のみによる摩耗試験結果を水砂噴流摩耗試験結果に併せて示す。なお、この比較における摩耗量の指標は、平均摩耗深さである。水砂噴流摩耗試験結果を見ると、PCM および HPRCC は摩耗時間の経過に伴って摩耗深さが大きくなっており、両試験体が水砂噴流摩耗試験機によって摩耗を生じたことを確認できる。一方、珪砂を

Table 1 HPRCC の配合
Mix proportion of HPRCC

水結合材比 W/B (%)	砂結合材比 S/B (%)	単位水量 W (kg/m^3)	繊維体積率 V_f (%)
32.0	41.3	360.0	2.0

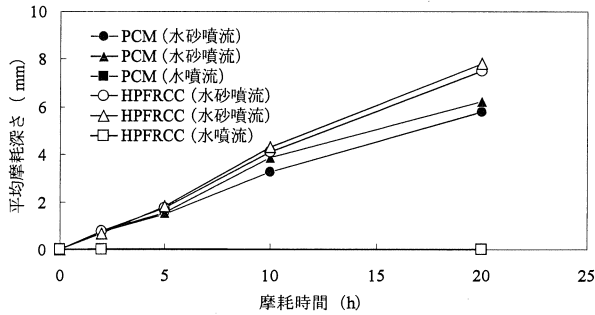


Fig.7 珪砂の有無による摩耗試験結果
Influence by presence of sand

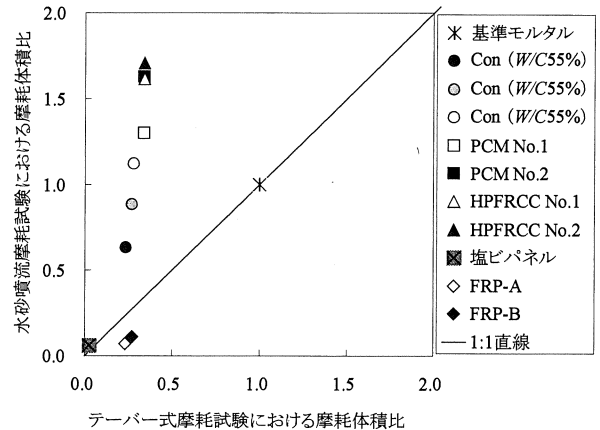


Fig.8 テーバー式摩耗試験と水砂噴流摩耗試験の比較
Comparing of two kinds abrasion tests

投入せずに水噴流のみで摩耗作用を与えた結果を見ると、両試験体の摩耗深さは水砂噴流摩耗試験と比較して極めて小さい。水噴流のみによる摩耗深さが20時間経過後においてもほぼ0.0mmで推移していることから、水砂噴流摩耗試験機の噴射圧力2.0MPaではキャビテーションによる摩耗作用は生じておらず、水砂噴流摩耗試験機の摩耗作用は珪砂によるすり磨きおよび衝撃作用が支配的であると考えられる。このことから、水砂噴流摩耗試験機はキャビテーションが生じない比較的流速の遅い流水環境下に置かれる構造物、例えば最大流速が3m/sとされる開水路（農林水産省農村振興局，2001）などに対する耐摩耗性評価を適切に行えると考えられる。

4.3 テーバー式摩耗試験との比較

テーバー式摩耗試験機を用いた試験方法は、簡便にかつ迅速に試験結果が得られる方法である。したがって、摩耗の機構が流水環境下における摩耗と異なっても、この試験の結果として得られる摩耗量がコンクリートや補修材料の流水環境下における摩耗量と何らかの相関性があれば、耐摩耗性の指標を得る方法として積極的に活用すべき有益な方法と考えられる。そこで、テーバー式摩耗試験機と水砂噴流摩耗試験機を用いて同一の試験体に対する摩耗試験を実施し、試験体に生じた摩耗量を比較することによって、テーバー式摩耗試験の結果が流水環境下における耐摩耗性の評価に活用できるか否かを検討した。

