

現場コンクリートの強度並にその 試験用コンクリートとの比較

はしがき

コンクリートの性質は施工条件に依つて支配されること論を俟たないが、本文は現場コンクリートの強度並に性質に關し、内務省土木試験所に於て藤井博士を中心に實驗せられた試験報告の一部で、此試験は施工条件の及ぼす影響を明かし、以て現場コンクリートの性質並に其施工標準方法の決定資料を得んが爲に企てられたものである。

試験は昭和9年11月から同11年8月まで22ヶ月に亘り、東京附近に於けるコンクリート工事現場24ヶ所に就て行はれたが、今後尙引續き廣範圍に亘り調査が進められる事になつてゐる。

工事現場の種類は橋梁工事11ヶ所、道路舗装工事11ヶ所、港灣岸壁工事及局地舗装工事各1ヶ所で、供試體は各工事現場に豫め打合せ置き施工コンクリートのミキサ1練り分から供試體1個をとり、連続3練分から1組3個を作製し、コンクリート材料の孰れかが1

つでも異なる毎に更に1組を製作した。また試験用コンクリート供試體は現場施工のコンクリートと同一材料、同一配合のコンクリートを試験所に於て混合し特に試験用コンクリート供試體を作つた。此供試體の数は現場コンクリートが141組423個、試験コンクリートが38組114個總計179組537個に及んだ。

〔1〕 現場コンクリートの施工に就て

現場コンクリートの一般的性質並にその強度の性質を明かにする爲に其施工法に就て記述する。

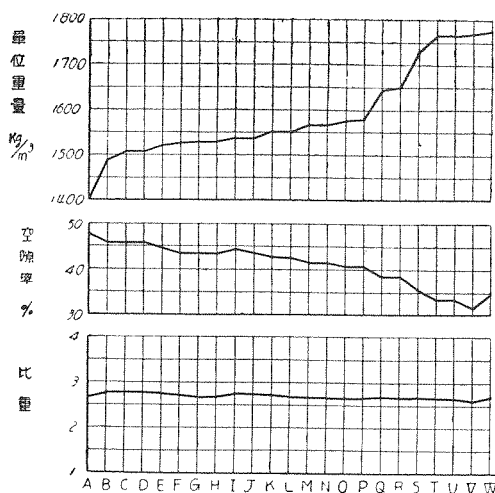
(1) ミキサの容量 コンクリートの混合には總てミキサを用ひ、調査せる現場に於ては手練を用ひたものはなかつた。

ミキサの型式はドラム型最も多く、角型及圓錐型等は多くは舗装用硬練コンクリートに用ひられ、規模大なる現場に於てはコンクリートペーパーを用ひた所もあつた。ミキサの動力は電力を用ふるもの大部分を占め、ガソリン及スチームを用ふるものもあるも稀で極く一局部に限られてゐた。

容量は4切、7切、10切、14切、21切のものを用ひ、その中7切と14切のもの最も多く、21切を使用する所は極めて稀で、規模相當大なる現場でも14切のものが割合に多かつた。容量に對して裝入混合量は前者の70~90%に當り、容量小なる4切練のものは90%、7切練は60~90%、10切練は70~80%、14切練は50~85%で容量小なるもの程規定量に近く裝入混合し、容量大なるものは比較的餘裕ある混合量を裝入してゐる。

(2) 使用材料の種類 工事現場は東京附近に限定せられてゐるから、使用材料の種別に就ては一定の方向を觀取し得ないが、セメントは11種、使用水は3種、砂は3種、粗骨

第1圖 砂の重量、空隙率及比重



第1表 東京市附近のコンクリート工事用材の分布並に骨材の産地別及泥含有量

1. 骨 材

種 別	産 地	使用現場 (%)	泥含有量 (%)	平均泥 (%)
砂 利	多摩川	54	0.5~3.5	1.66
	荒 川	23	0.3~3.0	1.26
	利根川	14	1.2~2.3	1.56
	相模川	9	1.8~1.9	1.85
砂	江戸川	46	0.5~3.0	1.71
	荒 川	35	0.2~3.0	1.31
	多摩川	19	2.0~5.0	3.14

