

埼玉大学 理工学部 正員 風間 秀彦
熊谷工業高校 正員 大場 征一

1. まえがき

関東地方の広範囲に分布している赤褐色の火山灰質粘性土、いわゆる関東ロームは、高い含水比でありながら、地山においてはかなりのせん断強度を有しており、安定性に富んでいる。しかし、重施工機械によりこね返しを受けると、軟弱化し、トラフ力ビリティの確保さえ困難になることは周知のとおりである。

そこで本報告は、締固め方法および締固め仕事量が関東ロームのこね返しにどのように影響するか、また、こね返されたロームがどのような力学特性や圧縮特性を示すか、さらに、締固め方法や仕事量による、ロームの微視的構造の変化について、電子顕微鏡を用いて検討を行ったものである。

2 試料および実験方法

実験に用いた試料は、同一地点で採取した新期ロームの立川ロームと武蔵野ロームである。試料の土質工学的特性を表-1に示した。

供試体の作製は、自然含水比状態の試料を手でよくとろろし、9.52mmフルイの通過したものを用い、直径10cm、高さ12.7cmのモールドに、表-2のような締固め方法、締固め仕事量で3層に分け締固めた。実験は、締固め方法および締固め仕事量が同じ状態で少なくとも3本の供試体を締固めた。その内の1本はWES型粘性土用コーン penetrometerによるコーン指数試験¹⁾、2本目の供試体は、直径5cm、高さ10.5cmの供試体に成形して、一軸圧縮試験を行うと同時に、成形時に削り取った一部を微視的構造観察のために電子顕微鏡の試料にした。残りの1本は、供試体を飽和させて、圧密試験の供試体とした。一軸圧縮試験および圧密試験は通常の方法で行った。

3 実験結果と考察

3.1 乾燥密度、コーン指数、一軸圧縮強度

締固め仕事量と乾燥密度、コーン指数、一軸強度との関係を図-1、2、3にそれぞれ示した。乾燥密度に関して、締固め仕事量が増加するにつれて、 γ_d は増加するが、仕事量が大きくなると増加率は小さくなる。すなわち、動的な場合、 γ_d は50回/層以上では、ほぼ一定になる。また、半動的の場合200回/層程度でも γ_d がほぼ一定になるとはいいがたく、図示していないが400~500回/層ではほぼ一定になる。静的な場合12回/層以上になると水分が絞り出されて、5~10%程度の含水比の低下が見られる。この水分が絞り出される現象は静的以外には見られない。

表-1 試料の諸性質

試料	採取地	自然含水比 %	LL %	PL %	γ_s g/cm ³	γ_u g/cm ³
立川ローム	浦和市南浦和	92~102	129.5	95.0	1.271	1.56
武蔵野ローム	浦和市南浦和	94~109	129.1	91.3	1.276	1.65

表-2 締固め方法と仕事量

	締固め方法	締固め仕事量
動的	ランマー重量 2.5kg 落下高 30cm	締固め回数 10~200回/層
半動的 (kneading)	圧力 1.7kg/cm ² 圧縮面積 5.3cm ²	" 10~500 "
静的	全断面圧縮 圧縮速度 5mm/min	加圧力 1.0~20.0kg/cm ²

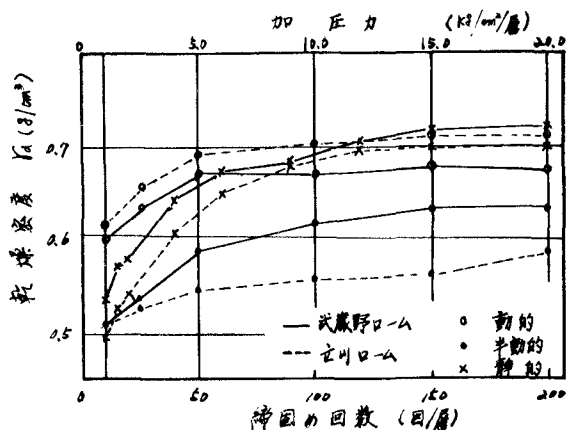


図-1 締固め仕事量と乾燥密度

締固められた供試体のコーン指数 q_c に関し、図-2 からわかるように、動的では 25 回/層を頂点として、それ以上では減少している。また半動的では、300 ~ 400 回/層を頂点にしている。静的では、仕事量が大きくなれば増加率は減少するが、 q_c は増加の傾向にある。一軸圧縮強度、および変形係数に関しても全く同様の傾向にある。

