コンクリート床下地の上面仕上げ作業のしやすさを表す物理量の設定

むら直し, 押えのしやすさおよび総合的な作業のしやすさを表す物理量の設定

ESTABLISHMENT OF QUANTITATIVE VALUE INDICATING WORKABILITY
FOR FLOOR GROUNDWORKEstablishment of quantitative value indicating easiness of troweling
and workability for floor groundwork

横山 裕*, 横井 健**

Yutaka YOKOYAMA and Takeshi YOKOI

From the viewpoint of the performance of floors, it is very important to construct floor groundworks with good quality. Good or bad of finishing work greatly influences quality of floor groundworks. However, such as high-strength concrete etc., difficulty of finishing work caused by the peculiar characteristic of concrete sometimes make problems. The purpose of this research is to establish the method of indicating workability for floor groundworks.

In this thesis, first of all, easiness of troweling was examined. Then, combining easiness of leveling established in the previous thesis, the indicating method of workability for floor groundworks was set.

Keywords : concrete floor groundwork, workability, finishing, characteristics, measuring method, quantitative value

コンクリート床下地, 施工性, 上面仕上げ, 特性, 測定方法, 物理量

1. 序論

コンクリート床下地の凹凸, 不陸, 表面強度などの表層部品質は, 仕上げ材施工後の床の性能を大きく左右する要因の1つである^{1)~3)}。ここで, 現場打ちコンクリート床下地(以降, “床下地”と記す)の表層部品質には, 使用するフレッシュコンクリートの特性と, 通常「ならし」, 「むら直し」, 「押え」などと称する上面仕上げ作業や養生の良否が大きく影響する。したがって, どのような特性のフレッシュコンクリート(以降, “生コン”と記す)を用いてどのような条件で作業, 養生すればどの程度の品質の床下地ができるかを定量的に示す指標を提示し, 要求性能に応じた生コンおよび施工条件の選定のための資料とする必要があると考えられる。

一方, 近年, 超高層RC造建築物などを中心に高強度コンクリートなどが用いられる事例が増加しているが, これらのコンクリートを用いて床下地を施工した場合, その特性が通常のコンクリートと大きく異なるため, 上面仕上げ作業が十分にできず, 表層部品質が確保できないことが問題となっている⁴⁾。したがって, 床下地の表層部品質に関する指標の提示にあたっては, 高強度コンクリートなどを含む様々なコンクリートに適用できる, 上面仕上げ作業のしやすさの定量的な表示方法を提示する必要があるといえる。

このような背景から, 筆者らは, 上面仕上げ作業のしやすさを表す物理量を設定することを目的とした研究を行っており, 前報⁵⁾では, その第一段階として, 作業のしやすさに影響する生コンの要因

を抽出するとともに, 床下地型枠に生コンを投入した直後に行う作業である「ならし」のしやすさを表す物理量を設定した経過, 結果を述べた。本報は, 「ならし」の後, 通常ブリーディング水が引いてから行う作業である「むら直し」および「押え」のしやすさを表す物理量を設定するとともに, 「ならし」, 「むら直し」, 「押え」のしやすさを表す物理量を複合することにより, 上面仕上げ作業の総合的なしやすさを表す物理量を設定した経過, 結果を述べるものである。

なお, 本研究の背景, 意義および関連する既往の研究などは, 前報で詳しく述べている。また, 本報は, 日本建築学会大会での発表^{6), 7)}に, さらなる検討を加えたものである。

2. 研究の目的, 範囲

本報は, むら直し, 押えのしやすさを表す物理量を設定し, さらにならしも含めた総合的な上面仕上げ作業のしやすさを表す物理量を設定することを目的としている。ここで, 本研究では, 高強度コンクリート, 高流動コンクリート, 軽量コンクリートなどを含む実際の現場で床下地施工に用いられている様々なコンクリートを対象とし, コンクリートの種類を問わず共通に適用できる物理量を設定することとする。

本研究で対象とする床下地の仕様および施工法は, 前報で述べた通り, ごく一般的な構造スラブおよび在来工法とする。

* 東京工業大学大学院理工学研究科建築学専攻 助教授・工博

** 東京工業大学 21世紀 COE 研究員(PD)・博士(工学)

Assoc. Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., Graduate School of Science and Eng., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
21st Century COE Postdoctoral Fellowship, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