材としては凡て砂利を使用し、その種類は4種にして、各工事現場に於て使用された各種材料の産地別割合は第1表の如し。

2. 混 合 用 水

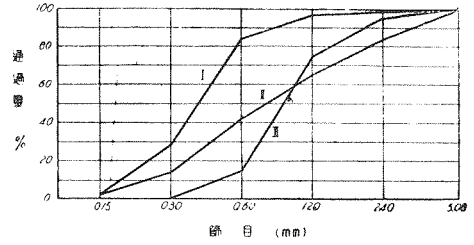
種 別	使用現場 (%)
水 道	73
井 戸 水	20
河水其の他	7

セメントは殆ど普通セメントにして、高爐セメント使用は1箇所、ペロセメントは3箇所の現場に於て使用されたに過ぎなかつた。

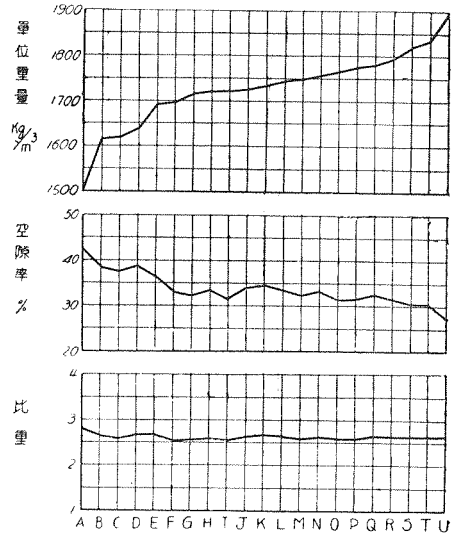
砂は江戸川産を使用する現場が總数の略々半に達し、その一般性質としては比重2.59~2.79、標準單位重量 1408~1775kg/m³、空隙率47.7~31.7%にして、之等の關係を重量の小なるものより配列して圖示せば第1圖の如し。

即ち比重には幾何の變化なきも、その形狀に於ては稜角に富むものと然らざるものと差異著しきを認む。粒度に就てはその代表的なるものを示さば第2圖の如く、I型最も多く、II型之に次ぎ、III型は少い。砂は河川産で水洗される爲め、一般に木片、塵芥、土塊の混入せるもの殆どなく、又貝殻の混在も比較的少きも、淤泥の含有は相當多量なるものもあつた。

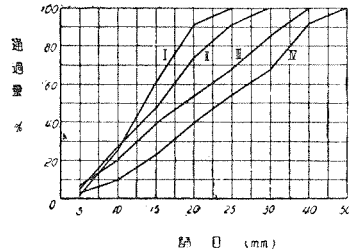
砂利は多摩川産のものも多く使用され、比重 2.52~2.70、標準單位重量 1501~1898 kg/m³、空隙率 42.5~27.3%にして之等の關



第2圖 砂の粒度例



第3圖 砂利の重量空隙率及比重



第4圖 砂利の粒度例

係は第3圖の如し。砂利の最大粒徑は工事の種類に依つて所謂鐵筋砂利と無筋砂利によつて異り、各最大粒徑を使用せる現場の割合は下の如くであつた。

最大粒徑 (mm)	25	30	40	50
使用現場數 (%)	10	14	56	20

砂利の粒度に就てその代表的實例を示せば第4圖の如くである。

(3) 材料の計量法 配合を合理的に決定

するも混合に際し材料の計量を正確に行はなかつたならば、その効果を擧ぐる事は出来ない。セメント、水、砂、砂利の中、その3を正確に計量するも残りの1の計量を誤らば全部の配合を失するものであり、従つて材料の計量の不正確は最も陥り易き現場の缺陷である。

