

# 論 文 紹 介

今月は論文集第147号(42年11月発行) 登載論文としてつぎの4編を紹介いたします。今月紹介した論文に対する討議は、43年5月20日まで受け付けます。次号では第148号(42年12月発行) 登載予定論文として下記の5編を紹介する予定です。

- 山崎徳也・太田俊昭：Kani 拡張法による骨組構造物の解法
- 小坪清真・高西昭彦：鋼管橋脚の耐震性におよぼす基礎地盤変形の影響
- 桜井春輔：客観性を考慮したレオロジー方程式について
- 山田善一・小堀為雄：不規則振動論による道路橋の動的応答
- 合田 健・末石富太郎・寺西靖治：基礎流出率を用いた市街地雨水流出量算定法

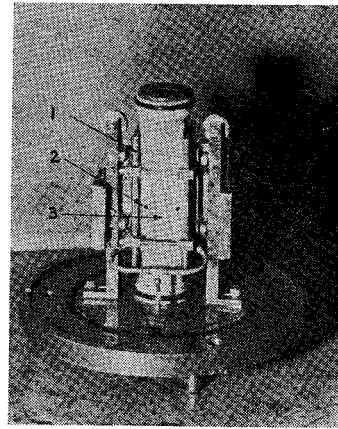
## 繰り返し粒土の平面変形条件について

軽部 大蔵・原田 柁四郎

堤体やトンネルのように長い構造物の周辺の地盤は長軸方向の変位が許されないために平面変形状態を呈し、それにとまって土塊に作用する3つの主応力が相異なった状態にあると考えられる。ところがこれらの構造物の設計にあたって必要となる土の強度定数はしばしば一軸または三軸試験など軸対称応力状態の試験から求められる。

もし土の破壊条件がモール・クーロンの破壊応力条件で仮定されているような土塊内の仮想平面上のすべりの条件で定まるのであれば、破壊面は必然的に中間主応力方向に平行となるので、中間主応力は破壊に影響せず、破壊は有効最大主応力と有効最小主応力のみで定まり、したがって土構造物の設計にとって土塊の幾何的な変形条件は重大な要素ではなくなる。

写真-1 実験装置の主要部



- 1. 中間主応力載荷装置
- 2. 標 点
- 3. 供 試 体

この論文は粘性土の幾何的な変形条件が強度や応力-ひずみ関係およびダイレイタンスに与える影響を調らべるために行なった実験結果を解析したものである。写真-1は供試体を  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$  条件でせん断するために用いた装置の三軸セルをとりはずした状態を示している。直方体に成形された供試体は長軸方向に  $\sigma_1$  をうけ、1組の側面に中間主応力載荷装置によって  $\sigma_2$  をうけ、他の1組の側面にセル内の圧力  $\sigma_3$  が作用する。平面変形試験は供試体の側方変位が起こらないように  $\sigma_2$  を調節することにより行なわれた。図-1は圧密非排水試験による  $\sigma_2$  方向に平行な  $45^\circ$  面上のベクトルカーブを示しているが、図からわかるように平面変形試験の強度は軸対称試験より9~20%大きい。図-2は  $\sigma'_1 > \sigma'_2 > \sigma'_3$  条件のもとで行なわれたクリープ試験の結果である。 $\epsilon_1, \epsilon_2$  はそれぞれ  $\sigma'_1, \sigma'_2$  方向の、クリープ試験終了時のひずみをあらわしているが、図から  $(\sigma_1 - \sigma_3) = 1.2 \text{ kg/cm}^2$  のとき平面変形状態に対応するクリープ荷

