

急硬セメントに就いて

内務省土木試験所

三木巳代吉
稻生謙次

急硬セメントに就いては、曩に、筆者の一人(稻生)による抄譯あり、其の特徴を概説して、本誌三月號に掲載してある。近時、土木及建築の事業に於てセメントに對する要求は、實に多大なるものがあり、且つ、其の性質に關しても種々の希望がある。一般ポートルランドセメントは、其の硬化に長時日を要し、之が爲に、工事の進捗を拒まるゝこと多く、特に公共事業たる道路、下水等の工事にあつては、この爲に一般市民の不便、迷惑を醸すこと夥しきものがある。殊に之れに従ふものゝ急硬セメントに對する要望は、甚大なるものにならねばならぬ。加ふるに、ポートルランドセメントは、冬期低温に於いて、其の硬化甚だ不充分にして、攝氏零度以下に於いては、水分凍結の爲工事中止せざるを得ざるが如き不利がある。かかる缺點に對して改良を施すか、或は全然別種の材料を用ゐて、かかる缺點を有せざるセメントを製出することを得ば、たゞに工事施行者の便益のみならず、一般市民の福利を増進し得る點に於て、甚だ幸とせねばならぬ。今左に急硬アルミナセメント及急硬性ポートルランドセメントに關する二記事を抄譯し、其の性質及利用の途の一

トの如き材料を缺如せるを以て、直ちにアルミナセメントの如き物質を製造する事は困難とすることもあるべけれど、これを輸入使用することもなきに非るべく、或は又他に適當なる材料、方法を發見することなしとも斷言し得ざるべく、傍々其の性状用途を知るは、徒爾なるのみに非ざるべし。

(一) 米國アルミナセメント

アトラス會社製ラムナイトセメントは一種の水硬性セメントで、之が使用方法は、大體ポートルランドセメントと同様であるが、其の成分及性質は、兩者甚しく相違し、其を使用せし場合、其の結果に於て、著しく異なる所がある。

ポートルランドセメントは、其の原料としては、粘土質材料及石灰質材料を用ひ、兩者を混合したる後、燒成し、ここに得たるクリンカーを粉碎し、之れに少許の石膏を加へて製し

斑を見んと欲す。素より本邦には、アルミナの原料たるボーキサイ

たものであるに反し、アルミナセメントは、アルミナ質材料及石灰質材料を混合し、熔融状態迄加熱し、こゝに得らるゝ混合物を粉碎して製出せるものである。

兩者は、かく材料を異にせるを以て、其の硬化の状態に著しき相違がある。即ち、ポートルランドセメントの主成分は、多量の硅酸カルシウム及少量のアルミン酸カルシウムなるに、アルミナセメントの主成分は、多量のアルミン酸カルシウム及少量の硅酸カルシウムである。即ち、多量に含有する所を全く異にするのである。

ポートルランドセメントが、使用后、凝結の初期に於て示す強度は、其の内に含有せらるる少量のアルミン酸カルシウムに依るものである。多量に在在する成分たる硅酸カルシウムは、頗る緩硬性であつて、唯數週後に至つて、始めて、充分なる強度を生ずるに過ぎないのである。

これに反し、ラムナイトセメントの急硬性及初期に於ける多大なる強度は、實に、其の内に多量に含有せらるるアルミン酸カルシウムに依る所で、其の儘々一晝夜にして示す強度は、ポートルランドセメントが二十八日にして到達し得る強度よりも大なるものがある。

ラムナイトセメントを以てコンクリートを造るには、ポ

ートルランドセメントを以つてする場合と同様にして、之を砂、砂利或は他の混凝材及水と混合するものにして、其の場合水量の強度に及ぼす影響は、ポートルランドセメントを使用した場合と類似するものがある。

次にラムナイトセメントの凝結は緩慢で、初結時間は、ポートルランドセメントと大差なく、従つて混合、運搬、成型等に際して、不便を感じる事はない。唯、兩者の異なる所は、ポートルランドセメントが凝結の初期に於て、やゝ固化する傾があり、而も其の硬化が頗る遅緩なるに反し、ラムナイトセメントは凝結の初期に於いては、よくプラスチックな状態を保持するに拘らず、一度硬化し始むるや、其の硬化の過程は急速に進行するにある。

ポートルランドセメントは一見、外部より内部に向つて硬化するも、ラムナイトセメントは、内部より外部に向つて硬化する。而してラムナイトセメント硬化の際、其の内部が大なる強度に達せるにも拘らず、其の表面が柔軟なることは、屢々見受くる所で、これが爲に、凝結時間の測定に際しては、一般ポートルランドセメントに使用する稠度計を以つてしては困難を感じることもある。

一般にラムナイトセメントコンクリートは、五―六時間經

過すれば、其の表面に水分を與ふるも、セメントが洗ひ去られざる程度迄硬化し、既に十二時間を経過すれば、甚しく大なる強度に達する。かくの如き急速なる水硬性は、急激なる化學作用が、コンクリートの内部に進行しつゝあるものなることを表示するものにして、この化學作用の爲、多量の反應熱を一時に放出し、コンクリートの温度を著しく上昇せしむるものである。コンクリートの量多く、セメントに富める混合物に於いて、殊に然るを見る。而して温度變化の狀態を見るに、初期の二―三時間に於いては、殆ど何等の變化を認めず、其以後に於いて、温度は除々に上昇し、六―十二時間に於いて、最高温度に達し、其の後は、急速に下降する。この温度上昇によりて判定せらるゝ初期硬化の時期に於いては、コンクリートの表面に、水分を與ふることを必要とする。この水分は、蒸發及化學作用(水和作用)により消費せらるゝ水分を補はんが爲である。

然るに、この最高温度を生ずる時間は、不幸にして夜に入るを常とする(即ち、コンクリートを混合せる時より、八―十二時間の後なる爲である)を以て、水分を補給して發生熱を放散せむる人なく、これが爲に、ラムナイトセメントの試験に當り、往々、其の結果に異同を生じ易い。又、空氣の流

