

## 言 議

土木學會誌 第十五卷第三號 昭和四年三月

集中コンクリート混合所と現場  
試験との実績報告

(第十四卷第五號所載)

准 員 吉 田 彌 七

未だ混凝土の理論が渾沌たりし時代に Abrams 教授が Water-cement ratio 説を樹立し混凝土設計の大綱を示せるは丁度暗黒時代に次いで文藝復興時代が現れたるに彷彿たるものがある。よしその説中には多少同意し難き點もあれどそれ以來混凝土工學は學理に於て將又實地に於て長足の發達をなし今日の様な混凝土時代を形成するに至つたことは實に Abram 教授に負ふ所大なるものがあると云はねばならぬ。平山、山田兩學士が本誌第十四卷第五號に述べられた集中混合所の如きも Abrams 教授の説を實際に適用するの一設備であつて米國に於ては 1924 年頃より追々實施され今日ではその發達の結果殆ど混凝土が商品化するまでに至つて居るのである。

此の秋に當り世界の潮流に遅れず、我國に於ても數年前復興局に於て此の種の計畫が實施され東京の藏前に集中混合所が設けられ、未だ統帥なき我混凝土の現場に於て據らしむべき方針を設定されたことに對し吾々は衷心感謝の意を表するものである。而もその局に當られたのは斯界の權威平山、山田兩學士であることは吾々の意を強ふする所である。願はくば益々御努力ありて我その日限りの混凝土現場の立直しをやられんことを。

以上の意味に於て本報告論文は大なる使命を有するもので延てはその及ぼす影響も大なるもので、我國に於ては得難き貴重資料であらねばならぬ。随つて筆者も精讀回を重ねた。偶學會よりの愆愆もあり、茲に筆者の意の存する處を述べ、著者に對して感謝の意を表し併せて御教示を仰ぐ所以である。勿論筆者は主として實驗室の實驗研究に従事して居るもので現場での研究は未だ取るに足らざるの誹なきにしもあらず。随つて討議に加はるの資格なきやも知れない、著者幸に之を諒せられよ。

扱て本論に入らふ。著者は緒言、集中混合所設備、混合所作業、実績、Core-Drill に依る切取り供試體の應壓強度及附録の六章に亘り論ぜらるゝが凡ての項に亘りて的確な結論が與へてない。勿論未だ實驗が進んでないためかも知れない。大體に於て實驗其の方針は著者

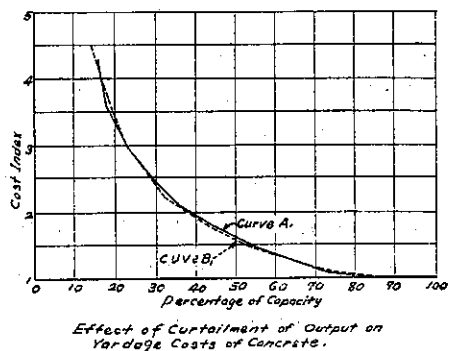
が記載されて居る米國での實驗に據られて居る様で此の點は少くとも理論上からは物足りない感がしないでもない。例へば混凝土耐壓強度の唯一の支配要素としてスランプを取られた如き、或は耐壓強度のみを検して抗曲強度を顧みざるが如き、鋪道用基礎としての混凝土の場合には百尺竿頭一步を出でざるの憾がないでもない。

著者の言はるゝ如く混凝土は吾々土木建築技術者に製作を委ねられたゝめ今日の様な統帥なき状態に陥つたので吾々の力で之を今少し科學的に引き戻さなければならぬことは著者と同意見である。しかしそれには必しも集中混合所による必要は感じない。Asphalt Plantでも Central Plant もあれば Portable Plant もある。何れを擇ぶかは作業上の點及經濟上の點によりて支配さるゝ。此の意味に於て先づ復興局が集中混合所を設けられた根據を承ることを得ば幸である。外國に此の種の Plant があつて成績がよいから漫然我國にもやつて見よう位では面白くない。しかし我國に於て此の種の Plant の研究のための一企圖であるならば問題は自ら別である。又一概に論ずる譯には行かないが我國の現状に照して Central Plant と Portable Plant が何れが宜しきや、御教示を得ば幸である。