3. 研究方法

以下に、前報で述べた本研究の研究方法を示す。

- ① 床下地の上面仕上げ作業担当者の意見などに基づいて、上面仕上げ作業のしやすさに影響する生コンの要因を抽出する。
- ② 実際の上面仕上げ作業の動作やそれによる生コンの挙動を観察し、どのような動作をしたときのどのような挙動が作業のしやすさに影響しているかを、①で抽出した要因ごとに考察する。
- ③ ②で考察した動作時の生コンの挙動を実状に即した条件下で再現できる、生コンの特性の測定方法を設定する。
- ④ 特性の異なる様々な生コンを試料として用い、経験豊富な熟練上面仕上げ作業担当者を検査員として、試料とした生コンの上面仕上げ作業のしやすさに関する判断を求める官能検査を実施する。
また、あわせて、③で設定した方法により試料とした生コンの特性を測定する。
- ⑤ ④で得られた官能検査結果と生コンの特性の測定結果との関係を種々検討し、上面仕上げ作業のしやすさを表す物理量を設定する。
また、この物理量とその測定方法をあわせて、上面仕上げ作業のしやすさからみた生コンの特性の表示方法として提示する。

以上であるが、前報では、作業のしやすさに影響する生コンの要因を抽出(①)するとともに、ならしを対象に作業のしやすさを表す物理量を設定(②～⑤)した経過、結果を述べた。表1に、①で抽出した生コンの要因を示す。表に示すように、ならしのしやすさには生コンのかき動かしやすさ、粗骨材の沈めやすさ、粘りつき、荷重をかけた際の周囲の変形が影響すること、むら直し、押えのしやすさには生コンの粘りつき、荷重をかけた際の周囲の変形、ペースト量が影響することが明らかとなっている。

本報は、むら直し、押えを対象に②～⑤にしたがって作業のしやすさを表す物理量を設定し、さらにならしのしやすさを表す物理量と複合して総合的な作業のしやすさを表す物理量を設定した経過、結果を述べる。

なお、本報では、前報と同様、作業のしやすさを熟練上面仕上げ作業担当者の判断に基づいて検討することとする。また、床下地の

表1 上面仕上げ作業のしやすさに影響する生コンの要因⁵⁾

作業	作業内容	生コンの要因
ならし	・生コンを全体に配分する ・粗骨材を沈める ・レベルを調整する ・作業で生じたむらなどを修正する	・かき動かしやすさ ・粗骨材の沈めやすさ ・粘りつき ・荷重をかけた際の周囲の変形
むら直し	・全体的な凹凸を修正する ・表面に出ている粗骨材を埋め込む	・粘りつき ・荷重をかけた際の周囲の変形
押え	・細かい凹凸を修正する ・表面を密実にする	・ペースト量

図1 粘りつき測定装置の概要⁵⁾

図2 荷重をかけた際の周囲の変形測定装置の概要⁵⁾

図3 ペースト量の測定方法の概要

表層部品質と生コンの特性および施工条件との関係の検討は、本研究成果を適用することによる今後の課題とする。

4. 生コンの特性の測定方法の設定

表1に示したむら直し、押えのしやすさに影響する生コンの要因3種(粘りつき、荷重をかけた際の周囲の変形、ペースト量)のうち、粘りつきおよび荷重をかけた際の周囲の変形については、ならしを対象とした前報で設定した測定方法の適用を試みることとした。一方、むら直し、押えで新たに要因として抽出されたペースト量については、新規に測定方法を設定することとした。以下に、測定方法を述べる。

4.1. 粘りつき

図1に、前報で設定した粘りつき測定装置の概要を示す。本装置は、生コン表面に置いたアルミ製の円板(φ100mm、質量400g)を、モーターでワイヤーを巻き取ることで垂直に0.33mm/sで引き上げ、そのときに要する荷重の時間変化を、荷重変換器で測定するものである。

