

論 說 報 告

第 23 卷 第 7 號 昭 和 12 年 7 月

セメントの軟練モルタル試験法に就て

會 員 野 坂 孝 忠*

On the Wet Mortar Test of Cement

By Takatada Nozaka, C. E., Member.

要 旨

従來の商工省規格セメント強度試験法は、水セメント比 20 數 % の硬練モルタルに依つてみたが此の供試体は水量が甚だ僅少なることより、供試体の成形に當つて著しい打撃を與へること其の他の理由により實際コンクリートに使用した場合のセメントの強度を與へない。依つてモルタル供試体の水量を實際コンクリートの水量と同程度の多量のものとし、軟度も型枠へ流し込んで成形し得る程度の軟練としてコンクリートの強度と最も密接な關係を有し且つ各種セメントの特性を最も適確に表はすモルタルの強度試験法を求めんとした。結論としては小型フローテーブルに於て軟度 200 附近、水量 45 及 65% の 2 種の品種に於て強度試験を行ふを最も適當と認めた。

1. 緒 言

現行日本標準規格によるセメントの強度試験値が實際現場で使用されてゐるコンクリートの強度値と密接な關係がない處から、これを水セメント比 50~80% 程度に軟く練つて型に流し込んだ軟練モルタル試験法に依らんとする研究は既に 10 數年前より瑞西、獨逸に於て行はれ、本邦に於ても昭和 5 年頃よりコンクリートの強度を表はすべきセメントモルタルの強度試験法として濱田稔博士、谷口徳政氏、永井彰一郎博士等によつて研究されて來た。

従來の規格試験法の特徴は水セメント(重量)比が 27% 前後の硬練なることより、型損めの際鉄鉋を以て激しい打撃を與へることであつて、その爲早強セメントの如きは凝結水量不足による制限硬化を受けたり、保存の不完全による風化セメントは打撃による新鮮面の露出の爲コンクリートに使用したる場合の強度より著しく強い結果を示す缺點がある。

そこでコンクリートの強度に最も近い値を與へるセメントの試験法として軟く練つたモルタルを單に型枠に流し込み之を軽く搗いて成型する軟練モルタル (wet mortar) 試験法が研究され始めたのは當然であつて、既に瑞西では 1933 年本法を採用、本邦に於ても近き將來に必ず當面すべきセメント試験法の改正に對し、日本工學會及日本ポルトランドセメント業技術會に於てはセメントの軟練モルタル試験法に關する調査委員會を設置、永井、濱田兩博士と共に筆者も日本學術振興會の補助を得て本試験方法を研究した。

2. 試 験 方 法

供試体の形狀は最初は多く高さを直径の 2 倍とした円錐形が採用され、近年瑞西、獨逸の影響を受け漸次梁形に統一されんとしてゐる。本實驗にも最初は直径 5 cm、高さ 10 cm の円錐形と、断面 4×4 cm 長さ 16 cm の

* 東京帝國大学助教授 工学士

1) 昭和 5 年 8 月 20 日 商工省告示第 41 號 日本標準規格第 28 號

梁形との 2 種を使用した。此の兩者は前者の圧縮強度が常に同一品種の後者の強度の 85~90% を示し並行性が保たれるので、後、後者の梁形のみによることとした。

骨材としては従來の規格試験用標準珪砂と、永井博士に依つて紹介された朝鮮九味浦産微珪砂の粒度、品質の優秀なることにより之を使用した。此の砂は Tyler の 50 番篩を殆ど全量通過して 100 番篩に止まり 100 番を通過する量は 10% 以下なる一様の粒度を有する。以下單に此の砂を微砂と稱す。

4×4×16 cm の梁型供試体の強度試験は曲げ試験として支點距離 10 cm を以て集中荷重を加へ、破壊荷重 (kg) に 0.234 を乗じて曲げ破壊係數 (kg/cm²) を算出する。即ち

$$\sigma = \frac{M}{I} \frac{h}{2} = \frac{Pl/4}{bh^3/12} \frac{h}{2} = \frac{15}{64} P = 0.234 P \text{ kg/cm}^2$$