近年コンクリート施工法の進歩に伴ひ監督の行届ける注意に基き相當正確なる計量が行はるゝに至つたことを認むる。

砂利と砂との計量は木製の樽型容器最も多

く、鐵製の圓錐型も相當に用ひられてゐる。

混合法は bag batch 法を用ふるもの多く、従つてセメントは袋入りの儘その1袋分或は2袋分をその儘ミキサに裝入し、之に應ずる砂、砂利量を裝入するものが多かつた。之に依り難き場合例へば1 $\frac{1}{3}$ 袋を要する場合等は、袋入りと別に木製樽を用ひ端數量を後者により計量して加へてゐる。従來用ひられた事のある目分量によりて $\frac{1}{2}$ 袋、若しくは $\frac{2}{3}$ 袋を分つが如き方法は全く影を失ふに至つてゐる。

材料計量の1例を示せば第2表の如し。

第2表 1 練用材料の計量例

配 合	材 料	分 量	計 量 方 法
1 : 2 : 4 1)	セメント	1 袋	バケツ 5 l 入にて4.5杯 鐵製樽55 l 入にて1 $\frac{1}{3}$ 杯 同上 47 l 入にて3杯
	水	22.5 l	
	砂	0.06m ³	
	砂 利	0.14Ln ³	
同 (2)	セメント	2 袋	鐵製樽上徑47cm、下徑34cm、高52cmものにて2杯 木製箱51 l 入にて6杯
	水	45 l	
	砂	0.120m ³	
	砂 利	0.282m ³	
1 : 3 : 6	セメント	1袋+0.3切	1袋と殘餘の分は木樽1尺×1尺×0.3尺 4斗樽に目盛をなし之にセメントを入れてペーストを作る 2切入半樽にて2杯 同上 4杯
	水	4切	
	砂	4切	
	砂 利	8切	

(4) 混合法 コンクリートの混合法は従來一般に行はれた所の砂利、砂、セメントを同時にミキサに投入し水を加へて混合する方法と、セメントペーストを規定の水セメント比を以て豫め造り、之れを骨材に載せて同時にミキサに投入混合する方法とにして、その使用割合は略3:1に當る。又各現場に於ける混合時間は1分間混合が9箇所、1分~1分30秒が5箇所、1分30秒~2分が3箇所、2分~5分が2箇所、1分に充たざる混合を行へる所も4箇所あつた。

〔2〕 現場コンクリートの強度

(1) 配合別に依るコンクリートの強度

調査を行つた現場は橋梁工事と道路工事とが主なるものであるが、これ等の各同種工事現場に於て配合1:2:4或は1:3:6コンクリートの強度は如何なる傾を示してゐるかを看んが爲、コンクリート供試體の壓縮試験結果より各工事現場毎に同品質のものに就て平均強度を出し、更にそれ等の値の總平均値に對する比率を算出して第3表に示した。

此結果に依れば1:2:4コンクリートにあつては總平均値192kg/cm²にして、この値に對して各工事現場毎の平均強度の比は0.60~1.57となり、總平均値に對して+57%より-40%迄の間に互つてその強度の相違を示して

る。

1:3:6 コンクリートに於ては總平均強度は 131kg/cm²、各工事現場毎の平均強度の比率は 1.96~0.42 の間にあり、總平均値に對して實に +96% より -58% の廣範圍に散在する結果を示してゐる。各工事現場に於てはその特殊な施工條件に支配せられ施工の方法、季節を異にし、特に水セメント比に於て相當の差違があるから同品質コンクリートと雖その強度試験の結果は同値を示さず或範圍の幅を生ずる事は固より當然であるが、兎も角同一材齡のものに就て最大約 100% の差異あるを示し、殊に施工軟度に比較的特殊的な要求を有すること少い道路用コンクリートに於て而も尙その差著しい事實を示してゐる。