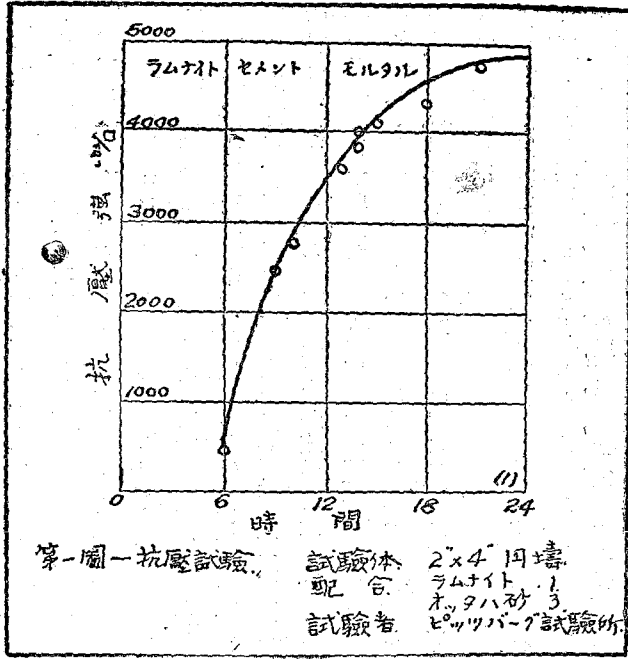
通悪しく、且つ容積小なる濕潤室に試験體を置く時は、反應熱の爲、却つて、乾燥狀態に於いて試験せるが如き惡結果に陥ることなしとせず。

佛國に於ける製造業者は「アルミナセメントは、其の效果に於いて、ポートランドセメントに倍加す」即ち、同一目的に對しては、コンクリートの量は、ポートランドセメントを用ゐたる場合に比し半減してもよい」と、言つてゐるが、實際工事に際しては、未だかくの如く實施せられてはゐない。然しながら、ラムナイトセメントを用ふれば、より多くの荷重に耐へ得べく、又、セメント含有量の少き混合物を使用することが出来る。

アルミナセメントの彈性率 (Modulus of Elasticity) は、ポートランドセメントの夫れに比して約二倍なる事は、米國に於いても佛國に於いても證明せられてゐる。彎折率 (Modulus of Rupture) 及鐵筋に對する接合力も亦然りとせられてゐる。かゝる試験結果は佛國製造業者の言を裏書するものである。

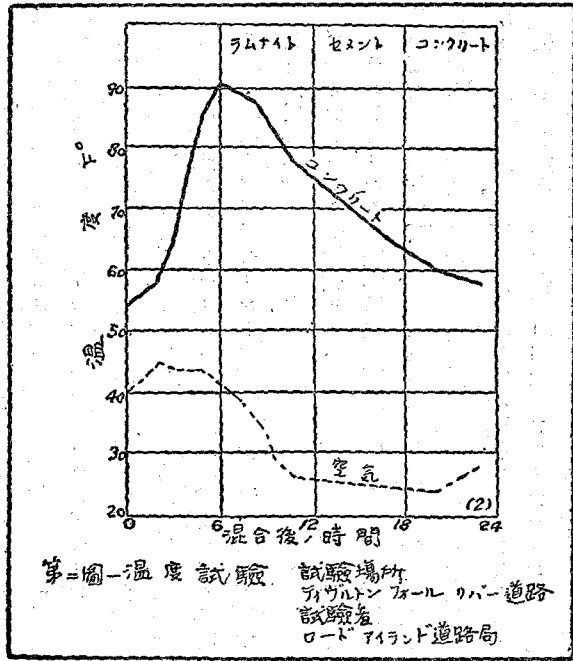
又佛國製造業者及米國發明者等は、アルミナセメントを使用すれば、ポートランドセメントを使用せる時に比し、大なる密度を得べしと主張してゐるが、實際に使用せる結果は、この主張を實證してゐる。

米國及外國に於ける研究及試験の結果は、アルミナセメントがポルトランドセメントに比し、遙かに低き温度に於いて



も、凍結による危惧なき事を表示してゐる。實地工事に際して、低温度に於いてアルミナセメントを使用したる結果は、亦上記の事柄を實證してゐる。而して之には二つの理由が存

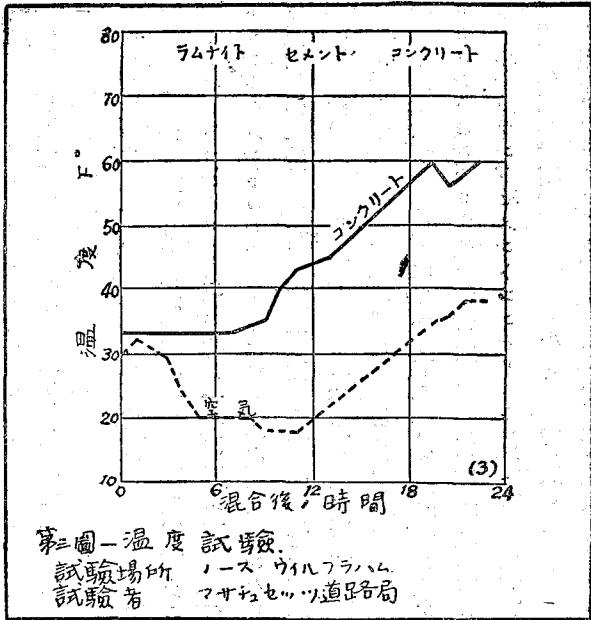
する。其の一つは、急硬性なるを以つて、寒冷の作用を受くる時間少きにあり、其の二は、急硬性即ち、急激なる化學作



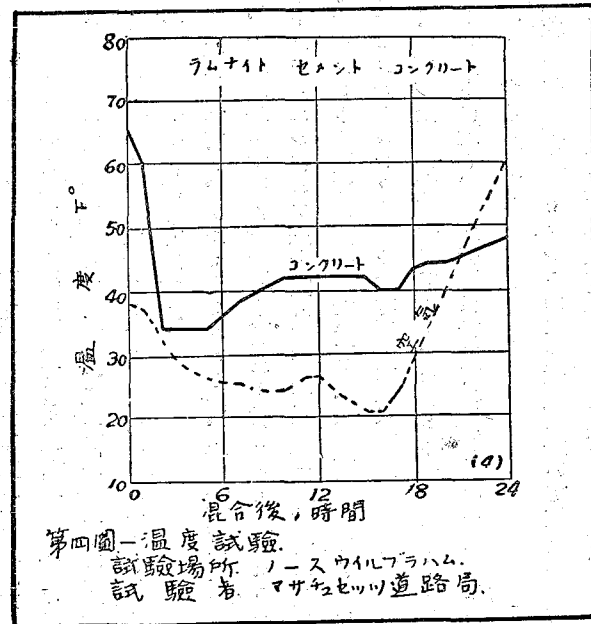
用により、多量の熱が発生せられるにある。第一圖は、ピツツバーグ試験所に於いて、二吋×四吋の一・三モルタルに付抗压試験を行なつた試験結果を示すものである。

