

ウォータージェットによる表面処理技術の実験的検討

(株)熊谷組 ○野中英 佐藤孝一 時岡誠剛 田中淳一 金森誠治
(株)アシレ 森謙一

1. はじめに

補修・仕上げモルタルの接着強度は、躯体表面の平滑度が高く表面処理が適切でない状態で施工した場合には、初期強度を有していても経年劣化により通常より早く低下する事例があり、表面処理は重要であると言える。

従来の表面処理は、高压洗浄、酸洗い、サンドブラスト、サンダー掛け等があり、サンダー掛けが68%と最も多いとの報告がある。近年では、補修・仕上げモルタルの脱落防止工法として、超高压水洗浄工法、MCR工法、弾性接着剤タイル張り工法、ルーフボンド工法、ウェーブフォーム工法など各種工法が提案され実用化されている。

本実験は、超高压水洗浄（以下WJと略記）による表面処理方法を検討することを目的として、コンクリートの調合、WJの噴射方式、噴射圧力、処理速度を変化させて表面処理をした後の、目視観察、処理面積、処理深さについてまとめたものである。

2. 実験概要

2.1 実験因子と水準

表1に、実験の因子と水準を示す。実験の因子は、コンクリート強度（水セメント比）を6水準、噴射圧力を2水準、噴射方式（ノズル種類）を2種類、目標処理時間を3水準（一部5水準）とした。

2.2 基板コンクリートの調合、寸法、養生

表2に、基板コンクリートの調合を示す。基板コンクリートに使用した調合は、水セメント比20%、30%、40%、50%、60%、80%と強度の異なる6水準とした。

基板コンクリートの寸法は、41cm×41cm×3cmとした。基板コンクリートの打設は、41cm×3cmの部分より2層に分け木槌で締固めながら行った。基板コンクリートの養生は、材齢1日で脱型し、その後材齢28日まで20℃の

水中養生後、20℃、60%RHの恒温恒湿室で乾燥した後、WJによる表面処理を実施した。

2.3 表面処理方法

基板コンクリートの表面処理は、（独）カマツ社製K-13000（230MPa×23ℓ/分）により発生させた超高压水を、写真1に示す2種類のノズル、2穴ロータリーガン（回転数2000～2500rpm）および12穴揺動ガン（揺動回転数1500～2000rpm）（以後ノズル種類は、2穴、12穴と略記）により噴射して行った。噴射圧力は150MPa、200MPaの2水準、噴射流量は5L/hで固定し、スタンドオフ距離は100mm（2穴）、10mm（12穴）とした。目標処理時間（基板コンクリート41cmを通過する時間）は、2穴で1秒、2秒、4秒、6秒*1、8秒*1、12穴で1秒、2秒、4秒とした（*1：2穴での目標処理時間6秒、8秒は、処理後目視により表面処理は不足していると判断した場合に実施）。

目標処理時間を変化させた場合の表面処理方法は、上、中、下の3箇所に処理するおおよ

表 1 実験の因子と水準

因子	水準
コンクリート強度 N/mm ² ／ 水セメント比%	121.4／20, 76.5／30, 51.1／40, 38.0／50, 29.0／60, 19.1／80
噴射圧力	150MPa, 200MPa
噴射方式 (ノズル種類)	2穴ロータリーガン, 12穴揺動ガン
目標処理時間	1, 2, 4, (6, 8) 秒/41cm

表 2 コンクリートの調合および使用材量

W/C (%)	G _{max} (mm)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	S1	S2	G	混和剤
20	20	42.5	155	775	0	612	828	1.50 ^{*Ad1}
30	20	42.5	170	567	334	334	905	0.70 ^{*Ad1}
40	20	45.0	170	425	380	380	930	0.90 ^{*Ad2}
50	20	47.5	180	360	408	408	902	1.01 ^{*Ad3}
60	20	50.0	180	300	442	442	884	1.00 ^{*Ad3}
80	20	55.0	190	238	493	493	807	1.00 ^{*Ad3}

【使用材料】

セメント(C): 普通ポルトランドセメント(S社製、密度3.15g/cm³)

細骨材(S1): 川砂、つくば市田中産(密度2.60g/cm³)

細骨材(S2): 砕砂、つくば市田中産(密度2.60g/cm³)

粗骨材(G): 砕石、つくば市田中産(密度2.60g/cm³)

混和剤(Ad1): 高性能AE減水剤(T社製)(C×%)

混和剤(Ad2): 高性能AE減水剤(K社製)(C×%)

混和剤(Ad3): AE減水剤(P社製)(C×%)

