

講 演

第 20 卷 第 12 號 昭和 9 年 12 月

硬練りコンクリートの壓縮強さ

(昭和 9 年 10 月 27 日土木學會創立 20 周年記念講演會に於て)

會員 工學博士 吉田 徳次郎*

On the Compressive Strength of Concrete of Dry Consistency

By Tokujiro Yoshida, Dr. Eng., Member.

内 容 梗 概

本文は配合容積比 1:2:4, 水セメント重量比 0.30~0.65 のコンクリートを, 内径 15 cm, 高さ 30 cm の鑄鐵製内に, 1 層乃至 6 層に分けて填充し, 毎層手突き又は機械突きを行つて壓縮強さ供試體を作り, 材齡 28 日に於て壓縮強さを試験し, 硬練りコンクリートの壓縮強さと, 水セメント重量比, 突固めに於ける層の厚さ, 手突き及び機械突きの程度及び突固めになされた仕事の量等との間の關係を論じ, コンクリート道路などに於て硬練りコンクリートを使用する場合, 其の突固め及び壓縮強さに就いての所見を述べたものである。

1. 緒 言

コンクリートを混合用水量の多少によつて大別すると, 軟練りコンクリートと硬練りコンクリートとにする事が出来る。

軟練りコンクリートは, 一定のコンクリート材料に對し, コンクリートが所謂プラスチックで, ウォーカブルである範圍に於ては, 水セメント比が一定すると, コンクリート材料の分離の影響を無視する時, 其の壓縮強さが殆ど一定し, コンクリート填充の際に於ける突固め作業の影響を受ける事が極めて少いものであるが, 硬練りコンクリートに於ては, 材料, 配合, 水量の外に, 突固めの方法及び其の程度が其の壓縮強さを決定する主要な事項であつて, 突固めを無視して硬練りコンクリートの壓縮強さを論ずる事は出来ない。

從來, コンクリートの壓縮強さに關する研究の多くは, 突固めの影響が餘り大きくない軟練りコンクリートに關するものであつて, 硬練りコンクリートの壓縮強さについての研究は甚だ少い様に思はれる。然し, 硬練りコンクリートにも捨て難い幾多の利點があるので, コンクリート道路のコンクリート, 又は堰堤用のコンクリートなどとして廣く用ひられて居る。

本文は硬練りコンクリートの突固めと其の壓縮強さとの關係に就いての研究であつて, 此の點に興味を持たれる會員諸君の多少の御參考ともならば幸甚である。

2. コンクリート材料

セメントは小野田ポルトランド・セメント製造株式會社本社から直接購入したものである。

砂は福岡縣室見川産のもので, 1 m³ の重量 1555 kg, 粗粒率 3.24, 空隙率 40% である。

砂利は山口縣岩國川産の堅硬質のもので, 1 m³ の重量 1691 kg, 粗粒率 6.43, 空隙率 36% である。

水は九大工學部の水道である。

* 九州帝國大學教授

3. コンクリートの製作

試験に使用したコンクリートの配合は容積比で 1:2:4, 水セメント重量比(W/C) 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60 及び 0.65 である。

セメント, 砂及び砂利は, 夫等の 1 m³ の重量を夫々 1500 kg, 1555 kg 及び 1691 kg とし, 重量に換算して計量した。

混合は手練りによつた。セメント及び砂を空練りした後に水を加へてモルタルを作り, 之に砂利を加へて混合してコンクリートを作つた。

コンクリートの混合及び取扱ひに於ては, コンクリート材料の分離を防ぐことに就いて特に注意した。

コンクリートのウォーカーピリチーは 第1表の如くである。

第 1 表 配合容積比 1:2:4 のコンクリートのウォーカーピリチー

W/C	スランブ cm	フ ロー	ド ロ ッ プ
0.30	0	1.76	2.36
0.35	0	1.68	2.27
0.40	0	1.64	2.18
0.45	0.10	1.59	2.14
0.50	0.15	1.55	2.06
0.55	0.20	1.48	1.80
0.60	0.375	1.41	1.51
0.65	1.10	1.43	1.45

4. 供試體の製作及び試験

コンクリートの圧縮強さ試験の供試體は直径 15 cm, 高さ 30 cm の圓錐である。コンクリートは 6 層 (毎層の厚さ約 5 cm), 3 層 (毎層の厚さ約 10 cm), 2 層 (毎層の厚さ約 15 cm) 及び 1 層 (層の厚さ約 30 cm) に填充した。毎層に填充すべきコンクリートの量はコンクリートの水セメント比, 毎層の厚さ, 突固めの方法及び其の程度等の各々の場合につき, 一々豫備試験を行つて其の適量を定め, 重量で計量して之を填充した。

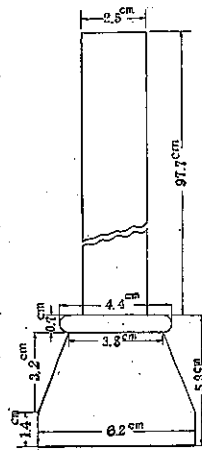
毎層は手突き, 又は壓搾空氣を使用する突固め機で突固めた。

手突きに使用した器具は第 1 圖に示してある。この重量は 4.8 kg で, この底面をコンクリートの上面から 30 cm の高さまで持上げて落下させた。従つて, 手突き 1 回の突固めによつてなされる仕事の量は 1.44 kgm である。毎層に於ける手突きの回数は, 20, 50, 70, 100, 125 及び 150 とした。供試體に於けるコンクリートの上面積は約 177 cm² であるから, この手突きの数は 1m² につき約 1130, 2830, 3960, 5650, 7060 及び 8480 に相當する。