4.2. 荷重をかけた際の周囲の変形

図2に、前報で設定した荷重をかけた際の周囲の変形測定装置の概要を示す。本装置は、生コン表面に置いた鋼製円板(φ100mm)を介して14.7N(1.5kgf)の荷重を載荷したときの表面の変形を、レーザー変位計を用いた表面凹凸測定装置で測定するものである。具体的には、図に示す通り円板の中心を通るよう設定した測定線上の表面凹凸波形を測定する。

4.3. ペースト量

数種の生コンを用い、こてがけ時のペースト量の感触を確かめる予備実験を行った。その結果、生コン表面の凹凸を整えるためにこてを使って軽い力のかき動かすことのできるペーストの量が、直接ペースト量の判断に影響していることがうかがえた。すなわち、表面がこわばった状態になる高強度コンクリートなどでは、内部が未だ凝結、硬化していなくてもペースト量は少ないと感じられることがわかった。一方、表面がこわばらないコンクリートでは、まだ凝結、硬化していない生コン表層部の、粗骨材が沈んでいる深さより上の部分のペーストの量が判断に影響し、例えば粗骨材が表層部付近に浮いた軽量コンクリートなどでは、ペースト量は少ないと判断される傾向があることがわかった。

以上より、図3に示す通り、表層部のペーストを静かにかき取り、単位面積あたりのペーストの質量を算出する方法を、ペースト量の測定方法として設定した。

図4 沈降量測定装置の概要

写真1 上面仕上げ作業用わらじの概要

図5 人間が乗ったときと沈降量測定装置による沈降量の関係

※ 人間が乗ったときの沈降量は、作業担当者(体質量約70kg)が作業用わらじ(面積約600cm²)を着用して生コンの上に乗ったときの沈降量の平均を表す

r: 相関係数
***: 危険率0.1%以下で有意

4.4. 沈降量

4.1. ~4.3. で述べた作業のしやすさに影響する要因に加え、各作業時における生コンの凝結、硬化の程度を定量的に把握する目的で、図4に示す沈降量測定装置を用い、生コン上に作業担当者が乗った場合を想定した荷重をかけたときの、表面の沈降量を測定することとした。本装置は、質量35kgの重錘をワイヤーで昇降させることにより、φ200mmの荷重板を介して生コン表面に荷重をかけるものである。図5に、いくつかの生コンを用い、本装置による沈降量と、作業担当者(体質量約70kg)が写真1に示す上面仕上げ作業用わらじ(面積約600cm²)を着用して乗ったときの沈降量を比較した結果を、両者の相関係数とともに示す。図より、両者は良く対応していることがわかる。

5. 官能検査および生コンの特性の測定

様々な生コンを試料として検査員に提示し、実際に上面仕上げ作業を行ってもらったうえで、作業のしやすさに関する判断を求める官能検査を実施した。また、あわせて、試料とした生コンの特性を測定した。

5.1. 検査および測定手順

- ① 試料となる生コンを混練し、スランプ、スランプフロー、練り上がり温度を測定する。つぎに、混練した生コンを官能検査用型枠に所定量投入する。残りは、特性測定に用いる。
- ② 官能検査用型枠に投入した生コンの荒ならし、締固めを行い、続いて検査員となる上面仕上げ作業担当者にならしを行ってもらう。
- ③ ②と並行して、前報で設定したならしのしやすさを表す物理量LI (Leveling Index) を測定する。

- ④ 検査員に、官能検査用型枠に投入した生コンの凝結、硬化の様子を観察してもらい、適切なタイミングを見計らってむら直し、押えを行ってもらう。その際、作業のしやすさに関する判断を求める。
- ⑤ ④と並行して、4. で設定した方法で生コンの特性を測定する。測定は、検査員がむら直し、押えを行うたびに行う。
- ⑥ すべての作業が終了した時点で、検査員に、ならし、むら直し、押えのしやすさを総合的に考慮した上面仕上げ作業のしやすさに関する判断を求める。

以上の検査および測定を、試料ごとに繰り返すこととした。

5.2. 検査概要

官能検査の概要を表2に示すとともに、以下に説明を加える。

5.2.1 検査項目および判断範ちゅう

検査項目を表2に示す。検査は、むら直し、押えを行うたびに実施し、作業の際に感じられる生コンの粘りつき、荷重をかけた際の周囲の変形、ペースト量に関する判断と、これらの要因を総合したむら直し、押えのしやすさに関する判断を求めた。また、すべての作業が終了した時点で、ならし、むら直し、押えのしやすさを総合的に考慮した上面仕上げ作業のしやすさに関する判断を求めた。