茲に l : 支點距離 10 cm, b, h : 供試体の幅及高さ各 4 cm, P : 曲げ破壊荷重 kg

圧縮試験は曲げ試験によりて得たる折片 2 個につき各々 4×4 cm の加圧面を以て圧縮する。

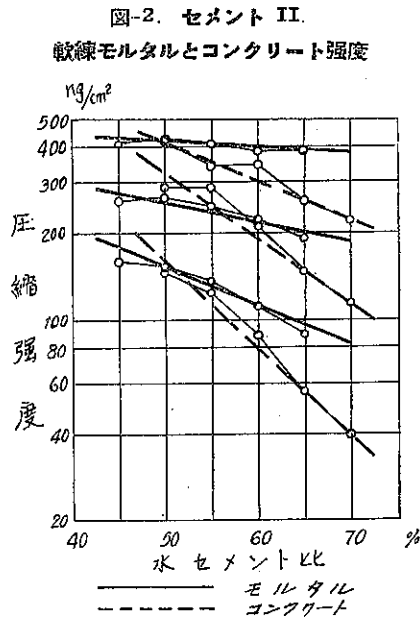
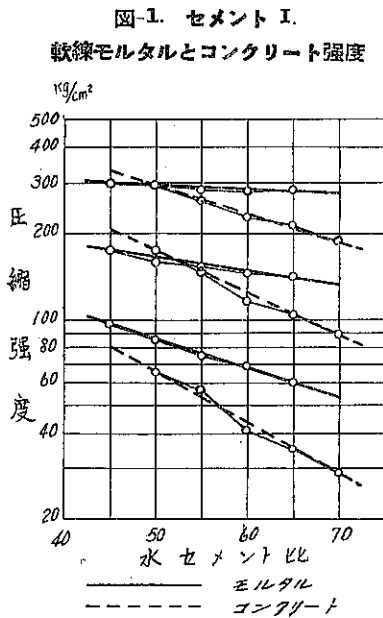
3. モルタル及コンクリートの水量強度關係

先づ市販の普通ポルトランドセメント 2 種 (セメント I 及 II) と早強セメント 1 種 (セメント III) を使用セメント、微砂、標準砂の重量比 1:1:2 の軟練モルタルと 1:2:4 コンクリートの水セメント比を 45, 50, 55, 60, 65, 70 に更へて水量強度關係を檢べた。圖-1~3 は其の試験結果を Abram の

$$S = A/B^x$$

茲に S : 強度, x : 水セメント比, A, B : 恒數

の關係式に表はしたものである。これによれば同一材齡の軟練モルタルとコンクリートとの圧縮強度比は種々なる水量に對し一定の函數關係を有することを示し、尚濱田博士の實驗りによれば軟度を一定ならしむる様に水量、



