

ウェアラブルカメラを利用した熟練・若手技術者のコンクリート締固め技術比較実験

西武建設株式会社 正会員 ○須長真介, 辻田陽一郎, 二村憲太郎, 村上順菜
 芝浦工業大学 正会員 伊代田岳史

1. 緒言

近年、技術者の高齢化とそれに伴う一斉離職により、2020年代までに技能労働者が現在の6割程度まで落ち込む推計があり、特に経験則に基づく技術継承が大きな社会問題となっている。本論では、コンクリート打設におけるバイブレータ締固め作業に着目し、熟練技術者(以下熟練者)と若手技術者(以下若手)の施工上の相違点について、ウェアラブルカメラを使用した映像解析により解明し、円滑な技術継承の一助とすることを目的とする。

2. 調査概要

2.1 実験内容

同構造形式の柱において、コンクリート配管筒先に熟練者と若手の締固め担当者を分けて配置し、ヘルメット付近にウェアラブルカメラを取付け、作業状況を撮影後、画像解析を行うことで、若手と比較し熟練者に特有の行動特性が見られるのかを明確にする。画像からは行動特性、また、その結果としてのコンクリート表面品質を脱枠後試験(二値化処理、表面品質評価、コンクリート強度推定試験(シュミットハンマー))で評価した。

2.2 対象構造物及び施工状況

表1に示す構造形状及び条件において、ポンプ圧送による生コンクリート打設を実施した。一本の柱に対してバイブレータ締固め実施者が2名、他付随作業者が3名、計5名を2パーティで施工した。柱本数は合計20本であり、熟練者と若手が10本ずつ施工した。今回の実験ではその内の2本ずつを抽出した。対象モニターの経歴を表2に示す。締固め実施者は柱1箇所において2名配置であるため、対象モニターと同程度の経験者をペアとし、その内1名をモニターとした。

表1 構造諸元

構造形式	柱	□1000×1000
鉄筋	主筋	D19(SD345)
	帯筋	D16(SD345)
	中間帯鉄筋	D16(SD345)
かぶり	芯かぶり	100mm
	純かぶり	74.5mm
使用コンクリート	27-12-20BB	
施工場所	関東某所	
1回の打設高	3.6m	
打設日	2014/12/10	
脱型日	2015/1/25	
養生方法	型枠残置	
使用バイブレータ	φ52	

表2 対象モニター

被験者	年齢	経験年数	性別
熟練者	60代	20年	男
若手	20代	2年	男

3. 動作比較実験結果(熟練者と若手の行動特性)

3.1 バイブレータ上下移動解析結果

ウェアラブルカメラで撮影した映像データ解析し、バイブレータの上下移動の深さ及びその深さにおける締固め時間を計測した。上下移動の深さは図1に示す4段階とした。表3に各深さにおける締固め秒数計測結果を示す。熟練者と若手を比較すると、0(最深部)~3(抜状態=差替え移動)までの合計所要時間はそれぞれ平均344秒、331秒でほぼ同じである。内訳は、0(最深部)と3(抜状態)ではあまり差はないが、熟練者の方が若手より1(中

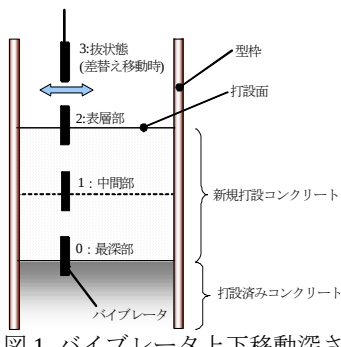


表3 上下移動所要時間

	柱番号	上下移動				合計 時間(秒)
		0 (最深部)	1 (中間部)	2 (表層部)	3 (抜状態)	
熟練者	1	157	62	54	84	357
	2	150	56	46	78	330
	平均	154	59	50	81	344
	施工割合	44%	17%	15%	24%	100%
若手	3	176	23	21	72	292
	4	192	44	34	97	367
	平均	184	34	28	85	331
	施工割合	56%	10%	8%	26%	100%
熟若	%	84%	174%	179%	95%	104%

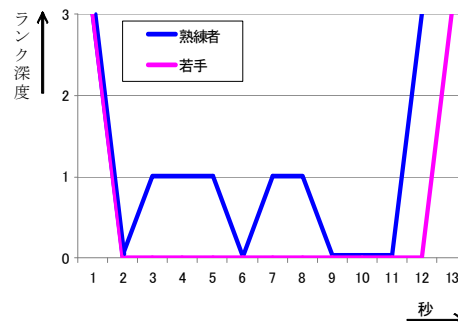


図2 上下移動代表動作図

キーワード 技術継承, 締固め, 表面品質, ウェアラブルカメラ, 二値化処理

連絡先 〒359-8550 埼玉県所沢市くすのき台 1-11-2 Tel:04-2926-3811 E-mail:s-sunaga@seibu-const.co.jp

間部)で1.74倍,2(表層部)で1.79倍,長い時間締固めを実施している.代表的な上下移動傾向を抽出し図2に示す.若手はバイブレータを最深部まで差し込み,その場で締固めをした後,一度に引き抜く傾向が多いのに対し,熟練者は中間部と表面部で1~数回の上下移動をしてから引き抜く傾向を示した.

