

1958 年度国際材料構造試験所連合会議 (RILEM) 報告

水 野 高 明*

筆者は土木学会, RILEM 日本支部 (代議員: 建設省建築研究所長 竹山謙三郎氏) ならびに日本学会議材料試験研究連絡委員会の推薦によつて, 1958 年 7 月 2 日より 5 日までベルギー国ブリュッセルおよびリエージュで開催された, 「鉄筋コンクリート用特殊鋼材ならびに PS コンクリート用鋼材」に関する RILEM シンポジウムと, 続いて 7 月 6 日より 7 月 11 日まで英国ロンドンで開催された, 1958 年度 (第 11 回) RILEM 総会に日本代表の資格で参加することができた。

RILEM とは Réunion Internationale des Laboratoires d'essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions (国際材料構造試験所連合会議) の略称で, 現在約 40 カ国が加入している。

会議の記録, 進行状況等の一般報告は学会議へ提出してあるから, 本文では主として学術上一般の関心が深いと思われる事項について大要を報告する。

1. ロンドン会議

この会議では RILEM の運営に関する報告および協議が主で, これに付帯して各実験所, 工事現場等の見学が行われた。本会議で決定された本年度以降の会議とシンポジウムの予定は次のとおりである。

1959 年度 (第 12 回) 総会: 9 月第 2 週, ユーゴスラヴィヤ国ベルグラード

Scale models に関するシンポジウム: 1959 年 6 月, スペイン国マドリッド

Moisture flowing in concrete に関するシンポジウム: 1960 年フランス国パリ

Light weight concrete および Precast products に関するシンポジウム: 1961 年イタリー国 (開催地未定)

2. ベルギーにおけるシンポジウム

第 1 日はブリュッセルの万国博覧会場内で開会式だけが行われ, あとは博覧会の見物であつた。第 2, 第 3 両日はリエージュでシンポジウムが開かれ, 第 4 日は製鉄所の見学であつた。使用言語は英・独・仏 3 カ国語で, それぞれ他の 2 カ国語へ即時通訳が行われた。半分以上はフランス語であつた。

議題は次の 3 題目に分けられた。

* 正員 工博 九州大学教授, 工学部土木工学教室

写真-1 ロンドンのテムス河南岸, 地下鉄直上の Shell Co. 建築基礎工事, PS コンクリート ストラット

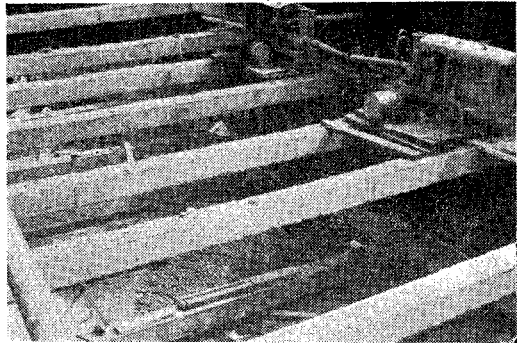


写真-2 同 上, スクリュー エキスカベータ

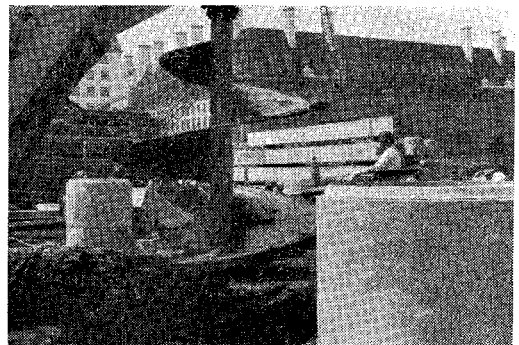
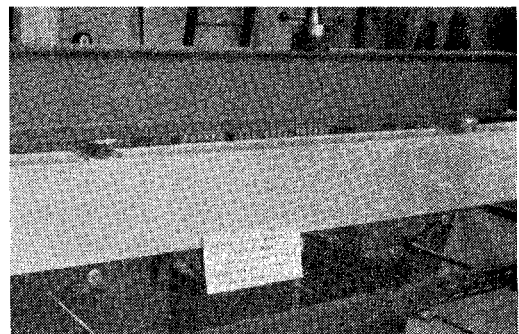
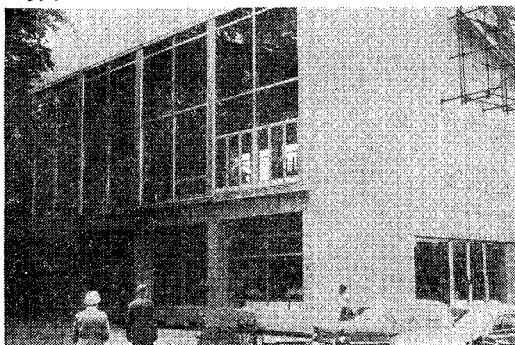