1) 濱田稔, セメント強度試験法に關する研究, 建築雜誌大會論文集 昭和 9 年 4 月號

配合比を規定すればこの強度比率は一定値をとり、その誤差は 10% を超えないことが報告されてゐる。

次に各種セメントに依る軟練モルタル供試体の曲げ破壊係数と、同一のセメント、骨材配合比(セメント、微

図-3. セメント III
軟練モルタルとコンクリート強度

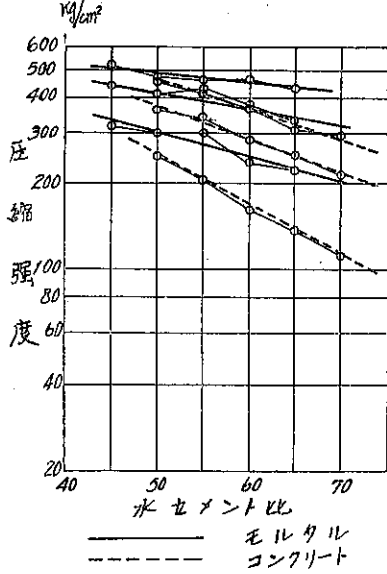


図-4. セメント I, 曲げ強度と引張り強度

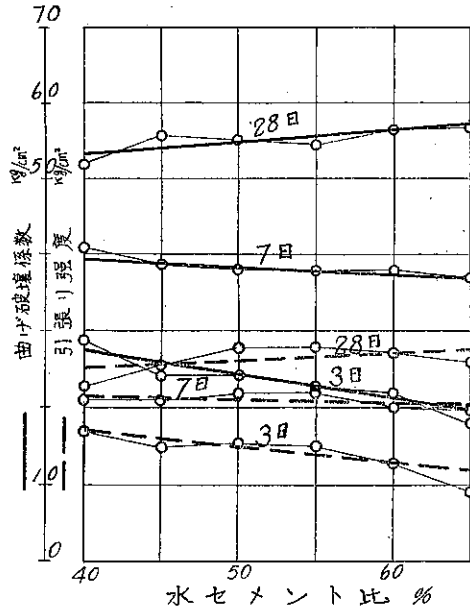


図-5. セメント II, 曲げ強度と引張り強度

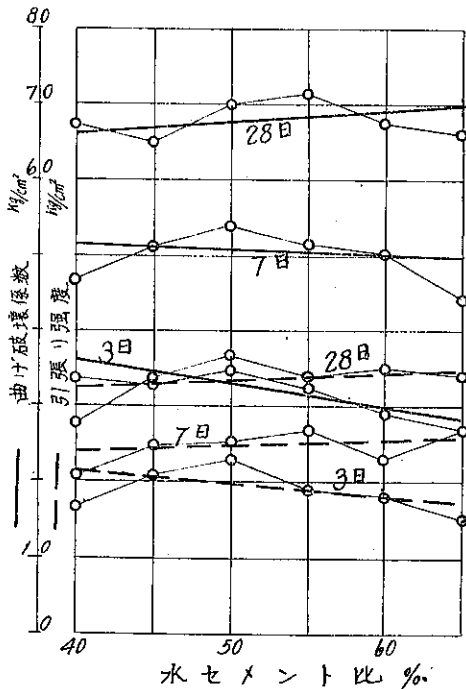
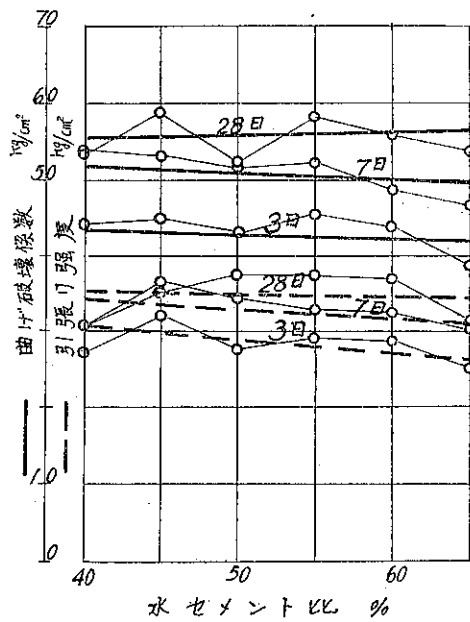


図-6. セメント III, 曲げ強度



砂, 標準砂 1:1:2) 及水量で作つた規格試験用 8 字型モルタル供試体の引張り強度とは何れも

$$S=C+Dx$$

茲に S: 強度, x: 水セメント比, C, D: 恒數

なる關係を示し, 曲げ試験によつて曲げ及引張り破壊強度を與へるの利點がある。圖-4~6 はそれらの關係を示す。

4. 材齢による強度生長率

セメント強度試験法に於て具備すべき今一つの重要性は, 材齢による強度の生長率がコンクリートのそれと一致すべきである。前項の 3 種のセメントを使用せる水比 45~65% の軟練モルタル及 1:2:4 コンクリートの各 5 種の供試体の平均強度と, 規格モルタルとの材齢による強度値の比をとれば表-1 の如くなる。これによつて軟練モルタルとコンクリートとのよき平行性が認められるに反し, 規格モルタルは一般に早期に於て強度大に失し,

