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

CONCEPT OF QUALITY INDEX ON SURFACE LAYER OF CONCRETE GROUND WORK

横山 裕*, 横井 健**
Yutaka YOKOYAMA and Takeshi YOKOI

There is no end of poor surface layers of concrete ground works with insufficiency of the execution circumstances and using soft concrete. In this case, even highly efficient finishing materials cannot make floors come up to the requirement performance. Essentially, it is the reason which is given no clarification to the quality due to the characteristics of concrete and the execution circumstances.

This report describes results of field investigations on the characteristics of concrete and the execution circumstances. It shows the concept of the quality index on the surface layers of concrete ground works with giving an instance.

Keywords : concrete ground work, quality of surface layer, index, workability,
execution circumstance, field investigation

コンクリート床下地, 表層部品質, 指標, 施工性, 施工条件, 実状調査

1. はじめに

建築を構成する床、壁、屋根などの各部位のうち、床は、建築物内の人間や什器・備品、各種機器などが絶えず接していることから、日常の安全性、居住性、使用性などの観点からより重要な部位といえる。床は、一般に、下地層と、場合によって設けられる何層かの中間層、および仕上げ層から構成されており、床の性能には、仕上げ層のみでなく、当然のことながら下地層や中間層が大きく影響する。多くの場合、下地層（以降、“床下地”と記す）にはコンクリートやそれに類する材料が用いられるが、床下地に用いられるコンクリートの上面は、床下地底面や壁側面などの型枠などに接している面と異なり、打設から養生にかけての施工の過程で、通常「ならし」、「押え」などと称する上面仕上げ作業を施す必要がある。また、養生の際も、より多くの措置が必要である。そして、これらの作業、措置の良否によって床下地表層部の品質は大きく変化することが知られている。

ところが、近年、工期の短縮や工費の削減に伴う労力の低下などの影響で、表層部品質が劣悪な床下地が多く出現しており、高い性能を有する中間層、仕上げ層（以降、あわせて“仕上げ材”と記す）を選択したにもかかわらず、竣工後に所期の性能が得られず問題となる事例が多発している。このような問題を未然に防ぐためには、床下地の表層部品質と仕上げ材施工後の床の性能との関係を明確にするとともに、施工に要する労力や養生期間などの施工条件の要因

を取り込んだ床下地の表層部品質に関する指標が必要と思われる。

本報は、実際の現場におけるフレッシュコンクリート（以降、“生コン”と記す）および施工条件の現状や床下地表層部の品質上の問題点およびその発生原因について調査するとともに、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を提案し、さらにこの提案に沿った指標の具体例を提示した経過、結果を述べるものである。

なお、本報は、日本建築学会大会での発表^{1)~3)}に、さらなる検討を加えたものである。

2. 研究の目的、範囲

本研究は、コンクリート床下地の表層部品質に起因する問題が発生する背景を明らかにしたうえで、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を提案することを目的としている。ここで、本研究はあくまでも指標のあり方を提案するものであり、8.で提示する具体例はあくまでも提案した指標のあり方に対する理解を深めるためのものであること、本研究での提案に基づいた実用性のある指標の具体的提示は本研究の範囲外としていることを強調する。

本研究で対象とする生コンは、とりあえずごく一般的な普通コンクリート（普通ポルトランドセメント、AE減水剤標準形使用）とする。また、対象とする施工法は、従来から現場で行われているごく一般的な施工法とする。具体的には、コンクリートポンプなどを用いて生コンを型枠内に投入し、人力もしくはパイプレータ、機械ごてな

* 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

** 東京工業大学大学院
21世紀 COE 研究員リサーチアシスタント・修士(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 Researcher, Graduate School, Tokyo Institute of Technology, M. Eng.

どの小型施工機械にて荒ならし、締固めおよび上面仕上げ作業などを行う方法とする。なお、他の生コン、施工法を対象とした検討は、本研究以降の課題とする。

3. 既往の研究

コンクリートおよびコンクリート建築物の品質や、生コンの特性との関係に関する研究は、これまでに数多くなされている。しかし、床下地の表層部品質を対象とした研究例は比較的少なく、さらに施工条件の要因を取り込んだ研究例としては、小野、地濃、添田の研究以外見あたらない。

小野らは、ヒアリング調査により、床下地コンクリート施工における計画、管理上の不適正が原因で発生する下地面の代表的な欠陥として、凹凸、表面強度不足、雨だれ跡の3項目を抽出している。さらに、不適正な施工条件を1～2段階設定し、その条件で施工した場合の凹凸、表面強度、雨だれ跡に関するデータを適正な施工条件で施工した場合と比較する検証実験を行っており、床下地の表層部品質に及ぼす施工条件の影響の大きさを実験的に明らかにするとともに、施工条件の要因を取り込んだ研究の必要性を強調している。本研究は、小野らの研究成果を受けて、施工条件の要因を取り込んだ表層部品質に関する指標について検討するものである。

4. 施工管理担当者を対象とした生コンのかたさに関する実験

本節では、実際に現場で打設されている生コンの実状を把握する目的で行った、施工管理担当者に生コンのかたさの適否や打設経験の有無を判断させる実験の経過、結果を述べる。

4.1. 予備調査

コンクリート工事の最終責任者であり、品質と施工性を勘案した総合的な判断を下す立場にある施工管理担当者を対象に、予備調査をヒアリング形式で実施した。この調査は、施工管理担当者は、施工の際、生コンのかたさについてどのような対応をしているのかを把握するとともに、実際の現場で生コンのかたさをどのように判断しているかを抽出し、実験の基礎資料とすることを目的としている。

表1に本調査と実験の検査員の概要を示す。検査員の選定にあたっては、コンクリート工事の管理に豊富な経験を有すること、様々な担当地域から選定することなどに留意した。なお、本調査と実験では、当初は検査員数を特定せず、1名ずつ調査、実験を積み重ね、安定した結果が得られた時点で終了することとした。その結果、4名が

