

# 中間土の締固め試験の準備方法に関する研究(その2)

中部土質試験協同組合 ○岩田 暁 坪田 邦治  
加藤 雅也 石原 聖子

## 1. はじめに

土の締固め試験の準備方法には乾燥法と湿潤法がある。著者らは前研究で中間土における両法の比較試験を行い、その結果、準備方法の違いにより締固め特性が異なることを報告した<sup>1)</sup>。そして試料の乾燥処理が、その試験結果に何らかの影響を与えていることを確認した。

本研究(その2)では、前研究で課題となった乾燥処理により締固め特性が異なった原因について明らかにすることを試みた。風化の仕方が異なる2つのまさ土を対象に締固め特性・物理特性の面から比較検討した。

## 2. 材料および試験方法

### (1)試験に用いた試料

本研究で用いた試料は、岐阜県恵那市の最大粒径19mmの礫を含むまさ土(以下、E土)と、比較材料として滋賀県甲賀市産のまさ土と藤の森粘土の混合土(以下、K土)を用いた。E土は、茶褐色で、長石とみられる塊や礫は、指圧により崩れるものが混在していた。一方、K土は粒径5mm程度の礫を含むまさ土に、藤の森粘土をFcがE土とほぼ同じ(≒Fc25%)になるように混合したものである。

表-1にE土とK土の物理特性を示す。土質分類は、2試料とも細粒分質礫質砂である。礫分を除いた部分に着目すると、砂分含有率Sc≒50%、塑性指数Ip<30%であることから両者とも中間土領域<sup>2)</sup>にある試料といえる。

図-1に土の粒度試験方法<sup>3)</sup>に準拠して求められた粒径加積曲線を示す。最大粒径を除いた2試料の粒度分布はほぼ等しく、粒径幅の広い土から構成されていることがわかる。

### (2)試験方法

突固めによる土の締固め試験方法<sup>3)</sup>に準拠した。突固め方法はA法(モールド径10cm, ランマー2.5kg, 3層/25

表-1 物理特性

試料名	E土	K土
土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.678	2.649
自然含水比 $w_n$ (%)	15.9	12.5
最大粒径 $G_{max}$ (mm)	19.0	9.5
礫分含有率 $G_c$ (%)	22.7	20.1
砂分含有率 $S_c$ (%)	51.3	54.7
細粒分含有率 $F_c$ (%)	26.0	25.2
塑性指数 $I_p$	18.9	16.4

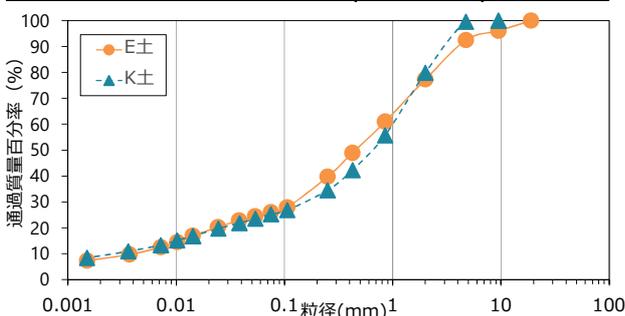


図-1 粒径加積曲線

回)で、準備方法と使用方法は乾燥法・非繰返し(以下、b法)と湿潤法・非繰返し(以下、c法)で行った。

今回のb法では、乾燥処理による影響を明確に捉えるために、自然含水比状態のものを110℃で24時間以上炉乾燥し、絶乾状態にした試料を用いた。所要の含水比に調整後、12時間以上静置したもので突固めを行った。

## 3. 試験結果

### (1)締固め特性

図-2に、E土とK土をそれぞれb法とc法で実施した締固め曲線を示す。E土-b法の締固め曲線で変化がみられ、c法より最大乾燥密度(以下、 $\rho_{dmax}$ )が高く、最適含水比(以下、 $w_{opt}$ )が低い結果となった。一方で、K土はほとんどその差がみられなかった。表-2の諸数値をみても明らかである。

### (2)粒子破碎による影響

E土-b法とc法の数値に差がでた原因を探るため、粒子破碎による影響を検討した。図-2に示した4パターン<sup>4)</sup>の $w_{opt}$ 時・突固め後の試料を用いて粒度試験<sup>3)</sup>を行った。

表-3に代表粒径の諸数値を、図-3に粒径加積曲線を示す。図-3のE土の粒度曲線では変化がみられ、K土ではほぼ一致している。表-3の特にE土の原粒度とb法 $w_{opt}$ の $D_{50}$ 、 $D_{60}$ の差は0.1mm以上と大きく、シルト～砂を中心に細粒側に移行したことがわかる。したがってE土-b法は突固めにより試料が細粒化され、間隙に土粒子がつまりやすくなり、乾燥密度が高くなったと考えられる。

