

## バネ系減衰振動の特性を利用した再振動締固めに関する定量的モニタリング

西武建設株式会社 正会員 ○成島誠一、正会員 白川順菜、川前勝三郎  
 芝浦工業大学 正会員 伊代田岳史

### 1. 緒言

コンクリートは、最初に振動を与えてから一定時間おいて再び振動を与えることで、ブリーディング現象で生じる水みちを破壊し、粗骨材や鉄筋に対する付着力を高めるとされている。これは、型枠内に充填したコンクリートが時間の経過とともに材料密度の違いに起因する分離現象が生じ、粗骨材が沈み込み、水が上昇する所謂ブリーディング現象により鉛直方向の水みちをつくり、上昇した水の多くは、粗骨材や鉄筋下面に溜まることになる。その状態で硬化すると水みちは、乾燥収縮ひび割れ、粗骨材や鉄筋とセメントペーストとの付着を損ねてしまう原因となる。よって、再振動締固め作業は、この水みちを硬化前に除去することが主たる目的であり、ブリーディング水が上昇しきった後におこなうことが最適である。一般にその目安としてコンクリートに指を差し込んで抜き去ったときに出来る穴が、壊れずにそのまま残り、底に水が溜まり始めた頃を目安にしている<sup>1)</sup>。このように、再振動締固めの効果の認識は高いものの実施工では感覚の域にあるのが現状である。そこで本論は、バネ系減衰振動の特性を利用した音叉型振動式粘度計に着目し、再振動締固めの時期を定量的にモニタリングするための一考察について述べる。

### 2. 実験概要

実験は、実際の河川改修工事で納入されている JIS 規格認定工場より出荷されたコンクリートを現場採取し試料とした。配合は 24-8-20BB で、表-1 に示す。測定は、バネ系減衰運動の特性を原理にした図-1、写真-1 に示す音叉型振動式粘度計を適用した。

音叉型振動式粘度計は、振動式で問題となっていた振動により発生する起振力を音叉構造とした 2 枚の振動子により共振系とすることでセンサの感度を上げ、振幅が常時一定となるように制御する。なお音叉型振動式粘度計で測定される物理量は粘性抵抗として粘度×密度となる。これは、振動子にかかる駆動力トルクから求まる静粘度を SI 単位 Pa・s×kg/m<sup>3</sup> で表現されるが、表示は単位 Pa・s(以下 Cp 値)で出力される<sup>2)</sup>。試料は、2.5mm 篩いを用い写真-2 に示すスクリーニングしたものに振動子を沈ませ工場出荷時間から現場に納入された経過時間 25 分後より 10 分毎 case1 から case4 の 4 回おこない、写真-3 に示す粘度及び温度をモニタリングした。

これは、プレ実験で粗骨材が振動子に接触すると正確な振動が得られず、モルタル分を主体とした試料にすることで対処したものである。併せて、目安となる指差し方法でモニタリングし比較を試みた。

表-1 コンクリート配合

W/C(%)	s/a(%)	W	C	S	G	スラブ(cm)	air(%)	混和剤
55	44.5	159	290	810	1038	8	4.5	2.9

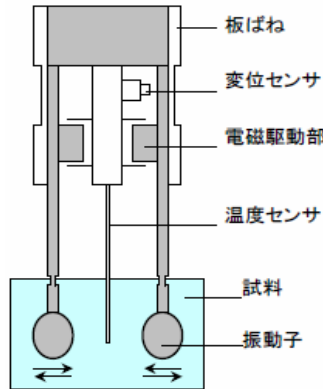


図-1 音叉型振動式粘度計の機構



写真-1 全景



写真-2 スクリーニング状況

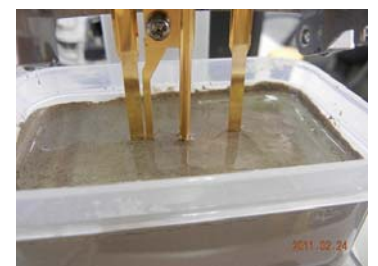


写真-3 試料設置

キーワード 再振動締固め、ブリーディング、音叉型振動式粘度計、硬化過程、コンクリート  
 連絡先〒359-8550 埼玉県所沢市くすのき台 1-11-2 Tel:04-2926-3414

3. 実験結果及び考察

3.1 音叉型振動式粘度計による Cp 値測定結果

音叉型振動式粘度計による case1, case2, case3, case4 各々の Cp 値の変動について図-2、温度変化について図-3 に実験結果を示す。これによれば Case1, 2, 3 は、工場出荷時間 1:05 後から Cp  $\geq 1$  となり概ね増加傾向を示しその時の温度は、case1, 2 共に 20°C、case3 は 16°Cであった。

Case4 は、1:45 後から Cp  $\geq 1$  となり概ね増加傾向を示しその時の温度は、16°Cであった。Case4 は、Cp  $\geq 1$  の発現が Case1, 2, 3 より経過時間が 40 分遅くその理由として実験開始直後のコンクリート温度が、case1, 2 より 8°C、case3 より 2°C 低く温度上昇も低いことから、硬化過程が遅くなったと考えられる。これにより、硬化過程が Cp 値でモニタリングできることが示唆される。