本検討において、試験体間の相対的な耐摩耗性を比較する指標は、摩耗体積比である。摩耗体積比とは、各種材料の摩耗体積を標準試験体とした基準モルタルの摩耗体積で除して正規化した値であり、試験条件が異なる両試験結果

を比較するために採用した。摩耗体積比が両試験結果で等しくなれば、基準モルタルに対する相対的な耐摩耗性が両摩耗試験で同じということになり、テーバー式摩耗試験の結果を用いて流水環境下における耐摩耗性を評価できると考えられる。なお、検討に用いた試験体は基準モルタル（セメント，細骨材，水の重量比1:3:0.5で材齢28日以上）、コンクリート（W/C55%，W/C60%，W/C65%：Table 2に配合を示す）、PCM，HPFRCC，塩ビパネル，FRP（2種類のFRP-A，FRP-B）であり、テーバー式摩耗試験で用いた摩耗輪の種類はH-22（極めて粗い）、回転円板の回転速度は60rpm、追加質量は9.8Nである。両試験の比較にはテーバー式摩耗試験1,000回転後と水砂噴流摩耗試験10時間後の摩耗体積を用いた。この理由は、テーバー式摩耗試験で耐摩耗性を評価する際に1,000回転後のデータが多く用いられていること、および水砂噴流摩耗試験10時間後においてモルタル部分が選択的に切削される表面状況が疑似されたためである。

テーバー式摩耗試験と水砂噴流摩耗試験における摩耗体積比の関係をFig.8に示す。図において1:1直線上にプロットされた場合、両試験における耐摩耗性の評価は同じとなる。しかし、コンクリート、PCM、HPFRCCの試験結果はいずれも1:1直線から大きく外れてプロットされており、両試験において異なった評価となることを示している。W/C55%のコンクリートを例にとると、テーバー式摩耗試験では基準モルタルに対して約0.24倍の摩耗体積しか生じないにも拘らず、水砂噴流摩耗試験では基準モルタルの約0.63倍の摩耗体積を生じると評価される。すなわち、テーバー式摩耗試験でW/C55%のコンクリートを評価した場合、耐摩耗性を相対的に過大評価することになる。なお、コンクリートの場合、W/Cが大きいほど、耐摩耗性をより相対的に過大評価することになる。さらに、PCMやHPFRCCについては、テーバー式摩耗試験では基準モルタルよりも耐摩耗性は大いに優れると評価されるにも拘わらず、水砂噴流摩耗試験では基準モルタルよりも耐摩耗性は

Table 2 コンクリートの配合
Mix proportion of concrete

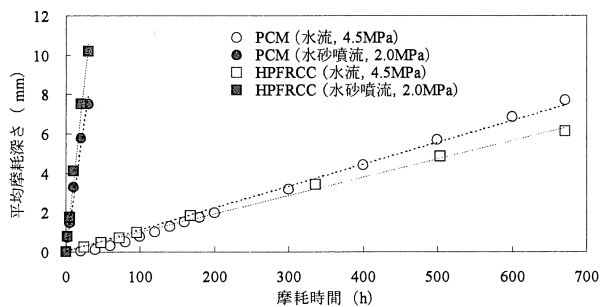
W/C	セメント	水	粗骨材		細骨材
			Gmax:15mm	Gmax:25mm	
55%	325.8	179.2	429.2	429.2	888.7
60%	298.7	179.2	425.7	425.7	917.8
65%	275.7	179.2	421.2	421.2	945.4