第二圖は、ロードアイランド州道路局ソール氏の實驗に係るものにして、圖中一つの曲線は空氣の溫度を示し、他の曲

近時、コロンビア大學に於いて、ラムナイトセメントコンクリート抗壓強に對する低溫の影響について試験を行った。



第三圖—溫度試驗
試驗場所 ノースウイルフラハム
試驗者 マサチューセッツ道路局



第四圖—溫度試驗
試驗場所 ノースウイルフラハム
試驗者 マサチューセッツ道路局

線は、ラムナイトセメントコンクリート硬化の際、コンクリート中に於ける溫度を示すものである。コンクリート中の溫度は、深さ四吋の所に寒暖計を挿入して讀み取つたものである。

即ち、試験體としては、六吋×十一吋の圓摺を用ゐる、冷却せる材料及氷水を以つてコンクリートを造り、其の配合は、

ラムナイト

一

砂

四

とした。而して試験體は、直ちに華氏廿五度(攝氏零下四度)の凍冷器に入れ、廿八日間放置したる後、凍冷器より取出し、室溫に於いて、抗壓試験を行ひたるに、其の結果、毎平方呎三三〇〇封度であつた。

又一九二三―二四年に亘る冬期に於いて、厚さ十二吋のコンクリート壁が築造せられたが、其の一半は一・二(一?)ラムナイトセメントコンクリートで、他の一半は一・二・四のポルトランドセメントコンクリートより成つて居た。コンクリート混合用の水の溫度は、華氏三十四度(攝氏一度)で、成形の時の溫度は、華氏卅八度(攝氏三・五度)であつた。空氣の溫度は華氏四十度(攝氏四度)を超えたることなく、夜間は實に華氏卅二度(攝氏零度)にさへ降下した。この場合ラムナイトセメントコンクリートは、混合後五時間を以て凝結したれども、ポルトランドセメントコンクリートは容易に硬化せず廿四時間の後も、其の強度甚しく少きものであつた。

尙、近時、マサチユセツト州道路局の一工事に於いて、ラムナイトセメントコンクリート混合後廿四時間に於ける溫度變化の状態を記録せる結果は、第三圖、第四圖の如くであつた。

第三圖に於けるものは、冷却せる材料を用ゐる、コンクリート打ち上げ後、別に加熱を行はなかつたものである。コンクリートを流し込みたる後、其の表面を直ちに厚布を以つて蓋ひ、其の溫度は、表面に於いて、寒暖計を以つて測定した。第四圖に示すものは、八吋道路用スラブで、砂及砂利は凍冷せるものを用ゐる、混合機中に於いて、之を解體するには、ホーク式バーナを使つた。コンクリート成形後の溫度は華氏六十五度(攝氏十八度)であつた。

歐洲に於いても、アルミナセメントは、冬期建築に用ゐられ、成功を收めて居る。テイ、ジェ、グリンツト氏のストラクチュラルエンジニア紙上(一九二四年五月)に寄稿せるアルミナセメントに關する記事に於いても、低溫に於けるアルミナセメントコンクリートの有利な事が分る。(十數行略す)これ等、上記の實例は、アルミナセメントが、ポルトランドセメントに比し、遙か低溫に於いて使用し得べきものなる事を實證するものであ。

勿論、他種建築用セメント中にも低溫に於いて使用し成功せるものがあり、又防凍劑乃至硬化促進劑等も使用せられて居り、更に又、多額の費用を以つて、セメント硬化過程中、其の凍結を防がが爲に種々の用意が行はれてゐるが、ラム

ナイトセメントに至つては、これ等種々のセメント、藥劑乃至用意が企及し得ざる急硬性に於いて、遙かに優るものである。

附記、ラムナイトセメント使用に際しての注意、

一 材料はなるべく常温(華氏五〇—七〇度)ならしむる事。

二 ラムナイトは廿四時間に其の強度を發揮するものなるを以つて、この期間を限り、相當の保護を要する。やゝ寒冷なる氣候に際しては、コンクリート施工後最初の數時間は、寒氣に對して特に保護し、凝結のスタートを與ふべき事。

三 ラムナイトセメントに及ぼす効果が判然せざる間は防凍劑を用ゐるべからず。

抗 壓 試 驗 結 果
ラムナイト セメント コンクリート ブロック
コロンビア大學

| 種 別 | No. 1 | No. 2 | No. 3 | No. 4 | No. 5 |
|-----|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| 配 合 | 一ポルトランド 三砂 三ストラック | 一ラムナイト 三砂 三ストラック | 一ラムナイト 三砂 三ストラック | 一ラムナイト 四五砂 四五ストラック | 一ラムナイト 六砂 六ストラック |

| セメント 一種ニ就テ ブロック | 一夜蒸氣 室ニ入レ 其ノ後 外ニ放置 | No. 1 ト同様 | 混合後 戸外ニ 放置 | No. 3 ト同様 | No. 3 ト同様 |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| 六〇 | 六〇 | 六〇 | 九〇 | 一一〇 | |
| 平均 | 平均 | 平均 | 平均 | 平均 | 平均 |
| 二 八 日 | 七 日 | 二 日 | 一 日 | 平 均 | 平 均 |
| 九〇〇 八七五 九〇〇 | 六二五 六六五 六五〇 | 三〇〇 三二五 三四五 | 二二〇 二一五 二〇〇 | 一八〇 一七〇 一六〇 | 一五〇 一四〇 一三〇 |
| 一〇一〇 一〇四〇 一〇〇〇 | 九七五 一〇〇〇 一〇〇〇 | 七六八 一〇〇〇 一〇〇〇 | 九七二 九九〇 一〇〇〇 | 一八〇〇 一七五〇 一七〇〇 | 一四〇〇 一三〇〇 一二〇〇 |
| 二五〇 | 二八〇 | 二六八 | 九七二 | 二四〇 | 二五七 |
| 二四〇 | 一八〇 | 一八〇 | 二五七 | 二四〇 | 二五七 |
| 一五七 | 一五〇 | 二九三 | 九五 | 一五七 | 一五七 |
| 八〇八 | 七九七 | 六二七 | 四五五 | 八〇八 | 八〇八 |
| 六三五 | 八六五 | 六七 | 四四五 | 六三五 | 六三五 |
| 八八五 | 七五 | 五八五 | 四八五 | 八八五 | 八八五 |
| 九〇五 | 八〇五 | 五八五 | 四八五 | 九〇五 | 九〇五 |

