

論 說 報 告

土木學會誌 第十六卷第一號 昭和五年一月

粗石混凝土の應壓強度に就て

會員 吉 田 彌 七

On the Compressive Strength of Rubble Concrete

By Yashichi Yoshida, Member.

内 容 梗 概

堰堤其の他の重力断面の築造には從來よく粗石又は巨石混凝土が用ひられて來た、各國の標準仕様書に於ても多くはこの粗石又は巨石を混凝土中に埋めて材料の節約を圖ることを認めて居る。而してその使用量は混凝土本來の性質を害はない程度のものでなくてはならぬ。然るに此の點に關する適確な概念を興へる實驗研究は未だ甚だ稀である。本文は著者の實驗に基き粗石使用の極限、粗石混凝土に關する現行の仕様書の批判、並に粗石混凝土の應壓強度の主要支配條件等に關し詳述せるものである。

目 次

緒 言	1
第一章 概 論	3
第二章 材 料	4
第三章 粗石混凝土及普通混凝土の應壓強度の相違	5
第四章 粗石混凝土に於ける粗石の量の應壓強度に及ぼす影響	9
第五章 結 論	13

緒 言

堰堤其の他の重力断面の單塊混凝土の築造に當りては、一つは材料の節約他は混凝土の性質の改良のために混凝土の中に粗石又は巨石を埋没することを認めて居る、しかし此の粗石又は巨石の使用量は自ら限界があるもので、此の限界たるや主として實驗に基く理論と現場施工の確實性とによりて定まるものである。故に今假りに實驗室に於てはその使用量は相等多量でも差支へない結果になつても、この結論を直ちに現場に應用することは出來ないであらう。即ち多量の粗石又は巨石を用ひるならば工費の節約には相異なきも、實際現場に於て果して多量の粗石を用ひて優良なる信用しうる工事をなし得るであらうか、如何に現場が進んでも實驗室との間には相等の隔があることを覺悟しなくてはならない。それかと言つて餘

りに要心し過ぎて明に節約が出来るものを舊來の習慣に慣れてその儘見逃したとするならば之亦混凝土工學の發展に資する所以ではない。

元來粗石混凝土は混凝土中に粗石混凝土材を混入せるものを稱して居る。而して混凝土と粗石とは完全に同一體となり居るもので積石工に於けるが如く切石又は粗石とモルタルとの如き關係とは自ら異なるものがある。此の如くんば粗石混凝土は普通混凝土に比して何等劣る筈が無いから施工にさへ充分注意を拂へば實際上重力斷面の單塊混凝土に利用が出来る。かくすれば相等に材料の節約を計ることが出来るのみならず相當に優良なる性質の混凝土を作り得るものである。

普通混凝土同様粗石混凝土に於ても最も重要なる性質としては先づ應壓強度を擧げなくてはならない。粗石を用ふることにより元混凝土の應壓強度が如何に影響を受けるかは重大なる問題である。此の關係は粗石の量及其の性質、混凝土の性質例へば調合及水比、其の他攪固め等によりて左右さるべきものである。今假りに粗石と混凝土とが同一體となりて働くものと考ふる時は、換言すればその施工宜しきを得て粗石は單に混凝土中の一粗混凝土材と考へ得るならばその粗石混凝土の應壓強度は大體に於て元混凝土の強度即ちそのセメント比によりて定まるものと見てよい。此の理論は机上でもかくあらんと考へ得ることで本實驗にも現れて居る様に實際に於ても亦普通の粗石混凝土なる限りはかくの如き結果を表すものである。かくの如くんば粗混凝土材の一部を最初より加ふる代りに後で混凝土の中に埋め込みて差支なく隨つて流動性に富む混凝土を用ひ得て施工が甚だ容易となり優良なる混凝土が苦勞なくして出来る譯になる。しかしかくの如くして加へる粗石の量には既に述べた様に自ら限度がある筈であつて、その限度を實驗上より確めて置くの要がある。

翻つて現行の米國標準仕様書を見るに §45 に“粗石混凝土は完全に混凝土中に埋込むを要す。各個の粗石と混凝土の表面との間隔及粗石相互の間隔は粗石の最大寸法に1吋を加へたる以上なるべし”とある。我が土木學會の示方書草案第46條も亦上記と同様の事を規定して居る。而して同混凝土調査委員會は之に關する草案として“粗石ハ完全ニコンクリート中ニ埋メ込ムヲ要ス。粗石トコンクリート表面トノ間隔及粗石相互ノ間隔ハ粗石ノ寸法以上トシテ15 cm.ヲ超ユルヲ要セズ。”と變更發表して居る。上記の米國標準及我が土木學會の示方書草案に於ては粗石の量なるものは單に施工の方からのみ考慮し、粗石と粗石の間の空隙が混凝土によりて容易に填充が出来ると言ふ見地から定められて居る。而してかくの如くして施工したる粗石混凝土の應壓強度は之に用ひた普通混凝土によりて定まるものと解釋して居るのであらう。又土木學會の委員會の草案に於ては粗石の間隔は前草案よりずつと廣くなつて居つて之に於ては混凝土材の最大寸法によらずして粗石寸法以上にする様に定めてある。即ち該草案は實際の施工と云ふことに就て大變心配されて定められた形跡歴然たるもの

がある。

かくの如く仕様書に於ては内外を問はず粗石混凝土の應壓強度は混凝土によりて定まるものと見て居るのは前述の通りであるが、現場の施工を大變氣にして多量に粗石を用ふることを禁じて居る様に思はるゝ。特に我が土木學會の混凝土調査委員會は僅かに使用し得べき粗石の量は約 12% を以つて極限であるとして居る。しかし此の 12% なるものが果して適當なる極限であらうか、又實驗上はその極限は如何程の數値となるかと云ふことを應壓強度を主眼として論じたのが本論文の主要なる目的の一である。此の點に關する正確なる結論を得た後粗石混凝土に關する上記の現行法に就て意見を述べよう。其の他粗石混凝土の應壓強度の根本理論を究め、且つその施工上の注意を促し、今後吾々が此の混凝土に就て取るべき方針を掲げようと思ふ。

本論文の目的を達するため行つた實驗は大體二つの組よりなる。第一は普通仕様書に規程する程度の粗石混凝土の應壓強度は普通の混凝土のそれと變りはないか、即ち粗石と混凝土が一體となりて働くか換言すれば粗石を混凝土材の一部と見做し得るや否やを知らんとする實驗、第二はかく粗石と混凝土とが同一體となつて働く限界及粗石混凝土の應壓強度に及ぼす粗石の量の影響に就ての實驗である。此の實驗の結果より現行の規程が正鵠を得て居るや否やを知りうるので、又粗石の量並に施工に關する根本方針をも定むることが出來よう。本實驗の供試體は 20 cm. × 40 cm. の標準圓壙供試體でその數は第一に屬するもの 135 個、第二に屬するもの 108 個、合計 243 個である。粗石は平均 0.18 立即ち 0.48 kg. のもので主として片麻岩の玉石を用ひた。

本實驗は元來著者の混凝土の調合に關する實驗の一部で昭和 4 年 1 月 ~ 6 月の間に施行せるもので本研究の結論を得るには餘りに小規模である。随つて一を投じて百を得んとするの謗なきにしもあらず、而してその推論たるや或は暴論に近きやも知れない。著者非才にしてその判斷に苦む、識者の忌憚なき御批評を乞ふ。