次に**集中混合所設備**に就て先づ混合機の容量の點に就てお尋ねしたい。著者は 14 切練で差支へないのに、Plant に橋梁工事の再用品を流用する關係からとて約倍の 27 切練の大型を使用した様に述べられて居られる。しかしそれは經濟上果して技術者のとるべき方針なのだらうか。原價は言はずもがな、出來上り混凝土の單價を比較する時は必要以上に容量を大にすることは大損失であることは論ずるまでもないことである。今其の不當なることを證するため捏混費用と其の混合機能力の發揮状態との關係を示して見よう。Engineering News-Record, Sep. 27, 1928, p. 472 に記載の W. C. McNaughton 氏の論文 Relation between Output and Cost in Mixing Concrete によれば混凝土の捏混及打方の費用と混合機練高の節減との間には**第一圖**に示す様な關係がある。圖中 A<sub>1</sub> は集中混合所の場合、B は移動式捏混機の場合の曲線である。圖より明なる如く何れの場合も大差はない。而して練高が容量の半分なる時は勞力費は約 65% の増加をなすことを知る。今勞力費を混凝土全費額の 10% と假定する時は本文の如き容量の捏混機を用ふるため 6.5% の損失を常に受けるのである。實際不經濟と言はなくてはならぬ。

又 Plant 全體として廣大なる土地を要し、又長距離運搬を必要とするので我國の如く道路の悪い地方では集中混合所は Portable Plant に

第一圖



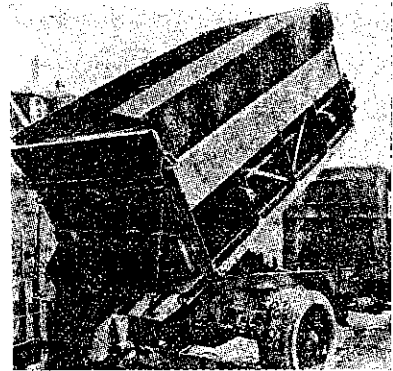
比し損ではなからうか。

運搬設備としては Steel Damping Body の 2 噸貨物自動車を採用されたる由、定めて混凝土の引落しに苦心されたことと思ふ。勿論著者も御承知の事でもあらうが此の點に注意した自動車に就て一寸蛇足を添へて置かう。次に述べるのは Pittsburgh の Ready-Mixed Concrete 會社長の E. N. Jones 氏が Engineering News-Record Aug. 9, 1928, pp. 196~199 に發表せられた論文中に記載してあるものであるが結果は非常に良好との事である。その大體は附圖第一に示す通り End Dump 型を改造せるもので混凝土を容るべき槽の側板が可動式となつて居て混凝土を容れて運搬する時は附圖第一 A に示すが如く V 字形をなす。かくて車が現場に着すれば可動側板を後方に引張ること B 圖の如くする。そうすれば混凝土は C, D 圖の順序を経て車の槽底に落ちる。かくて E 圖に示す如く End Gate を開き槽を押し上げ傾斜せしめて混凝土を下すものである。かくて混凝土は Mixer を出る時と同様な軟さと均等性を保たすることが出来たと言ふ。此の模様は第二圖の寫眞に示す通りである。此の自動車の車體は Bartlett and Snow Co., Cleveland, Ohio で作られたそうである。

それから作業能力に就て著者の御教示を得たいと思ふ。本文第二圖によれば捏混、積込み等全部で 210 秒を要する。此の時間は Plant の能力に關する重大なる問題である。外國での報告を見ると 3 分以下で出来る場合が多い。その内譯に就て論ずるならば砂の浸水に要する時間が 90 秒かゝるためその他の材料の投込みは出来ても捏混が始められないことになり Plant の能率の上から云つて面白くない様に思はれる。此の點に就て今少し研究の餘地はないだらうか。混合機より混凝土を自動車に積込むのに要する時間も今少し節することは出来ないものでしょうか。此處に 10 秒でも 20 秒でも時間を節し得れば Plant の能率上よろこばしいことと思はれる。よし經濟上大なる節約はなし得ないにしても。

