

大阪市立大学大学院

学生員 ○ 戸島 輝行

大阪市立大学工学部

正員 三瀬 貞

山田 優

1. まえがき

都市内の道路では、諸工事に伴って多量の残土が発生する。そのほとんどは再利用されることなく、廃棄処分されているが、新しい良質土の入手困難、廃棄処分地不足、土砂運搬に伴うガンパ公害等を考えると、できるだけ再利用することが望ましい。十分良質な土はそのまま使用し、不良な土は適当な安定処理をして利用したい。しかし、そのための試験にはかなりの日数を要し、その間の仮置が困難な場合が多い。そこでこの研究では、残土の良、不良の判別、安定処理の配合設計のための重要な指標となる水浸CBRを、余り日数の要しない試験から予測する方法について検討した。

余り日数の要しない試験として、①塑性指数 I_p が試験できるか、できないかの区別($I_p:NP$ か $I_p>0$ か)、②フルイ分けによるレキ分(%)とシルト粘土分(%)、③締固めときの乾燥密度(γ_m)の試験を採用し、これらの試験値とCBRの関係を回帰分析することによりCBRの予測式を求めた。このような予測式はあらゆる土に適用できるものではないが、分析の対象となつた土の範囲では適当な予測誤差を見込んで使用することができる。

2. 実験概要

残土試料として昭和51年8月～昭和52年2月に大阪市内の道路工事現場から排出された32種の残土を用いた。これらについて、含水量試験、粒度試験、液性、塑性限界試験、CBR試験などにCBR20%以下の残土27種についてセメントまたは生石灰を添加して安定処理土のCBR試験を実施した。CBR試験供試体の作製、養生方法は表-1に示す。

表-1 CBR供試体の作製、養生条件

項目	摘 要
試料含水比	自然含水比 乾燥含水比*
添 加 材	普通ポルトランドセメント・工業用生石灰(粉末)
添 加 量	3段階
供試体寸法	直径15cm 高さ12.5cm
締固め条件	4.5kgラムで3層67回 4.5kgラムで3層45回
養生条件	温度20±1℃, 湿度90%以上
養生日数	3日養生, 4日水浸
添加後、締固めまでの放置時間	セメント:0時間, 生石灰:24時間

*乾燥含水比は試験を24時間、20±1℃の恒温室に約10cmの高さに盛って乾燥させた後の含水比

3. 未処理残土の回帰分析

重回帰分析を行う前に、縦軸にCBR₀または $\log_{10} CBR_0$ 、横軸に含水比、レキ分、シルト粘土分、乾燥密度、塑性指数 I_p をそれぞれとってプロットしてみると、CBR₀は $I_p:NP$ と $I_p>0$ によつて大きく範囲が異なり、かつ各グラフについて $I_p:NP$ と $I_p>0$ によつて傾向が少し異なること、また縦軸を $\log_{10} CBR_0$ にした方が直線性が見られたことから回帰式として、 $I_p:NP$ と $I_p>0$ 別に次のような式を仮定した。

$$\log_{10} CBR_0 = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 \quad \text{--- (1)}$$

ここでCBR₀は未処理残土の4日水浸CBR(%)、 x_1 は未処理残土のレキ分(%)、 x_2 は未処理残土のシルト粘土分(%)、 x_3 は締固め時の乾燥密度(γ_m)、 $a_0 \sim a_3$ は重回帰係数である。この式で含水比を説明変数として用いたたのは、相関が低いだけでなく、むしろ相関が高く、寄与が大きい。含水比の変動により予測を大きく誤る危険性があるためである。また含水比の寄与を補うために、含水比との相関の高い乾燥密度を説明変数として用いた。

重回帰分析結果を表-2に、そして各変数間の単相関を表-3、表-4に示す。表-2の重回帰分析は4通りの締固め条件による値を用いたが、各締固め条件別の重回帰分析結果と大きな差は見られなかつた。また表-2の $I_p:NP$ の場合にシルト粘土分の寄与が $I_p>0$ の場合に比べて小さいが、これは $I_p:NP$ の残土はシルト粘土分の量の変化の範囲が $I_p>0$ の残土に比べて小さいことによると思われる。

4. 安定処理による残土のCBR増加量の回帰分析

安定処理によるCBRの増加量は通常用いられる添加量範囲では、添加量に比例すると考えられるので、安定処理効果を表わす量として、 $(CBR_0 - CBR_0)/\rho$ を用いた。ここで CBR_0 は添加量 ρ の安定処理残土のCBR(%), CBR_0 は未処理残土のCBR(%), ρ は添加材の混入率(添加量)(%)である。説明変数として未処理残土と同様にレキ分, シルト粘土分, 乾燥密度を用い, データを添加材の種類別, そして $I_p:NP$ と $I_p>0$ 別に分けて分析した。ここで用いたレキ分, シルト粘土分, 塑性指数 I_p は未処理時の値であり, 乾燥密度は安定処理残土の供試体締固め時の値である。また未処理残土の場合と同様に被説明変数に常用対数を用いた方が各説明変数とのグラフに直線性が見えたことから回帰式として次の式を仮定した。

$$\log_{10}(CBR_0 - CBR_0)/\rho = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad (2)$$

ここで x_1 は未処理残土のレキ分, x_2 は未処理残土のシルト粘土分, x_3 は安定処理残土供試体の乾燥密度, $b_0 \sim b_3$ は重回帰係数である。重回帰分析結果を表-5に, 各変数間の単相関を表-6~9に示す。表-5の重回帰分析には4通りの締固め条件による値を用いたが, 各締固め条件別の重回帰分析結果と大きな違いは見られなかった。したがって安定処理効果も, 未処理残土もこの程度の締固め条件の変化に対しては1つの予測式で計算できることになる。また表-5を見るとセメント添加の $I_p>0$ の場合, 乾燥密度の寄与が非常に大きく, 乾燥密度の単回帰でもほとんど同じ精度が得られる。これは表-7に示すように, 乾燥密度がレキ分, シルト粘土分と相関がよく, これらの値も代表しているためと思われる。