第一章 概 論

1 概 要

既に緒言に於て述べた様に本論は應壓強度を目標として粗石混凝土を論ぜんとするもので其の他滲透性、凝結の際の收縮等に就ても考へたいと思ふ。随つて行へる實驗もこの目標の上に樹てるものであることは勿論である。著者の本意は相等大なる粗石を用ひたるもの及巨石混凝土に關する實驗もやりたかつたが設備の都合でやり得なかつた事を残念に思ふ。よつて著者はその行へる實驗の結果より粗石混凝土の應壓強度に關する理論を見出し、尙專斷かも知れないが巨石混凝土に就ても推論し併せて現行の此の問題に關する仕様書の條項に就て

論を進んで今後の粗石混凝土の設計施工に就て著者の卑見を述べたいと思ふ。

2 實驗の範圍及其の期間

本實驗の範圍は次の如くである。

1° 材料 本實驗に使用せるセメント，砂，砂利及粗石に就ては必要なる物理的試験を行つた。

2° 粗石混凝土及普通混凝土の應壓強度の相違

米國標準仕様書等に規程する程度の粗石を含有する粗石混凝土と粗石を有しない元の普通混凝土の應壓強度との間には相違があるか否か，換言すれば粗石は單に一混凝土と認め得るか否かに就て吟味した。

3° 粗石混凝土に於ける粗石の量の應壓強度に及ぼす影響

2° の實驗に於ては粗石は混凝土の一部であると考へても差支いないことを知つた。よつて尙進んでどの程度まで多量に粗石を加へてもその混凝土の應壓強度には變りはないか換言すれば應壓強度を目標としてはどの程度まで粗石を埋め込み得るかを確め併せて粗石混凝土の應壓強度とその含有粗石の量との關係を求めた。

本實驗は昭和4年1月～6月の間に行つたもので其の間温度の變化甚しきものがあつたが出来るだけ實驗は入念に行ひ、且つ標準状態に換算して結果を表して比較に便した。著者の信ずる範圍に於ては本實驗の結果は勿論完全とは申されないが少くとも我が國に於ては左迄不正確なものでは無いものと思ふ。

3 感謝

本實驗は熊本高等工業學校土木教室混凝土實驗室で直接著者の指揮の下で行つたもので助手白木源藏、江口貞雄並に岡田元男三君の勞による所大なるものがある。又供試體の製作其の他に就ては實驗補助員松下敏雄並に篠原龜吉兩君の勞になる。著者は此所に感謝の意を表す。

第二章 材 料

4 ポルトランド・セメント 本實驗に使用せるポルトランド・セメントは淺野セメント株式會社門司支店の製品にして同店より直送されたもので全部で25樽である。實驗室到着後は混凝土は床上に貯藏して出來得る限り實驗中其の性質の變化を防いだ。

セメント試験は實驗着手前及終了後二回商工省規程に隨ひ行つた。その結果優良なる結果を示し、且つ前後二回の實驗に大差なく、實驗中セメントが殆んど變質して居らないことを確めた。その單位重量は1.500 kg/liter とした。

5 混疑材及水

い 砂 混疑土製作に使用せる砂は本實驗室常用砂で熊本縣綠川より産するもので片麻岩、石英片岩及花崗岩よりなる良質のもので泥滓不純物等を含まず試験の結果は本誌第14巻第2號 p. 269 に示した通りである。此の砂を #4 篩にて篩つて用ひた。その單位重量は 1.6386 kg/liter で優良なる砂である。

ろ 砂利 砂利も砂同様綠川産のもので試験の結果は前記の本誌 p. 270 に示してある。此の砂利は本實驗に於ては #4 及 3/4" 篩で篩つて粒度調合を #4~3/4" とした。單位重量は 1.7071 kg/liter である。

は 粗石 粗石は前記砂及砂利同様綠川産の玉石を用ひた。その形狀は略長楕球をなし重量は 0.32~0.68 kg. にして平均は 0.48 kg. とせり。寸法は直径 7.5~9.0 cm. 長さ 10~15 cm. で比重は 2.65 で、平均容積は 0.18 立に當る。吸水率は實際上皆無と考へた。

に 水 水は熊本高等工業學校水道の清水を用ひた。

第三章 粗石混凝土及普通混凝土の應壓強度の相違

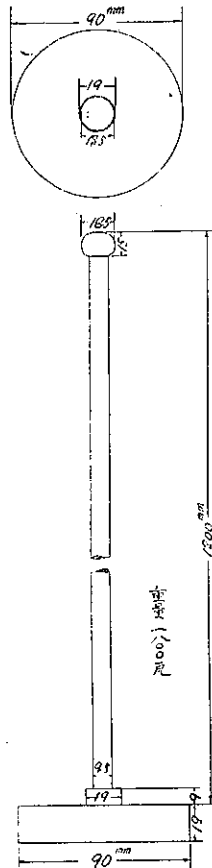
6 概 要

既に述べた様に仕様書に於ては粗石混凝土を認め或程度以下であれば粗石を混凝土中に埋込んでも其の應壓強度は減少しないものと看做して居る。故に著者が重ねて此の事項の検討をする必要はない様なものであるが只順序として粗石混凝土が積石工でなくして齊等性混凝土即ち混凝土中の粗石は單に粗混疑材の一部であることを證せんがための駄足である。本實驗に當つて、著者は各種調合及使用水量の混凝土を作り、之を標準として之に一定量即ち全容積の 16.4% の粗石を最初より粗混疑材として、又最後に型詰めに際して粗石として加へ各々を比較研究した。その結果は仕様書が認めて居り著者が信じて居た結果と少しも異なる處を見出さなかつた。只著者が遺憾に思ふのは實驗供試體が小なるため大なる粗石を用ひ得ざりし事であるが、しかしながら本實驗とてもその真理の一斑を窺ふには役立つものと信じて居る。

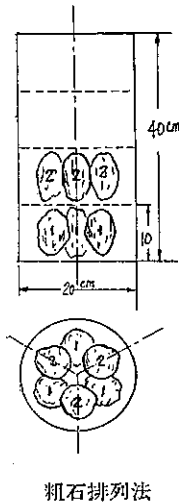
7 實驗の方法及結果

い 供試體及試験方法 先づ本實驗に用ひたる普通混凝土は調合は容積比にて 1:1.5:3, 1:2:4, 及 1:2.5:5 の三種で普通我が國の現場に於て用ひられ來れるもので、使用水量は略々軟、中及硬練に適するものである。混凝土は供試體一箇分宛手練によつたもので練方は先づ砂とセメントを空練 4 回、之に砂利を加へて又 4 回空練し然る後水を加へ 8 回練返すものである。豫め粗石を加へる粗石混凝土に於ては然る後に粗石を加へ尙 4 回練返す。而して所謂

第二圖



第一圖



粗石混凝土は型詰の際に粗石を加へるものである。供試體の製作、養生及試験の方法は本實驗室の慣例により A. S. T. M. C 39-21 T に随つた。試験機は 150 吨能力 Olsen New Hydraulic Compression Testing Machine である。供試體は 20 cm. × 40 cm. の標準圓筒型である。應壓強度は凡て 4 週間の強度で、實驗が 1 月から 4 月までの寒中なるを以つて型外しは 2 日後とし養生は室内に於て行つた。混凝土の型詰は四層に分つて行つた。而して豫め粗石を加へる粗石混凝土は捏混後之を四等分し粗石の排列は、最後に粗石を加へる場合と同様にする。此の最後に粗石を加へるものに於ては混凝土を一層敷し之を撞固めたならば粗石を縦に 3 個排列し之等の隙間に混凝土を詰め撞固めをなし又粗石を置く。此の際粗石は直下層の石の間に來る様交互に排列して可成的供試體が齊等性に富む様に工夫をした。その排列の様は第一圖に示す様である。

