機械ごてによるコンクリート直仕上げ床の施工条件判定のための コンクリート性状の測定方法に関する研究

METHOD OF MEASURING CONCRETE PROPERTIES FOR JUDGING FINISHING CONDITIONS OF MONOLITHIC CONCRETE FLOOR AT MECHANICAL TROWELLING

三上 貴正*, 早野 博幸**, 小野 英哲***

Takamasa MIKAMI, Hiroyuki HAYANO and Hidenori ONO

Experiments on mechanical trowel finishing were performed with ten kinds of concretes under two trowelling conditions, in order to examine the influence of concrete properties on floor finishing.

In the experiments, the configuration of concrete surface was measured before and after trowelling.

Dynamic reaction on trowel and penetration resistance were also measured as rheological properties of concrete at the time of trowelling.

As a result, a trial method for measuring concrete properties and for judging finishing conditions of concrete floor was proved by using dynamic reaction and configuration of concrete surface at mechanical trowel finishing.

Keywords : concrete floor of monolithic finishing, mechanical trowel finishing, properties of concrete, method of measurement, dynamic reaction on trowel, configuration

コンクリート直仕上げ床, 機械ごて仕上げ, コンクリート性状, 測定方法, ごて反力, 表面形状

1. 序論

前報¹⁾では, 本研究の背景として, 機械ごてによるコンクリート直仕上げ床(以後, 単に直床と記す)の仕上げ作業が近年行われるようになってきていること^{2)~9)}, またその際の課題として, 最適ごて仕様の設定方法や作業開始時期の判定方法の開発などが必要であること^{5), 8)}を述べた。さらに前報では, 上記の課題を検討するための第1段階として, 直床の仕上に及ぼす機械ごての仕様およびコンクリート性状の影響の基本的傾向を実験的に明らかにするとともに, これらの影響の定量化の可能性を示した。

本報では, 前報に引き続き, 上記の課題を検討する際に必要となるごて仕上げの観点からのコンクリート性状の定量化に関し, さらに考察を加えた結果について報告する。

2. 研究の目的と範囲

本研究は, 機械施工による直床を対象として, 仕上げ時のコンクリート性状と直床の仕上りとの関係の考察から, ごて仕上げの観点からのコンクリート性状の測定方法を提示するとともに, 本測定方法に基づく最適施工条件の試行的判定を行い, その妥当性を検討することを目的とする。

なお, 直床の仕上げ作業は, 広義には床面の平坦化の工程である均し作業と, 平滑化の工程であるごて仕上げ作業からなるが, 本研究では前報に引き続き後者を主対象として研究を行うこととする。また, 直床の仕上りに関しても, 前報と同様に表面形状の観点からの仕上りに研究対象を限定し, 表層強度など他の観点からの検討は今後の課題とする。さらに, 本研究ではコンクリート性状の定量化に関する検討を研究の主たる範囲とし, コンクリート性状との関連で決定すると想定される最適施工条件に関しては, 作業開始時期およびごてかけ数の試行

* 東京工業大学大学院情報理工学研究科
情報環境学専攻 助教授・工博

** 日本セメント(株)中央研究所
(当時東京工業大学大学院生)・工修

*** 東京工業大学工学部建築学科 教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Mechanical and Environmental Informatics,
Graduate School of Information Science and Eng., Tokyo Institute of
Technology, Dr. Eng.

Central Research Laboratory, Nihon Cement Co., Ltd., M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., Faculty of Eng.,
Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

的判定を行うにとどめ、機械ごての最適仕様に関する詳細な検討は本研究の成果を踏まえたうえで検討すべき今後の課題とする。

3. 既往の研究

前報でも述べたように、仕上りに及ぼす仕上げ作業時のコンクリート性状の影響に関する検討は、その必要性が認識されながらも若干の基礎実験がなされるにとどまっている^{2)~8)}。

一方、難波らの左官工事における作業性能に関する研究においては、斜め加力レオメータを用いて左官材料のワーカビリティの評価を試みており^{10)~19)}、本研究にとって有効な示唆を与えるものである。しかし、研究対象が異なることから、本研究に直ちに適用できる研究成果は得られていない。