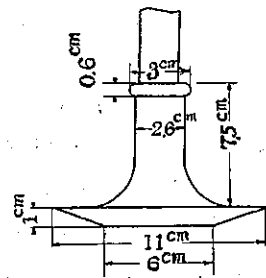
壓搾空氣突固め機は, 大阪油谷鐵工所製の油谷サンドランマーのエクステンション・ハンドル型 F. R. 2 號で, ピストンの径 $1\frac{3}{16}$ 吋, ストローク $7\frac{1}{2}$ 吋, 重量 11.35 kg, 突固め端の寸法は第 2 圖の如くである。

これを運轉するに用ひた空氣の壓力は平均 5.6 氣壓である。Paynter の特許鑿岩機試験機によりこれを水平位置で試験した結果は, 打撃數毎分 516, これがなす仕事の量は毎分 215 kgm である。機械突きに於ける毎層の

第 1 圖



第 2 圖



厚さは、10 cm 及び 15cm で、突固めの時間は 10 秒、20秒、40秒、60秒、80秒及び 100 秒とした。機械突きの場合の供試體製作の有様は第3圖に示してある。

コンクリートの填充を終つた後、標準方法に従つて上面仕上げを行ひ、翌日脱型し、21°C の養生室に貯藏し、材齡 28 日に於て、壓縮強さ試験を行つた。

各種の水セメント重量比、每層の厚さ、突固めの方法及び其の程度に對する供試體の数は3個であつて、供試體3個の壓縮強さの平均値を以て、其のコンクリートの壓縮強さとした。

猶、コンクリートの品質を示す目的で、以上の供試體を製作する時に、水セメント重量比の異なる各種のコンクリートに對し、標準方法による壓縮強さ供試體を作り、材齡 28 日に於ける壓縮強さを試験した。以下に σ_{28} と示してあるのは、其の壓縮強さの事で、供試體 9 個乃至 12 個の平均値である。

第 3 圖



5. 試験の結果及び其の考察

水セメント重量比、(W/C)、突固めに於けるコンクリート 1 層の厚さ、及び突固めの方法及び其の程度等を異にする各種コンクリートの材齡 28 日に於ける壓縮強さは、第2表及び第3表に示してある。これ等の數値の間の關係を明瞭にするために第4圖乃至第14圖が畫いてある。

第4圖乃至第7圖は、手突きの回數と、壓縮強さとの關係を示すもので、曲線につけてある數字は水セメント重量比 (W/C)、括弧内の數字は、其のコンクリートの σ_{28} を示す。

第4圖は每層の厚さを約 5 cm として手突きを行つた場合の結果で、W/C が 0.3 乃至 0.45 のコンクリート

第2表 配合容積比 1:2:4 のコンクリートの材齡 28 日に於ける壓縮強さ (kg/cm²) 手突きの場合
(1) 每層の厚さ約 5 cm の場合

W/C	手 突 き の 數						σ_{28}
	20	50	70	100	125	150	
0.30	103	158	175	195	—	—	59
0.35	183	250	290	320	—	—	97
0.40	276	340	374	408	348	384	154
0.45	282	346	399	393	—	—	201
0.50	256	343	334	328	—	—	213
0.55	251	284	272	278	—	—	196
0.60	216	222	221	218	—	—	192
0.65	186	191	191	186	—	—	178

(2) 毎層の厚さ約 10 cm の場合

$\frac{W}{C}$	手 突 き の 数						σ_{28}
	20	50	70	100	125	150	
0.30	85	132	154	172	—	—	59
0.35	138	199	249	268	—	—	97
0.40	201	287	303	381	296	311	154
0.45	229	283	286	350	321	337	201
0.50	213	258	267	302	303	310	213
0.55	202	236	251	261	—	—	196
0.60	176	203	213	213	—	—	192
0.65	143	172	177	173	—	—	178

(3) 毎層の厚さ約 15 cm の場合

$\frac{W}{C}$	手 突 き の 数						σ_{28}
	20	50	70	100	125	150	
0.30	78	107	130	129	—	—	59
0.35	116	154	196	215	—	—	97
0.40	180	230	264	299	239	242	154
0.45	180	234	251	281	275	281	201
0.50	200	206	235	234	—	—	213
0.55	167	177	201	213	—	—	196
0.60	163	183	208	205	—	—	192
0.65	146	173	167	167	—	—	178

(4) 層の厚さ約 30 cm の場合

$\frac{W}{C}$	手 突 き の 数					σ_{28}
	20	50	70	100	125	
0.30	26	52	57	69	—	59
0.35	57	83	107	112	—	97
0.40	87	125	137	148	129	154
0.45	123	172	198	214	143	201
0.50	171	202	209	208	—	213
0.55	186	189	206	199	—	196
0.60	188	199	184	205	—	192
0.65	167	171	178	176	—	178

に於ては手突きの回数を増加する程、圧縮強さが増加して居るが手突きが 100 回以上になると圧縮強さが減ずる傾向がある。これは手突きを 100 回も行ふと、細骨材が破砕された事も其の原因の一つであると考へられる。W/C が 0.5 及び 0.55 のコンクリートに於ては、手突きの回数が 50 回以上に於て、圧縮強さが増加してゐない。そして W/C=0.55 のコンクリートは手突き 50 回までの突固めによる圧縮強さの増加が、W/C のこれよりも小さ

第3表 配合容積比 1:2:4 のコンクリートの材齡 28 日に於ける壓縮強さ (kg/cm²)
機械突きの場合

W/C	毎層の厚さ約 10 cm の場合						毎層の厚さ約 15 cm 場合						σ ₂₈
	突固めの時間 (秒)						突固めの時間 (秒)						
	10	20	40	60	80	100	10	20	40	60	80	100	
0.30	—	128	161	212	219	212	—	111	154	137	154	202	59
0.35	—	285	294	340	332	—	—	174	282	272	317	—	97
0.40	323	344	390	398	—	—	252	300	421	354	—	—	154
0.45	408	384	391	386	—	—	336	389	424	408	—	—	201
0.50	348	331	323	321	—	—	304	353	367	335	—	—	213

