平成 24 年 9 月 13 日（木）

第 2 回 職業能力開発研究会 議事録

研究会実行委員会

１．開催日時、場所
・日時：平成 24 年 9 月 10 日（月）16:15～17:30
・場所：職業能力開発総合大学校 相模原キャンパス 7 号館 6 階 602 室

２．発表者、参加者数
・発表者：山﨑尚志助教（能力開発院 基盤ものづくり系 建築仕上げ・造園ユニット）
・参加者数：50 名

３．配布資料
・資料２－１：「左官技能の科学的分析」（第 2 回職業能力開発研究会 発表スライド原稿）

４．開会挨拶、等
・司会の遠藤龍司教授から開会の挨拶があった。
・遠藤教授から発表者の紹介があった。この中で，本日の講演が建築分野における生産技術の職業能力開発への展開の一例であり，ものづくり研究会で既に講演した内容をブラシアップさせたものであることの説明があった。また，どのようにすれば工学・生産技術の分野を有効な形で職業能力開発に展開できるかを議論してほしいとの説明と提言があった。

５．山﨑助教の発表概要
・表題：左官技能の科学的分析
・研究の背景および目的
「現場で調合される左官材料」の品質の安定化は，左官材料の品質管理上，改善されるべき重要な課題である。その一例に，既調合セメントモルタルの練混ぜ水量管理がる。既調合セメントモルタルは，水以外の原料である結合剤（セメント，消石灰等），骨材（砂），繊維（わら，麻等），補助剤（布のり，セルロースエステル等）をあらかじめ丁寧に調合・袋詰めされて工場出荷され，現場においてこれと水を練り混ぜる作業を経て左官材料として使用される。このとき，材料メーカが強度やひび割れが最も起こりにくい「最適な」水の調合量を指定しているにもかかわらず，実際の現場では職人が感覚として持っている「塗りやすさ」という視点で練混ぜ水量が決定されている。そして，メーカが指定する最適な水量は，職人による「塗りやすさ」の判断と異なることが多い。この問題の解決には，左官材料の塗りやすさ（ワーカビリティー）の評価手法を確立が不可欠である。
本研究では，職人が感じる「塗りやすさ」の印象評価手法である官能検査の結果に基づく塗りやすさ（ワーカビリティー）の評価手法を提案する。職人が「塗りやすい」という印象を持つ視点は，官能検査の結果から，左官作業時における材料の流動特性の中で粘りとやわらかさに集約できることが見えてくる。ここでは，傾斜羽根回転式粘度計という装置を製作し、レオロジーという概念にもとづいて、職人が「塗りやすい」と感じる材料の流動特性の定式化を試みる。

・研究の流れ
（１） 傾斜羽根回転式粘度計の概要
（２） 左官技能者による「塗りやすさ」の印象評価
（３） 左官材料の「塗りやすさ」評価手法の提案

・傾斜羽根回転式粘度計の概要
傾斜羽根回転式粘度計は，内部に調速可能な回転ブレードを有する円筒状の容器の中に試料を入れ，試料の練混ぜを行う装置であり，練混ぜ時の回転速度Ｎと負荷トルクＴを測定することができるようになっている。これによって，ターゲットとする試料を練混ぜた時のＮＴ特性（横軸：回転軸の回転速度Ｎ、縦軸：回転軸のトルクＴ）を測定すると，ほぼ線形な特性が測定される。この特性を一次近似したときの傾きηと切片τは，各々コンクリート工学における粘性指数と降伏係数に当てはめてとらえることができ，粘りとやわらかさを表す定量的情報と考えることができる。

・左官技能者による「塗りやすさ」の印象評価【本題である官能検査の内容、統計的手法を用いて分析した内容】

官能検査では、左官材料の塗りやすさの印象という定性的情報を，１４種類の左官作業評価項目（例：「こてのび」が「のびる」か「のびないか」等）に分けて，６人の被験者（左官技能者：４名、職業大学生：２名）がこれらの度合いを７段階（塗りやすさという総合評価項目のみは９段階）で数値評価する。その数値評価は，被験者が実際に S/C（砂とセメントの質量比）と MC/C 増粘材とセメントの質量比を変えた１９種類のセメントモルタルを下地に木ごて仕上げする作業中に，補助員の学生がメモを片手に１９種類の評価項目の数値を被験者にインタビューした結果を記録する形で行う。

官能検査で得られた評価項目間の相関分析を行った。その結果として、左官作業評価項目の中で「こてのび、付着性、サクい感じ、おもさ、保水性、だれ、腕・手首の負担」は流動性評価項目における「やわらかさ」との相関が認められ，「こてばなれ、表面仕上げ、こておさえ」については「粘り」との相関が認められた。前者は W/C の影響を受ける項目と一致しており、後者は MC/C の影響を受ける項目と一致していることが確認される。