表-1. 規格モルタル及軟練モルタル強度をコンクリート強度で除したる比

材 齢		3 日	7 日	28 日
セメント I	規格/コンクリート	5.80	3.15	1.64
	軟練/コンクリート	1.50	1.23	1.21
セメント II	規格/コンクリート	3.41	1.89	1.57
	軟練/コンクリート	1.23	1.04	1.23
セメント III	規格/コンクリート	2.35	1.53	1.49
	軟練/コンクリート	1.38	1.26	1.18

又早強セメントに於ては普通ポルトランドセメントに於けるより比率値が少く水量の不足による不完全な制限硬化を受けてゐることを示してゐる。

次に軟練モルタルとコンクリートとの長期に亙る強度を比較するため普通ポルトランドセメント 5 種 (セメント I, II, … V) 及 早強セメント 1 種 (セメント I₀) を以てセメント, 微砂, 標準砂の配合比 1:1:2, 水量 65% の軟練モルタルと同一セメント及水量の 1:2:4 コンクリートとの材齢 8 週に到る材齢強度關係を檢べた結果が圖-7 であつて, 各材齢に於る軟練モルタル強度とコンクリート強度との比は表-2 の如く, 3 日を除く平均値に對する最大誤差は 18% を出ない。

圖-7. 材齢強度關係

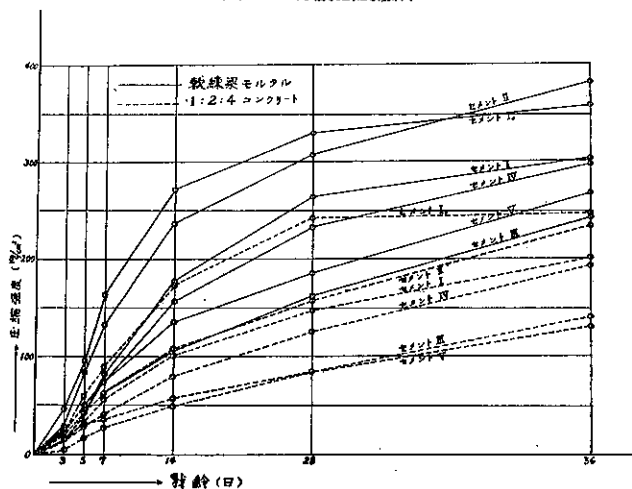


表-2. 軟練モルタル強度を 1:2:4 コンクリート強度で除したる比

セメント	3日	5日	7日	14日	28日	56日	3日を除く 平均値	平均値に対する 最大誤差(%)
I	2.01	1.83	1.47	1.77	1.80	1.51	1.68	12.5
II	2.06	1.98	2.18	2.20	1.96	1.63	1.90	18.0
III	1.31	1.60	1.82	1.83	1.92	1.73	1.78	10.1
IV	1.74	1.77	2.01	1.98	1.86	1.55	1.83	15.3
V	3.31	1.41	2.80	2.74	1.98	2.06	2.40	17.5
I ₀	2.11	1.64	1.82	1.58	1.36	1.61	1.60	15.0

5. 共同試験

各種の基礎的試験結果に基き梁形供試体による軟練モルタルに依つてセメントの強度を試験する方法に確信を得、永井、濱田兩博士と共に試験方法を協議決定、東京帝國大学工学部応用化学、建築及土木の3教室で同時に第1回(昭和11年5月20日~7月8日)セメント17種類、(普通ポルトランドセメント6種、早強セメント5種、低熱セメント1種、高炉セメント3種、珪酸質混合セメント2種)、第2回(昭和11年11月9日~12月16日)セメント9種類(普通ポルトランドセメント2種、早強セメント2種、低熱セメント1種、高炉セメント2種、珪酸質混合セメント1種)を使用して共同試験を行った。

a) 試験方法

4×4×16 cm の梁形供試体を使用、図-8 の如き3個連続の鉄製の型枠を使用して3個1練りとして成形する。

調合及水量は砂に朝鮮九味浦微珪砂1種のみを使用し表-3の2品種とする。

表-3.