本實驗は上述の如く寒中の實驗なりしを以つて型外し、取扱には充分なる注意を拂つた。又

硬練混凝土に於ては標準撞棒にては充分なる撞固め困難により第二圖の如き特別なる撞棒を用ひた。

る 實驗の結果 本實驗の結果は A. B. McDaniel 氏の曲線により 20°C を標準溫度として、溫度の修正を加へたものである。供試體は 3 個を以つて一組とした。第一表は應壓強度を示したもので第二表は参考のため各混凝土の單位重量を示したものである。

第一表 普通混凝土及粗石混凝土の應壓強度

水・セメント重量比 %	應壓強度 (kg/cm ²)		
	普通混凝土	粗石を豫め加へて捏 混ぜる粗石混凝土	混凝土の型結の際粗石 を加へたる粗石混凝土
	1:1.5:3 容積配合		
80	74.27	80.25	77.27
70	108.91	100.68	91.16
60	181.34	148.37	150.73
50	265.99	234.52	216.02
40	380.82	287.04	330.20
	1:2:4 容積配合		
90	55.36	57.29	64.04
80	75.33	77.79	82.57
70	114.91	110.00	98.67
60	175.27	168.58	171.52
50	267.53	260.13	258.16
	1:2.5:5 容積配合		
100	42.33	52.96	49.25
90	56.80	65.59	57.43
80	82.65	84.39	77.52
70	124.38	112.29	114.13
60	170.37	169.77	155.65

第二表 普通混凝土及粗石混凝土の單位重量

水・セメント重量比 %	單位重量 (kg/liter)		
	普通混凝土	粗石を豫め加へて捏 混ぜる粗石混凝土	混凝土の型結の際粗石 を加へたる粗石混凝土
	1:1.5:3 容積配合		
80	2.3554	2.4178	2.4191
70	2.3767	2.4229	2.4236
60	2.3737	2.4216	2.4254
50	2.3772	2.4305	2.4350
40	2.3957	2.4300	2.4482
	1:2:4 容積配合		
90	2.3640	2.4107	2.4178
80	2.3721	2.4160	2.4196
70	2.3797	2.4206	2.4252
60	2.3764	2.4386	2.4424
50	2.3962	2.4381	2.4383

1:2.5:5 容積配合

100	2.3564	2.4010	2.4038
90	2.3612	2.4241	2.4234
80	2.3584	2.4056	2.4211
70	2.3660	2.4264	2.4282
60	2.3698	2.3970	2.4206

第一表の結果を圖示すれば附圖第一乃至第四の如くである。附圖第一は 1:1.5:3 なる調合の普通混凝土及之に粗石を加へたる粗石混凝土の應壓強度を示したるもので附圖第二及第三は夫々 1:2:4 及 1:2.5:5 の調合の混凝土に對するもの、附圖第四は全部の實驗値を一所に示したるものでそれ等に對する平均曲線を描き、併せて Abrams 教授の曲線及著者の 15cm.×30cm. 圓筒のセメント・ペースト供試體の曲線を示して參考に供した。

8 要約

以上粗石混凝土に關し普通混凝土と共に實驗せる結果は次の如く約言することが出來よう。

1° 仕様書に規定する程度の粗石混凝土に於ては、粗石を豫め加ふるも、又最後に埋込むもその何れに關せず、元混凝土が workable で plastic mix なる限りその應壓強度は元混凝土のそれと大差はない。即ちかゝる粗石混凝土内の粗石は混凝土材としての一變形に過ぎない。故にその施工にして宜しきを得ばかゝる粗石混凝土の應壓強度は元混凝土の水・セメント比によりて推知することが出來よう。

2° 普通の粗石混凝土に於ては元混凝土及粗石は共に合して齊等なる混凝土を形成す。即ちその結果、その材料より論ずれば粗混凝土材の多い比較的貧調合の混凝土と考へ得らるゝのである。故に粗石混凝土なるものは比較的貧調合なるを以つて施工に當りて改良をしてなるべく勞を少くし效を多くせんがため先づ粗混凝土材を省き割合に流動性に富む混凝土を用ひ最後に残りの粗混凝土材を加へることにしたものと考へてよい。随つて水量の割合少い高強度の混凝土を最も經濟的に作り得ることになる。故に大なる重力斷面に於ては貧調合の混凝土を用ふるよりは、施工の容易なる強度に富む優良調合の混凝土を使用し、後で粗石を加へて經濟的工事たらしめることが有意義なる施工法である。

3° 上記の如く粗石を用ふることにより、材料を節約して應壓強度に富む施工容易なる混凝土を比較的樂に作り得るのみならず、尙單位重量の大なる混凝土が得られる。随つて重力斷面用としては甚だ適應せる譯である。

第四章 粗石混凝土に於ける粗石の量の應壓強度に及ぼす影響

9 概要

第三章の實驗によりて仕様書に規定する程度の粗石混凝土はその應壓強度の點より論ずる時は元混凝土と大差なく又施工に當つても大した不都合は感じないことを知つた。普通の粗石混凝土に於ては粗石は單に粗混凝土材と考へ得るものであることも述べた。果して然らばその加ふべき粗石は如何程まで増加しても差支へないか、即ち吾人が左まで勞することなくして施工し得る範圍内では出來上り粗石混凝土が齊等性なるがためには粗石の量は如何なる程度に制限すべきか、換言せば現行の彼我の仕様書に従ふべきか、或は之を改正すべきかに就て少しく吟味して見ようと思ふ。元來混凝土に於てはその應壓強度は最主要性質であるがその外必要に應じ耐水性等も考慮に入るべきものであるからその使用の目的によりて多少は修正さるべきである。しかし此處に於ては此の點に關しては實驗は行はなかつた。

10 實驗の方法及結果

い 供試體及試験方法 本實驗に際し用ひたる混凝土は第三章の場合同様容積配合にて 1:1.5:3, 1:2:4 及 1:2.5:5 の 3 種で水・セメント重量比は軟中硬練に相等する値を用ひた。粗石の量は全容積の 41 % 迄である。即ち供試體一個に就き 30 個までを用ひた。供試體の製作、養生及試験等は 7 いに述べた通りである。只供試體の製作に當り粗石多いものにありては全體が齊等質なる様に力めたるため型詰は四層或は五層とした。かくてなるべく粗石の間に元混凝土が充る様注意を加へた。撞固めは標準方法に據つた。只硬練の混凝土に關しては第三章の實驗同様特別の撞棒を用ひた。本實驗は昭和 4 年 3 月より 6 月に亘りて行つたもので脱型は前同様 2 日後とした。

ろ 實驗の結果 本實驗の結果は第三章の場合同様標準温度の強度たらしむべく訂正を行つた。

第三表 各粗石の各分量に對する粗石混凝土の應壓強度を示したものである。

第三表 粗石混凝土の粗石の量とその應壓強度との關係

水・ セメント 重量比 (%)	應壓強度 (kg/cm ²)		
	1:1.5:3	1:2:4	1:2.5:5
	普通混凝土		
100	—	—	42.33
90	—	55.36	56.80
80	74.27	75.33	82.65
70	103.91	114.91	124.38
60	181.34	175.27	170.37
50	265.99	267.53	—
40	380.82	—	—

粗石 16.4 % を含める粗石混凝土

100	—	—	52.96
90	—	57.29	65.59
80	80.25	77.79	84.39
70	100.63	110.00	112.29
60	148.37	168.58	169.77
50	234.52	260.13	—
40	287.04	—	—

粗石 20.5 % を含める粗石混凝土

100	—	—	61.59
90	—	66.23	—
80	88.87	—	99.65
70	—	114.89	—
60	143.76	—	151.98
50	—	221.31	—
40	223.56	—	—

