

(ホ) 土地の賣却、貸付等に対し強制条件を附す事が出来にくい事

(ヘ) 理事者の交代により絶えず方針に動搖を生ずる事

等が擧げられるが、然しながら港内の水際は單に地先の水際は非らずして後方地域全体の共有水際なる事を強調すれば、能率が最も左右される第一線に於ける埋立地の地割計畫並びに管理方法が充分攻究されねばならぬ事が明白となる。

現場コンクリートの強度並に之に及ぼす施工条件の影響

會員 大 野 博*

會員 佐 藤 寛 政**

1. 總 説

本資料は現場コンクリートの強度及性質並にその施行標準方法の決定資料を得んが爲に實際工事現場に就て現場コンクリート供試体を作製し之に對應する試験室コンクリート供試体を作り、之等の比較試験を行つたもので昭和9年11月より同11年8月迄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ヶ所に就て行つたものである。調査方法其他試験の詳細に就ては土木試験所報告第38號に記載されてあるを以て本文に於てはその要點のみを摘録することとする。

2. 調査方法

現場コンクリートの調査は前記の各工事現場に就て豫め現場と打合せの下にその試験部分を選定しおき、コンクリート工の實施に際して工事現場に赴き、施工コンクリートより現場コンクリート供試体を作製し、別に後記の方法を以て試験用コンクリート供試体を作り兩者の比較研究を行つた。更に施工季節のコンクリート強度に及ぼす影響を看んが爲に橋梁現場を選びて上記の方法に依りて現場コンクリート型詰供試体を製作し、毎月、1ヶ年間に亘つて試験を続け行つた。

3. 供試体製作方法

現場コンクリートの試料はコンクリートミキサの練上りコンクリートより取り圧縮試験体の型は径15cm、高30cmの標準円筒型を用ひた。ミキサの1練り分コンクリートから供試体1箇を採り、連続3練り分から1組3箇を作製した。而してコンクリートの材料の孰れか1つでも異なる毎に更に1組を製作した。

製作に當りては先づスランプ試験を行ひ之を再び練返した後に供試体を標準方法に則り製作した。只鋪装用コンクリートにしてスランプ5cm以下のものはその施工方法に依りて密装するを要するが故に標準方法の3層の代りに4層に填充した。

填充し了つた供試体はそのまま現場に放置し、翌日上面を清掃の上硬練りセメントペーストを以て鍍仕上げを行ひ、更に濕布を以て覆ひ之を靜置しその翌日之を脱型し現場コンクリートの養生法と同一の養生を行ひ、圧縮試験を行ふ際に之を本所試験室に搬入し直ちに試験を行つた。

此の現場施工のコンクリートと比較するために同一材料同一配合のコンクリートを本所に於て混合し、特に試験用コンクリート供試体を作製し、養生は20~24°Cの恒温水槽内に於て行つた。

* 内務技師 工学士 内務省下關土木出張所勤務

** 内務技師 工学士 内務省土木試験所勤務

供試体の数は各現場毎に 1 組乃至 4 組の現場型請供試体と之等と比較すべき 1 組宛の試験室供試体、更に 1 橋梁現場に於て 1 ケ年間に互つて製作せる現場供試体を合し、現場コンクリート供試体は 141 組 423 箇、試験室コンクリート供試体は 38 組 114 箇、總計 179 組 537 箇に及んだ。之等のコンクリートの品質は配合に於て 1:2:4, 1:3:6, 1:1.5:2.5 及 1:2.5:5 の 4 種にして前 2 者最も多く、後 2 者はその數極めて少かつたので以下に 1:2:4 及 1:3:6 コンクリートに就て調査結果を述べる事とする。

4. 現場コンクリートの施工法に就て

(2) 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、角型及円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： 表-1. 京都市附近のコンクリート工事用材料の分布並に骨材の産地別淤泥含有量

セメントの種類は 11 種であつたが殆んど普通ポルトランドセメントで高炉セメントは 1 箇所、ベロセメントは 3 箇所の現場に於て使用されたに過ぎなかつた。使用水は 3 種、砂は 3 種、粗骨材としては凡て砂利を使用