種類	セメント	砂	水
1	760 gr	760 gr	342 gr (水比 45%)
2	525	1050	342 (水比 65%)

練方は乾燥1分、注水後2分手練とし、此の材料を以てフロー試験を行ふ。フロー試験は図-8に示すフローテーブルを使用10mmの落高を20回落下せしめ掘り後の直径のmmの数値にて表はす。此の試料を元へ戻し、突面3.5cm平方、重量1kgの鉄製突棒を以て供試体型枠に2層に分つて填充する。各層の突数はフローによつて異にし表-4の値とする。

養生は型填め後1日間これを密閉して水の蒸発を防ぎ、脱型、水温15°C以上の水槽中に養生する。強度試

図-8. 型枠フロー試験用具

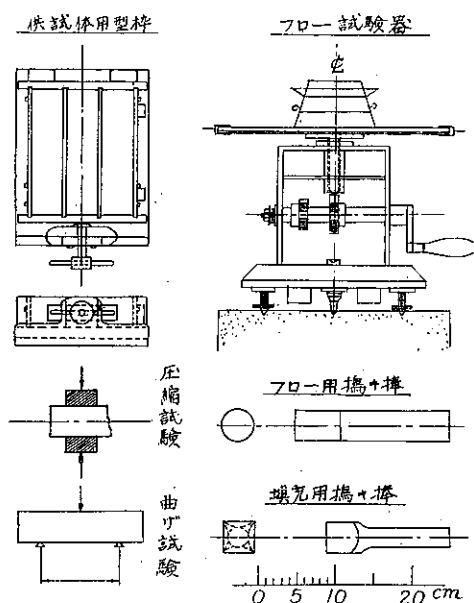


表-4.

フロー	突数
210 以上	0
209~200	8
199~170	16
169 以下	33

験は材齢 3 日, 7 日, 28 日を以てする。

b) 試験結果

第 1 回共同試験は試験実施中途にて試験法の不備を認め、2 度改良したので I, II 及 III の 3 種類に分れる。即ち II 及 III 種は I 種に於て型枠よりの漏水を認め之を完全に防止する方法を講じたこと、III 種は養生水溫を可及的一定ならしめる様調節したこと、これによつて本共同試験は表-5 に示す如く I より III に向ふに従て 3 教室の試験結果の平均値に對する誤差は次第に減少された。

第 2 回共同試験は更に練方を乾燥 2 分、注水後 3 分とし、此の材料を以てフロー試験を行ひたる後再び 1 分練直したること、又フロー試験は 10 mm の落高を 15 秒間に 15 回落下せしめたることの 2 點を改良して試験した。其の結果平均誤差は圧縮試験に於て更に減少、全体を通じて 10% 以下に納まり本法は從來の硬練法に優るセメントの強度規格試験法たり得ることを認めた。

表-5. 第 1 回及第 2 回共同試験平均誤差 (%)

材 齢		曲 げ 試 験			圧 縮 試 験			軟 度
		3 日	7 日	28日	3 日	7 日	28日	
第 1 回	I	26.4	11.5	8.4	27.3	14.3	7.9	5.5
	II	16.3	7.0	7.5	15.3	8.4	6.0	3.2
	III	9.2	7.3	4.8	9.1	6.0	5.8	4.6
第 2 回		10.1	7.3	7.2	8.2	6.2	4.5	4.6

