

舞鶴工業高等専門学校専攻科 学生員 ○中西 宏彰
舞鶴工業高等専門学校 フェロー 岡本 寛昭

1. はじめに

コンクリート構造物は施工の良否によってその品質が決定されるが、特に締固め作業の適否が大きいといわれている。土木学会標準示方書¹⁾による締固めの範囲、締固め時間等の規定は、明確とは言い難い。そこで、著者らは、締固め作業に内部パイプレータが一般に用いられることから、内部パイプレータに搭載されている原動機の負荷に着目²⁾した締固め過程の定量評価法に関する研究をこれまで行ってきた。本研究は、本評価法を検証するため、コンシステンシーの異なるコンクリートに対して締固め負荷試験を行い、負荷トルク及び締固めエネルギーを検討する。締固め範囲の広狭による影響についても明らかにする。また、振動波の伝播状況を調べる目的でフレッシュコンクリート中の加速度を測定し、負荷トルクとの連動性を追求する。

2. 負荷トルク特性に関する力学的基本概念

図1に原動機の出力特性とフレッシュコンクリートの負荷特性を重ね合わせた図を示す。図中に示す交点Qは原動機からパイプレータに電力伝達される点であり、この点の電流をクランプメータで測定することによって負荷トルクを算出できる。コンクリートに与えられる仕事率Wは負荷トルクTとそれに対応する角速度 ω の積で求められる。以下に仕事率Wの算定式を示す。

$$W = T_r \cdot \omega_r - T_0 \cdot \omega_0 \cdots \cdots (1)$$

ここに、W：コンクリートに与えられる仕事率 (N・m/s)、 T_r ：パイプレータの負荷トルク (N・m)、 ω_r ：負荷トルク T_r における角速度 (1/s)、 T_0 ：パイプレータの空転トルク (N・m)、 ω_0 ：空転トルク T_0 における角速度 (1/s)
コンクリートに与えられる振動締固めエネルギーは次式で表される。

$$E = \int_{t_0}^{t_1} W dt \cdots \cdots (2)$$

E：振動締固めエネルギー、 t_0 ：締固め開始時間、 t_1 ：締固め終了時間

3. 実験概要

本研究に用いた実験装置の概要を図2に示す。パイプレータは径が27mm、長さが410mmでDC電源を動力源としている。締固め時に生じる電流変化はクランプメータで測定し、負荷トルク、締固めエネルギーに換算される。締固め時の挙動はレコーダでリアルタイムに把握が可能で、データ解析はパソコンによって行う。締固め範囲の広狭による影響を検討するため深さが一定で径のみを変化させた小型 (φ156×210, 4.20)、及び大型 (φ255×210, 11.20) の2種類の試験容器を用いた。実験は可傾式ミキサで練混ぜを行い、2層に分けて試験容器に投入した。初期充填状態として各層を小型が3回、大型が15回の棒突きを行い、パイプレータによる締固め負荷試験を行った。加速度測定には、電荷出力型加速度センサを用い、埋設位置は壁面とパイプレータの中間で深さ110mmの位置に埋設した。なお、加速度の値は実効値で評価した。コンクリートの配合及びフレッシュコンクリートの標準試験結果を表1に示す。水セメント比は50%と一定とし、単位水量を147~165kg/m³に変化させた。フレッシュコンクリートの性状は、測定スランプ2.4~11.5cm、空気量4.2~4.8%、温度9~10℃であった。

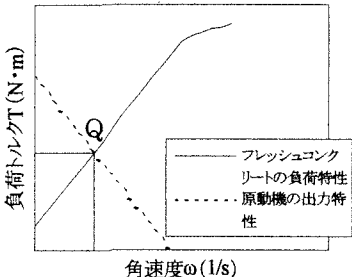


図1 原動機の出力特性とフレッシュコンクリートの負荷特性

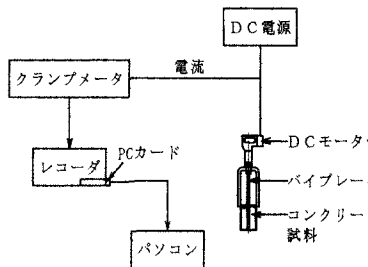


図2 実験装置の概要

表1 配合表

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					スランプ (cm)
		W	C	S	G	AE	
50	42.4	147	294	823	1166	4.41	2.4
	41.3	155	310	788	1166	4.65	7.0
	46.0	165	330	856	1047	4.95	11.5

4. 実験結果及び考察

本研究で得られた有効トルクの時刻歴変化を図3に示す。小型、大型はともに5秒以前にピーク値が現れ、5秒付近からはゆるやかに減少する傾向を示した。有効トルクの時刻歴変化は、大型および小型の差異は顕著でなかったが、配合の変化に鋭敏に反応し、単位水量の増加とともに有効トルクは減少傾向を示した。