		1. 骨 材			2. 混合用水	
種 別	産 地	使用現場 (%)	淤泥含有量 (%)	平均淤泥 (%)	種 別	使用現場 (%)
砂 利	多摩川	54	0.5~3.5	1.66	水 道	73
	荒 川	23	0.3~3.0	1.26	井 戸 水	20
	利根川	14	1.2~2.3	1.53	河水其の他	7
	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		

し、その種類は 4 種にして、その産地並に種類は表-1 の如くである。

(3) 水セメント比： 各工事現場に於て採用せる水セメント比は 1:2:4 コンクリートにあつては 40~75% の範圍なるも 55~70% が過半を占め、1:3:6 コンクリートに於ては 55~110% に擴り最も多く使用されてゐるものは 60~80% である。

(4) 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。

各材料の計量は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れてゐる。その 1 例を示せば表-2 の如し。

(5) 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、之を骨材に載せて同時にミ

表-2. 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 5l 入にて 4.5 杯 鉄製籠 55l 入にて 1½ 杯 同 上 47l 入にて 3 杯
	水	22.5l	
	砂	0.06 m³	
	砂 利	0.141 m³	
同 (2)	セメント	2 袋	鉄製椽上径 47 cm, 下径 34 cm, 高 52 cm のものにて 2 杯 木製箱 51l 入にて 6 杯
	水	4.5l	
	砂	0.120 m³	
	砂 利	0.282 m³	
1:3:6	セメント	1 袋+0.3 切	1 袋と残餘の分は木樽 1 尺×1 尺×0.3 尺 4 斗楯に目盛をなし之にセメントを入れてペーストを作る 2 切入半楯にて 2 杯 同 上 4 杯
	水	4 切	
	砂	8 切	
	砂 利	8 切	

キサに投入混合する方法とにして、その使用割合は略々 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。

5. 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

表-3. 現場別圧縮強度比較表

(1) 1:2:4 コンクリート

(2) 1:3:6 コンクリート

工 事 種 類	試験数	平均値		工 事 種 類	試験数	平均値				
		平均	総平均値			平均	総平均値			
		圧縮強度	に対する比			圧縮強度	に対する比			
		(kg/cm²)				(kg/cm²)				
橋 梁	白 鳥 橋	3	301	1.57	橋 梁	白 鳥 橋	2	162	1.24	
	潮 路 "	3	230	1.20		潮 路 "	6	83.7	0.64	
	小 松 川 "	6	213	1.11		青 山 "	3	60.4	0.46	
	西 郷 "	6	212	1.10		桃 園 "	3	54.5	0.42	
	長 者 "	6	203	1.06		平 均		90.1		
	多 摩 川 原 "	12	171	0.89		舗 装 基 層	澁 谷 區 幡 ヶ 谷 笹 塚 町	6	204	1.56
	勝 岡 "	6	170	0.89			澁 谷 區 上 落 合	9	256	1.96
	東 雲 "	5	152	0.79			杉 並 區 高 田 寺 町	9	178	1.36
	犬 成 "	6	115	0.60			江 戸 川 區 小 岩 町	12	159	1.21
	平 均		196				中 野 區 相 生 町	9	136	1.04
				板 橋 區 中 新 井 町	6		131	1.00		
舗 装 構 造 物	大 宮 國 道	3	269	1.40	千 葉 縣 津 田 沼 町	9	110	0.84		
	東 京 港 コ ン ク リ ー ト 矢 板	9	129	0.67	玉 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			197	1.00	總 平 均		138	1.00		

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値を示してゐるかを看んが爲、コンクリート供試体の圧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表-3 に示した。

次に各現場を通じて強度別に供試体の數を求め尙特に 1 橋梁現場に就て同様に摘出表示すれば表-4 の如し。

表-4. 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

圧縮強度の範圍 (kg/cm ²)	小 松 川 橋		そ の 他 の 橋 梁		其 の 他 の 工 事	
	箇 數	%	箇 數	%	箇 數	%
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 數	%	箇 數	%	
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鋪裝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	

