

## クラッシャーランC-40の変形特性

大阪市立大学 正会員 東田 淳・学生会員 不動雅之・非会員 佐藤雄一  
タキロン 正会員 日野林譲二

**まえがき** 著者らは、最大100mの高盛土下に埋設される排水管の合理的設計法を提案している<sup>1)</sup>。このような高盛土の排水管敷設工事では管周囲を正台形状にクラッシャーランC-40によって裏込めするのが一般的であるが、100mの土被り圧に相当するような高い応力レベルのC-40の変形特性を調べた例があまりないため、大型装置を用いたKo圧縮試験により、C-40の弾性定数(変形係数 $E_s$ とポアソン比 $\nu_s$ )を求めたので報告する。

### C-40の物性 表-1、図-1、図-2

にC-40の一次性質、粒径加積曲線、締め固め曲線を示す。表-1中の $\rho_{dmax}$ と $w_{opt}$ は、図-2の締め固め曲線(JIS A 1210のE-b法による)

から求め、 $\rho_{dmin}$ は絶乾状態の試料を解きほぐし、15cmモールドに静かに詰めて求めた。試験に用いた供試体は、表-2に示すように、 $w=5\%$ で、 $\rho_d$ を1.60~2.20g/cm<sup>3</sup>の4通りに変え、密度の低い方からI~IVと表す。

### 圧縮装置と試験方法 C-40の最大粒径は37.5

mmと大きいので、試験には図-3に示す大型Ko試験機を用いた。供試体は、試験機に入れた試料の上に厚さ3cmの硬質アルミ板を置き、質量20kgの重錘を高さ1mから落下させることにより、各層の厚さが5~7cmになるように締め固め、30cm×30cm×高さ27cm( $\rho_d=1.8\sim 2.2\text{g/cm}^3$ )~20cm( $\rho_d=1.6\text{g/cm}^3$ )の直方体に仕上げた。そして、側方を拘束した $K_0$ 条件で供試体に垂直応力 $\sigma_1$ を段階的に载荷し、軸ひずみ $\epsilon_1$ と側方応力 $\sigma_3$ を測定し、各段階で測定された $\sigma_1$ 、 $\sigma_3$ 、 $\epsilon_1$ を、土を等方弾性体と仮定した場合のHookeの法則から求まる次式:

$$\nu_s = (\sigma_3/\sigma_1)/(1 + \sigma_3/\sigma_1) - (1), E_s = (1 - \nu_s - 2\nu_s^2)/(1 - \nu_s) \cdot \sigma_1/\epsilon_1 - (2)$$

に代入して $E_s$ と $\nu_s$ を求めた。摩擦の影響を除くため、圧縮箱

の側壁に厚さ0.2mmのゴム4枚とシリコングリースによるリュブリケーションを施し、 $\sigma_1$ として上下载荷板に接続したロードセルの測定値の平均を用いた。 $\sigma_1$ は、100mの盛土による被り圧相当の2.06MPa(21kgf/cm<sup>2</sup>)まで载荷した。载荷方法は、段階的に $\sigma_1$ を増やす単調载荷とし、各段階の荷重増分と载荷時間は、 $\sigma_1$ の増加につれて次第に大きくなるように、0.196~29.4kPa、および15~45分(供試体の圧縮が落ち着くまで)の範囲で5通りに変えた。

**測定結果** 4供試体の測定結果を、図-4(上 $\sigma_1$ ~下 $\sigma_1$ )、図-5( $\sigma_1$ ~ $\sigma_3$ )、図-6( $\sigma_1$ ~ $\epsilon_1$ )に示す。図-7は式(1)によって求めた $\sigma_1$ ~ $\nu_s$ 関係を示す。 $\sigma_1$ の増加につれて $\nu_s$ は一旦大きく減ってから少し増大した後、ほぼ一定となる。図-8は、図-6、7のデータを式(2)に代入して求めた $\sigma_1$ ~ $E_s$ 曲線である。 $\rho_d=2.2\text{g/cm}^3$ の場合を除き、 $E_s$ は $\sigma_1$ の増加に伴って増大してピークを示した後、少し減ってから微増する。これまで著者らが求めてきた各種の砂粒土の $E_s$ <sup>2)</sup>と比べる

キーワード: クラッシャーランC-40、弾性定数、Ko圧縮試験、裏込め材料、高盛土、排水管

連絡先: 大阪市住吉区杉本3-3-138、大阪市立大学工学部土木工学科、東田 淳 (Tel & Fax 06-6605-2725)

表-1 Ko圧縮試験に用いたC-40の一次性質

$G_s$	$D_{max}$ mm	Gravel Sand Fine			$U_c$	$\rho_{dmax}$	$\rho_{dmin}$	$w_{opt}$
		%						
2.70	37.5	70	20	10	127	2.32	1.48	5.4

表-2 C-40の二次性質(wと $\rho_d$ )

w %	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )			
	I	II	III	IV
5	1.60	1.80	2.00	2.20

