

道路盛土の圧縮沈下について

——粗粒土の室内試験結果による——

いし 井 恒 久*

1. ま え が き

土木材料である土を用いた構造物としては道路、鉄道、堤防、宅地造成、ダムなど種々のものがある。いずれの場合も、でき上がった構造物は所要の強度を有し、また変形

量も許容値内でなければならない。

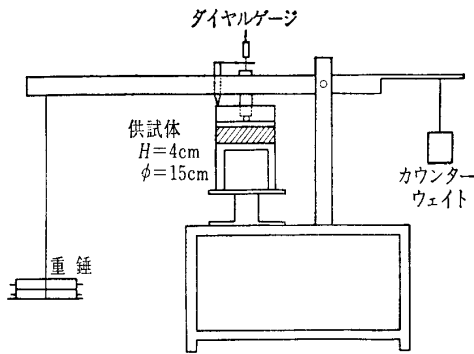
道路盛土（ここでは特に高速道路を対象にする）の場合、通常施工されるものは強度的にはほとんど満足されている場合が多い。しかし、長期間にわたる盛土の圧縮沈下により生じる問題は各所で起こっており、その解決の困難さが

表-1 試料名、土質試験結果および分類名

試料名	土 性	最大粒径 (mm)	2000 μ フルイ通 過量(%)	74 μ フルイ通 過量(%)	均等係数 U_c	塑性指数	最適含水比 (%)	*最大乾燥 密度 (g/cm ³)	*95% 修正CBR (%)	統一分類名	** 裏込め材	試験の種類
砂	① 青森2	4.76	99.5	5.0	2.5	NP	26.0	1.32	(w_n) 13.0	(S-V)	A	I, II
	② 稲 城	2.0	100.0	20.3	8.4	NP	16.5	1.75	34.0	(SM)	B	I, II
	③ 札幌東	2.0	100.0	42.0	25.6	NP	14.3	1.71	27.0	(SM)	—	II
シラス	④ 青森4	25.4 (19.1)	70.6 (73.5)	22.9 (23.9)	— (40.0)	NP	25.0	1.15	65.0	(SV)	B	I, II
	⑤ 鹿児島	38.1 (19.1)	76.3 (79.9)	14.9 (16.8)	—	NP	18.4	1.38	32.2	(SV)	B	II
マ サ 土	⑥ 白 石	19.1	46.7	6.8	18	NP	10.8	1.98	25.0	(G-M)	A	I, II, III
	⑦ 熊 本	9.52	84.0	12.1	420	NP	10.2	1.94	22.0	(S-M)	A	I
	⑧ 二本松	4.76	91.3	15.2	26	NP	11.2	1.83	7.0	(SM)	B	I, II
	⑨ 岡 崎	19.1	81.2	18.0	—	NP	10.0	1.96	16.7	(SM)	B	II
	⑩ 敦 賀	4.76	94.1	28.6	—	NP	11.0	1.92	32.0	(SM)	B	II
レ キ 混 じ り 土	⑪ 伊 那	50.8 (19.1)	49.7 (77.5)	10.3 (16.1)	152 (76)	NP	12.4	1.90	36.0	(G-M)	B	I, II, III
	⑫ 土 岐	50.8 (19.1)	50.5 (60.0)	15.2 (18.1)	— (48)	9.8	13.8	1.98	32.0	(G-M)	B	I, II
	⑬ 山 崎	25.4 (19.1)	39.5 (47.2)	12.9 (15.8)	—	12.0	11.0	1.89	37.0	(G-M)	B	II
	⑭ 築 館	50.8 (19.1)	37.0 (54.4)	13.4 (19.7)	— (10.7)	23.0	14.4	1.83	11.0	(G-C)	B	I, II, III
	⑮ 六日町	38.1 (19.1)	48.6 (58.6)	23.5 (26.2)	—	17.1	11.3	1.95	43.0	(G-C)	B	II
	⑯ 川 越	50.8 (19.1)	43.0 (58.3)	14.9 (20.2)	— (66)	12.6	9.3	2.02	29.5	(G-C)	B	I
	⑰ 多治見	38.1 (19.1)	39.9 (49.1)	11.3 (19.2)	148	12.2	8.0	2.10	7.3	(G-C)	B	II
	⑱ 浜 松	50.8 (19.1)	34.1 (49.6)	6.9 (10.0)	66 (64)	14.0	11.0	1.96	45.0	(G-C)	B	I, II, III
	⑲ 瀬 高	50.8 (19.1)	42.8 (47.5)	18.3 (18.6)	—	14.3	8.2	2.03	26.0	(G-C)	B	II
	⑳ 那 須	19.1	79.8	23.3	—	14.8	32.5	1.25	28.0	(SC)	B	II
	㉑ 静 岡	9.52	94.0	49.1	—	15.9	20.0	1.61	3.7	(SC)	—	II

* JIS A 1210 呼び名 2.5 法 ** 参考文献 1) 参照 () 内は 19.1 mm 以下の場合

* 日本道路公団 新潟建設局 小出工事事務所 技師



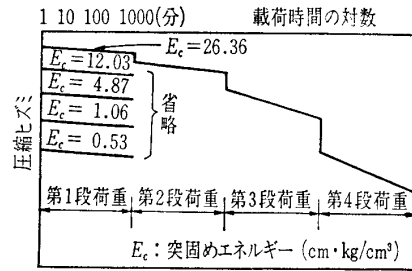
図一 1 圧縮試験機の概略図

うかがわれる。道路の供用開始後、構造物取付け部・切土と盛土の境・腹付け盛土をした際の新旧の盛土境などの路面に生じる段差は乗心地を悪くするのみならず、道路管理のうえでつぎのような問題を起こしている。段差補修のためのパッチングの必要性、走行車両による橋りょうなどの構造物への衝撃力の増大、構造物上の舗装部に生じるコルゲーションの発生に伴う床版と伸縮装置の損傷、騒音の発生、除雪作業上の障害、排水不良などである。また、盛土の沈下により地中構造物の不同沈下や偏圧の発生などの問題も生じている。

