

大阪驛戦災高架橋修繕工事における セメントガン吹付工について

正員 二 松 慶 彦*

准員 後 藤 清*

1. 緒 言

大阪駅附近戦災高架橋の復旧に際し、種々の施工方法が比較検討され、其の結果セメントガンに依るグナイト工によるのが最も適当な工法として選定され最近漸く其の工事も完成し、略々予定通り成功したものと考えられる。

グナイト工は建設工事においては相当使用せられ、多数の報告書も発表せられて居るが、本工事のように営業線において施工中絶えず列車に依る振動を受けるものに就いては施工当初は可成懸念されるところであったが、幸い之れは取越苦勞に過ぎず、寧ろ本工法の有利なる点に関して認識を深めた。然し一面グナイト工の性質上不明なる点もあり、又幾多の不利なる点もあるので、之等に就いて随時現場担当者と協力して少し調査して見たので、其の結果を報告したいと思ふ。

2. 高架橋の被害状況

高架橋の被害は主として高架下に限られ、支柱、梁及び床版下部の鉄筋外被覆が剥落した。勿論場所に依り被害の程度は異つて居るが、相当長時間に亘り火焔を受けた結果コンクリートは表面より漸次内部に向つて変質し、被害の最も大なる部分では支柱及び梁の主力筋が露出して居つた。更に仔細に調査すれば、斯様な部分においてはコンクリートの変質は恐らく主力筋の深さ以上に及んでいるのでないかと考えられる。

以上の如き被害に鑑み、最も懸念されたことは構造物の強度であるが、かねて大阪鉄道局では京都大学に之れの調査を依頼し、次のような報告を受けた。

即ち之れによると、測定方法としては構造各部に露出せる主力筋に 10" の標点を附し、この標点距離が列車の運行によりて受ける変形を Whitmore strain gauge を用いて測定し、之れより発生応力の実値を測定したのである。今該 gauge の読みを a とするとこの変形実値は、 $a/10\ 000$ " であるから、標点距離 10" に就いての伸びは $\epsilon = a/10 \times 10\ 000$ となる筈である。今鋼の弾性係数 $E = 2100\ 000\ \text{kg/cm}^2$ とすると、発生

応力の実値は次の如くなる。

$$\sigma = \epsilon E = \frac{a}{10 \times 10\ 000} \times 2100\ 000 = 21 a (\text{kg/cm}^2)$$

別に高架橋設計図に就いて構造断面の寸法を精査し、列車荷重及び死荷重より生ずる応力を算出し、之れと前記測定応力との差異を調査したのである。

之れより測定値が許容応力 ($1\ 200\ \text{kg/cm}^2$ と仮定) に対して何程の安全率を有するか、更に測定値と計算値とが互に適合するや否やを判定し、之れを基にして構造物の欠陥の有無に就いて検討したものである。

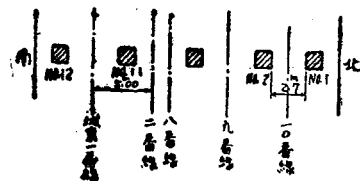
次に応力測定箇所を述べると、大阪駅東方梅田大通高架道橋と、阪急跨線橋との略々中央に位する高架橋支柱即ち該高架下の倉庫として使用せられて居つた西半部の東端にある支柱であつて、此支柱列としては 11 径間に支柱があり、南北端より 2 本宛 4 本の支柱に就き strain gauge を取付け、作用応力を測定したのである。支柱番号を北より No. 1, 2 …… 12 と命名する。

支柱 No. 1 (北端より 1 本目) コンクリート応力測定用

// No. 2 (// 2 本目) 鉄筋 //

No. 1 と No. 2 の純間隔 2.7 m 両柱の床版上 (中央) は 10 番線にして上り列車専用、支柱 No. 2 は北東隅のコンクリート剥落、鉄筋露出し、且つ全体が屈曲して居つたので、此の露出鉄筋の応力を測定した。