粗石 29 % を含める粗石混凝土

100	—	—	71.14
90	—	84.93	—
80	101.32	—	109.94
70	—	129.87	—
60	169.41	—	153.48
50	—	207.13	—
40	220.34	—	—

粗石 32.7 % を含める粗石混凝土

100	—	—	70.42
90	—	94.65	—
80	105.09	—	—
70	—	148.48	147.02
60	157.09	—	110.27
50	—	172.27	—
40	195.97	—	—

粗石 41 % を含める粗石混凝土

100	—	—	69.65
90	—	98.39	—
80	114.85	—	95.38
70	—	158.05	—

60	178.19	—	77.22
50	—	99.43	—
40	105.06	—	—

第三表の結果を圖示すれば附圖第五乃至第十四の様である。附圖第五乃至第七は各調合に就ての應壓強度と粗石の量との關係を各水比別に示したものである。附圖第八は普通及粗石混凝土の應壓強度と水・セメント重量比との關係で本實驗の總ての結果を示し、Abrams 教授の曲線をも掲げ参考に供した。附圖第九乃至第十四は夫々粗石の含有量を異にする粗石混凝土に就て應壓強度と水・セメント重量比との關係を各調合別に示したものである。此れ等の圖中には凡て Abrams 教授の曲線をも示して置いた。

第四表は普通及粗石混凝土の單位重量を示したものである。

第四表 粗石混凝土の粗石の量とその單位重量との關係

調合 水・ セメント 重量比	單位重量 (kg/liter)		
	1:1.5:3	1:2:4	1:2.5:5
	普通混凝土		
100	—	—	2.3564
90	—	2.3640	2.3612
80	2.3554	2.3721	2.3584
70	2.3767	2.3797	2.3660
60	2.3737	2.2764	2.3693
50	2.3772	2.3962	—
40	2.3957	—	—
	粗石 16.4% を含める粗石混凝土		
100	—	—	2.4038
90	—	2.4178	2.4234
80	2.4191	2.4196	2.4211
70	2.4236	2.4252	2.4282
60	2.4254	2.4424	2.4206
50	2.4350	2.4383	—
40	2.4482	—	—
	粗石 20.5% を含める粗石混凝土		
100	—	—	2.4315
90	—	2.4366	—
80	2.4272	—	2.4439
70	—	2.4528	—
60	2.4414	—	2.3693
50	—	2.4596	—
40	2.4140	—	—

粗石 29 % を含める粗石混凝土			
100	—	—	2.4269
90	—	2.4462	—
80	2.4465	—	2.4515
70	—	2.4543	—
60	2.4716	—	2.3904
50	—	2.4284	—
40	2.4361	—	—
粗石 32.7 % を含める粗石混凝土			
100	—	—	2.4513
90	—	2.4447	—
80	2.4386	—	—
70	—	2.4589	2.4612
60	2.4617	—	2.3906
50	—	2.4150	—
40	2.4079	—	—
粗石 41 % を含める粗石混凝土			
100	—	—	2.4718
90	—	2.4774	—
80	2.4401	—	2.4688
70	—	2.4886	—
60	2.4878	—	2.3437
50	—	2.3759	—
40	2.3556	—	—

11 要約

以上粗石混凝土に於ける粗石の量が如何にその應壓強度に影響を及ぼすかを實驗せる結果を約言すれば次の如くなる。

1° 本實驗に用ひし程度の即ち 40 % 以下の粗石を含める粗石混凝土にありては法外なる硬練の混凝土の場合を除き、その調合及水・セメント比の如何に關せず、粗石を用ひたるがために應壓強度の減少を來すが如きことなく、更に軟練の場合に於ては粗石が石楔の作用をなし剪斷應力による供試體の破壊を妨ぐるを以つて應壓強度も増加するの結果となる。本實驗の結果より推論すれば 50 % の粗石即ち混凝土と粗石とを等量に用ふるも應壓強度の低下を起すことは無いと信ずる。硬練の場合には撞固めが出来ないため粗石と混凝土とが一體となり得ず、且つ混凝土が多孔質となるの結果その應壓強度は粗石の量多き程減少するものである。

2° 法外に硬練の混凝土を除き本實驗の範圍の粗石混凝土に於ては粗石は單に粗混凝土の一部であると思ふことを得る。故に附圖第八からも明なるが如く元混凝土の應壓強度が粗石混凝土の強度を示し、隨つて元混凝土の水・セメント比は粗石混凝土の應壓強度を支配する。

3° 元混凝土が左迄硬練ならざる範圍内に於ては同一量の粗石を含める同一水・セメント比の粗石混凝土に於ては元混凝土の調合はその應壓強度に殆んど影響を及ぼさない。

4° 粗石混凝土の重量は元混凝土が施工し得る範圍の流動性を有する限りは粗石の量多き程大なるものである。

第五章 結論

12 結論

本文は粗石混凝土の應壓強度に關する研究である。既に述べた様に實驗上其他不備の點多々あるも本實驗の結果より次の様に結論し得るものと信ずる。

1° 各國現行の仕様書に規程する程度の粗石を含める粗石混凝土中の粗石は粗混凝土の一部であると考えて差支へない。隨つて粗石混凝土の應壓強度は元混凝土の強度或は水・セメント比によりて推知することが出来る。

2° 應壓強度を目標として論ずる時は粗石混凝土中に埋め込み得べき粗石の量は元混凝土が施工に差支へない程度の流動性を有する場合に於ては、相等に注意を拂ふ時は全容積の50%位までは許して宜しい。

3° 元混凝土が施工に差支へなき程度の流動性を有する粗石混凝土に於てはその單位重量は粗石の量多き程大である。故に重力斷面に於ては或程度までは粗石の量多き者が使用の目的に叶ふ譯である。

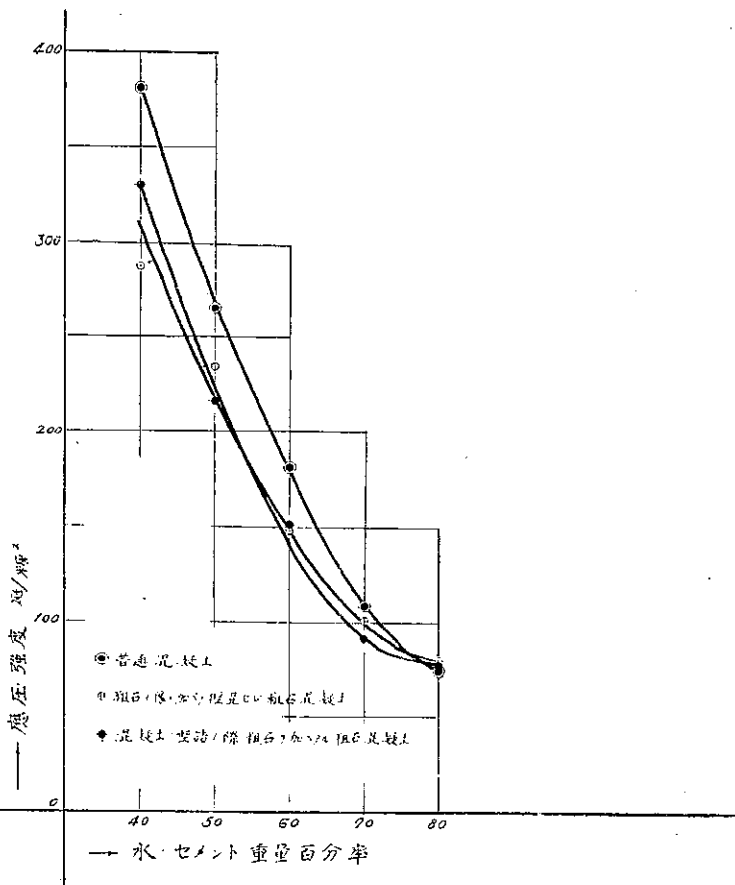
元來本實驗は著者の混凝土の調合に關する研究の一部分であつて粗石混凝土の實驗としては不備の點が多く、特に實驗供試體小さく、且つ粗石も小なるの故を以つて此の實驗の結果のみによりて粗石混凝土全般を律せんとするのは甚だ不穩當且つ大膽なる企の様に思はるゝが、少しく材料に注意し尙施工にさへ注意すれば相等大なる粗石又は巨石を用ひたる混凝土の場合に於ても本結論は適用し得るものとする。即ち粗石の排列に注意し各が相互に石楔の働をなす様にし、混凝土は施工に適する流動性のものを用ひ粗石間を萬遍なく填充し、且つ充分なる撞固めの後その浮水を除去する様に心掛けて施工さへすれば本論の理論は明に適用し得ることは混凝土の性質上、又材料力學上明なことである。