写真-3 ロンドン市外 Building Research Station コンクリート 疲労試験

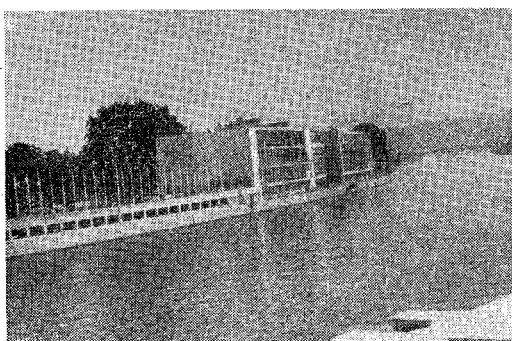


題目 I: 鉄筋コンクリート用特殊鉄筋 (報告者 6 名, 一般報告者: スエーデンの Westlund 氏)
欧米各国では, 異形鉄筋の使用がきわめて盛んになりつつあるので, この問題がとり上げられたものと思われ

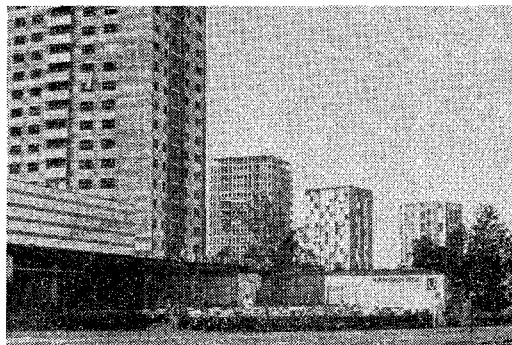
写真—4 RILEM シンポジウム会場（リエージュ市）



写真—5 同上（リエージュ市，ミューズ河畔）



写真—6 西ベルリンの新しい建物



る。鉄筋コンクリート、P S コンクリートともに、大形試験桁による疲労試験が盛んに行われており、従つて異形鉄筋による付着力の確保が重視され、またひびわれ幅の減少が論議された。同時に鉄筋折曲げ半径、コンクリートかぶり等の関係も検討されている。

題目II：P S コンクリート用鋼線および鋼棒（報告者12名，一般報告者：ベルギーのLouis氏）

製造者側の問題としては、鋼材品質の均等性、材料の延性の確保、脆性の除去等について報告された。使用者側からは、プレストレス張力の保持、鋼線のリラクセーションによる張力の減退、プレストレスされた鋼材のサビの問題等が主として論議された。一般にこの題目では、個人の研究報告というよりは、各国の研究の総合報告、各国示方書の紹介が多く、これらについてはわが国

においても、参考となる点が多いと思われるから、別項で各国の状況を比較報告する。

Louis 教授は、このシンポジウム自体が、ただちに各国の示方書の統一を目的とするものではないが、各国の研究をまとめてある目標を与えることは有意義であると強調された。

題目 III：鉄筋および P C 鋼線、鋼棒の定着と継手（報告者5名，一般報告者：ドイツのRüsch氏）

異形鉄筋に対してはフックを要求しない国が多い。P S コンクリート用の細い鋼線では、コンクリート打込みが困難となる場合が少なくないから、次第にダ円形または扁平な断面の使用が普及してきた。また彎曲した鉄筋による付着抵抗の増加、溶接継手の研究結果が報告された。なお鉄筋継手の重ね合せ長さとの関係は各国まちまちであることを知った。