(2) 材料投入順序に依る混合法の比較： コンクリートの混合方に當つて材料を各別にミキサに投入する通常混合法と豫め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 種の異なる混合法に依る圧縮強度の差異を 1:3:6 コンクリートに就て求むるにその結果は表-5 の如くである。

(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決まるから、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看るに圖-1 の如き結果を得た。

(4) スランプと強度との関係: スランプの大きさと強度との関係は図-2 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 3~5cm 位のもが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。

表-5. 混合別に依る強度並に不均等係数比較
(鋪装基層コンクリート)

混合方法		圧縮強度 (kg/cm ²)	強度比率	不均等係数
普通混合	最大	272	250	22.0
	最小	58	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

図-1. 工事種別とスランプ

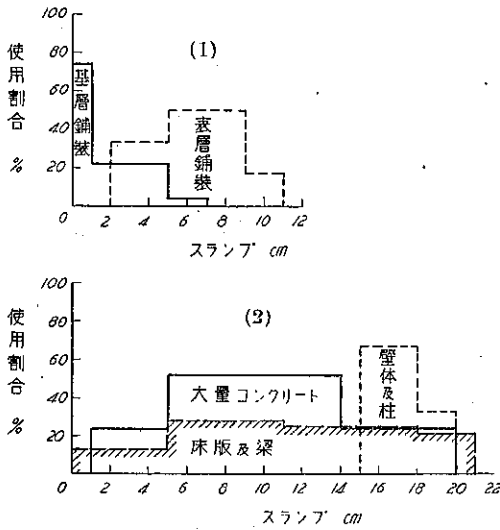
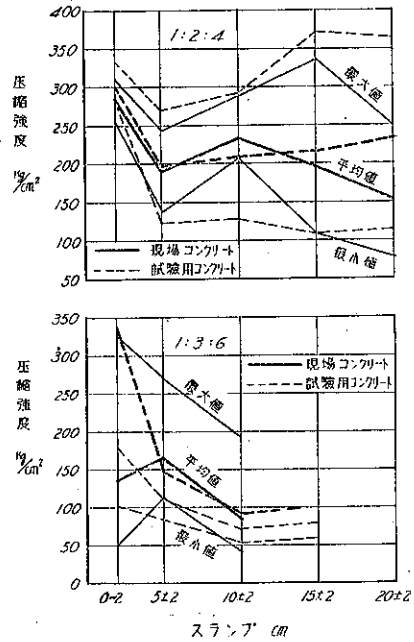


図-2. スランプと強度

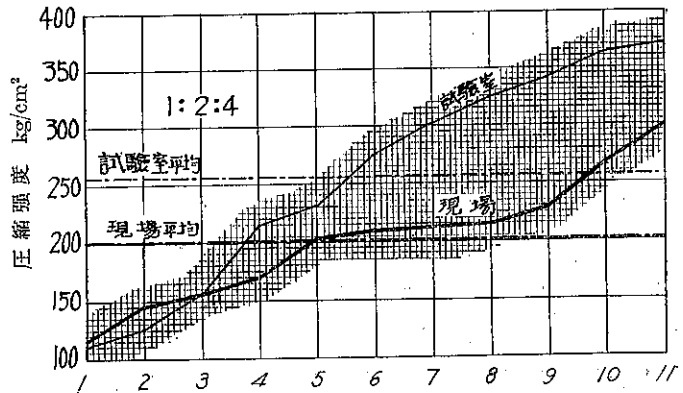


6. 現場コンクリートと試験用コンクリートとの強度の比較

(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、これに対応する試験室供試体平均強度を同一縦軸にとり、この関係を示せば図-3 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コンクリートに対して 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

図-3. 現場コンクリートと試験用コンクリートとの強度の比較
(1) 1:2:4 コンクリート



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 197 kg/cm²、これに對する試験用總平均値は 256 kg/cm² にして、前者は後者の 77% に當る。1:3:6 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： 供試体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、圧縮試験を行つたから、同一条件にある 1 組の供試体より一般に 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、不均等係数 U と名付け百分率を以て表はせば、 U は次の如く求められる。