さらに、E土の $w_{opt}$ 時・突固め前の粒度試験も実施し、突固め前段階でも細粒化を確認し、原粒度→突固め前→突固め後の順で粒子破碎が起きたと考えられる。

E土は乾燥処理後の加水時にスレーキングを起こし、乾燥した状態で水が隙間に侵入し、隙間中の空気圧縮による引張力と、土粒子の水分吸収により、粒子間の結合力が低下したと推察される<sup>4)</sup>。粒度結果から、改めてE土は風化の進んだ土、K土は風化の少ない土と判断できる。

表-2 最大乾燥密度・最適含水比の諸数値

試料名	E土-b法	E土-c法	K土-b法	K土-c法
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.805	1.767	1.967	1.966
最適含水比 $w_{opt}$ (%)	14.6	16.3	10.6	10.6

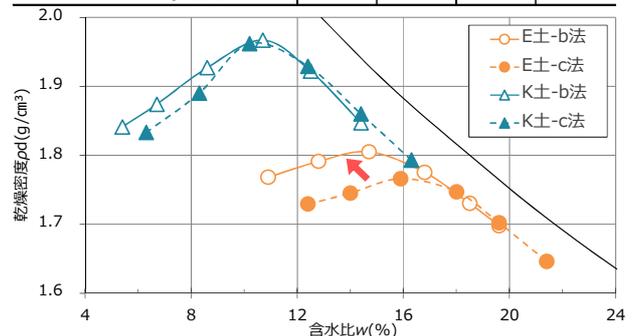


図-2 締固め曲線

(3)初期含水比の違いによる影響

藤の森粘土を混入したK土は締固め、粒度の曲線をも、b法とc法の傾向はほぼ一致している。しかし前研究の藤の森粘土混合土は、締固め曲線に差が生じ、粒径加積曲線も、僅かではあるが細粒分の粒子破碎を起こしていた<sup>1)</sup>。前回のデータと比較した結果、決定的な違いは初期含水比(以下、 $w_i$ )の位置であった。E土とK土の $w_i (=w_m)$ はいずれもc法の $w_{opt}$ 付近であるが、前研究の $w_i$ は締固め曲線の一番湿潤側に位置していた。

そこで、E土とK土の $w_i$ の含水比を変え、再度b法の締固め試験を実施した。各c法で求めた一番湿潤側にある含水比(E土21.4%、K土16.3%)に調整後、3日間密閉状態で保管し、乾燥処理を行った。

図-4に、その締固め曲線を示す。高含水比設定した試料(以下、 $w_{wet}$ )は、変化のなかったK土においてもE土と同様に $\rho_{dmax}$ は高くなり、 $w_{opt}$ は低くなった。

$w_{wet}$ の試料についても、同様に $w_{opt}$ 時の突固め後の粒度試験を行った。図-5にb法 $w_{opt}$ と $w_{wet}$ を比較した粒径加積曲線を示す。特筆すべきは、今まで粒子破碎がみられなかったK土の粘土の部分が細粒化したことである。

$w_{wet}$ の試料では、水分過剰の状態からの乾燥処理により、土粒子が作る団粒が固結し、みかけ上粒度が粗粒化した。その後加水・突固めをしたことで、広範囲に粒子破碎が進んだと考えられる。したがって、 $w_i$ から乾燥処理する所要の含水比までの差が大きいほど、より多く細粒化する可能性が高くなる。

(4)液性限界値に及ぼす影響

表-4にコンシステンシー特性を示す。液性限界に着目すると、いずれもb法 $w_{wet}$ の液性限界の低下が著しい。原粒度やc法と比較すると、早い段階で土が水を保持できなくなり、低含水比で液状に移る。つまり、土の保水力が低下したことを示している。

このことは図-4のb法 $w_{wet}$ の含水比が低い段階で締固めピークを迎え、締固め曲線が左上に現れたことと直結する。したがって粒子破碎による影響の他に、乾燥処

表-3 代表粒径の諸数値

	E土			K土		
	原粒度	b法 $w_{opt}$	c法 $w_{opt}$	原粒度	b法 $w_{opt}$	c法 $w_{opt}$
$D_{10}$ mm	0.0041	0.0029	0.0029	0.0028	0.0039	0.0032
$D_{20}$ mm	0.0232	0.0140	0.0152	0.0261	0.0251	0.0245
$D_{50}$ mm	0.4534	0.3295	0.3998	0.6534	0.6436	0.6487
$D_{60}$ mm	0.8060	0.6159	0.7515	1.0156	0.9939	1.0350