図 一 1



支柱 No. 11 及び No. 12 (南側 2 本) の上部床版は 1 番線 (城東線) であつて、主として電車荷重を受けている。

支柱 No. 11 (南端より 2 本目) コンクリートの応力を測定する。

* 日本国有鉄道、大阪鉄道局 大阪工事部

支柱 No. 12 (南端より1本目) 鉄筋の応力を測定する。

支柱 No. 12 は南東隅コンクリート剝落し、鉄筋が露出して居つた。

以上の計画に基づき応力測定を実施する等であつたが支柱は凡て火災のためコンクリートの被覆が剝落し、又は亀裂を生じ、著しく危険の状態を呈し、応力測定上必要な標点金具の埋込みも困難で測定不可能であつたが、鉄筋に関しては表-1 の如く相当大きな結果を得た。

火災によつて変質したコンクリートをビツクハンマーを以て取毀ち、梁及び柱には型枠を組み、普通の施工方法で新しいコンクリートを以て周囲を補強することにした。

旧コンクリートは大体 10cm 程度取毀ち、之れに約 20cm のコンクリートを打つことにしたから、大体一面に就いて原形よりも 10cm 位太くなつた。そして此の新しいコンクリートには縦鉄筋及び之れを取巻く帯鉄筋を挿入した。詳細は 図-1 に示す通りである。又床版底部及び被害の軽微なる部分に対しては

表-1

| 支柱番号 | 測定箇所 | 荷重の位置 | 荷重 | 変形読み | 測定応力 | 備 考 |
|--------|------|-----------|------|------|-------------------------|----------------------------------|
| | | | | a | 5 (kg/cm ²) | |
| No. 2 | 鉄筋 | 上 9 10 番線 | c 59 | 4.7 | 98.7 | 8 番線の通行荷重は No. 2 に影響せず 徐行 |
| " | " | " | c 53 | 5.5 | 115.5 | |
| " | " | 上 9 8 番線 | 電車 | 0 | 0 | |
| No. 12 | " | 下 9 1 番線 | " | 15.0 | 315 | |
| " | " | 上 9 2 番線 | " | 7.0 | 147 | |
| " | " | 下 9 1 番線 | " | 11.0 | 231 | |
| " | " | 上 9 2 番線 | " | 5.0 | 105 | |
| " | " | 下 9 1 番線 | " | 14.5 | 304.5 | |

以上の結果によると、活荷重最大応力は 115.5 (No. 2 支柱) 及び 315 kg/cm² (No. 12 支柱) であつて、之れに死荷重応力を加算すると、表-2 の如くなる。

表-2

| 支柱番号 | 活荷重応力 (kg/cm ²) | 死荷重応力 (kg/cm ²) | 総 応 力 (kg/cm ²) | 許容応力に対する百分率 |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|
| No. 2 | 115.5 | 70.6 | 186.1 | 15.5 |
| No. 12 | 315 | 70.6 | 385.6 | 32.2 |

之れに対する京大の結論としては、重要構造物の支柱応力としては稍々過大なるものと認められるから、適當なる方法を講ずる必要があると云うのである。

3. 施工概要

施工に先だち全区間に亘り高架橋の被害状況を詳細に調査し被害の程度に応じて之れに順位を附し、急を要するものから、順次着手する方針の下に差当り試験的に大阪駅構内梅田大通架道橋と京阪神電鉄線との間にあるフラットスラブの区間1間を直営で施工した。本工事によつて大体予定通り施工し得る確信を得たので他の区間に対しては、工費其の他の関係で請負に依つて分割、施工することにした。

施工の方法としては最初に柱、梁及び床版共何れも

セメントガンを使用して約 5cm 厚のモルタルを吹付けることにした。

今直営工事及び請負工事別に工事数量を示すと表-3 の通りである。

施工箇所及び工事の概略を示すと次の通りである。(図-2 参照)

(1) 直営工事 (大阪駅構内戦災高架橋復旧試験工事) 着手 昭和 20 年 1 月、竣功同 23 年 3 月
施工区間は大阪駅構内梅田大通架道橋と京阪神電鉄線との間にあるフラットスラブの部分の 1 間で、丸柱の鉄筋コンクリートによる補強 10 本、角柱の補強 (モルタル吹付) 8 径間及び床版補強 (モルタル吹付) 約 367 m² である。