図-1  $45^\circ$  面上の応力経路

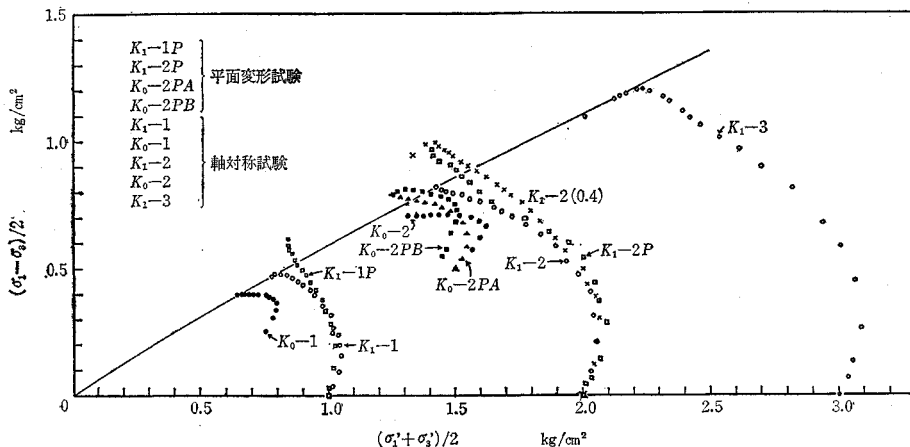
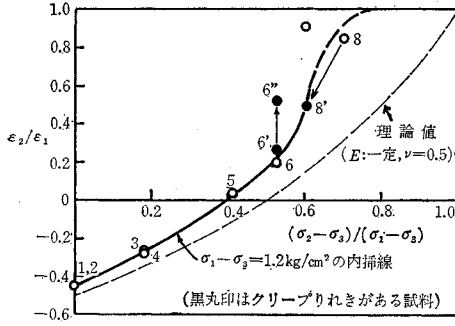


図-2 主応力差の比とひずみの比の関係



重比 $(\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ は 0.39 である。ひずみ制御式平面変形試験からは、せん断の初期における荷重比は 0.4、破壊時には 0.30~0.31 という結果を得ている。

(1967.4.3・受付)

(髷部：正会員 京都大学助手 防災研究所)  
(原田：正会員 名古屋市)

### 組合わせ圧縮応力下における和泉砂岩の破壊機構に関する研究

赤井 浩一・森 寛昭

この研究では岩質材料のうち最も均質で異方性の影響が少ないとみなされる和泉砂岩を対象として、一軸・二軸および三軸応力下における極限強度と破壊様式について高圧三軸試験機を用いて実験的に究明し、ぜい性材料の破壊理論の適用性に関する考察を行なった。さらに顕微鏡写真を利用して破壊面の形態を微視的立場から観察し、上記の考察によって得られた結論を検証した。

供試体は市販の和泉砂岩角柱石材を一辺 5.5 cm の立方体に切断し、表面仕上げを行なって成形した。三軸試験機は立方体供試体の三軸方向にそれぞれ独立に加圧または減圧できる装置で、容量は鉛直軸最大 200 ton、水平 2 軸最大 100 ton である。したがってこの試験機によると、中間主応力  $\sigma_2$  を種々変えた実験が可能である。

載荷方法としては、まず等方圧で最小主応力  $\sigma_3$  を与え、ついで  $\sigma_3$  を一定に保って他の 2 主応力を中間主応力  $\sigma_2$  の値まで増加し、最後に  $\sigma_2$  と  $\sigma_3$  を一定にしたまま最大主応力  $\sigma_1$  を増加させて試料を破壊させた。

和泉砂岩供試体の一軸圧縮強度は平均  $\sigma_c = 1190 \text{ kg/cm}^2$ 、変動係数は 3.9% であった。二軸・三軸圧縮試験結果を無次元化するため、以下の整理ではすべてこの  $\sigma_c$  で除した値を用いることにする。