いものに比較して、甚だ小さい。W/C が 0.60 及び 0.65 のコンクリートは、手突きの回数を増加しても壓縮強さは増加しない。即ち、これ等のコンクリートに於ては突固めの壓縮強さに及ぼす影響が甚だ小さい。

第5圖は、毎層の厚さを約 10 cm として手突きを行つた場合で、毎層の厚さを 5 cm として突固めを行つた第4圖の場合に較べて、突固めの爲になされた仕事の量が半分になつてゐるので、W/C の種々の値に對して、手突きの回数増加による壓縮強さ増加の割合も、壓縮強さの値も小さくなつてゐるが、W/C が 0.40 及び 0.50 のコンクリートの壓縮強さが著しく大きい事及び曲線の大體の傾向は第4圖の場合によく似て居る。

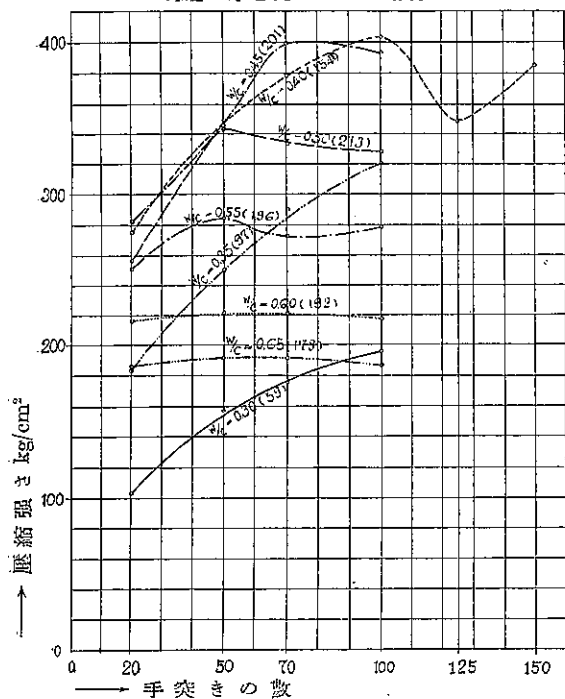
第6圖は毎層の厚さを約 15 cm として手突きを行つた場合で、W/C が 0.30 及び 0.35 のコンクリートに於て、手突きの回数が 70 回以上の時に、壓縮強さが増加しない理由は、この場合第1層のコンクリートの上面は非常によく突固められて居るが、層の厚さが比較的厚いため、第2層のコンクリートの下部には、突固めの効果が十分に及ばない爲に、斯の如き硬練りコンクリートに於て、供試體の高さの中央部に弱い繼手層が出来る事によるものと考へられる。W/C が 0.40 及び 0.45 のコンクリートに於て、手突きの回数が 100 回までは回数増加に伴つて壓縮強さの増加する事及び其の壓縮強さが大きい事は、第5圖の場合と同様であるが、其の値は第4圖及び第5圖の場合よりも小さい。W/C が 0.50 以上のコンクリートに於ては、手突きの回数 70 以上に於て、幾分壓縮強さの減小する傾向を示して居る理由は、斯の如きコンクリートの第1層を突固めると上面に水が出て來て幾分材料の分離が起り、第2層との繼手、即ち供試體の高さの中央部に、W/C が 0.30 及び 0.35 の場合の様に、弱點が出来ることに因るものと思はれる。

それで、突固めに於ける層の厚さと突固めの程度との關係が適當でない、繼手に弱點が出来るため突固めの効果を發揮することが出来ない事がわかる。

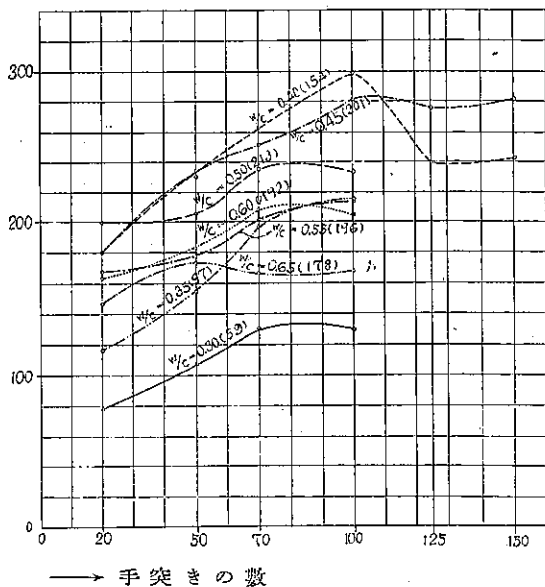
第7圖はコンクリートを約 30 cm の厚さに填充して手突きを行つた場合で、第4圖乃至第6圖の場合に較べて、壓縮強さも大分小さいし、又突固め回数増加による壓縮強さ増加の割合も甚だ小さい。W/C が 0.50 乃至 0.65 のコンクリートに於ては、突固めの壓縮強さに及ぼす影響が極めて小さい事を示して居る。

1層 30 cm の時、之を突固めると、上面に水が出て來て、比較的容易に十分突固められた様に見えるのであるが、手突きの影響は層の下部に十分に達しないから、突固めの影響が極めて小さく出て居るのであると思はれる。W/C が 0.45 のコンクリート又は、手突きの回数増加によつて壓縮強さも増加し、十分突固めれば、壓縮強さも最大値を有する事を示して居る。それで、突固めの効果は層の厚さのみならず、コンクリートの軟かさにも關係する事が認められる。