図-3 は乾燥密度と一軸圧縮強度 q_u との関係を示し、図中の矢印は、締固め仕事量が増加することを示している。図からわかるように、動的および半動的において、乾燥密度がほぼ一定になる締固め仕事量より小さい仕事量で q_u は急激に低下している。いいかえるならば、乾燥密度がかなり増加しても、強度が低下する締固め仕事量の部分が存在することである。静的な締固めでは、従来からいわれているようにこね返しは全く見られないが、動的と半動的にはこね返し効果が見られる。動的と半動的の締固め仕事量を換算できないので、厳密な意味で比較はできないが、動的の方がこね返し効果は大きいといえる。同様な実験の半動的で 100 回/層以上でこね返しの影響が現われるという報告もあるが、本実験では 400 ~ 500 回/層が境になっている。このように、3 種類の締固め方法において、静的は他のものとは比べ異なる締固め機構であるといえる。

3.2 圧密特性

圧密試験の $e \sim \log p$ 曲線を図-4 に示した。締

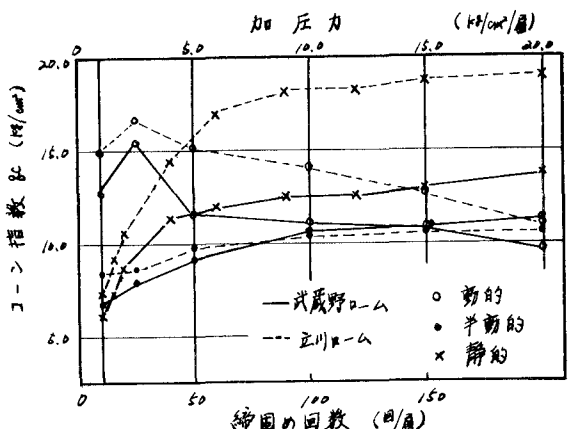


図-2 締固め仕事量とコーン指数

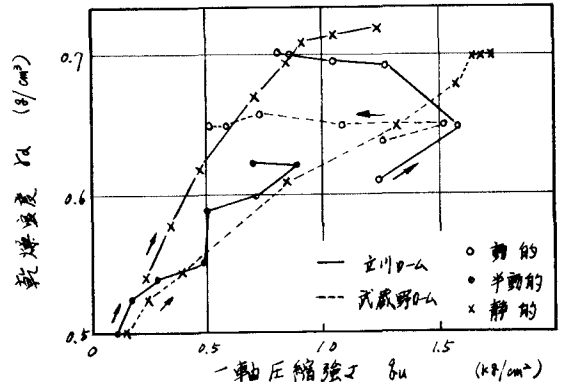


図-3 一軸圧縮強度と乾燥密度の関係

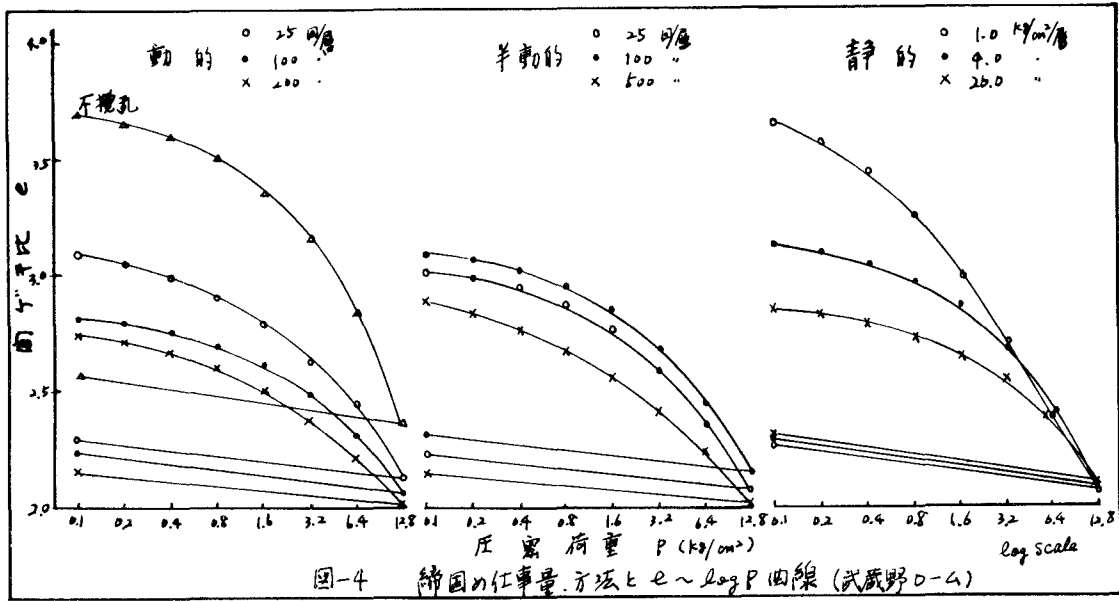


図-4 締固め仕事量、方法と $e \sim \log p$ 関係 (武蔵野ローム)

固め仕事量の増加に伴ない、 $e \sim \log P$ 曲線はややなだらかになり、下方にずれるとともに直線部分が少くなる。このために、 C_c や P_g が求めにくくなる。この結果は、不飽和状態で圧密試験とした結果³⁾と一致する。