3. P C 鋼線および鋼棒に関する各国の試験と規定

(1) 引張試験によつて与えられる性質

a) 弾性限界 たいていの国において、明らかな弾性限界を定め得ない場合には、永久ヒズミ0.2%の応力をもつて、コンベンショナルな弾性限界としている。比例限界については、1906年に永久ヒズミ0.001%に比するものとして定義されたが、その後0.01%に限界値を定める傾向が拡がった。ドイツとポーランドでは0.01%に規定され、オランダでは0.05%、イタリーでは0.1%にとつている。

イギリスのKillick および Bannister 両氏は、鋼線は引張強さの少なくとも70%までは、弾性的でなければならぬといつており、この値はBate氏によれば、永久ヒズミ0.1%に比する規約弾性限界に相当するものである。ベルギーのde Strycker氏も限界値を0.1%に定めることを提唱しているが、イギリスのBate氏は0.1%よりもむしろ0.2%に限界をおくべきだといつている。

フランスのDumasならびにSimon両氏は、測定法と測定器の精度によつて値が変わるから、弾性限界の觀念をきめることは無用だとしている。フランスの示方書では、応力—ヒズミ曲線の形から一つの特性値を定める。この特性値は、応力—ヒズミ曲線と、ヒズミ軸上の0.001なる点より引いた、傾斜20000 kg/mm²なる直線との交点に比する応力度によつて定められ、この値は引張強さの95%以下でなければならない。この定義は、一方においてあまりに急な応力—ヒズミ曲線をもつ鉄と、他方において低い応力度から連続曲線を呈するような軟らかい鉄とを除外するものである。

ベルギーのDehan氏によれば、引張り時に永久ヒズミの限界値を押えることは有用で、この限界を0.2%に

保持することに、なんらの不都合はないといっている。

イタリアの示方書では、応力-ヒズミ曲線の試験法を詳細に定めてある。8 kg/mm²なる出発値から、0.1%または0.2%の永久ヒズミを与える応力度を定めるまでの、くり返し回数を制限してある。

スイスの Ros 氏によれば、応力-ヒズミ曲線の形の差異は重要でなく、また0.05%の比例限界は実際の意味を有しないと述べている。彼はプレストレス応力度から出発して、減荷曲線をうることが望ましいといっている。また実際の引張力は伸びから求めないで、張力計によつて直接測定すべきであると述べた。ドイツの講演者もプレストレス応力からの応力減少に相当する減荷曲線を求めることを推しようしている。

b) 規約弾性限界と引張強さとの関係 イタリアの示方書では、0.2%弾性限界値と引張強さとの比の最大値を95%に押えており、實際上、製造者は許容差を除いてこの比を90%に維持するようしなければならない。フランスの示方書では、特性値が引張強さの95%以下であることを要求し、最適のものは90%であるとしている。これらの規定はあまりに硬い、もろい材料を除外するためのものである。

イギリスの示方書では、反対に0.1%弾性限界値の最低値が、破壊強度の70%を下まわつてはならないことになつており、この理想値を75%にとつている。棒に対しては、この比が75%から92%の間にくまればならない。ドイツの Bühler 氏は、0.2%限界と引張強さとの比として、引抜材に対しては80%、熱処理材に対しては90%の値を示した。

c) 鉄材の引張作業時に生ずる伸びの計算 ドイツ、イギリス、ポーランド等では、プレストレス時の鉄材の伸びを応力-ヒズミ曲線の割線係数によつて定め、コンクリートの収縮による鉄材引張力減退の計算には正切係数を用いる。ベルギーでは、以上の計算だけでは十分でなく、いろいろな条件で変化するため、張力計で直接測定すべきだとしている。スイスの Ros 氏によれば、現場ではコンクリートの収縮、クリープのみならず、鋼線の屈曲、摩擦等によつて、一樣な引張りによる伸びよりも10%くらい大きい伸びを要することがあるから、現場の測定の方が重要であるといっている。

d) 破壊伸び 多くの報告者は、最大引張力に達する瞬間の均一伸びと、断面縮小にもなる急激な伸びをふくむ破壊時の全伸びとを区別し、前者を延性の適切な基準値としている。たいていの国で3mm以上の直径に対しては、直径の10倍を測定長にとる。