一方道路建設時には、構造物の裏込め材料や締固め度を規定したり、カルバートボックスに浮基礎・橋台裏込め部に踏掛け版などの構造物を採用して、段差を減少させる努力がなされている。

しかし、供用中の道路では、路面に生じる段差などによって、道路の平坦性や快適走行性が損われている箇所が多く見受けられる。この段差の原因として交通荷重や盛土荷重による舗装部、盛土部および基礎地盤の沈下が考えられる。

ここでは、盛土の沈下に着目し、盛土材の圧縮沈下特性に関する基本的な事項を室内圧縮沈下試験により調べ、さらにその結果に基づき盛土の沈下について考察する。



図一 2 荷重時間と圧縮ヒズミの関係

2. 土の室内圧縮沈下試験

盛土の圧縮沈下に影響する要素としては盛土高、荷重時間、荷重強さ、土の種類、含水比、締固め度などがある。そこで、盛土材の圧縮沈下特性を調べるために、土の室内圧縮沈下試験を実施した。以下、その方法と結果について述べる。

2.1 試験方法

土の圧縮試験に用いた材料は主に裏込め材の性質¹⁾を満たすレキ質土および砂質土であり、その試料名、土質試験結果および分類名は表一1に示すとおりである。これらの材料は高速道路建設の盛土材として一般に使用されたものである。

供試体は突固めによる土の締固め試験に用いるランマーを用いてモールド内に直径 15 cm・高さ 4 cm に作成し、これを図一1に示す圧縮試験機にモールドごとセットし、その後周辺拘束状態で載荷板を介して供試体上面より載荷し、このとき荷重時間と沈下量を測定した。

試験は表一2に示すように試験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの3つに分かれている。試験Ⅰは含水比を一定 (w_{opt}) にして突固めエネルギーを変えた供試体を用いる試験であり、試験Ⅱは突固めエネルギーを一定 ($E_c=12.03 \text{ cm} \cdot \text{kg}/\text{cm}^3$) にして含水比を変えた供試体の試験であり、試験Ⅲはセメントまたは消石灰を2%添加した土の供試体の試験である。

表一 2 圧縮試験の概要

項目	試験名 主条件	試験Ⅰ	試験Ⅱ	試験Ⅲ
		締固め度変化	含水比変化	安定処理土、締固め度変化
供試体作成方法	使用試料番号	①②④⑥⑦⑧⑪⑫⑬⑭⑮	①②③④⑤⑥⑧⑨⑩⑪⑫ ⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑	⑥ ① ④ ⑮
	試料の含水比 w (%)	w_{opt} ① ④ は w_n	-4, -2, w_{opt} , +2, +4, +6	w_{opt}
	突固めエネルギー E_c ($\frac{\text{cm} \cdot \text{kg}}{\text{cm}^3}$)	0.53 1.06 4.37 12.03 26.36	12.03 (一定)	0.53 1.06 4.37 12.03 26.36
載荷方法	荷重強さ P (kg/cm^2)	0.18 0.60 1.13 2.19	同 左	同 左
	載荷時間 (hr)	24hr (5個) 96hr (1)	1 hr (6個)	24hr (5個) 96hr (1個)
その他	○圧縮試験機は6台使用 ○試料の突固めにはランマー使用 ○載荷時間は各荷重強さに対する時間 ○沈下量はダイヤルゲージで測定 ○ w :土の含水比 w_n :自然含水比 w_{opt} :最適含水比			

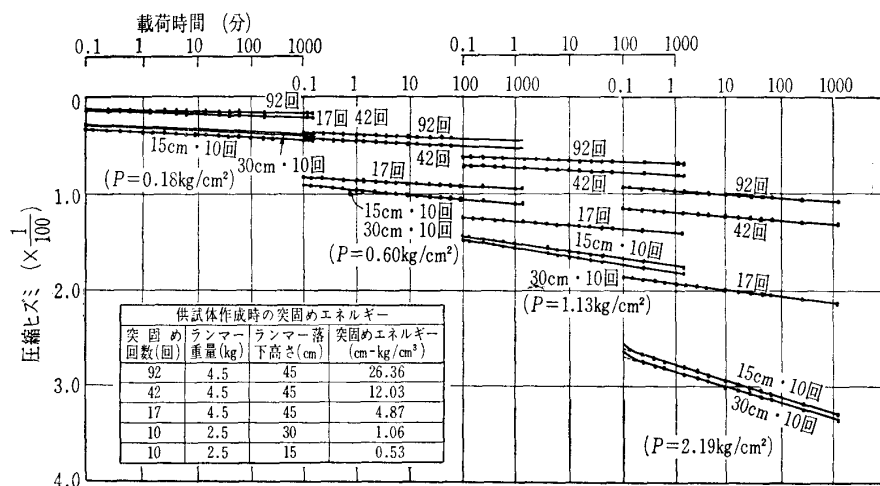


図-3 荷重時間と圧縮ヒズミ (試料名: 稲城, 試験Ⅰ)

荷重時間を24時間または1時間にした理由は、代表試料による試験において、30日間荷重試験を実施したとき後述の図-3に示すような荷重時間の対数と沈下量の間に直線関係が維持されたため、試験時間を短縮するためである。なお、試験Ⅲには3日室内4日水浸養生後の供試体を用いた。また、各試験とも圧縮試験終了後に除荷試験を行なって弾性もどり量を測定した。