次に各現場を通じて強度別に供試體の數を求め尙特に 1 橋梁現場に就て同様に摘出表示すれば第 4 表の如し。即ち 1:2:4 コンクリートの橋梁工事に使用せられたるものにあつてはその壓縮強度は 79~336kg/cm² の廣範圍に亙つて比較的等分布を示してゐるが尙過半数は 160~300kg/cm² の間に存在す。これを 1 箇所の現場に於けるものと比較すれば後者は 200~300kg/cm² が過半数を占め、強度變化の範圍は著しく縮少せるを見る。1:3:6 コンクリートに於ては 80~140kg/cm² の間にあるものが過半数となり、1:2:4 コンクリートの橋梁一般と比較して、強度は劣るも、大部分の供試體の示す強度變化の範圍は著しく縮少せる

第 3 表 現場別壓縮強度比較表

(1) 1:2:4 コンクリート

工事種類		試験數	平均壓縮強度 (kg/cm ²)	總平均値に對する比
橋 梁	白 鳥 橋	3	301	1.57
	潮 路 橋	3	230	1.20
	小 松 川 橋	6	213	1.11
	南 平 臺	6	212	1.10
	長 者 橋	6	203	1.06
	多 摩 川 原 橋	12	171	0.89
	勝 岡 橋	6	170	0.89
	東 雲 橋	5	152	0.79
	大 成 橋	6	115	0.60
	平 均			196
鋪 裝 構 造 物	大 宮 國 道	3	269	1.40
	東京港コンクリート 矢板	9	129	0.67
總 平 均			192	1.00

(2) 1:3:6 コンクリート

工事種類		試験數	壓縮強度 (kg/cm ²)	總平均値に對する比
橋 梁	白 鳥 橋	2	162	1.24
	潮 路 橋	6	83.7	0.64
	青 山 橋	3	60.4	0.46
	桃 園 橋	3	54.5	0.42
	平 均			90.1
鋪 裝 基 層	澁谷區幡ヶ谷笹塚町	6	204	1.56
	淀橋區上落合	9	256	1.96
	杉並區高圓寺町	9	179	1.36
	江戸川區小岩町	12	159	1.21
	中野區相生町	9	136	1.04
	板橋區中新井町	6	131	1.00
	千葉縣津田沼町	9	110	0.84
	王子區岩淵町	18	85.3	0.65
	城東區大島町	18	76.2	0.58
	豊島區池袋町	3	230	1.75
總 平 均			131	1.00

を示してゐる。尙これ等のコンクリート強度の均等性に就ては更に後節に於て記述する。

(2) 材料投入順序に依る混合法の比較

第4表 配合別によるコンクリートの強度

(1) 配合 1:2:4 コンクリート

圧縮強度の範囲 (kg/cm ²)	小 松 川 橋		そ の 他 の 橋 梁		其 の 他 の 工 事	
	箇 数	%	箇 数	%	箇 数	%
100以下	—		4	8.2	3	30.0
101~120	3	1.5	5	10.2	1	10.0
121~140	20	9.6	6	12.2	1	10.0
141~160	25	12.0	4	8.2	5	50.0
161~180	19	9.1	5	10.2		
181~200	25	12.0	6	12.2		
201~250	67	32.2	10	20.4		
251~300	41	19.7	5	10.2		
301以上	8	3.8	4	8.2		
計	208	100.0	49	100.0	10	100.0

(2) 配合 1:3:6 コンクリート

圧縮強度 (kg/cm ²)	道路用コンクリート		橋臺コンクリート		備 考
	箇 数	%	箇 数	%	
80以下	12	11.4	6	75.0	道路用 1:3:6 の強度小なるものは壁裏込又は基礎等の大量コンクリートとして用ひたるもの強度大なるものは舗装基層として用ひたるものである。
81~100	24	22.9			
101~120	12	11.4			
121~140	17	16.2	1	12.5	
141~160	4	3.8			
161~180	10	9.5			
181~200	5	4.8	1	12.5	
201~250	12	11.4			
251~300	6	5.7			
301以上	3	2.9			
計	105	100.0	8	100.0	

