

石川工孝 松尾 剛 正
 ○金沢大学 射場正和 学
 金沢大学 西田義親 正

1. まえがき

舗装の路盤、路床の設計に於ては、交通の荷重特性に対応して、動的なくり返し載荷々重を考慮すべきであつて、取上げられるべき重要な問題点としては、変形、強度、パンピング現象等があげられる。近年 H. B. Seed は三軸試験により、河上氏は一軸試験によってこのようなくり返し載荷された土の性質の研究を行い、いずれもくり返し載荷による土の硬化現象の認められることを報告している。しかし、この様な現象を得るための条件等については、余り明らかにされていない。我々は、主として一軸くり返し圧縮試験により、この様な面について実験的検討を行い、同時にくり返し載荷による変形についても検討した。また、側方拘束のある場合についても多少の実験を行った。これらの結果について報告する。

2. 実験材料、装置及び実験方法

実験材料には、金沢大学工学部構内の粘性土を用いた。その土質試験結果を表に示す。実験には 4.8 mm フレイ通過分を用いた。

一軸くり返し圧縮試験装置は、河上氏の使われたものと同型のもので、載荷々重を 1.52 kg/cm^2 と 0.53 kg/cm^2 の二種類とし、載荷頻度を 35 cpm とした。供試体は、BS 型の二つ割りモールドを用い、ジャッキで静的に締固めて成形した。供試体にゴムスリーブをかぶせ載荷枠内に設置し、くり返し圧縮を行い、その塑性変形量をダイヤルゲージで読みとった。その読み取り時期は、10、20、40、70、100、200、400、700、1000、2000、4000、7000、10000 回 載荷時とした。くり返し圧縮後の強度は、単純圧縮試験により測定した。

次に、側方拘束のある場合のくり返し圧縮装置は、荷重を与えた載荷レバーをカム状のすくい車により上下動させ、モールド上の載荷板の中央に軸方向に載荷、除荷をくり返し行う方式のものである。載荷々重を 1.75 kg/cm^2 、載荷頻度を 30 cpm とした。供試体は、高さ 10 cm、直径 12 cm のモールドにて、2 層 20 回に突固めた。モールドを載荷台に乗せ、くり返し圧縮を行い、一軸くり返し圧縮の場合と同様に塑性変形量を測定した。くり返し圧縮後の強度は、CBR 試験の要領で毎分 1 mm の貫入速度で貫入抵抗を測定した。

3. 実験結果及び考察

3-1. くり返し圧縮試験による変形機構

乾燥密度を一定にして、試料締固め含水比の変化 (38.3%、44.1%、47.0%) による変形機構を検

土質試験結果

粒 度	2mm 以上	0	%
	2~0.05 mm	38	"
	0.05~0.005	40	"
	0.075 mm 以下	71	"
	0.005 mm 以下	5	"
分 類		シルト質ローム	
改訂 PR		A-7-5	
液性限界		71.2	%
塑性指数		31.7	"
最適含水比		40	%
最大乾燥密度		1.225	g/cm^3

討し、ついで二種の含水比 (40.8%、42.1%) について、乾燥密度を最大乾燥密度の 95%、100%、105% の三種に変化させ、密度の変化による変形機構を検討した。又、くり返し応力度を二種 ($P=1.23 \text{ kg/cm}^2$ 、 $P=1.52 \text{ kg/cm}^2$) に変化させて、その変形機構に対する影響を検討した。

- (1) (a) $w=40.8\%$ $P=1.52 \text{ kg/cm}^2$
 (b) $w=42.1\%$ $P=1.52 \text{ kg/cm}^2$
 (c) $w=41.4\%$ $P=1.23 \text{ kg/cm}^2$

上の(a)、(b)の条件に対しては、最大乾燥密度の 95%、100%、105% に変化させ、(c)の場合には、(a)、(b)に比べやや高い密度の 100%、105%、110% に変化させた。

(a)と(b)では、含水比に多少の差があるだけで、変形には可成りの相違がある。(a)の場合は最適含水比により接近しているため、塑性変形量は全般に非常に小さく、又三曲線とも殆んど一致して、乾燥密度による変化は殆んど認められていない。(b)の条件では、塑性変形量は、105%に締固めのものは 100%、95%に締固めのものの約 $\frac{1}{3}$ 程度で、締固め密度の影響が明瞭である。

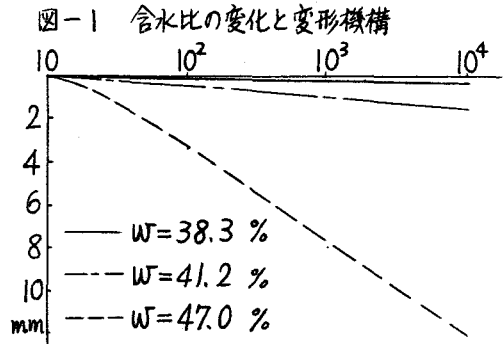
(c)の場合は、硬化現象の関係から載荷重を(a)、(b)の約 80% にした結果で、前述の様に乾燥密度のやや高い領域につき行ったものである。この場合も(b)の場合と類似した変形曲線であるが、載荷回数 100 回前後より、100% のカーブは急な変形の増加を示す。一方、105% と 110% のカーブは、載荷回数の全領域を通じて殆んど差異がなく、密度の影響のしかたについても、密度 100% の状態と 105%、110% の状態とでは明らかに違いがあるが、105% と 110% の間には、殆んど違いがない事がわかる。以上より、含水比の僅かな変化に対しても変形機構が可成り相違する領域がある。