イギリスの Killick および Bannister 両氏に従えば、均一伸びが唯一の尺度で、破壊全ヒズミは断面縮小の割合がきわめて大きい場合には無意味であるとしている。ただし最少30%のしぼりは重要な基準を示すものと

考えている。最大引張伸びは少なくとも、70%の引張応力に応ずる伸びの8倍に等しいことを要求している。

ドイツの Bühler 氏は、鋼線の0.2%弾性限界と破壊引張りとの間の伸びがきわめて重要で、この値が2.5%に達することを推しようしている。

ベルギーの Dehan 氏は、ケーブルの一部の鋼線が不時の大きい応力のもとで、引張りの再分配を可能ならしめる目的で、しぼり部分以外の破壊伸びに対して最小値を決めることが有意義であるとするともに、しぼりの最小値を35%に取ることも、不可欠なものであるとする。また同国の de Strycker 氏は、以上の考えの重要性には賛成しながら、このように両方の延性を測定することは実用的でないから、直径の10倍の測定長に対して破壊全伸びを測つて、この値を最小5%におさえることを提唱していた。

イタリアの Levi 氏は、同国の破壊全伸びの測定法を述べ、直径の10倍の測定長に対して、直径3~7mmの鋼線では8%以上を要求することを報告した。しかし彼は、この測定長は断面縮小部の伸びを明らかにするには長すぎると考えている。

フランスの Dumas および Simon 両氏は、フランスの示方書では、断面縮小部の外における破壊伸びの最小限界を、100mmの測定長につき1.5%に制限することを報告している。この測定法は、試験片に試験機のつかみの間、50mm間隔に線を刻んでおき、しぼり部分を除いた100mmの距離について伸びをはかる。

(2) クリープならびにリラクセーション

この問題については、リラクセーションに関する報告に重点がおかれた。

フランスの示方書では、引張強さの80%の応力度で試験を始め、1分、8分、1時、8時、3日、24日、できれば6月で観測する。近似的に引張力の減少は、時間の対数に比例することが認められているが、フランスの Chancenothe 氏は、鉄の種類によつては、半対数紙上にプロットされたリラクセーション曲線はS型となり、ほぼ1000時間くらいに反曲点を持つから、1000時間までの曲線より外挿することは危険であるとしている。彼は長時間後のリラクセーションを推定するには、時間の10倍ごとに最大約4 kg/mm²の割合で増大するものとみなしている。

ドイツの Schwier 氏は100°~150°Cのリラクセーション曲線は、約1000時間後に大体最終値に達する。リラクセーション曲線は初荷重、温度および時間に応じて、はじめゆるやかに変化し、また最後にもゆるやかに変化して、ある一定の最終値に近づくものであるから、100°~150°Cの試験によつて、最終値を短時間に決定しようと述べている。

イタリアの示方書では、リラクセーションにもとづく

引張力減少を、平行な鋼線のハリではプレストレスの7%、鋼線を付着させたハリでは単線で12%、3本までのより線では14%に見積つてある。

大部分の報告者は、短時間の初期過引張りが、リラクセーションを減ずることを認めている。イタリー、スイス、ポーランド、イギリスでは、5~10%の過引張りが示された。フランスのDumas氏は、この操作による現場での冷間引張り作用が、後のリラクセーションを減ずるものであり、実験の結果によつて、冷間引張り並びにプレテンションの値を高めるほど(引張強さの90%を目標とする)、リラクセーションによる応力減少の割合を低減し、鋼線全体に一樣な性質と張力とを与えることができるのを認めた。

ベルギーのクリープ委員会の実験によると、次の結果が得られている。きわめて短時間の初期過引張りは、破壊強度の低い鋼線ほど、リラクセーションに大きい影響をおよぼす。鋼線の場合、クリープとリラクセーションとを最小ならしめる最適過引張り値が存在し、この値は鋼線の性質と製造法とによつて定まるものである。また同時に行われた鋼棒の試験によれば、有効な過引張りは降伏点よりも高い応力で行うべきであることを示す。