多変量解析による評価項目の分析を行う。総合評価である「塗りやすさ」を除外した潜在因子を因子分析によって抽出し，複数の因子が「塗りやすさ」の評価に及ぼす影響を重回帰分析によって把握した。第一ステップである因子分析の結果、第１因子として軟度に当たる「塗りつけ性」、第２因子として粘性にあたる「仕上げ性」、と言う潜在因子が抽出されるとともに、それらの各々に属する左官評価項目を特定できた。また，重回帰分析の第１ステップは，説明変数の説明力の評価である。第１因子の項目から１つ、第２因子の項目から１つを説明変数に選び、「塗りやすさ」の評定値を目的変数として、説明変数の説明力を評価する。具体的には(1)式の決定係数$\beta 1$と$\beta 2$を同定する。第２ステップは，第一ステップで説明力の高かった組み合わせに主眼をおいて説明変数の影響力の評価を行う。具体的には、(2)式の寄与率（＝影響割合）を計算し，第一因子が何％寄与しているか、第２因子が何％寄与しているかを数値化する。その結果，軟度に関連する評価項目の影響割合が 60～80%程度，粘性に関連する評価項目の影響割合が 20～40%程度が「塗りやすさ」の評定値となった。

・左官材料の「塗りやすさ」評価手法の提案【粘度計で測定される物性値（工学量）と感覚的に評価される塗りやすさの対応を計りながら、塗りやすさを定量評価する】

官能検査による評定値と粘度計による物性値の相関から，１３の左官作業評価項目は「材料の軟度」と「材料の粘性」というわずか２つの尺度で説明できることが判明した。そこで，粘度計で計測した１９種類のセメントモルタルの粘性指数ηを横軸、降伏指数τを縦軸に○印プロットする。その中で，職人が「塗りやすい」と感じたセメントモルタルについては●印で示す。そうすると、●印で囲まれる長方形のエリアが「職人が塗りやすいと感じる領域」であると定量化できて，工学的な物性値との対比が可能となる。

・職業訓練への応用

訓練教材の開発のための基礎データとして，技能者が良い判断する感覚と訓練生が良い判断する感覚の相違の定量化を試みた。その結果、対象者が未経験者の場合、技能者と同様の考え方では、「塗りやすい」と評価される流動特性値の適正範囲が特定しにくい傾向が見られた。

今後は，条件（対象者ならびに材料）の場合分け、訓練生にとって塗りやすく反復訓練に適した教材の開発、技能レベルの判断基準の補助評価法としての展開等が必要である。

６．質疑応答の内容

・小原：塗りやすさと品質の関係がどういうものかが分からないので、説明してほしい。左官作業者にとっての品質というのは何処でどうやって判定しているのか。腕前は当然品質を左右するであろう。

・山﨑：「塗りやすさ＝品質」と見ているわけではない。塗りやすさの評価によって間接的に品質を管理することに寄与する。具体的には、工場出荷される既調合セメントモルタルの水の調合量が１０Ｌと指定されていれば、水１０Ｌを練混ぜることで期待される（最適な）品質を持たせることができる。しかし、現場で職人が水１１Ｌを練混ぜた時に塗りやすいと判断すれば、それが優先されてしまい、水１１Ｌ水量が練混ぜられ施工されてしまうのが現状。これでは期待した品質が得られない結果となる。そこで、メーカが職人の塗りやすさの定量評価できていれば、水１１Ｌに見合う品質を保証するようにしたり、水１０Ｌでもって（職人が塗りやすいと感じる）配合計画にしたりするなどの対策がとれるようになる。