3.2 差替え移動解析結果

3.1にて使用した映像データより抽出したバイブレータの差替え移動箇所及び順序を図3に示す.ブロックはA~Gの7分割とし,番号はバイブレータの位置と順序とした.表4より,熟練者は若手と比較し差替え移動回数が約20%少ないため,1箇所での締固め時間が1.29倍となる.差替え移動箇所は,若手は各ブロック均等に差替えを実施しているのに対し,熟練者はA,Cブロックに集中し,中心部分(B)が極端に少ない.これは,ブリージング水を構造物の中央付近に集めるように締固めすることを意識しているものと推測する.また,熟練者は,最後にかぶり部(G)において締固めを4回実施しているが,若手は0回である.これは,表層付近が未充填や材料分離が発生する可能性が高いため,経験則から追加したものと推測する.

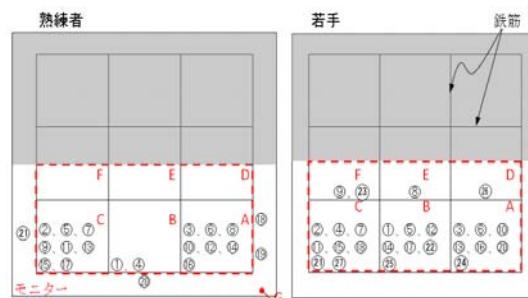


図3 差替え移動箇所・順序図

表4 差替え移動回数及び締固め時間集計表

	柱番号	主要部 A~F	かぶり部 G	合計	締固め 時間	移動間あたりの 平均締固め時間
熟練者	1	17	4	21	357	17.0
	2	18	4	22	330	15.0
若手	3	25	0	25	292	11.7
	4	28	0	28	367	13.1
熟/若	合計%			81%		129%

4. コンクリート表面品質調査結果

4.1 二値化処理結果

コンクリート表面気泡を数値化し比較するため図4に示す二値化処理を実施した.処理する画像は,各柱の4面を9分割し,粗骨材の露出跡は除外した範囲を二値化処理して黒点占有率を計測した.処理結果を表5に示す.熟練者の方が若手に比べ黒点占有率が約20%減少していた.



図4 二値化処理状況(例)

表5

黒点占有率計測結果平均値

	黒色占有率
熟練者	0.333
若手	0.417
%	79.7%

4.2 表面品質評価

コンクリート構造物の表層品質評価手法¹⁾に基づき,脱枠後の表面品質を評価した.各柱の4面を撮影した画像から社内土木技術者7名で評価した.評価の結果を表6に示す.全体評価としては,熟練者と若手に差は殆どなく品質評価の高い仕上がりがとなったが,表面気泡のグレード差は0.34と若干熟練者の方が高い.

4.3 コンクリート強度試験結果

コンクリート強度計測は,柱1本に対し1面で1回,計4回計測した.推定方法は土木学会規準²⁾に拠った.計測結果の平均値を表7に示す.いずれも設計基準強度を満足したが,熟練者の方が,強度が5%高い結果となった.

5. 結論

熟練者と若手の動作比較を実施した結果,熟練者の方が差替え移動・回数は少ないが,上下移動で中間部・表層部に時間をかける特徴的な動作が認められた.脱枠後の仕上がりは,表面品質に大差は無いが表面気泡の抑制が図られ,密実性が増加していた.このため,熟練者の方が同時間で効果的なコンクリート締固めを実施しており,これらの技術を若手に継承していく必要があると考える.また,今回,ウェアラブルカメラにより熟練者技術を記録することで動作解析に寄与したことから,新技術を活用した技術伝承のあり方を今後も積極的に模索していきたい.

表6 表面品質評価結果

対象モニター	熟練者	若手	差
表面の つや	3.89	3.98	-0.09
み び割れ			
表面気泡	3.82	3.48	0.34
打	4.00	3.98	0.02
型枠継目の ロ れ	3.71	3.84	-0.13
すじ	3.91	3.98	-0.07
平均点	3.87	3.85	0.02

表7 コンクリート強度試験結果

	柱番号	推定強度 (N/mm ²)
熟練者	1	28.7
	2	28.9
若手	3	27.5
	4	27.3
熟/若	%	105.1%

【参考文献】1) 坂田 昇・渡邊 賢三・細田 暁;目視調査に基づくコンクリート構造物の表層品質評手法の実績と調査結果を反映した表層品質向上技術コンクリート工学 p999-1006 2014年11月

2) 硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法(案)(JSCE-G504)