

中央大学理工学部 正員 久野 悟 郎

新藤田組技術研究所 正員 〇古 賀 重 利

茅山園と本学会年次学術講演会において、関東ロームの土性を改良する一つの試みとして、関東ローム自体を乾燥させて作製した吸湿性土を混合し関東ローム全体の含水比を低下させて改良の効果を与える方法を提案した。前回は、改良土のCBR、一軸圧縮強さなどの強度特性について検討したが今回は、その圧縮変形特性について検討を行なったので、その概略を報告する。

1. 試験方法 試験に使用した試料は、自然含水比約140%の関東ロームである。添加材としては、この試料を使用し、赤外線ランプおよび乾燥炉にて、含水比(平均値)75.5%、46.7%、27.9%の3種類を調整し、含水比の高いものよりそれぞれ添加材Ⅲ、Ⅳ、Ⅴとした。添加材の混合率は、自然土の湿潤重量に対する添加材の湿潤重量の比で表わし、それぞれ混合率(P)、5.0%、10%、15%の割合で混合した。供試体の作製；自然土約5割をホーローバットに広げ、所定の添加材を均一にばらまき、ハンドスコップにて混合した。混合した試料は、直ちにJISA1210の規定に準じて締固め、湿潤密度を測定して、圧密試験に供した。圧縮試験；締固めた試料は、直ちにモールドよりぬき出し、ハンドトリミレゲにて、直径6.0cm高さ2.0cm供試体を作製した。試験の方法は、JISA1217の規定に準じて圧縮試験を行なった。なお、試料の状態を実際の土構造物と同一条件とするため、完全飽和状態とせず、圧密容器を埋った状態で覆って圧縮試験を行なった。荷重段階は、1段階、1440分載荷とし、圧縮過程0.2%~12.8%の7段階および、膨脹過程4段階を取った。

2. 試験結果

2.1. 改良土の密度、含水比の状態について

改良土(添加材を加えた混合土)の密度と含水比の関係は、同じ混合割合の場合において、乾燥程度の高い添加材が多量に混合したもののほど含水比の低下は大きく、締固め比重を大きくすれば、密度の増加は著しい。これらの詳しいことについては、前回報告したので省略する。図-1は、計算湿定含水比と供試体の含水比(混合土の含水比)の関係を示したものである。これによると計算含水比よりも、改良土の実測含水比の方が、やや低い値を示している。

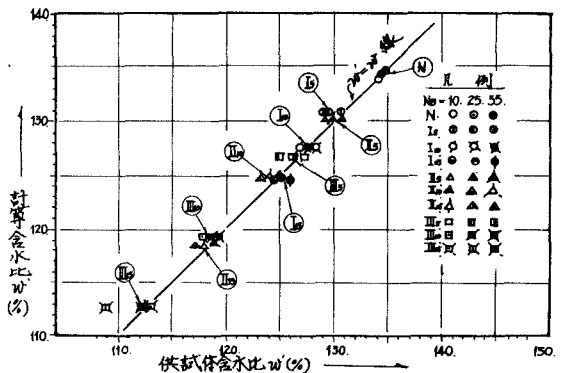


図-1. 計算含水比と供試体含水比の関係

ものである。これによると計算含水比よりも、改良土の実測含水比の方が、やや低い値を示している。

2.2. 改良土の圧縮変形について

試験結果は、締固めた供試体を不飽和な状態で圧縮試験を行ない普通に行われている $\log t$ 法によって計算したものであり、理論上、多くの問題点を含んでいるが、一応これらの結果より改良土の圧縮変形特性について述べる。

1). 含水比と先行荷重。図-2は、供試体含水比と先行荷重の関係を示したものである。これによると、含水比が低下するにつれて先行荷重は増加し、しかも締固め比重の大きいもののほど、

大きい値を示す傾向にある。図中に示す範囲は、添加材の乾燥程度ごとに示したものである。これによると、乾燥程度の高い添加材と多く混合して締固めると、先行荷重は増加する（ただし、先行荷重の増加する範囲は、適当な締固め仕量と、ある含水比のもとにおいて生ずる）。

2). 改良土の圧縮性.

図-3は、供試体含水比と最終沈下率（各圧縮荷重による最終沈下量と初期供試体の高さで除したものの）の関係のうち、その一例を示したものである。これらの図から、次の傾向がうかがえる。(i), 沈下率は、含水比が低下するにしたがって減少する。(ii), 沈下率は、乾燥程度の高い添加材と多く混合したもののほど減少する。(iii), 沈下率は、圧縮荷重によって異なり、圧縮荷重が小さい場合（たとえば、 $P=1.6$ kg以下）は、あまり大きな沈下率は示さないが、圧縮荷重が大きくなると（ $P=32$ kg）、急激に増加する。しかしそれは、応力履歴によって異なり、

図-4は、図-3に示す含水比と最終沈下率の関係が、ある含水比の範囲において、ほぼ直線関係にあるとして、そのコウ配と圧縮荷重の関係を締固め仕量をパラメータとしてプロットしたものである。図中、圧縮荷重の対数（ $\log P$ ）と、コウ配の関係曲線が、上方に立ってゐるものほど含水比が低下するにしたがって（同一締固め仕量）、沈下率が急激に減少することを示す。

