

ウォータージェットの高スル形状とコンクリートの表面処理能力に関する検討

前橋工科大学 ○学生会員 須田 俊輔
前橋工科大学 正会員 岡村 雄樹
前橋工科大学 正会員 舌間 孝一郎

1. はじめに

現在、ウォータージェット(以下、WJ)技術はコンクリート構造物の補修・補強工事等での需要が高まってきている。しかし、WJの施工能力を左右する主要因であるノズル性能とコンクリートの表面除去能力の相関は不明確であり、現場技術者の判断に委ねられているのが現状である。

本報告では、ノズル形状がコンクリートの表面処理能力に及ぼす影響について検討した結果を示した。具体的には、WJによるステンレス板壊食試験のノズル性能の良否判定に基づき、その判定とコンクリート表面処理能力との相関性について考察した。

2. 実験概要

ステンレス板壊食試験において、WJ噴射条件(整流器や整流パイプの効果やスタンドオフ距離)にいくつかのパターンを設け、ノズル性能の良否判定を行う。その結果から、相対的に良・標準・悪の3つのWJ処理条件をサンプルとして抽出し、実際にコンクリートおよびモルタル掘削にも同様の性能判定が得られるかを比較・考察した。

2.1 ステンレス板壊食試験

実験設備および材料

試験体には、ステンレス製板を使用し、WJ噴射装置の制御には6軸多関節ロボットで行った。また、使用したノズルは、代表的な形状であるテーパ(セラミック)ノズルとオリフィス(ダイヤモンド)ノズルで、ノズル径は共に1.0mmである。



オリフィスノズル テーパノズル

図-1 ノズル形状

WJの処理条件と水準

共通のWJ処理条件として、噴射圧力を200MPa、噴射時間を60秒とした。また、各ノズルにおいてWJ処理条件(スタンドオフ距離(以下S.D.))、エルボの有無、整流器の有無)を数パターン設けた予備実験を行い、その結果から表1および表2の条件を設定した。

表1 スタンドオフ距離条件

条件	A	B	C
S.D. [mm]	20、30、40、50、 60、70、80、90、 100、120、140、 160、180、200、 250、300、350、 400		20、30、40、 50、60、70、 80、90、100、 150、200、 250、300

表2 壊食試験の整流条件

	テーパノズル			オリフィスノズル		
条件	A	B	C	A	B	C
パイプ長[mm]	200	100	100	400	250	100
整流器	無	有	無	無	無	無
エルボ	無	有	有	無	有無	有

評価方法

ステンレス板表面に形成された壊食痕の形状(真円性、直径、深さ、エッジのシャープさ)や質量欠損を測定し、噴流の状態を相対的に評価した。

2.2 コンクリート(モルタル)の掘削試験

コンクリート(モルタル)の配合要因と水準

配合は、水セメント比(w/c)が25%、33.6%、72%のモルタル3種類と、w/cが33.6%で細骨材率(s/a)が40%、50%のコンクリート2種類とした。粗骨材は、最大寸法25mmの川砂利(密度2.67g/cm³)、細骨材は川砂(2.68g/cm³)を用いた。なお、セメントは早強ポルトランドセメントを使用し、混和剤として高性能AE減水剤を用いた。

WJ処理条件と水準

使用したノズルはテーパノズルとし、ロータリージェット方式でノズルはシングルとする。処理回数一回につき約15秒と設定し、w/cが72%のモルタルの場合のみ処理時間(処理回数)を30秒(2回)、その他はすべて60秒(4回)とした。回転数は200r.p.m、S.D.は30mm、移動速度は34mm/sで固定した。(整流条件は表3参照)

評価方法

WJ処理面の深さと凹凸形状をレーザー変位計

キーワード：ウォータージェット ノズル形状 壊食試験 水噴流特性 ノズル内壁面 はつり処理

連絡先：371-0806 群馬県前橋市上佐鳥町460番地1 前橋工科大学 TEL/FAX 027-265-7301

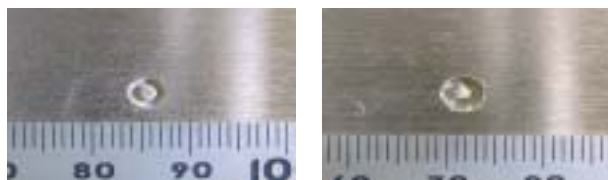
を用いて測定し、平均処理深さおよび破碎効率を求めて、ノズル性能とコンクリートおよびモルタルの圧縮強度との相関を評価した。