(以上 三木)

(二) 急硬性ポートルランドセメント

實驗室に於ける「セメント」の試験結果と、現場に使用せる「セメント」混凝土構材の強度との關係に就いては、此れ迄色々の説が發表せられてゐる。此の事は英國「ポートルランド・セメント」規格制定以前、即ち粘性状態の「セメント」を模型に填裝して作られた試験體よりも五〇「パーセント」も高率な試験結果を與へる様な方法で試験體を作製した時に於ては當然の事であつた。現時に於ても一方に於て「セメント」製造業者等は現在の「セメント」は數十年前の「セメント」に比し二倍の耐伸強度を有する事を説き、此の際設計者をして「セメント」の「ウアーキング・ストレス」を増加せしめんとして居り、又他方に於て設計者等は混凝土の「ウアーキング・ストレス」を毎平方吋に六〇〇封度と限定し、構造物の設計に當り、理論的強度を計算するに、實驗室に於ける結果による事を不安に思つて居る。此の議論は「セメント」工業最近の發達の結果たる急硬性「ポートルランドセメント」と相關連して、繰返へされて來たのである。

急硬性「セメント」製造業者は、同「セメント」は二日間

で通常「セメント」の二八日間には期待さへも出來なかつた強度を有すると云ふ事を、室内試験によつて、明らかに豫想して居る。

急硬性「セメント」の一品種なる「フェロクリート」の製造業者等は、一般の建設作業に於けると同一「ダイメンション」の混凝土「ビーム」を普通の作業状態に於て施工者に作らせ、然る後個々別々に破壊試験を爲したる結果、實驗室と現場に於ける強度の問題を、幾分了解せしめた。以下其の試験の詳細に就いて述べる事とする。其の結果、室内試験は「セメント」混凝土作製傾向及び其の硬化度の、眞實の指標となる事がわかつたのである。然し、此の結論は、重要ではあるが、其の混凝土によつて示された著しき強度に就いて單時日に比較せられた結果らしい。即ち、六吋×一〇吋の切斷面を有し、十五呎の「スパン」を有する、混凝土は、二日間に於て、六噸以上の荷重に耐へたと云つても、此の事によつて、直ちに、數年後迄の強度を信する譯にはゆかないのである。

比較試験は、他の標準「ビーム」の試験は行はないで、普通市場に在る「ポートルランド・セメント」に依つて、行つた。

其の結果「フェロクリート」(急硬性)「ポートルランド・セメント」の混凝土は、普通「セメント」の其れよりも、二倍、或

は、三倍の強度を、有する事がわかつた。既に後者の一對三「モルタル」七日間の強度は、毎平方呎・四三二封であるから英國標準規格の強度の倍に當つてをるものである。

「フエロクリート」(急硬性)「ポートランド・セメント」の混凝土の耐壓強は、毎平方呎・二五〇〇封度(二日後)から、七〇〇〇封度(二八日後)以上の間に在る事を知る以上は、鐵筋なしの純混凝土の強度を宣傳するために、普通の方法の混凝土「ビーム」の試験を爲す事は、明らかに無用であるのである。

鐵筋混凝土に於ては、從來混凝土の「ウアーキング・ストレス」を六〇〇封度として設計するのが、普通であつた。然るに、今述べた混凝土によつて作製せられた「ビーム」は、二日間後に於てさへも、破壊荷重の爲めには、伸張部分に於て破壊される。何となれば、該「ビーム」の壓縮部分に於ける混凝土の強度は伸張部分に於ける鋼鐵の其れよりも、非常に大きなものであるからである。其の爲めに、特種混凝土が、二日後に所有する耐壓強を示す目的の爲めに、又破壊荷重のもとに、伸張による破壊を防止するために、特別に設計し、充分の鐵筋補強をなした「ビーム」を作る必要に迫られた。此の「ビーム」の設計は「オスカー・ハーバー」博士に依つて

行はれた。同氏は又混凝土の打込法及び「ビーム」の試験に就いての規格を書いた。其の「ビーム」の大きさ、及び、設計圖は、第一圖に示すが如くである。又「ハーバー」博士の規格は、大體左の如くである。

普通「セメント」及び「フエロクリート」(急硬性)「ポートランド・セメント」の、實地施行の際に於ける、比較的應力指示試験用「ビーム」の規格

第一圖と正確に一致せる二十四個の「ビーム」を作製す。此等の「ビーム」の内、十二個は、普通「セメント」を以て作製せられ、Aたる記號を付け、残りの十二個は「フエロクリート」を以て作製せられ、Bなる記號を付ける。而して、各「ビーム」にはA₁……A₁₂及びB₁……B₁₂の如く數字を付ける。凡ての「ビーム」は、同一日に、同一状態に於いて作製せられ、且、同一状態にて貯藏される。

混凝土 混凝土は、次のものから成る。

「ハム・リバー」砂利……八立方呎

(二分の一吋節を通過し、一六分の三吋節に、止まるもの)

「ハム・リバー」砂……四立方呎

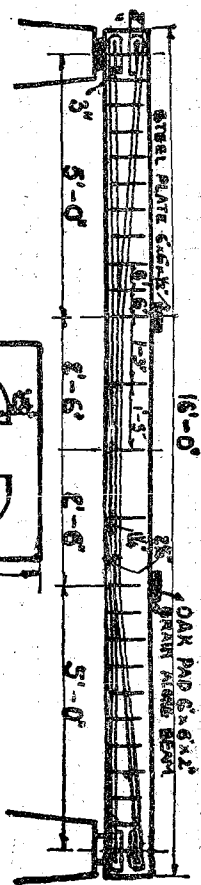
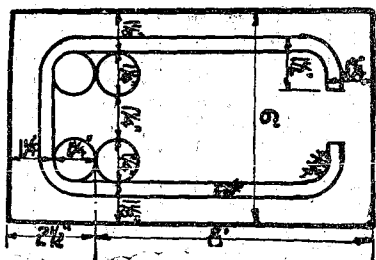


Fig. 1.