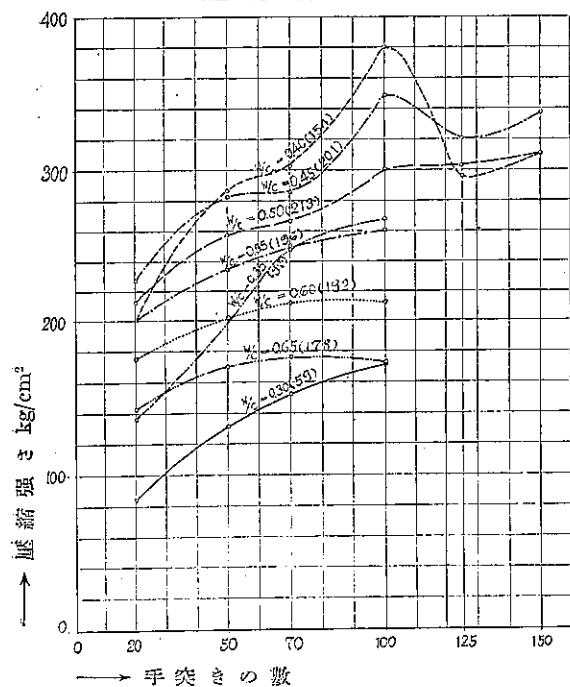
第4圖 手突きの回数と壓縮強さとの關係
每層の厚さ約 5 cm の場合



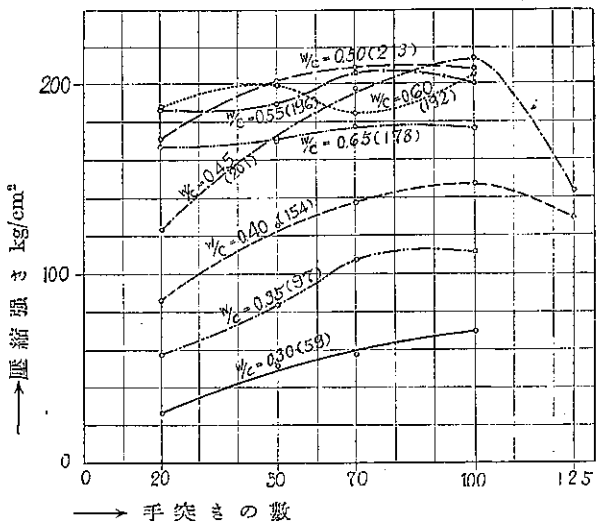
第5圖 手突きの回数と壓縮強さとの關係
每層の厚さ約 10 cm の場合



第6圖 手突きの回数と壓縮強さとの關係
每層の厚さ約 15 cm の場合



第7圖 手突きの回数と壓縮強さとの關係
層の厚さ 30 cm の場合



第4圖乃至第7圖によると、毎層の厚さを大にして手突きの回数を増加するよりも、毎層の厚さ及び手突きの回数を減ずる方が、同じ仕事の量に對して、幾分有效であることを示して居る。例へば、毎層の厚さを5cmとして20回の手突きを行つた場合と、毎層の厚さを10cmとして40回の手突きを行つた場合とは、突固めになされた仕事の量は同一であるが、W/C=0.45のコンクリートに於て、前者の場合の壓縮強さは282kg/cm²、後者の場合266kg/cm²になつて居る。即ち突固めによつて壓縮強さを大ならしめるには、層の厚さを小さくするのが一般に有效である事が認められる。

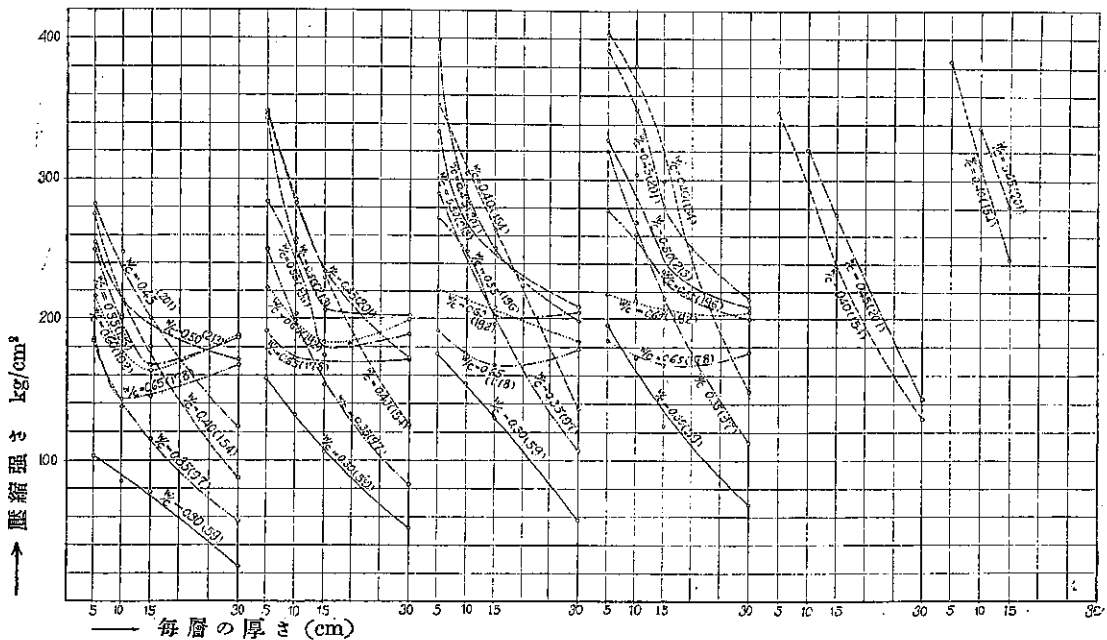
第8圖は、毎層に於ける手突きの回数が20, 50, 70, 100, 125及び150である場合につき、毎層の厚さと壓縮強さとの關係を示す。