表1 予備調査および実験の検査員の概要

年齢	所属	担当地域	経験年数
36歳	総合建設業	九州	10年
34歳	総合建設業	関東	10年
29歳	総合建設業	東海	7年
36歳	総合建設業	関西	8年

表2 予備調査の質問および代表的な回答

質問	代表的な回答
打設箇所に応じて生コンのかたさを調節するよう指示したことがありますか？	ある (全員が「ある」と回答)
「ある」と答えた場合 「かため」の生コンを指示するのはどの箇所ですか？	吹き出しのある箇所(階段など) 勾配のある箇所(屋根など)
「やわらかめ」の生コンを指示するのはどの箇所ですか？	配筋の密な箇所(柱梁接合部など) 充填しにくい箇所(開口部周辺など)
生コンのかたさをどのように判断しますか？	ポンプ筒先より梁上端筋上に落ちた生コンの動きや、パイプレータをかけたときの生コンの動きなどを見て判断する

終了した段階で、いずれの検査員からもほぼ同様の結果が得られたことから、これ以上検査員を増やしても結果は大きくは変化しないと判断し、終了とした。

質問および代表的な回答を表2に示す。調査の結果、いずれの施工管理担当者も、設計図書などに規定されたスランブによる管理とは別に、打設箇所に応じて生コンのかたさを微妙に調節していることがわかった。また、施工管理担当者は、「ポンプ筒先より梁上端筋上に落ちた生コンの動き」や「パイプレータをかけたときの生コンの動き」などを見て、生コンのかたさを判断していることがわかった。

4.2. 実験方法

4.1.の予備調査で対象とした4名を検査員として別々に実験室に招き、かたさが異なる種々の生コンを試料として提示し、実際に打設するとした場合のかたさの適否や打設経験の有無を判断させる実験を行った。

実験の概要を表3に、また実験の状況を図1に示す。図に示す通り、実験は、模擬筒先や配筋を施した模擬梁型枠を用い、「ポンプ筒先より梁上端筋上に落ちた生コンの動き」や「パイプレータをかけたときの生コンの動き」を再現して検査員に見せ、表3に示す①～⑤(質問1)および④～⑥(質問2)のいずれかの判断を求める方法で行った。なお、検査員には、スランブ18cmの普通コンクリートと規定された工事を想定したうえでの判断を求めた。

試料とした生コンは、表3に示す通り検査員1名あたり24種とし、水セメント比55%、細骨材率46%で単位水量のみを変化させ、かたさを変化させた。また、検査員1名あたり3～4種の試料は、しばしば

表3 生コンのかたさに関する実験の概要

あなた自身の、スランブ18cmと規定された工事での生コン打設業務から得た経験と照らし合わせて、以下の質問にお答え下さい	
質問および判断範囲	① かたすぎて適当でない
	② 階段、勾配屋根など、かためが必要な箇所に適当である
	③ 一般的な箇所に適当である
	④ 柱梁接合部、開口部周辺など、かたいと特に打設しにくい箇所に適当である
	⑤ やわらかすぎて適当でない
質問2: この「かたさ」、「やわらかさ」の生コンの打設を	④ 日常的に行っている
	⑤ 日常的ではないが、行ったことがある
	⑥ 行ったことがない
試料とした生コン	試料数(検査員1名あたり)
	24種(うち3～4種はシャブコン)
	セメント
	普通ポルトランドセメント
	水セメント比
	55%(シャブコンを除く)
	単位水量
	157～191kg/m ³ シャブコン: 単位水量166kg/m ³ の割合に、単位水量の20%、25%の水を追加投入
	細骨材率
	46%
	混和剤
	AE減水剤標準形
	スランブ
	4.9～23.3cm
	スランブフロー
	20.1～63.0cm

図1 実験の状況

問題となる不法加水を再現する目的で、基本的な調査に水のみを過剰に加えたいわゆる「シャブコン」とした。

4.3. 実験経過、結果

実験は、1999年6～10月の間の盛夏を避けた時期に実施した。検査員が一つの試料の判断に要した時間は、3分程度であった。また、実験と並行して、試料とした生コンのスラップなどを、検査員から見えない場所で測定した。

図2に、検査員の回答とスラップの関係を示す。図の記号は、検査員により分類したものである。また、図3に、スラップを2cmごとに区切り、それぞれの範囲内の試料に対する回答の割合を求めた結果を示す。図2、3の上図より、スラップ18cmと規定された工事で「③ 一般的な箇所への打設に相当」と判断された試料の多くはスラップ17～22cmに分布していること、特にスラップ18～20cmの範囲では大半の試料が③と判断されていることがわかる。また、「④ かたいと特に打設しにくい箇所に相当」と判断された試料はスラップ19～22cm程度に分布しており、スラップ20～22cmの範囲でも「⑤ やわらかすぎて適当でない」と判断される割合はそれほど多くはないことがわかる。さらに下図より、スラップ22cm程度でも「④ 日常的に打設している」と判断されている試料があることがわかる。これらの結果から、③、④に該当する箇所に実際に打設されている生コンのスラップは、ポンプ圧送などによるロスを加味して、荷卸し時に18～22cm程度とみなすことができる。

なお、JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)では、スラップ18cmの場合±2.5cmの誤差が認められているが、上述の荷卸し時のスラップ18～22cm程度という実状と比較すると、JISでは誤差として定められた範囲が、実際には施工管理担当者によって許容範囲と読み替えられている現状がうかがえる。

なお、「シャブコン」に対しては、ほとんどの場合、検査員は「⑤ やわらかすぎて適当でない」および「⑤ 打設したことがない」と判断した。

4.4. 考察

一般建築物のコンクリート工事には通常スラップ18cm以下の生コンを用いるよう各種仕様書に規定されているが、実際には、施工管理担当者の判断によりかたさの微調整が指示されており、一般的な

