

論文紹介

今月は論文集第 137 号 (42 年 1 月発行) 登載論文としてつぎの 5 編を紹介いたします。今月紹介した論文に対する討議は 42 年 7 月 20 日まで受け付けます。次号では第 138 号 (42 年 2 月発行) 登載予定論文として下記の 5 編を紹介いたします。

- 柴田 徹：粘土のペーンせん断強度に関する研究
- 後藤尚男・勝見 雅：大径鋼管ぐいの沈下に関する基礎的研究
- 合田 健・雄倉幸昭：1 次化連立式による新管網解法とその応用
- 石原藤次郎・志方俊之：開水路急縮部の水理学的性状に関する研究
- 色部 誠・後藤浩一：3 次元弾性問題の数値解法

粘性土中の基礎の引揚抵抗力に関する研究

松尾 稔・新城 俊也

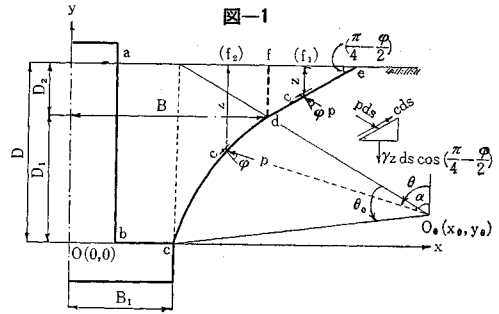
基礎の引揚抵抗力に関して数年来実験的研究を実施し、すでに砂質土による実験によって検証した半理論半経験的な支持力算定式を提案したが、この算定式が粘性土に対して適切であるかどうかの問題点が残されていた。本論文は、粘性土における多数の模型実験の結果とこれらに基づいて修正された引揚抵抗力算定法を示し、種々の検討を加えたものである。

実験は 2.0 m × 2.0 m × 1.2 m の鉄製土槽内に含水比 90~95% の関東ロームを入れ、これに 10 数種の小型模型基礎を適当な深さに埋設し、これを定変位式または定荷重式载荷によって引揚げた。定荷重式試験においては一荷重段階 4 分間载荷とし、また定変位式試験においてはその引揚速度を 2 mm/min とした。埋戻し土の c , φ , γ はそれぞれ 0.8 t/m², 20°, 1.13 t/m³ であった。

得られた結果の概要は以下のとおりである。

(1) すべり面および地表面からのきれつの発生状況を引揚力~引揚量関係との関連性において詳細に検討したところ、粘性土においては基礎床板外端から地表面にまで達するすべり面の仮定が実際現象とあわず、最大引揚抵抗力は下部からのせん断破壊面と地表面からの引張りきれつが合したときに生ずることが明白となった。そこで先に提案した算定法を修正し、粘性土における限界引揚抵抗力 R が基礎体自重 G 、図-1 における cd 部 (対数ら線部) に作用するせん断抵抗合力の鉛直分力および cdf 内のすべり土塊の重量の和で近似できるといふ考察のもとに次式で与えるのが適当であることを示した。

$$R = G + K_1 r + K_2' c \dots\dots\dots (1)$$

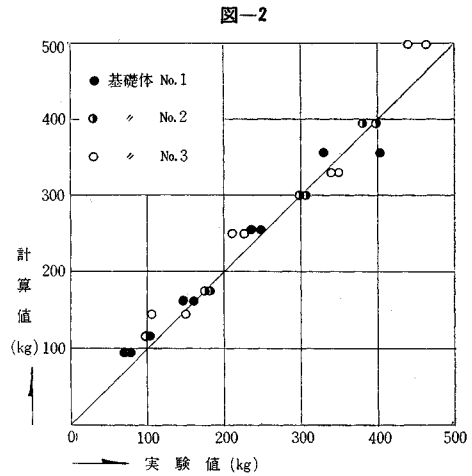


ここに、 r, c は土の単位体積重量と粘着力であり、また K_1, K_2' は以下のとおりである。

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= \pi B^3 \{ (a-1)(a^2 F_1 + a F_2 + ab F_3) \\ &\quad + b F_4 + F_5 \} - V_3 \\ K_2' &= \pi B^2 (a-1)(a F_6 + F_7) \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

a, b はすべり面係数 ($a = x_0/B, b = D_2/B$), B, x_0, D_2 は図-1 のとおりであり、 V_3 は基礎体柱体部の体積である。さらに $F_1 \sim F_7$ は土のせん断抵抗角 φ と対数ら線の中心角 θ_0 の関数で、その関数形はすでに発表した。