以上結論せる處は凡て表題の示す様に應壓強度を以つて粗石混凝土を論ぜる所なるを以つて耐水性其の他の性質をも考慮に入れる時はその理論は幾分の修正は免れないであらう。故

に一般には粗石混凝土として許し得べき粗石の量は本論に述べたる如く全容積の 50% なる限界で差支へないとは言はれまい。故に標準仕様書に於ては應壓強度のみならず、其の他の性質を考慮に入れ且つ現場の施工能率の點も斟酌しなくてはならないから使用し得る粗石の量の如きも 50% を以つて限界とすることの無謀なることは著者も亦異存はないが、さりとて我が土木學會の混凝土委員會の發表せる今回の標準示方書草案の如く餘りに粗石の量と云ふことに對して恐怖心を抱きその量を制限したるがため、みすみす粗石混凝土の優れたる特質を利用することの出来ないのも残念の至りと言ふべきである。尤も同委員會が我が國の混凝土現場が實驗室の實驗と相去ること遠きを顧慮されて今日の示方書を提案されたのならばその罪は我が混凝土の施工を司らるゝ諸賢にあろう。しかしながら我が國の現場施工は同委員會が心配さるゝ程頼りないものであろうか。よし施工上多少の不安はありても指導その宜しきを得たならば相等信頼し得る工事が出来るものと著者は信ずる。巨石混凝土に於ても粗石混凝土の場合と同じ理論が成立つものと思ふ。故に著者は指導の立場にある者は時代の推移に隨ひ舊套を脱しよりよき方針を示し、小にしては我が混凝土工學の發展を計り、大にしては國家經濟に資する様力むべきものと考へる。此の意味に於て著者は粗石混凝土に於て許し得べき粗石の量も今少しく多くするも差支へなからんことを力説して筆を擱く。(完)

附圖第一

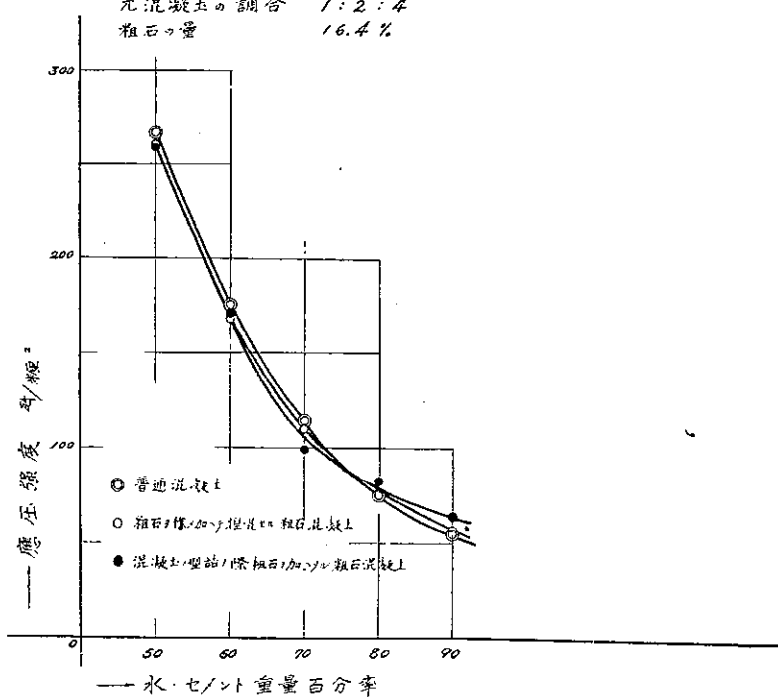
普通及粗石混凝土の應圧強度
 元混凝土の割合 1:1.5:3
 粗石の量 16.4%



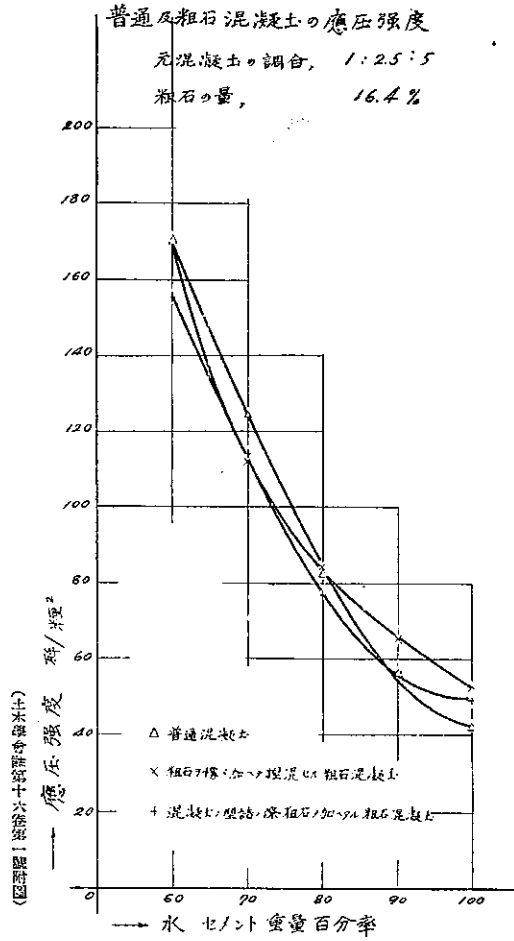
(この圖は第一編附圖第一に添付)

