

フレッシュコンクリートの締固め性評価に関する研究

トーヨーエンジニアリング株式会社 正会員 宮沢陽二郎

東京都立大学大学院 正会員 宇治公隆、フェロー 國府勝郎、正会員 上野敦

1. はじめに

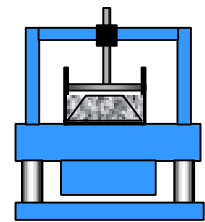
コンクリート構造物の均質性や耐久性の確保のためには適切な締固めが重要である。コンクリートの特性により締固め時間は相違するが、定量的に締固め性を評価できる方法がないのが現状である。

本研究では、コンクリートの単位容積質量を要因とし、振動台試験によりコンクリートの締固めに要する時間、変形挙動を把握した。また、振動時間、加速度、振動数およびコンクリートの単位容積質量により締固めエネルギーを算出し、この締固めエネルギーをもとに、締固め時間を定量的に決定できる締固め性評価手法について検討した。

2. 実験概要

(1) 振動台試験

本研究で使用した装置は図—1のごとく、振動台式コンシステンシー試験機を改造したものである。内径 220mm の円筒容器を用い、スランプコーン（上端直径 100mm、下端直径 200mm、高さ 300mm）でスランプ試験を実施した後、振動を与え、沈下量を経時的に測定した。なお、振動条件は、振動数 30Hz、最大加速度約 0.96G である。



振動条件	測定項目
0.96G	沈下量
30Hz	時間

図—1 振動台試験機

(2) 締固めエネルギー

締固めエネルギーは以下の式で与えられる。

$$E_{t_0} = \rho \alpha_{\max}^2 t_0 / 4\pi^2 f \quad (1)$$

E_{t_0} : t_0 秒間の締固めエネルギー (J/L)

ρ : コンクリートの密度 (kg/l)

$\alpha_{\max}$: 最大加速度 (m/s^2)

t_0 : 締固め時間 (s)

f : 振動数 (Hz)

表—1 粗骨材の種類および品質

種類	骨材名	絶乾密度 g/cm^3	吸水率(%)	実積率(%)
軽量	メサライト	1.29	0.29	69.8
普通	砕石	2.63	0.6	60.9
重量	電気炉酸化スラグ	3.6	0.02	59.6

(3) 使用材料および配合

セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材は山砂(記号 S1: 表乾密度 2.61kg/l, F.M. 1.64)、砕砂(記号 S2: 表乾密度 2.65kg/l, F.M. 2.87)の二種類を混合して使用した。粗骨材には三種類の骨材を使用し、コンクリートの単位容積質量を変化させた。粗骨材の種類および品質を表—1 に示す。実験は次の要因を考慮して行った。

表—2 コンクリートの配合

種類	粗骨材	W/C(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)						スランプ(cm)	単位容積質量(kg/l)
				W	C	S1	S2	G			
モルタル一定	メサライト	50	43	170	340	154	616	637	11		1.916
	砕石	50	43	170	340	154	616	1027	8.5		2.306
	電気炉酸化スラグ	50	43	170	340	154	616	1324	7.5		2.604
SL8cm	メサライト	50	43	161	322	157	629	651	8		1.927
	砕石	50	43	170	340	154	616	1027	8.5		2.306
	電気炉酸化スラグ	50	43	167	334	155	620	1334	9.5		2.61
SL5cm	メサライト	50	43	155	310	159	638	660	6		1.923
	砕石	50	43	164	328	156	625	1042	5		2.322
	電気炉酸化スラグ	50	43	161	322	157	629	1353	5.5		2.629

a) モルタル量一定として粗骨材の種類を変化させた配合（モルタル量一定）

b) 単位水量を調整して同一スランプ（8cm または 5cm）とした配合

配合およびフレッシュコンクリートの試験結果を表—2 に示す。

3. 実験結果

a) モルタル量一定とした場合の締固め性の違い

モルタル量一定の場合、メサライトを用いた軽量コンクリートはスランプ 11cm、砕石を用いた普通コンクリート

キーワード：コンクリートの単位容積質量、締固め性、位置エネルギー、締固めエネルギー

〒 192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 0426-77-1111 FAX 0426-77-2772