基礎体床板部 (円形) の直径 $2B_1$ が 18, 24, 30 cm の模型基礎をそれぞれについて 20, 30, 40, 50 cm に埋戻した試験に関し、上式を用いた計算値を実験値に対してプロットしたのが図-2 である。この図から計算値が十分満足できる精度でもって実験値とあうことがわかる。



(2) 定荷重式载荷試験において、引揚荷重と変位の増加割合を図示すると 2 つの折点をもつ直線で近似できる。これらの折点荷重は限界引揚抵抗力と直線関係にあり、1 種の降伏荷重と考えられる第 2 の折点荷重は基礎体の大きさや埋戻し深さにかかわらず、限界引揚抵抗力の約 80% となった。

(3) 基礎床板の形状が引揚抵抗力にかなりの影響をおよぼし、特に正方形に近い床板を有する基礎はこれと等床板面積を有する円形床板基礎より大体 10% 以上大

きな抵抗力を有することが明らかとなった。したがって設計に際し、方形床板基礎をこれと等底面積の円形床板基礎に置き代えて計算する現在の方法は安全側にあるといえる。

(4) 基礎に作用するくり返し引揚力は基礎の変位や引揚抵抗力に影響を与え、特に第2折点荷重以上の大きな引揚力をくり返し与えると、変位が著しく増大すると同時に抵抗力はかなり低下する。また基礎に斜上方引揚力が作用すると、この水平分力が大きな水平変位を生ぜしめる。そして同時に抵抗力の鉛直分力は、鉛直引揚の場合の限界引揚抵抗力に比較して減少し、その減少率は作用引揚力の傾斜角が大であるほど大きい。これらの事実は、くり返し引揚力を受け、しかもその引揚力の方向が多くの場合斜上方である送電用鉄塔基礎に関し特に重要であり、設計上十分考慮しなければならない事項である。

(1966.5.19・受付)

〔松尾：京都大学助教授 防災研究所〕
〔新城：京都大学助手 同 〕

摩擦杭周囲の地盤の応力の一計算式

西田義親・射場正和・中川誠志

本文は摩擦杭のため地盤内に生じる応力を示す式を理論的に求めたものである。地盤内の応力がつりあいの条件式を満たし、地表面では鉛直の垂直応力もせん断応力も作用せず、また杭から離れた遠方では、地盤の応力は自然の状態に一致するという条件の下で、考察をすすめる。杭先の影響のあまりない、比較的細長い杭の場合について計算を行なった。いま杭軸を z 軸とする円柱座標 (r, t, z) を用いる。杭長を l 、杭半径を a 、土の密度を γ 、ポアソン比を $1/m$ 、地盤の静止土圧係数を N_0 、杭のささえる荷重を Q とする。 r, t, z 方向の垂直応力を $\sigma_r, \sigma_t, \sigma_z$ 、せん断応力を τ とすると、地盤の応力はつぎのように表わされる。

① 杭側面の摩擦分布がほぼ深さに比例して増加する場合：

$$\tau = X \frac{\pi}{2} \frac{z^2}{r \sqrt{r^2 + z^2}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma_z = \tau z + X \frac{\pi}{2} \left\{ \text{arc sinh } \frac{z}{r} - \frac{z}{\sqrt{r^2 + z^2}} \right\} \dots\dots(2)$$

$$\sigma_r = N_0 r z + X \frac{\pi}{2} \left\{ \frac{m+2}{2m} \text{arc sinh } \frac{z}{r} - \frac{m-2}{m} \frac{z}{r^2} \sqrt{r^2 + z^2} - \frac{z^3}{r^2 \sqrt{r^2 + z^2}} \right\} \dots(3)$$

$$\sigma_t = N_0 r z + X \frac{\pi}{2} \left\{ \frac{m+2}{2m} \text{arc sinh } \frac{z}{r} + \frac{m-2}{m} \frac{z}{r^2} \sqrt{r^2 + z^2} + \frac{z}{\sqrt{r^2 + z^2}} \left(1 + \frac{z^2}{r^2} \right) \right\} \dots\dots\dots(4)$$