6. セメント強度試験方法改正案

以上試験研究の結論として日本標準規格第 28 號の中、強度試験に關する項目を下記の如く改訂せんことを提案した。前述せる如く本改正案の要點は 1) 水セメント比を大にせる軟練モルタル法なること、2) 軟度を小型フローテーブルに依て略、200 になる如き水セメント比 2 種のモルタル 2 品種を規定せることの 2 點であつて、殊に後者の水セメント比 2 種の點でセメントを試験することは、本試験法によるモルタル強度とコンクリート強度との並行性より、適當なる公式の誘導によりセメント試験値より水セメント比を與へたコンクリートの設計強度を算定可能ならしむる利點がある。

セメント強度試験方法改正案

第 1 條 セメントの強度は第 3 條乃至第 7 條に依り製作したる供試体を用ひ、第 2 條に示す曲げ試験及圧縮試験に依り之を定むるものとす。

セメントの種類	強度の種類	成形後の日數		
		3 日	7 日	28日
ポルトランドセメント	圧縮強度 (kg/cm ²)	50	110	200
	曲げ破壊係數 (kg/cm ²)	20	30	45
早強ポルトランドセメント	圧縮強度 (kg/cm ²)	90	160	250
	曲げ破壊係數 (kg/cm ²)	25	40	55
混合セメント	圧縮強度 (kg/cm ²)	40	100	200
	曲げ破壊係數 (kg/cm ²)	15	25	45

試験は成型後 7 日（空氣中 24 時間、水中 6 日間）及 28 日（空氣中 24 時間、水中 27 日間）を経たる供試体に付之を行ふ、但し早強セメントに於ては 3 日（空氣中 24 時間、水中 2 日間）試験をも行ふものとす。

前項に依る試験を行ふ時日なき場合には成形後 3 日乃至 7 日の試験のみに依ることを得。

各強度は次表の規定に合格し、且つ 28 日の力は 7 日の力より、又 7 日の力は 3 日の力より大なることを要す。圧縮強度は 6 回、曲げ破壊係数は 3 回の平均に依るものとす。

第 2 條 供試体は断面 4cm 平方、長さ 16cm の長方体とし、曲げ試験に依り破壊係数を求め然る後兩折片を以て圧縮試験をなし、圧縮強度を求むるものとす。

曲げ試験は供試体側面をスパン 10cm に支へ中央線に力を加へて最大荷重を求め下式に依り曲げ破壊係数を算出するものとす。

$$N_b = 0.234 P_b$$

茲に N_b : 曲げ破壊係数 (kg/cm²), P_b : 最大荷重 (kg)

圧縮試験は折片につき其の填充時の兩側面から圧縮して最大荷重を求むるものとす、其の加圧面は折片側面の各中央部に、全幅と長さの方向へ 4cm とによる 4cm 平方とし、兩面の圧縮線は完全に一致するものとす、かくて下式によりて圧縮強度を算出するものとす。

$$N_c = \frac{P_c}{16}$$

茲に

N_c : 圧縮強度 (kg/cm²), P_c : 最大荷重 (kg)

曲げ、圧縮兩試験共濕潤状態に於て行ひ、其の加力速度は油圧式試験機の送油速度を一定とし約 1 分間に終了する程度とす。

第 3 條 供試体は下に示す方法に依り作るものとす。

型枠は鉄製 3 箇連続の横槓型とし、カップグリースをはきみ締めつけ、内面を清掃（少しくグリースが塗布された程度に）し、一旦水槽に入れて水位をモルタル仕上より 5mm 下位に保ち、10 分間以上、漏水なきを確かめた後使用するものとす。

試料 モルタルは下記調合（1:2 モルタル）を以て 1 練分とす。混和用の鉢は上径 22cm、深さ 9cm の半円形平底の珪那引鉄板鉢とし、匙は大型スプーンとす。