(2) 請負工事

a. 大阪駅構内戦災高架橋復旧其一工事

着手 昭和 21 年 3 月、竣工同 22 年 1 月

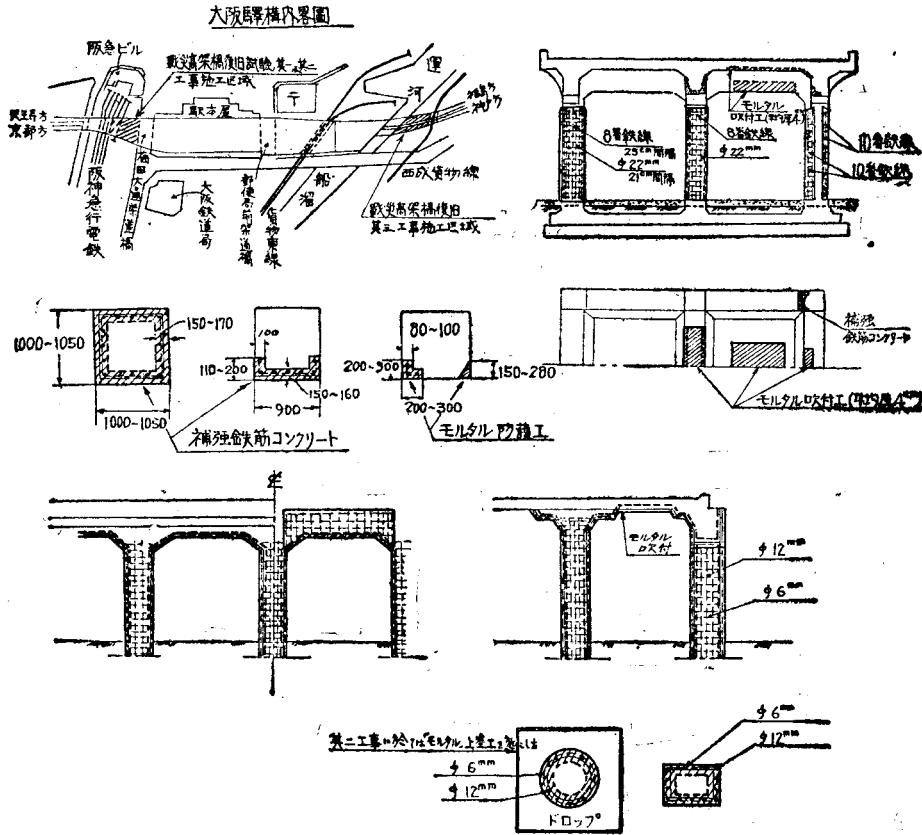
施工区間は梅田大通架道橋と京阪神電鉄線との間にあり、前記試験工事にて施工せる残りの部分に対し、丸柱補強 (鉄筋コンクリートによる) 56 本、角柱補強 (同前) 32 本及び横桁補強 (同前) 35 径間

b. 大阪駅構内戦災高架橋復旧其二工事

着手 昭和 22 年 10 月、竣工同 23 年 3 月

施工区間は前記其一工事と同一区間にして前記工事

図-2 大阪驛構内戦災高架橋復旧工事図



にて未施工の床版及びフラットスラブの支柱頭部即ちドロップに対する補強を主とするもので、後者ドロップの補強としてはモルタル上塗り工を施工した。そしてこの数量は約 55 ヶ所、又モルタル吹付による床版の補強は約 540m² である。

c. 大阪驛構内戦災高架橋復旧其三工事

着手 昭和 23 年 3 月、竣工 同 23 年 9 月

施工区間は大阪駅西方運河橋と福島架道橋との間にある東海道線及び西成線の高架橋であつて、角柱の鉄筋コンクリートによる完全補強 12 本、同部分的補強 48 本、同モルタルによる修理 49 本、モルタル吹付による桁の補強 52 径間及び床版補強 599m² である。