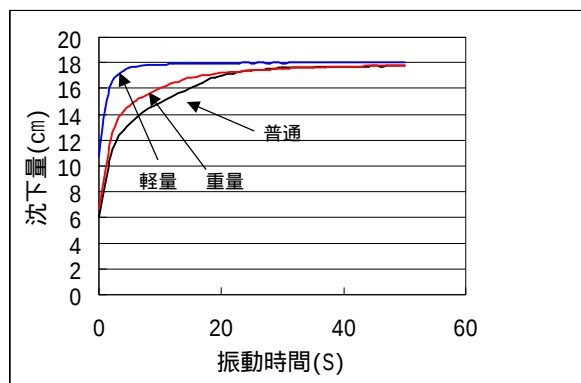
はスランプ 8.5cm、電気炉酸化スラグを用いた重量コンクリートはスランプ 9.5cm であった。一般に、モルタル量一定の配合では、コンクリートの質量が大きいほどスランプは大きくなると考えられるが、本実験においては、軽量コンクリートが最も大きなスランプを示した。これは軽量骨材の形状が丸みを帯びており、変形に対する抵抗が小さかったためと考えられる。

振動台試験の結果を図—2 に示す。重量コンクリートは普通コンクリートより短い時間で締固めが終了する。モルタル量が一定であるため、両者の違いの原因は粗骨材の密度の差であり、コンクリートの単位容積質量が大きいほど式(1)による締固めエネルギーは、同一時間で大きくなることと対応している。

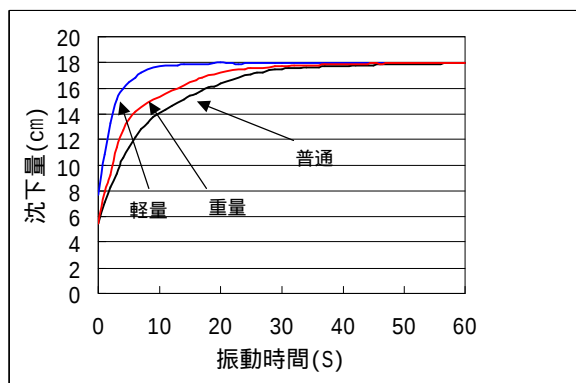
一方、軽量コンクリートは、最も短い時間で締め固めが終了する。これは、実積率が大きく、粗骨材のカドが丸いため、変形中の摩擦によるエネルギーロスが少なく、小さなエネルギーで変形したものと考えられる。

b) スランプ一定とした場合の締固め性の違い

単位水量を調整し、スランプを 5cm 一定とした三種類のコンクリートの締固め試験結果を図—3 に示す。この場合でも、モルタル量一定の場合と同様の傾向が認められ、重量コンクリートが普通コンクリートよりも短い時間で締固めが終了する。なお、スランプ 8cm の傾向は 5cm の場合と同様であった。



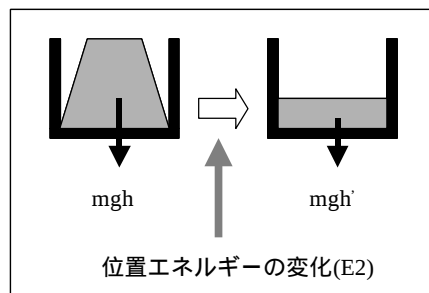
図—2 モルタル量一定における締固め性の違い



図—3 スランプ 5cm における締固め性の違い

4. 考察

図—4 に示すように、締固めによる変形をエネルギーの観点から考えると、(初期スランプ時のコンクリートの位置エネルギー) = (運動エネルギー) + (締固め完了時の位置エネルギー) である。一方、沈下量が一定となるまでに与えられた締固めエネルギー $E1(J/L)$ が図—2 や図—3 から求まる。モルタル量一定の場合の締固めエネルギーと位置エネルギー変化量 ($E2$) の関係を表—3 に示す。与えられた締固めエネルギーと位置エネルギー変化量を比較すると、約 10 倍ほど $E1$ が大きい。これは、粗骨材間の摩擦や、かみ合わせによりエネルギーがロスし、締固めには大きなエネルギーを付与する必要があることを示している。



図—4 締固めの概念

5. まとめ

表—3 位置エネルギーと締固めエネルギーの関係

- (1) 密度の相違する粗骨材を用いたコンクリートの締固め性試験の結果、単位容積質量が大きいコンクリートほど変形しやすいことが明らかとなった。

- (2) 骨材のカドが比較的丸い軽量骨材を用いたコンクリートの締固め性が良好であったことから、締固め性には粗骨材の形状が大きく影響するものと推察される。

	軽量コンクリート	普通コンクリート	重量コンクリート
締固めに要するエネルギー $E1(J/L)$	1.684	6.719	9.14
位置エネルギーの変化量 $E2(J/L)$	0.248	0.822	0.844
$E1/E2$	6.8	8.2	10.8