検査では、検査員に日常的に施工しているごく一般的な生コンの感触を思い出してもらい、これと試料とした生コンの感触との比較判断を求めた。質問文および判断範ちゅうは、表2に示す通りである。

5.2.2 試料

表3に示す18種の生コンを試料とした。これらは、実際の現場で床下地施工に用いられている様々なコンクリートの材料(セメント、

表2 官能検査の概要

検査項目	むら直し、押え時				作業終了時
	粘りつき	荷重をかけた際の周囲の変形	ペースト量	むら直し あるいは押えのしやすさ	総合的な上面仕上げ作業のしやすさ
質問文 および 判断範ちゅう	日常的に施工しているごく一般的な生コンと比較して、この生コンは、				
	⑦ 非常に粘りつく	⑦ 非常に大きい	⑦ 非常に多い	⑦ 非常にしにくい	⑦ 非常にしにくい
	⑥ かなり粘りつく	⑥ かなり大きい	⑥ かなり多い	⑥ かなりしにくい	⑥ かなりしにくい
	⑤ やや粘りつく	⑤ やや大きい	⑤ やや多い	⑤ ややしにくい	⑤ ややしにくい
	④ 同じである	④ 同じである	④ 同じである	④ 同じである	④ 同じである
	③ やや粘りつかない	③ やや小さい	③ やや少ない	③ ややしやす	③ ややしやす
	② かなり粘りつかない	② かなり小さい	② かなり少ない	② かなりしやす	② かなりしやす
	① 非常に粘りつかない	① 非常に小さい	① 非常に少ない	① 非常にしやす	① 非常にしやす
検査員	上面仕上げ作業担当者2名(年齢: 67歳, 経験年数: 43年) および 年齢: 59歳, 経験年数: 35年)				
官能検査用型枠	内法: 300×500mm, 生コン厚さ: 150mm(一般的な構造スラブを模擬)				

表3 試料とした生コンの概要

試料No.	コンクリートの種類	分類 ^{※1}	呼び強度 (N/mm ²)	調合								養生剤散布の有無	測定結果			作業回数 (回)	
				水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	水 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	混和剤 (kg/m ³)	混和材 (kg/m ³)		スランブ (cm)	スランブフロー (cm)	練り上がり温度 (°C)	むら直し	押え
1	普通	N 普	27	55	46	158	288	850	1017	0.863	—	無	5	22	22.5	2	3
2	普通	N 普	27	55	46	170	309	827	990	0.928	—	無	13	24	20.8	2	3
3	普通	N 普	27	55	46	185	337	798	955	1.011	—	無	16	26	21.0	2	3
4	普通	N 普	27	55	46	185	337	798	955	1.011	—	無	20	31	22.0	2	3
5	普通	N 普	20	65	48	170	274	867	957	0.823	—	無	18	30	22.5	2	3
6	普通	N 高	27	55	46	158	288	850	1017	1.730	—	無	11	25	20.5	2	3
7	普通	N 高	27	55	50	169	307	898	917	1.842	—	無	16	29	21.2	2	3
8	高流動	BB 高	35	47	54	165	350	970	856	5.250	—	無	—	58	20.8	2	2
9	高強度	BB 普	36	45	45	182	409	759	965	1.640	—	無	18	29	21.6	2	2
10	高強度	N 普	37	41	47	164	400	818	940	1.600	—	無	8	22	23.0	2	3
11	高強度・高流動	L 高	47	38	52	165	432	907	867	6.264	—	無	—	64	22.2	1	1
12	高強度・高流動	HF 高	58	31	49	165	525	805	891	6.825	—	無	—	72	21.4	1	2
13	高強度・高流動	HF 高	58	31	49	165	525	805	891	6.825	—	有	—	75	21.0	2	1
14	高強度・高流動	SF 高	65	30	51	160	480	855	847	7.729	53	有	—	60	23.0	1	2
15	高強度・高流動	L 高	67	27	48	165	611	761	867	8.860	—	有	—	72	21.2	1	2
16	高強度・高流動	HF 高	80	24	46	165	690	694	867	10.005	—	有	—	83	22.3	1	2
17	高強度・高流動	SF 超高	108	19	43	155	734	629	847	11.832	82	有	—	68	23.0	2	1
18	軽量 ^{※2}	N 普	30	44	48	183	416	785	430	4.450	—	無	20	30	22.6	2	1