毎層に於ける手突きの回数が20である第8圖(a)に於て、W/Cが0.30乃至0.45のコンクリートに於ては、壓縮強さは毎層の厚さが大きくなるに比例して減じて居るが、W/Cが0.55及び0.60のコンクリートに於ては、層の厚さが15cmまでは、層の厚さにほぼ比例して壓縮強さを減じて居るが、層の厚さが15cm以上の場合、幾分壓縮強さが増加する傾向を示して居る。W/Cが0.65のコンクリートでは、層の厚さ10cm以上に於て、以上と同様な傾向を示して居る。其の理由は、W/Cが0.55以上のコンクリートに於ては、突固めが壓縮強さに及ぼす影響は大きくないが、流動性が相當大きいから、自己の重量が壓縮強さに好影響を及ぼすことになるのではないかと考へられる。

第8圖(b), (c), (d), (e), 及び(f)は夫々手突きの回数が50, 70, 100, 125及び150の場合で、曲線の大體の傾向は(a)圖の場合と同様で、手突きの回数が100までは、回数増加に伴ひ壓縮強さも増加して居るが、100回以上に於ては、反つて幾分壓縮強さが減じて居る。其の理由は既に述べた通りである。

第8圖 手突きに於ける毎層の厚さと壓縮強さとの關係

(a) 毎層に於ける手突きの數 20 (b) 毎層に於ける手突きの數 50 (c) 毎層に於ける手突きの數 70 (d) 毎層に於ける手突きの數 100 (e) 毎層に於ける手突きの數 125 (f) 毎層に於ける手突きの數 150



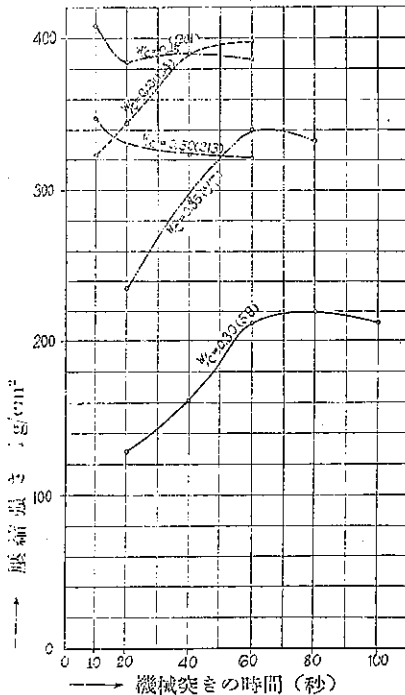
第9圖は突固め機を用ひ、毎層の厚さを約10 cmとした場合の突固め時間と圧縮強さとの關係を示す。W/Cが0.30乃至0.40のコンクリートは、これを60秒以上機械突きすると上面に近い部分の骨材が幾分破碎した。W/Cが0.30及び0.35のコンクリートに於て、60秒以上機械突きを行つても、圧縮強さが増加しないのみならず、反つて圧縮強さが減少する理由の1つは、毎層の上面に於ける骨材が破碎して上面が頗る平滑となり、この上層との継手に於て弱點の出来る事に因る様に思はれる。W/Cが0.40以上のコンクリートは、60秒以上の機械突きによつて、材料の分離が起り、セメント糊状體が飛散した。今の場合、W/Cが0.45のコンクリートを10秒機械突きした時に圧縮強さが最大である。

W/Cが0.45以上のコンクリートは10秒以上突固めても、圧縮強さに於て得る所がないのみならず、反つて強さの減少する傾向のあるのは、材料の分離の影響によるものの様に思はれる。

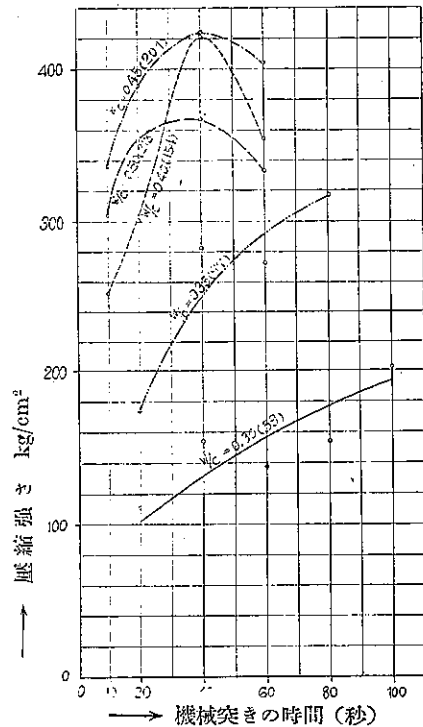
第10圖は、突固め機を用ひ、毎層の厚さを約15 cmとした場合の突固め時間と圧縮強さとの關係を示す。W/Cが0.30及び0.35のコンクリートの圧縮強さは第9圖の場合よりも小さい、W/Cが0.40乃至0.50のコンクリートに於ては圧縮強さが、第9圖の場合よりも大きい。これは突固め機の働き、層の厚さ及びW/Cとの間に複雑な關係のある事を示すものと思はれる。W/Cが0.40乃至0.50のコンクリートに於て40秒以上の機械突きによつて圧縮強さの減少して居るのは、手突の場合にもあつた様に、供試體の高さの中央部に於て弱い継手を生ずることが原因の1つと考へられる。