一方 Cp  $\geq 4$  以上の範囲は各 case 共 10 分毎に 1Cp 以上の大幅な増加傾向となり明らかにコンクリート硬化状況に変化が生じていることが予測される。次に、Cp  $\geq 1$  以降の各 case 実測値を測定時間 10 分毎 110 分まで抽出した Cp の変動傾向を図-4 に示す。変動傾向は、2  $\leq$  Cp  $\leq$  4 範囲について他の範囲と比較し、概ね測定時間 30 分から 100 分まで各 case 共に同様な傾向を示している。この比較的安定している範囲を Cp 閾値範囲と暫定的に定めた。

以上の結果から、case 毎の相関係数を表-2 に求め再現性を検討した。その結果、case4 と case1, 2, 3 について着目すると Cp 値変動開始経過時間や温度共に大幅な差があったが、実測値後の Cp 値変動相関係数は、 $r_{c1}=0.95$ 、 $r_{c2}=0.96$ 、 $r_{c3}=0.94$  といずれも  $r_{c1,2,3} \geq 0.9$  で強い正の相関があることがわかった。これにより、再現性が高いことが示唆され音叉型振動式粘度計によるモニタリングが可能であると判断した。

3.2 指差し法と Cp 値測定の関係

指差し法は、音叉型振動式粘度計による実験と同時に並行し経過時間 10 分毎にコンクリートへ指差しをおこなった。その結果、図-5 に示すように指差し穴が壊れずにそのまま残り、底に水が溜まり始めた時期が、概ね Cp  $\geq 2$  である結果が得られた。

4. 結語

今回の実験では、再振動の時期が Cp 値をモニタリングすることで、定性的だった指差し法を定量的に提示できる指標になることがわかった。これは、Cp 値を把握することで暗黙知であった最適な再振動時期が形式知として簡易に提供できるといえる。

今後は、様々な配合や条件下などでより多くのデータを取得しその再現性を検討することで実施工に適用できるように進めていきたい。

【参考文献】1)岩瀬泰己、岩瀬文夫:コンクリート講座、日経 BP 社 pp. 144. 2010

2)出雲直人、織田久則:セメント材の静粘度測定による硬化過程の観察 ceramics japan (株)日本セラミック協会、2008

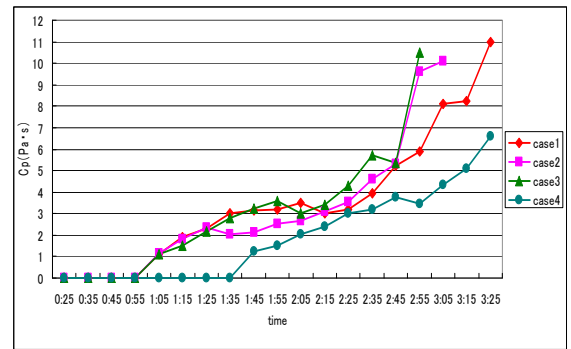


図-2 Cp 値の変動結果

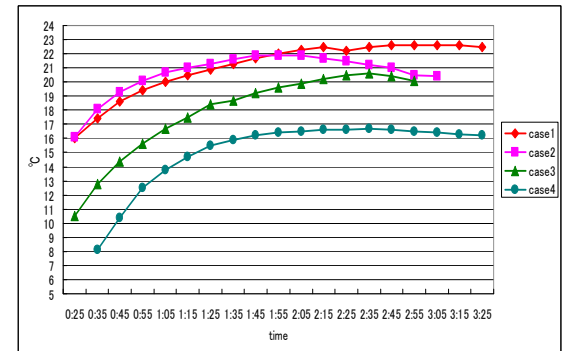


図-3 経過時間の温度変化

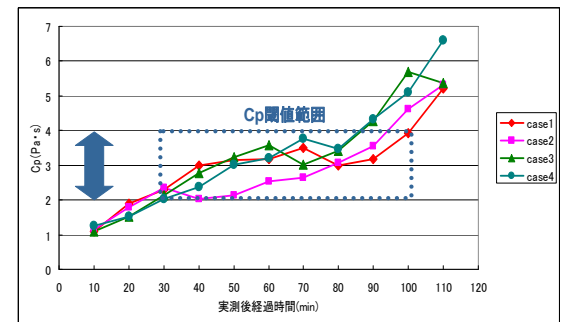


図-4 実測値後抽出 Cp の変動

表-2 各 case 相関係数

相関係数	case1	case2	case3	case4
case1	1.00			
case2	0.89	1.00		
case3	0.90	0.93	1.00	
case4	0.95	0.96	0.94	1.00

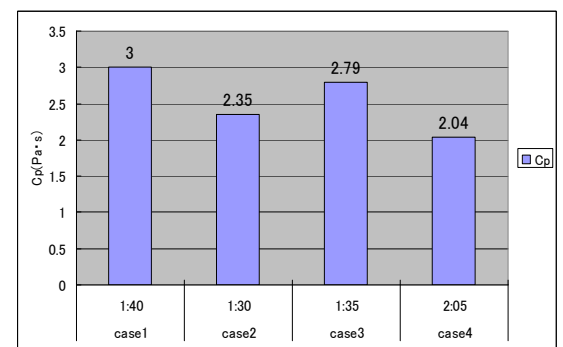


図-5 指差し法再振動経過時間と Cp 値