図-1  $\sigma_1/\sigma_c$  と  $\sigma_2/\sigma_c$  の関係

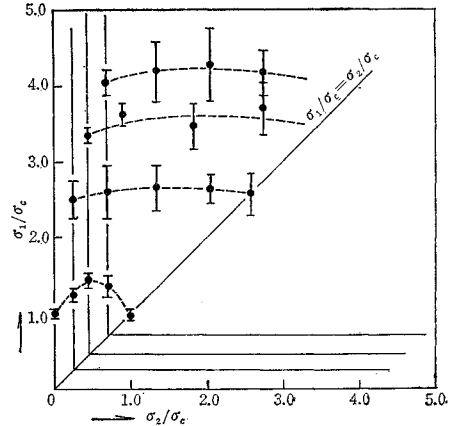


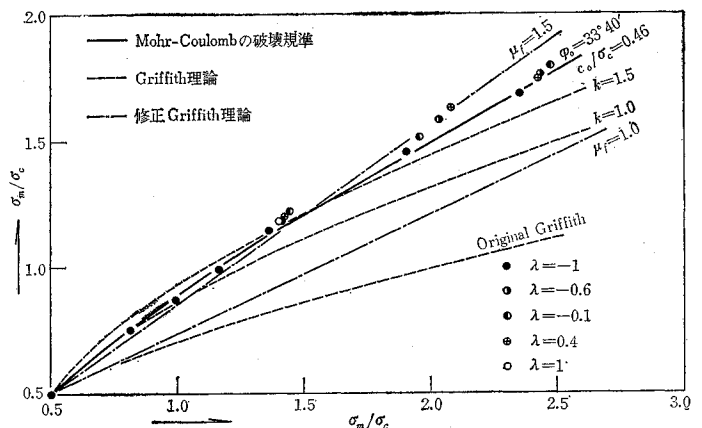
図-1 は  $\sigma_3$  : 一定平面上での破壊時の  $\sigma_1 \sim \sigma_2$  関係を示している。三軸圧縮試験結果の平均値を結ぶ曲線を描くと、中間主応力が破壊強度におよぼす影響が若干認められるが、二軸圧縮試験では状況がかなり異なる。なおどの種の実験でも、圧縮試験と伸長試験の結果が一致していることは興味深い。

いま理論的な  $\sigma_2$  の位置づけとして、主応力パラメータ  $\lambda$  を用いて

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \lambda \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (-1 \leq \lambda \leq 1) \dots \dots \dots (1)$$

で表わすことにする。図-2 は  $\tau_m/\sigma_c \sim \sigma_m/\sigma_c$  の関係を表わしたものであって、側圧がかなり高い軸対称圧縮試験 ( $\lambda = -1$ ) の実験結果は Mohr-Coulomb の破壊規準に一致し、強度定数は  $\varphi_0 = 33^\circ 30'$ 、 $c_0/\sigma_c = 0.46$  となった。この図で中間主応力の影響があれば、実験結果は縦横両軸に対し  $45^\circ$  の傾斜で変動する。図-2 ではこの変動の傾向は、主応力パラメータ  $\lambda = -1$  から  $\lambda = 0$  までは  $45^\circ$  の傾斜で右上方へ進み、 $\lambda = 0$  から  $\lambda = 1$  までは逆に返ることが知られる。これは Bishop が砂に対して

図-2 平均応力間の関係



中間主応力の影響を考慮に入れて提案した Mohr-Coulomb の破壊規準：

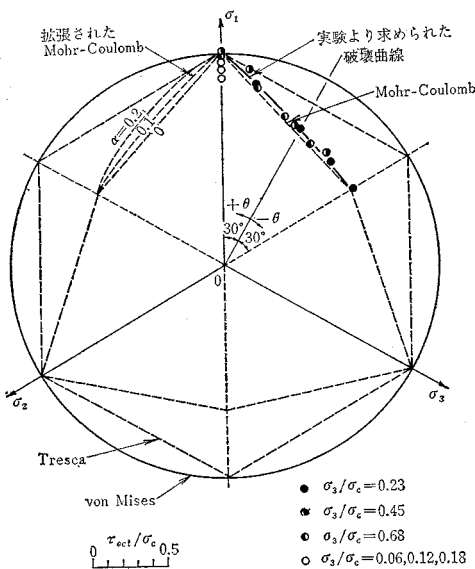
$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + 2c_0 \cot \varphi_0} = \frac{\sin \varphi_0}{1 - \frac{\alpha}{2} \sqrt{1 - \lambda^2}} = \sin \varphi_\lambda \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 $\varphi_0$ 、 $c_0$  は  $\lambda = -1$  の場合のせん断抵抗角と粘着力、 $\alpha$  は中間主応力の影響の度合を表わすパラメーター

において  $\alpha = 0.07$  としたものに一致することがわかる。ただし低側圧下では、実験結果はこの破壊規準からはずれ、せん断破壊とはみなし得ないようになる。