表3 コンクリート除去の整流条件

	形式	整流パイプ長	整流器
A	エルボー	200mm	有
B	エルボー	100mm	有
C	エルボー	100mm	無

3. 実験結果および考察

図-2 は、ステンレス板壊食形状の一例である。壊食形状は S.D.の増加に伴い、形状も変化していく。また、両ノズルを比較したとき、図-2 のように中央に芯が存在する形状になる。このときの S.D.はノズルによって異なることがわかる。



100d(テーパ : A) 40d(オリフィス : A)

図-2 第一ピークの壊食痕の様子

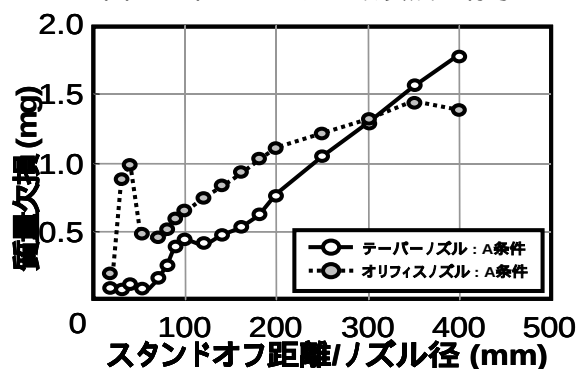


図-3 壊食試験後の S.D.と質量欠損の関係

図-3 は、壊食試験後の S.D.と質量欠損の関係である。原点により近い欠損質量の第一ピークは、図-1 で示した中央に芯の存在する壊食痕が形成される S.D.に対応している。WJ ノズルを評価する際に、衝突噴流構造の変化する第一ピークで評価し、このピークが現れる時の S.D.が大きいほど良質なノズルである。ここでは、テーパノズルの方が良質なノズルであると評価できる。

図-4 はコンクリートおよびモルタルの圧縮強度と平均処理深さの関係を表した図である。この図より、コンクリートの圧縮強度が小さいほど平均処理深さが大きくなっていることがわかる。この結果から、圧縮強度は処理深さに影響すること

が確認できた。モルタルに関してはコンクリートと逆の関係を示しているが、この差は微小であるため、誤差であると考えられる。また、整流条件別に比較すると、整流効果をもたらすことが WJ の性能に及ぼす影響が大きいことがわかる。

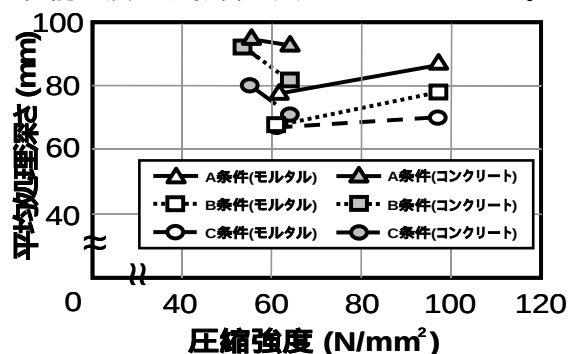


図-4 圧縮強度と平均処理深さの関係

図-5 は、コンクリートおよびモルタルの圧縮強度と破碎効率の関係を表した図である。ここで、破碎効率とは単位エネルギー当りの破碎量のことで、 $\text{破碎効率} = [\text{破碎体積}] / [(\text{処理時間}) \times (\text{動力})]$ で表される値である。31 N/mm²と 60.9 N/mm²を比較すると、全条件においてほぼ同じ傾きで破碎効率が低下していることがわかる。しかし、97.5 N/mm²のときはほぼ 60.9 N/mm²のときと破碎効率に大きな変化は見られなかった。コンクリートに関しても、ほぼ同様な傾向が見られた。

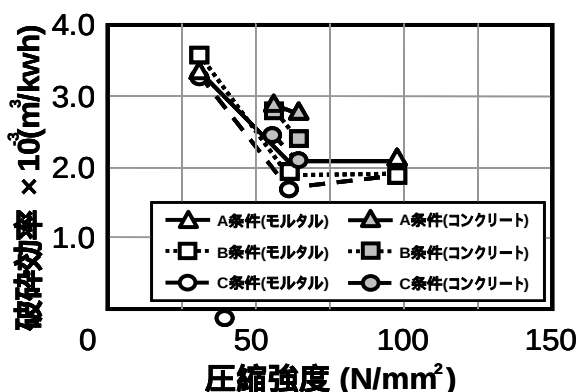


図-5 圧縮強度と破碎効率の関係

4. おわりに

本実験のまとめを、以下に示した。

- (1) ステンレス板壊食試験のノズル形状による良否判定結果は、コンクリートの表面除去能力と対応していることが確認できた。
- (2) 整流器、整流パイプによる整流効果が水噴流に及ぼす影響は大きく、WJ 性能向上に重要な因子である。
- (3) コンクリート(モルタル)の破碎効率と圧縮強度との相関を明らかにすることができた。