成 分	セメント	標準砂	水
重量 (gr)	525	1050	342

練方は先づセメントと砂とを 2 分間、次で水を加へて 3 分間何れも手練とす。

練り終りたるものはよく混和しつゝ型 3 箇に分配して詰める、而して其の詰め方は先づ 3 箇の型に各層高の 1/2迄詰めたる後型上端迄第 2 層を詰めるものとす、各層は豫め第 5 條に示せるフロー試験によりて得たるフローに応じて下の回数宛搗くものとす。

フ ロ ー	210 以上	209 以下 200 以上	199 以下 170 以上	169 以下
突 數	4	8	12	16

突棒は突面 3.5cm 平方、他端直径 2.8cm の円錐状の長さ 18cm、重さ 1kg の鉄棒とし、挿入れは深さ約 5mm とす。

最後に上面へモルタルの少量を補ひ、約 2mm 程度の盛上げをなすものとす。

第 4 條 前條の混和、型詰は常に室内に於て行ひ作業中日光の直射を避け乾燥を防ぎ成形の後は之を濕潤せる蓋を以て蔽ひ、温度の変化及空氣の流通を防ぎ 24 時間以上を経て上面の餘分のモルタルを削り去り、然る後丁寧に型より取外すものとす。

型より取外したる供試体は直ちに水槽に入れ全く水中に浸すものとす。

型詰めより浸水に至る間の室内の温度及水槽の水の温度は 15°C 以下に降らしめざるを要す。

第 5 條 モルタルの軟度は下記のフロー試験によりて測定するものとす。

フロー板は直径 300 mm の鑄鉄板とし、支臺の脚はコンクリート基臺中に固定するものとす。

型は上径 7 cm、下径 10 cm、高さ 6 cm とし、之を乾燥せるフロー板上に置き、試料モルタルを一様に混ぜつゝ、2 層に分け毎層 15 回宛突きて填充し、型をとり外して後落差 1 cm、15 秒間に 15 回の落下を行ひモルタルの擴り後の直径を mm 單位にて直角 2 方向に測定し、其の平均値をフローとして示すものとす。

試料 モルタルは第 3 條に示せるものと同様にして作り、1 線分を 2 回に分ちてフロー試験に併し、結果は其の平均に依るものとす。

填充に用ふる鉄棒は直径 2 cm 長さ約 20 cm 重量 500 gr の軟鋼棒とす、突棒の挿入れの深さは毎層其層の $1/2$ とし上面溢れ出て不足せる量は軽く補ひ平滑にならして後脱型するものとす。

第 6 條 セメントを水セメント比の小なる用途に使用する場合には第 3 條の調合の代りに下記の調合 (1:1 モルタル) によりて試験を行ふものとす。

成分	セメント	標準砂	水
重量 (gr)	760	760	342

此の場合の強度は次表の規定に合格し、且つ 28 日の力は 7 日の力より、又 7 日の力は 3 日の力より大なることを要す。

セメントの種類	強度の種類	成形後の日数		
		3日	7日	28日
ポルトランドセメント	圧縮強度 (kg/cm^2)	100	220	360
	曲げ破壊係數 (kg/cm^2)	30	50	70
早強ポルトランドセメント	圧縮強度 (kg/cm^2)	200	310	400
	曲げ破壊係數 (kg/cm^2)	45	60	75
混合セメント	圧縮強度 (kg/cm^2)	80	200	360
	曲げ破壊係數 (kg/cm^2)	20	40	70

第 7 條 標準砂は朝鮮九味浦産珪砂にして 0.3 mm 篩を全部通過し 0.10 mm 篩に 95% 以上残るものにして氣乾状態にあるものとす、濕氣を帯びたる場合は陰干にて水分を除きて後使用するものとす。

正 誤 及 び 訂 正 表

朝鮮慶尙南道鼎岩橋架設工事報告

(第 21 卷第 9 號及び第 10 號所載)