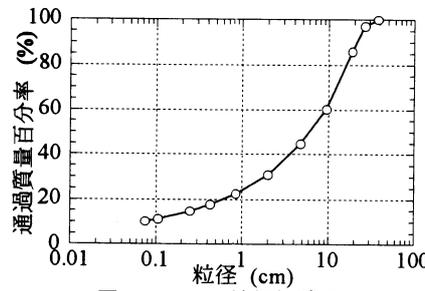


図-1 C-40の粒径加積曲線

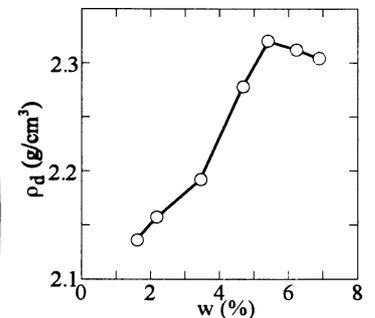


図-2 C-40の締め固め曲線

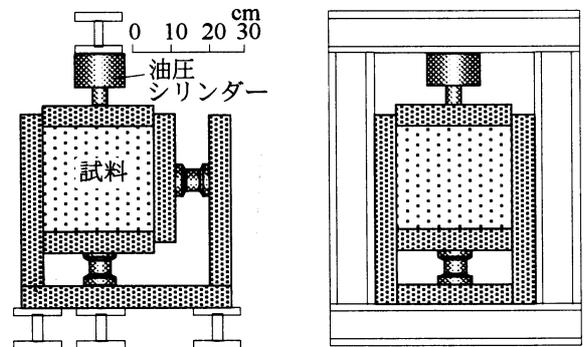


図-3 大型Ko試験機

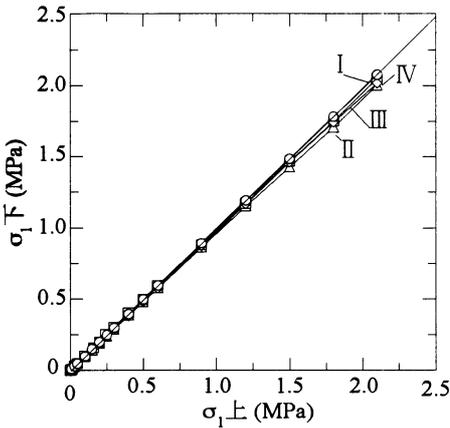


図-4  $\sigma_{1上} \sim \sigma_{1下}$

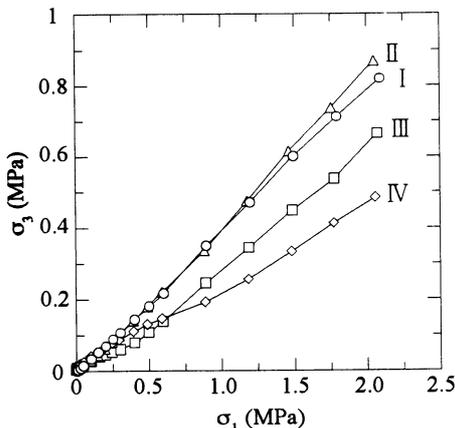


図-5  $\sigma_1 \sim \sigma_3$

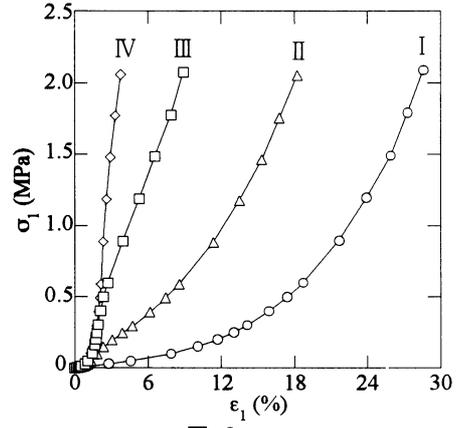


図-6  $\sigma_1 \sim \epsilon_1$

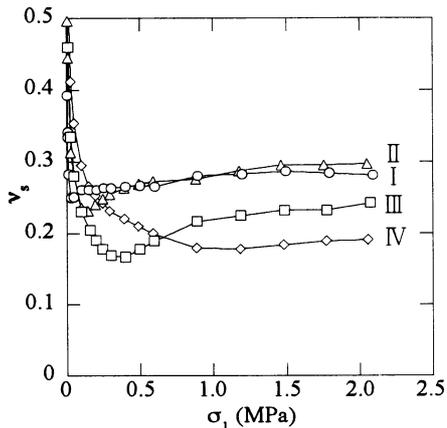


図-7  $\sigma_1 \sim \nu_s$

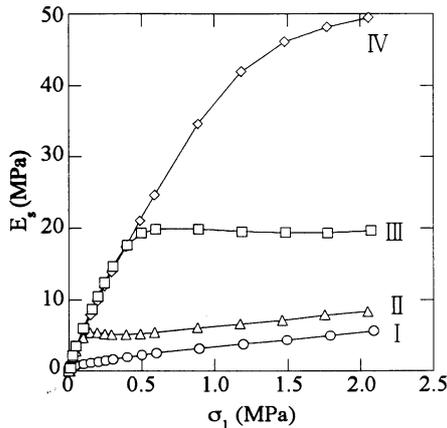


図-8  $\sigma_1 \sim E_s$  (図-6, 7のデータ使用)