図-3 は別の表示法として正八面体平面上の破壊曲線

図-3 正八面体平面内の応力表示

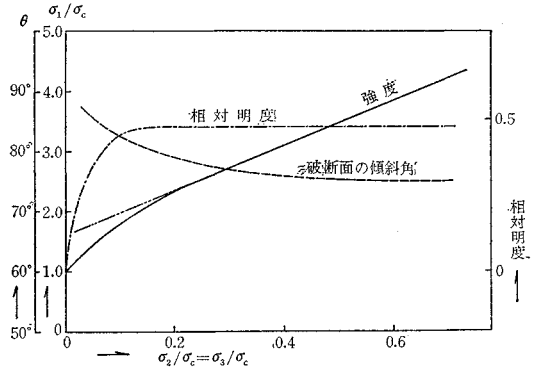


を示しているが、この図においても和泉砂岩の強度におよぼす中間主応力の影響がわずかに認められる。

一軸・二軸圧縮試験では、供試体は破壊音とともに多数の細長い柱状片となって飛散した。三軸圧縮試験では2~3個の傾斜した破断面が認められた。この現象から一軸・二軸圧縮では軸方向へき開破壊が生じており、これに対して側圧の高い三軸圧縮ではせん断破壊が生ずるものと考えた。供試体の破断面を観察したところ、白い粉末の発生がせん断破壊に起因していることを認め、この粉末の割合を量的に知るため破断面の平均傾度を測定した。そしてさきの各種圧縮試験による極限破壊強度と破断面の角度とをあわせたものが図-4である。

これらすべての面から和泉砂岩の破壊機構を総合的に考察するとつぎのことがわかる。すなわち側圧が岩質材料の一軸圧縮強度の約20~40%以上ある三軸圧縮状態ではせん断破壊が生じ、破壊強度は拡張された Mohr-

図-4 強度、破断面の傾斜角ならびに相対明度と側圧との関係



Coulomb の規準で表わすことができる。側圧の小さい三軸圧縮状態および一軸・二軸圧縮状態ではへき開破壊となり、上述の破壊規準はこの領域の試験結果とは致しない。

以上の結論は立体顕微鏡を用いた破断面の写真観察からも確かめられている。

(1967.4.4・受付)

〔赤井：正会員 工博 京都大学教授 交通土木工学科  
森：正会員 工修 建設技官 建設省九州地方建設局〕

## プレストレスト コンクリート シリンダーの熱応力に関する研究

藤田 亀太郎

天然ウラン、グラファイト減速、CO<sub>2</sub> ガス冷却方式の原子力発電において压力容器をプレストレスト コンクリートで建設することは、建設費の低減、安全度の増加の両面から近年特に注目されているところである。この場合設計上は压力容器内外両面の温度差による熱応力は一般の場合内圧によって生ずる応力度と同程度かまたはこれ以上となるのが弾性理論解によると明らかである。一方コンクリートはその温度が高いほどクリープ係数(または単位クリープ)が大きいものとなる。压力容器壁に沿って温度勾配が存在するからこの壁に沿って各部分での単位クリープもまた異なったものとなる。この結果当然応力度分布は時間の経過とともに変化することとなる。このように考えればコンクリートのクリープの影響を考慮に入れると、熱応力は弾性理論で求められる値ほど大きいものにならないと思われる。このことを検討するため本研究が実施された。

内径 90 cm、外径 130 cm、高さ 160 cm のコンクリート シリンダーに鉛直方向および水平方向ともにプレストレスを与えた供試体を完全に防水し、シリンダー内側に温水をシリンダー外側に冷水を循環させ、両液温度差を 50°C に保った。この結果シリンダー壁には 45°C の温度勾配が与えられた。シリンダー壁内の鉛直方向ひず