2.2 試験結果

試験Ⅰ, Ⅱ, Ⅲの圧縮沈下試験で、いずれの供試体においても、荷重時間と圧縮ヒズミは図-2の模式図に示すような関係にあり、図-3は稲城材を用いた場合の一例である。試験結果を要約するとつぎのようである。

- (1) 圧縮ヒズミは荷重直後に急激に進行する(このヒズミを即時ヒズミと呼ぶ)。即時ヒズミ終了時間は、すべての供試体において10分以内であり、図-3に示す稲城材は0.1分以内に終了している。
- (2) 即時ヒズミ終了後の圧縮ヒズミは荷重時間の対数と直線関係にある(このヒズミをクリープヒズミと呼ぶ)。
- (3) 同一荷重強さにおける即時ヒズミとクリープヒズミは供試体作成時の突固めエネルギーが大きいほど小さい。
- (4) 荷重強さが大きくなると即時ヒズミは大きくなり、また荷重時間の対数とクリープヒズミよりなる直線のコウ配(このコウ配を b で示す)も大きくなる。
- (5) クリープヒズミは土の含水比により異なり、最適含水比付近かやや乾燥側の含水比のとき最小になる。
- (6) 土の種類により圧縮ヒズミは異なる。
- (7) セメントまたは消石灰を添加した土の即時ヒズミおよびクリープヒズミは無処理土のものに比べていずれも数分の一に減少する。

上記(1), (2)の現象は次式で表わすことができる。

$$\epsilon = a + b \log t \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 ϵ : 圧縮ヒズミ a : 即時ヒズミ b : 直線のコウ

配 $(\epsilon_2 - \epsilon_1) / (\log t_2 - \log t_1)$ $b \log t$: クリープヒズミ t : 荷重時間 である。

a および b は土の密度、含水比、種類、荷重強さなどにより決まる定数である。式中の $b \log t$ は時間の経過とともにヒズミが増加することを意味している。これによる沈下は、盛土完了後も継続して進行するため、盛土構造物の変形の原因になっている。そして、層厚 H の盛土の沈下量 S は $S = H(a + b \log t)$ であり、 $H \cdot a$ を即時沈下、 $H \cdot b \log t$ をクリープ沈下と呼ぶことにする。

なおこの報文でいう即時沈下・クリープ沈下と粘土の圧密試験で求まる一次圧密・二次圧密の関係は即時沈下が一次圧密に相当し、クリープ沈下が二次圧密に相当している。

除荷試験結果および粘性土の圧縮沈下試験結果は参考文献 2)を参照されたい。

3. 盛土材の圧縮沈下特性

道路建設(盛土)においては、粗粒土だけでも図-4に示すような、多様な性質を有する土を用いて、沈下量の少ない盛土を作ることが要求されている。それゆえ、ここでは前節で述べた土の室内圧縮沈下試験結果に基づいて、盛土材の主な圧縮沈下特性について定量的に述べる。なお、図-4はすでに建設された道路に盛土材として用いられた粗粒土の室内 CBR 試験結果をまとめたものである。

3.1 締固め度と b (表-2に示す試験Ⅰの結果)

供試体の乾燥密度と表-1に示す最大乾燥密度の比より土の締固め度を求め、この締固め度 b との関係を示したものが図-5である。締固め度が大きくなるに従い b の値は

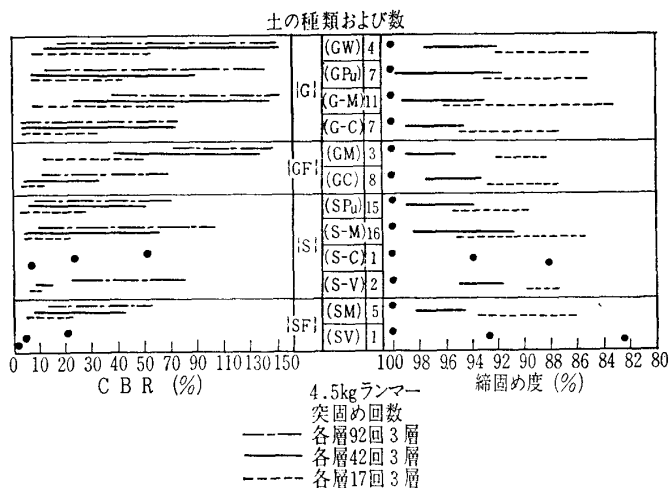
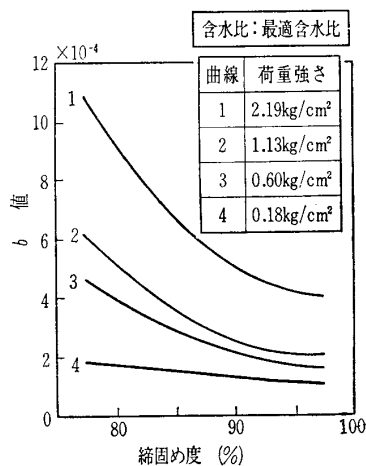


図-4 土の種類とCBRおよび締固め度



図—5 締固め度とb値

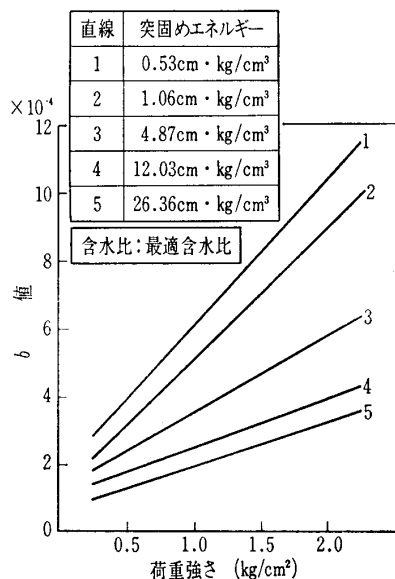
しだいに小さくなっている。このことは、土はよく締め固めるほど沈下が少なくなることを示している。

