

締 固 め 土 の C B R 特 性 に つ い て

村 山 朔 郎*

植 下 協**

山 本 順 一***

1. ま え が き

最近, わが国の道路開発がにわかに活発化してきたが, 道路の設計も土質試験をおこなってから合理的におこなう傾向にあることは喜ばしいことである。

道路設計に重要な土質試験の一つはタワミ舗装厚をきめるために広く利用されている C B R 試験であり, これについては J I S A 1211「路床土支持力比試験方法」としてわが国でとるべき標準試験法が示されている。この標準試験法について著者らにはいくつかの疑問点があったのであるが, 最近多数の C B R 試験をする機会を得て, 締固め土の C B R 特性について少し詳しく調べることができたので, その調査結果をここに報告する次第である。

2. 試 料

ここで C B R 特性の調査実験に用いた試料は花崗岩の風化による礫混り砂でその試料土の粒径加積曲線は図-1に示すときのものであり, 4.8mm~20.0mm の礫の含有率は 5% である。原試料土を改訂 P R 法により分類すれば A-1-b, A C 法により分類すれば S W に属する礫混り砂である。

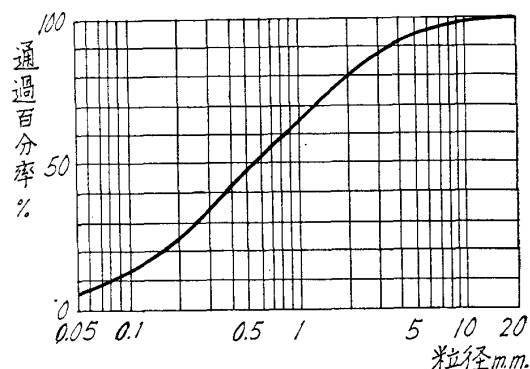


図-1 使用した試料の粒径加積曲線

3. 実 験 方 法

J I S A 1211で定めるモールドとランマを用い, 試

* 工博 京都大学教授, 工学士土木学教室

** 京都大学講師, 工学部土木工学教室

*** 京都大学助手, 防災研究所

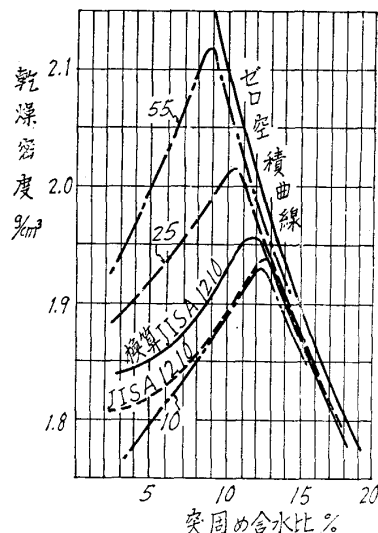


図-2

J I S A 1211 の突固め方法により, 各層 55 回, 25 回, 10 回の突固めをした場合の乾燥密度-含水比関係及び J I S A 1210 及びそれが原試料土に換算された場合の乾燥密度-含水比関係曲線

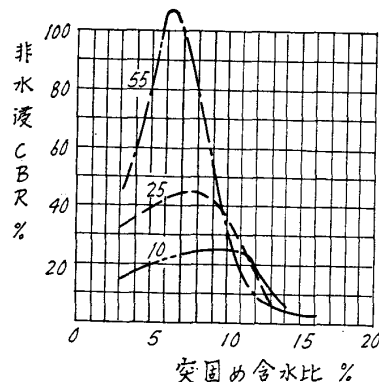


図-3

突固めエネルギーをパラメーターとした非水浸 C B R-突固め含水比関係曲線

報 文・論 文

料を5層に分けてモールドに入れ、各層の突固め厚さ約25mmになるように均一に突固めて試料の乾燥密度一含水比関係曲線を描くと各層の突固め回数を55回、25回、10回にしたものに対し図-2に示すような3本の曲線が得られる。すなわち図-2は突固めエネルギーをパラメーターとした乾燥密度一含水比関係を示している。この曲線を描くために作った突固め試料で、非水浸及び4日水浸