箇所ではスラップ18cmよりやわらかい生コンが打設されている現状が明らかとなった。この結果は、施工管理担当者が打設の際最も重要視しているのは、配筋の密な箇所や開口部周辺などにいかに確実に充填するかであることを、示唆しているといえる。これに対し、比較的打設しやすい床下地への打設時には、かたさの微調整などは一般的には行われておらず、やわらかい生コンがそのまま打設されている。そして、このことが、表層部品質が劣悪な床下地が多く出現している一因となっていると想定される。

5. コンクリート床下地表層部の品質上の問題点とその原因に関する調査

本節では、上面仕上げ作業担当者を対象に、床下地表層部の品質上の問題点や、各問題点と施工上の原因の因果関係、およびその施工上の原因がどのような施工条件の不備に起因するのかを、具体的に調査した経過、結果を述べる。

5.1. 調査方法

調査は、熟練上面仕上げ作業担当者5名を研究室に招き、ヒアリング形式で実施した。表4に調査対象者の概要を示す。具体的には、表5に示す質問文にしたがって、完成後の床下地表層部の品質上の問題点(質問1)を抽出し、さらに各問題点と施工上の原因の因果関係(質問2)、およびその施工上の原因がどのような施工条件の不備に起因するものか(質問3)を調査した。

表4 調査対象者の概要

年齢	担当作業	経験年数
59歳	上面仕上げ作業をはじめ左官作業全般	34年
50歳	上面仕上げ作業、塗り床施工作業	18年
63歳	上面仕上げ作業	39年
56歳	上面仕上げ作業をはじめ左官作業全般	36年
60歳	上面仕上げ作業、左官用化学薬品取扱	15年

表5 品質上の問題点とその原因に関する調査の質問文

質問1	生コンの特性や打設作業、養生が不適切なために発生する床下地表層部の品質上の問題点として、どのようなことが挙げられますか？
質問2	質問1で挙げた品質上の問題点は、どのような施工上の原因によるものですか？
質問3	質問2で挙げた施工上の原因は、どのような施工条件の不備に起因するものですか？

5.2. 調査経過、結果

調査は、2000年6月に、調査対象者5名と著者らの合議形式で実施した。調査に要した時間は、約2時間であった。

調査結果をまとめて表6に示す。本調査では、結果の分析にあたり、調査対象者全員の賛同が得られていることを基準にした。すなわち、表中に挙げられた項目は、いずれも「品質上の問題点」、「施工上の原因」、「施工条件の不備」として指摘、抽出され全員の賛同が得られた項目であり、また○が付された組み合わせは、因果関係があるとして全員の賛同が得られた組み合わせであることを表す。なお、本調査において、調査対象者5名の判断が最終的に分かれたことはなかった。

表に示す通り、床下地表層部の主な品質上の問題点として、「凹凸・不陸」、「表面強度不足」、「水分量過多」、「ひび割れ発生」の4点が抽出された。このうち「凹凸・不陸」、「表面強度不足」、「ひび割れ発生」には、「練混ぜ開始から打設までの時間長すぎ」、「締固め不十分」、「(ならしを)浮き水が出る前に終了しない」など、多くの施工上の原因が影響していることがわかる。一方、「水分量過多」の原因としては、「凝結前に散水する」や「十分乾燥しないうちに仕上げ材施工開始」などが挙げられている。さらに、これらの根元である施工条件の不備としては、「打設速度速すぎ」、各行程の作業担当者の「技能・人員不足」および各種「養生期間不足」が多く指摘されており、施工にかかる労力の不足や養生のための工期の不足が、様々な観点から表層部の品質上の問題点に深く関与している現状がうかがえる。

図4 コンクリート床下地の表層部品質に関する指標の例

		品質上の問題点	施工条件の不備											
			凹凸・不陸	表面強度不足	水分量過多	ひび割れ発生	調合不良・不法加水	天候の配慮・予測不十分	床配筋不良・養生不足	運搬・打設計画不十分	打設速度速すぎ	ポンプ工技能・人員不足	土工技能・人員不足	土間工技能・人員不足
施工上の原因	準備、計画	天候に対する適切な配慮がされていない	○	○	○	○	○							
		床配筋不良、乱れ	○			○		○						
	生コン運搬、ポンプ圧送、分配	練混ぜ開始から打設までの時間長すぎ	○	○	○				○					
		打継ぎ時間間隔長すぎ	○			○				○				
		生コンを山盛りにする	○								○	○	○	
	土工 荒ならし	荒ならし不十分	○				○			○	○	○		
	土工 締固め	締固め不十分	○	○	○		○			○		○		
	土間工 ならし	ならし、レベル調整、定規すり、取り合いの調整	○				○			○			○	○
		(過度の)タンピングをする	○	○	○								○	
		タイミング不適切、浮き水が出る前に終了しない	○	○	○					○			○	
養生	土間工 仕上げ	浮き水が引く前に開始してしまう	○	○	○								○	
		むら直し	○			○	○						○	
		木ごてむら直し	○			○							○	
		円盤トウェルむら直し	○			○							○	
	仕上	(凝結不十分での)過度のむら直し	○	○	○								○	
	押え	押えのタイミング不適切	○										○	
	金ごて押え	凝結前に散水する		○	○	○							○	
	羽根トウェル押え	押え不十分	○										○	
	取合いの押え		○										○	
	養生	コンクリートの温度を所定の温度(2℃)以上に維持できない		○	○								○	
養生	湿潤養生	湿潤養生しない、湿潤養生期間が十分に取れない		○	○								○	○
	乾燥期間	十分乾燥しないうちに仕上げ材施工開始		○	○								○	
	立ち入り禁止措置	立ち入り禁止措置をとれない、立ち入り禁止期間を十分確保できない	○			○								○
	スラブ下支保工	支保工を必要数設置しない、存置期間を十分確保できない	○			○								○

なお、以上の結果は、3.で述べた小野らの調査結果⁴⁾と大きくは異なる。ただし、小野らが提示している「雨だれ跡」は、本研究では「天候の配慮・予測不十分」が原因の「凹凸・不陸」および「表面強度不足」に包含されるものとしている。