また、締固め方法および仕事量によるこね返し程度が、特に圧密の難易性に与える影響はほとんどないと思われ、 12.8 kg/cm^2 の圧密荷重でも、初期間ゲキ比の影響がそのまま残っている。ただし、静的な場合は 12.8 kg/cm^2 の荷重では、ほぼ初期間ゲキ比の影響がなくなるのが特徴である。これは静的な締固めと圧密とは、原理的に共通しているためと思われる。一方、動的な締固めで不飽和の圧密試験では、静的な場合と同様な傾向の報告がある。この相違は飽和・不飽和による差か、試料による違いかははっきりしない。図-5に圧密係数 C_v と平均圧密圧力 $\bar{P}$ との関係を示した。関東ロームでは動的な突固の回数が増加するにつれて C_v が小さくなるといわれており⁴⁾、本実験でも動的な場合ややそのような感じがする。半動的および静的ではデータのバラツキが大きく、仕事量による差は明らかでない。また、普通の粘土に見られるように、 $\bar{P}$ の増加に伴ない C_v が減少する傾向は、特に見られない。そのほか、各荷重段階における沈下量と時間曲線の関係は、各荷重段階ともに載荷直後の沈下量が多い。したがって、普通の粘土のように曲線定規の Fitting がうまくいかなかったのが特徴である。

3.3 微視的構造

電子顕微鏡写真を写真-1~9に示した。写真-4のみが武蔵野ロームであり、他はすべて立川ロームである。立川ローム、武蔵野ロームに関し、写真観察結果は全般に大きく異なる点はない。

不攪乱試料を低倍率で見ると、写真-1のように $10 \sim 300 \mu$ 程度ブロックの集まりになっており、それらのブロックは独立に存在するのではなく、他のブロックとのつながりをもっている。これを拡大してみると写真-2~4のようになる。全体的に、それらの構造は不規則であるが、大きく分ける