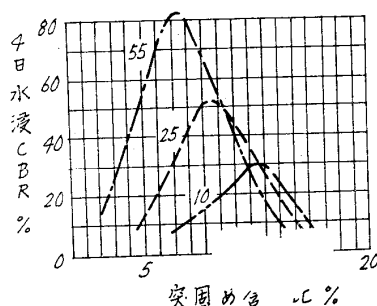


図-4

突固めエネルギーをパラメーターとした4日水浸 CBR-突固め含水比関係曲線

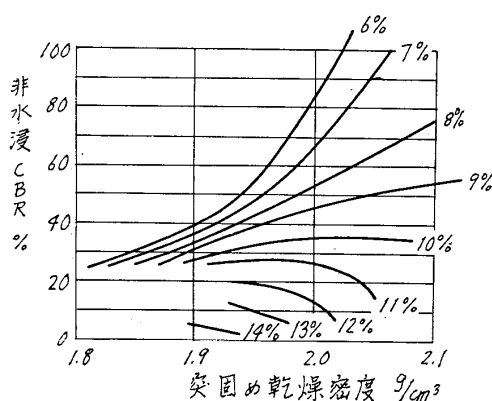


図-5

突固め含水比をパラメーターとした非水浸 CBR-突固め乾燥密度 関係曲線

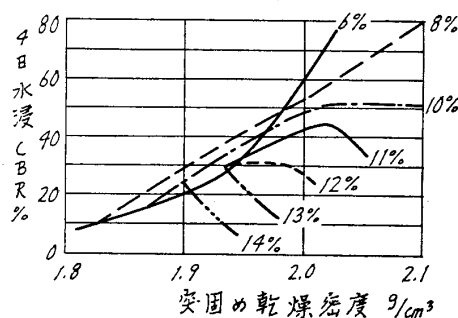


図-6

突固め含水比をパラメーターとした4日水浸 CBR-突固め乾燥密度 関係曲線

の CBR 試験をおこなえば、それぞれ、図-3及び図-4に示すような突固めエネルギーをパラメーターとした3本の CBR-突固め含水比曲線ができる。図-2、図-3、図-4から突固め含水比をパラメーターとした CBR-突固め乾燥密度曲線を描くと非水浸の場合、及び4日水浸の場合でそれぞれ図-5、図-6をうる。なお図-2には参考のために、JIS A 1210 に従って原試料上の中の粒径4.8mm以下のみの試料でおこなった突固め試験による乾燥密度一含水比曲線及びこの曲線を4.8~20.0mmの礫5% (図-1参照)を含んだ原試料土に換算した曲線を記入しておいた。

なお上述の CBR 貫入試験は舗装厚 (試験される試料土の上にくる道路材料の厚さ) を約20cmと推定してそれに相当する0.0498kg/cm²の荷重を加えておこなった。なお CBR 試料を水浸中はこの荷重板に浮力が働くから上載圧は0.0422kg/cm²となる。

4. 実験結果の考察

以上の図からわかることを次に列記してみる。

- 図-2と図-3の比較からわかるように、突固めエネルギーが一定のときに非水浸 CBR (すなわち突固め直後の支持力比) が最大となる含水比は、乾燥密度が最大となる含水比 (最適含水比と呼ばれる) よりも2~3割低い。
- 図-3と図-4の比較からわかるように、CBR-突固め含水比関係は、4日水浸することにより、非水浸 CBR 最大に対応する含水比の附近を境にして、それより含水比が低い範囲では水浸により CBR が減少し、それより含水比が高い範囲では水浸により CBR が増加している。
- 図-2と図-4の対照から突固めエネルギー、一定のときに4日水浸 CBR が最大となる突固め含水比は最適含水比とそれより2割低い含水比との間にあり、図-4の曲線のピークはそれぞれ図-3の場合より右に (含水比の高い側に) ずれている。
- 図-5によると土の密度を高めるにしたがい CBR が増加する領域と逆に減少する領域がある。締固めによりかえって土の支持力が減少する現象 (過転圧の現象という) についてはすでに2, 3の研究者が注意を喚起している。^{(1) (2)} 現場で締固めをするときはこの点を注意して、過度の締固めをおこなって有害な結果をきたさないようにしなければならない。
- 図-6によると過転圧の現象は、4日水浸を判定の基準としても起っていることがわかる。

5. JIS A 1211 の CBR 試験について

JIS A 1211 が規定する方法では、図-7(a)に示すように各層55回突固めの場合の突固め曲線によってその

最適含水比を求め、その最適含水比に調整した試料を用いて各層55回、25回、10回突固めの3種の供試体を作り、それぞれの4日水浸CBRを求め、CBRを横軸に突固め乾燥密度を縦軸として図-7(b)のようにプロットする。ついで図-7(b)から現場締固めの密度に相当する4日水浸CBRを求めて設計に用いる修正CBRとしている。

いま図-2と図-6を組合せて図-7に相当する図を描くと図-8(a)(b)が得られる。いま図-8(b)で、図-7と同様に最大乾燥密度の95%に対応する修正CBRをもとめると突固め含水比が6~12%と変化することに対応して25~65%の範囲の値をとる。(3) すなわち図-7(b)の修正CBRは現場の含水比が12%の場合には危険側であり、現場の含水比が6%の場合には安全側となる。