供試体 1 組の 3 値 $\sigma_a \geq \sigma_b \geq \sigma_c$

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

$$U = \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma_a - \sigma_0}{\sigma_0} + \frac{\sigma_0 - \sigma_c}{\sigma_0} \right) \times 100$$

$$= \frac{1}{2} \frac{\sigma_a - \sigma_c}{\sigma_0} \times 100$$

現場コンクリート及之に對する試験用コンクリートの各箇供試体の圧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表-6 の如し。

7. コンクリートの強度に及ぼす施工季節の影響

コンクリートの強度はその施工季節に依つて著しい影響を受ける事は云ふ迄もない。一般に冬季施工のコンクリートは他の季節に施工せるものに比較して相當に強度の劣ることは認められてゐるが、然らば 1 ヶ年春夏秋冬を通じて強度に如何なる変化が生ずるか、又最高強度を示す時期は何月か、この性質を明かにすることは工事實施上極めて重要なことであらう。本資料を求むるた

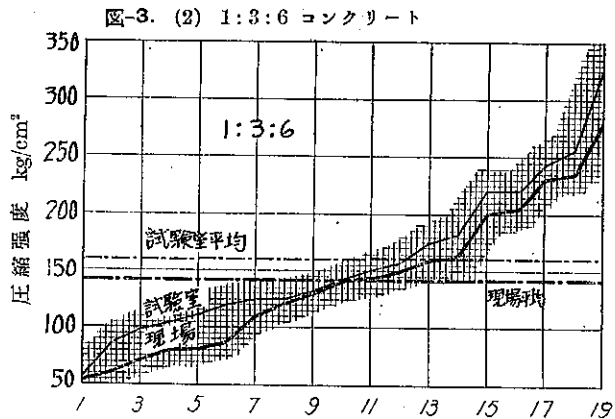


表-6. コンクリートの不均等係数

種類	配合	不均等係数		
		最大	最小	各組平均
現場コンクリート	1:2:4	±41.4	±1.5	±13.4
	1:3:6	±32.5	±2.5	±11.3
試験用コンクリート	1:2:4	±9.5	±1.0	±5.9
	1:3:6	±22.5	±1.5	±6.7

表-7. 現場コンクリートの施工季節と強度の関係

作製年月	製作日気温 (C°)	供試体重量 (kg)	圧縮強さ (kg/cm ²)
1 月製作 (9 箇平均)	9.7	12.56	123
2 月 " (6 ")	7.5	12.69	197
3 月 " (18 ")	10.5	12.66	202
4 月 " (9 ")	16.5	12.58	246
5 月 " (24 ")	20.2	12.54	259
6 月 " (30 ")	24.25	12.45	218
7 月 " (33 ")	24.1	12.46	237
8 月 " (15 ")	26.5	12.46	186
9 月 " (15 ")	24.7	12.49	199
10 月 " (15 ")	21.1	12.50	164
11 月 " (9 ")	19.0	12.42	172
12 月 " (27 ")	8.3	12.53	189

め 1 橋梁工事現場を選び、1 ヶ年に 互り合計 210 箇の現場供試体を製作し、現場コンクリートと同様な養生を與

へ材齢 28 日を以て圧縮試験を行
ひ 施工季節の 強度に及ぼす影響
を調査した。供試体の大きさ、形
状は標準圧縮試験体を用ひ、コン
クリートの品質は配合 1:2:4、
水セメント比 60~65% スランプ
は施工部分に依つて異なるから 8.5
~20.8 cm の間に变化せるも 15
cm 程度が最も多かつた。