(2) 乾燥密度を一定 (1.28 g/cm^3) にし、含水比を最適含水比の附近で三種 (38.3%、44.1%、47.0%) に、(1)の場合に比べ大きく変化させて実験を行った。含水比の小さい場合、塑性変形量は、載荷回数の好数に対して直線的に変化するが、含水比が高くなるに従って、変形曲線の勾配は急になり、塑性変形量は急に増加する。含水比の変形機構に与える影響は、甚しく大きいと考えられる。

3-2. くり返し圧縮試験後の強度

土にくり返し圧縮を与えた場合、一般に土の性質状態と載荷方法に因して任意の条件に於て、強度増加すなわち硬化現象が得られるものとは考えられない。むしろ、これらの条件の或る限られた狭い条件の下に於て、硬化現象が得られるものと考えられる。その様な硬化現象を支配する条件は、土に関しては含水比、乾燥密度であり、載荷方法に関しては、初期強度とくり返し応力度の関係等が考えられる。これらの事について多少の検討を行った。

(1) 図-2は、供試体作製時の締固め密度を一定 (最大乾燥密度の 105%) にし、含水比を最適含水比前後に三種類に変化させ実験を行った結果であり、また、締固め含水比を一定 ($w=42.1\%$) にし、密度を最大乾燥密度の 95%、100%、105% の三種類に変化させ実験を行った結果である。図から強度変化は載荷回数の比較的少ない、0 から 2000 回の間に行われ、その後は殆んど変化がない。載荷回数が増すと乾燥密度が増す事は一般に予想出来るが、側方拘束がないため、含水比の高い場



合には載荷回数の増加に伴い不規則な横ブクレの現象を生ずるので、乾燥密度と強度との規則的な関係は見出されなかった。

(2) 乾燥密度を一定にし、試料作製時の含水比を変化させ実験を行った結果から、含水比と強度の関係を見ると、含水比の最適含水比より3~4%高い所を限界として、低い領域では明らかに強度減少の傾向を示し、限界付近では殆んど強度変化はない。この場合締固の密度が比較的高いので、河上氏も指摘されている様に、くり返し圧縮を受ける前の供試体が過乾圧に近い状態に締固められているため、くり返し載荷回数の増加に従いくり返し応力による硬化現象が現れないで、むしろ、強度低下が起るのであろうと思われる。

(3) 含水比を一定にし、乾燥密度を変化させると、最大乾燥密度附近を限界として、それより低い領域ではくり返し圧縮による強度増加の傾向が見られ、高い領域では、逆に強度減少の傾向を示す。

(4) くり返し圧縮後の強度は、くり返し応力度が高い程高くなるとされているが、これもある限られた土質条件の下に於てのみいわれるものと考えられる。試料条件の同一の供試体 ($w=42\%$, ρ_d = 最大乾燥密度の95%) に対し、くり返し応力度を二種類 ($P=1.52 \text{ kg/cm}^2$, $P=0.53 \text{ kg/cm}^2$) に変化させて実験を行ったところ、応力度の差は三倍近くあるにもかかわらず、くり返し圧縮後の強度は、載荷回数1万回の範囲では殆んど差がなかった。

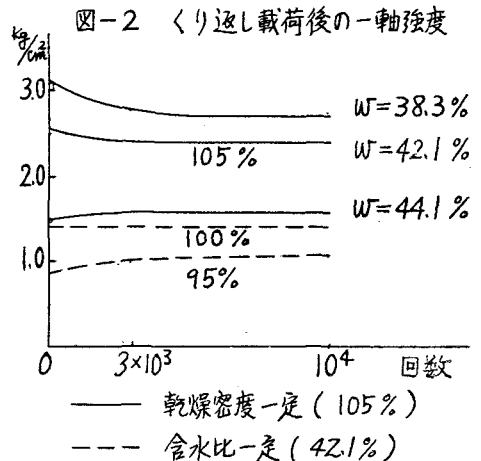
(5) 土の種類により強度増加の起り易いものと、必ずしもそうでないものがあると考えられるので、一般には強度増加の起りにくい本実験の試料に砂質土を加えて粒度調整を行いくり返し圧縮試験を行った場合には、(適当に選んだ条件であったにもかかわらず) 強度増加が明らかであった。故に、硬化現象は土の種類に大きく支配される事が確かめられたが、この点については将来更に多くの実験を加えて、土の種類に関して検討したい。

3-3 側方を拘束したくり返し圧縮試験

(1) 変形機構は一軸くり返し圧縮試験とほぼ同様で、含水比が増すと塑性変形量も増す。含水比が50%近くになると、載荷回数が増すに従いパンピング現象を主じ、その結果塑性変形量が増大する。

(2) 図-3より、くり返し圧縮による強度増加の生ずる含水比の限界は、最適含水比より3~5%高い所であって、それ以上の含水比では、くり返し圧縮の効果はない。

(3) 強度増加の著しいのは初期で、5千回以後は殆んど強度増加しない。密度増加の状態と強度増加の状態は必ずしも一致しない。



注: $w=42.1\%$ の曲線は、密度105%の曲線と共通。