附圖第二

普通及粗石混凝土の應圧強度
 元混凝土の割合 1:2:4
 粗石の量 16.4%



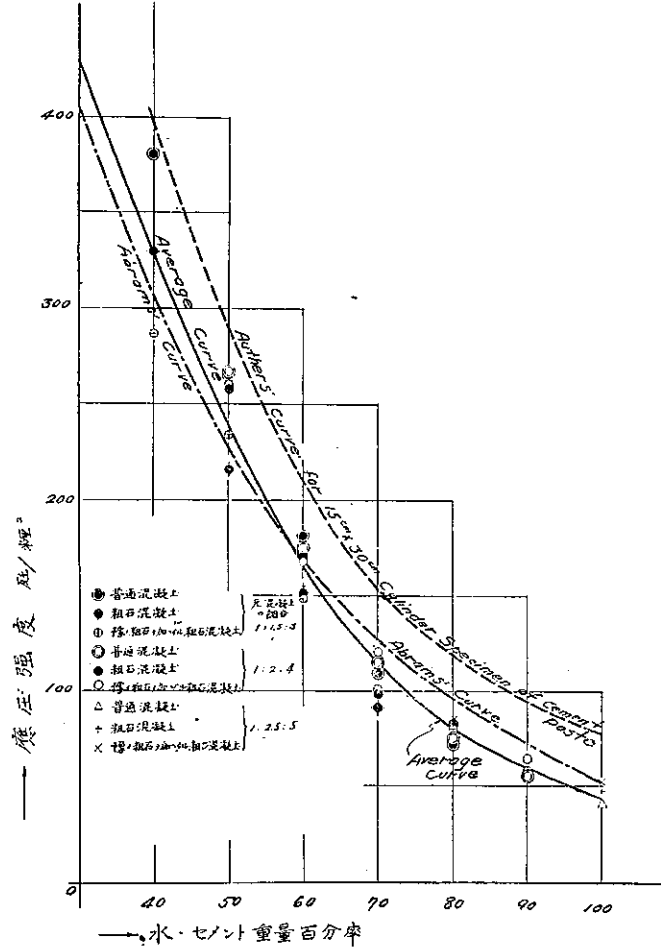
附圖 第三



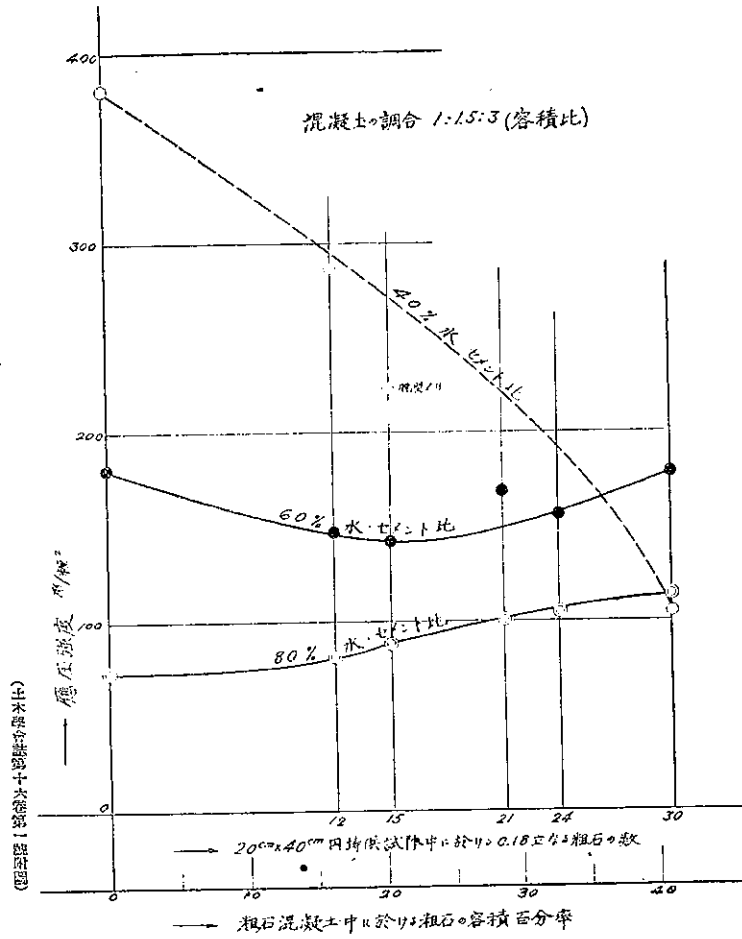
附圖 第四

普通及粗石混凝土の應圧強度

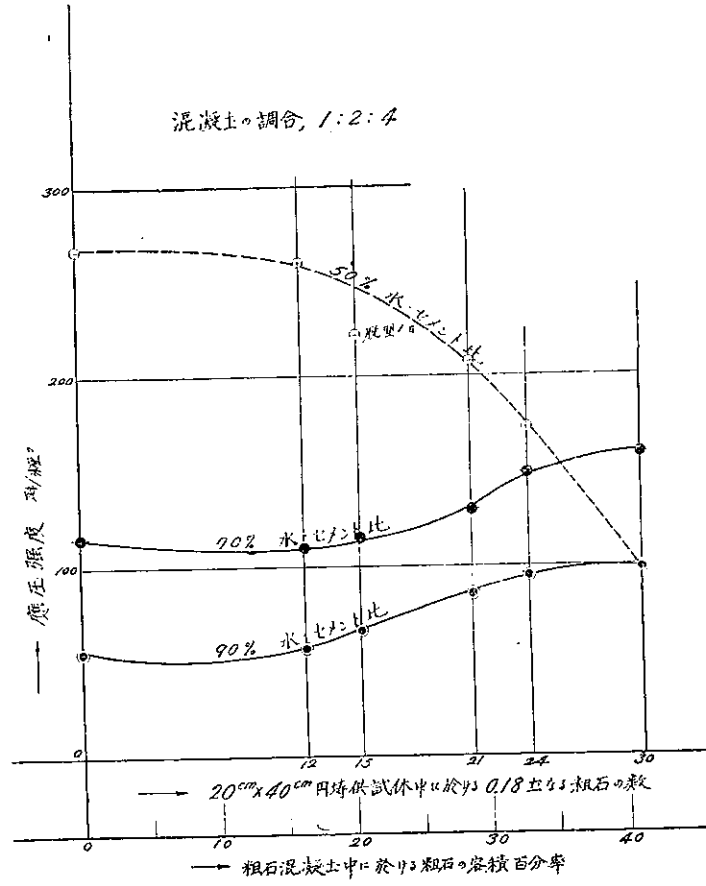
粗石の量 16.4%