「水」……………一〇「ガロン」

水 右の水量は、砂利及び砂が、實際的に乾燥しておるものと、假定して、與へしものである。然し、若し、砂及び砂利が、濕潤状態に在るときは、水量は、乾燥せる原料に、一〇「ガロン」の水を、加へて得られた混凝土の稠度と同一になる様減じられなければならない。嚴密な比較試験を行ふ事が

打込 混凝土打込前、型枠の内面は、清掃し、石鹼水を塗布し、

- 「ハム・リバー」砂……………四立方呎
- 「ポートランド・セメント」……………二〇四袋入・一袋
- 水……………七・五「ガロン」

よりなる「セメント・モルタル」を、〇・五吋の厚さに、型枠

重要であるから、凡ての「フォーム」は、正確に同一水量を使用し、砂及び砂利は、全部一樣なる乾燥状態でなければならぬ。若し、一部分が他の部分よりも外觀上乾燥して居る様に思はれたならば、均等なる原料に依つて、打込みをした事を確證するために、混凝土打込前によく混合しなければならぬ。
混合 混合は、寧ろ、「バッチ・タイプ」の小さな混合機によつてやるのがよいが、若し手にてやる場合には注水前三回、注水後三回は練返すべきものである。

の底面に、打込み、然る後、直ちに普通の混凝土を、其の上
に打込むのである。一個の「ビーム」の混凝土打込作業は、
其れが終る迄は、絶えず續行しなければならぬ。

鋼鐵 鋼鐵棒は、英國標準規格に依り、「マイルド・スチール」
を用ふ。比較的結果の正確を期する爲めに、棒は凡て同一程
度に展鐵されたものでなければならぬ。此等の鋼鐵棒は正
確に第一圖の如き形狀に屈曲する。鋼鐵棒の先端に於ける屈
曲部は加熱しつゝ、屈曲し、中央部に於ける屈曲は、常温に於
て爲される。此等の鋼鐵棒は、針金製刷毛にてほろく／＼せる
鏽皮を剥落せしめるのである。

混凝土填裝 鋼鐵棒が「ビーム」の底面から正確の距離の處
に在る事は、特に「ビーム」の中央部に於ては、最も重要な
事である。此れを正確に爲す爲めには、特別の注意を要す
る。而して、假枠の側面に在る二個の孔に、八分の三吋の棒
を通して、其の上に正しく水平に鋼鐵棒を乗せる事によつて
其の目的を達せられる事が豫想された。即ち八分の三吋の棒
を「ビーム」の側面五呎（中心）の距離に豫備しておき、混
凝土打込が終るや否や凝結しない内に、取除くのである。

鋼鐵の試験 「メイン・ロッド」及び「スタラップ」として使
用した鋼鐵に關する試験結果は、記録しておくべきものである。

混凝土試験用立方體 「ビーム」に使用せると同一の混凝土
を以て、試験用立方體を作製する。試験體作製用模型は、鋼
鐵或は鑄鐵を以て作られしものを使用するのである。試験用
立方體には、各々前同様に A¹ …… A¹² 及び B¹ …… B¹² の符
號を付ける。

試験體取扱 試験用「ビーム」は、取扱中、常に兩端のみに
よりて支へらる。其の爲めには、一吋の穴を「ビーム」の高
さの中間にて兩端より四吋の處に残して、吊上げるのに都合
よき様にする。

假枠 假枠は一・二五吋の鉋仕上げをした木材から作り、三分
の二の處に止板を打付けて、混凝土の壓力の爲めに、假枠が
外方へ膨脹せんとするのを防ぎ、常に「ビーム」をして、正
確な「ダイメンション」を保持せしめる様に注意する。混凝
土打込の翌日、兩側面の假枠は、取除くけれ共、「ビーム」
は試験機にかけられる迄は、假枠の底面上に安置しておくべき
ものである。

試験 A 及び B の二種類の「ビーム」に付いて、左の期間に
於て試験する。

一 及び二 …… 二日間

三 及び四 …… 四日間

五及び六……………七日間

七及び八……………一四日間

九及び十……………二八日間

十一及び十二……………三月間

此等に相當する試験用立方體も亦、此等と同一期間に於て、試験する。試験するに當り「ビーム」は、心心一五呎二吋の距離にある、二ヶ處の鋼鐵板上に置かれた藁皮を附屬せる、六吋×六吋×二吋の、櫛製褥の上に靜置される。而して、荷重は兩支點から各々五呎にして、心心五呎二吋の處に置かれた鋼鐵板を乗せた六吋×六吋× $\frac{1}{2}$ 五吋の櫛製褥の上に、加へられるのである。非常に注意して、荷重が二つの力點間に等分に配分されて居るか、否か、及び荷重が「ビーム」に集中して居るか否かを見る。荷重は、急跳搖動する事なしに、除に加へられなければならぬ。又荷重は次の二つの場合に就いて記録しておく。

(イ) 最初の龜裂を生じたときの荷重。

(ロ) 「ビーム」が破壊するまでの最大荷重。

(イ) 及び (ロ) の結果は一致し得べき性質のものである。

「ビーム」は「エー・ヂャツカマン・アンド・サン」會社に依つ

て一九二四年十一月二四日「スラウ」の會社構内で普通の混凝土打込人によつて作製せられた。會社からの報告は大體次の様である。

砂利及び砂 砂利及砂は、地面上に置かれた鐵板の上に、使用前二日間被覆されて貯藏された。

木製型枠 木型は厚さ一・二五呎にて、三吋×二吋の貫を附屬せるものを用ひ、釘は裏側に於て釘頭を打平めた。「ビーム」の底面は、正しく水平に置いた九吋×三吋の椽の「ベッド」の上に、横へられた厚さ一・二五吋の鉋仕上げをした椽の木の床に、靜置された。

水 混合水は「フラウウルバン」地方會議所のものを使用し、混合時の温度は約華氏六〇度であつた。

混合 型枠の附近の清掃された板敷の練上臺にて、手にて練合し、型枠までは「バケツ」にて運搬した。普通「セメント」から「フェロクリート(急硬性)ポートランドセメント」に、或は其の逆に、練合を變更せし時には、練臺は凡て良く洗滌して、磨り磨いた。

「ビーム」を作製せし場所 「ビーム」は小屋の中で作製した。小屋は、天井及び三方は、亜鉛板にて圍はれ、一方には作業場までの入口として、數個の戸口を設け作業が終ると、