ただし、 $X \equiv 2Q/\pi^2 l^2$ を意味する。

② 杭側面の摩擦分布が深さにあまり関係なくほぼ一定の値をとるような場合：

$$\tau = Y \frac{\pi}{2} \left\{ \frac{z}{r} \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}} + \frac{r z}{r^2 + z^2} \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}} \right\} \dots(5)$$

$$\sigma_z = \tau z + Y \frac{\pi}{2} \frac{z^2}{(r^2 + z^2)^{3/2}} \dots\dots\dots(6)$$

$$\sigma_r = N_0 r z + Y \frac{\pi}{2} \left\{ \frac{m+1}{m} \frac{\sqrt{r^2 + z^2}}{r^2} - \frac{2}{\sqrt{r^2 + z^2}} \left(1 + 2 \frac{z^2}{r^2} \right) + \frac{r^2}{(r^2 + z^2)^{3/2}} \right\} \dots(7)$$

$$\sigma_t = N_0 r z + Y \frac{\pi}{2} \left\{ \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}} \left(\frac{3m+2}{m} + 4 \frac{z^2}{r^2} \right) - \frac{m+1}{m} \frac{\sqrt{r^2 + z^2}}{r^2} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

ただし $Y \equiv Q/\pi^2 l$ を意味する。

上にのべた各式は、杭長より浅い地盤内に限って使用されるべきである。また地盤が破壊しないような程度の荷重をささえる摩擦杭に限って使用されるべきである。

(1966.7.5・受付)

〔西田：正会員 金沢大学工学部〕
〔射場：正会員 同 〕
〔中川：正会員 同 〕

鉄筋コンクリートばりのせん断力に関するくり返し荷重の影響について

加賀美一二三

本考察において、まずせん断破壊が顕著に表われると考えられる a/d が1に近い2点負荷の場合について、くり返し荷重実験を実施し、その破壊様相を考究することにした。すなわち、低鉄筋、過鉄筋コンクリートばり各11供試体を造形し、スパン1.20mにてrpm 200, 400の両場合、各荷重段階0.35Pu, 0.55Pu, 0.65Puおよび0.75Puにおいてくり返し回数2万回とし、後はりの静的破壊実験を実施した。

せん断スパン内はり高さの中心軸に45°方向にはったストレン ゲージ位置のコンクリートのひずみ分布様相、 a/d の関係式、たわみ測定値による破壊様相の吟味などより、定性的にくり返し荷重の場合のせん断破壊の立証をなしたことを示し、せん断くり返し荷重影響限が以上のことがらより仮定されることを述べ、さらにはりの運動方程式より誘導した動的挙動下のたわみ値の式よりせん断力の式を求めた。

第2部においては、 a/d を約1.2, 1.9および2.6の荷重位置にとり、荷重法はrpm 200にて上限荷重を10~30.10³回程度負荷後、順次上昇せしめてついに破壊にいたらしめたもので、 a/d を変えて動的挙動下の鉄筋コンクリートばりの破壊性状、上限荷重逐次上昇下のは

りの諸性状、鉄筋として丸鋼、異形丸鋼を使用したはりの比較などについて考察したもので、えられた結果は、 a/d によるはり破壊の限界は、上限荷重逐次上昇挙動下のはり破壊においてもほぼ成立する。せん断スパンを変えても、丸鋼、異形丸鋼よりも低鉄筋コンクリートよりは過鉄筋コンクリートよりも大きいたわみを示す。上限荷重上昇挙動下破壊にいたるまで、せん断スパンの斜ひずみは、丸鋼よりは過鉄筋コンクリートよりも低鉄筋コンクリートよりも大きい値を示すが、異形丸鋼よりはそれが明瞭でない。丸鋼、異形丸鋼とともに、各荷重段階におけるせん断スパン内の中央ひずみとくり返し回数との関係より、せん断くり返し荷重影響限は第1部の実験結果と同様ほぼ $0.45 Pu$ 程度の荷重段階と仮定される。ひびわれの長さ短くその間隔が小でほぼ等間隔であることより、異形丸鋼が構造上動的挙動下においても安定である。第1部において誘導したせん断力の式にて、ある荷重段階のせん断力を求め実験値と照査したが、第1部と同様かなりよく一致することを立証した。

(1965.12.4・第1部・受付)
(1966.4.9・第2部)

[筆者：正会員 工博 山口大学教授 工学部]

道路交通流の新しいモデル およびその利用について

毛利正光・高田 弘

ここに提示する交通流モデルは従来用いられている各種のモデルと異なり、路線速度(定常速度)の分布という考え方を交通流に適用して速度や追越しに関する特性を関連的に説明しようとするものである。