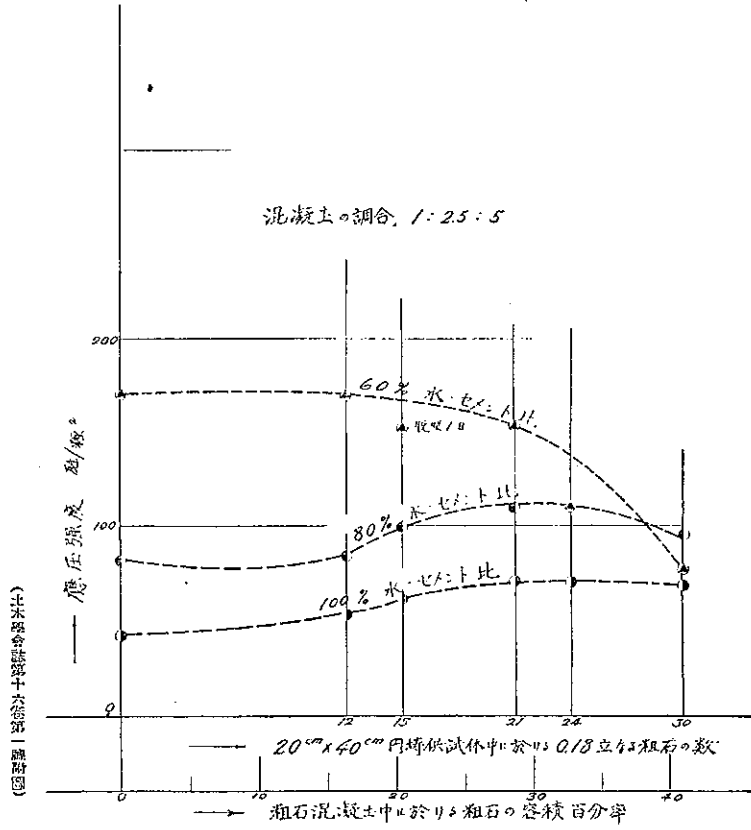
附圖第五



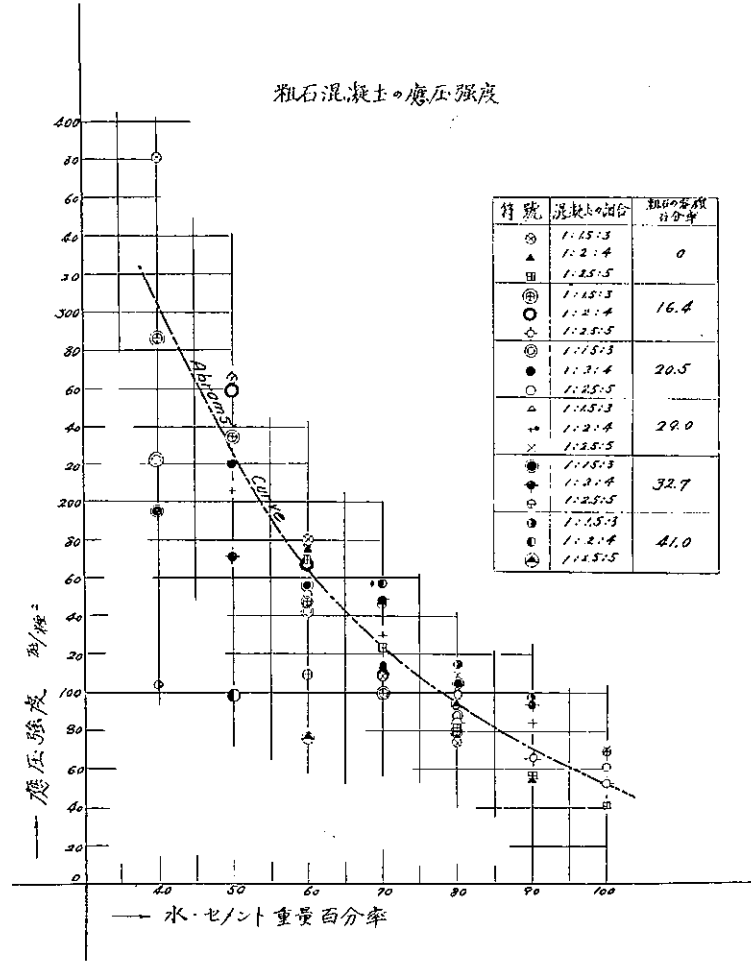
附圖第六



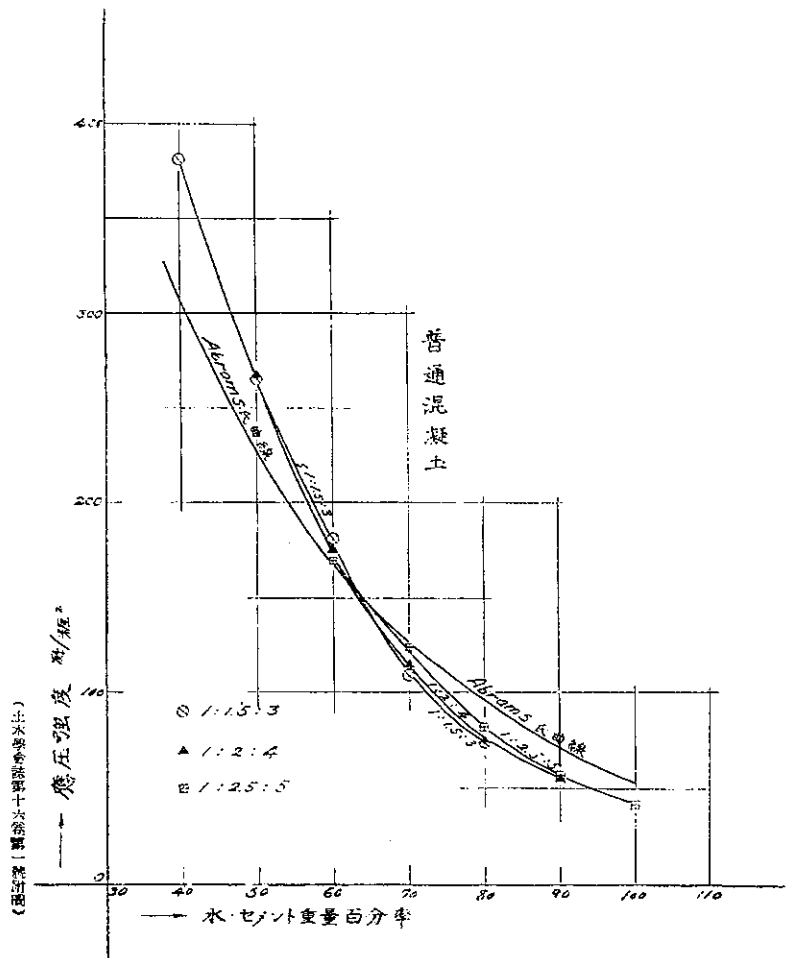
附圖第七



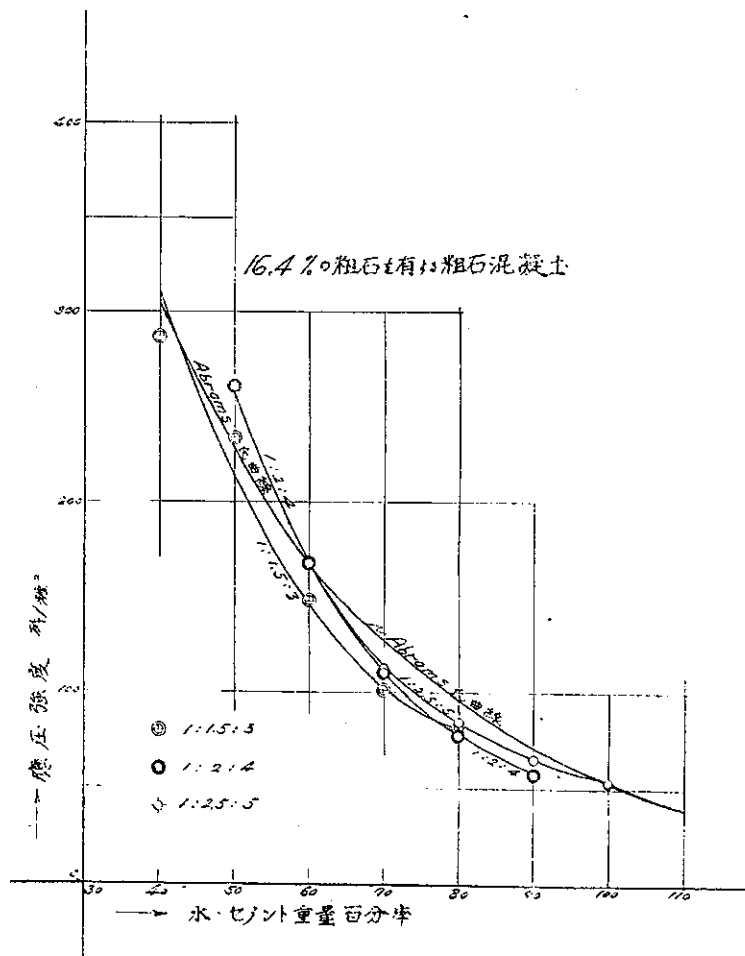
附圖第八



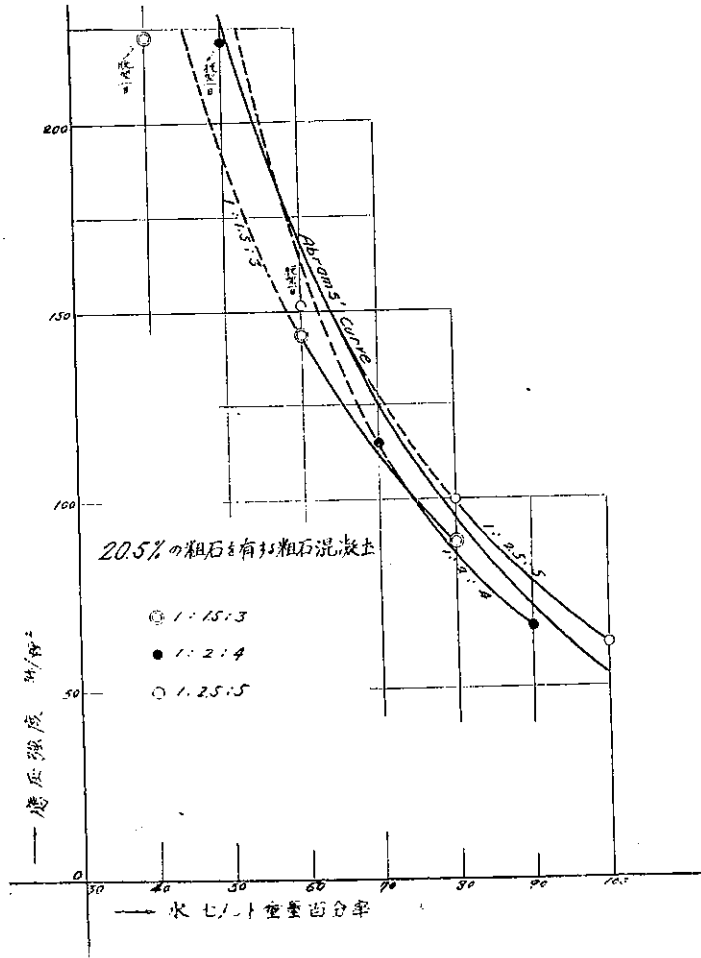