次は配合設計に就てである。著者は幾多の理論的研究と之に伴ふ實驗記録とがあるが何れも不充分で其の數字を其の儘採用することが出来ない。そこで實地試験をなして最も經濟的の配合を見出すのが一番安全の様に論ぜられる。しかし筆者はその様には考へない。先人のやられた實驗研究なるものの中には議論の餘地のあるものもあるが總じて吾々に取りては實に貴重なる資料で吾々を指導する暗夜の燈火とも稱すべきものである。その燈火を見誤らなければ行路を間違へる様なことはない。學界に於ても同様である。本文の場合の例を引くならば Abrams 教授の研究にせよ、Talbot 教授の研究にせよ、之をよく了解することを得た

第二圖



ならば吾等は充分之を活用することを得る。かくして之に就て充分吟味研究して或結論に達したる後、之を實地に試験して之を検するならば之に越したことはない。またそうすべきではなからうか。要之暗夜に鐵砲式のやり方は學徒の取らざる處である。

本文にある通り本實驗に於て著者は  $2\ 000\ \#/o''$  を以て標準として居らるゝ。之に對する意見は別として著者は施工季節換言すれば溫度に對しては何等の考慮を拂つて居られぬ様である。豫備試験は夏やつて其の結果を以て冬の工事の資料にするが如きことがあるとしたならどんなものだろう。30°C の場合と 0°C の場合の強度が如何に異なるかは茲に説明の要がないことである。

本實驗に用ひられた材料の品質は凡て普通程度のもので Grading の如きもそんなに悪いとは思れない。要するに材料は普通の Workable mix を得る材料たるの資格を有すると稱することを得る。此の材料を用ひ第二表の結果より所要の目的に叶ひ且材料の最も經濟的なものとして 1:2.3:6.5 なる配合を採つて居られる。此の配合は見掛の上では Fuller 氏の實際曲線による配合によく似て居る。しかし上記の砂、砂利では Fuller の曲線にその儘適用されない様に思はれる。又別に米國混凝土規程の Appendix XVI によれば著者の仕様書と材料を用ふるならば 1:2.3:3.7 程度の配合となる。之なれば均等性の混凝土である。しかし前の 1:2.3:6.5 の様な砂利の多い、砂の少い、貧配合の且水比が1以上のものでは混凝土が分離する傾向がある。著者の實驗に於て均等性に於て不満足なる結果の生れ出たのは一つは之に歸因するものではないだろうか、而も自動車運搬に於て尙更悪い結果に導れたのではないかと思考する。筆者の經驗によれば著者の材料を用ひても標準状態の許に於ては著者の仕様書を満足するが如き結果を得られると信ずる。著者の材料の最も經濟的とは何を意味せらるゝや、御教示を乞ふ。又第二表の如き簡單なる實驗で果して最も經濟的と言ふ大問題を解決し得るや疑問である。

次に現場材料が豫備實驗に使用せるものと差異ある場合はその都度修正を加へる旨記載ありしが之は結構なことで之によりて著者の細心が窺がわれて心強く感ぜられる。

次に強度及スランプに就て筆者の意見を述べよう。

本實驗は冬期に行へるものである。随つて混凝土を天然の儘で養生する時は寒冷の影響を受け平均氣温が 5°C 内外であれば僅に標準氣温の場合の 75% 位の強度を發揮し得る程度である。即 30% も相違がある。かような譯で第三表の實驗に對しては實驗條件例へば室内養生か野外か等に就て記載を與へて戴けば好都合である。附表第三に對しては其の要はない様である。

實驗の結果に就て吟味せんに附表第三並に附圖第二の結果は 8 月~10 月の間の實驗で、溫度の相異による強度の誤差は最大 10% 位なるべく、水比が一定なれば耐壓強度試験の誤

差も5%内外なる筈である。然るに著者の実験値の相異を検する時は實に最大±40%の誤差あり。1500# 混凝土以下のものが1.4%等の問題は枝葉のことで論ずる迄もないことである。又第三表及第三圖の結果に就て見ると之も実験誤差は最大+50%及び-35%もある。最も誤差は最大のみを見てその全般を律する譯には行かない。しかし677頁の上部の表によつて觀察して見る時は相等に誤差は大きいと言はなくてはならない。此の原因を著者は簡単に温度寒冷のためと論じて居らるゝが、しかしそのためではあるまい。同一列の実験は条件同一なれば大差ある筈はない。寒冷の時の実験なれば全體が相對的に実験値が小になるのみで誤差の大なるのはそのためではない。附圖第二は筆者が行つた各季節に製作せる混凝土標準供試體の材齡28日の耐壓強度と水比との關係である。配合は Fuller 氏實際曲線に據れるもので著者の配合と相似て居る。月の處に記入してある温度は養生中の平均氣温である。