また、荷重強さが小さい場合は締固め度にあまり影響されることなくbの値は比較的小さいが、荷重強さが大きくなると締固め度の低下に伴いbの値は急激に大きくなる。このようなb値の変動の程度は供試体作成時の突固めエネルギーと荷重強さの相対的な大きさにより決まるものである。これは、ある上載荷重（供試体作成時の突固めエネルギーに相当）のもとにある土はそれより小さい荷重の作用のもとでは沈下が少なくなるという、サーチャージ（余盛）工法の有効性を示している。

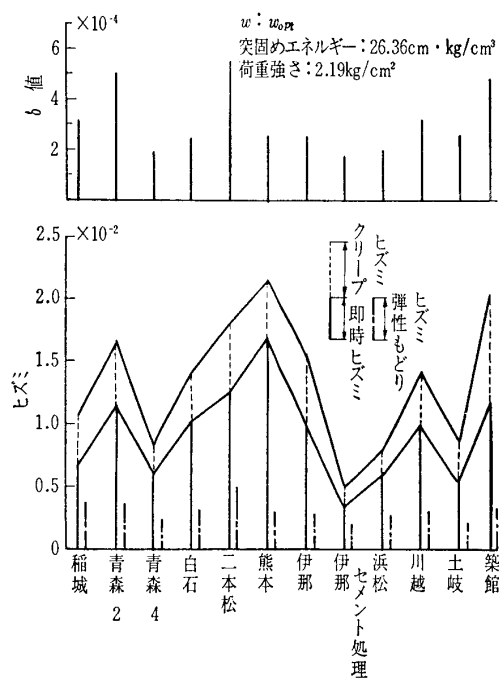
なお、図中の曲線は11種類の土に対して求めたb値の平均値を示したものである³⁾。

3.2 荷重強さとb（試験Ⅱ）

荷重強さPとbの関係を突固めエネルギーをパラメータにして示したものが図—6である。Pとbの間には $b = \alpha \cdot P$ なる関係があり、荷重強さが増加するとbの値はほぼ



図—6 荷重強さとb値



図—7 即時ヒズミ クリープヒズミおよび弾性もどりヒズミとb値の関係

直線的に大きくなる。そして、大きなエネルギーで突き固めた土ほどbの値が小さくなっているということはオーバーコンパクションを起こさない場合、転圧機械の重量あるいは転圧回数を増すほど荷重に対する土の沈下量が少なくなることを示している。

α は供試体作成時の突固めエネルギーにより決まる定数である。そして、図中の直線は19種類の土に対して求めたb値の平均値を示したものである³⁾。

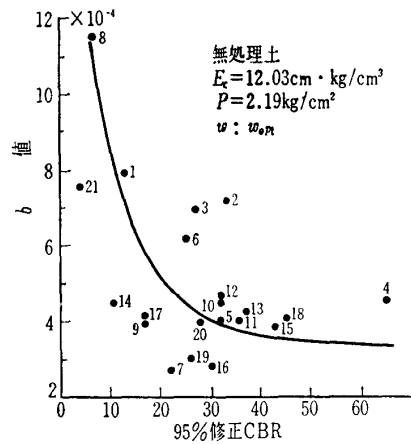
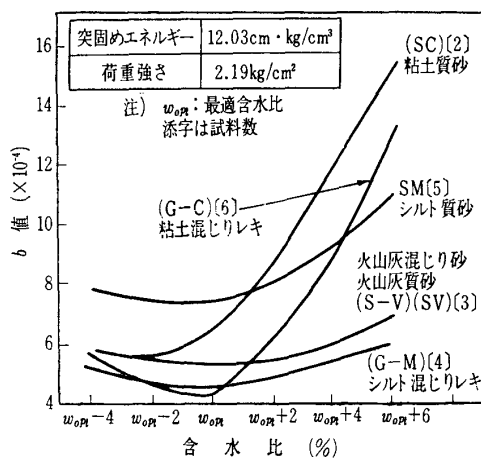
3.3 各ヒズミとb（試験Ⅰ）

材料別の即時ヒズミ、クリープヒズミおよび弾性もどりヒズミとbの関係を示したものが図—7である。即時ヒズミとは4段階の各荷重載荷中に生じる即時沈下の合計を供試体の初期の高さで除したものであり、クリープヒズミは同じくクリープ沈下の合計を供試体の高さで除したものである。弾性もどりヒズミとは4段階の荷重を載荷した後の除荷時に示す供試体の弾性もどりヒズミである。即時ヒズミとクリープヒズミを合計した全ヒズミから弾性もどりヒズミを引くと永久ヒズミが求まる。

熊本材を除くと、即時ヒズミが大きい材料はbの値も大きくなっていて、一般的に即時ヒズミが大きい材料はクリープヒズミも大きくなることを示している。

3.4 CBR とb（試験Ⅰ、Ⅱ）

最適含水比付近の試料の95%修正 CBR とbの関係を示したものが図—8である。95%修正 CBR とは最大乾燥密度の95%に相当する密度の土の CBR 値である。95%修正 CBR が大きくなるに従いb値はしだいに小さくなり、特に95%修正 CBR が25までは急激に小さくなっている。このように土のクリープ的な沈下量を示すb値と強度を示す