以上の請負工事は何れも鉄道建設興業株式会社と契約の下に奥村組によつて施工されたものである。

更に直営工事及び請負工事別に工事数量を示すと表-3 の通りである。

表-3 施行数量

| 品 名 | 種 別 | 単 位 | 数 量 |
|-------------|------------|----------------|-------|
| 直営工事 | | | |
| セメント | 50kg 紙袋入 | 袋 | 794 |
| 砂 | | m ³ | 52 |
| 鉄筋 | 6寸又 12寸 | kg | 88 |
| ホルルト | | 本 | 2 800 |
| 鉄線 | 20番 | kg | 155 |
| | 8番 | kg | 10 |
| 木材 | | 石 | 1 240 |
| 請負工事 | | | |
| セメント | | 袋 | 3 859 |
| 砂 | | m ³ | 4 577 |
| 鉄筋 | | kg | 4 079 |
| 鉄線 | 9寸 ~ 13寸 | kg | 5 400 |
| | 22寸 長 5.7m | 本 | 637 |
| | 8番 | kg | 2 190 |
| | 10番 | kg | 270 |
| | 14番 | kg | 90 |
| | 16番 | kg | 330 |
| 鉄釘 | 2寸又 3寸半 | kg | 1 210 |
| 木材 | | 石 | 104 |

表-4 支給材料表

| 名 稱 | 工事種類 | 単 位 | 単 價 | 取 量 | 直営工事 | |
|------------|-----------|----------------|------------|-----------|------|----|
| | | | | | 面積 | 数量 |
| 変質コンクリート取除 | 平均厚 10cm | m ² | 724.88 | 724.88 | | |
| 梁柱補強コンクリート | | m ³ | 76.41 | | | |
| モルタル吹付 | 平均厚 2.5cm | m ² | 366.54 | | | |
| 軟瓦跡清掃 | | m ² | 3,290.93 | | | |
| 請負工事 | | | | | | |
| 変質コンクリート取除 | 平均厚 10cm | m ² | 66.00 | 2,115.887 | | |
| 補強取除後復旧 | | m ² | 97.00 | 12,850 | | |
| 間仕切壁取除 | | m ² | 59.00 | 156,000 | | |
| 補強コンクリート | | m ³ | 1,149.70 | 315,180 | | |
| 鉄筋付構造物取除 | | m ³ | 493.90 | 68,169 | | |
| 基礎杭跡工事 | | m ³ | 2,500.00 | 7 | | |
| 軟瓦跡清掃 | | m ² | 8.20 | 2,397.450 | | |
| モルタル吹付 | 平均厚 4cm | m ² | 805.00 | 556,190 | | |
| ・ | | | 891.00 | 220,000 | | |
| ・ | | | 1,074.00 | 378,600 | | |
| モルタル上塗り | 平均厚 4cm | m ² | 333.600 | 389,310 | | |
| ・ | | | 8,800.000 | 11,000 | | |
| 基礎補強用根拠 | | m ³ | 466.500 | 222,250 | | |
| 基礎補強用モルタル | | m ³ | 2,049.000 | 3,740 | | |
| 補強取除 | 平均厚 10cm | m ² | 152.000 | 76,050 | | |
| 補強コンクリート工 | | m ³ | 5,797.000 | 74,100 | | |
| モルタル防護工 | | m ² | 12,769.000 | 9,400 | | |
| モルタル吹付後取除 | | m ² | 13,000.000 | 1 | | |

表-5 工事費

| 直営工事 | 工 費 | 236 181.00 円 |
|------|-------|-----------------|
| | 材 料 費 | 3 479.00 |
| | 工事用具費 | 1 000.00 |
| | 小 計 | 240 066.00 |
| 請負工事 | 工 費 | 2 529 503.182 円 |
| | 材 料 費 | 288 913.250 |
| | 小 計 | 2 818 416.432 |
| | 合 計 | 3 058 482.432 円 |

