

III-328

締固め試験におけるエネルギーと運動量の役割

大阪市立大学工学部 正 大島昭彦 高田直俊
同 大学院 学 ○福本彦吉

まえがき 筆者らは遠心模型実験により重錘落下による締固め効果が、打撃エネルギーよりも重錘運動量に強く依存すること^{1,2)}、その傾向が通常の突固めによる締固め試験にも当てはまることを報告した³⁾。今回は締固め試験に及ぼすランマー質量 m と落下高 H の影響をより詳細に調べるために、1打撃のエネルギー E_i および運動量 mv がそれぞれ一定の条件の下で、総打撃エネルギーおよび m と H の組み合わせを変えた締固め試験を行い、得られた締固め曲線と最大乾燥密度を比較した。

試験方法 直径10cmモールドと直径5cmのランマーを使用した。表-1に試験条件をまとめた。 E_i 一定シリーズでは $E_i=75\text{kgf}\cdot\text{cm}$ となるように $[m, H]$ の組み合わせを $[1.75\text{kg}, 42.9\text{cm}]$, $[2.5, 30]$, $[4.5, 16.7]$ に変え、 mv 一定シリーズでは $mv=606\text{kg}\cdot\text{cm/s}$ となるように $[1.75\text{kg}, 61.2\text{cm}]$, $[2.5, 30]$, $[4.5, 9.3]$ に変えた。ただし $[2.5, 30]$ は同一試験である。それぞれ1層当りの突固め回数 N_B 、突固め層数 N_L を $[6\text{回}, 1\text{層}]$, $[6, 3]$, $[12, 3]$, $[25, 3]$ に変えた($N_B=6$ では全面が1回だけ打撃される)。さらに標準締固めエネルギー(Standard Proctor)の2倍に当たる $[m, H, N_B, N_L]=[2.5\text{kg}, 30\text{cm}, 50\text{回}, 3\text{層}]$ を加えた。

試料は生駒産のまき土をロサンゼルス試験機で脆弱な粒子を破碎させたもので、最大粒径=2mm, 細粒分含有率=19%, $U_c=46$, $\rho_s=2.71\text{g/cm}^3$ である。1本の締固め曲線に対する試料は繰返し用いた。

結果の整理には次式の単位体積当りの締固め仕事量 E_c と締固め運動量 M_c を用いた。

$$E_c = \frac{W \cdot H \cdot N_B \cdot N_L}{V} \quad (\text{kgf}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3)$$

$$M_c = \frac{m \cdot \sqrt{2gH} \cdot N_B \cdot N_L}{V} \quad (\text{kg}\cdot\text{cm/s}/\text{cm}^3)$$

ここに W はランマー重量、 V はモールド容積である。

表-1 試験条件と結果

実験 シリーズ	m (kg)	H (cm)	N_B (回)	N_L (層)	E_c	M_c	ρ_{dmax} (g/cm^3)	w_{opt} (%)
E_i 一定	1.75	42.9	6	1	0.45	3.04	1.630	20.2
	2.5	30	"	"	"	3.64	1.642	19.6 ¹⁾
	4.5	16.7	"	"	"	4.88	1.672	19.2
	1.75	42.9	6	3	1.35	9.13	1.760	16.7
	2.5	30	"	"	"	10.9	1.775	16.6 ²⁾
	4.5	16.7	"	"	"	14.7	1.800	16.2
	1.75	42.9	12	3	2.70	18.3	1.836	14.3
	2.5	30	"	"	"	21.8	1.843	14.0 ³⁾
	4.5	16.7	"	"	"	29.3	1.850	13.7
	1.75	42.9	25	3	5.63	38.1	1.917	11.8
	2.5	30	"	"	"	45.5	1.918	11.8 ⁴⁾
	4.5	16.7	"	"	"	61.1	1.921	11.7
mv 一定	1.75	61.2	6	1	0.64	3.64	1.641	19.5
	2.5	30	"	"	0.45	"	1.642	19.6 ¹⁾
	4.5	9.3	"	"	0.25	"	1.637	20.4
	1.75	61.2	6	3	1.93	10.9	1.775	16.6
	2.5	30	"	"	1.35	"	1.775	16.6 ²⁾
	4.5	9.3	"	"	0.75	"	1.770	16.9
	1.75	61.2	12	3	3.86	21.8	1.876	13.4
	2.5	30	"	"	2.70	"	1.843	14.0 ³⁾
	4.5	9.3	"	"	1.51	"	1.822	14.9
	1.75	61.2	25	3	8.03	45.5	1.943	10.9
	2.5	30	"	"	5.63	"	1.918	11.8 ⁴⁾
	4.5	9.3	"	"	3.14	"	1.883	12.9
$2E_{cs}$	2.5	30	50	3	11.3	90.9	1.992	10.6 ⁵⁾

E_c : 締固め仕事量($\text{kgf}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3$),

M_c : 締固め運動量($\text{kg}\cdot\text{cm/s}/\text{cm}^3$),

1), 2), 3), 4)はそれぞれ同一試験,

5)はStandard Proctorエネルギー E_{cs} の2倍

結果と考察 表-1に各試験で得られた最大乾燥密度 ρ_{dmax} と最適含水比 w_{opt} を示した。図-1, 2にそれぞれ E_i , mv 一定シリーズの締固め曲線を示した。 E_i 一定シリーズで E_c が低い場合は、文献3)の結果と同様に、 m が大きいほど締固め曲線が上方に位置し、 ρ_{dmax} が大きく、 w_{opt} は小さくなる。しかし E_c が高くなるとその傾向は弱まり、 $E_c=5.63\text{kgf}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3$ (Standard Proctor)では m, H の違いが現れなくなる。一方、 mv 一定シリーズで M_c が低い場合は、 m, H によらずほぼ同じ結果が得られるが、 M_c が高くなると m が小さい(E_c は大きい)ほど締固め曲線が上方に位置し、 E_i 一定シリーズとは逆の傾向を示す。