温度の調整の爲めの調整線板を除いた他の戸口は全部閉ぢた。混凝土打込中及び其の後の熱源は、二個或は三個の「コークス」火鉢及び「オイル・ランプ」及び十二個の「ハリケン・オイル・ランプ」より供給された。二四時間後、混凝土は凡て假枠から解装し、一日に二回づつ注水した。温度は常に華氏六〇度に保つた。

「ビーム」は試験期日に「スラウ」の小屋から車で「サウス・ケンシントン」の「シテイ・アンド・ガイド・エンヂニアリング・カレッジ」に運搬され、其處で多数の市技師其他立合の上、「エス・エム・ディクソン」先生監督のもとに試験した。

第一表は「ビーム」の比較試験に供された「フロクリート（急硬性）ポートランド・セメント」及び市場に在る「ポートランド・セメント」の普通の室内試験を示したものである。

第一表 室内試験結果

| | | | | | |
|-----------------------------------|---------|-------|-------|-------|---------------------|
| 細 度 一平方吋に 三四〇目篩 の上の残滓 | 「ネグレート」 | 〇・三% | 一時二〇分 | 二時二〇分 | カセチヤリユ膨脹 試験（西時間） |
| | 「ネグレート」 | 〇・三% | 一時二〇分 | 二時二〇分 | |
| 普通「セメント」 | 六・五% | 一時五十分 | 三時三〇分 | 一 | 耗 |

耐伸強試験（砂三：「セメント」一）

每平方吋の封度數

| | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 「フエロクリート」 | 一日 | 二日 | 三日 | 五日 | 七日 |
| 普通「セメント」 | 一一七 | 二一八 | 三五四 | 四〇五 | 四三二 |

耐壓強試験（「ハム・リバー」砂利四：「ハム・リバー」砂一「セメント」一）

每平方吋の封度數……試験體六吋立方

| | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 「フエロクリート」 | 一日 | 二日 | 三日 | 五日 | 七日 | 二八日 |
| 普通「セメント」 | 一、七五〇 | 二、九五〇 | 三、八五〇 | 四、八四〇 | 五、三六〇 | 六、八〇〇 |

第一表は「リレイ・ハーボード・アンド・ロウ」會社の一九二四年十月二十一日及び十一月十九日の報告から抜書きしたものである。

第二表は「ビーム」に就いて十四日間後迄の試験結果を示したもので「ディクソン」先生の報告から抜書きしたものである。

第二表 鐵筋混凝土「ビーム」の試験結果

| セメント | の 塑 齡 | ダイメンション | | 重量 | 最初龜裂を生じたる時の荷重(封度) | 最大荷重(封度) |
|-----------|------------|---------|------|-------|-------------------|----------|
| | | 巾 | 深 | | | |
| フエロクリート | 時一分 五二五 | 六〇五 | 一〇〇五 | 一、八三三 | 二、九七〇 | 一三、九七〇 |
| 同 上 | 五二七 | 六〇二 | 一〇〇五 | 一、九二一 | 一四、三八〇 | 一四、九六〇 |
| 普通「セメント」 | 五三〇 | 六〇九 | 一〇〇五 | 一、九二一 | 三、七〇〇 | 三、七〇〇 |
| 同 上 | 五三〇 | 六〇六 | 一〇〇五 | 一、八六一 | 四、一三〇 | 四、一三〇 |
| 日 時 | | | | | | |
| 「フエロクリート」 | 四一三・三 | 六〇九 | 一〇〇六 | 一、九二一 | 一五、五六〇 | 一九、六八〇 |
| 同 上 | 四一四・五 | 六〇二 | 一〇〇五 | 一、二七〇 | 一八、五五〇 | 一八、六〇〇 |
| 普通「セメント」 | 四一四 | 六〇三 | 一〇〇五 | 一、二六九 | 六、二五〇 | 六、三五〇 |
| 同 上 | 四一四・五 | 六〇三 | 一〇〇五 | 一、二八二 | 六、七三〇 | 六、八六〇 |
| 「フエロクリート」 | 七一三 | 六〇六 | 一〇〇五 | 一、二八五 | 一八、一七〇 | 〇、九〇〇 |
| 同 上 | 七一三・四 | 六〇六 | 一〇〇六 | 一、二八二 | 二二、一九五 | 二二、五四五 |
| 普通「セメント」 | 六一三・五 | 六〇六 | 一〇〇五 | 一、二七〇 | 九、二六〇 | 九、二六〇 |

| | | | | | | |
|-----------|----|-----|-------|-------|--------|--------|
| 同 上 | 七 | 六、四 | 一〇、六四 | 一、二八五 | 七、四二五 | 七、四二五 |
| 「フエロクリート」 | 二四 | 六、〇 | 一〇、五八 | 一、二七五 | 二四、三五〇 | 二四、五〇〇 |
| 同 上 | 二四 | 六、七 | 一〇、六七 | 一、二八二 | 二四、九九〇 | 二四、二四〇 |
| 普通「セメント」 | 二四 | 六、七 | 一〇、七〇 | 一、二八三 | 二四、二四〇 | 二四、二四〇 |
| 同 上 | 二四 | 六、八 | 一〇、七〇 | 一、二七五 | 二四、六八〇 | 二四、二七〇 |

試験用「ビーム」の設計者「オスカ・ハーバー」博士よりの報告によれば、次の曲線に示せる如き二十八日間に於ける試験結果を與へ、且該試験に對して次の様な評論を下してをる。

此等の室内試験は現場に於ける状態をあらはさなといふ考へを有する實地「セメント」使用者等によつて、疑問視されてきた、所謂室内試験であつてはならないと、決心したので、普通行はれる「セメント」及び「セメント・モルタル」の耐伸強・耐壓強試験、及び混凝土立方體の耐壓強試験のほか、一六呎の長さをも有する鐵筋混凝土の「ビーム」を一組作製した。其の「ビーム」は、凡て、同様に鐵筋にて補強された、異なる點は、半數は普通「セメント」にて、半數は特種急硬性「セメント」にて、作製された事である。此等の「ビーム」は「スラウ」に在る「チャツカーマン・アンド・サン」會

社内にて、實際的狀態のもとに現場に従事して居る技工によつて、作製せられた。

試験用「ビーム」を作製したと同一の混泥土で、試験用立方體を作り、「ビーム」及び「立方體」は、單に試験するといふ目的だけの爲めに、實驗室に送られた。何となれば、眞の試験は、疑ひもなく實驗室に於ける方が明白に爲され、又此書の試験體を作製せし狀態は實際的狀態ではないとは、如何しても云へないからである。