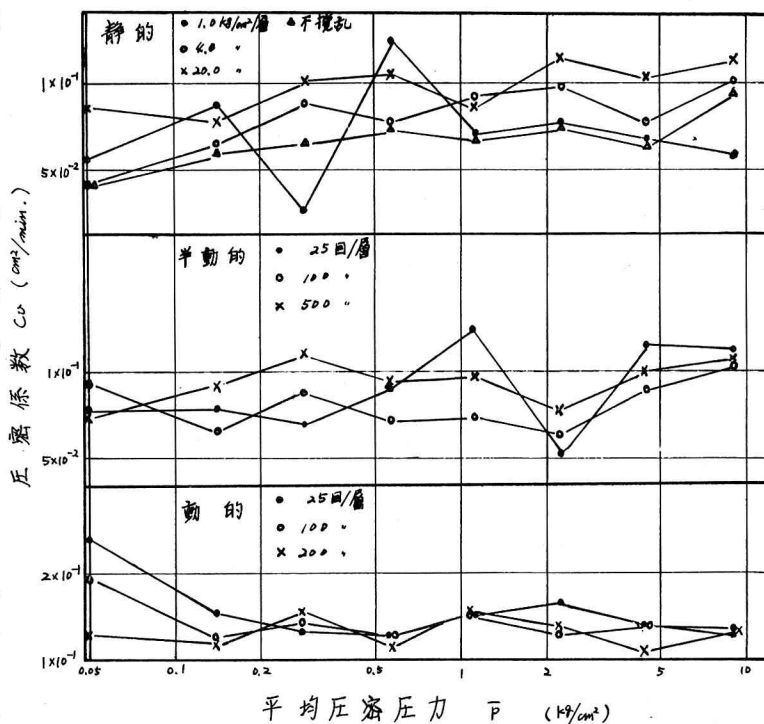


図-5 立川ロームの平均圧密圧力と圧密係数との関係

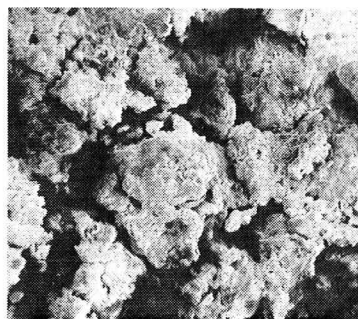


写真-1 不攪乱 200μ

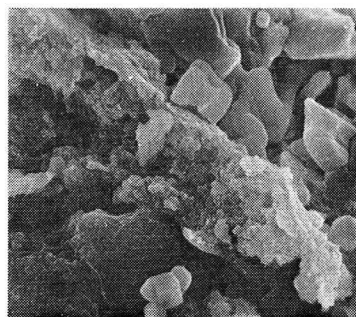


写真-2 不攪乱 8μ

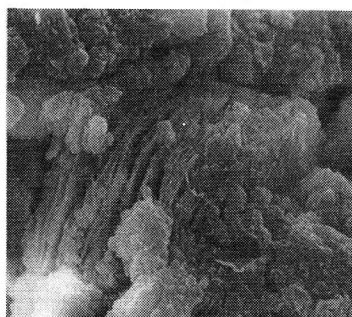


写真-3 不攪乱 8μ

と2つになる。すなわち、それぞれ小さい粒子(1 μ 以下のこ
とが多い)が無数に集まって構
成されている部分。とまは団
子状であったり、写真-4の
ように多孔質のものもある。もう
ひとつは、写真-2の大きな粒
子、写真-3のような板状の粒
子の集まりなどに代表される特
異な構造である。動的な締固め
をすると、写真-5、6のよう
になり、こね返されることによ
って、小粒子の集合体は小さい
集合体に分割されて分散する。
これはこね返し効果の大きいも
のほど顕著である。一方、半動
的では仕事量が小さい間はまだ
不攪乱に近い構造が残っている
が(写真-7)、500 μ 層では動
的なものに近づく。静的では、
写真-8・9のよう、不攪乱
状態の構造とあまり変わらないが、
加圧力が増すと全体的に締っ
た感じになる。これは締固めの
機構上、粒子あるいは粒子の集
合体の移動が拘束されるためだ
である。逆に、動的では衝撃所重
により、安定を保っていた構造
の破壊と同時に拘束水が自由水
化して、土の流動性が増す。このために、オーバーコンパクション現象が生じる。