附圖第九



附圖第十

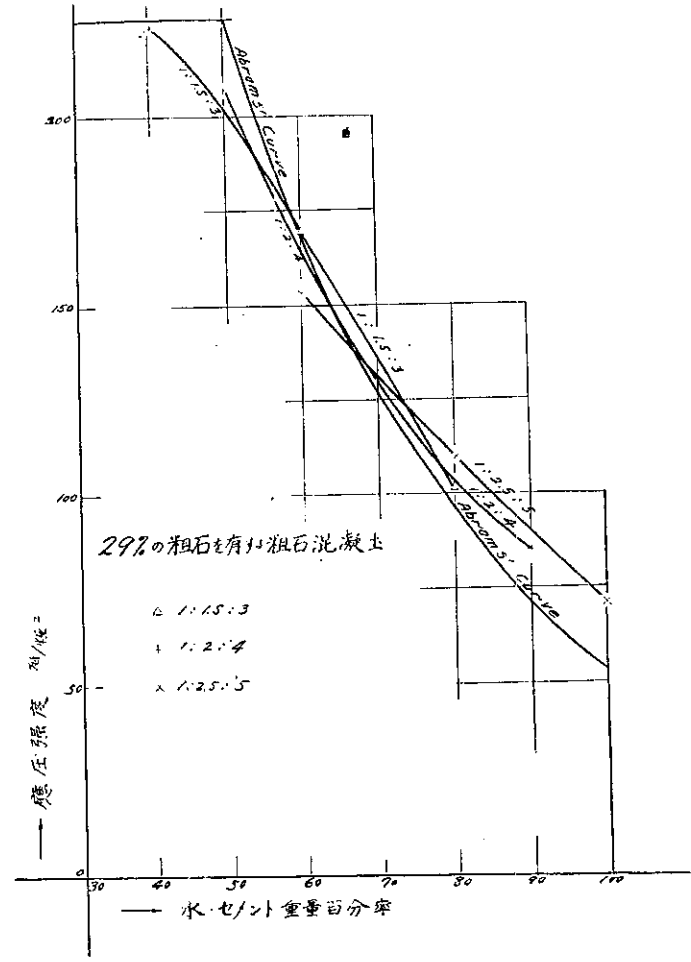


附圖第十一

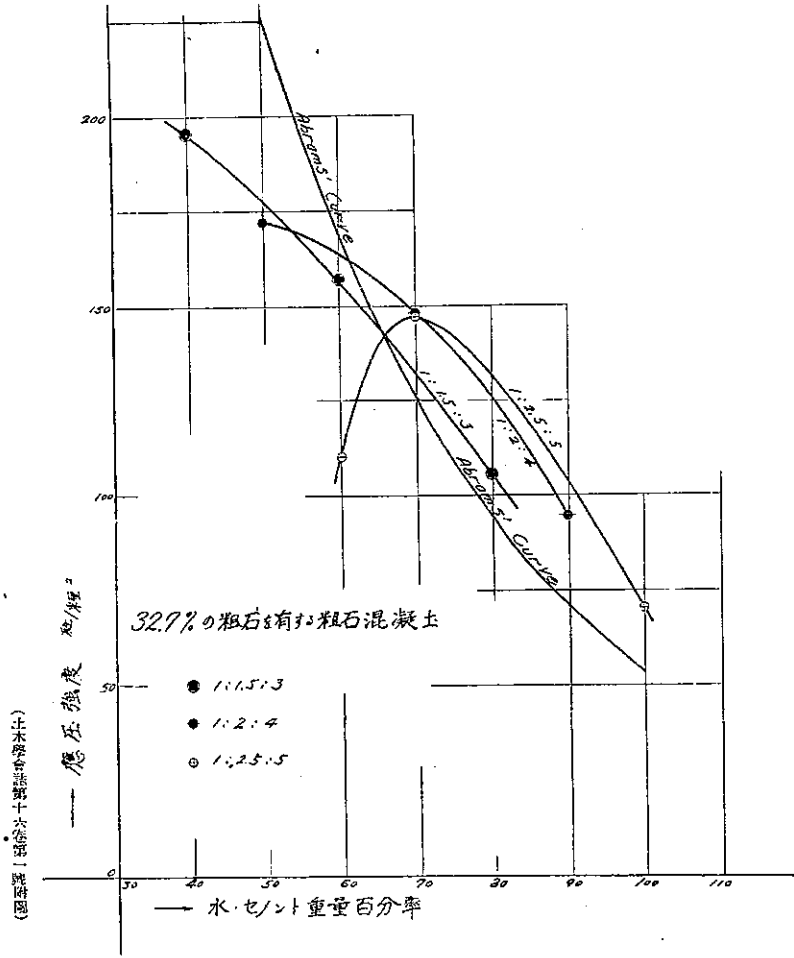


(五) 土木調査方法第十六卷第一號附圖(四)

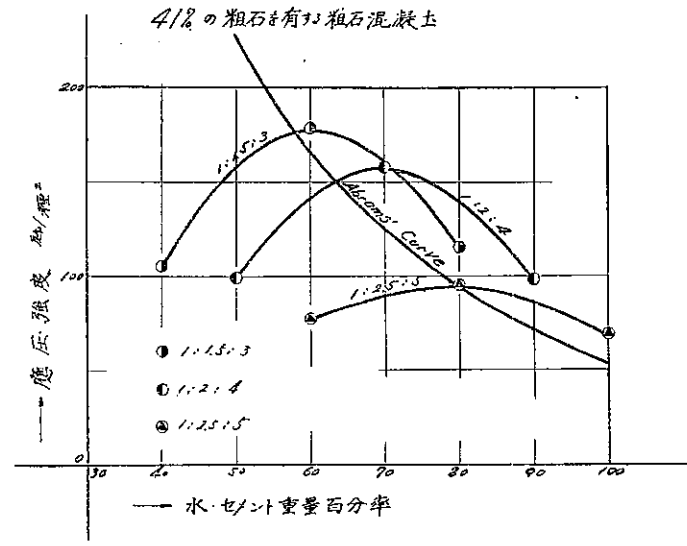
附圖第十二



附圖第十三



附圖第十四



(國產瀝青十號瀝青砂漿未計)