・遠藤：小原教授の質問は、品質とは何だ？との質問だと理解しました。塗ったら割れないとか。
・小原：塗りやすさと品質には直接には関係ないのですか、というのが質問です。
・山﨑：左官材料の品質はＪＩＳにも定義されている。圧縮強度や長さ強度など。その品質を保証するためには、メーカが推奨する水量で練混ぜないといけない。塗りやすい材料であれば品質が保たれるかは別問題。
・工藤（基盤整備センター）：既調合セメントモルタルで十分な品質を出せないのであれば、左官技能者が現場で調合した方が早いのではないか。そこでなぜ敢えて既調合セメントモルタルをつかうのか。現場調合セメントモルタルにおいて材料を調合する順番や入れるタイミングが品質に影響を及ぼすのではないか。この辺のそもそもの考え方は？。品質が保証できていないものを（研究対象に）なぜ使うのか。
・山﨑：今一番品質が安定しているのが、既調合材を使う手段です。品質の安定化には、現場で水量を守って練混ぜてもらうことが重要。現場調合ではさらに品質は安定しなくなる。
・工藤（基盤整備センター）：まず現場で調合した時の塗りやすさの基準があって、それに対して既調合材が塗りやすいとかだれるとかの判定はやれるのか
・山﨑：今回の実験で使ったのは厳密に管理した手法で調合したモルタルを使っている。現場調合材（の不確かさとの対比）は研究の対象外である。
・西口：p.33 の図 11。熟練者が塗りやすいと判断するエリアは狭い。しかし、素人が塗りやすいと判断するエリアはそうでなく分散している。統計では分散＝リスクとなるが、このような傾向は他の分野にもあると感じる。
・山﨑：素人が分散するのが現れている。左の図は玄人を主眼とした考えかた。素人を主眼にしたときは、粘性とやわらかさではなくて、別の尺度が入り込むかもしれない。素人のための評価手法を出していけば、適正範囲は狭くできると考えられる。素人だから分散したというよりは、この手法が素人にあっていないと認識している。
・西口：熟練者は反復訓練によって一定の技能があるため、感じ方も一定する。素人はこれが一定していないということか・・・。
・遠藤：技能照査に使えるかもしれない。やってみて、このエリアにくれば、その人の技能はベテランの域に達しているとか。あるいは（技能）不足しているとか。
・遠藤：多様な因子を持つものを一つに絞り込む例なのかもしれない。その辺の観点からもしつもんはあるか。
・小原：図 10 の結果は、左官作業技能を習得していない素人（学生）が分かっていないところを表していると思われる。それぞれの左官評価項目について（技能の習得度を？）比較することはできるのではないか。
・山﨑：玄人に評価できても、素人には評価できない項目があり、素人でもそれらの項目を評価できるようになれば、素人の技能レベルが向上し玄人の技能レベルに近づいたと言えるかもしれないが、当然、検証する必要がある。
・遠藤：0.65 で相関がないといえるのか。0.8 はすごい相関といえるのでは？
・山﨑：これは分野によっても違ってくるであろう。
・不破：人間工学の立場からは、0.6 でも良い相関と見るケースもある。もともとのデータのばらつきにも寄ってくる。関連して、目的は職業訓練の技能レベルの評価でよいか
・山﨑：この研究の目的は違う。しかし、研究の成果の応用先の一つではある。
・不破：学生２名という被験者数は、素人全部の傾向を代表する人数として少ないのではないか。もう一つは、被験者２名であっても正しいという感覚はもって聴いていた。なんで散らばるのか。おそらく感度（粘性の弁別能力）が違うのではないか。技能者はわずかな違いを感知できる。しかし、素人はそれに結びつかない。感覚がいい加減ともいえるかもしれない。被験者が 10 人とか多い方が説得力がある。
・遠藤：不破先生が納得する被験者数は？
・不破：統計学で検出力というのがある。これを考慮すると 10 人くらいか。10 人いれば、素人はこうだという結論で論文にできると言えるのではないか。
・和田：図 13 の左図の感覚を徹底的に教えるべきではないかと考えたが、逆にいえば熟練者が塗りやすい材料と素人が塗りやすい材料は異なるのではないかとの考えもある。この辺りの塗りやすさと教育という関係についてどう考えるか。おもしろいのでぜひ（職業訓練への展開の）研究を続けてほしい。
・山﨑：研究に対するニーズ調査して、ニーズが有りそうであれば進めたい。
・遠藤：今のコメントは励ましの意味も込められている。

・市川：品質の良いものというのは，図 11 の中のどの領域に位置していたのか。
・山崎：この図の適正範囲は職人の塗りやすさを示したのも。メーカがこの範囲に入る調合材を作り、それに応じた品質を保証することが考えられる。そうすると、メーカの狙い通りの品質になる。

７．次回以降の研究会について

・第３回
日時：10 月 10 日（月）
発表者：和田（能力開発院基盤ものづくり系教授）・前田（能力開発応用系教授）
発表内容：これまで行ってきた職業訓練について

・第４回
日時：11 月 5 日（月）
発表者：本田（能力開発院能力開発基礎系）
発表内容：理学の職業能力開発への応用

・第５回
日時：12 月 6 日（木）～7 日（金）
内容：職業能力開発研究会国際シンポジウムとの合同開催

・第６回
日時：1 月 7 日（月）
発表者：星野（能力開発応用系准教授）
発表内容：未定

（以上）