1. 路線速度(定常速度)の分布

さきに定常速度という概念としてつぎに示すような速度を規定したが、これを実際問題に適用する場合路線速度と名づけることにした。

$$u = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 T : 走行時間、 $v(t)$: 瞬間速度

このようにして表わした速度の空間分布を考え、これをつぎのような B (ベーター) 分布で表現する。

$$F_s(u) = \frac{1}{B(p, q)} \frac{(u - U_m)^{p-1} (U_u - u)^{q-1}}{(U_u - U_m)^{p+q-1}} \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 $F_s(u)$: 路線速度の空間分布を示す密度関数
 $B(p, q)$: ベーター関数、 p, q はパラメーター
 U_u : この分布の上限速度

U_m : この分布の下限速度

したがってその空間平均 \bar{u} 、および分散 $\sigma^2(u)$ はつぎのように表わされる。

$$\bar{u} = U_m + (U_u - U_m) \frac{p}{p+q} \dots \dots \dots (3)$$

$$\sigma^2(u) = (U_u - U_m)^2 \frac{pq}{(p+q+1)(p+q)^2} \dots \dots \dots (4)$$

2. モデルの構成

式(2)に示す U_u, q をつぎのように仮定して一種のモデルを構成する。

$$U_u = U_m + (U_{u_0} - U_m) \frac{1-\mu}{1+\mu} \dots \dots \dots (5)$$

$$q(\mu) = p \cdot \frac{1-\mu}{1+\mu}, \mu = (K/K_m)^\phi \dots \dots \dots (6)$$

ただし、 K : 交通密度、 K_m : 臨界密度

U_{u_0} : 自由走行時 ($K \approx 0$) の上限速度

ϕ : 定数

このモデルについて改めて $\bar{u}, \sigma(u)$ を求めると

$$\bar{u} = U_m + (U_{u_0} - U_m) \frac{1-\mu}{2} = \bar{u}_0 - (\bar{u}_0 - U_m) \mu \dots \dots \dots (7)$$

$$\sigma(u) = (U_{u_0} - U_m) \frac{1-\mu}{2} \sqrt{\frac{1-\mu}{2p+\mu+1}} \dots \dots \dots (8)$$

通常の道路交通においては $p=4, \phi=0.8$ とするとその交通流をきわめてよく説明できる。

3. 路線速度および追越し回数の計算

路線速度はある自由速度 u_0 を持った車が密度 K のときその道路区間を走行した場合の区間速度の期待値という意味を持っておりつぎのように求められる。すなわち、いま

$$\left. \begin{aligned} \int_{U_m}^{u_0} F_{s_0}(u_0) du_0 = I_{x_0}, \int_{U_m}^u F_s(u) du = I_x \\ x_0 = \frac{u_0 - U_m}{U_{u_0} - U_m}, x = \frac{u - U_m}{U_u - U_m} \end{aligned} \right\} (9)$$

ただし、 $F_{s_0}(u_0)$: 自由走行時の空間分布

とし、 $I_{x_0} = I_x$ なる関係を仮定すると、これらはいわゆる不完全 B 関数で計算によっても求められるが、不完全 B 関数表を利用すれば式(5)、(6)で規定された U_u, q を式(2)に適用することにより、 u_0 に対応する u を簡単に求めることができる。

また単位時間に単位区間で行なわれる追越し回数(N)は路線速度の分散がすべて追越しに直結するという性質を利用してつぎのように与えられる。

$p=4$ として計算してみると

$$N = K^2 (U_{u_0} - U_m) \frac{1-\mu}{1+\mu} \left[\frac{140q \left\{ \prod_{i=1}^3 (i+q) \right\}^2}{(4+q) \left\{ \prod_{i=1}^7 (i+2q) \right\}} \right] \dots \dots \dots (10)$$

図-1 モデルの構成 (H.C.M)

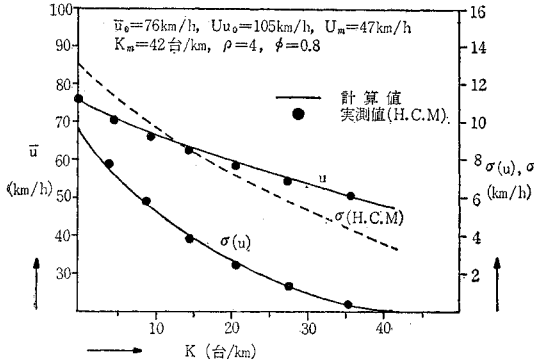


図-2 路線速度の変化 (H.C.M)

