

打込み面の輝度値の時間変化に基づく締固め程度の評価に関する実験的研究

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○渡邊 隼平
 長岡工業高等専門学校 正会員 村上 祐貴
 長岡工業高等専門学校 非会員 上村 健二
 長岡工業高等専門学校 非会員 外山 茂浩

1. はじめに

コンクリートの打込み時における締固め作業はコンクリート構造物の品質確保に極めて大きな影響を及ぼす。土木学会標準示方書においては締固め完了の目安について記述がなされているが、定性的な表現にとどまっている。このような背景から、著者らは締固めによってブリーディング水が上昇し、打込み面の輝度値が上昇することに着目し、コンクリート表面の輝度値から締固め程度を評価することを試みている。既往の研究では、締固め時間やバイブレータの挿入深さによらず、締固め終了時の打込み面の輝度値と輝度値を計測した領域のコンクリートの吸水率との間には一義的な線形関係が認められた。しかしながら、この結果は、単一の配合で得られた結果であり、配合が異なる場合については未検討であった。また、吸水率といった硬化後の物理特性で締固め程度を間接的に評価しており、締固め程度と輝度値の直接的な関係性については評価が未検討であった。そこで本研究では、打込み面の輝度値の時間変化から、締固め程度を定量的に評価することを目的とし、これまで未検討であった配合を実験変数として実験を行った。その際、試験体内部には加速度センサを埋設し、締固め中のコンクリート内部の振動加速度から締固めエネルギーを算定し、打込み面の輝度値の時間変化との関係について検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

型試験体概要を図-1に示す。幅300mm×高さ250mm×長さ1000mmの角柱試験体である。試験体には、バイブレータの挿入位置から長手方向に100mm, 300mm, 500mmおよび700mm離れた位置で深さ50mmの位置に加速度センサを埋設し、締固め中のコンクリート内部の振動加速度を0.00016秒間隔で計測した。

2.2 実験パラメータ

試験体の実験パラメータを表-1に示す。細骨材率(s/a)42%, 単位水量168kg/m³の配合を基準配合(目標スランプ12cm)として、単位水量が同じでs/a52%とした配合およびs/aを基準配合と同じ42%とし、単位水量を10kg

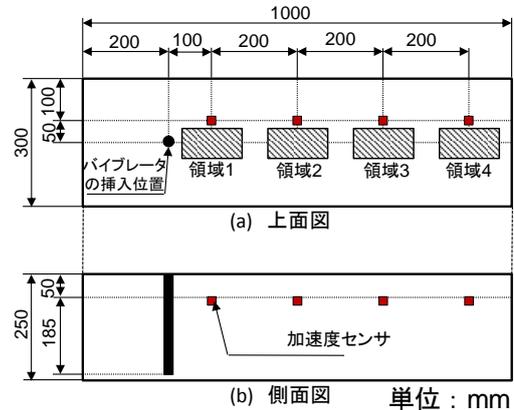


図-1 試験体概要

表-1 実験パラメータ

試験体名	締固め時間(s)	s/a(%)	単位水量(kg/m ³)	スランプ(cm)	空気量(%)
s/a42%-60s	60	42	168	12.5	5.2
s/a52%-60s		52		6.0	4.8
w-10kg-60s		42	158	10.0	4.5

表-2 計画配合

	W/C (%)	s/a (%)	air (%)	単位量(kg/m ³)				AE減水剤	AE剤
				W	C	S	G		
s/a42%	55	42	4.5	168	305	763	1061	3.05	0.61
s/a52%		52		158	287	780	1085		
W-10kg									

減じた配合でそれぞれ試験体を作製した。各試験体の計画配合を表-2に示す

2.3 締固め中のコンクリート表面の色度情報の測定

XYZカメラを用いて、締固め中の打込み面の輝度値を0.3秒間隔で撮影した。

3. 実験結果

3.1 締固め中の輝度値の変化

打込み面の輝度値を図-1に示すようにバイブレータの挿入位置から長手方向に100mm, 300mm, 500mmおよび700mmの位置を中心とした幅40mm×長さ160mmの領域から抽出した。屋内環境においてY値は照明の影響を大きく受けるため、締固め直前の輝度値Y₀で正規化した(以降、正規化したY値と称する)。領域1と領域4における各試験体の正規化したY値の時間変化を図-2に示す。バイブレータから100mm離れた領域1では、最終的にはすべての配合において正規化したY値がほぼ一定の値に収束しているが、s/a42%の試験体は、他の試験体に比べて正規化したY値が早期に収束していることが分かる。

キーワード 輝度値, XYZカメラ, 締固めエネルギー

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町888番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9276

これは、他の配合に比べてスランプが大きい s/a42% はブリーディング水の上昇速度が速いためであると考えられる。一方、領域 4 では全体的に正規化した Y 値の変化が小さく、配合による変化も小さい傾向にある。これは、領域 4 はバイブレータの挿入位置から距離が離れており、いずれの配合においても締固め時間 60 秒の時点では締固めに必要な振動の伝播が領域 1 に比べて相対的に小さいためであると考えられる。