また、筆者らは、前報において仕上りに及ぼすコンクリート性状の影響に関し基礎的考察を行っているが、実験対象としたコンクリートの性状がやや限定されていること、また実際の現場にも適用可能なコンクリート性状の測定方法の提示までには到っていないことなどの課題が残されている。

4. 研究方法

本研究における研究方法および手順の概要は、以下のとおりである。

- 1) 様々な性状の供試コンクリートに対してこて仕上げ実験装置による模擬仕上げ実験を行い、各実験条件における仕上りの程度を測定する。同時に、供試コンクリートのフレッシュ時および仕上げ時の性状を測定する。
- 2) 1)の結果から、コンクリート性状が仕上りに及ぼす影響を考察し、機械ごて仕上げの観点からのコンクリート性状の測定方法を提示する。
- 3) 2)で提示した測定方法に基づき、最適施工条件としての作業開始時期およびこてかけ数の試行的判定を行い、その妥当性を検討する。

なお、本研究では前報の成果を踏まえ、直床の仕上りの程度を表す表面形状パラメータ、および模擬仕上げ実験装置は前報と同一のものをを用いた。

5. 模擬仕上げ実験およびコンクリート性状測定実験

5.1 実験概要

本研究では、直床の仕上りに及ぼすコンクリート性状の影響を考察するため、直床供試体に対して所定の実験条件にて機械ごて仕上げを行い、こて仕上げ前後の表面

形状パラメータを測定する模擬仕上げ実験（実験Ⅰ）と、コンクリート性状に関する基礎データの集積を目的とするコンクリート性状測定実験（実験Ⅱ）の2系統の実験を行い、両者の実験結果の対応を検討することとした。なお、実験Ⅰ、Ⅱの測定項目の多くは実験精度上厳密には同一の模擬仕上げ過程において同時に測定するのが望ましいと考えられるが、本研究では測定系の制約上実験を2系統に分割して実施した。

5.2 供試コンクリート

供試コンクリートは、表1に示す材料を使用し、水セメント比、骨材種、混和剤種などを変化させ、調合要因およびフレッシュ時や仕上げ時の作業性を前報よりさらに広く考慮した、表2に示す10種を設定した。本研究では、近年のコンクリートの多様化を考慮し、フレッシュ時の流動性や材料分離抵抗性の大きい高強度・高流動系のコンクリートも研究対象とした。

5.3 こて仕上げ実験装置

本研究で用いる機械ごてとして、前報と同様に、床仕上げロボットのこて部をモデル化した図1に示すこて仕上げ実験装置を用いた。

本装置は、一定荷重を載荷しコンクリート面との角度を固定したこてを、鉛直方向に拘束のない状態で水平方向に一定の速度で移動させ、直床供試体表面の仕上げを行うもので、機械ごての主要因である載荷荷重 F (kgf)、移動速度 V (cm/s)、角度 θ (°)は実情の範囲をほぼ網羅できるものである。

実験Ⅰ、Ⅱにおける機械ごての仕様としての荷重 F 、速度 V 、こて角度 θ の3要因の組み合わせは、前報で各

表 1 使用材料

セメント	種 類		比重	圧縮強さ (kgf/cm ²)	凝 結 時 間	
					始 発	終 結
	普通ポルトランドセメント		3.16	417	2h28m	4h02m
骨 材	種 類		最大寸法 (mm)	粗粒率	表乾比重	吸水率 (%)
	細骨材	山砂	2.5	2.57	2.61	1.56
	粗骨材	碎石	20	6.79	2.57	0.73
		川砂利	20	6.57	2.56	1.35
混和材料	記 号	種 類	記 号	種 類		
	A	A E 減水剤	S	シリカフューム		
	H	高性能 A E 減水剤	F	増 粘 剤		