Study on Surface Treatment Technique Utilizing Waterjet Method: Results on Treatment Depth, Longitudinal Increment Ratio and Bonding Strength

NONAKA Akira, SATO Kouichi, TOKIOKA Seigou, TANAKA Junichi, KANAMORI Seiji and MORI Kenichi

かな位置を決定し、上より1秒、2秒、4秒の各1本、計3本の処理を実施した。6秒と8秒のWJ処理実施は、6秒が1秒と2秒の間、8秒が2秒と4秒の間とした。

2.4測定項目および方法

測定は、目視観察、処理面積率の測定、処理深さの測定を実施した。

(1) 目視観察

目視による観察はWJにより表面処理を実施した基板コンクリートに対して、噴射圧力

(150MPa, 200MPa)，噴射方式（2穴，12穴），基板コンクリート強度(W/C=20%,30%,40%,50%,60%,80%)の相違に留意し、12穴は処理面積（非処理部）、触診による処理深さ、2穴では触診による処理深さを確認した。

(2) 処理面積率

処理時間の違いが処理面積に及ぼす影響を評価するため、式（1）に示す処理面積率を設定した。

$$\text{処理面積率} = \frac{\text{処理部面積}(\text{cm}^2)}{\text{全体面積}(\text{cm}^2)} \quad \dots (1)$$

測定位置は、目標処理時間毎の処理位置に対して代表的と思われる5cm×5cmの領域とした。処理面積は、WJによる処理部を明確にするため、測定位置に赤い塗料を塗布し、凹部以外にある余分な塗料はヤスリにより除去し、写真2に示す枠内をデジタルカメラで撮影し、その画像から画像処理により処理部と非処理部に分離して式（1）により算出した。

(3) 表面処理深さ

レーザ変位計による表面処理深さの測定は、WJにより表面処理した基板コンクリートの処理した方向に対して横断する場所の試験体中央付近とした。

測定は、写真3に示すような水平に移動可能な装置にレーザ変位計を設置し、0.043mm/s～0.112mm/sで水平に移動させながら1秒毎にデータを採取した。

評価は、平均処理深さと長さ増加率とし、平均処理深さは、1秒ごとに測定した処理深さの平均値で示し、長さ増加率は(2)，(3)式により求めた。なお、長さ増加率は、処理後の表面形状に凹凸が多くなる場合に大きくなるため、表面積の評価として用いた。

$$\text{長さ増加率}(\%) = \frac{L' - L}{L} \times 100 \quad \dots (2)$$

$$L = \sum_{i=1}^n \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Z_i^2} \quad \dots (3)$$

ここに、 L ：水平移動距離

L' ：コンクリート表面に設けた測線上の距離

Δx ：測定間隔， ΔZ ：高さの差



写真1 ノズル種類(噴射方式)

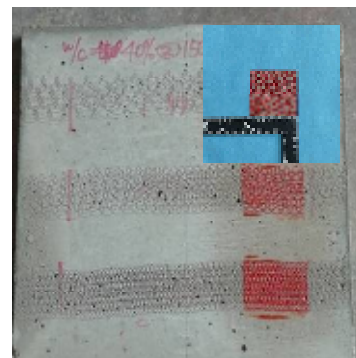


写真2 表面処理後の状況



写真3 レーザ変位計による測定状況

3. 実験結果

(1) 目視観察

写真4に、WJによる表面処理後の状況の一例を示す。噴射方式の相違は、2穴では傷の付き方には大きな相違は認められないが、処理速度が遅いものほど処理深さが深くなり、一方、12穴では処理深さに大きな相違は認められないが、処理速度が速くなると目が粗くなり、遅く

なると目が細かくなった。

基板コンクリートの水セメント比による相違は、噴射方式および噴射圧力によらず水セメント比が低くなるほど処理が困難となり、触診による処理深さは浅くなった。

噴射圧力の相違では、噴射方式によらず200MPaの方が150MPaより処理深さは深くなる傾向が認められたが、処理幅に及ぼす影響は少なかった。

噴射方式2穴では、噴射圧力を高くすることにより処理能力が向上するため処理速度を速めることが可能である。一方、12穴では、噴射圧力を高め処理速度を上げると処理面積が少なくなる（目が粗くなる）ため、ある程度以上に処理速度を速めることはできない。

(2) 処理面積

図1に、処理画像を示す。実線は5cm×5cmを5分割（□1cm×1cm）したもの、点線は1cm×1cmをさらに1/2したもの（□0.5cm×0.5cm）である。非処理部分の評価は□0.5×0.5cmで行い、網掛け処理をした。なお、処理面積率は、2穴では全て100%となったため、2穴でのみ実施した。