コンクリートの混合方法に就ては、材料を各別にミキサに投入する通常混合と豫めセメントペーストを作つて骨材と混合せしむる方法との2種を用ひてゐる事は既に述べた所であるが、この異なる混合法に依つて圧縮強度に如何なる影響を生ずるかを 1:3:6 コンクリートに就て求むるにその結果は第5表の如くである。即ちセメントペーストに依れる場合には平均強度に於て普通混合の約 1.7 倍の値

を示してゐる。

(3) 工事種類とスランプ コンクリートの施工には工事の種類に依つてその必要とする施工軟度が定まるから、各現場の工事種類と使用コンクリートのスランプとの間には一定の傾向が見出し得る筈である。これを調査現場に就て見るに第5圖の如き結果を得た。即ち舗装の基層用コンクリートがスランプ最も小でその大部分は 1 cm 以下なるを示し、

表層舗装のスランプは 5~9 cm が大半である。床版及梁にあつてはスランプ 5 cm より 21 cm 迄のものが殆ど同等の使用割合を示してゐるが、之は施工局所に依つて所要施工軟度が異り施工比較的容易なるものと相当困難なるものを含める結果に依るものと考へられる。

(4) スランプと強度との關係
スランプの大きさと強度との關係は第 4 表及第 6 圖に示す如く配合 1:2:4 に於ては現場コンクリート、試験用コンクリート共にスランプ小なるもの程強度大で、スランプの大なるものは強度の高低の差極めて大となり、1:3:6 に於てはスランプ 3~5 cm 位のもの現場及試験用コンクリート共にその強度の高低差少く概して平均強度も亦大である。

〔3〕 現場コンクリートと試験用コンクリートとの比較

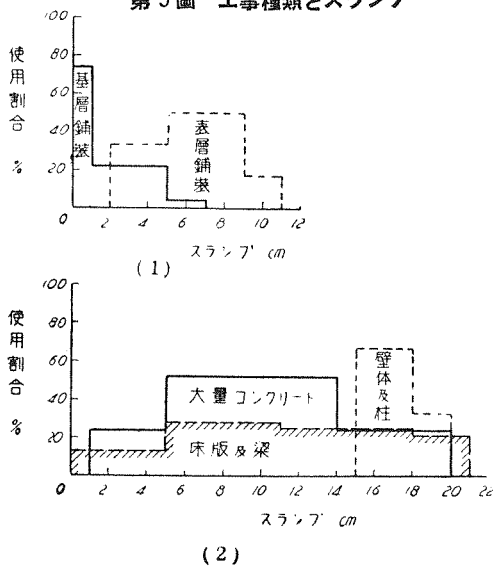
(1) 強度の比較
現場コンクリートとその試験用コンクリートとの強度を比較するため前記の各現場平均強度をその値の小なるものより順次配列し、これに對應する試験用供試體平均強度を同一縦軸にとり、この關係を

第 5 表 混合別に依る強度竝に不均等係數比較
(舗装基層コンクリート)

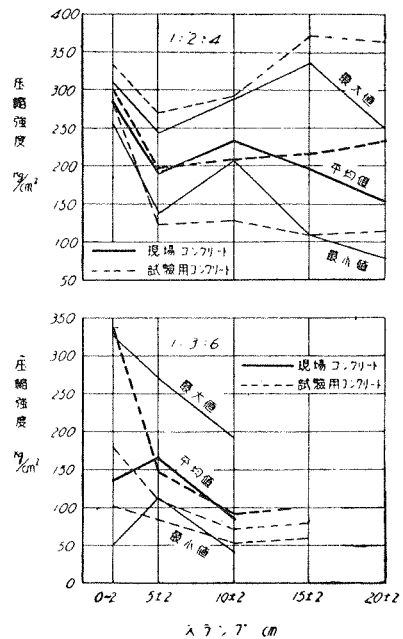
混合方法		壓縮強度 (kg/cm ²)	強度比率	不均等係數
普通混合	最大	272	250	22.0
	最小	53	48	2.5
	平均	109	100	11.6
セメントペーストに依る混合	最大	328	172	26.0
	最小	103	54	3.0
	平均	192	100	10.7