表 2 供試コンクリート

記号	混和材料 ¹⁾ C×(%)	水結合		単位容積重量(Kg/m ³)				断面積率 (%)	スラブ (cm)	ブリーディ ング ²⁾ (cm ³ /cm ²)	モルタル 70-
		材比(W)	水	セメント	細骨材	粗骨材 ²⁾					
P552	—	55	199	360	765	987	43.3	16.5	0.091	2.21	
P553	—	55	199	360	765	983	43.3	19.5	0.089	2.20	
P706	—	70	179	256	934	953	49.1	1.0	0.066	1.66	
H556	H:1.5	55	202	367	869	846	50.3	22.0	0.166	3.06	
H301	H:2.0	30	167	553	600	1049	36.1	21.5	0.000	2.63	
H302	H:2.0	30	167	553	788	864	47.3	1.0	0.000	1.97	
S302	H:2.0, S:25.0	30	167	442	600	1049	36.1	18.5	0.000	1.32	
A601	A:0.2	60	168	280	752	1064	41.0	8.0	0.075	2.41	
F451	H:1.5, F:0.09	45	175	389	682	1008	40.0	26.0	0.000	2.67	
M551	—	55	328	594	1262	—	100.0	24.0	0.089	2.23	

1):混和材料の記号は表1参照 2):P553のみ川砂利、他調査は全て碎石

およびプロクター貫入抵抗試験法 (ASTM C403) を準用して種々の貫入抵抗値を求め、 P_z の最小値 P_{zmin} との対応を考察した。その結果、ケーボール試験による10mm貫入時荷重量 ($K B_{10}$) が P_{zmin} と比較的明確な対応を示すことを述べた。しかし、 $K B_{10}$ に関しては測定時の必要載荷量が大きく施工現場での測定が困難であることから、本研究では施工現場にも適用し得るプロクター貫入抵抗試験 (変法) により、実験 I と対応する各仕上げ時間におけるコンクリートの貫入抵抗値を測定することとした。

さらに、前報では $K B_{10}$ をはじめとする貫入抵抗値と P_{zmin} との対応性が必ずしも十分ではなかったことから、供試コンクリートの調査をより多様化した本研究におい

図 3 P_z とこてかけ数の関係の例 (実験 I-①)

図 4 P_z とこてかけ数の関係の例 (実験 I-②)

ては、こて仕上げ作業中における力学的状況を可能な限り忠実に考察するという立場から、難波らの左官材料のワーカビリティに関する研究^{10)~19)}における斜め加力レオメータを参考として、仕上げ時のコンクリートのかたさをこて面に作用する荷重 (以後、こて反力と記す) により把握することとした。こて反力の測定においては、図 2 に示すように実験装置のこてのシャフト部に 2 軸のロードセルを設け、実験 I と同一の実験条件下においてコンクリートから受ける鉛直こて反力 F_{vr} (kgf)、水平こて反力 F_{hr} (kgf) をそれぞれ測定した。

5.7 実験結果および基本的考察

以上に説明した実験 I、II の結果の対応等に関する詳細な考察は次節 6. 以降に記すこととし、ここでは実験 I、II の結果の例およびそれらに関する基本的考察を示す。

1) 実験 I の結果および考察

図 3 に、実験 I-①の結果得られた P_z とこてかけ数 N の関係の例を示す。図から、前報同様、 P_z の初期値 P_{z0} は調査により様々な値をとること、また調査、仕上げ時間により P_z の最小値 P_{zmin} (仕上りの最良値)、 P_{z0} と P_{zmin} の差 (仕上げの効果)、および P_{z0} から P_{zmin} までに要するこてかけ数 (最適こてかけ数。以後、 N_b と記す) は、それぞれ異なることが確認できる。

次に、図 4 に実験 I-②の結果得られた P_z とこてかけ数 N の関係の例を示す。実験 I-②では P_{z0} を制御し 2 水準設定したが、図からこて仕様と仕上げ時間の条件によっては、 P_{z0} の水準が異なっても P_{zmin} はほぼ同程度まで小さくなるのがわかる。

2) 実験 II の結果および考察

ここでは実験 II の結果のうち、特にこて反力の測定結果を示す。

図 5 は、こて仕上げ実験装置を用いて測定したこて反力の測定結果の一例である。図からわかるように、直床供試体表面とこての接触しているこて仕上げ中の動的こて反力は、鉛直分力、水平分力ともにほぼ一定値であることから、本研究で以降用いるこて反力として、こての

図 5 こて反力の測定結果の一例

図 6 こて反力とこてかけ数の関係の例

接触している区間中の鉛直こて反力および水平こて反力の平均値（以後、 F_{vr} 、 F_{hr} と記す）を求めた。

次に、図6に上記のようにして求めたこて反力とこてかけ数 N との関係の例を示す。図から、仕上げ時間、反力方向により、こてかけ数によるこて反力の変動の傾向が異なること、ただしこてかけ数がおよそ6回以上になると変動幅が小さくなること、がわかる。そこで本研究では以降の考察に用いるこて反力 F_{vr} 、 F_{hr} の値として、それぞれこてかけ数10回までの平均値を求めた。