※1: 使用したセメント、混和材料の種類による分類

N: 普通ポルトランドセメント, BB: 高炉セメントB種, L: 低熱ポルトランドセメント, HF: 高ビークライト系セメント, SF: HF+シリカフューム(重量の10%を置換), 普: AE減水剤(標準形I種), 高: 高性能AE減水剤(標準形I種), 超高: 超高性能AE減水剤(標準形I種)

※2: 粗骨材に人工軽量粗骨材を使用

混和材料など)や調合、および上面仕上げ作業時の養生剤散布の有無について調査した結果³⁾などを参考に、特性の異なる様々な生コンを含む試料群とすることに留意して選定したものである。

5.2.3 検査員

表2に示す通り、経験豊富な熟練上面仕上げ作業担当者を検査員とした。検査員数は、実際に作業をさせる実験上の制約から2名とし、判断の精度を確保する目的で、2名が合議し合意が得られた時点で回答を求めることとした。

5.2.4 官能検査用型枠

官能検査用型枠は、表2に示す通り内法300×500mmとし、生コン厚さは150mm(一般的な構造スラブを模擬)とした。

5.3 検査および測定経過、結果

検査および測定は、2003年5月20～29日の間に4日に分けて、温度20℃、湿度60%の恒温恒湿実験室で実施した。なお、検査および測定の様子は、ビデオにより撮影、記録した。

5.3.1 官能検査経過、結果

検査では、2名の検査員が生コンの凝結、硬化の程度を目視および指触りなどで観察したうえで作業タイミングを決断し、各試料ごとに1分程度の時間をかけて木ゴてによるむら直し、あるいは金ゴてによる押えを行った後、判断をしていた。いずれの試料でも2名の検査員の判断はほぼ一致しており、合議の結果合意が得られないことはなかった。試料ごとのむら直し、押えを行った回数は、表3に示す

通りである。なお、表に示す通り、一部の試料では3回目の押えも行ったが、この段階では検査結果に試料による大きな違いは認められなかったことから、以降の検討対象からは除外することとした。

5.3.2 生コンの特性の測定経過、結果

試料とした生コンを、検査に用いたのとは別の型枠に投入し、その特性を測定した。測定は、5.1.で述べた通り、検査員がむら直し、押えを行うのと同時に、作業のたびに行った。1回の測定に要した時間は、いずれの試料でも10分程度であった。

6. むら直し、押えのしやすさを表す物理量の設定

6.1 粘りつきを表す物理量の設定

図6に、粘りつき測定装置で測定した荷重・時間曲線の例を示す。図の縦軸は、荷重変換器にアルミ製円板の自重(質量約400g)が載荷された状態を0としていることから、円板が生コン表面に置かれていた測定開始時点(図中A点)での荷重は、約-3.52N(-400gf)となっている。また、円板が生コン表面より持ち上げられるB点以降、粘りついた生コンの影響で荷重は徐々に増加するが、やがて生コンが円板端部から切り離れはじめるC点で、荷重は減少に転じる。ここで、ならしを対象とした前報では、粘りつきが強い生コンほど切り離れてゆくのにかかる時間が長いことに着目し、C点以降、荷重が10%減少するのに要する時間 ΔT (単位: s)を粘りつきを表す物理量として設定している。本報でも、はじめに ΔT の適用性を検討することとした。

図6 粘りつき測定装置で測定した荷重・時間曲線の例

図7 粘りつきに関する官能検査結果と ΔT の関係

図8 荷重をかけた際の周囲の変形測定装置で測定した生コン表面の凹凸波形の例

図7に、粘りつきに関する官能検査結果と ΔT の関係を示す。左図はむら直し時の、右図は押え時の関係を示したものである。また、図中の曲線は、目視で描いた対応の中心傾向を示す曲線である。図に示すように、官能検査結果と ΔT は比較的良好に対応していることから、むら直し、押えの場合も、粘りつきを表す物理量として ΔT が適用できることがわかる。