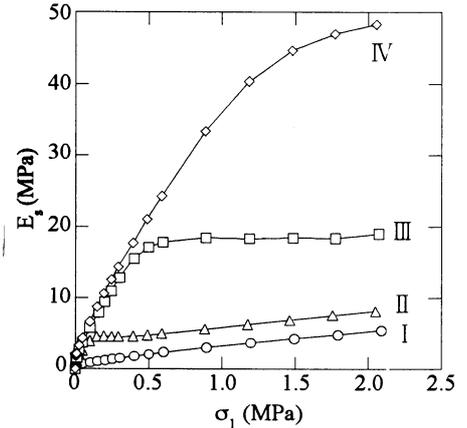


図-9  $\sigma_1 \sim E_s$  (設計用  $\nu_s$  と図-6使用)

と、C-40の $E_s$ は密度による変動幅が非常に大きい。

**C-40の設計用弾性定数** 提案設計法に用いるC-40の $E_s$ と $\nu_s$ を以下のように求める。まず、 $\sigma_1$ が小さい範囲の $\nu_s$ は一定ではない(図-7)が、この変化を無視し、 $\sigma_1 \sim \sigma_3$ 曲線(図-5)の $\sigma_1$ が大きい範囲の直線部の勾配を用いて式(1)により設計用 $\nu_s$ 値(図-10中の表)を求める。 $\nu_s$ を一定としたのは、供試体の締め固めを終わった段階で $\sigma_3$ の値がゼロとならないので、 $\sigma_1$ が小さい範囲では式(1)から求めた $\nu_s$ の変化が見かけ上、拡大されたと考えられること、および一定 $\nu_s$ とすることによって設計が非常に簡単になる( $E_s$ は少し減って安全側となる)という実用上の理由による。

つぎに、この設計用 $\nu_s$ 値、および図-6から得られる各 $\sigma_1$ における $\sigma_1/\epsilon_1$ の値を用いて式(2)により $E_s$ と $\sigma_1$ の関係を求める(図-9)。

そして、これまでの著者らの研究によって、c-φ材料の $E_s$ は、 $\sigma_1$ が締め固めによって導入された降伏応力 $p_y$ の時に、図-9に示すようにピークを示すことが分かっているので、図-9の $E_s \sim \sigma_1$ 曲線の初期のピーク時の $\sigma_1$ として $p_y$ を定め、 $\sigma_1 \leq p_y$ の範囲で土を線形弾性体と仮定して $E_s$ を一定値(=ピーク値)と置き、それ以外は図-9のままとする。なお $E_s$ のピークが明瞭でない $\rho_d=2.2g/cm^3$ では、図-9の $E_s$ の最大値を設計に用いる。以上により、設計用 $E_s \sim \sigma_1$ 曲線が図-10に示すように求まる。なお、提案設計法<sup>1)</sup>では、管側深度の土自重応力を $\sigma_1$ とした時の $E_s$ 値を用いて管の最大曲げモーメントと鉛直たわみ率を設計図表から求めれば良い。

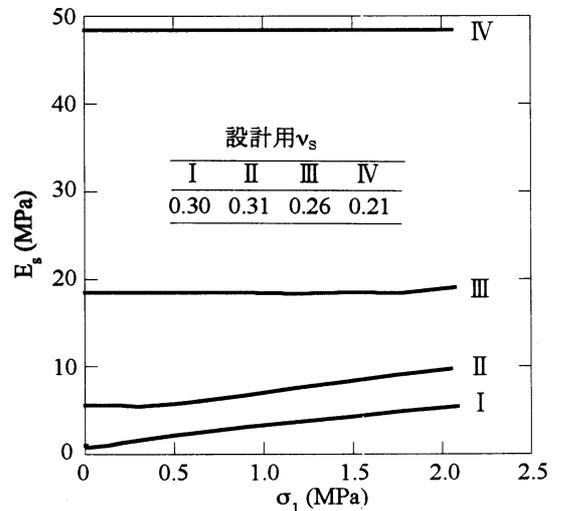


図-10 設計用  $\sigma_1 \sim E_s$

参考文献 1)東田・日野林他、高盛土下に埋設される排水管の合理的設計法の提案(その1)、(その2)、35回地盤工学会、2001。  
2)伊地他、埋設管施工に用いられる砂粒土の設計用弾性定数、54回土木学会年講、1999。