処理画像から、□0.5×0.5cmで網掛けにより処理した非処理部分は、目標処理時間が1秒では多くの試験体で存在し、目標処理時間2秒では、いくつかの試験体で存在した。しかし、この目標処理時間2秒における非処理部分は、実際の処理速度が950m/h以上となっており、処理のばらつきによるものであった。処理時間2秒に相当する処理速度738m/h以下では、非処理部分が存在することはなかった。

図2に、処理速度と処理面積率の関係を示す。処理面積率は処理速度が遅くなるほど大きくなった。処理速度1500m/h以上では、処理速度が速くなることによる処理面積率の低下は少ない。このことより表面処理の目標時間は、2秒以上とする

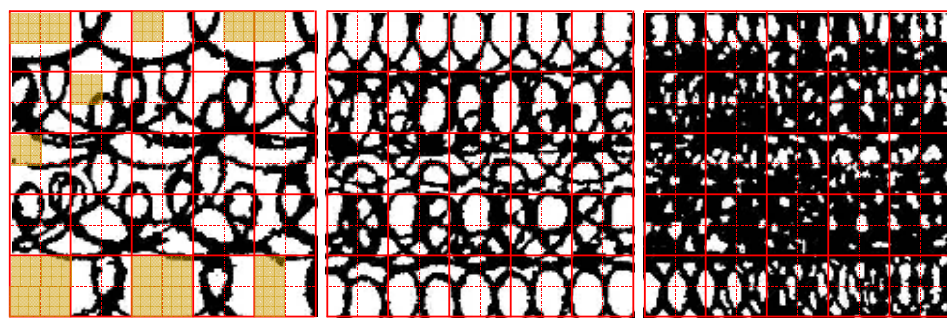


図1 処理画像

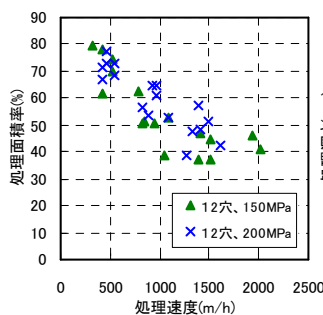


図2 処理速度と処理面積率の関係

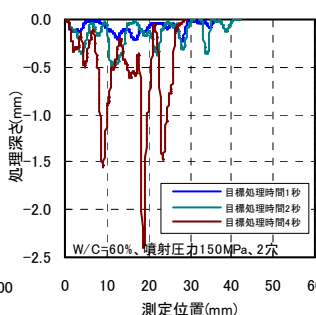
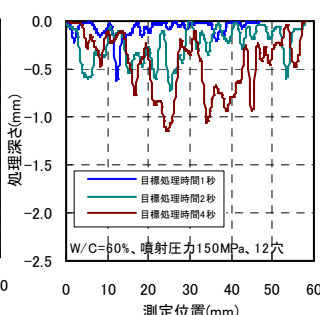


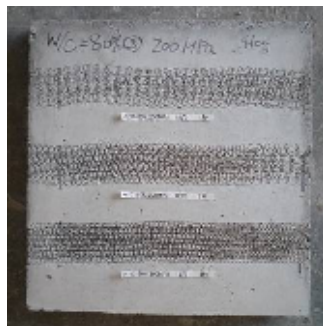
図3 測定位置と処理深さの関係 (W/C=60%)



ことが望ましく、このときの処理速度は約750m/h以下であり、この場合には処理面積率は50%以上となる。

(3) 処理深さ

図3に、測定位置と処理深さの関係を示す。処理深さは、目標処理時間が長くなるのに従い大きくなる傾向が認められた。また、噴射方式



200MPa, 12穴, W/C80%



200MPa, 12穴, W/C20%



200MPa, 2穴, W/C80%



200MPa, 2穴, W/C20%

写真4 WJによる表面処理後の状況

の違いでは、2穴では処理深さは深いものの凹凸の数は少なく、12穴では処理深さは若干浅くなるものの凹凸の数は多くなる傾向が認められた。これは、いずれの水セメント比に関しても同様な傾向が認められた。

図4に、処理速度と平均処理深さの関係を示す。処理速度と平均処理深さの関係は、いずれの噴射方式でも、処理速度が遅くなるほど、水セメント比が大きくなるほど、噴射圧力が高くなるほど、平均処理深さは深くなる傾向がある。ただし、噴射方式、噴射圧力により異なるが、処理速度がある程度以上になると、処理速度の増加に伴う平均処理深さの増加は少なくなる。また、水セメント比40%以下では、処理速度の変化に伴う平均処理深さへの影響は小さく、水セメント比50%以上では、処理速度の変化に伴う平均処理深さへの影響は大きくなった。