次に附表第三の結果より種々の強度毎にそれ以下の強度を示す供試體の個數を全體の個數の百分率で計算し圖に現して第四圖を示して居られる。筆者は今少しく正確に之を吟味するために附圖第三を作つた。その Fig. a は著者の第四圖と同様で Fig. b は度數曲線で實驗の精度曲線とも稱すべきものである。之に於ては 2360 #/sq' を標準として X 軸には ±10% づゝに誤差を取り Y 軸にはその誤差を有する實驗度數を全體の度數の百分率で表した。そうすると度數曲線は次の様な形となる。

$$y = 19 e^{-\frac{x^2}{940}}$$

然らば此の式から判る様に本實驗の結果の信用度は薄い様に思はれる。しかし現場は實驗室と相去ること遠きものありと言へばそれ迄である。

次にスランプに就て著者は述べて居らるゝ。そして大體0.3~0.5吋の間にあるからいゝと言はれて居る。しかしスランプなるものは果してかくの如く混凝土設計施工上の標準となるものだらうか。此のスランプなるものは先づ捏混直後に於て測定すべきで1分、2分と時間が経てば著しく變ずる場合が多い。特に著者の配合の如き Fuller 氏曲線に近きものありては捏混直後5吋もスランプあるものが2、3分してはかると殆んどスランプを生じない様なことが屢々あるのは筆者の経験したことである。それでスランプが一様であるから強度も揃ふだらうとは思はれない。沉んや現場に於てをやである。がスランプによる混凝土流動性のコントロールの宜しからざる所以である。故にスランプによりてコントロールするならば相等の誤差は最初から覺悟しなくてはならぬ。學問的に言へばスランプ・テストより、フロー・テスト、之よりは吉田博士のドロップ・テストの方がよいのは筆者の経験の結果である。

勿論現場の都合如何によりて何れを選ぶかは定まるものである。現場は理論通りばかりには行かぬ。

次に均等性に就てある。

本実験に於ては混凝土の均等性と云ふ點に於て不充分である様に書いてある。しかしスランプによる混凝土のコントロールなれば相等の誤差は必然的に起るもので致方はあるまい。又一年間を通じての混凝土を一様に比較するのは當を得てない。少くとも寒暑の二群位には分けて比較すべきであらう。セメントの性質、混凝土の性質等は少しく注意すれば強度に於て 50% 以上の差異を來すべきものでない。要するに均等なる混凝土を得んとせば出来上り混凝土の流動性のコントロールが最も大切であらねばならぬ。とは言へ材料の選擇、捏混後の取扱ひにも注意するは勿論であるが。

次は普通工法との成績比較である。著者の言はるゝ如く本実験は一般現場のコントロールなきものに比すれば雲泥の差がある。しかしスランプによるコントロールであるから此の點に於て尙一步を進めるの要なきか、筆者は隔靴搔痒の感なき能はざるものがある。而して著者は集中混合所の混凝土と一般現場のそれと比較するに當り配合、水比、其の他の條件の異なるものを對稱して居られるが之は無意味ではなからうか。たゞ強度、スランプのを比較したに止り學問的の價値が少ない様に思はれる。

次は工費の點である。普通の工事場のものとは大差なき旨の記載あるがそれでは物足りなく感ずる。勿論創業當初で従業員其の他手慣れぬ點も多々あるし、又 Plant が全能力を發揮して居ない關係もあつて著者の勞は吾人の想像以上なりしならんと思ひ、著者の心中を察するものであるが、しかし尙一層研究を重ねられ百尺竿頭一步を進め經濟的にも此の Plant の優れて居ることを實證し得るが如く、利用あらんことを望むものである。

Core Drill による切取供試體の耐壓強度を検するに當り著者は標準供試體と比較して居られる。今供試體の高さを  $h$  とし直徑を  $d$  とせば  $\frac{h}{d}$  が變ずるに隨ひ耐壓強度が異なる。之に關しては今迄種々の實驗が行はれて居る。筆者は La Revue des Matériaux de Construction et de Travaux Publics, Jan. 1927 に載つて居たものと著者の研究とを比較して見た。附圖第四がそれで殆ど一致せることを知る。此の點に關する力學的的研究は Prof. D. Ing. W. Gehler が Der Bauingenieur の 13, 20 及 27, Jan. 1928 に於て明快に論じて居られる。