みおよび切線方向ひずみ変化をカールソンひずみ計を用いて測定した。この測定の結果(1)温度勾配が定常状態となったときの温度分布は理論値とよく一致する。

(2)急激に温度勾配を与えた場合の熱応力度は弾性理論で求めたものとよく一致する。(3)長期にわたって温度勾配を与えておくと、コンクリートひずみ変化は、弾性理論で求めた熱応力度とプレストレスとの合成応力度が持続的に作用すると仮定し、かつ断面各位置でのコンクリート温度に相応する単位クリープを用いて推定されるコンクリートひずみ変化と試験で測定されたひずみ変化とは全く異なった傾向のものとなっていることがわかった。以上のうち(3)項を説明するためには持続的熱応力度の計算にあたってコンクリートのクリープを考慮に入れなければならないことが明らかとなった。よってこれを求める近似計算法としてつぎの方法を提案した。温度勾配が定常状態となったのち、短時間に各シリンダーに生ずるクリープひずみはこの時間の当初に作用していた応力度はその時間内では変化なきものと仮定し、断面のそれぞれの位置における温度に相応する単位クリープひずみ増加率を用いて求める。この結果変形の連続条件が満足されなくなるのでこの時間の終りに弾性的応力を各シリンダーに作用させて変形の連続条件を満足される。各シリンダーに作用する応力度の合力は外力がないから常に0でなければならない。以下同様な作業をくり返し任意時間での応力分布が求められる。その結果図-1に示すようにプレストレスと熱応力との合成

応力度は次第に平均化されることが明らかとなり、上記(3)項は説明されることとなった。

本研究結果から圧力容器の内外両面温度勾配がゆっくりと生ずるような場合(実際にはコンクリートの熱容量が大きいのでこのようになる)にはコンクリートのクリープを考慮に入れて熱応力度を計算すれば、弾性理論で求められるものよりも小さくなり、圧力容器設計上非常に有効なものとなることが明らかとなった。しかし上記のように長期間の後、平均化された合成応力状態時に急激に温度勾配が消失すると、シリンダー内側に引張応力度を生ずる危険があることが明らかとなった。このことは弾性理論のみからでは明らかとならないところであって、本研究結果明らかとなった重要なことである。しかし実際上はこのような急激な温度勾配の消失は考えられないところである。コンクリートのクリープを考慮せず、弾性理論のみで熱応力度を計算し、これを考えた組合わせ応力に対しては圧力容器をパーシャルプレストレスリングとして15~20 kg/cm<sup>2</sup>の許容引張応力度を認めてよいと考えられる。

(1967.2.7・受付)

【筆者：正会員 工博 極東鋼鉄振興(株)社長】

## 交通信号の系統制御オフセット パタンの一解法

越 正 毅

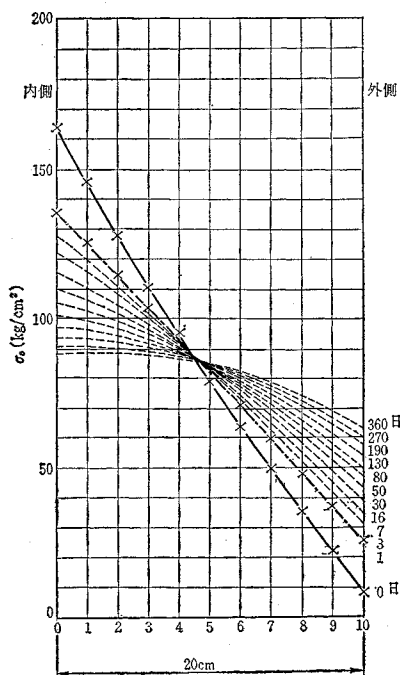
街路ネットワークにおける交通信号群の系統制御において、待ち行列長が過大にならないという条件のもとで遅れと停止回数との加重和を最小とするようなオフセットパタンの近似解を求める方法を提示する。ネットワークの形態は任意であり、また左右折交通、流出入交通、速度分布などの影響も考慮されている。

手法としては、電子計算機を利用した逐次近似法によっているが、ここに述べる計算法は、プログラムセレクションと呼ばれる系統制御手法において、想定されたある交通パターンに対応したオフセットパターンをあらかじめ求める場合に用いるためのものであって、プログラムフォーミングと呼ばれる制御法において、オンライン計算機をリアルタイムで使用することは、差し当たり念頭に置いていない。

計算のプロセスは、与えられたネットワークおよび交通条件のもとでの遅れおよび停止回数と、オフセットの変化との関係を求める損失計算の部分と、その計算結果に基づいて損失を最小にするようなオフセットパタンの近似解を求める部分との2つの部分から構成されている。