以上の実験結果から、関東ロームのこね返しに関して、従来からいわれている構造破壊について、電子顕微鏡
写真から、ほぼ裏づけることができた。さらに、こね返し程度と土質工学的特性の関係と細部にわたって把握す
る必要がある。また、微視的な立場から定量的な検討の必要もある。

参 考 文 献

- 1) 関東ローム研究委員会: 関東ロームの分類試験方法について9提案、関東ロームに関するシンポジウム、
土質工学会、1970、PP. 7~13
- 2) 風間、内田、向山: 締固めた関東ロームの強度について、第6回土質工学研究発表会1971、PP. 281~284
- 3) 久野、渋谷: 関東ロームの圧密試験について、第19回土質工学シンポジウム、1974、PP. 79~86
- 4) 高速道路調査会: 関東ロームの土工、英亜出版、1973、P. 119

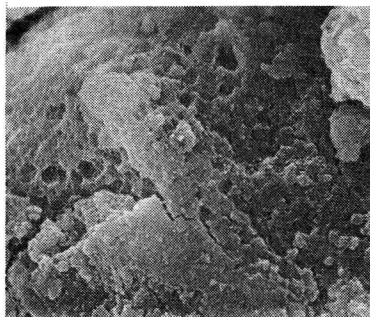


写真-4 不攪乱

8 μ

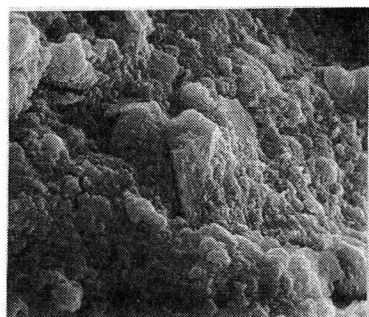


写真-5 動的500層

8 μ

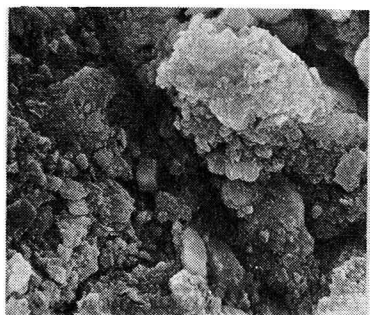


写真-6 動的200層

8 μ

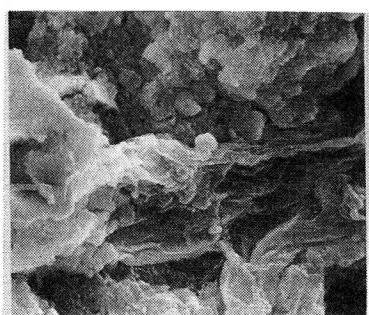


写真-7 半動的100層

8 μ

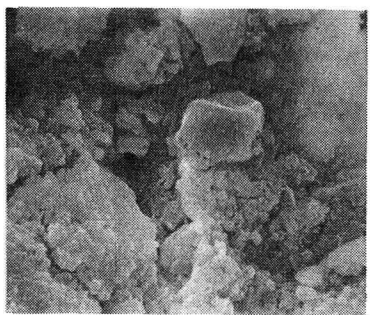


写真-8 静的9層

8 μ

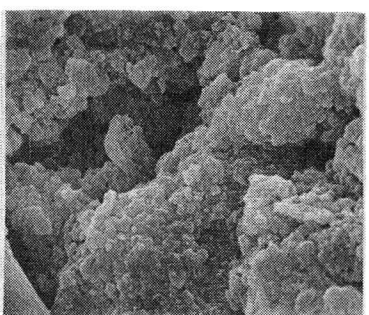


写真-9 静的20.0層

4 μ