なお、図7のように官能検査結果など人間の判断に基づく尺度と装置による物理的特性の測定結果など人間の判断を介さないで構成される尺度との関係を検討する場合、両者の関係は必ずしも直線や各種曲線などの関数で説明できず、したがって回帰分析などの統計的手法を適用できないため、最も基本的な方法である目視に依らざるを得ない場合も多々あることを付け加える。

6.2. 荷重をかけた際の周囲の変形を表す

物理量の設定

図8に、荷重をかけた際の周囲の変形測定装置で測定した生コン表面の凹凸波形の例を示す。ならしを対象とした前報では、凹凸波形のうち、変形している部分の幅 w と変形自体の大きさ d から算出される d/w (ただし、 $d \leq 1\text{mm}$ または $w \leq 10\text{mm}$ の場合は、周囲の変形が認識されないため $d/w = 0$ とする)を、荷重をかけた際の周囲の変形を表す物理量として設定している。本報でも、はじめに d/w の適用性を検討することとした。

図9に、荷重をかけた際の周囲の変形に関する官能検査結果と d/w の関係を示す。図に示すように、官能検査結果と d/w は比較的良好に対応していることから、むら直し、押えの場合も、荷重をかけた際の周囲の変形を表す物理量として d/w が適用できることがわかる。

6.3. ペースト量を表す物理量の設定

ペースト量を表す物理量として、はじめに4.3.で述べた方法で測定した単位面積あたりのペースト質量の適用性を検討することとした。

図10に、ペースト量に関する官能検査結果と単位面積あたりのペースト質量 W_P (Weight of Paste, 単位: g/mm^2)の関係を示す。図に示すように、官能検査結果と W_P は比較的良好に対応していることから、ペースト量を表す物理量として W_P が適用できることがわかる。

図9 荷重をかけた際の周囲の変形に関する官能検査結果と d/w の関係

図10 ペースト量に関する官能検査結果と W_P の関係

図11 むら直し、押えのしやすさに関する官能検査結果と TI の関係

6.4. むら直し、押えのしやすさを表す物理量の設定

6.4.1 物理量の設定

6.1. ~ 6.3.で設定した ΔT 、 d/w 、 W_P を用い、むら直し、押えのしやすさを表す物理量を設定することとした。むら直し、押えのしやすさに関する官能検査結果と ΔT 、 d/w 、 W_P との関係を検討した結果、以下の知見が得られた。

- ・1回目のむら直し時に十分な量のペーストがないと、比較的大きな表面のむらが修正できず、作業できない。
- ・1回目のむら直しができれば、大きなむらはほぼ修正されるため、2回目以降のむら直し、押えでは、ペーストはごく微量あれば作業に支障はない。
- ・作業するのに必要な量のペーストがある場合は、作業のしやすさには粘りつきと荷重をかけた際の周囲の変形が影響する。

これらの知見から、1回目のむら直しの際 W_P がどの程度以上あればペースト量が十分と判断されるか、あるいはペースト量が十分である場合 ΔT 、 d/w はどのように作業のしやすさに影響するかなどを種々検討した。その結果、1回目のむら直し時の W_P の下限値は $0.1\text{g}/\text{mm}^2$ 程度が適当であることがわかったとともに、下式で表される物理量 TI (Troweling Index)が、官能検査結果と比較的良好に対応することがわかった。

図12 1回目のむら直し時に測定した TI と2回目のむら直し以降の作業時に測定した TI の関係 図13 1回目のむら直し時に測定した TI と2回目のむら直し以降の作業のしやすさに関する官能検査結果との関係