6. 直床の仕上りに及ぼすコンクリート性状の影響の考察および仕上げの観点からみたコンクリート性状の測定方法に関する検討

6.1 フレッシュ時のコンクリート物性の影響に関する考察

6.1.1 仕上げ時の初期平面形状に及ぼすコンクリート物性の影響の考察

図7に、実験Ⅰ-①の結果得られた仕上げ時の初期表面形状 P_{z0} と、実験Ⅱの結果得られたフレッシュ時のコンクリートの各特性値との対応の例を示す。

図7(左図)は、 P_{z0} とスランプとの対応である。図から、全体としてスランプ値の大きい軟練りの割合ほど P_{z0} も小さくなる傾向が見受けられるが、粘性の高い調合(H301, S302)が対応関係からはずれる傾向にあり、対応性は十分とはいえない。また、ブリーディング量、モルタルフローに関しても十分な対応は得られなかった。

図7(中図)は、 P_{z0} とフレッシュ時のコンクリートの鉛直こて反力 F_{vr} との対応である。図から、両者の対応はスランプの場合と比較して明確であり、 F_{vr} が小さいほど P_{z0} も小さくなることわかる。従って、本研究で対象とした均し方法の範囲では、 F_{vr} により均し作業の観点からのコンクリート物性の定量化が可能であることがわかる。

図7(右図)は、 P_{z0} とフレッシュ時のコンクリートの水平こて反力 F_{hr} との対応である。図から、両者の対応は不明確であり、粘性の高い調合やブリーディングの多

図 7 P_{z0} とフレッシュ時の特性値との対応の例 図 8 P_{zmin} とフレッシュ時の特性値との対応の例 図 9 P_{zmin} とこて反力との対応の例 図 10 P_{zmin} と貫入抵抗値との対応

い調合も研究対象に含めた本研究においては、フレッシュ時の F_{hr} と F_{vr} の相関性は低く、異なる傾向を示すことがわかる。

6.1.2 仕上りに及ぼすコンクリート物性の影響の考察

図8に、実験Ⅰ-①の結果得られた仕上りの指標である P_{zmin} と、フレッシュ時のコンクリートの特性値との対応の例を示す。

図8(左図)は、仕上げ時間ごとの P_{zmin} とスランプと

図 11 こて反力相互の対応の例

の対応である。図から、いずれの仕上げ時間に関しても両者の対応は不十分であることがわかる。

図 8 (右図)は、仕上げ時間ごとの P_{zmin} と鉛直こて反力 F_{vr} との対応の例である。図から、 F_{vr} についても P_{zmin} との対応性は高いとはいえず、6.1.1の結果とは異なり、仕上りに関してはフレッシュ時のコンクリート物性のみでその程度を説明することは困難であることがわかる。

6.2 仕上げ時のコンクリート性状の影響に関する考察

6.2.1 仕上りに及ぼすコンクリート物性に関する考察

図 9, 10に、実験 I-②の結果得られた P_{zmin} と、実験 II の結果得られたこて反力およびプロクター貫入抵抗値との対応を示す。

図 9 から、こて反力 F_{vr} に関しては、 P_{z0} が同一すなわち均し程度が同一であれば、調合や仕上げ時間に関わらず F_{vr} は P_{zmin} と 2 次関数的な明確な対応関係を示し、従って F_{vr} よりこて仕上げの観点からのコンクリート物性の定量化が可能であることがわかる。また、両者の関係に基づき、こて仕様ごとに、調合に関わらず仕上りが最も良くなるこて作業開始時期（仕上げ時間）の判定が可能であるといえる。