図-5. 6は、供試体含水比と初期沈下率（ α_{10} ）および、二次圧縮変形コウ配（ b 値 $\sim \alpha_{\log t}$ ）の関係を示したものである。圧縮量（ S ）と時間（ t ）の関係は、一般に二次圧縮変形部分（普通二次圧縮と言われるもの）において、 $S = a + b \log t$ とやう関係で示されている。ここに a は、初期載荷時間における沈下量であり、 b は、二次圧縮変形の直線部分における時間の対数と沈下量の関係のコウ配である。

図-5. 6より、二次圧縮変形を表わす a , b の値は、次に示す傾向がうかがえる。

(i), 初期沈下率（ α_{10} ）は、最終圧縮沈下率に比較すれば、非常に大きい値を示す。(ii), 初期沈下率は、先行荷重附近まではあまり起らないが、それ以上になると急激に増加する。

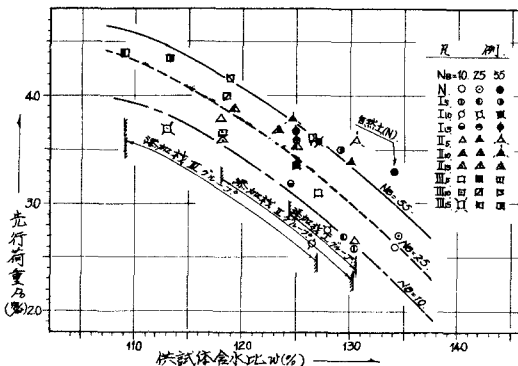


図-2. 供試体含水比と先行荷重の関係.

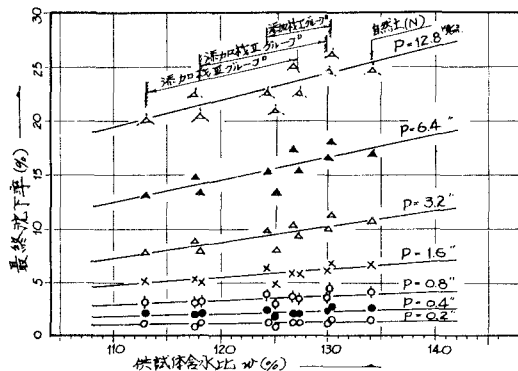


図-3. 供試体含水比と最終沈下率の関係.

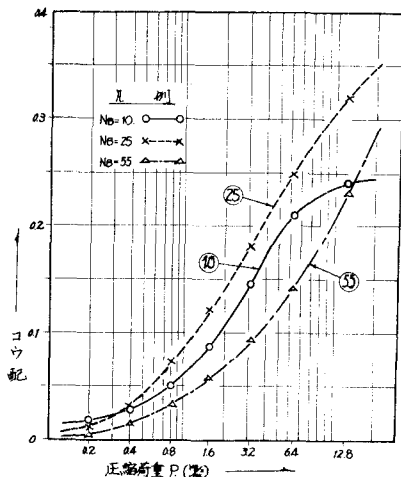


図-4. 最終沈下率 $\sim$ 含水比のコウ配と圧縮荷重の関係.

(イ), 初期沈下率は、改良が進むにつれて減少するが、圧縮荷重が大きくなるほど、その傾向は著しい。(ロ), 二次圧縮変形のコー配(b値)は、改良が進むにつれて減少する。(ハ), 二次圧縮変形コー配は、締固め仕事量によって異なる。(ニ), 二次圧縮変形コー配は、圧縮荷重の対数に対して、直線的に増加し、先行荷重附近に変曲点を生じる。

3. 含水比と圧密係数(Cu).

図-7は、供試体含水比と圧密係数との関係のプロットしたものである。これによると、改良が進むにつれて、圧密係数は増加する。

その範囲は、 $3 \times 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \sim 9 \times 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ である。

また、それは、締固め仕事量によって異なり、締固め仕事量の小さいものほど、圧密係数は、大きい値を示す。

3. 考 察

以上のごとく試験結果の概略について述べたが、これらの結果は、全て標準圧密試験法によったものであり、試験厚さの薄いことや、側面摩擦を受けていることから、試験結果(一次、二次、最終沈下率、その他)に対して、多くの疑問があり、実際に土構造物とした場合に、このような圧縮変形を生じるとはいいがなく、よって、何んらかの修正が必要となってくる。

しかしながら、それらのことを証明することは、非常に困難なことであるので、今回は、一応、試験結果をそのまま示し、改良土が、どのような圧縮性状を示すかと比較するため、前回の筆者らがあつた、改良土の強度特性とかねあわせて、極めて定性的ではあるが、次に示すような結論を計らう。