図14 検査員が1回目のむら直しを行ったのと同時に測定した沈降量の分布

1回目のむら直し時の $W_p \geq 0.1 \text{ g/mm}^2$ の場合 $TI = \Delta T + 3 \times d/w$

1回目のむら直し時の $W_p < 0.1 \text{ g/mm}^2$ の場合 $TI = 2$

ここで、 ΔT の単位は s、 d/w の単位はなし

図11に、むら直し、押えのしやすさに関する官能検査結果と TI の関係を示す。

以上より、むら直し、押えのしやすさを表す物理量として、 TI を設定した。

6.4.2 物理量の測定タイミングの設定

6.4.1では、検査員がむら直し、押えを行ったのと同時に ΔT 、 d/w 、 W_p を測定し、その結果から TI を算出している。しかし、新たなコンクリートを対象とする場合、毎回 TI の測定タイミングを作業担当者に判定してもらうことはできない。したがって、様々なコンクリートに適用できる TI の測定タイミングを、何らかの方法で規定する必要がある。

ここで、官能検査結果や TI の測定結果を再度見直したところ、1回目のむら直しで作業しにくいと判断された生コンは2回目以降のむら直しおよび押えでも作業しにくいと判断され、作業のしやすさからみた生コンの序列は作業ごとに大きくは変化しないことがうかがえ

た。図12に、1回目のむら直し時に測定した TI と、2回目のむら直し以降の作業時に測定した TI の関係を示す。ただし、1回目のむら直し時の $W_p < 0.1 \text{ g/mm}^2$ で以降の各作業時の $TI = 2$ とした試料による点は、除外している。図より、両者は比較的良く対応していることがわかる。このことは、2回目のむら直し以降のいずれの作業のしやすさも、1回目のむら直しのタイミングで測定した TI で表示できることを示唆している。そこで、図13に、1回目のむら直し時に測定した TI と、2回目のむら直し以降の作業のしやすさに関する官能検査結果との関係を示す。図より、両者は比較的良く対応していることがわかる。

これらの知見に基づき、1回目のむら直しのタイミングを、 TI の測定タイミングとして設定することとした。ここで、検査員は、1回目のむら直しを行うタイミングを、5.3.1で述べた通り、生コン表面を指で押したときの挙動などから判断していることが、官能検査の様子を撮影、記録したビデオなどからうかがえた。また、検査員の発言などから、実際の現場では、指触りなどに加え、生コンの上に乗ったときの沈降の程度などにより、タイミングを判定していることがうかがえた。すなわち、4.4.で述べた沈降量測定装置による測定結果に基づいて、測定タイミングを規定できる可能性が高いことが予想された。そこで、図14に、5.で述べた官能検査時に検査員が1回目のむら直しを行ったのと同時に測定した沈降量の分布を示す。図より、いずれの生コンでも、沈降量がおおむね3mmとなったときに1回目のむら直しが行われていることがわかる。

以上より、 TI の測定タイミングとして、沈降量測定装置で測定される沈降量が3mmとなるタイミングを設定した。

7. 上面仕上げ作業のしやすさを表す物理量の設定

前報で設定したならしのしやすさを表す物理量 LI 、および6.で設定した TI (1回目のむら直し時の測定値) を用いて、総合的な上面仕上げ作業のしやすさを表す物理量を設定することとした。具体的には、はじめに、 LI と TI を重み付けしてたしあわせた物理量の適用性

図15 上面仕上げ作業のしやすさに関する官能検査結果とFIの関係

を検討した。重み付けの係数などを種々検討した結果、下式で表される物理量 FI (Finishing Index) が、官能検査結果と比較的良好に対応することがわかった。

$$FI = LI + 3 \times TI$$

図15に、上面仕上げ作業のしやすさに関する官能検査結果と FI の関係を示す。

以上より、総合的な上面仕上げ作業のしやすさを表す物理量として、 FI を設定した。なお、新たなコンクリートを対象とする場合は、生コン混練後、沈降量測定装置で測定される表面の沈降量が3mmとなったタイミングで TI を測定し、この TI を用いて FI を算出することとなる。