第9圖及び第10圖によつて見ると、機械突きは第4圖乃至第7圖に示した手突きに較べて非常に有效であることが明かに認められる。

第9圖 機械突きの時間と圧縮強さとの關係
毎層の厚さ約10 cmの場合



第10圖 機械突きの時間と圧縮強さとの關係
毎層の厚さ約15 cmの場合



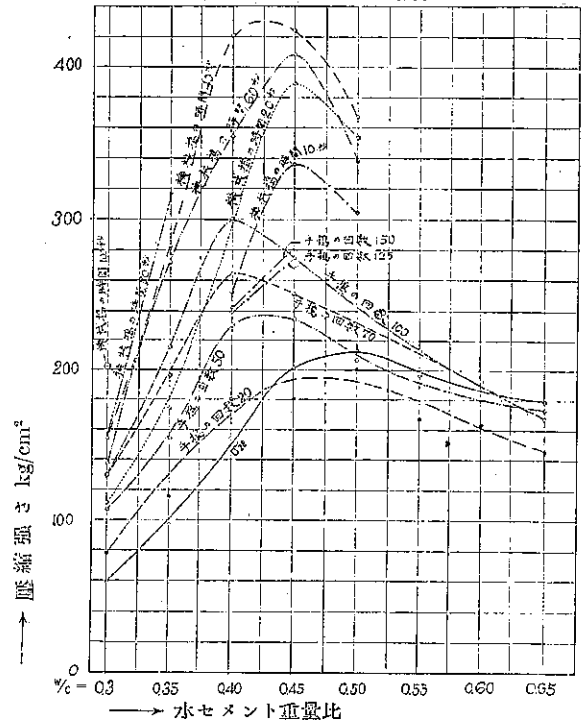
第 11 圖乃至第 14 圖は、突固め程度を一定した時の、コンクリートの水セメント重量比 (W/C) と圧縮強さとの關係を示す。σ₂₈ は圧縮強さ試験の標準方法による材齢 28 日の圧縮強さを示す。

第 11 圖は毎層の厚さを約 5 cm とした手突きの場合である。W/C が 0.50 以上のコンクリートに於ては、手突きの回数が 50 回以上の時、殆ど相等的な圧縮強さを示して居る。それで、これから見ると、毎層の厚さを約 5 cm とする時、50 回以上の手突きは効果がないのみならず、材料の分離を起すと云ふ點から考へると反つて有害の様である。W/C が 0.60 以上のコンクリートに於ては、突固めの影響が殆どあらはれて居ないし、コンクリートの毎層の厚さを約 10 cm とし長さ 50 cm の鉄棒で 30 回突固めを行った標準供試體の圧縮強さと極く近い値を示して居ること、即ち W/C が 0.60 以上のコンクリートに於ては突固めの方法が變つても殆ど相等的な圧縮強さを示すと云ふ點は甚だ面白い事で、普通の鐵筋コンクリート工事に於ては、配合容積比 1:2:4 コンクリートは、W/C を 0.60 以上とするのが適當であることを明示してゐる。

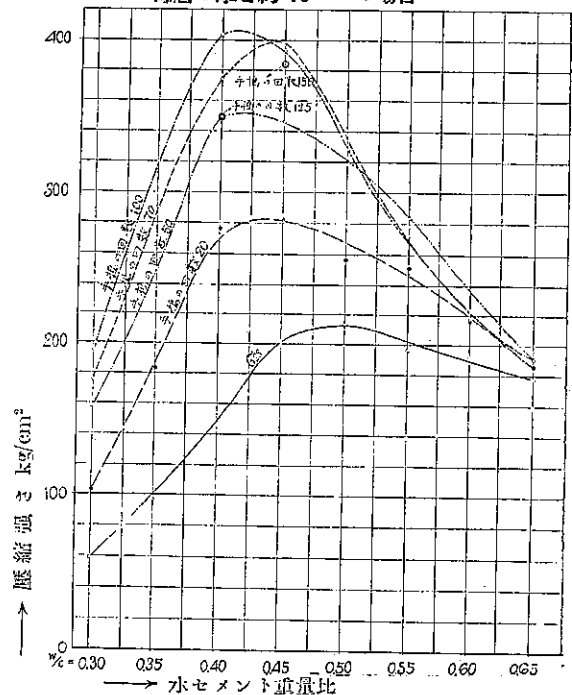
コンクリートの圧縮強さ試験の標準方法によれば、W/C が 0.50 の時に最大圧縮強さを示し、其の値は 213 kg/cm² であるが、手突き 70 及び 100 回のは W/C が 0.45 及び 0.40 の時に最大値となり、其の値は約 400 kg/cm² で、σ₂₈ の約 2 倍になつて居る。それで、コンクリート道路に於ける様に硬練りコンクリートを突固める場合の圧縮強さは、標準試験方法によつて示されるよりも遙かに大きい事がわかる。

第 12 圖は、毎層の厚さを約 10 cm とした手突き及び機械突きの場合で、曲線の大體の傾向は毎層の厚さを 5 cm とした場合と同じ様で、手突きの相等的な回数にたいしては一般に圧縮強さが小さいである。又、機械突きが手突きに較べて頗る有效である事を明示して居る。