圖示せば第 7 圖の如くである。この結果より看るに 1:2:4 コンクリートにあつては現場コンクリートの強度は試験用コンクリートに對して 66~116% に當り、一般に現場コンクリートの強度大なるもの程その試験用コンクリートとの割合は小であり、現場強度の小なるものにあつては却つて試験用コンクリートより強大なるものあるを示してゐる。各種工事を通じての平均値は現場總平均値は 192kg/cm²、これに對する試験用總平均値は 256kg/cm²にして前者は後者の 77% に當る。1:3:6

第 5 圖 工事種類とスランプ



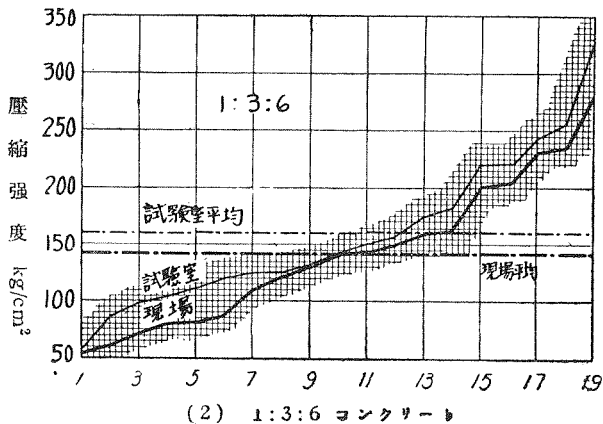
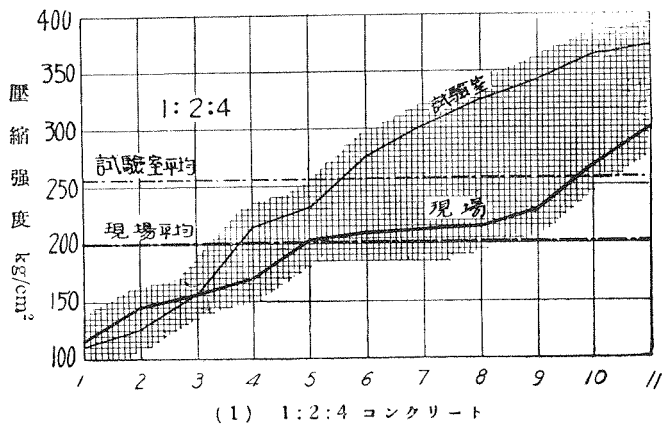
第 6 圖 スランプと強度



第6表 スランプと強度との関係

種類	配合		ス ラ ン プ cm				
			2 以下	5 ± 2	10 ± 2	15 ± 2	20 ± 2
現場 コン クリ ート	1 : 2 : 4	強度の極値 kg/cm ²	2.55~308	139~243	207~289	106~336	79.2~252
		平 均 値 kg/cm ²	284	190	233	197	153
		供 試 體 數	5	7	3	22	14
	1 : 3 : 6	強度の極値 kg/cm ²	52.6~328	115~272	42.6~194	—	—
	平 均 値 kg/cm ²	137	166	88.9	—	—	
	供 試 體 數	95	10	4	—	—	
試験用 コン クリ ート	1 : 2 : 4	強度の極値 kg/cm ²	286~333	122~270	128~291	109~371	114~364
		平 均 値 kg/cm ²	301	197	209	216	235
		供 試 體 數	3	4	2	12	4
	1 : 3 : 6	強度の極値 kg/cm ²	101~337	86.3~147	54.3~92.0	60.0~101	—
	平 均 値 kg/cm ²	108	112	73.1	80.5	—	
	供 試 體 數	43	8	2	2	—	

第7圖 現場コンクリートと試験用コンクリートとの強度比較



コンクリートにあつては現場コンクリート及試験用コンクリートの強度は現場別及現場總平均共に兩者相接近し、その割合は現場別に於ては72~100%、總平均に於ては88%となり、何れの現場に於ても試験用コンクリートの強度が大である。