8. 結論

前報に引き続き、上面仕上げ作業のしやすさからみた生コンの特性の表示方法を提示することを目的として行った本報の結論は、以下の通りである。

- ・ むら直し、押えの動作やそれによる生コンの挙動などを観察した結果を参考に、前報で抽出した作業のしやすさに影響する要因である粘りつき、荷重をかけた際の周囲の変形、ペースト量の測定方法を設定した。
- ・ 様々なコンクリートを試料とし、熟練上面仕上げ作業担当者を検査員とした官能検査を実施するとともに、設定した方法で生コンの特性を測定した。また、官能検査結果と、生コンの特性の測定結果の関係から、作業担当者が感じる粘りつき、荷重をかけた際の周囲の変形、ペースト量の程度を表す物理量を設定するとともに、これらの物理量を複合することにより、むら直し、押えのしやすさを表す物理量 TI を設定した。さらに、 TI と、前報で設定したならしのしやすさを表す物理量 LI を複合することにより、総合的な上面仕上げ作業のしやすさを表す物理量 FI を設定した。

以上であるが、前報と本報の成果をあわせ、上面仕上げ作業のしやすさからみた生コンの特性の表示方法を整理すると、以下の通りとなる。

- ① 生コンを混練後、通常ならしを行うタイミングで、かき動かしやすさを表す物理量 $L_{45} + \bar{L}_{10}$ 、粗骨材の沈めやすさを表す物理量 SD_{10-100} 、粘りつきを表す物理量 ΔT 、荷重をかけた際の周囲の変形を表す物理量 d/w を測定し、ならしのしやすさを表す物理量 LI を算出する。
- ② 混練後の生コンの状態を沈降量測定装置を用いて適宜観察し、沈降量が3mmとなったタイミングで、生コンの粘りつきを表す物理量 ΔT 、荷重をかけた際の周囲の変形を表す物理量 d/w 、ペースト量を表す物理量 W_P を測定し、むら直し、押えのしやすさを表す物理量 TI を算出する。
- ③ LI と TI を用いて、総合的な上面仕上げ作業のしやすさを表す物理量 FI を算出する。

以上、本研究で提示した表示方法は、試し練りや使用する材料、調査に基づく検討などを通じて、種々の生コンの作業のしやすさに関するデータを事前に把握、蓄積し、施工計画の立案(施工条件の設定など)や性能に基づいた設計(使用材料の選定など)に反映させるためのツールの1つとして、有効に活用できるものと思われる。

謝辞

本研究のテーマ設定や方向付けなどにあたり種々御指導いただいた小野英哲先生(東北工業大学教授、東京工業大学名誉教授)に、厚く御礼申し上げます。また、本研究に対し有益な御助言をいただきました梶浦茂男部会長、中丸 清氏、端 直人氏をはじめとする日本床施工技术研究協議会第一部会の皆様、ならびに実験などに御協力いただきました中丸幹雄氏をはじめとする皆様に、深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 横山 裕, 横井 健: コンクリート床下地の表層部品質に関する指標のあり方, 日本建築学会構造系論文集, 第580号, pp. 15-22, 2004. 6
- 2) 横山 裕, 横井 健: コンクリート床下地表層部の品質に関する指標の例示, 日本建築学会構造系論文集, 第586号, pp. 15-21, 2004. 12
- 3) 横山 裕, 西谷伸介: コンクリート床下地の施工労力と床の品質および保全労力に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第584号, pp. 29-36, 2004. 10
- 4) 横山 裕, 横井 健: 高強度コンクリートの床上面仕上げ作業のしやすさおよび完成後の品質に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集A-1, pp. 1067-1068, 2002. 8
- 5) 横山 裕, 横井 健: コンクリート床下地の上面作業しやすさに影響する要因の抽出およびならしのしやすさを表す物理量の設定, 日本建築学会構造系論文集, 第589号, pp. 15-22, 2005. 3
- 6) 横山 裕, 横井 健, 金 兜鎬: 床下地上面仕上げ作業のしやすさに影響するフレッシュコンクリートの特性に関する基礎的研究 その1 上面仕上げ作業のしやすさに影響する要因の抽出と生コンの特性測定装置の設計, 試作, 日本建築学会大会学術講演梗概集A-1, pp. 651-652, 2004. 8
- 7) 横山 裕, 横井 健, 金 兜鎬: 床下地上面仕上げ作業のしやすさに影響するフレッシュコンクリートの特性に関する基礎的研究 その2 生コンの特性を表す物理量の設定, 日本建築学会大会学術講演梗概集A-1, pp. 653-654, 2004. 8

(2005年5月9日原稿受理, 2005年8月12日採用決定)