なおベルギーでは、リラクセーション試験は、新しい製造法による鋼線の試験とか、輸入品や種々の製造法による鋼線の比較には、必要欠くべからざるものであるが、リラクセーションにもとづく鋼線の応力減少自体は、特に初期過引張りによつて低減された場合には、種々な原因に由来する引張力損失の僅少部分にしか相当しないから、それほど重要性をおいてないようである。これについてDehan氏は、ベルギーでは全損失を12~15%に見積るのが普通であるが、このうち80%はコンクリートに帰因するものとしている。

(3) プレストレスの値 σ_p

ベルギー： $\sigma_p \leq 0.60 \sigma_R$ または $\sigma_p \leq 0.80 \sigma_{0.1\%}$

σ_R は鋼線の引張り強さ、 $\sigma_{0.1\%}$ は永久ヒズミ0.1%に相当する規約弾性限界

de Stricker氏は次の値を提案した。

$$\sigma_p \leq \begin{matrix} 0.80 \sigma_{0.1\%} \\ 0.70 \sigma_R \end{matrix}$$

フランス：Chancenotte氏は、引張強さ160 kg/mm²の7 mm鋼線に対し、 $\sigma_p = 135 \text{ kg/mm}^2$ なる値を示す。すなわち $\sigma_p = 0.85 \sigma_R$ に相当する。Dumas氏は安全性の研究から、引張強さと伸びの大きい鋼線を使用し、前記のように目標として、引張強さの90%の初期引張りを与えたのちに、同じ値までプレストレスすることを推しようとする。

イタリー：ケーブルを使用するハリに対しては、

$$\sigma_p \leq 0.85 \sigma_{0.2\%}, \sigma_p \leq 0.95 \sigma_{0.1\%}$$

この場合一時的の過引張り5%を認める。なお応力の

最終値 σ_f としては、

$$\sigma_f \leq \begin{matrix} 0.58 \sigma_R \\ 90 \text{ kg/mm}^2 \end{matrix}$$

以上の σ_p の値は、決して120 kg/mm²をこえてはならない。ただし15 kg/mm²以上の摩擦抵抗に打ち勝つべきときには、130 kg/mm²まで引上げてよいことになっている。

鋼線が付着されたハリに対しては、

$$\sigma_p \leq 0.95 \sigma_{0.2\%}, \sigma_f \leq \begin{matrix} 0.62 \sigma_R \\ 105 \text{ kg/mm}^2 \end{matrix}$$

ただし σ_p は130 kg/mm²をこえてはならない。

ポーランド： $\sigma_p \leq \begin{matrix} 0.65 \sigma_R \\ 0.85 \sigma_{0.2\%} \end{matrix}$

スイス：Ros氏によると、 σ_p を σ_R の60%をとつている。

(4) 延性およびじん性

鋼線のぜい性の判定基準は一致してないが、この問題については深い関心が持たれている。

くり返し曲げ試験：この試験法は全ての国で規定されている。

フランスの示方書では、直径 d なる鋼線を直径 $3.2d \sqrt{d}$ なる横棒のまわりに、左右交互に90°くり返し曲げを行う。破壊までくり返してその回数を求める。曲げ速度は1 secに1回以下である。

イタリーの示方書では、横棒の直径を $4d$ とする。そして4回90°にくり返し曲げを行い、破壊しないことを要求する。

ドイツのDINでは、 $5d$ の直径によるくり返し曲げ試験のほか、8 mmまでの鋼線および棒に対しては、一往復の曲げ課程後引張試験を行い、標準試験による値より5%以上強度低下を来たさないことを定めてある。

くり返しねじり試験：延性の試験法として実施している国がある。

イギリスでは、 $100d$ 以上の長さの試験片でねじり試験を行い、品質の均等性の指針とする。ねじり強さは直径の3乗に比例するから、表面に弱点があれば敏感にねじり回数が減ずる。

イタリーでは、引張試験の結果ぜい弱性を示す傾向があるときだけに、ねじり試験を行うように規定されている。50 d の試験片について、右に1回360°、左に2回360°、続いて右に1回360°ねじりを行つて1サイクルとする。試験片が発熱しないように、1回のねじりに5 secを要する。この試験を破壊までくり返すのである。