図-3, 4にそれぞれ $\rho_{dmax}-\log(E_c)$, $\rho_{dmax}-\log(M_c)$ の関係を示した。両者ともほぼ直線関係を示す。前述したように E_c による整理は E_c が低い領域で、 M_c による整理は M_c が高い領域で打撃条件の差が見られるが、 M_c による整理の方が ρ_{dmax} は狭い範囲におさまっている。これは文献3)で報告したように重錘落下による衝撃締

固め機構は完全非弾性衝突で説明でき、締固め効果は運動量が支配要因であるためと考えられる。 M_c が大きくなると運動量で説明できなくなるのは、土が高密度化することによって弾性成分の影響が現れ、衝突の機構が変わるためと考えられる。

あとがき 現在の土の締固め問題はエネルギー管理が基本であるが、今回の結果では締固め密度はエネルギーより運動量に強く依存することが見いだせた。今後土の種類を変えた実験を行い、さらにデータを蓄積したい。

- 参考文献**
- 1) 大島, 他: 重錘落下締固め工法における打撃仕様と効果, 第25回土質工学会, pp.1853~1856, 1990.
 - 2) 大島, 他: 重錘落下締固めにおける密度増加域と運動量の関係, 第48回土木学会, 1993.
 - 3) 大島, 他: 重錘落下締固めにおける重錘運動量と締固め効果, 第27回土質工学会, pp.2103~2106, 1992.

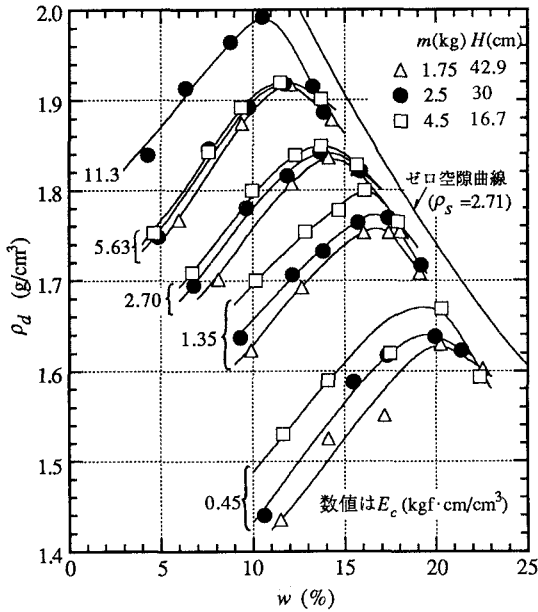


図-1 E_1 一定シリーズの締固め曲線

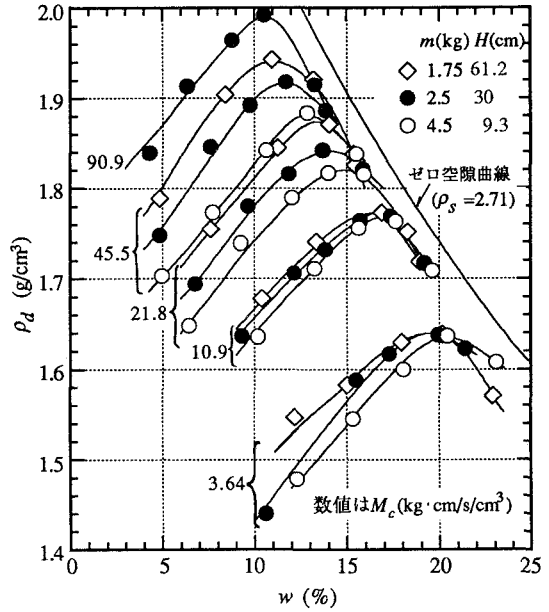


図-2 mv 一定シリーズの締固め曲線

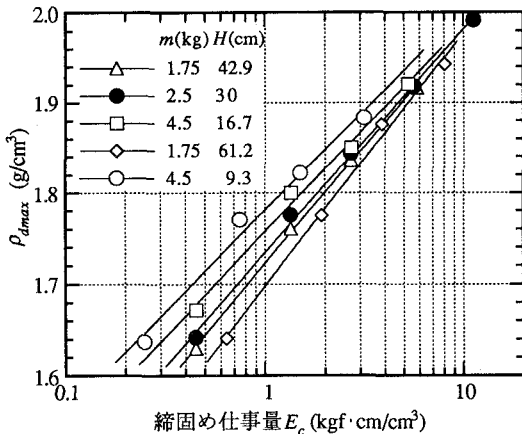


図-3 最大乾燥密度と締固め仕事量の関係

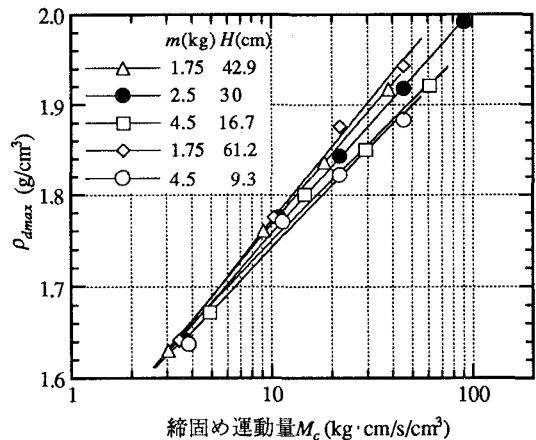


図-4 最大乾燥密度と締固め運動量の関係