毎月平均気温と各供試体の毎月平均強度は表-7 に示す如く、これを図示すれば図-4、5 の如し。

図-5. 現場平均気温

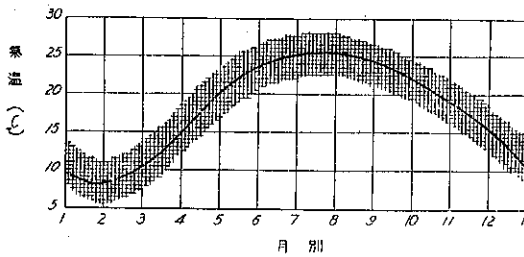


図-4. 現場コンクリートの施工季節と強度

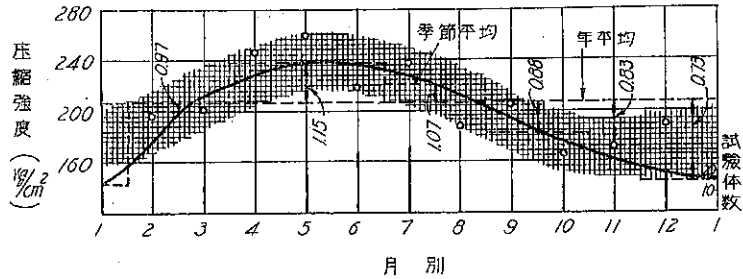
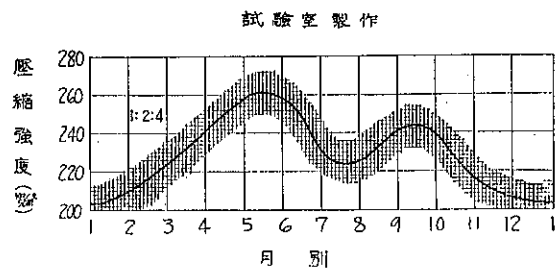


図-6. 試験用コンクリートの製作時節季と強度



次に試験室コンクリートに就て標準方法に従つて圧縮試験を行つたこの関係を調ぶるに図-6 及表-8 に示すものを得た。この兩者について看るに何れも 5,6 月の温暖期に於て最高強度を示し、盛夏に於ては却つて幾分低下し、冬季には最低となるを示してゐる。唯秋季に於ける強度發生は現場供試体と實驗室供試体とで著しく傾向を異にするも之は現場供試体に於ては主として大氣の乾燥する爲に充分なる濕潤養生を與へ難かりし結果に起因するものと考へられる。而して試験室供試体は何れも標準方法に依つて製作され 20~24°C の恒温水槽中に浸漬し養生を與へたものであるから、その温度の影響としてはコンクリート各材料自身の有する温度並に混合時及振充後 1 晝夜に於けるものが表はれると考へられ、従つて表-8 の比率は恒温混合を行はざる供試体に對する補正值とも稱すべきものであらう。

8. ミキサの容量によるコンクリートの均等性

コンクリートの強度の均等性は同一品種と雖その施工条件に依つて相當の差異を示す事は當然である。今その傾向の一を知る爲、ミキサの容量に就て考へ同容量ミキサを使用せる各現場コンクリート均等性を求め、更にミキサの容量を異にする場合の均等性の變化に就て比較を行つてみる。各現場供試体を使用ミキサの容量のみに依つて分類し、それ等の圧縮強度及各組の不均等係數を表示せば図-7、8 の如し。同図中細實線は各 3 箇 1 組の供試体に對する不均等係數より

表-8. 試験用コンクリートの製作時季による強度の变化

施工月	平均強度 (kg/cm ²)	年平均に對する比率 (%)
1 月	204	89
2 月	210	91.5
3 月	224	98
4 月	241	105
5 月	258	112.5
6 月	258	112.5
7 月	231	101
8 月	225	98
9 月	241	105
10 月	239	104
11 月	216	94.5
12 月	206	90
平均	223	100