Inundation に關する研究により筆者等が經驗せる實驗室の研究と現場のそれとが略一致するを知り得たことを感謝するものである。

生混凝土の運搬に關する實驗は今迄文獻に現れて居ることゝ大差はない。

次に應壓強度試験に關してゝある。勿論實驗は個人誤差を出来るだけ小ならしめなくてはならぬ。それには實驗に熟練するのは勿論實驗状態を一定しなくてはならぬ。筆者の實驗に於ては各箇の誤差でも 5% 以上に上るものは特別なる混凝土の場合を除いては外にない。1組 3 個の内でも三つとも同値である場合が少くない。

次は應壓強度と水-セメント比との關係に就てゝあるが標準状態の實驗なれば大體に於て

Abrams 教授の説に隨ふは論ずる迄もない。著者の實驗された範圍の配合率と材料ならば勿論 Workable mix である。筆者は筆者の實驗より特別なる粒度調合の混凝材を用ふるか、法外に硬いか、或は又材料の分離を來すが如き Mixture でない限りその Mixture は Workable mix と解釋して居る。Abrams の實驗よりもそう思はるゝ。勿論 Abrams 教授の實驗は 1918 年に發表されたもの故今より 10 年前である。その間にセメントは大分強度が強くなつて居るので今日のもは同教授が與へた絶対値より少しく大になるのは論ずる迄もない。而して著者は硬練混凝土に於ては Abrams 教授の説に隨ふことは危険である旨記載されて居る。之は著者の誤解であつて元來標準の試験方法は所謂現場の工事に行はるゝ程度の Workability 即ち、軟練程度のものに適する様に定められたもので之を硬練に應用しても強度が出ないのは Talbot 教授の實驗をもつて來るまでもないことである。中、軟練に於ては標準の撞固めで相等に空氣空隙を迫出すことが出来るが硬練はそうは行かない。そこで充分空氣空隙を驅逐するには餘程注意して特別なる Tamper を用ひて搗固めなくてはならぬ。道路工事等では Pneumatic Tamper を用ふるのは上の理由に外ならない。筆者は筆者の混凝土の強度に關する 1927 年の實驗の一部を示して参考に資したいと思ふ。附圖第五はそれである。筆者は此の問題に關しては稿を新にして會員に問ふ心算である。材料は熊本縣綠川産で本誌第十四卷第二號第四及第五表のものである。特別なる粒度調合のものは圖に記入しておいた。強度は標準溫度に換算せるものである。

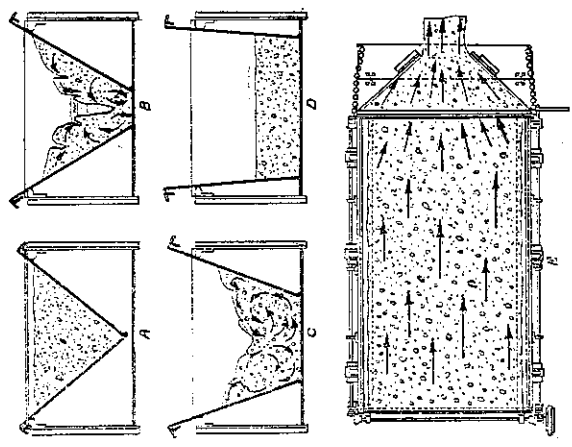
次に材齡と強度との關係に就て著者は研究を試み Slater 氏の式と Grün 及 Kunze 兩氏の式との比較を試み、後の場合に本實驗は適合することを述べて居られる。しかし上の二つの實驗は條件異なる。前者は A. S. T. M. の標準、後者は獨の規程によれるもので立方供試體、養生水中、而も配合は 1:3 である。それで各條件の異なるものを比較しても一條の理は見出し得ない。セメントが異なる、供試體が異なる、養生が異なる、其の他等々のものを比較する場合には只かりそめの Guide となるにすぎない。本實驗の場合に於て 30 とか 23 とか言ふ絶対値は場合によりて異なるは言を俟たない。しかし著者の此の試みがたゞ單なる各實驗値の照査にあるならば筆者は著者の實驗に對する用意周到なる御心使に對し尊敬の意を表するものである。