単位量：kg/m³

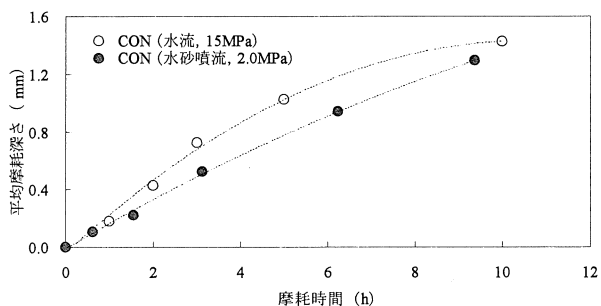
明確に劣ると評価され、全く逆の評価となる。したがって、テーバー式摩耗試験は、コンクリートやセメント系の補修材料の流水環境下における摩耗の評価方法として適切でないと考えられる。

4.4 水流摩耗試験との比較

水流摩耗試験機を用いた各種材料の摩耗試験結果は、既に全国各地で使用されている補修材料の耐摩耗性評価の指標として活用されている。したがって、水砂噴流摩耗試験の結果が水流摩耗試験の結果と対比できれば、相互に試験結果情報を交換でき有益と考えられる。そこで、コンクリート(W/C50%)、PCM、HPFRCCの共通試験体について、両摩耗試験機による比較試験を行った。Fig.9(a)は、吐出圧力4.5MPaの水流摩耗試験機と水砂噴流摩耗試験機を用いたPCMとHPFRCCの共通試験体の平均摩耗深さを示したものである。水流摩耗試験機の吐出圧力が4.5MPaであれば、水砂噴流摩耗試験での摩耗速度(摩耗深さの増加速度)は、PCMの場合は約25倍、HPFRCCの場合は約38倍となっている。両材料を用いた場合で摩耗速度が異なる理由は明らかでない。しかし、珪砂によるすり磨きおよび衝撃摩耗作用に対する抵抗性が両材料で異なることが原因と考えられる。また、Fig.9(b)は、吐出圧力15MPaの水流摩耗試験機と水砂噴流摩耗試験機を用いたコンクリートの共通試験体の平均摩耗深さを示したものである。水流摩耗試験機の吐出圧力が15MPaであれば、摩耗速度は水砂噴流摩耗試験機の方がやや小さい。



(a) PCM, HPFRCC



(b) コンクリート

Fig.9 水流摩耗試験と水砂噴流摩耗試験の比較
Influence by presence of sand and discharge pressure

5. まとめ

本論により得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 試作した水砂噴流摩耗試験機による摩耗状況は水利コンクリート構造物特有の選択的摩耗状況を示していることから、流水および混入土砂による摩耗を適切に擬似可能である。
- (2) 水砂噴流摩耗試験機の噴射圧力 2.0MPa ではキャビテーションによる摩耗作用は生じず、試験機の摩耗作用は珪砂によるすり磨きおよび衝撃作用が支配的である。
- (3) テーバー式摩耗試験で流水環境下におけるコンクリートの耐摩耗性を評価すると、相対的に過大評価することになる。特に、W/C が大きいほど、耐摩耗性をより過大評価することになる。また、PCM や HPFRCC については、基準モルタルに比較して、テーバー式摩耗試験では耐摩耗性に大いに優れる、一方、水砂噴流摩耗試験では耐摩耗性は明確に劣る、と全く逆の評価となる。したがって、テーバー式摩耗試験は、コンクリートやセメント系の補修材料の流水環境下における摩耗の評価方法として適切でない。
- (4) 水流摩耗試験機の吐出圧力が 4.5MPa であれば、水砂噴流摩耗試験での摩耗速度は、PCM の場合は約 25 倍、HPFRCC の場合は約 38 倍である。また、吐出圧力が 15MPa であれば、水砂噴流摩耗試験での摩耗速度はやや小さい。

以上のように、試作した水砂噴流摩耗試験機は水利コンクリート構造物に特有な選択的摩耗を疑似可能であり、また、その摩耗速度は既存の水流摩耗試験機と比較して非常に速いことが確認された。これにより、水利施設および各種補修工法の耐摩耗性評価が可能となり、ストックマネジメントの実現へ貢献できると考えられる。しかし、現時点における耐摩耗性の評価は各材料間の相対的なものであり、摩耗試験機による摩耗作用が実際の供用何年に相当するのか(促進倍率)は明らかになっていない。ストックマネジメントをより精度の高いものとするためには、摩耗試験結果から摩耗進行の将来予測が行えることが必要であり、実際の供用環境下における摩耗作用と摩耗試験機による摩耗作用を比較して促進倍率を解明することが今後求められる。