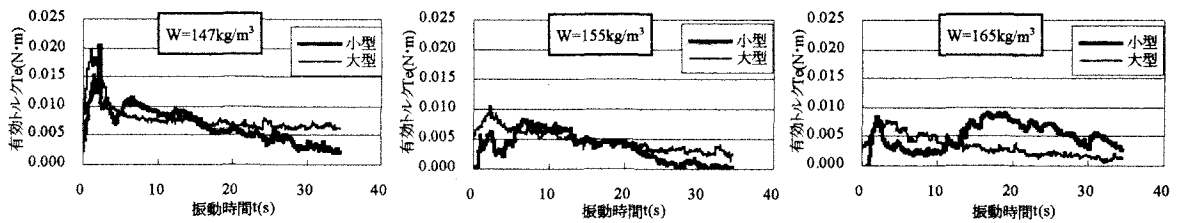


図3 3種類の配合下での有効トルクの時刻歴変化

図4に単位水量と最大有効トルクとの関係を示す。試験容器に関わらず単位水量の増加とともに最大有効トルクは減少していることがわかる。図5に単位水量と5秒時における締固めエネルギーの関係を示す。最大有効トルクと同様に単位水量とエネルギーは反比例関係を示した。また、試験容器の違いは明確に現れ、容器サイズの増大とともに締固めエネルギーは増加した。振動時間10秒時においても同様の傾向が得られた。

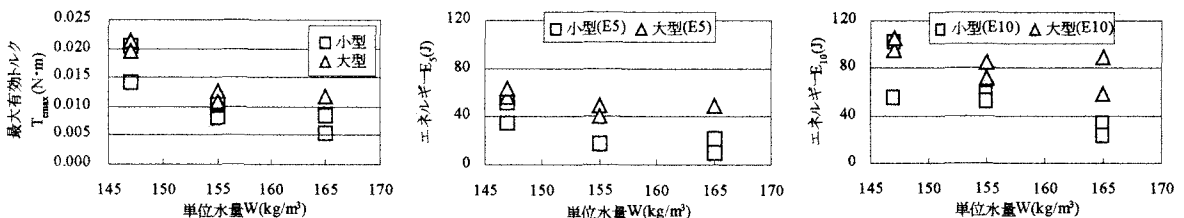


図4 単位水量と最大有効トルクの関係 図5 単位水量と締固めエネルギー E_5 の関係 図6 単位水量と締固めエネルギー E_{10} の関係

図7に単位水量147kg/m³で小型の場合における有効トルクと加速度の時刻歴を示す。図8は単位水量147kg/m³で大型の場合である。有効トルクの時刻歴曲線と加速度の時刻歴曲線はきわめて類似性があることが判明した。加速度は最大有効トルクが生じた直後にピークを示し、両者のピーク時間には若干の差異があり、有効トルクの減少とともに加速度の減衰が認められた。よって有効トルクと加速度は連動性があると考えられる。このことから、本評価法による有効トルクの観測は、締固め過程を的確に捉えていると思われる。

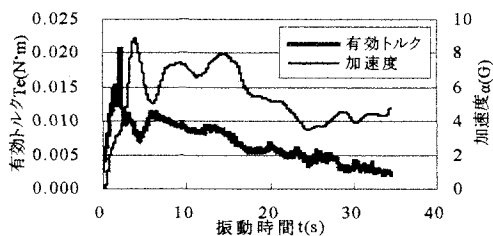


図7 加速度と有効トルクの時刻歴 (小型)

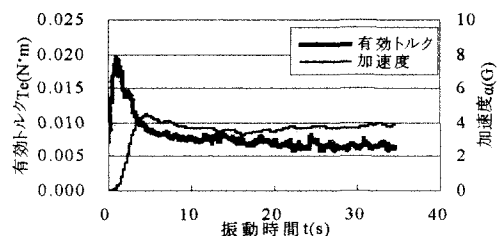


図8 加速度と有効トルクの時刻歴 (大型)

5. 結論

- 1) 有効トルク、締固めエネルギーは配合の変化を鋭敏に反映し、単位水量と反比例関係を示した。
- 2) 有効トルクと加速度は類似しており、連動性があると考えられる。このことは、本評価法による有効トルクの観測が、締固め過程を的確に捉えていることが予想される。

謝辞: 本研究の遂行にあたり、加速度の計測に多大な協力を頂きました本校機械工学科助手鈴木立人先生に感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 土木学会: 平成14年制定コンクリート標準示方書[施工編], pp.120-121, 2002
- 2) 中西宏彰, 岡本寛昭: 内部バイブレータを用いた締固め性能の定量評価, 土木学会関西支部年次学術講演概要, pp.V-46-1-2, 2002