フランスでも、同じ試験法を採用しているが、スイスでは、この試験法に疑問を持つているようである。

巻きつけ試験：フランスでは、鋼線のきず、欠陥をしらべるために2.5 d の丸棒に螺旋状に巻きつけて、12巻まで破壊しないことを要求する。巻きつけ速度は1 sec

間に最大 1/4 に巻きとする。

イタリーでは、この試験法がくり返し曲げ試験に置きかえられる傾向がある。この試験法の方が長い試験片を使用して、全体的な性質を調べる利益があるからである。

ドイツでもやはり、延性および均等性をしらべる目的で、この試験法が採用されている。鋼線の場合には、2.5d の巻付棒を使用し、大きい径の鋼棒に対しては、5d の心棒を用いる。

イギリスでは、鋼線は同じ直径の心に巻きつけられる。この場合には、鋼線の外周のヒズミ度は 50% となり、いかなる欠点をも発見可能である。

(5) 疲労試験

ベルギーの de Strycker 教授は、プレストレストコンクリートでは、引張応力の振幅が小さいから、疲労試験は不必要であるとし、フランスの示方書では除外されている。しかしながら他の国では、この試験が重視されている。

イタリーでは、応力振幅が 10 kg/mm² をこえる場合と、鋼線 3 本以上で作られたより線に対しては、疲労試験が要求され、100 万回のくり返し荷重の下で折損しないことを要する。この場合 1 分間に 500~5000 回の割合で、始め ±30 kg/mm² くらいで試験して破壊回数を定める。次に次第に振幅を減じて、100 万回で破壊しない振幅を求める。

ドイツでは、プレストレストコンクリートにおける応力振幅は比較的小さいが、鋼線の疲労限界に近い応力を

与える場合が少なくないから、疲労試験を行う必要があるとしている。許容最大応力より -25 kg/mm² の振幅で、200 万回のくり返し試験に耐えることが標準で、もし十分な抵抗を有しないときは、許容応力の低下または動荷重による応力振幅の調節をはかる。許容応力振幅としては、200 万回、振幅を 1.75 で除した値にとる。

スイスの Ros 氏は、引抜鋼線の疲労強度は、かなり高いものである。疲労試験は、30 kg/mm² 以上の全振幅で 100 万回くり返しを行い、破壊しないことを評価基準とする。しかしながら、このような大きい応力変化は、コンクリートにキレツが入った場合にのみ生ずるもので、プレストレストコンクリートでは、こんな場合はほとんどないといっている。

(6) 応力腐食

PC 鋼線では、応力腐食が特に重要問題として論議された。イギリスの Killick および Bannister 両氏は、応力腐食は応力方向に直角な結晶間のキレツを生ずるような、高応力下における化学的作用であり、このキレツは金属の内部に拡がり、破壊はあらかじめ塑性変形を行うことなしに出現するものである。熱処理棒は微細な等軸結晶よりなるから、長い粒子よりなる引抜鋼線よりも応力腐食におかされやすいといっている。

各報告者とも、鋼材の取扱い、運搬、貯蔵中にも、十分な保護を必要とするとともに、コンクリートかぶりを十分に、有害な外的作用の影響を防止すべきことを強調した。

44 巻 3 号 登 載 ニ ュ ー ス 訂 正 表

44 号 3 号 登 載 の ニ ュ ー ス の 一 部 を 昭 和 34 年 3 月 19 日 建 設 省 告 示 395 号 に よ り 次 の よ う に 訂 正 致 し ま す 。

| ページ | 行 | 誤 | 正 |
|-----|-------|-----------------------------|---|
| 44 | 左から 4 | 1. 振動締固め機構の研究 | 1. <u>コンクリートの振動締固め機構の研究</u> |
| " | 左下 2 | 3. 工業地帯の造成……並びに環境整備 | 3. <u>工業地帯造成……並びに都市環境整備……</u> |
| " | 左上 9 | 10. 原油別アスファルトの諸性質と、舗装に関する研究 | 10. <u>アスファルト 諸性質に適用した合材の配合と安定性に関する研究</u> |
| " | 左上 13 | …高張力ボルト…… | … <u>高張力鋼ボルト</u> …… |
| " | 左上 14 | 14. 野外観測用…… | 14. <u>野外用</u> …… |
| " | 左下 2 | …実験的研究 | … <u>研究</u> |