(4) セメントガン施工設備並に公称能力
既に周知のことと思われるが、簡単にセメントガン

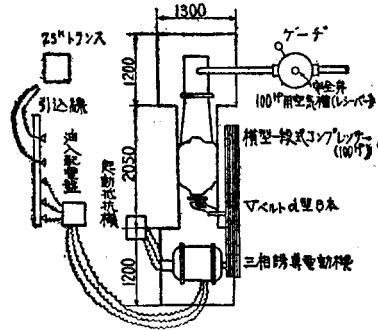
表-6

| 型式 | 能力 25cm ³ /h | 所要気圧 kg/cm ² | 空気量 m ³ /m | 空気モーター 動力 | 水量 立/分 | 材質ホース 内径 (m) | 輸送距離(m) | | 砂径 mm | 空気圧搾機 | | 重量 kg |
|------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------|-----------|--------------------|---------|----|----------|----------|-----------|----------|
| | | | | | | | 水平 | 垂直 | | 馬力 | 直径×行程 | |
| N~00 | 7.4 | 2.1~3.5 | 2.1 1.4 | 1.6 | 2.6 | 1.9 | 150 | 45 | 3 | 13 14 | // 7×6 | 445 |
| N~0 | 12.1 | // | 4.2 2.8 | 1.6 | 4.2 | 2.5 | // | // | 5 | 21 24 | 8×8 | 465 |
| N~1 | 22.3 | // | 5.0 4.7 | 2.0 | 7.6 | 3.2 | // | // | 6 | 30 36 | 9×8 | 787 |
| N~2 | 27.8 | // | 6.2 5.6 | 2.0 | 7.5 | 3.5 | // | // | 7 | 45 46 | 10×10 | 800 |

註：此表中能力の部は施工容易なる場合にして場所に依り 1/3 位の時あり、空気圧搾機馬力は、目的場所により増減することあり、重量は荷造整備等におけるものである。

の施工設備に就いて述べると、図-3 に示す如く圧搾空気発生設備としては 100 HP の空気圧搾機及び其の他諸種の器械器具を以て構造されている。即ち

図-3 コンプレッサー配置図



空気圧搾機：横型一段式 100HP (低圧)

空気槽(エアーレシーバー)

：内径 1m 高 2.1m 平均圧力 7.5k

トランス：7.5k

電動機：三相誘導電動機 起動抵抗機付

セメントガン：N-1型(態沢機械製作株式会社製)

送気管(エアーホース)：径 3sench

水タンク：1 $\frac{1}{2}$ 斗

其他附属器具器械

なお参考迄に本工事に使用した N-1 型セメントガン及び他の各型式の公称能力に就いて述べると表-6の通りである。

セメントガン機の外観は 図-4 に示す如く、これには 1房を有するのと 2房を有するものとの 2種類がある。前者は材料供給が 1房であるから、其の都度吹

付が間歇的となるのが欠点であるので、現在は主として後者の方がよく使用されている。前表中 N~00 型に属するものは前者の型式のものである。後者の外観及び機能順序を示すと、図-4 及び図-5 の通りである。

図-4

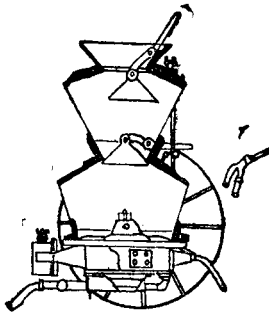
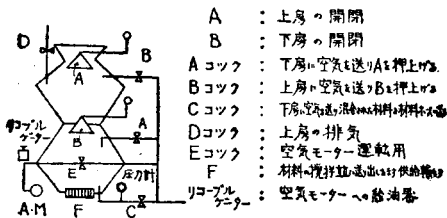


図-5 セメントガン機能略図



次にセメントガン機内の部分品の機能を略示すると図-6 の通りである。

更に水槽を略示すると 図-7 の如く、容量は1つのタンクで約6斗入れられる(約217L) 図中Aより圧搾空気を送りタンク内の水をBより噴出せしめる。作業前に注水栓より水をタンク内に注入して置けば、作業中十分である。

図-6

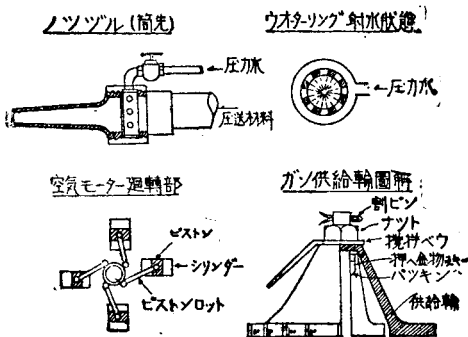
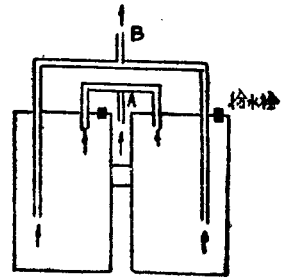