- (1). 図-1より、乾燥程度の高い添加材(たとえば、添加材Ⅱ、Ⅲ)を多く混合するほど、含水比の低下は大きく、また大きな締固め仕事量で締固めれば、密度の増加は、著しい。
- (2). 図-2より、改良土の先行荷重は、含水比の低下と共に増大する(このことは、 $e \sim \log P_{Curc}$ における最大変曲点のあらわれる位置が、含水比の低下と共に大きな圧縮荷重と載荷レベルとあらわせず、改良されることによって、圧縮に難い土へ移行していることを示す)。

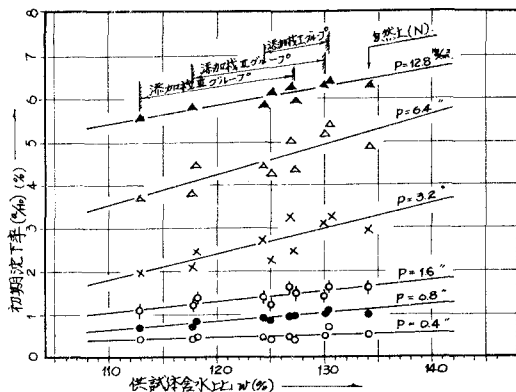


図-5. 供試体含水比と初期沈下率の関係。

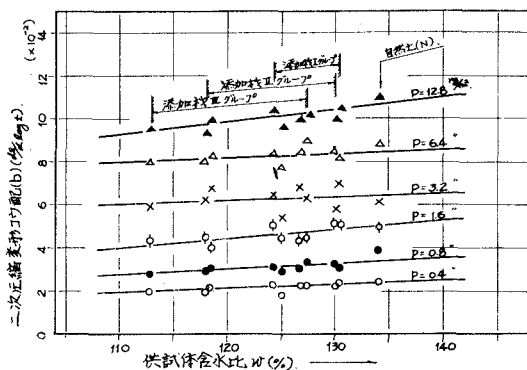


図-6. 供試体含水比と二次圧縮変形コー配の関係。

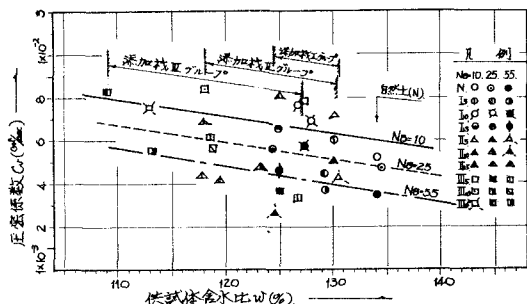


図-7. 供試体含水比と圧密係数の関係。

(3). 図-3より、改良土の圧縮変形は、含水比の低下に対して（ある含水比の範囲）ほぼ直線的に減少する。しかしながら、圧縮荷重によって異なり、改良土が過圧縮状態にあるときは、圧縮変形は少ないが、正規圧縮状態になると急激に大きくなり、その傾向は、締固め仕事量の小さいものほど大きい値を示す。よって圧縮変形は、含水比が低下するにしたがって、大きな締固め仕事量で締固めないと改善できない。（このことは、含水比が低下すれば、締固め土の飽和度は低くなり——空隙間が比率は増大する——大きな締固め仕事量で締固めないと乾圧不足の傾向を示し、構造物としての安定性に不安を生ずる）。

(4). 二次圧縮変形は、時間の対数に対して、ほぼ直線的に起り、その割合は、含水比の低下によって（改良が進むにしたがって）減少する。（本試験結果は、一般の飽和粘土と比較すると大きな値を示している。このことは、試料が不飽和であるため、間隙水圧の減少によって起る、一次圧密現象よりも、初期沈下率が比較的大きくあらわれ、それに引続いて起る二次圧縮変形——クリープ沈下——の現象が生じたと推察している）。

結局、火山灰質高含水性粘土（関東ローム）の圧縮変形特性の改善は、乾燥程度の高い添加材を多く混合し、大きな締固め仕事量で締固めれば、期待できるが、完全に圧縮変形を起さなくするまで土性を改良する必要はなく（道路などに使用される関東ロームの盛土は、ほとんどが路床部分である）。

よって、高含水性の関東ロームによって施工する場合、現状の乾圧施工法に対して、最も効果的な含水状態を見出すことにあり、今後の施工実績より、その状態を得られるための添加材の乾燥程度と混合割合と、経済的な面より検討しなければならず、今後の残された問題である。

最後に、この実験をするに当たって御協力下さった藤田組技術研究所、鎌田正孝、和泉田部の諸氏に厚く感謝いたします。

参考文献

久野悟郎、鎌田正孝、関東ロームの改良に関する実験的研究、第20回、土木学会年次学術講演会、Ⅱ-4、(昭40.5)

久野悟郎、関東ロームの工学的性質に関する2.3の考察、第20回、年次学術講演会、Ⅱ-3、(昭40.5)

紫田 徹、粘土の圧密に関するレオロジー的考察、土木学会論文集、第69号、(昭35.7)

久野、鎌田、関東ロームの改良に関する実験的研究、「土と基礎」Vol.13, No.12, 1965.(昭40.5)