6. 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の提案

5.で述べた通り、床下地の表層部品質に関する問題発生のおおきな原因として、労力不足や養生期間不足などの施工条件の不備が挙げられる。また、4.で述べた通り、やわらかい生コンの使用が床下地表層部の品質上の問題の一因となっていることも予想される。このような実状が容認されている背景として、どのような特性の生コンを使用し、どのような条件で施工すれば、どの程度の表層部品質の床下地ができるかが明らかになっていないことが挙げられる。すなわち、図4に例示するような、生コンの特性および施工条件と施工後の床下地の表層部品質の関係を定量的に表す指標を提示し、施工管理担当者をはじめとする様々な関係者が床下地の表層部品質の重要性を認識し、施工時に十分な配慮をするための資料とする必要があると考えられる。

図4に例示した指標は、使用する生コンの特性と施工条件から完成後の床下地の表層部品質を推定できるばかりでなく、逆に床に要求される性能から床下地に要求される表層部品質を設定し、この品質を具現するために使用すべき生コンおよび確保すべき施工条件を合理的に選定することができる。すなわち、要求に見合った材料および施工条件の選定を可能とし、さらには施主や設計者に対し必要労力を明示し確保を促すための有効な資料となるものであり、性能の時代における施工に必要な指標のあり方を示すものといえる。

なお、図4はあくまでも例であり、指標の体裁はこの他様々なものがあつて得ることを付け加える。

表6 品質上の問題点とその原因に関する調査結果

7. コンクリート床下地の施工条件の実状に関する調査

本節では、6.で提案した指標を具体的に例示する際必要となる数段階の施工条件を設定するための基礎資料を得る目的で行った、実際の現場におけるコンクリート床下地の施工条件の実状に関する調査経過、結果を述べる。

7.1. 施工管理担当者を対象とした調査

7.1.1 調査方法

はじめに、施工管理担当者を対象とした、コンクリート工事全般に関する実状調査を、アンケート形式で実施した。本調査では、5.で施工条件の不備として指摘された事項を参考に、1日あたりの生コン打設量、作業人員数および作業方法、悪天候に対する措置、各種養生の措置・期間などに関する(1)～(18)の項目(表7参照)を設定し、下記の3種の床下地施工を想定した場合の回答を求めた。

ア：工場、倉庫などの平戸間を施工する場合

イ：事務所などの構造スラブを施工する場合

ウ：スタジオ、病院の床など、高い表層部品質が要求される構造スラブを施工する場合

調査対象者は、経験豊富な施工管理担当者とし、所属する組織や勤務地域が様々となるよう選定した。

7.1.2 調査経過、結果

調査は、2000年8月に実施した。アンケートは、対象者に事前に協力を申し入れたうえで用紙を送付する方法で行った。当初、用紙を総合建設業8社14名に送付し回答を得たが、より詳細な数値を把握する必要があると思われた項目(8)～(11)に関しては追加調査を実施し、さらに18名から回答を得た。

調査結果をまとめて表7に示す。表には、全回答の中から、回答数の多かった代表的な回答、もしくは範囲を示した。

7.2. 上面仕上げ作業担当者を対象とした調査

7.2.1 調査方法

7.1.につづき、上面仕上げ作業担当者を対象とした、個々の具体的な作業の施工条件に関する実状調査を、アンケート形式で実施した。本調査では、それぞれの作業

の作業人員数、作業員1人あたりの作業面積、使用する道具、作業方法などに関する(1)～(10)の項目(表8参照)を設定し、普通の天候のもと一般的な厚さ、配筋の構造スラブを金ごて仕上げで施工する場合を想定した回答を求めた。ここで、本調査では、現在実際の現場で行われている施工条件の範囲や、上面仕上げ作業担当者が本来必要と考える施工条件の程度などが明らかとなるよう、

i：『今まで見聞き、あるいは体験した中で、最も劣悪だった』という施工条件(劣悪な条件)

ii：『最近ではこの程度が一般的だ』という施工条件(一般的な条件)

iii：『これだけの条件が整えば表層部品質の良い床下地を施工するのに十分だ』という施工条件(理想的な条件)