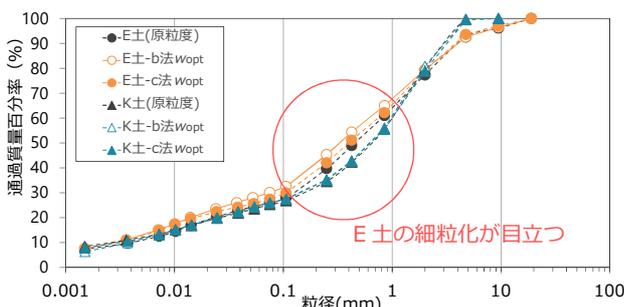


図-3 粒径加積曲線

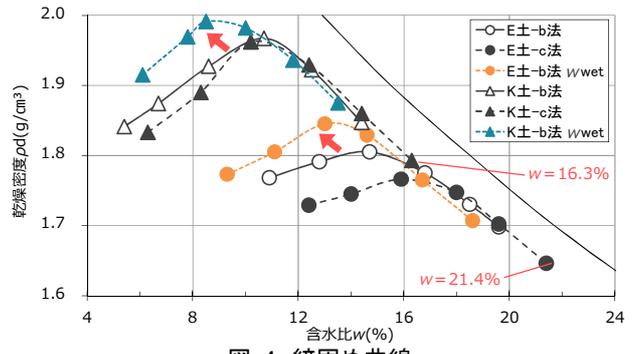


図-4 締固め曲線

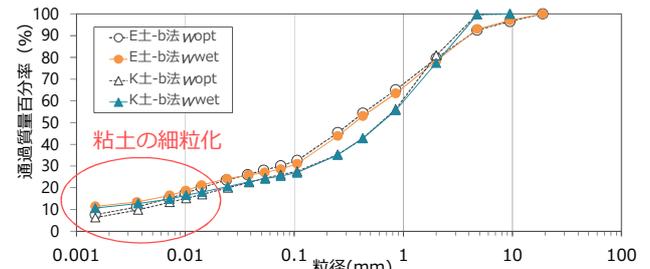


図-5 粒径加積曲線

表-4 コンシステンシー特性

	E土				K土			
	原粒度	c法 $w_{opt}$	b法 $w_{opt}$	b法 $w_{wet}$ $w_{opt}$	原粒度	c法 $w_{opt}$	b法 $w_{opt}$	b法 $w_{wet}$ $w_{opt}$
液性限界 $w_L$ %	43.3	41.1	39.0	36.3	34.5	30.4	29.8	28.2
塑性限界 $w_P$ %	24.4	25.3	22.6	22.2	18.1	16.2	15.7	15.7
塑性指数 $I_P$	18.9	15.8	16.4	14.1	16.4	14.2	14.1	12.5

理の程度が大きいと、土の微細な団粒の構造まで破壊され、保水力が低下し、締固め特性に影響を及ぼす要因となってくる。

4. まとめ

2つのまさ土の比較試験の結果、以下の知見を得た。

- 風化の進んだE土は、乾燥処理後の粒子破碎により、b法とc法の締固め特性で異なった傾向を示す。
- 風化の少ないK土は、初期含水比が $w_{opt}$ 付近であれば、b法とc法の締固め特性は、ほぼ同じ傾向を示し、b法の乾燥処理による影響は少ない。
- 乾燥処理の程度が大きいほど、土の微細な団粒の構造まで破壊し、保水力が低下しやすい。その結果、初期含水比を変えたK土では、締固め特性に変化が生じた。
- b法で $\rho_{dmax}$ が高くなり、 $w_{opt}$ が低くなる原因は、乾燥処理による土の粒子破碎と保水力低下が関係し、団粒の状態によって左右される。
- このような中間土での準備方法は、乾燥処理による影響が少ない湿潤法で行うことが望ましいと考える。

《引用・参考文献》

- 1) 岩田暁, 坪田邦治, 加藤雅也, 石原聖子: 「中間土の締固め試験の準備方法に関する研究」, 全地連技術フォーラム2015論文集, 論文No. 8, 2015. 9.
- 2) 地盤工学会編: 中間土, 砂か粘土か, p. 8, 1992. 4
- 3) 地盤工学会編: 地盤材料試験の方法と解説一二分冊 1-1, pp. 115~136, pp. 373~385, 2009. 11.
- 4) 土質工学会編: 土質工学用語辞典, p. 40, 1985. 3