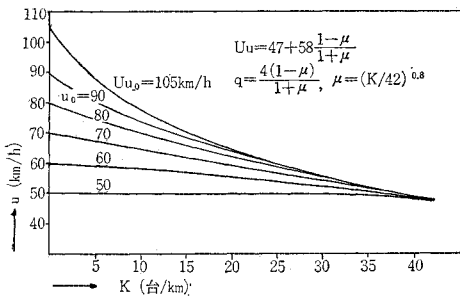


図-3 路線速度の空間分布

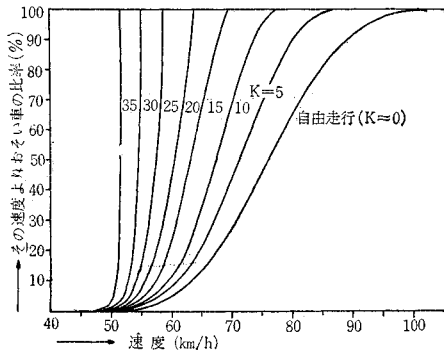
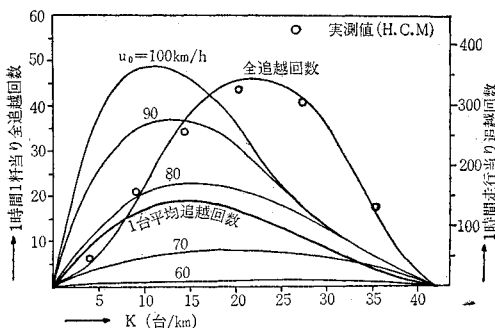


図-4 追越し回数 (H.C.M)



さらにある路線速度 u_1 を持った車が単位時間走行した場合、実際に追越しを行なう回数 n_1 は、

$$n_1 = K(u_1 - U_m) I_{x_1}(p, q) - K(U_u - U_m) \frac{p}{p+q} I_{x_1}(p+1, q) \dots (11)$$

4. 実例計算

上述のように U_u, U_m, K_m 等の係数を各道路区間ごとに定めておけば交通現象のほとんどすべてについて必要な情報を求め、道路交通の計画、管理、規制や道路の利用に際して利用することができる。しかも各道路における実測結果をかなり適切に説明できるのでその利用分野も広いものと思われる。図-1~図-4 は Highway Capacity Manual に示す 2 車線高速道路の資材について実例計算を行なったものである。(1966.5.28・受付)

〔毛利：正会員 工博 名古屋大学教授 工学部〕
〔高田：正会員 防衛大学校助教授〕

種々の大きさの粒から成る
粒状体の力学 (英文)

最上 武雄

鋼球の集合をモデルとした実験により得られた粒状体の力学的性質を説明するために昨年(1965年)から、いくつかの理論を発表して来た。すでに述べたとおり、従来の粉体力学は一種の連続体の力学であって、このような考え方では説明できない多くの現象がある。したがって粒の性質を考慮に入れて粒状体の力学を建設する必要性を痛感するのである。幸いなことに最近になって筆者と同じ考えを持つ研究者が何人か現われて来た。京都大学の松尾 稔君などはその一人である。一方現在の土質力学の行きづまりを打開するために、これをいま一度根底から考え直すべきだという気分を持つ人もかなりある。広い土質力学であるから、考え直すべき方面はたくさんある。たとえば、いわゆる Macromeritic fluid という旗印の下で奮闘して来た Princeton の Winterkorn は近頃水に興味を持って来たというし、Hungary の Kezdi も Soil Physics をやるんだといっている。また岸田英明君の話では、あれだけ粉体力学に興味を持った Canada の Meyerhof も基礎的なものに興味を示しているようだ。ごく狭い力学的範囲に限っても、この間まで在日した Israel の Alpan との会談の時に出たのだが、彼は4つの Approaches を考えている。村山・柴田両君が考えているような rate process つまり Rheology, 有限変位の連続体の理論, Dislocation や不連続面の理論を含む金属塑性論, 筆者がやっているような粒状体理論に魅力を感じると彼はいついた。まだその他にいくつかの Approaches は考えられるであろうが、どれが一番近道