以上で大體筆者の考へを述べ著者の教を乞ふた。要之著者の實驗は Slater 及 Walker によりて行はれた米國の實驗と同一轍である様に思はれる。而して米國に於ける實驗必ずしも我國狀に適せず、又實驗其のものとしても考慮を拂ふべき點もある様に思はれる。我國の混凝土を指導すべき第一線にある著者なれば其の點に關し今少しく考慮を拂はれ續くものをして後顧の憂なからしめんことを切望して筆を擱く。

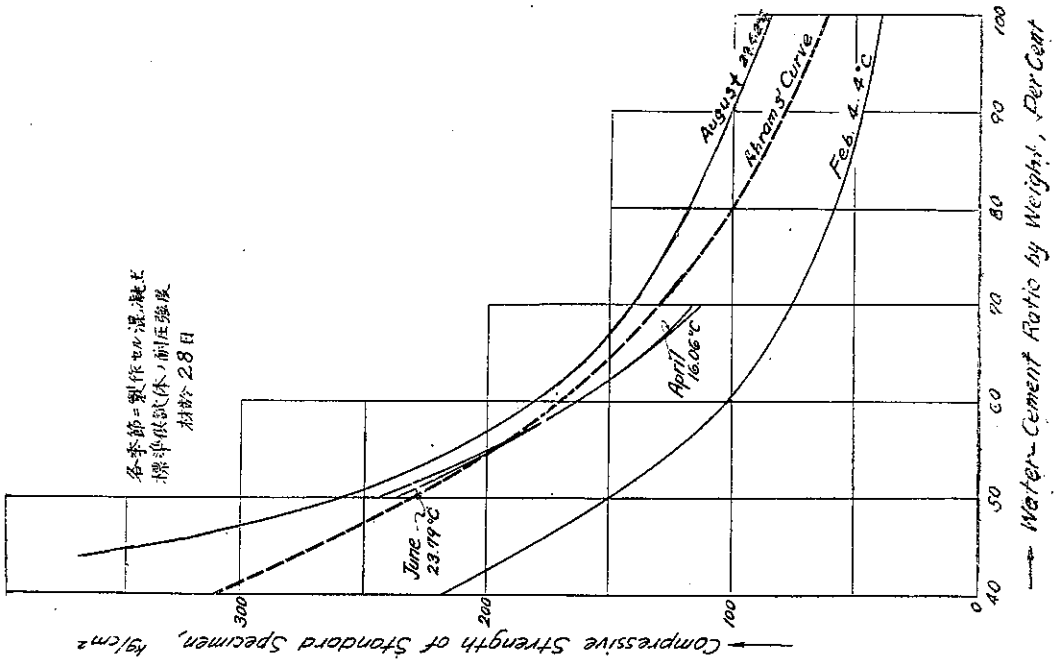
學問上のことながら先輩の研究に對して口を挿むことを心苦しく思ふ。只學會の求めに應じ責を果たしたのみ、著者幸に之を諒せられよ。