図-8 95%修正CBRと**b**値図-9 含水比と**b**値

CBR 値が相関関係にあることは後述の「3.8 **b** 値の推定」でさらに検討を加える。

3.5 含水比と **b** (試験Ⅱ)

6種類の含水比 ($w_{opt}-4$, $w_{opt}-2$, w_{opt} , $w_{opt}+2$, $w_{opt}+4$, $w_{opt}+6\%$) と **b** の関係を示したものが図-9である。**b** の値はいずれの材料も最適含水比 (w_{opt}) と最適含水比よりやや乾燥側の含水比の間で最小になっていて、最適含水比より湿潤側のときの **b** の値は乾燥側のものに比べてかなり大きくなっている。前者の現象は含水比を変えて一定のエネルギーで突き固められた土の CBR 値などが最適含水比よりやや乾燥側で最大値を示す現象に似ている。すなわち、図-5に示すように含水比が最適含水比で一定の場合は締固め度が大きいほど **b** の値が小さくなるが、図-9に示すように締固めエネルギーが一定の場合は最適含水比 (このとき締固め度は最大) よりやや乾燥側で **b** の値が最小になる。

図-10はエネルギー $12.03 \text{ cm} \cdot \text{kg}/\text{cm}^3$ で突き固めたときの、試験Ⅱに使用した供試体の含水比と乾燥密度の関係を示したものである。この図に示すように、各試料により最適含水比や乾燥密度がまちまちであり、試験に用いた供試体の含水比および乾燥密度も材料により異なっている。

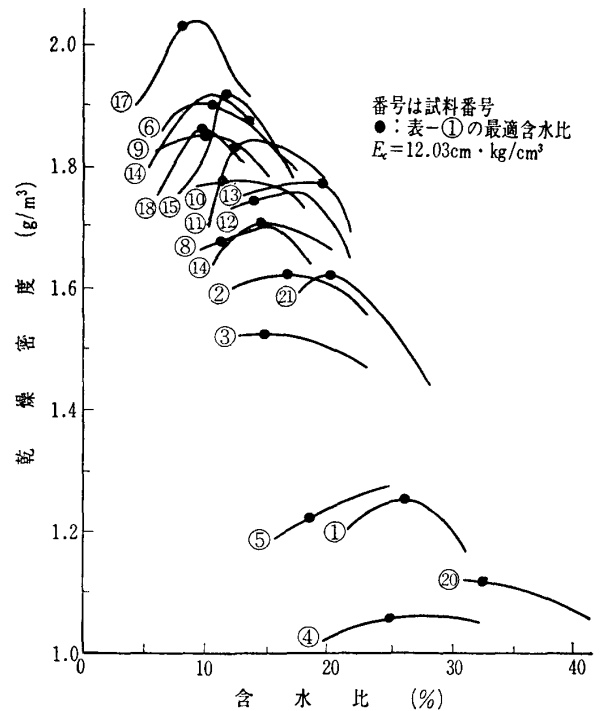


図-10 試験Ⅱに用いた供試体の含水比と乾燥密度

図-9はこのように性質を異にする19種類の土の **b** 値を、最適含水比を中心にして、含水比により分類したものである。

3.6 土の種類と **b** (試験Ⅱ)

日本統一土質分類法による土の分類名と **b** の関係は図-9のようになる。含水比が変わると、土の種類により沈下特性が大きく変わることがわかる。分類記号 (SC), (G-C) のように分類記号に C がつく土の **b** の値は含水比が最適含水比より高くなるに従い相当大きくなるが, (S-V), (SV), (G-M) などは含水比の変化にあまり影響されずに比較的小さな値になっている。

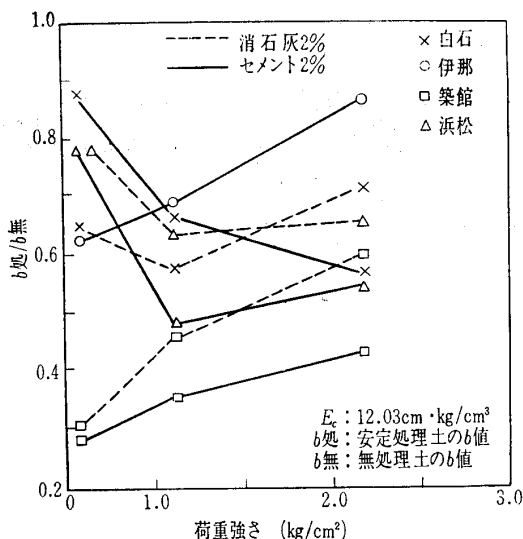
3.7 安定処理した土の **b** (試験Ⅲ)

土の圧縮沈下量を減少させる一方法として、セメントまたは消石灰を土の乾燥重量に対して 2% 添加して安定処理した土の **b** 値と無処理土の **b** 値を比較したものが図-11である。セメントまたは消石灰の添加により **b** 値はいずれも $\frac{3}{4}$ ないし $\frac{1}{4}$ に減少している。これはセメントまたは消石灰による土の硬化に伴う圧縮抵抗力の増加および無処理土に比べて密度が増加するためである。

このように、土の圧縮沈下量を減少させる方法として、土を安定処理することは有効であると思われる。しかし、実施に際しては安定処理材の種類と添加量、土中の水量と化学反応、混合方法、養生条件などの点にさらに検討を加える必要があると思われる。

3.8 **b** 値の推定 (試験Ⅰ)