で、どれが一番適切であるかは今のところ何ともいえない。それぞれ利点もあり欠点もあるし、そのうえ他の領域で発達した手法を借りる場合には適当な modification も必要になるからである。

以上のような雰囲気、この論文などの意図するところである。これまでに発表した理論を組立てる場合に“容積要素”という考え方を導入している。これはどちらかといえば直観的に考えられたものであるから、数学的に考えると不明瞭な点をいくつか含んでいる。このことは筆者自身も気がついていたことではあるが、U.S.A. の Sweet にもやんわりと指摘されたところである。やはり理論である限り、不明瞭な点を残すことは望ましくないので、改良を試みた“立方容積要素”という概念を改めて導入して理論を建て直して見ると、完全とはいえないまでも従来の不明瞭さはかなり減り、全体の理論は前論文と同様に築き上げることができるといことがわかった。これが本論文の前半である。

後半では種々の大きさの粒から成る粒状体の力学を取扱った。既発表の理論は等しい大きさの粒から成る粒状体の力学であったが、種々の大きさの粒から成る粒状体ではどのような差が出て来るかを考えたのである。

23 年ほど前 (1943 年) ばく然たる将来への予想および全く別の目的とをもって砂の粒度分布について数学的な研究を行なったことがある。今一つの砂の堆積があったとすると、これの全体的な粒度分布は与えられているわけである。この堆積から比較的少量の sample をとり

出す。この sample の粒度分布と堆積全体の粒度分布とどんな関係があるかという問題であった。結論は sample の粒度分布が堆積全体の粒度分布になる確率が一番大きいというものである。

この結論が意外なところで役に立って、今度の問題を解くカギになった。これを利用して等しい粒から成る粒状体の場合と同様に議論を進めて行くと、種々の粒から成る粒状体の entropy をあらわす式の形は等しい粒から成る粒状体の entropy を表わす式と相似の形を持つとあって良いということが出て来る。式が相似の形になるだけで中に入って来る定数などが異なるのは当然である。

前論文で間げき比と内部摩擦角との関係を表わす式を求めている。これらの式は等しい大きさの粒から成る粒状体について求めたものであるが、本文の結論によれば、これらの式の形は、粒状体の粒子の大きさがいっばいでなくても当てはまるといことができる。前論文でこれらの関係式が諸家の砂に関するせん断試験結果を良く説明することを述べたが、実は諸家の使った砂は必ずしも粒の揃った砂ではないのだから、一樣な粒から成る粒状体の理論と良く合うことは不思議でもあり厳密には理論結果と実験結果を比較することもおかしいといえるかもしれない。しかし、本文に示した事柄によって以上のことに対する根拠が得られたので、非常に都合が良いわけである。

(1966.8.12・受付)

[筆者・正会員 工博 東京大学教授 工学部]

論文集への討議について

論文集編集委員会では、論文集に掲載した全論文に対しての討議を受付けておりますので、討議をされる方は下記の要項をご参照のうえ論文集編集委員会へてご提出下さい。

記

1. 討議は論文集掲載全論文を対象とします。
2. 討議の受付は論文集掲載後 6 ヶ月以内とします。
3. 討議原稿を提出するときは学会原稿用紙に必要事項を記入のうえ論文委員会へてご提出下さい。
4. 討議原稿の取扱いは論文編集委員会にご一任下さい。
5. 討議に関する問合せは論文集編集委員会へご連絡下さい。

わが国シールド工法の実施例・第 1 集

本書は、日本で今まで実施されたシールド工事 158 件を、まず項目別に第 I 部から第 VI 部までそれぞれ「工事概要」、「設計および実績」、「セグメント」、「シールドおよび附属機械」、「工所用機械その他」、「主要な図表類」とわけて分類し、つづいて 158 件の工事例を企業別に「鉄道および道路」(計 19 件)、「下水道」(計 53 件)、「上水道」(計 49 件)、「電力および通信」(計 30 件)、「地下道その他」(計 7 件)に分け、これらを施工年次の古いものから配列し、巻末に付図として各データの相関関係がわかるように適宜プロットしたグラフを掲載しましたので非常に便利なデータブックとなっておりますので広くご利用下さい。

体 裁 : B 5 判 338 ページ 表 117 ページ 図 218 ページ

定 価 : 2200 円 会員特価 : 1800 円

送 料 : 100 円