第 11 圖 水セメント重量比と壓縮強さとの關係 毎層の厚さ約 5 cm の場合



第 12 圖 水セメント重量比と壓縮強さとの關係 毎層の厚さ約 10 cm の場合

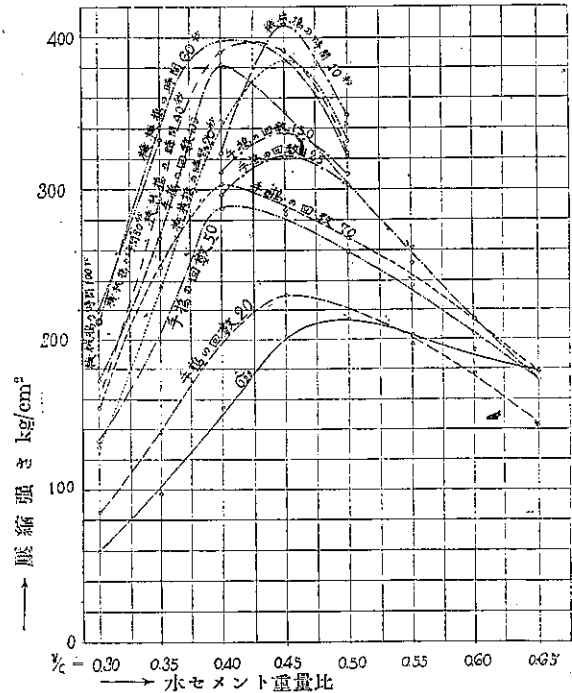


第13圖は、毎層の厚さを約15cmとした手突き及び機械突きの場合で、曲線の大體の傾向は第11圖及び第12圖の場合と殆ど同じである。手突きの場合には圧縮強さが前2者の場合よりも小さいが、機械突きのものは圧縮強さが幾分大きく出て居る位で、機械突きの場合には、毎層に於ける數廻の厚さの差は圧縮強さに大きい影響がないものと見ることが出来るのではないかと思はれる。

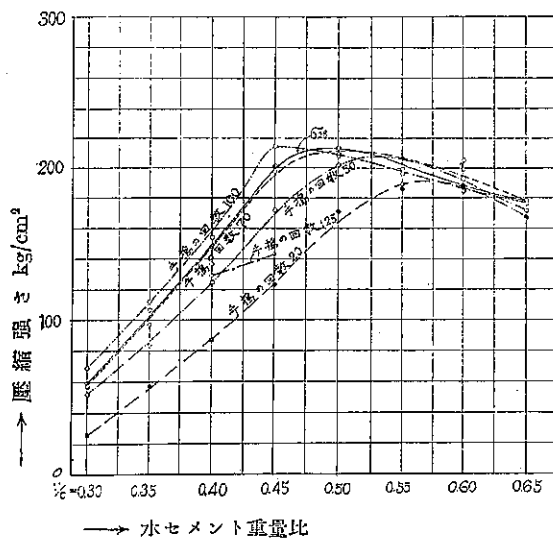
第14圖は層の厚さが30cmである手突きの場合で、手突き70回と100回とがほぼ等しい圧縮強さを示して居る。そして、前3者と異り、これ等と σ_{28} とが又殆ど相等しい圧縮強さを有して居る。

以上第11圖乃至第14圖のW/Cと圧縮強さとの關係から見て實驗に使用した材料及び配合のコンクリートに對しては、之をコンクリート道路に使用する場合W/Cを約0.45とするのが有效である事が判る。それで、材料及び配合が與へられた場合

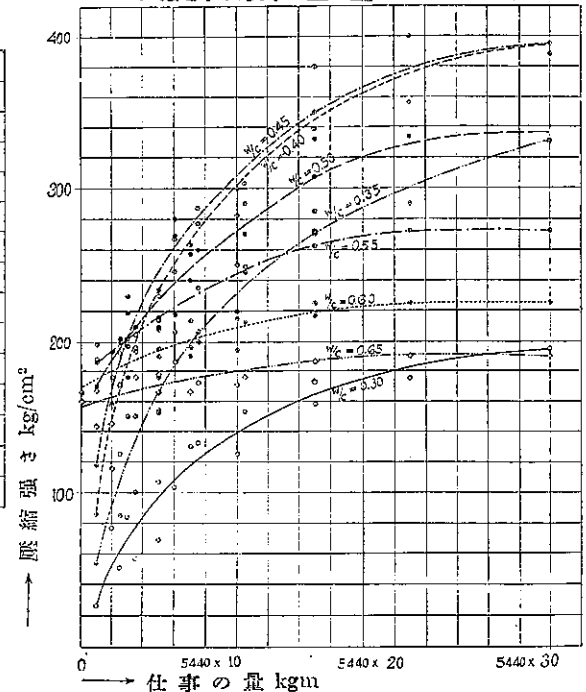
第13圖 水セメント重量比と圧縮強さとの關係 毎層の厚さ約15cmの場合



第14圖 水セメント重量比と圧縮強さとの關係 毎層の厚さ約30cmの場合



第15圖 手突によつて1m³のコンクリートを突固めるになされた仕事の量と圧縮強さとの關係



突固めが有効確實に、又經濟的に行はれる W/C の値があるから、道路工事などの場合は、先づこれを研究するのが有利であると思はれる。

第 15 圖は、出來上り容積 1 m^3 のコンクリートを手突きによつて突固めるになした仕事の量と、コンクリートの壓縮強さとの關係を示す。

手突きの工具の重量は 4.8 kg で、この底面をコンクリートの上面から高さ 30 cm 支持ち上げて、これを落下したのであるから、手突き 1 回によつてなされる仕事の量は 1.44 kgm である。よつて、突固め後、層の厚さが 30 cm である時、供試體の上面積 176.5 cm^2 に 20 回の手突きを行つた時になした仕事の量はコンクリートの出來上り容積 1 m^3 に對して、

$$(100 \times 100) \div 176.5 \times 1.44 \times 20 \times 100 \div 30 = 5440 \text{ kgm}$$

であり、突固めの厚さを 10 cm として毎層 100 回の手突きを行つた場合になした仕事の量は以上の 15 倍である。

コンクリートの 1 m^3 を突固めるになした仕事の量は同じであつても、突固めに於ける毎層の厚さ及び突固めの程度を大きくした場合と毎層の厚さ及び突固めの程度を小さくした場合とは、壓縮強さに差のある事は既に述べた通りであるが、上記の様にして計算した手突きによる仕事の量と壓縮強さとの關係を圖示すると第 15 圖の如くであつて、毎層の厚さが 30 cm までの時、コンクリートの壓縮強さは、突固めになされた仕事の量及び水セメント重量比の函數としてあらはし得ることを示して居る。