3.2 締固め中の振動加速度

加速度センサで計測した振動加速度を基に締固めエネルギーについて検討した。締固めエネルギーは以下式(1)で表される²⁾。

$$E_t = \frac{\rho_0 \alpha_{max}^2}{4\pi^2 f} t \quad (1)$$

ここで、 E_t : t 秒間に受ける締固めエネルギー(J/L)、 t : 振動時間(s)、 α_{max} : 最大加速度(m/s^2)、 f : 振動数(Hz)、 ρ_0 : 単位容積質量(kg/L)である。本研究では、最大加速度 α_{max} は締固め時間中の加速度振幅の平均値を用いた。また、 $f=229\text{Hz}$ として算定した。

各試験体の締固め時間 60 秒の時点における締固めエネルギーの分布を図-3 に示す。なお s/a42% は、測定の不備でバイブレータから 500mm の位置の加速度が計測できなかった。全体的な傾向として、バイブレータからの距離が離れるに従い締固めエネルギーが指数関数的に減少する傾向にあり、距離減衰が確認される。また、バイブレータからの距離が 100mm の位置に着目すると、s/a52% の締固めエネルギーが最も大きいことが分かる。これは、s/a52% は最もスランプが小さく流動性が低いため、バイブレータ近傍の領域で相対的に多くの締固めエネルギーが消費されているためだと考えられる。

3.3 加速度と輝度値

締固めエネルギーと締固め終了直後の正規化した Y 値の関係を図-4 に示す。なお、各位置の締固めエネルギーは最も近くの輝度値測定領域と関連付けた(図-1 参照)。図-4 より、どの配合においても正規化した Y 値は急激に増加し、その後は緩やかに増加して一定値に収束する傾向にある。これは、当該領域に作用する締固めエネルギーで発生するブリーディング水が上限に到達したこと、あるいは打込み面にブリーディング水が上昇し、水膜が形成され反射面が一様な状態となったことが要因として考えられる。配合ごとに必要な締固めエネルギーを明らかとすることで、輝度値から締固め程度を評価できると考えられる。

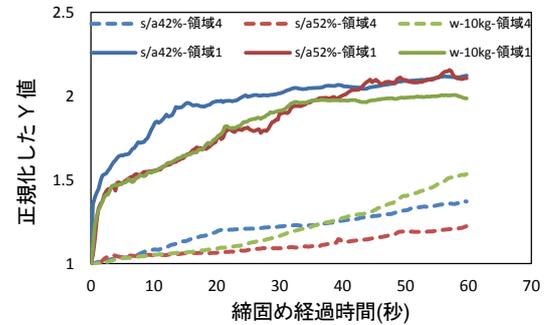


図-2 輝度値の時間変化

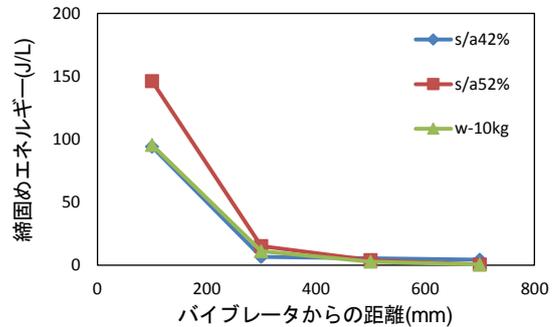


図-3 距離と締固めエネルギーの関係

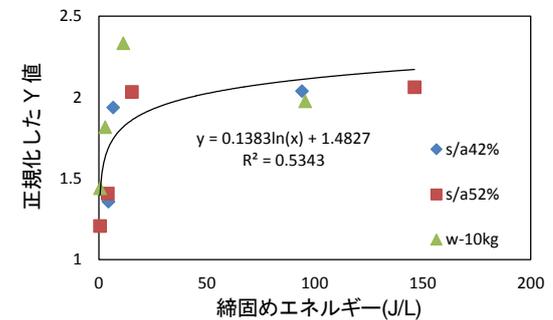


図-4 締固めエネルギーと正規化した Y 値

4. まとめ

配合によらず、締固めエネルギーの増加に伴い正規化した Y 値は増加し、最終的に一定値に収束するという一義的な関係が認められた。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究, 課題番号: 16K14295)により行った。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 渡邊隼平, 品川大成, 上村健二, 村上祐貴: コンクリートの振動締固め時における打込み面の輝度値の変化に基づく締固め程度の評価に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, vol.40, No.1, pp1281-1286, 2018.
- 2) 梁俊, 國府勝郎, 宇治公隆, 上野敦: フレッシュコンクリートの締固め性試験法に関する研究, 土木学会論文集, vol.62, No.2, pp416-427, 2006.