の3段階の施工条件について回答を求めた。

調査対象者は、比較的規模の大きい工事で床下地施工を請け負う左官業者の上面仕上げ作業担当者とした。

また、アンケートを補完する目的で、各作業に適切な作業時間帯

表7 施工管理担当者を対象とした実状調査結果

項目	ア			イ			ウ		
	工場、倉庫などの平戸間を施工する場合			事務所などの構造スラブを施工する場合			スタジオ、病院の床など、高い品質が要求される構造スラブを施工する場合		
(1)	寒中における打設作業時の措置	大雪：打設中止 小雪、気温0℃以下：ジェットヒーターで採暖		大雪：打設中止 小雪、気温0℃以下：ジェットヒーターまたは下階より採暖			大雪：打設中止 小雪、気温0℃以下：打設中止		
(2)	暑中における打設作業時の措置	何の措置もとらない		何の措置もとらない～散水			散水＋土間工増員		
(3)	雨中における打設作業時の措置	大雨：打設中止 小雨、打設中の降雨：シート養生、コン天下げ後日補修、強度増スランプ下げ等の措置あるいはそれらの組合せ		大雨：打設中止 小雨、打設中の降雨：シート養生、コン天下げ後日補修、強度増スランプ下げ等の措置あるいはそれらの組合せ			大雨：打設中止 小雨、降雨の可能性ある日：打設中止		
(4)	強風中における打設作業時の措置	何の措置もとらない		何の措置もとらない			散水＋土間工増員		
(5)	作業者、ポンプ配管に対する床配筋の養生	作業者：メッシュロード、足場板等使用 配管：配管用チェーン付馬、古タイヤ等使用		作業者：メッシュロード、足場板等使用 配管：配管用チェーン付馬、古タイヤ等使用			作業者：メッシュロード、足場板等使用 配管：配管用チェーン付馬、古タイヤ等使用		
(6)	生コンの練り混ぜ開始から打設終了までの時間	時間超過が管理者の責任：ポンプ圧送に支障がある場合打設しない		時間超過が管理者の責任：ポンプ圧送に支障がある場合打設しない			時間超過が管理者の責任：打設しない 時間内でも硬化が著しい場合打設しない		
(7)	生コンの打継ぎ時間間隔	時間超過が管理者の責任：何の措置もとらない		時間超過が管理者の責任：何の措置もとらない ～バイブレート等で十分締め一体化			時間超過が管理者の責任：打継ぎ前に打継ぎ面を研りエボキシ等接着剤塗布		
(8)	生コン1日あたり打設量 打設速度	打設量：300m ³ 床面積：800～1000m ² (1000m ²) 打設速度：20～40m ³ /時(30～40m ³ /時) 床面積：200m ² /時		打設量：300m ³ 床面積：500～1000m ² (1000m ²) 打設速度：30～50m ³ /時(30m ³ /時) 床面積：200m ² /時			打設量：250～300m ³ 床面積：400～600m ² (400m ²) 打設速度：20～40m ³ /時(30m ³ /時) 床面積：50～200m ² /時		
(9)	ポンプ一台あたりポンプ工人数	2～3名		2～3名			2～3名		
(10)	ポンプ一台あたり土工人数	荒ならし：1～3名(1～2名) 締固め：1～3名(1～2名) その他：0～2名(1名)		荒ならし：1～3名(1～2名) 締固め：1～4名(2～3名) その他：0～2名(1名)			荒ならし：1～4名(2名) 締固め：2～4名 その他：0～3名(1～2名)		
(11)	土間工人あたり仕上げ面積	100m ² /人		60～150m ² /人(100m ² /人)			40～100m ² /人(60～100m ² /人)		
(12)	レベルの出し方	レベル筋あるいはレーザーレベルによる		レーザーレベルによる			事前にレベルポイント等により当り出し、格子状に天端レベルの当り出し 当日レーザーレベル＋手動レベル等による確認		
(13)	寒冷期の温熱養生措置、期間	気温0℃以下：シート養生あるいは採暖(1日程度)		気温0℃以下：シート養生あるいは採暖(1日程度)			気温0℃以下：シート養生あるいは採暖(1～3日程度)		
(14)	湿潤養生措置、期間	何の措置もとらない		何の措置もとらない ～1日程度散水			何の措置もとらない ～5日程度散水＋シート養生		
(15)	養生中の立ち入り禁止措置、期間	何の措置もとらない～1日程度軽作業以外立ち入り禁止		何の措置もとらない～1日程度軽作業以外立ち入り禁止			1～2日程度一切立ち入り禁止		
(16)	スラブ下支保工設置間隔	—		900～1800mm程度			600～900mm程度		
(17)	スラブ下支保工存置期間	—		7～28日程度(28日)			28日程度		
(18)	仕上げ材施工開始までの乾燥期間	7～28日程度		7～28日程度(21～28日)			21～28日程度		

※ 括弧中の値は回答の最頻値を表す

や作業効率(作業員1人が1時間あたりに行う作業面積)に関するヒアリング調査を、数名の熟練上面仕上げ作業担当者を対象に実施した。

7.2.2 調査経過、結果

アンケート調査は、2001年6月に実施した。アンケート用紙を日本左官業組合連合会を通じて77名に送付し、30名から有効回答を得た。また、ヒアリング調査は、アンケート調査結果の集計後に数名の熟練上面仕上げ作業担当者を対象に実施した。

調査結果をまとめて表8に示す。表には、全回答の中から、回答数の多かった代表的な回答、もしくは範囲を示した。

なお、表7、8の中には、JASS等の指針類に規定された標準仕様反に反する部分も見受けられる。ここで、強度や耐久性など、構造体としての品質に直接関係する事項については、標準的な仕様を定めこれを遵守することにより一定以上の品質の確保を図ることも必要である一方、床下地の表層部品質のように構造体としての品質に直接関係しないものの日々の居住性などに大きく影響する事項につい