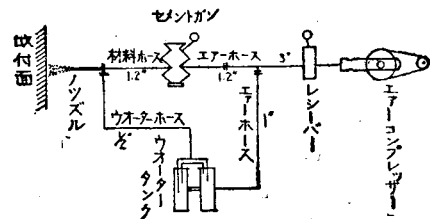
図-7



最後にグナイト吹付作業配置を示すと 図-8 の如く、又作業人員の配置としては作業の種類、材料運搬等に依つて異なるが極く一般の標準は次の通りである。

| | |
|-----------|---------------------|
| ノズルマン | 1 名 |
| 同 助手 | 1 名 |
| セメントガン運搬 | 1 名 |
| 砂 篩 分 | 2 名 |
| セメント篩 | 2 名 (新鮮セメントの場合は要せず) |
| 材料空練 | 2 名 |
| 材料投入 | 1 名 |
| 給 水 | 1 名 |
| コンプレッサー運轉 | 1 名 (世話役又は組員) |
| 計 | 12 名 |

図-8



5. グナイトの配合

既往の報告書によると、グナイト工の配合は次のようにするのが最も良好であると云われている。即ち砂は乾燥状態乾盛として、セメントと砂とを混合して機械に投入するときの容積配合比は次の標準による。

| | |
|-----------|---------------------|
| コンクリートの修築 | 1 : 3 |
| 防 水 | 1 : 3 以上の富配合 |
| 鉄材等の被覆 | 1 : 4 |
| 特別重要でない箇所 | 1 : 4 $\frac{1}{2}$ |

又水セメント比は施工に支障のない限り小なる方が良く55~65%を標準とすればよい。本工事においてはセメントと砂を容積比で 1 : 3 (乾盛) とし、水量は施

工箇所によりノズルマンが適宜手加減によつて施工することにした。

(a) 砂

普通セメントガン吹付工事に使用する砂は次に示すような粒度のものが適当といわれている。

| | | | | | | | |
|--------------|---|-----|-----|-----|-----|------|---------|
| 網 篩 | 5 | 2.5 | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | |
| 各篩に留る量の百分率 % | 0 | 14 | 32 | 60 | 87 | 97 | FM=2.90 |

即ち網篩 2.5mm 1.2mm に留る量が少く 0.3~0.15mm に留る量が多い砂を使用すれば飛散(ロツス)が少いからである。本工事に使用した砂は和歌山縣紀の川より採取したものであつて、之等に就いては調査した結果を示すと次の通りである。

- 砂の比重 2.50~2.59
- 砂の単位容積重量 1 620~1 650 kg/m³
- 砂の含水率

普通グナイト工に使用する砂の含水率は 3 ~ 4 % (重量比) が良いといわれているのであるが、現場に堆積された儘の試料を採集して調査した結果 3.95 ~ 5.6 % であることを知つた。

砂の粒度 篩分け試験に依つて大体 表-7 のような結果を得た。

表-7

| 篩目 (mm) | 残留重量 (g) | 残留量 (%) | 残留累計 (%) | 通過量 (%) |
|----------|----------|---------|----------|---------|
| 2.5 | 30 | 6 | 6 | 94.0 |
| 1.2 | 53 | 10.6 | 16.6 | 83.4 |
| 0.6 | 211 | 42.2 | 58.8 | 41.2 |
| 0.3 | 115 | 23.0 | 81.8 | 18.2 |
| 0.15 | 86 | 17.2 | 99.0 | 1.0 |
| 底 飯 | 5 | 1.0 | 100.0 | |
| 計 | 500 | 100.0 | 262.2 | |
| 粗粒率 (FM) | | | 2.622 | |

即ち此の結果によると、粗粒率は大体 2.622 前後の値を示し、粒径 0.6~0.3mm の砂が多いことが分る。

砂の含水率による膨み 砂の膨みを簡単に知るため現場より採取した砂を定量になる迄乾燥し、含水率に依じた砂の容積変化を測定して見た。其の結果は表-8 の通りである。

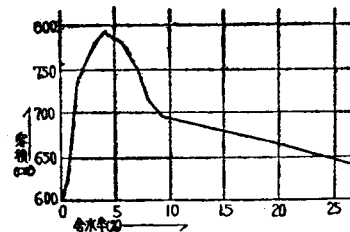
表-8

| 含水率 % | 砂の重量 (g) | 砂の容積 (cc) | 含水率 (%) | 砂の重量 (g) | 砂の容積 (cc) |
|-------|----------|-----------|---------|----------|-----------|
| 0 | 885 | 600 | 7 | 946.95 | 750 |
| 1 | 893.85 | 632 | 3 | 955.80 | 715 |
| 2 | 902.70 | 735 | 9 | 964.65 | 700 |
| 3 | 911.55 | 771 | 10 | 973.50 | 695 |
| 4 | 920.40 | 791 | 15 | 982.35 | 685 |
| 5 | 929.25 | 781 | 20 | 991.20 | 675 |
| 6 | 938.10 | 765 | 25 | 1 000.05 | 650 |