100+U をミキサの容量毎に小なるものより配列したるもので、細鎖線は同容量ミキサを使用せるもの平均値、各

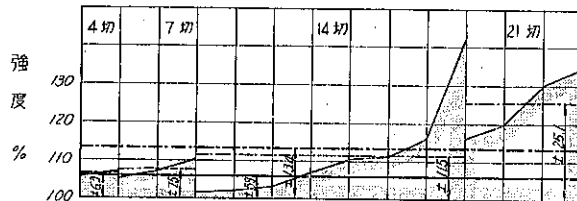
表-9. 1:2:4 コンクリート強度の不均等係数

ミキサ容量 (切)	現場コンクリート		試験用コンクリート	
	1組平均圧縮強度 (kg/cm ²)	不均等係数	1組平均圧縮強度 (kg/cm ²)	不均等係数
4	220	± 5.5	159	± 6
4	85.7	± 7	—	—
7	183	± 5	231	± 9
7	269	± 7	302	± 7.5
7	222	±10.5	—	—
14	97.6	± 1.5	—	—
14	149	± 2	111	±25
14	301	± 3	227	± 4
14	217	± 7	—	—
14	209	±10.5	216	±12
14	141	±11	—	—
14	165	±16	—	—
14	175	±41.5	126	± 2
21	136	±16	363	± 1
21	229	±20	341	± 9.5
21	241	±30	—	—
21	252	±34.5	—	—

種容量ミキサを通じての平均値は太鎖線を以て示したのも、試験用コンクリートの平均値は太實線を以て描いた。

この図-7, 8に示せる結果よりミキサの容量小なるものはコンクリートの均等性に富むも容量大なるに従つて均等性は不良となり、1:2:4 コンクリートに對する同容量ミキサ平均不均等係数を容量を異にするミキサに就て比較するに図-9に示す如くなる。従つて容量大なるミキサを使用する場合に容量小なるものと同様な均等程度のコンクリートを得るためには更に混合時間を増すか或は混合能率を増大すべき特殊な構造のミキサを用ふることが必要

図-7. 1:2:4 コンクリートの不均等係数



で通常現場に於て行はるゝ如き混合時間の増長では尙上記の如く著しく不均質なる事を免れない。

而して之は現在の如く材料の計量を重量で行ひ水量を正確に計量する統制ある混合を行ふ場合であるが、若し個々のバッチの材料計量に幾分の差異があり、水量を目分量で定むるが如き不統制の現場に於ては、各バッチ分の均等性を缺く事大なるが故にミキサが小型なるほどバッチ数が多く、バッチ数の多いほど不均等性が大となる。米國

図-8. 1:3:6 コンクリートの不均等係数

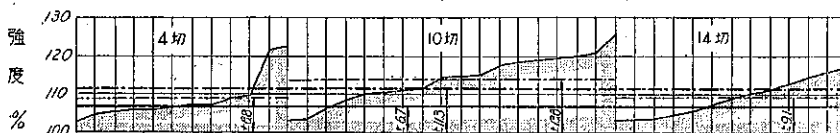


図-9. ミキサの容量と不均等係数

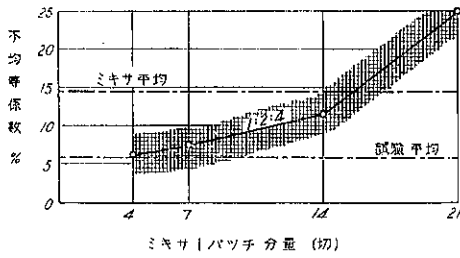
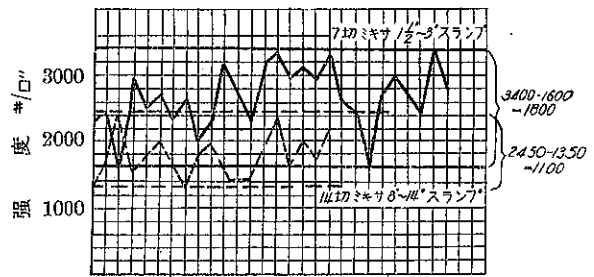


図-10. ミキサ各パッチの強度の差異



イリノイ州に於てインメルコントラクション會社の施工せるコンクリート現場の1924~5年の成績に於ても 図-10. の如くミキサの大型なるほど強度の差違が少く全體としての均等性が優つてゐることを示してゐる。