試験Ⅰで得られた **b** 値と各項目の相関係数を数量化理論Ⅰ類¹⁾を用いて求めてみた。表-3に示す4ケースの項目

図-11 安定処理土と無処理土の b 値の比較

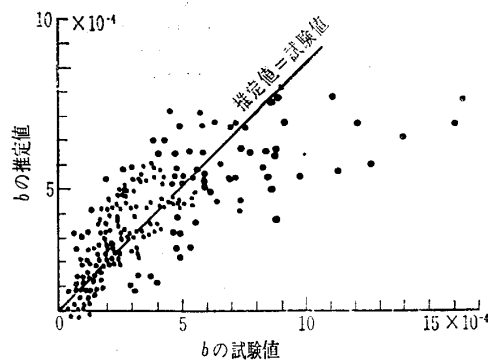
および範ちゅうを選び、各々の場合の偏相関係数、重相関係数および回帰式を求めた。図-12は、ケース3に対して、 b の試験値と推定値の関係を示したものである。試験Iという限られた条件の範囲内ではつぎのようであった。

- (1) 重相関係数はケース2のように項目および範ちゅうをとった場合に最も大きくなる。
- (2) 偏相関係数が比較的大きいものは締固め度、荷重強さ、95%修正 CBR であり、土の種類は小さい。

なお、土の粒度やコンシステンシーなど土の物理的性質を示す項目と b 値の相関性は表-3に示す項目に比べてかなり低かった³⁾。

4. 盛土の圧縮沈下

道路盛土に限らず一般にすべての盛土は、その建設中から建設後にクリープ的な圧縮沈下を起こしている。この沈

図-12 b 値の試験値と推定値 (ケース3の場合)

下の程度は前節で述べたように土の種類、状態および時間的要素に大きく影響される。この節では室内圧縮沈下試験結果の現場への応用方法およびその応用例について述べる。

4.1 現場応用方法

3. 盛土材の圧縮沈下特性で求めた性質を利用して、盛土の圧縮沈下量を単純化したモデル盛土に対して求めてみる。

- (1) 図-13は自重によるモデル盛土の施工中および施工後の沈下量計算例である。モデル盛土は盛土高10m、施工期間60日、盛土放置期間110日とし、そしてこの期間(60+110日)の沈下を施工中の沈下とし、舗装完了後の沈下を施工後の沈下とする。

沈下量計算条件

土の単位体積重量 1.8 t/m³

荷重段階 層厚 2m の土が階段状に作用

荷重強さ 土の単位体積重量×層厚

a 値(図-13の表に示す値) 荷重強さと a の関係を利用

b 値(図-13の表に示す値) 図-6の直線3を利用 ($D_c \div 90\%$)

表-3 b 値の推定条件および結果

ケース	項目		範 ち ゅ う							偏相関係数	重相関係数	回 帰 式
			1	2	3	4	5	6	7			
1	修正CBR ₉₅	x	0~10	10~20	20~30	30~45	45~			0.51		$b = 2.94x_1 + 0.93x_2 - 0.82x_3 - 0.22x_4 - 0.73x_5 - 1.55y_1 - 1.13y_2 - 0.15y_3 + 0.95y_4 + 1.88y_5 - 2.01z_1 - 0.71z_2 + 0.36z_3 + 2.36z_4$
	突固めエネルギー	y	26.36	12.03	4.87	1.06	0.53			0.58	0.72	
	荷重	z	0.18	0.60	1.13	2.19				0.66		
2	修正CBR ₉₅	x	0~10	10~20	20~30	30~45	45~			0.66		$b = 4.05x_1 + 0.54x_2 - 0.05x_3 - 0.73x_4 - 0.94x_5 + 2.55y_1 + 0.72y_2 - 0.36y_3 - 1.00y_4 - 1.69y_5 - 1.42z_1 - 0.38z_2 + 0.10z_3 + 1.84z_4$
	締固め度	y	~80	80~85	85~90	90~95	95~			0.72	0.88	
	荷重	z	0.18	0.60	1.13	2.19				0.64		
3	材種	x	砂	マサ土	レキ混じり土					0.23		$b = 0.61x_1 + 0.02x_2 - 0.51x_3 - 1.41y_1 - 1.05y_2 - 0.32y_3 + 0.87y_4 + 1.92y_5 - 2.05z_1 - 0.73z_2 + 0.31z_3 + 2.74z_4$
	突固めエネルギー	y	26.36	12.03	4.87	1.06	0.53			0.51	0.71	
	荷重	z	0.18	0.60	1.13	2.19				0.62		
4	供試体CBR	x	0~2.5	2.5~5	5~10	10~20	20~30	30~45	45~	0.56		$b = 2.00x_1 + 0.66x_2 + 0.70x_3 - 0.20x_4 - 1.19x_5 - 1.42x_6 - 1.64x_7 - 1.85y_1 - 0.59y_2 + 0.35y_3 + 2.10y_4$
	荷重	y	0.18	0.60	1.13	2.19				0.61	0.71	