論文集 60 号・別冊 (3-1)

正員 田原 保二・正員 工博 猪股 俊司
正員 南 俊次・正員 宇野田 修

B 5 判
44ページ
プレストレスト コンクリート道路橋 (大阪府金剛大橋) の設計、施工およびこれに関連して行つた実験研究の報告

定価 200 円 (〒10 円)

論文集 60 号・別冊 (3-2)

正員 工博 丸安 隆和・正員 西尾 元充

B 5 判
20ページ
天然色航空写真に関する研究

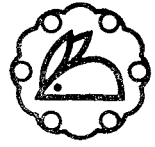
定価 60 円 (〒10 円)

論文集 60 号・別冊 (3-3)

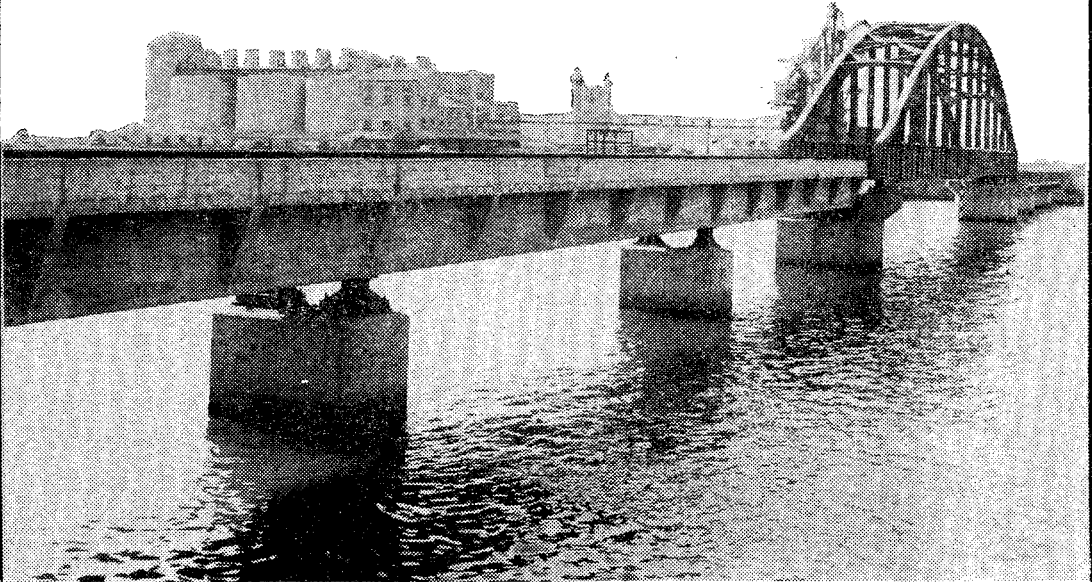
正員 工博 石原藤次郎・正員 高棹 琢馬

B 5 判
34ページ
単位図法とその適用に関する基礎的研究

定価 150 円 (〒10 円)



最も良い最も経済的なコンクリートを造る!



国鉄 晴海橋 東京工事局

ポンリス

セメント分散剤

製造元
日本曹達株式会社

本社 東京都千代田区大手町二丁目四番地 電話 大代表 (211) 2 1 1 1
 支店 大阪市東区北浜二丁目九〇番地 電話 北 浜 (23) 7 0 6 3 ~ 6
 工場 新潟県中頸城郡中郷村二本木工場 電話 中 郷 5 1 ・ 6 1

発売元
日曹商事株式会社

本社 東京都中央区日本橋本町三丁目五地地 電話日本橋 (24) 7191 ~ 5
 大阪営業所 大阪市東区北浜二丁目九〇番地 電話北浜 (23) 7063 ~ 6
 名古屋出張所 名古屋市中区御幸本町通三丁目六番地 電話本局 (23) 1 5 8 5
 札幌出張所 札幌市北九条東一丁目 電話札幌 (3) 0625 ・ 4750
 福岡出張所 福岡市天神町八番地(西日本ビル) 電話 中 (4) 0961 ・ 6781