一方、図 10 から、 P_{zmin} と前報で考察対象とした貫入抵抗値との対応性は、こて反力との対応の場合と比較して劣ることがわかる。

次に、図 11 に、同一こて仕様に関する F_{vr} と F_{hr} の対応、および異なるこて仕様に関する F_{vr} 相互の対応を示す。図から、6.1 のフレッシュ時のこて反力の測定結果とは異なり、こて仕上げ時にはこて仕様、反力方向に関わらずこて反力相互の相関は高いことがわかる。さらに、 F_{vr} と F_{hr} の合力 (F_r と記す) を算出した結果、本研究の範囲では仕上げ時の F_r は F_{vr} と高度の相関性を有し、いずれを用いても同等の考察結果の得られることが判明した。一方、こて反力と貫入抵抗値との対応性は、図 10 の結果からも想定できるように、こて反力相互の対応性と比較して良くないことが確認された。

以上から、こて仕上げの観点からのコンクリート物性に関しては、仕上げ時のコンクリートの硬化の程度を表

図 12 P_{zmin} , P_{z0} およびこて反力の対応の例

図 13 Nb とこて反力との対応

す貫入抵抗値による定量化では不十分であり、仕上げ時のこて反力により定量化すべきことが判明した。

なお、以上の考察から、本研究においてはこて反力に関する以降の考察は鉛直こて反力 F_{vr} に関する結果についてのみ記すこととする。

6.2.2 仕上りに及ぼすコンクリート性状の影響の考察

図 12 に、こて仕様ごとの P_{zmin} , P_{z0} および F_{vr} の対応の例を示す。図から、調合、仕上げ時間に関わらず P_{zmin} は P_{z0} とほぼ直線的な関係にあること、同時に、 F_{vr} とは 6.2.1 でも考察したように 2 次関数的な関係にあることが確認できる。

6.2.3 最適こてかけ数に及ぼすコンクリート性状の影響の考察

図 13 に、実験 I-②の結果得られた、 P_{zmin} における最適こてかけ数 Nb とこて反力の対応の例を示す。図から、Nb はこて仕様および初期表面形状 P_{z0} ごとにこて反力とほぼ比例的な関係にあり、こて反力が大きくなるほど必要なこてかけ数も大きくなることがわかる。

6.3 こて仕上げの観点からみたコンクリート性状の測定方法の提示

6.2 の考察結果から、こて仕上げの観点からのコンクリート性状は仕上げ時のコンクリートの初期表面形状、および仕上げ時のコンクリート物性の特性値であるこて反力により定量化が可能であることが明らかとなったことから、本研究では、こて仕上げの観点からみたコンクリート性状の測定方法として以下の 2 種を提示する。

- 1) 仕上げ時の初期表面形状の測定方法および特性値
表面形状の測定方法の詳細は前報で述べたとおりとし、

基礎データとして得られる断面曲線から表面形状パラメータの初期値を算出する。なお、前報および本研究の結果から、標準的特性値として P_{z0} を提示する。

2) 仕上げ時のコンクリート物性の測定方法および特性値

コンクリート物性の測定方法として、機械ごてのこて面に作用する動的こて反力を測定し、接触区間中の平均値を特性値として求める。なお、本研究の結果、こて反力測定の際のこてかけ数としては10回程度を標準と考える。さらに、こて反力測定の際のこて仕様としてのこて要因 F 、 V 、 θ の組み合わせは、原則として考察対象とする機械ごての仕様と同一にすべきと考える。ただし、本研究の結果、こて仕様A、Bのこて反力相互の相関が高いことから、実用的にはこて仕様B（あるいはA）を標準仕様としても大きな不都合はないと考える。また、均しの観点からのコンクリート物性の特性値に関する考察結果を考慮し、標準的特性値としては、鉛直こて反力 F_{vr} を提示する。

7. 直床の最適施工条件の試行的判定に関する検討

7.1 仕上りの推定および最適こて作業開始時期の試行的判定に関する検討

6.2.2に示したように、 P_{zmin} 、 P_{z0} および F_{vr} の対応関係の傾向が明確となったことから、重回帰分析によりこれらの関係の定量化を試みた。以下に、こて仕様A、Bごとに P_{zmin} の推定式を、また図14に P_{zmin} の実測値と推定値との対応例を示す。