図5に、処理速度と長さ増加率の関係を示す。長さ増加率は水セメント比が大きいほど、処理速度が遅くなるほど大きくなる傾向を示した。噴射圧力150MPa、2穴を除く水セメント比80%では、他の水セメント比と傾向が異なり、処理速度が遅い場合に長さ増加率が大きくなった。また、同一の噴射方式において処理速度が速くなることによる長さ増加率は、水セメント比、噴射圧力が大きくなるほど小さくなる傾向を示した。

処理深さおよび長さ増加率における噴射方式の比較では、処理深さでは12穴が同等か若干小さい値となっているが、長さ増加率では12穴が大きくなる傾向が認められた。これは、2穴が全体的に表面処理される(凹凸が少ない)のに対して、12穴は部分的に表面処理される(凹凸が多い)ことによると考えられる。

4. まとめ

基板コンクリートの品質とWJ処理状況・表面処理性能の実験を行った結果、下記の所見が得られた。

- 1) 噴射圧力が高くなるほど処理深さは深くなるが、処理幅に与える影響は少ない。
- 2) 噴射方式2穴では噴射圧力を上げることで処理速度を速くできる。しかし、12穴では処理速度を速くすると処理面積が少なく(目が粗く)なるため、ある程度以上に処理速度を速めることはできない。
- 3) 処理状況は、2穴では処理深さは深いものの凹凸は少なく、12穴では若干処理深さは浅くなるが凹凸は多くなった。
- 4) 処理深さは、処理速度が遅くなるほど、水セ

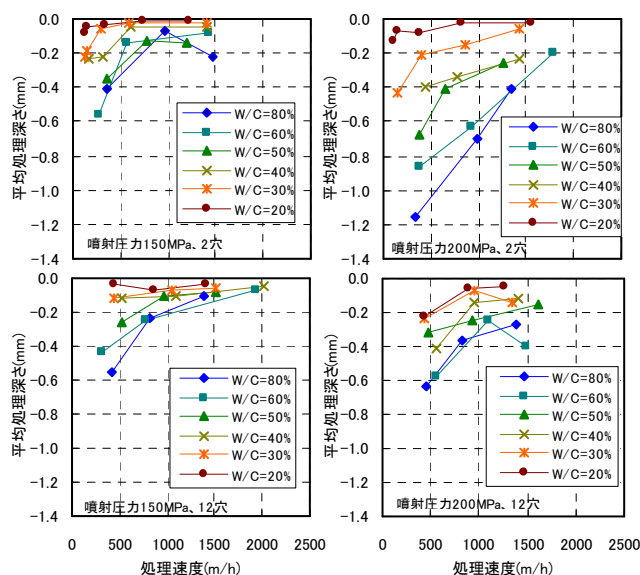


図4 処理速度と処理深さの関係

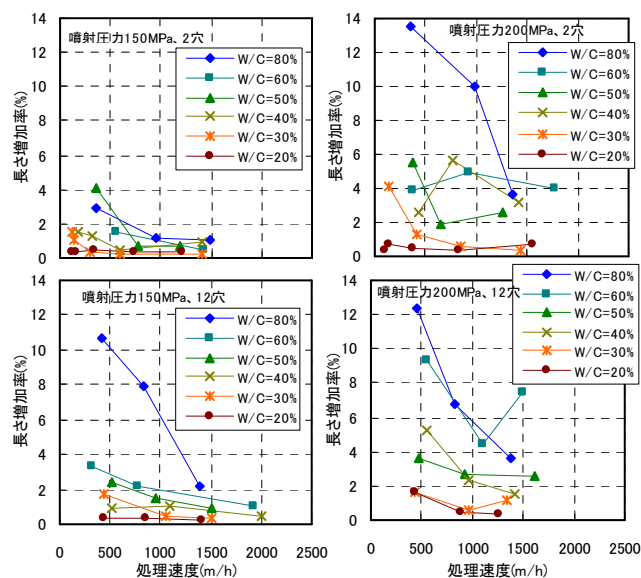


図5 処理速度と長さ増加率の関係

メント比が大きくなるほど、噴射圧力が高くなるほど、平均処理深さは深くなった。

- 5) 長さ増加率は、水セメント比が大きいほど、処理速度が遅くなるほど大きくなる傾向を示した。

参考文献

- 1) 三谷一房, 小川春果: 工事現場を対象とした外壁タイル張り下地の仕様に関する調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2004.08, pp.731-732
- 2) 吉田ほか, 日本道路公団試験研究所報告, Vol36.1991.11