表-8 の結果を図示すれば 図-9 の如くなる。

図-9 砂の膨み曲線

図からも明かなように、大体膨みは含水率 4 % の時に生じ、其の膨みは約 32 % にも達している。又前記



現場における砂の含水率が大体 4 % 前後であることから見て最大膨みの状態にあることが分る。

(b) セメント

本工事に使用したセメントは大阪窯業セメント会社の製品 (50 kg 袋入) で工事着手以來相当日數を経過して居つたので予め之をセメント篩にかけて使用した。

セメントは普通重量比で配合されるのであるが、本工事では木の枿で輕盛で計量した。セメントは 1 500 kg/m³ と規定してあるが其の詰方により最小 1 000kg より 1 450 kg 迄も 変化するので計量方法を一定した。

(c) 水

セメントと同様水はコンクリート又はモルタルの強度を支配する重要因子となるので水量に就いては十分工事経験のあるノズルマンに一任した。使用水は大阪市上水道である。

(d) 現場配合

セメントガンに供給するセメント及び砂は次に示す大きさの枿により容積比で 1:3 (輕盛) の割合にて計量し之れをセメントガンに供給するに便なる位置で空練した。此のドライモルタルをショベルにて上房に供

給し、其の1回の投入量は約 0.055 m³ (2才) で之れを消費するに平均8分間を要した。

枡の容積 $V = 0.35 \text{ m} \times 0.23 \text{ m} \times 0.23 \text{ m} = 0.018515 \text{ m}^3$ 依つてセメント、砂、軽盛の容積は夫々 0.018515 m³ 及び 0.055545 m³ である。然るに前記の 1:3 容積配合は軽盛としてセメントの膨み及び砂の含水量に依る膨みを考慮に入れて居らないから、之れを標準配合に直すと次の如くなる。

i) セメントの膨み セメントを軽盛にした場合約2割の膨脹を示すからセメントの標準容積は次の如くなる。即ち

$$\text{セメントの標準容積 } V_c = \frac{0.018515}{1.2} = 0.01543 \text{ m}^3$$

ii) 砂の膨み 現場に堆積された砂は 4~5% の含水率を有し、之れは最大膨みの状態にあることは図-9 より明かであるから、此の点に就いて修正すると

$$\text{砂の標準容積 } V_s = \frac{0.055545}{1.32} \div 0.04208 \text{ m}^3$$

iii) 標準配合 前記 (i) (ii) より標準配合は次の如くなる。

$$V_c : V_s = 0.01543 : 0.04208 \div 1 : 2.08$$

iv) 砂のみ軽盛の配合 セメントガンに投入するドライモルタルの配合としては前記の如く砂のみ乾燥状態軽盛が良いと云われているから、之れに依ると次の如くなる。

$$V_c : V_s = 0.01543 : 0.055545 \div 1 : 3.6$$

即ち此の結果によると、前記標準配合よりも貧配合であることが分る。本工事の性質より判断すれば、1:3~1:4 でよいように思われる。

(e) グナイトの配合及び砂の粒度

現場配合に就いては前記の通りであるが、吹付けられたグナイトが如何なる配合になつているか疑問に思われたので簡単な装置で之の配合を實驗して見た。

i) 砂の粒度 被災箇所へ吹付後のグナイト中に含まれる砂を洗滌して後之れを篩分けた。其の結果は表-9 及び 図-10 の如くで之れによつて吹付前との差異を知ることが出来た。

図中点線は鉄筋コンクリート用細骨材の粒度限界を示したものである。此の図に依つて比較して見ると、粗砂は吹付によつて乗散していることが分る。故に前述の如く、グナイト用砂としては 0.3~0.15mm の微粒砂が多い方が好結果を與えるようである。