6. JIS A 1210 の最適含水比によつて CBR試験をした場合

JIS A 1210「土の突固め試験方法」によって求めた最適含水比は JIS A 1211 の各層55回突固め最適含水比よりも高い。しかし一般に現場で締固め作業をおこなう際の締固め度の基準には JIS A 1210 の最大乾燥密度が使われる場合が多いから、CBR供試体を作るのに用いる突固め含水比を JIS A 1210 の最適含水比に代える試みが考えられる。

この試案の可否を照査するため JIS A 1210 の最適含水比を用いて作った3つの供試体により各層55回、25回および10回突固めを行って図-7(a)(b)に相当する実験

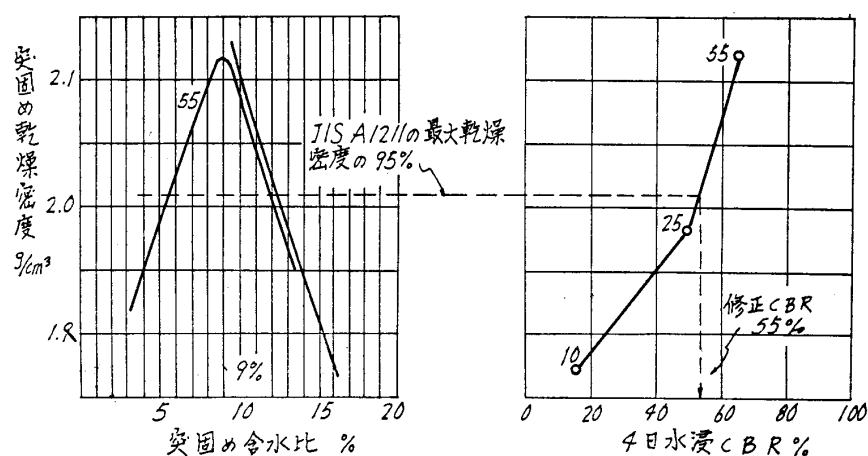


図-7 JIS A 1211に従った CBR 修正を求める図

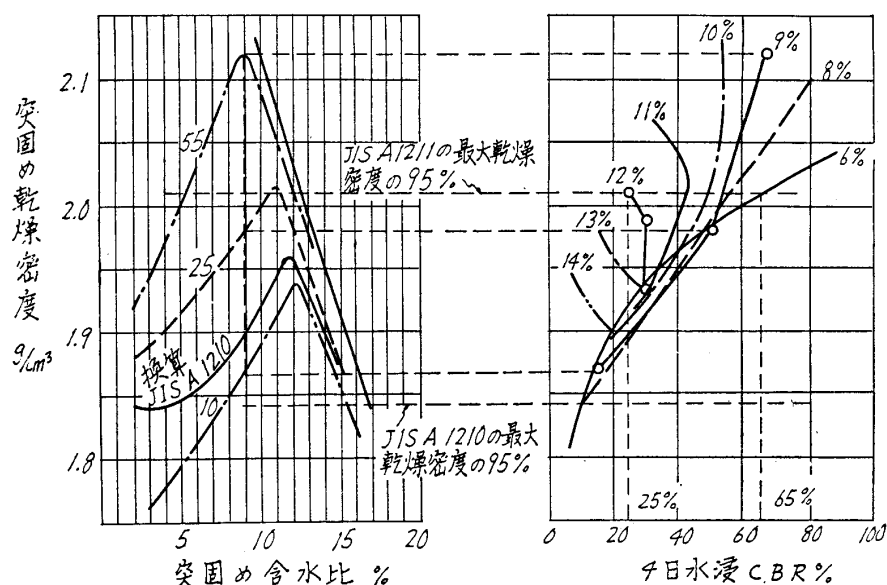


図-8 図-2, 図-6を組合せて得られる 図-7に対応する図

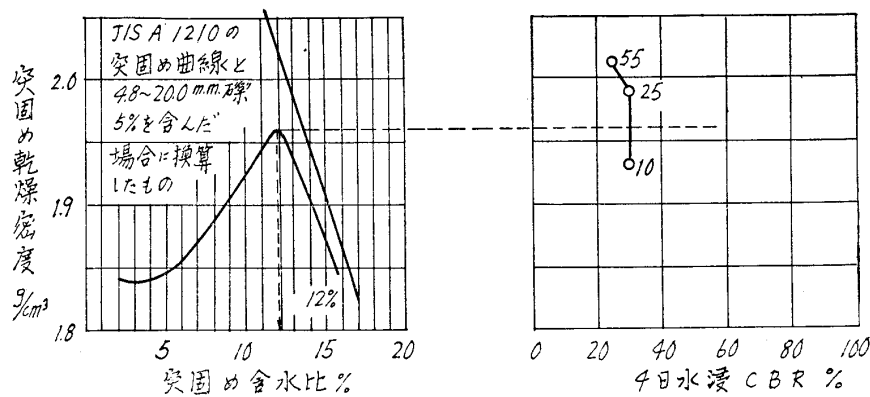


図-9 JIS A 1210 の最適含水比で CBR 試験をした場合の図-7に相当する図

を行いその結果を示せば図-9(a)(b)のようになる。

図-9(b)を図-7(b)と比較すると次の2つの具合のわるい現象があらわれている。第1の現象は各層10回突固めの供試体は正規の場合よりよく締まるが、各層55回、25回突固めの供試体はそれぞれの最適含水比をこえるので正規の場合よりも締まりにくく、したがって3点の乾燥密度の差、すなわち修正CBRを求めうる密度の範囲がせまくなる。

第2の現象は JIS A 1211 の最適含水比に従って締固めを行うと、一般に突固め回数が増すほど CBR が高くなったが、JIS A 1210 の最適含水比で締固めると突固め回数が増すとかえって CBR が低下する。(この現象は14回の実験のうち12回生じた。)これは図-6に示した過転圧現象で土質によっても多少影響がちがうが一般的な現象といえよう。

7. む す び

この報文では礫混り砂 (A-1-b, SW) により締固め土の CBR 特性を調べた。この試料土に対する実験結果の要旨を列記すると、

- (1) 一定の突固めエネルギーで土を突固めると、突固め直後の CBR が最大となる含水比は最適含水比よりも2~3割低い。
- (2) 舗装の重量として、 42g/cm^2 の上載圧下で CBR 用に締固めた試料を4日水浸すると、突固め直後の CBR を最大とする含水比より低い含水比の突固め土の CBR は締固め直後の CBR より減少し、それより高い含水比の突固め土の CBR はかえって増加した。
- (3) 一定の突固めエネルギーで土を突固めて、 42g/cm^2 の上載圧下の4日水浸後の CBR を求めると、これが最大となる突固め含水比は、最適含水比とそれより2割低い含水比の間にある。