$$P_{zmin} = \alpha P_{z0} + \beta$$

ただし $P_{z0} < \beta / (1 - \alpha)$ のとき $P_{zmin} = P_{z0}$

$$A : \alpha = 7.5 \times 10^{-1} F_{vr}(A)^2 - 4.5 F_{vr}(A) + 2.3$$

$$\beta = -2.0 \times 10^{-3} F_{vr}(A)^2 - 5.3 \times 10^{-1} F_{vr}(A) + 1.4$$

$$B : \alpha = 1.3 \times 10^{-1} F_{vr}(B)^2 - 2.2 F_{vr}(B) + 9.9$$

$$\beta = -5.8 \times 10^{-2} F_{vr}(B)^2 + 9.6 \times 10^{-1} F_{vr}(B) - 3.5$$

図14から、 P_{zmin} の実測値と推定値は良好な対応を示すことが明らかで、こて仕様ごとの仕上り P_{zmin} は、仕上げ時の初期形状 P_{z0} およびこて反力 F_{vr} によって説明可能であることがわかる。

次に、図15に上記の P_{zmin} の推定式に基づく P_{z0} 別にみた P_{zmin} とこて反力 F_{vr} の対応の例を示す。図から、以下が考察できる。

- 1) 各こて仕様において、初期形状 P_{z0} ごとに仕上げによる効果（ $P_{z0} - P_{zmin}$ ）が最も大きくなるこて反力の最適値が存在する。また、その値は本研究の範囲では P_{z0} が小さくなるほど大きい値となる。以上より、こて仕様が定まれば、仕上げ時の初期形状およびこて反力により最適なこて作業開始時期（仕上げ時間）の

図 14 P_{zmin} の実測値と推定値との対応

図 15 P_z の推定値とこて反力との対応

図 16 Nbの実測値と推定値との対応

判定が可能であるといえる。

- 2) こて仕様によっては、 P_{z0} に関わらず仕上りがほぼ同等となるこて反力の範囲が存在する。
- 3) こて仕様ごとに、こてをかけると仕上りが初期状態より悪くなる P_{z0} の極限值が存在し、その値はこて反力により推定が可能である。

以上、仕上げ時における初期形状値 P_{z0} およびこて反力 F_{vr} をコンクリート性状の特性値として用いることにより、仕上りの推定が可能であること、また、こて仕様ごとに、仕上げ時の初期形状およびこて反力を用いて最適施工条件としての最適なこて作業開始時期の判定が可能であることがわかる。

7.2 最適こてかけ数の試行的判定に関する検討

6.2.3に示したように、こて仕様、 P_{z0} ごとにこて反力と最適こてかけ数 Nb の対応関係の傾向が明確となったことから、7.1と同様に重回帰分析によりこれらの関係の定量化を試みた。以下に、こて仕様A、Bごとに、 Nb の推定式を、また図16に Nb の実測値と推定値との対応例を

示す。

$$A : Nb = 2.7 P_{z0} + 20.9 F_{vr}(A) - 55.8$$

$$B : Nb = 8.9 \times 10^{-1} P_{z0} + 8.0 F_{vr}(B) - 55.7$$

図16から、Nbの実測値と推定値は良好な対応を示すことが明らかで、こてかけ数の最適値Nbに関しても、こて仕様ごとに仕上げ時の初期形状 P_{z0} およびこて反力 F_{vr} をコンクリート性状の特性値として用いることにより、最適施工条件としてのNbの判定が可能であることがわかる。

8. 結論

機械こてによる直床を対象として、こて仕上げの観点からのコンクリート性状の測定方法、ならびに本測定方法に基づく最適施工条件の試行的判定に関して実験的に考察した本研究の結論は以下のとおりである。

- 1) 機械こてによる直床の仕上げの観点からみたコンクリート性状は、仕上げ時の初期表面形状およびこて反力により定量化が可能であることを示すとともに、これらの測定・算出方法を提示した。
- 2) 機械施工による直床の均しの観点からみたコンクリート物性は、均し時の鉛直こて反力により定量化が可能であることを示した。
- 3) 仕上げ時の初期表面形状およびこて反力をコンクリート性状の特性値として用いることにより、最適施工条件としてのこて作業の最適開始時期（仕上げ時間）、および最適こてかけ数の判定が可能であることを示した。