表 8 上面仕上げ作業担当者を対象とした実状調査結果

項目				i (劣悪な条件)	ii (一般的な条件)	iii (理想的な条件)		
打設から養生にかけて	(1)	ポンプ1台あたりの1時間の打設量		200〜300m ² /時間・台 (30〜45m ³ /時間・台)	200m ² /時間・台 (30m ³ /時間・台)	100〜200m ² /時間・台 (15〜30m ³ /時間・台)		
	(2)	ポンプ1台あたりのポンプ工員	ポンプ車	0〜1人/台	1人/台	1人/台		
			筒先	1〜2人/台 (1人/台)	1〜3人/台 (2人/台)	2〜3人/台 (2人/台)		
	(3)	土工 荒ならし	ポンプ1台あたりの土工員	0〜1人/台 (0人/台)	1〜3人/台 (2人/台)	2〜4人/台 (4人/台)		
			道具	パイプレータ	スコップ、パイプレータ、 銀・トンボ・ジョレン等	スコップ、パイプレータ、 銀・トンボ・ジョレン等		
	(4)	土工 締固め	ポンプ1台あたりの土工員	0〜2人/台 (0人/台)	0〜4人/台	2〜4人/台 (4人/台)		
			道具	パイプレータ	パイプレータ	パイプレータ 必要に応じてタンピング、タッピング		
	(5)	土工 その他	ポンプ1台あたりの土工員	0人/台	0〜1人/台	0〜4人/台		
			作業内容	なし	型枠ケレン・鉄筋洗い ポンプ工手元、清掃・片づけ	型枠ケレン・鉄筋洗い ポンプ工手元、清掃・片づけ		
	(6)	土工 ならし 適切な作業時間帯 打設から0.5〜1.0時間後 までに行う	作業全体 適切な作業効率 100(m ² /人・時間)	道具	ならし：トンボ レベル調整：レーザーレベル レベル棒・アタリ 定規すり：こて、トンボ	ならし：銀・トンボ・ジョレン等 レベル調整：レーザーレベル、 レベル棒・アタリ 定規すり：定規、こて、トンボ	ならし：銀・トンボ・ジョレン等 レベル調整：オートレベル、 レーザーレベル、 レベル棒・アタリ 定規すり：定規、こて、トンボ	
ポンプ1台あたりの土間工員				0〜2人/台 (1〜2人/台)	2〜5人/台 (4人/台)	2〜6人/台 (5〜6人/台)		
ならし 適切な作業効率 400(m ² /人・時間)			土間工1人あたりの作業面積	200m ² /人	100m ² /人	60〜80m ² /人		
			ポンプ1台あたりの土間工員	ならし、レベル調整、定規すり を分担せず	ならし、レベル調整、定規すり を分担せず	1〜3人/台		
土間工1人あたりの作業面積			50m ² /人					
レベル調整 適切な作業効率 400(m ² /人・時間)			ポンプ1台あたりの土間工員			1〜2人/台 (1人/台)		
			土間工1人あたりの作業面積			50〜200m ² /人		
定規すり 適切な作業効率 200(m ² /人・時間)			ポンプ1台あたりの土間工員			1〜3人/台		
			土間工1人あたりの作業面積			25〜150m ² /人		
(7)			土工 仕上げ			回数		2回
	道具・方法の例					木こてむら直し、金こて仕上げ あるいは 円板トrowエル、羽根トrowエル	木こてむら直し、金こて2回仕上げ あるいは 円板トrowエル、羽根トrowエル、 金こて仕上げ	円板トrowエルで2回むら直しをする 羽根トrowエルで2回平滑に仕上げる 金こてで押えて鏡面仕上げにする
	土工 1人あたりの作業面積 【手作業のみ】 適切な作業効率 100(m ² /人・時間)	1人あたりの作業面積		100〜200m ² /人	50〜100m ² /人 (100m ² /人)	30〜100m ² /人 (50〜100m ² /人)		
		1人あたりの作業面積 【機械使用】 適切な作業効率 400(m ² /人・時間)		200m ² /人	100m ² /人	50〜100m ² /人 (100m ² /人)		
	土工 1人あたりの作業面積 【手作業のみ】 適切な作業効率 100(m ² /人・時間)	1人あたりの作業面積		200m ² /人	50〜80m ² /人 (80m ² /人)	品質の良い床を打設するためには 手作業のみでは行うべきではない		
		1人あたりの作業面積 【機械使用】 適切な作業効率 400(m ² /人・時間)		100〜200m ² /人	100m ² /人		50〜100m ² /人	
	(8)	養生		湿潤養生	期間および方法	0日	0日	1〜3日 散水およびビニールシート
				立ち入り禁止措置	期間および程度	0〜1日 (0日) 軽作業以外立ち入り禁止	0〜2日 軽作業以外立ち入り禁止	2〜3日 一切立ち入り禁止
				仕上げ材施工開始までの乾燥期間(施工条件 i のみ)		0日	—	—

※ 括弧中の値は回答の最頻値を表す

ては、要求水準に応じた品質を確保すれば良いとする性能規定の考え方を、より導入しやすいものとする。

8. コンクリート床下地の表層部品質に関する指標の具体例の提示

本節では、6. で提案したコンクリート床下地の表層部品質に関する指標の具体例を提示した経過、結果を述べる。

具体的には、7. の調査結果を参考に数段階の施工条件を設定したうえで、上面仕上げ作業担当者を検査員とした官能検査を実施し、試料とした生コンを用いて床下地を施工した場合に予想される表層部品質に関する判断を求めた。また、官能検査と並行して、試料とした生コンのスランプなどを測定し、官能検査結果との関係を、施工条件をパラメータとして提示した。

8.1. 官能検査概要

官能検査の概要を表9に示す。検査は、試料とした生コンを検査員に提示したうえで、表10に示すⅠ~Ⅳの4段階の施工条件を想定し、それぞれの条件で施工した場合に予想される床下地の表層部品質について、①~⑤の範ちゅうにしたがって回答を求める方法で行った。検査員の概要を表11に示す。表に示す通り、検査員として、熟練上面仕上げ作業担当者6名を選定した。

ここで、想定する施工条件のうち、Ⅰ~Ⅲは、7. で述べた実状調査結果を参考に設定したものである。すなわち、打設から養生にかけての各作業に関する条件は表8を、養生に関する条件は表7を参考に設定した。具体的には、表8のiおよび表7のiの回答の中から比較的悪い範囲を抽出し、施工条件Ⅰとした。また、iiおよびiから中庸な範囲を抽出し、施工条件Ⅱとした。さらに、iiiおよびiから比較的良い範囲を抽出し、施工条件Ⅲとした。

一方、施工条件Ⅳは、通常の施工方法の範囲にとらわれず種々の方法を駆使して、考え得る限り丁寧に施工した場合に具現される表層部品質を把握する目的で設定したものである。

官能検査では、図1と同様の方法で、「ポンプ筒先より床先端筋上に落ちた生コンの動き」や「パイプレータをかけたときの生コンの動き」を再現して検査員に見せるとともに、検査員に実際に上面仕上げ

表9 官能検査の概要

構成する尺度	予想品質尺度
尺度構成手法	絶対判断による系列範ちゅう法
質問	試料の生コンを用いて床下地を施工する場合を想定し、表10に示す各条件で具現されると予想される床下地の表層部品質(凹凸・不陸、表面強度、水分量、ひび割れなど)について、以下の質問に回答してください。施工する床下地の概要は厚さ150mm程度、スパン6m程度、一般的なダブル配筋の構造スラブとし、仕上げは金こて仕上げ(張り床、塗り床仕上げあるいは直仕上げ)とします。また、施工は、春季あるいは秋季における一般的な気候のもと、降雨、強風などがない環境下で行われるものと想定します。
判断範ちゅう	1 この生コンを用い、施工条件Ⅰで施工した場合に具現されると予想される床下地の表層部品質は 2 この生コンを用い、施工条件Ⅱで施工した場合に具現されると予想される床下地の表層部品質は 3 この生コンを用い、施工条件Ⅲで施工した場合に具現されると予想される床下地の表層部品質は 4 この生コンを用い、施工条件Ⅳで施工した場合に具現されると予想される床下地の表層部品質は
判断範ちゅう	⑤ 非常に良い ④ やや良い ③ 普通 ② やや悪い ① 非常に悪い
試料数	16種(うち2種はシャブコン)
セメント	普通ポルトランドセメント
水セメント比	55%(シャブコンを除く)
単位水量	156~177kg/m ³ シャブコン: 単位水量166kg/m ³ の調査に、単位水量の20%、25%の水を追加投入
細骨材率	46%
混和剤	AE減水剤標準形
スランプ	7.0~23.1cm(シャブコンは測定不能)