第 15 圖について見ると、W/C が 0.30 と云ふ様な實用的でない硬練りコンクリートでも、突固めを十分にすれば相當な壓縮強さを有するものであるが、突固めを行はなければ、壓縮強さは殆ど零であることが曲線の傾向から推定される。

W/C が 0.35 のコンクリートに於ては、W/C が 0.30 の場合よりも突固めが壓縮強さに一層有效な影響を及ぼして居るが、突固めを行はなければ、矢張り壓縮強さは極めて小さい事が推定される。W/C が 0.40 及び 0.45 の曲線は殆ど一致して居る。そして、壓縮強さに及ぼす突固めの影響の最も大きいものである。是等の曲線を仕事量が零の所までのばして見ると、仕事の零の時の壓縮強さは大凡 50 kg/cm^2 と推定されるが、十分の突固めを行へば、 490 kg/cm^2 以上、即ち突固めを全く行はない場合の 8 倍以上の壓縮強さに達する事を示して居る。これから見ると本實驗に使用した材料及び配合のコンクリートに於て、硬練りコンクリートの利點を十分發揮させるには W/C が 0.40 乃至 0.45 を用ひるのが適當であるが、若し突固めが十分でなければ、壓縮強さの甚だ小さいコンクリートを得る惧もあるものである事が判る。W/C が 0.50 及び 0.55 のコンクリートは之を十分突固めた時、其の壓縮強さは、W/C が 0.40 乃至 0.45 のコンクリートに及ばないけれども、突固めの爲になされる仕事の量が小さい時、W/C が 0.40 及び 0.45 のものよりも壓縮強さが大分大きい。故に、突固めが十分でないか、又は突固めの作業について不安がある様な時には、W/C が 0.50 乃至 0.55 位のコンクリートを使用するのが安全であると思はれる。

W/C が 0.60 及び 0.65 のコンクリートに於ては突固めの仕事の量が大きになつても壓縮強さの増加は甚だ小さい。そして全く突固めを行はない時の壓縮強さが夫々 165 kg/cm^2 及び 160 kg/cm^2 になつて居る。それで斯の如きコンクリートに於ては正しい意味の突固めは殆ど不必要であつて、たゞ空氣を追出し、コンクリートが鐵筋及び型枠の隅々に行き互る様な所謂突固め作業を行ふ丈で充分であり、これ以上の突固めは反つて材料の分離を起すから有害である。

6. 結 論

本実験は、直徑 15 cm, 高さ 30 cm の鑄鐵製の型内に、硬練りコンクリートを填充して突固めを行つた場合の壓縮強さを試験したものであるから、實際の構造物、(例へば廣い面積に硬練りコンクリートを擲げて突固めを行ふコンクリート道路)、からコアを取つて壓縮強さを試験する場合の結果と差のあることは考へられるが、本実験の結果から、硬練りコンクリートの壓縮強さに關し、次の結論をなし得るものと信ずる。

(a) 突固めになされる仕事の量が相等しい時、毎層の厚さ及び突固めの程度を大きくするよりも、毎層の厚さ及び突固めの程度を小さくする方が一般に幾分有效であるけれども、例へば配合容積比 1:2:4 のコンクリートに於て、水セメント重量比が 0.45 以下と云ふ様な硬練りコンクリートに於ては、其の上面に水が出て來てコンクリート材料の分離を認めるか、又は骨材が破碎される突固めの程度迄は、硬練りコンクリートの壓縮強さは、大體、コンクリート單位容積の突固めになされる仕事の量及び水セメント重量比の函數であつて、突固めになされる仕事の量及び水セメント重量比の大きい程壓縮強さが大きい。材料の分離が認められるか、又は骨材が破碎される程度以上の突固めは反つて有害である。それで、硬練りコンクリートを十分突固めて高い壓縮強さを得ようとする時には、骨材の材質について特に注意する必要がある。

(b) 硬練りコンクリートの突固めには機械突きが非常に有效である。機械突きに於ては、突固め機の働き及び其の使用時間、突固め層の厚さ、及びコンクリートの水セメント重量比等の間に複雑な關係があるから、機械突きの効果を發揮するには、豫め試験によつて是等の關係を研究する必要がある。

(c) 一定配合の硬練りコンクリートの突固めに於て、突固め層の厚さと突固めの程度との關係が適當でないとして上下の層の繼手に弱點が出来る爲め、コンクリート體全體としての壓縮強さを減ずる事がある。而して、突固め層の厚さ及び突固め程度の一定値に對しては、これが最も有效である水セメント比がある様である。毎層の厚さは、10 cm 内外とするのが一般に有效と認められる。

(d) 配合容積比 1:2:4 のコンクリートに於て、硬練りコンクリートに於ける突固めの効果は水セメント重量比が約 0.40 乃至 0.45 の時に最大である。水セメント重量比が 0.40 以下のコンクリートは實用的でないし、0.50 以上のものに於ては突固めの効果が減じ、0.60 以上のものに於ては突固めの効果が殆どない。それで、配合が容積比で 1:2:4 の硬練りコンクリートを使用して其の利點を十分發揮させるには水セメント重量比を大約 0.40 乃至 0.45 とするのが適當であり、若し突固め作業について多少の不安がある時は 0.50 乃至 0.55 位にするのが安全である。水セメント重量比が 0.60 以上のコンクリートは突固めが困難であり、且突固めの効果が殆どないのみならず、過分の突固めは材料の分離を生ずるから有害である。

(e) 本學會のコンクリート壓縮強さ試験に關する標準方法は、軟練りコンクリートに對しては適當のものであるが、或る程度の突固めを行つた硬練りコンクリートの壓縮強さを示すものではない。依つて、硬練りコンクリートの壓縮強さを知るには、實際使用する方法及び程度の突固めを行つて供試體を作らなければならない。コンクリート道路に於けるコンクリートの壓縮強さはコアを取つて試験するのが最も適當と思はれる。