- (3) 含水比を一定にして、突固め回数を増すことにより密度を高めてゆくと、はじめは密度の増加と共に CBR も増加するが、ある限度を越すと密度は増加するが、CBR は減少してゆく。この現象は4日水浸 CBR を基準にしても同じである。
- (5) JIS A 1211 の室内 CBR 試験で現場締固め密

度に相当する修正 CBR を求めた際、もし現場含水比が室内 CBR 試験の含水比と異った場合には4日水浸を行った実際の現場土の CBR は室内で求めた修正 CBR の約 $1/2 \sim 1.2$ 倍程度となることが容易におこりうる。故に JIS A 1211 の室内 CBR 試験で求めた修正 CBR 値は現場の含水比などを考慮して適当な安全率を見込むことが必要である。

- (6) 仮に室内 CBR 試験の供試体突固め含水比に JIS A 1210 の最適含水比を用いると、過転圧の現象などがあらわれ JIS A 1211 のような好都合な水浸 CBR—乾燥密度曲線がえられない。

これらの結果、JIS A 1211 の室内 CBR 試験法は舗装設計に対して平均値的な指針を与える簡便法ではあるが厳密に言えばなお考慮すべき多くの欠点を有するものであることが認められた。すなわち JIS A 1211 における修正 CBR 値のきめ方のうち従来より論議の多い4日水浸という条件とともに、室内実験時の突固め含水比と実際施工時の締固め含水比との相違を無視しているという問題があるからである。故にこの試験結果の利用に際しては特にこれらの点に留意しなければならない。

おわりに、この実験の機会を与えられた日本道路公団大阪支社設計課長星野出雲氏、及び実験に協力された京都大学大学院学生新見吉和氏、玉置享氏に心からの謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) Foster, C. R : Reduction in Soil Strength with in Density. Separate No.288, Proc.A.S.C.E., (1953) PP. 1~6.
Turnbull, W.J. and C.R. Foster : Stabilization of Materials by Compaction. Journal Soil Mechanics and Foundations Division, Proc. A.S.C.E., Paper No.934. (April, 1956)
- (2) 谷本喜一：土の締固め限度について
道路建設, 昭和32年9月号, PP. 1~6.
久保田敬一, 谷本喜一：土の過転圧について
第4回日本道路会議(昭和32年)論文集(昭和33年6月)日本道路協会, PP.296~298
- (3) 竹下春見：路床土支持力比試験方法の解説
土質試験法解説。土質工学会, P.119.「7. 締固め含水量に対する制限」の項を参照されたい。

(33.9.23)