セメント安定処理効果($I_p>0$)の場合を除いて, 安定処理効果の予測の精度はあまりよくない。特に生石灰安定処理効果($I_p:NP$)の乾燥含水比の場合, 相関が非常に悪い。これは生石灰の吸水・発熱反応のため, $I_p:NP$ のような砂質土では含水比が最適含水比以下になるので, 締固めが悪くなり, CBRが他の場合よりも小さくかつばさつきが小さくなるためであると思われる。

4. あとがき

以上, 未処理残土と安定処理残土のCBRを回帰式を用いて予測する方法を検討したが, これらの式が実験式である以上, その適用範囲には限界がある。今後, 種々の残土の試験結果との比較が積重ねられ, 式の修正, 適用範囲の拡大が望まれる。なお, 今回の実験に際し, 大阪市土木局のご協力をいただいた(参考文献)。

佐々木, 三浦, 山田: 瀝青残土の安定処理による再利用についての研究 土木学会第32回年次学術講演会概要集

表-2 未処理残土の重回帰分析

	説明変数	重回帰係数	偏相関係数	重相関係数	標準偏差
$I_p:NP$ データ数 $n=56$	定数	-3.39	—	0.74	0.45
	レキ分 x_1	0.030	0.41		
	シルト粘土分 x_2	-0.008	-0.12		
	乾燥密度 x_3	2.43	0.51		
$I_p>0$ データ数 $n=65$	定数	-4.82	—	0.77	0.35
	レキ分 x_1	0.051	0.60		
	シルト粘土分 x_2	0.021	0.48		
	乾燥密度 x_3	2.20	0.62		

表-3 未処理残土($I_p:NP$)の単相関

	レキ分	シルト粘土分	乾燥密度	$\log CBR$
レキ分	—	-0.10	0.33	0.50
シルト粘土分	-0.10	—	-0.57	-0.43
乾燥密度	0.33	-0.57	—	0.67
$\log CBR$	0.50	-0.43	0.67	—

表-4 未処理残土($I_p>0$)の単相関

	レキ分	シルト粘土分	乾燥密度	$\log CBR$
レキ分	—	-0.75	0.50	0.59
シルト粘土分	-0.75	—	-0.80	-0.46
乾燥密度	0.50	-0.80	—	0.60
$\log CBR$	0.59	-0.46	0.60	—

表-5 安定処理効果の重回帰分析

	説明変数	重回帰係数	偏相関係数	重相関係数	標準偏差
セメント データ数 $n=116$	$I_p:NP$ 定数	-1.51	—	0.70	0.27
	レキ分 x_1	0.026	0.55		
	シルト粘土分 x_2	0.009	0.20		
	乾燥密度 x_3	1.34	0.36		
生石灰 データ数 $n=151$	$I_p>0$ 定数	-2.70	—	0.88	0.23
	レキ分 x_1	0.005	0.07		
	シルト粘土分 x_2	0.002	0.08		
	乾燥密度 x_3	2.15	0.69		
生石灰 データ数 $n=117$	$I_p:NP$ 定数	-4.40	—	0.61	0.29
	レキ分 x_1	0.012	0.30		
	シルト粘土分 x_2	0.022	0.40		
	乾燥密度 x_3	2.83	0.55		
生石灰 データ数 $n=152$	$I_p>0$ 定数	-1.63	—	0.69	0.30
	レキ分 x_1	0.014	0.21		
	シルト粘土分 x_2	0.003	0.07		
	乾燥密度 x_3	1.51	0.47		

表-6 セメント安定処理効果($I_p:NP$)の単相関

	レキ分	シルト粘土分	乾燥密度	$\log(CBR_0 - CBR_0)/\rho$
レキ分	—	0.03	0.39	0.63
シルト粘土分	0.03	—	-0.15	0.12
乾燥密度	0.39	-0.15	—	0.48
$\log(CBR_0 - CBR_0)/\rho$	0.63	0.12	0.48	—

表-7 セメント安定処理効果($I_p>0$)の単相関

	レキ分	シルト粘土分	乾燥密度	$\log(CBR_0 - CBR_0)/\rho$
レキ分	—	-0.86	0.82	0.73
シルト粘土分	-0.86	—	-0.85	-0.74
乾燥密度	0.82	-0.85	—	0.88
$\log(CBR_0 - CBR_0)/\rho$	0.73	-0.74	0.88	—

表-8 生石灰安定処理効果($I_p:NP$)の単相関

	レキ分	シルト粘土分	乾燥密度	$\log(CBR_0 - CBR_0)/\rho$
レキ分	—	0.01	0.03	0.27
シルト粘土分	0.01	—	-0.41	0.15
乾燥密度	0.03	-0.41	—	0.42
$\log(CBR_0 - CBR_0)/\rho$	0.27	0.15	0.42	—

表-9 生石灰安定処理効果($I_p>0$)の単相関

	レキ分	シルト粘土分	乾燥密度	$\log(CBR_0 - CBR_0)/\rho$
レキ分	—	-0.76	0.41	0.44
シルト粘土分	-0.76	—	-0.76	-0.57
乾燥密度	0.41	-0.76	—	0.66
$\log(CBR_0 - CBR_0)/\rho$	0.44	-0.57	0.66	—