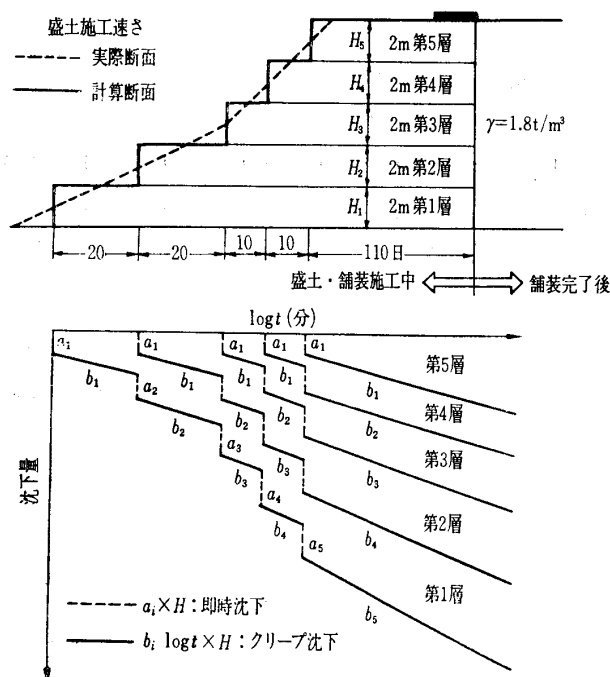


図-13 モデル盛土の沈下計算例

上記計算条件のもとに、各層別の沈下量を各層の中心で代表させて計算した結果が図-13の表に示す値である。計算結果によると、施工中の沈下量は即時沈下 20 cm、クリープ沈下 3 cm であり、施工後のクリープ沈下は1年後が 0.2 cm、10年後が 0.5 cm である。施工中の沈下量が大きく施工後の沈下量が少ない理由として、盛土完了後に 110 日間放置したことによる沈下の進行が考えられる。この期間のクリープ沈下量は 1.73 cm で、施工中のクリープ沈下量 2.88 cm の60%を占めている。図-13に示すように、110日は第5層施工後の放置期間であり、この110日の放置期間前に第1層は60日、第2層は40日、第3層は20日、第4層は10日の放置期間があり、この期間に残りの40%のク

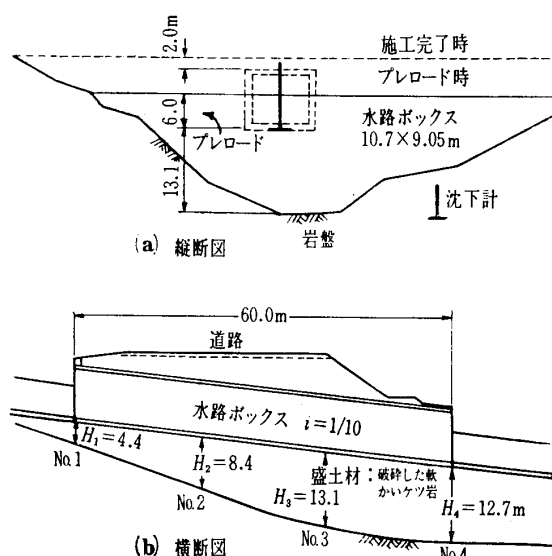


図-14 水路ボックス施工箇所の縦断および横断図

計算に用いたaおよびb値

	上 載 荷 重	a 値 $\times 10^{-2}$	b 値 $\times 10^{-4}$
1	0.18 kg/cm ²	0.38	1.6
2	0.54	0.60	2.4
3	0.90	0.83	3.2
4	1.26	1.05	4.0
5	1.62	1.28	4.8

盛土の沈下計算結果 (単位: cm)

	施工中の沈下		施工後のクリープ沈下					
	即時	クリープ	0.5年	1	3	5	10	
第1層	8.28	1.13	0.04	0.06	0.10	0.12	0.15	
2	5.72	0.80	0.03	0.05	0.08	0.10	0.12	
3	3.62	0.52	0.03	0.04	0.07	0.08	0.10	
4	1.96	(0.30)	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07	
5	0.76	0.13	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	
計	20.34	2.88	0.13	0.20	0.33	0.40	0.49	

第4層の施工中のクリープ沈下の計算例

$$\begin{aligned}
 & H_4 (\log 1.44 \times 10^4 - \log 10) \times b_1 \\
 & + H_4 (\log 1.58 \times 10^5 - \log 10) \times b_2 \\
 & = 200(4.16 - 1) \times 1.6 \times 10^{-4} \\
 & + 200(5.20 - 1) \times 2.4 \times 10^{-4} \\
 & = 0.101 + 0.202 = 0.303 (\text{cm})
 \end{aligned}$$

クリープ沈下は載荷後10分からの沈下とした

め、現地ではボックスの沈下対策としてプレロード工法がとられている。このときボックスの底面にあたる深さに沈下計が埋設され、図-15に示すような、プレロードのための盛土荷重とボックス底面以下に相当する盛土の沈下量が測定された。この測定値をもとにして、これまで説明してきた $\epsilon = a + b \log t$ 法により、ボックスの将来の沈下量を計算してみたので、以下にその結果を示す。

図-16は、図-15に示す載荷時間と沈下量の曲線において、70日から92日に生じる盛土の圧縮ヒズミを載荷時間に

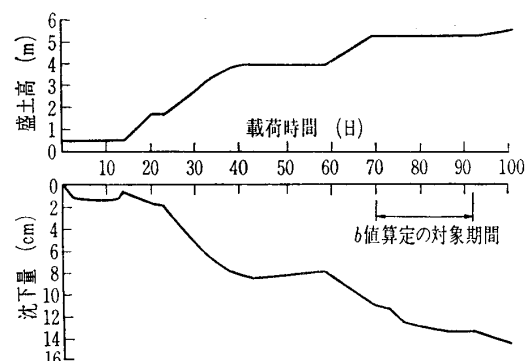


図-15 盛土荷重と水路ボックス以下の盛土の沈下関係

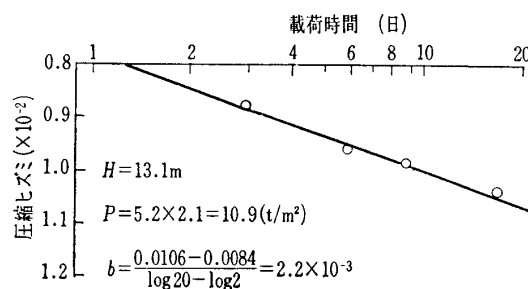


図-16 載荷時間と圧縮ヒズミ (70~94日に相当)