引用文献

- ACI Committee 201 (1990) : Guide to Durable Concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, American Concrete Institute, Detroit, MI, 201.2 R-77.
- 遠藤 勉, 岡島尚司 (2006) : アスファルト混合物の水路補修材への適用 (第2報), 電力土木, **321**, 20-24.
- 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, 渡嘉敷 勝, 森 充広, 増川 晋 (2006) : 農業用コンクリート水路における断面修復材の耐摩耗性評価, コンクリート工学年次論文集, **28**(1), 1739-1744.
- 近藤吉信, 小柳 治, 六郷恵哲, 河合 敦 (1988) : コンクリートの耐衝撃摩耗特性及ばす各種要因の影響, コンクリート工学年次論文報告集, **10**(2), 463-468.
- 森 充広, 渡嘉敷 勝, 長束 勇, 石村英明, 石神暁郎 (2007) : 摩耗試験装置およびその方法, 特許第 3924599 号, 2007.3.9.
- 鍋島益弘, 小林 晃 (2008) : 用水路等の表面補修材料の長期耐久性を評価する促進劣化試験方法の提案, 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 404-405.
- 中川武志, 黒田 萌, 犬飼利嗣, 山本 晃, 三島直生, 畑中重光 (2005) : 奥田式すりへり試験によるポーラスコンクリートの剥脱耐性評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), 553-554.
- 長束 勇, 工藤章光, 横島康弘, 青木啓之 (2007) : 摩耗試験方法及び摩耗試験装置, 特願 2008-094455, 2007.1.12.
- 農林水産省農村振興局 (2001) : 土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」技術書, 152-167.
- 齊藤保則, 小柳 治, 六郷恵哲 (1989) : コンクリートの衝撃摩耗におよぼす乾湿条件および衝撃角度について, コンクリート工学年次論文報告集, **11**(1), 265-270.
- 渡嘉敷 勝, 石神暁郎, 森 充広, 増川 晋 (2006) : 水流摩耗試験機を用いたモルタルおよびペーストの摩耗試験, コンクリート工学年次論文集, **28**(1), 695-700.
- 渡嘉敷 勝, 森 充広, 中矢哲郎, 森 丈久 (2008) : 水流摩耗試験における吐出圧力および回転速度が摩耗性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, **30**(1), 705-710.
- [2009. 5. 29. 受稿, 2010. 1. 21. 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編集委員会あて)は, 2010年10月24日まで受け付けます.]

Development and Performance Evaluation of Abrasion Tester Using Water Jet with Sand

NATSUMA Isamu*, UENO Kazuhiro**, TOKASHIKI Masaru**, ISHII Masayuki*

* Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University,
1060 Nishikawatsu, Matsue, Shimane 690-8504, JAPAN

** National Institute for Rural Engineering, 2-1-6 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8609, JAPAN

Abstract

In concrete structures used for irrigation and drainage, there occurs a kind of deterioration that mortar in concrete matrix is abraded selectively. To estimate the progress of such abrasion and evaluate the resistivity to abrasion of repair material, a prototype of abrasion tester was developed. It sprays water including sand to specimens. In this research, the comparative tests between this prototype, Taber type abrasion tester and Water jet abrasion tester were executed using the specimens of concrete, Polymer Cement Mortar and High Performance Fiber Reinforced Cement Composite. As a result, it was clarified that the prototype can simulate the selective abrasion more quickly than existing method. Therefore, this prototype can be used to evaluate the resistivity to abrasion of repair material.

Key words : Abrasion, Concrete, Repair Material, Taber Type Abrasion Test, Water Jet Abrasion Test