此等の試験用「ビーム」の鐵筋補強狀態・大きさ・荷重の用方向・等に就いての圖は、第一圖に付き前述した。豫備計算の結果此等の試験用「ビーム」を現場で經濟的立場から使用されてゐる様な尠少な「パーセント」の鋼鐵で作製する事は無用の事となるのである。何故かと云へば、鋼鐵の屈撓點は混泥土の耐壓強から見ると、大いに間隔があるので「ビーム」は皆荷重の爲めに、鋼鐵の性質によつて作用せられ、屈撓破壊して終ひ、肝要の混泥土の強度に就いては、何等小さな事になるのであるからである。例へば、普通行はれておる様に、〇・六七五「パーセント」の鋼鐵を使用したと、假走しで見ると、これは鋼鐵の「ウァーキング・ストレス」を每平方吋に、一六〇〇〇封度・混泥土の其れを每平方吋に六〇〇封度

として、計算したものに相當する。若し、鋼鐵の屈撓點を每平方吋に、四〇〇〇封度―此れは普通示されておる數字である―とすれば、明らかに「ビーム」は混泥土の「ストレス」が四〇〇〇封度と一六〇〇〇封度との比に於て、増加した六〇〇封度、即ち、換言すれば、混泥土の「ストレス」が每平方吋に一五〇〇封度(200封度 $\times \frac{40000}{16000}$)の時に、破壊する。其故に、此れよりも、もつと大きな「ウァーキング・ストレス」を有する混泥土を使用しても、鋼鐵の爲めに破壊する爲、何等の利益にはならない事になる。處で第一表に示した様に、「フエロクリート」は二日間後に於てさへ、既に一五〇〇封度以上の強度を有し、其後期間の經つに従つて、増加して行くを以て、今述べた様な試験體では、混泥土の強度を眞實に比較する事は出来ない。此の事によつて、何故比較的多大なる「パーセント」の鋼鐵を有する試験體を作り、鋼鐵の屈撓する以前に、混泥土が破壊する様にしたかがわかる。そして「ビーム」は皆全く同様な鐵筋補強をなしたために、其の結果は明白に比較せられ得るものである。

普通「セメント」及び「フアロクリート」によりて各々十二個合計二十四個の「ビーム」は、全部同一日に作製し、同一狀態に於て、貯藏された。「ハム・リバー」の砂利及び砂は、

正確に、五・五對一の割合で配合し、水は注意して取扱つた練合は手にて行ひ、混凝土打込前二分の一吋の厚さに「セメント・モルタル」を置いた。此れは、實際現場に於ける鐵筋混凝土構造に一致してゐるのである。鋼鐵は、英國標準規格に依り、「マイルド・スチール」にて、比較試験の爲めに鐵筋は凡て同一程度に展鐵されたものを使用した。鋼鐵は一・二五吋の棒の場合、屈撓點・每平方吋に二一・三噸・破壊強度は每平方吋に三一・五噸にて、八分の三吋の棒に於ては、屈撓點・每平方吋に二四・一噸・破壊強度每平方吋・三二・九噸であつた。『ビーム』は「シーア」によつて破壊しない様に設計した。

試験結果

發的の「テンション・ストレス」に充分打勝つ様に「コンプレッション」の状態にしておつた。「ビーム」を實驗室に運搬して試験機械の上に靜置せし後、此等の「ボルト」は取除いて次の「ビーム」に再び使用するのである。

試験結果は第二圖・第三圖及び第四圖に示されて居る。

第二圖は「コントラクター」によつて作られた試験用立方體の、破壊強度を各期間毎に「プロット」したものである。

試験用立方體は、各々『ビーム』に使用された配合原料より作製し、「ビーム」と同様に番號を附して同一状態のもとに貯藏され、同一時日に、試験に供せられた。『ビーム』は試験期日に車にて「サウス・ケンシントン」の「シテイ・アンド・ガイド・エンデニアリング・ガレツヂ」迄運ばれた。同「ガレツヂ」に於ては經驗に富める「エス・エム・デイクソン」先生及び「ヂェー・バー・サー」先生によりて、試験上多大なる便宜を興へられた。運搬中『ビーム』の上縁が、龜裂を生ずる危険を防ぐ爲めに、縁は鐵筋にて補強しないで、適當な坐金を有する四分の三吋の「ボルト」を使用して、運搬中に起る突

第二圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

第一圖は「コントラクター」によつて作られた「フェロクリート」の混凝土の結果を曲線にあらはした。此れに依ると、四日間にて每平方吋に、約四一〇〇封度の強度を有し二十八日間にて每平方吋に五三五〇封度を示す、即ち、換言すれば「フェロクリート」混凝土は、普通混凝土に較べて、四日後に於て、三・五倍の強度を有し二十八日後に於て、三・二五倍の強度を有する事となる。C及びD曲線は同一の事を「リレ