表-4 ボックス底面以下の盛土のクリープ沈下量

地 点	ボックス底面以上の 上載荷重			ボックス以下 の盛土の		ボックス底面のクリープ沈下								
						上載荷重作用後の計算に用いるクリープ沈下開始時期								
						$T_1=1$ 時間			$T_1=1$ 日			$T_1=10$ 日		
	ボックス	盛 土	計	b 値	盛土厚	1月後	1年後	5年後	1月後	1年後	5年後	1月後	1年後	5年後
No. 1	8.3t/m ²	0t/m ²	8.3t/m ²	2.1×10^{-3}	4.4m	2.6cm	3.6cm	4.3cm	1.4cm	2.4cm	3.0cm	0.4cm	1.4cm	2.1cm
No. 2	8.3	3.8	12.1	2.1	8.4	5.3	7.3	8.6	2.7	4.7	6.0	0.9	2.9	4.2
No. 3	8.3	3.8	12.1	2.2	13.1	8.2	11.4	13.4	4.3	7.4	9.4	1.4	4.5	6.5
No. 4	8.3	0	8.3	2.1	12.7	7.6	10.5	12.4	3.9	6.8	8.7	1.3	4.2	6.0

対して整理したものである。この図より、プレロード10.9 t/m² が作用したときの、13.1m の盛土のクリープ沈下を示す b の値は 2.2×10^{-3} になる。つぎに、図-14の横断面図に示す4地点のボックス底面以下の盛土の b 値を図-6に示す上載荷重と b 値の関係を利用して求めると表-4に示すような値になる。この b 値、盛土高 H 、 T_1 (1時間, 1日, 10日)、 T_2 (1か月後, 1年後, 5年後)を $S=H \times (\log T_2 - \log T_1) \times b$ に代入して、ボックス底面の各地点のクリープ沈下量を求めたものが表-4の右半分に示す値である。 T_1 のとり方により、ボックス底面のクリープ沈下量はかなり変わっている。 T_1 を1時間とした5年後の各地点のクリープ沈下量は T_1 を10日にした場合に比べて約2倍になっている。それに伴いボックスの不同沈下量も2倍になる。なお、この沈下量の計算は各地点に同時に上載荷重が作用し、しかも T_1 および T_2 という想定時間のもとに行なったものである。

ここに示した現場応用例は現在プレロードを行なっている段階のものであり、またボックスの施工はブロックごとに行なわれるものと思われることもあるため、ボックス底面での盛土のクリープ沈下量を表-4に示す想定時間に対して求めるにとどまった。今後は $\log t$ 法で推定した盛土のクリープ沈下量の信頼性を確認するため、ボックス施工中および施工後の盛土の沈下量を測定してゆく予定である。また、現場の施工条件に即した T_1 のとり方についても検討を加えてゆく予定である。

5. ま と め

21種類の盛土材（主にレキ質土および砂質土）の室内圧縮沈下試験によりつぎのようなことがわかった。

①土の圧縮沈下は載荷時間に対して即時沈下とクリープ沈下の2つに分かれる。前者は載荷後の10分以内に急激に進行する沈下であり、後者は即時沈下終了後に生じる沈下で、載荷時間の対数と直線関係にある。このような土の沈下現象は、ヒズミで表わした場合、 $\epsilon = a + b \log t$ で示すことができる。

②土の圧縮沈下は種々の要素に影響されている。影響の大きい要素としては盛土高、載荷時間、土の締固め度、荷重強さ、含水比、土の種類などがあり、これらの各要素と

土のクリープ的な沈下特性を示す b 値の関係を室内試験の範囲内で定量的には握できた。

③ a の値はおおよそ $0.5 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-2}$ であった。そして、 a 値は荷重強さが大きくなるほど大きくなる。

④ b の値はおおよそ $1.0 \times 10^{-4} \sim 12 \times 10^{-4}$ であった。そして、 b 値は締固め度が大きいほど小さく、荷重強さが大きいほど大きく、 a 値が大きい材料は大きく、95%修正CBRが大きいほど小さく、最適含水比付近状態において最も小さく、細粒土を多く含む材料は含水比が最適含水比より2%高くなると急激に大きくなる。

⑤セメントまたは消石灰を2%添加して、安定処理した土の b 値は無処理のものに比べて $3/4$ から $1/4$ に減少していて、沈下量を減少させる方法として土の安定処理は有効であると思われる。

⑥ある状態にある土の b 値を推定するには、図-5, 6, 8, 9に示す関係図を利用するか、あるいは試験Iの条件が適用できるときは、表-3に示す b 値を求める回帰式を利用するとよい。

⑦盛土の圧縮沈下の推定方法をモデル盛土および実際の盛土に対して示した。

今回の室内圧縮沈下試験は比較的良質な材料を対象にして、しかも室内試験であるため限定された供試体作成方法および載荷方法で行なわれた。このことは必ずしも現場条件を十分満足するものではないが、盛土材の圧縮沈下特性に関する基本的な性質をは握できたと思う。

最後に、この試験は筆者が日本道路公団試験所在勤中に行なったものであり、試験解析に多大のご協力をいただいた吉岡正道氏、小林勝氏、森川正次氏、佐藤克治氏、そして終始有益なご助言をいただいた松井正弘氏、島博保氏、三嶋信雄氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 日本道路公団：設計要領，第一集，第一編土工，昭和45年1月
- 2) 石井恒久：盛土の圧縮沈下について—主として粗粒土を対象にして—，日本道路公団試験所報告，昭和51年11月
- 3) 日本道路公団：盛土の圧縮沈下について—粗粒土の室内圧縮沈下試験結果による—，試験所技術資料 207号，昭和51年7月
- 4) 河口至商：多変量解析入門，森北出版，昭和48年6月
(原稿受理 1977. 2. 9)