頁	行	誤	正
口繪	工事寫眞説明中	第一トラス (42 m)	第一トラス (60 m)
1423	第 12 圖説明中	(午前)	(午前)
1425	下より 10 行目	沈下用載荷土壓, 水壓	沈下用載荷, 土壓, 水壓
1427	上より 11 //	高水作業	高水作用
"	上より 15 //	構造物を基礎	構造物の基礎
1432	第 19 圖中	12 m	24 m
"	"	48 m	36 m
1434	第 27 圖説明中	船船	艇船
1439	14 行目	橋面に落	橋面の雨水が落
1440	第 38 圖説明中	15.0 m	1.5 m

重力堰堤の応力計算に就いて

(第 23 卷第 3 號所載)

頁	行	誤	正	頁	行	誤	正
270	下 21	" Stres es	" Stresses	283	上 9	σ_{xy}'	τ_{xy}'
"	下 12	, Öste r	, Österr	"	下 7	$-5.493 h_0 \left(\dots + \frac{100y}{1000+y^2} \right) +$ は	
"	下 10	nnd	und			$-5.4932 h_0 \left(\dots + \frac{100y}{10000+y^2} \right) +$ の誤り	
"	下 2	Videnskap ²	Videnskaps	234	下 15	集中荷形	集中荷重
271	上 17	τ_θ	$\tau_{r\theta}$	236	上 12	b_{10}	b_0'
"	下 11	r, θ 面	r θ 面	237	上 1	$\sigma_r = -\frac{2M \sin(2\theta - \delta)}{\dots}$	$\sigma_r = -\frac{2M \sin 2(\theta - \delta)}{\dots}$
272	上 5	ob, oc	Ob, Oc	"	上 3	$\tau_{r\theta} = \dots \{ \cos(2\theta - \delta) \dots \}$ は	
"	下 5	, $\sigma_{r\theta}$, $\tau_{r\theta}$			$\tau_{r\theta} = \dots \{ \cos 2(\theta - \delta) \dots \}$ の誤り	
273	下 5	$+c_{n+2} \sin(n+2)\theta$	$+c_{n+2} \sin(n+2)\theta$]	238	上 8	$e = -4.640$ m	$e' = -4.640$ m
"	下 1	b_n, a_n, a_{n+2}	b_n, a_n, a_{n+2}	"	上 10	$P = \sqrt{(1.559.940)^2 + \dots}$	$P = \sqrt{(1.559.940)^2 + \dots}$
274	上 11	面 ab 導線	面 ab, 導線	"	上 11	$= 1.562.523$ t	$= 1.562.523$ t
"	上 16	鉛直面 ac,	鉛直面 ab,	"	上 15	$\omega = 10^\circ 19'$	$w = 10^\circ 19'$
"	圖-2 (c)	b	a	"	下 14	$c_1 = \dots = \frac{-0.0145 P}{\dots}$ は	
"	上 21 ((13)式)	$\frac{1}{2} \sin 2\theta \cdot \sigma_y - \dots$	$\frac{1}{2} \sin 2\theta \cdot \sigma_r - \dots$			$c_1 = \dots = \frac{-0.5145 P}{\dots}$ の誤り	
"	下 8	$(\tau_{r\theta})_{\theta=\beta} = 0$	$(\tau_{r\theta})_{\theta=\beta} = 0$	"	下 6	$(184.652.6097 x^4 - 605.112.1310 x^2 y - \dots)$ は	
277	上 2	$\dots + \cos(\alpha - \beta) - 1$]	$\dots + \cos(\alpha - \beta) - 1$]			$(184.652.6097 x^4 - 605.122.1310 x^2 y - \dots)$ の誤り	
280	上 13	堤頂 o	堤頂 O	289	表-6, 第 1 行 3 列目	90	60
283	上 5	$\sigma_y = \left\{ \dots - 5.4392 h_0 \left(\dots \right) \right.$ は					
"		$\sigma_y = \left\{ \dots - 5.4932 h_0 \left(\dots \right) \right.$ の誤り					
"	上 7	, σ_y'' ,	, σ_y'' ,				