表10 官能検査の施工条件

項目	施工条件Ⅰ	施工条件Ⅱ	施工条件Ⅲ	施工条件Ⅳ
生コン打設速度	ポンプ1台あたり300m ³ /時 (45m ³ /時)	ポンプ1台あたり200m ³ /時 (30m ³ /時)	ポンプ1台あたり100m ³ /時 (15m ³ /時)	
ポンプ工	ポンプ車: 0人/台 筒先: 1人/台	ポンプ車: 1人/台 筒先: 2人/台	ポンプ車: 1人/台 筒先: 3人/台	
土工 荒ならし		2人/台	4人/台	
土工 締め		2人/台	4人/台	
土工 その他		0~1人/台	4人/台	
人員	1人/台	4人/台	6人/台	
作業面積	200m ² /人	100m ² /人	60m ² /人	
土工 荒ならし	ならし: トンボ レベル: レーザーレベル 調整 レベル棒・アタリ 定規すり: こて、トンボ	ならし: 銀・トンボ・ジョレン等 レベル: レーザーレベル 調整 レベル棒・アタリ 定規すり: 定規、こて、トンボ	ならし: 銀・トンボ・ジョレン等 レベル: オートレベル 調整 レーザーレベル レベル棒・アタリ 定規すり: 定規、こて、トンボ	
土工 仕上げ	手作業のみで仕上げ ・木こて(むら直し) 1回 ・金こて(押え) 1回 計2回 または 機械を併用して仕上げ ・円板トロワエル(むら直し) 1回 ・羽根トロワエル(押え) 1回 計2回	手作業のみで仕上げ ・木こて(むら直し) 1回 ・金こて(押え) 2回 計3回 または 機械を併用して仕上げ ・円板トロワエル(むら直し) 1回 ・羽根トロワエル(押え) 1回 ・金こて(押え) 1回 計3回	機械を併用して仕上げ ・円板トロワエル(むら直し) 2回 ・羽根トロワエル(押え) 2回 ・金こて(押え) 1回 計5回	
むら直し	200m ² /人	100m ² /人	50m ² /人	
押え	200m ² /人	手作業のみ: 80m ² /人 機械併用: 100m ² /人	50m ² /人	
湿潤養生	なし	なし	3日間	
立ち入り禁止措置	なし	1日間	3日間	
スラブ下支保工	1800mm 間隔, 7日間 設置	900mm 間隔, 28日間 設置	600mm 間隔, 28日間 設置	
仕上げ施工開始までの乾燥期間	なし	21~28日間	28日間	

作業を行わせ、回答を求めた。

試料とした生コンは、表9に示す16種とし、水セメント比55%、細骨材率46%で単位水量のみを変化させ、かたさを変化させた。また、試料のうち2種は、「シャブコン」とした。

8.2. 官能検査経過、結果

検査は、2001年7月に実施した。検査員は、上面仕上げ作業のうち、打設直後に行われる「ならし」作業を通じて概ね予想される表層部品質を判断し、その後の「むら直し」、「押え」作業を通じて適宜判断を修正していた。検査員が一つの試料の判断に要した時間は、それぞれの作業とも3分程度であった。

また、官能検査と並行して、試料とした生コンのスランプなどを、検査員から見えない場所で測定した。

以上の要領で官能検査を実施した。表12に、各検査員の回答の分散分析結果を示す。表より、主効果の分散比は高度に有意でかつ寄与率も高いこと、個人差の分散比は有意ではあるが寄与率は主効果と比較して非常に小さいことがわかる。このことは、試料の刺激に十分な差がありかつ各検査員の判断に高い共通性があったこと、および構成される尺度には検査員間に潜在する個人差が内包される

表11 官能検査の検査員の概要

年齢	担当作業	経験年数
60歳	上面仕上げ作業をはじめ左官作業全般	35年
51歳	上面仕上げ作業、塗り床施工作業	19年
64歳	上面仕上げ作業	40年
57歳	上面仕上げ作業をはじめ左官作業全般	37年
57歳	上面仕上げ作業をはじめ左官作業全般	40年
41歳	上面仕上げ作業	19年

表12 分散分析結果

	自由度	分散比	寄与率
主効果	63	14.2*	61.1%
個人差	5	30.5*	10.1%

* 危険率1%以下で有意

ものの試料の刺激に対する共通の判断傾向が明確に反映されることを意味しており、これ以上検査員を増やしても、検査員の属性に大きな変化がない限り、構成される尺度は大きくは変化しないことを示唆している。

以上より、各検査員の回答に基づき、尺度構成理論⁵⁾にしたがって予想品質尺度を構成した。

8.3. 表層部品質に関する指標の具体例の提示

8.2.で構成した予想品質尺度とスランプの関係を、施工条件をパラメータとして図5に示す。図中の①~⑤の破線は、予想品質尺度上の判断範ちゅうの位置を示す。また、図中の点線は、目視で得られた対応の中心傾向を示す曲線である。

図から、以下の事項が考察できる。

(1) 施工条件Ⅰ~Ⅲでは、最も良好な表層部品質が得られるスランプの範囲が存在し、それよりかたくてもやわらかくても表層部

シャブコン2種はスランプ測定不能のためプロットしていない

図5 予想品質尺度とスランプの関係 (表層部品質に関する指標の具体例)