(2) 不均等性の比較 供試體は現場コンクリート及試験用コンクリート共に同種のものに對して3箇を1組として製作し、壓縮試験を行つたから、同一條件にある1組の供試體より一般に3箇の試験結果を得る。今この3箇の値の平均値に對して最大なるもの増大率、最小なるもの減小率を出し、その平均を以てその1組のコンクリートの強度の均等性を表はすものとし、不均等數Uと名付百分率を以て表はせば、Uは次の如く求められる。

供試體 1 組の 3 値： $\delta_a \geq \delta_b \geq \delta_c$

$$\sigma_0 = \frac{1}{3}(\sigma_a + \sigma_b + \sigma_c)$$

$$U = \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_a - \delta_0}{\delta_0} + \frac{\delta_0 - \delta_c}{\delta_0} \right) \times 100$$

$$= \frac{1}{2} \frac{\delta_a - \delta_c}{\delta_0} \times 100$$

現場コンクリート及之に對應する試験用コンクリートの各筒供試體の壓縮試験の結果よりこの不均等係数を求めその最大最小平均の値を表示せば第 7 表の如し。これに依れば 1:2:4、1.3:6 コンクリートは共に現場コ

第 7 表 コンクリートの不均等係數

種類	配合	不均等係數		
		最大	最小	各組平均
現場コンクリート	1:2:4 1:3:6	±41.4 ±22.5	± 1.5 ± 2.5	±13.4 ±11.3
試験用コンクリート	1:2:4 1:3:6	± 9.5 ±22.5	± 1.0 ± 1.5	± 5.9 ± 6.7

ンクリートは試験用コンクリートに比して均等性劣り、不均等係數の値に於て約倍なるを示してゐる。

新 刊 紹 介

日本窒素肥料事業大觀

日本窒素肥料が創立卅年記念として出版、廣く世に分けた物であるが、菊倍判全アートグラビヤ印刷六一七頁の途方もなく尨大な豪華版である。一會社のいはゞ宣傳廣告の出版物として、未だ斯かる尨大の物はなかつたであらうが、内容も正にかゝる出版物としては前代未聞のユニークさを有してゐる。由來化學工業は全く祕密工場とされ、縦覽謝絶は勿論内部の寫眞撮影も禁止してゐるのであるが、本書は編者が敢て自負する如く各種工場の寫眞を千枚近く掲載し、此を中心として製造過程、製品種目を殆ど微に入り細を穿ち科學的に解説してゐるのは、全く愉快であり同感であり、新興注目會社らしい果敢明敏の態度といへる。殊に新聞一頁大の全製造工程圖は本邦最初のものであり、業界學界を益すること絶大であらう本書が発行されるや大阪の本社に各方面からの贈呈送付の希望が殺到してゐるとの事であるが、尤ものことと了解される。(日本窒素肥料株式會社發行・非賣品)

土木試験所報告第39號

内務省の土木試験所では、其試験または研究調査の結果をまとめて逐次出版し、斯界を益するところ尨くないが、其報告第39號が11月25日出版された。本號に於ては「電氣鎔接法による鐵筋の接合」に就て青木楠男技師が其第 2 報を發表し、「本邦鋼道路橋衝擊係數に關する一考察」を小澤久太郎技師、「路面の光反射に關する試験並に之に基づく道路照明基準に就て」島田八郎技師、「X線反射法によるV型衝合電弧熔接部の内部歪分布試験」を同じく島田技師が豫報し、「滿洲産タール、重油、中油及重油に依るカット・パツク・タール等の鋪裝材料としての性質」を西川榮三技師及山下芳雄氏が、また「鐵線蛇籠の防銹塗料に就て」西川榮三技師が報告されてゐる。四六倍判約 200 頁。(内務省土木試験所發行・非賣品)

× × ×
× × ×