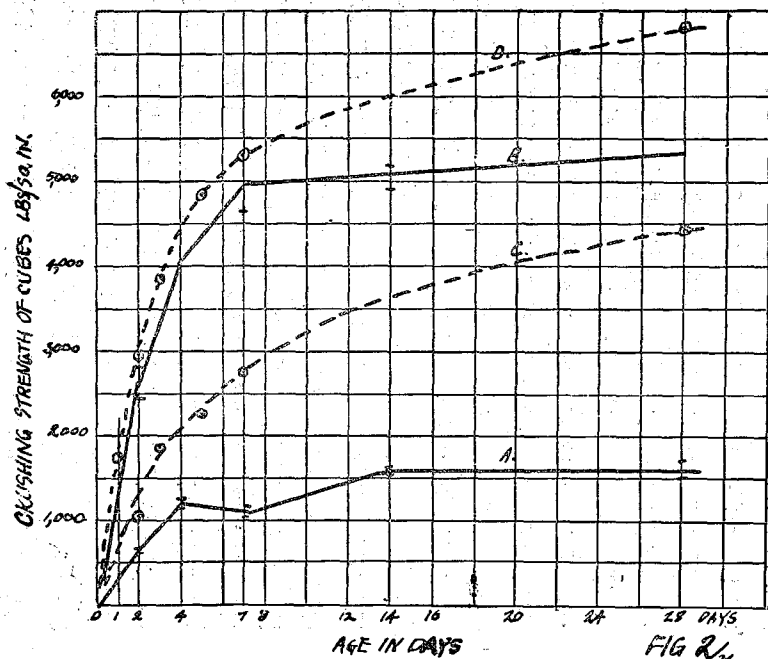


FIG. 2

に保ち、室内試験を行へる結果である。

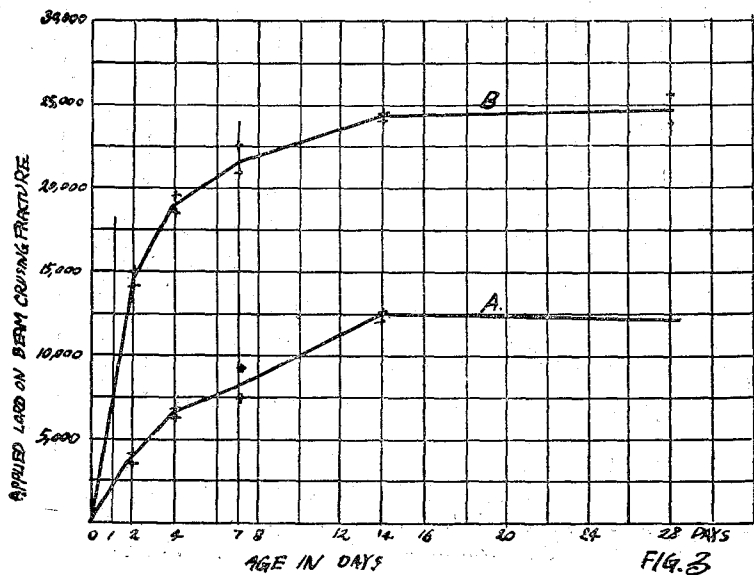
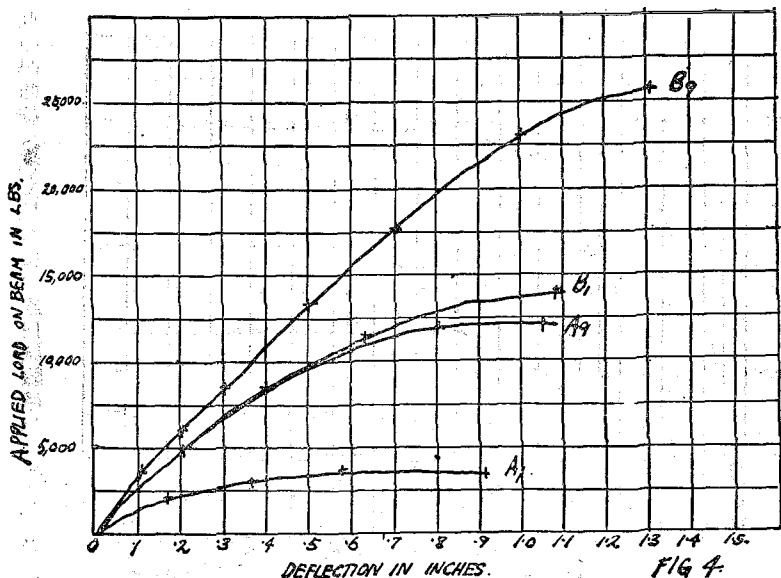


FIG. 3

此の四曲線に就き見るに、室内試験結果、即ちC及びD曲

線は『コントラクター』によりて現場で作製せられしもの、即ちA及びB曲線よりも高率な結果を與へておる。而して此の差異は、十四日及び二十八日のときに殊に著しい。此れは主として、試験『ビーム』及び此れに相當する試験用立方體、を十四日及び二十八日後の十二月の寒氣の中に取出したのに反して、實驗室にて作られた試験體は、終りまで標準温度に保たれてゐた爲めである。若し此等試験體が全期間を通じて濕潤せる温度状態に保たれて居つたなれば、疑ひもなく、強度を大いに増加して、A及びB曲線は殆んどC及びD曲線に接近する筈であるのである。

第三圖は、やはり、混凝土強度の、經過日數に對する、増加を示したものである。混凝土は、寒冷の候低温度に於ては、強度の増加は尠少になる事は衆知の事實である。第三圖は、第二圖の試験立方體のかはりに、それに相當する試験『ビーム』に就いての結果を『プロット』したもので、A曲線は、普通混凝土の破壊荷重を示し、B曲線は、急硬性『セメント混凝土』の其れを、示して居る。此れに依ると、四日間に於て普通『セメント』は、約六五〇〇封度の強度を有し、二八日間に於て、約一二二〇〇封度の強度を有することを示す。然るに、其れに相當する急硬性『セメント』の強度は、四日間



に於て、一九〇〇封度・二十八日間に於て、二四七五〇封度
メンツ」よりも、大なる荷重に少しも撓度を増加しないで、
である。従つて、急硬性「セメント」の「ビーム」は、普通
耐へ得るのである。即ち此の事からして、急硬性「セメント」
「キメント」の「ビーム」に比較して、四日後に於て約三倍・二
十八日後に於て、約二倍の強度を有する事となるのである。
増加しておると云ふ事がわかる。

第四圖は試験「ビーム」の荷重と、撓度（吋を以て示す）
との關係を示す曲線圖である。混雜を避くる爲めに、單に四

一 般的 結論

曲線を選んだのである。即ち、圖中A₁及びA₂の曲線は、
急硬性「セメント」は、實用的のものであり、且、其れは
二日後に試験した普通混雜土「ビーム」の結果であり、B₁及
單に、短時日に大なる強度を必要とする場合―例へば道路鋪
び曲線は同一状態にて試験した急硬性「セメント」混雜土の
裝・急速を要する建築物の表面處理・假柱・支棒等を急速に取
「ビーム」の其れである。圖に示した様に、撓度が一吋以上
除く必要に迫られし場合・同様に短時日に鐵筋混雜土杭を打
になる。試験體は破壊する。即ちA₁の場合には、三五〇〇
込む場合等―に限らず、期間は長くとも、非常に強度を増加
封彼で、B₂の場合には、三五六〇〇封度で、破壊して居る。
せしむる必要に迫られし場合、等には此の「セメント」の有
換言すれば、急硬性「セメント」は、普通「セメント」よりも
する大なる「ウァーキング・ストレス」を、正當に、利用して
大なる「ストレス」を有するばかりでなく、又實際普通「セ
盛んに使用し得るものである。（以上 稻生）

主要アスファルト鋪裝の組成比較

一 記 者

街路用アスファルト組成(Asphaltic composition)の多數は、

現今合衆國に於て常に使用せられ、且つ以前より顯著なるも