品質が低下している。これに対し、施工条件Ⅳでは、あるスランブよりやわらかいと表層部品質は低下するが、かたい場合はほとんど低下せず、良好な床下地が得られると予想されている。

- (2) 施工条件Ⅰ～Ⅲで、最も良好な表層部品質が得られるスランブの範囲は異なっている。すなわち、施工条件Ⅰでは20～22cm、Ⅱでは16～20cm、Ⅲでは15～18cmとなっており、施工条件が良いほどかたい方向に変化している。また、それぞれのスランブで具現される表層部品質は、施工条件Ⅰでは「② やや悪い」程度に留まっているのに対し、Ⅱでは「③ 普通」程度であり、Ⅲでは「④ やや良い」程度となっている。ちなみに、施工条件Ⅳで表層部品質が低下し始めるスランブは15cm程度であり、このときの品質は「④ やや良い」と「⑤ 非常に良い」の間となっている。
- (3) (2)で述べた値よりスランブが大きい範囲、すなわち対応曲線が右下がりの範囲では、施工条件による表層部品質の差は比較的小さい。これは、やわらかい生コンを使用した場合、コンクリートそのものの品質が悪く、施工条件のいかに関わらず同様に表層部品質が低下すると判断されたためと思われる。なお、「シャブコン」の場合の表層部品質は、「① 非常に悪い」～「② やや悪い」程度であった。
- (4) (2)で述べた値よりスランブが小さい範囲、すなわち対応曲線が左下がりもしくは水平の範囲では、施工条件が表層部品質に大きく影響する。これは、かたい生コンを使用した場合、コンクリートそのものの品質が良いが施工が困難なために表層部品質が低下するので、良い施工条件ほど高い表層部品質が得られると判断されたためと思われる。

ちなみに、4.で述べた実際に現場で打設されている生コンのスランブの範囲18～22cmをこの指標と照合すると、一般的な施工条件Ⅱの場合、得られる床下地の表層部品質は「③ 普通」程度と予想できる。また逆に、「④ やや良い」以上の表層部品質の床下地を得るためには、スランブ15cmよりもかたい生コンを施工条件Ⅲよりも良い条件で施工する必要があることがわかる。

以上より、コンクリート床下地の表層部品質に関する指標の具体例として、図5を提示する。

ただし、提示した指標は、

- ・対象とした生コンおよび施工法の範囲が限定されている
- ・縦軸に検査員の予想判断に基づく心理学的尺度を用いている
- ・横軸としたスランブは、生コンの特性のごく一端を表すものでしかない

などの点で、無数に考えられる指標のあり姿のほんの一例にすぎない。あくまでも、6.で提案した指標のあり方に対する理解を深めるための具体例の一つとして提示したものであることを強調する。

9. おわりに

コンクリート床下地の表層部品質に起因する問題が発生する背景を明らかにするとともに、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を提案することを目的とした本研究の結論は、以下の通りである。

- ・施工管理担当者を対象とした生コンのかたさに関する実験を行い、実際に現場で打設されている生コンの実状を把握した。その結果、施工管理担当者が打設の際最も重要視しているのは型枠内

への充填度合いであり、このためやわらかい生コンが使用されている現状がうかがえた。そして、このことが、表層部品質が劣悪な床下地が多く出現している一因となっていると想定された。

- ・上面仕上げ作業担当者を対象に、床下地表層部の品質上の問題点や、各問題点と施工上の原因の因果関係、およびその施工上の原因がどのような施工条件の不備に起因するのかを、具体的に調査した。その結果、施工にける労力の不足や養生のための工期の不足などの施工条件の不備が、様々な観点から表層部の品質上の問題点に深く関与している現状がうかがえた。
- ・以上の背景から、どのような特性の生コンを使用し、どのような条件で施工すれば、どの程度の表層部品質の床下地ができるかを定量的に示す指標が必要であることを述べ、性能の時代における施工に必要なコンクリート床下地の指標のあり方を提案した。
- ・施工管理担当者および上面仕上げ作業担当者を対象に、実際の現場におけるコンクリート床下地の施工条件の実状に関する調査を行い、提案した指標を具体的に例示する際必要となる数段階の施工条件を設定するための基礎資料を得た。
- ・かたさが異なる種々の生コンを試料とし、上面仕上げ作業担当者を検査員とした官能検査を実施し、試料とした生コンで床下地を施工した場合に予想される表層部品質に関する心理学的尺度を構成した。また、この心理学的尺度と、試料とした生コンの特性の一つであるスランブとの関係を、施工条件をパラメータとして求め、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の具体例として提示した。

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・工博)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長をはじめとする日本床施工技術研究協議会第一部会の皆様、官能検査やアンケートに協力いただいた皆様に、深く謝意を表します。

なお、実験、解析の一部は、永富宣治氏、中村夏子氏(当時、東工大横山研究室)が担当しました。

参考文献

- 1) 横山 裕, 横井 健, 永富宣治, 中村夏子: 施工管理担当者の判断に基づくフレッシュコンクリートの「かたさ」の実状, 日本建築学会大会学術講演梗概集A-1, pp. 783～784, 2001年9月
- 2) 横山 裕, 中村夏子, 横井 健: コンクリート床の品質とフレッシュコンクリートの特性および施工条件の関係(その1) 予備調査および実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集A-1, pp. 785～786, 2001年9月
- 3) 横山 裕, 中村夏子, 横井 健: コンクリート床の品質とフレッシュコンクリートの特性および施工条件の関係(その2) 品質予測判断実験および施工性の評価指標, 日本建築学会大会学術講演梗概集A-1, pp. 787～788, 2001年9月
- 4) 添田智美, 小野英哲, 地濃茂雄: 床下地コンクリート施工における適正な計画, 管理の重要性確認のための調査, 実験 コンクリート床下地表層部分の欠陥を媒体として, 日本建築学会大会学術講演梗概集A-1, pp. 1145～1146, 1998年9月
- 5) J.P. Guilford 著, 秋重 義治 監訳: 精神測定法, 培風館, 1959年9月

(2003年9月9日原稿受理, 2004年3月1日採用決定)