信号系における交通の遅れおよび停止回数は、オフセットパタンの関数ではあるが、その関数形を一般的に数

図-1  $\sigma_c$  の変化



学的に表現することは困難であり、またこれまでそれがなされたこともない。しかし、その関数の一般形が知られても、任意に与えられたオフセットパターンにおける遅れおよび停止回数を計算することは比較的容易である。そこで、ここでは、初めに与えられたあるオフセットパターンから出発して、そのオフセットパタンのもとの遅れと停止とを計算し、さらに、ある一組の信号のオフセットの相対値のみを正負両方向に移動した場合の遅れおよび停止を求めて、オフセットの逐次最適化計算の根拠としている。しかし、それによって得られるオフセット解は必ずしも最適解ではないので、新たに得られたオフセット解を初期オフセットパタンとして、同じ計算をくり返すという方法によっている。

このような手法は、非線形計画法におけるカッティン グプレイン法と、まったく同じではないが同様の考え方に基づくものと考えることができよう。したがって、ここに述べられる方法によって得られる最終解は、常に理論的最適解であるという保障は有していない。特に交通の飽和度が小さい場合には、最適でない端点が数多く存在するので、理論的な最適解に到達しない可能性は大きい。しかし、その場合にも、最適解との損失の差はあまり大きいとは推定されず、また、2, 3の場合についての試算の結果によれば、実用上問題となるほどの最適解との相異が生ずることは少ないものと推定される。

(1967.3.17・受付)

[正会員：東京大学助教授 生産技術研究所]

## 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事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ヵ月以内とします。
3. 討議原稿を提出するときは学会原稿用紙に必要な事項を記入のうえ論文集編集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. 討議に関する問い合わせは論文集編集委員会へご連絡下さい。

# 仮設工事ガイドブック全10巻 編 有江義晴

首都高速道路公団理事

## 第1回配本

### 建設工事の段取り

大成建設株式会社 松尾友也 著

A5判/270頁/¥1,500/¥150 図版80以上、表50以上、写真版50個

#### 主要目次

第2章 予備調査	第10章 仮設備の実例
第3章 施工計画と仮設備	10.1 グム工事
第4章 仮設備	10.2 トンネル工事
第5章 現場組織の編成	10.3 橋梁工事
第6章 工事用機械計画	10.4 地下鉄工事
第7章 労務計画	10.5 港湾工事例
第8章 材料計画	10.6 道路工事
第9章 工事実行予算の作成	

### 仮設工事の積算・見積り

清水建設株式会社 柴崎健太郎 著

A5判/250頁/¥1,400/¥150 積算表150以上

#### 主要目次

第1章 概説	3.4 土留工の歩掛り
1.1 準備	3.5 型枠工事の歩掛り
1.2 計画図書の種類、形式	3.6 支保工および足場の歩掛り
1.3 計画図書作成上の留意事項	3.7 運送費
第2章 積算見積りの要領	3.8 一般土木工事歩掛り
第3章 仮設備の積算見積り	3.9 現場経費の積算
3.1 仮設建物の歩掛り	3.10 機械化工事の積算
3.3 給排水設備の歩掛り	

## 新しい仮設工事の設計と施工

首都高速道路公団前理事 八島忠編

B5判・上製530頁・定価3,600円 ¥150円

第1回配本 第1巻 建設工事の段取り  
42年10月 松尾友也著 定価1,500円 ¥150円

第3回配本 第2巻 型枠・支保工・足場  
43年4月予定 岐野二男著

第6回配本 第3巻 土工の計画と施工  
佐藤裕俊著

第4回配本 第4巻 土留および仮締切・基礎工仮設  
43年6月予定 平尾重信・羽生田嘉重著

第3回配本 第5巻 コンクリート工事の段取り  
43年4月予定 高瀬邦夫・小笹太郎著

第2回配本 第6巻 給気・給水・排水・給電設備計画  
43年1月予定 宮原春樹・森田哲也著

第5回配本 第7巻 建設施工用機械器具  
斎藤二郎著

第5回配本 第8巻 現場の安全管理  
石久保卓三・真柄信雄著

第4回配本 第9巻 現場施工管理  
43年6月予定 日永善雄・渡辺正敏著

第1回配本 第10巻 仮設工事の積算見積り  
42年10月 柴崎健太郎著 定価1,400円 ¥150円

## 近代図書株式会社

東京都千代田区九段北1の6の7  
電話(263) 3871・3872 (261) 5818・5819 振替東京23801番