昭和三年十二月十四日

附圖第一

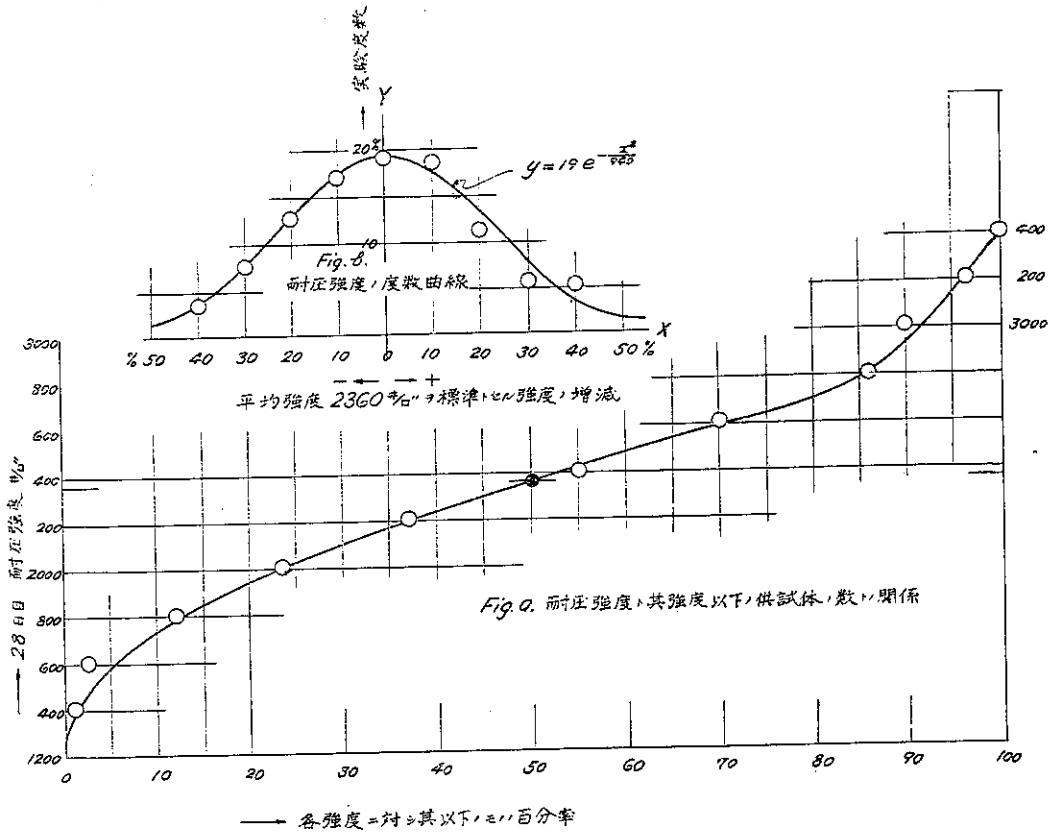


附圖第二

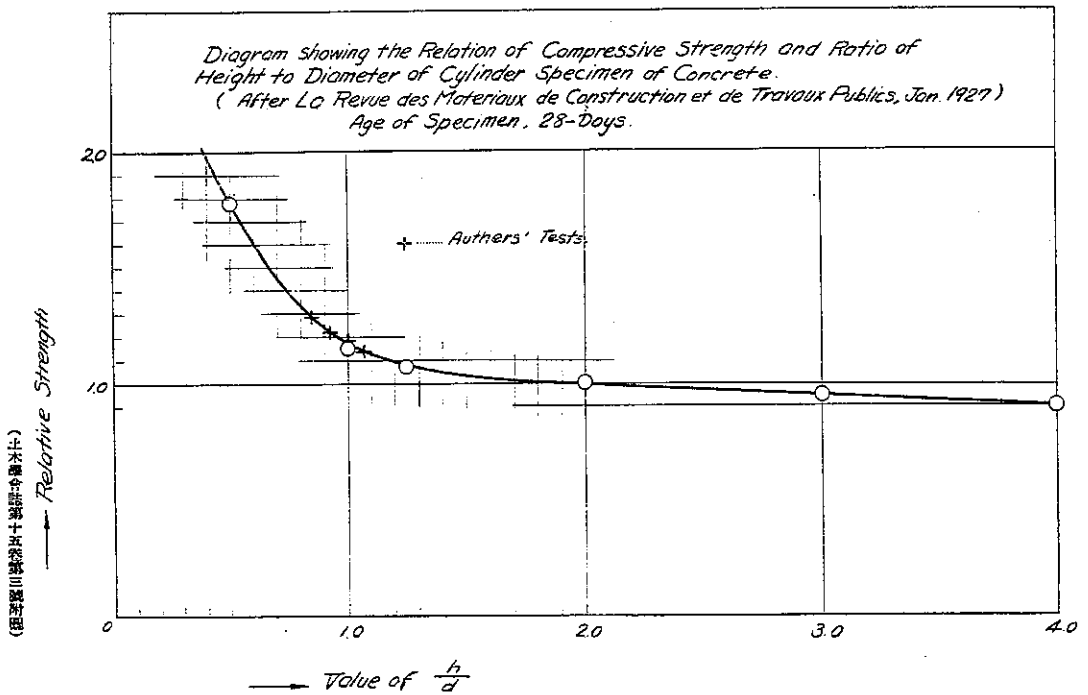




附圖第三



附圖第四



(圖中各點均係試驗結果)