なお、本研究で提示した仕上り P_{zmin} 、および最適こてかけ数Nbに関する推定式はあくまでも本研究で対象とした機械こての仕様に関してのみ成立するものであり、異なるこて仕様に関しては、本研究と同様の手続きにより改めて検討する必要があることを付記する。さらに、任意のコンクリート性状に対する最適こて仕様の判定に関する検討は、本研究の成果を踏まえたうえで行うべき今後の課題と考える。

参考文献

- 1) 三上貴正, 荒川琢也, 小野英哲: コンクリート直仕上げ床の仕上りに及ぼす機械こての仕様およびコンクリート性状の影響の考察, 日本建築学会構造系論文報告集第453号, pp. 27~37, 1993. 11
- 2) 山田文三, 斉藤 実, 田中信男, 和美広喜, 新井一彦, 板野弘一: コンクリート床直仕上げロボットの開発 (その1 ロボット開発のための基礎実験及びロボットシステム), 日本建築学会大会学術講演梗概集A, pp. 459~460, 1985. 10
- 3) 山田文三, 斉藤 実, 新井一彦, 板野弘一: コンクリート床直仕上げロボットの開発 (その3 2号機の開発と工事への適用結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集A, pp. 653~654, 1987. 10
- 4) 菊池公男, 大下俊之, 古田周三, 今井崇賢: コンクリート床仕上げ用ロボットの開発と実用化に関する研究, 第1回建築施工ロボットシンポジウム論文集, pp. 173~178, 1987. 2
- 5) 新井一彦, 山田文三, 斉藤 実, 板野弘一, 和美広喜: コンクリート床直仕上げ作業用ロボットの開発とその適用事例, 日本コンクリート工学協会フレッシュコンクリートの挙動とその施工への応用に関するシンポジウム論文集, pp. 169~174, 1989. 4
- 6) 難波蓮太郎: 動力こてと左官ロボットの新しい左官用回転羽根こての開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集A, pp. 901~902, 1989. 10
- 7) 青柳隼夫, 菊池公男: コンクリート工事における現場施工のロボット化, 日本コンクリート工学協会フレッシュコンクリートの挙動とその施工への応用に関するシンポジウム論文集, pp. 175~180, 1989. 4
- 8) 新井一彦: コンクリート床直仕上げ作業の合理化・ロボット化の現状, 建築仕上技術, pp. 52~55, 1991. 3
- 9) 宇治公隆: コンクリート施工の自動化, 機械化に関する最近の研究, コンクリート工学, Vol. 30, No. 2, pp. 46~49, 1992. 2
- 10) 難波蓮太郎, 鈴木隆男, 鈴木 光: 左官工事における作業性能に関する研究 (その1, その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (構造系), pp. 297~300, 1977. 10
- 11) 難波蓮太郎, 鈴木隆男: 左官工事における作業性能に関する研究 (その3, その4), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (構造系), pp. 1~4, 1978. 9
- 12) 難波蓮太郎, 鈴木隆男: 左官工事における作業性能に関する研究 (その5, その6), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (構造系), pp. 321~324, 1979. 9
- 13) 難波蓮太郎, 鈴木隆男: 左官工事における作業性能に関する研究 (その7), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (構造系), pp. 379~380, 1980. 9
- 14) 難波蓮太郎: 左官工事における作業性能に関する研究 (その8), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (構造系), pp. 367~368, 1982. 10
- 15) 難波蓮太郎, 鈴木慶一: 斜目加力レオメータによる外壁用既調合モルタルのワーカビリティの評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集A, pp. 5~6, 1985. 10
- 16) 難波蓮太郎, 鈴木慶一: 左官工事における作業性能に関する研究 (その10), 日本建築学会大会学術講演梗概集A, pp. 613~614, 1986. 8
- 17) 難波蓮太郎, 鈴木慶一: 左官工事における作業性能に関する研究 (その11), 日本建築学会大会学術講演梗概集A, pp. 599~600, 1987. 10
- 18) 難波蓮太郎: 斜め加力レオメータによる左官材料のワーカビリティ評価とその応用, 日本建築士学会大会学術講演会, pp. 55~58, 1992
- 19) 羽田幸治, 武石 博, 飯鉢 整, 難波蓮太郎: 左官材料の接着試験用鍍塗り仕上げの提案, 日本建築士学会大会学術講演会研究発表論文集, pp. 33~36, 1993. 9

(1994年7月10日原稿受理, 1994年10月3日採用決定)