表-9 グナイト洗滌砂篩分試験結果

| 篩目 (mm) | 残留重量 (g) | 残留量百分率 (%) | 残留率累計 (%) | 通過量 (%) |
|---------|----------|------------|-----------|---------|
| 2.5 | 93 | 3.5 | 3.5 | 96.5 |
| 1.2 | 342 | 13.0 | 16.5 | 83.5 |
| 0.6 | 1901 | 71.0 | 87.5 | 12.5 |
| 0.3 | 128 | 4.6 | 92.1 | 7.9 |
| 0.15 | 176 | 7.0 | 99.1 | 0.9 |
| 底版 | 24 | 0.9 | 100.0 | |
| 計 | 2665 | 100.0 | 298.7 | |

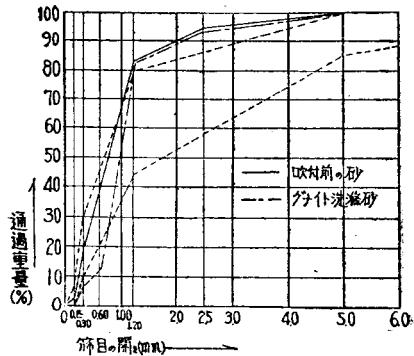
FM = 2.987

ii) グナイトの配合 被災箇所へ吹付後直ちに該箇所のグナイトを採取し、之れを洗滌して其の配合を調査して見た。以下其の要領及び結果を述べよう。

イ) 試験方法 採取したグナイトを 2L 枡 (標準枡) に填充し、該グナイトの容積重量を測定した後 0.15mm 篩に受けてセメントペーストを洗滌する。次に砂の容積及び砂の乾燥後 (重量となる迄乾燥) の重量を測定する。予め此の試験前に現場使用のセメント及び洗滌後乾燥した砂の比重を測定して置く。

斯くして計算により配合を算出するのである。

図-10 細骨材篩分曲線



此の方法は幾多の欠点もあり、試験としては余り満足すべきものではないが、簡単に配合を知る上に便利な方法である。

ロ) 試験器具 ルシヤテリエレ比重瓶 2L 金属製枡 1000cc 入メスシリンダー秤器 0.15mm 網篩、搗棒等

ハ) 試験結果

表-10

| | | | |
|---------|-----|---------|-----------|
| セメントの比重 | 3.1 | モルタルの重量 | 4 095 g |
| 砂の比重 | 2.5 | 砂の容積 | 1 594 cc |
| モルタルの容量 | 2L | 砂の重量 | 2 388.5 g |

註： 上記試験結果は5回測定の平均値を示す

計算

砂の単位容積重量 = $2388.5 / 1594 \div 1.50 \text{ g/cm}^3$

砂の空隙率 = $2.5 - 1.5 / 2.5 \times 100 = 40 \%$

砂の絶対容積 = $1594 - 1594 \times 0.4 = 956.4 \text{ cc}$

セメントペーストの絶対容積

$$= 2000 - 956.4 = 1043.6 \text{ cc}$$

セメントペーストの重量 = $4095 - 2368.5 = 1706.5 \text{ g}$

今セメントの重量 $x \text{ g}$ 水の重量を $y \text{ g}$ とすると次式が成立する。

$$\begin{cases} x + y = 1706.5 \\ \frac{x}{3.1} + y = 1043.6 \end{cases}$$

上式を解けば $x = 978.5 \text{ g}$ $y = 728.0 \text{ g}$

然るに水の重量 y の中には実験誤差による空隙を含んでいるものとし、之を 40% とすると

水の実質量 $y' = y - y \times 0.4 = (1 - 0.4) \times 728 = 436.8 \text{ g}$

故にセメントと砂の重量比は次の如くなる。

セメント : 砂 = $978.5 : 2388.5 = 1 : 2.44$

水セメント比 $w/c = 436.8 / 978.5 = 0.44$ 即ち 44% となる。之れを標準容積比に換算すると、次の如くなる。但しセメント 1600 kg/m^3 , 砂 1600 kg/m^3 とする。

セメント : 砂 = $1 / 1500 : 244 / 1600 \div 1 : 2.3$

本計算においては普通水量は $w/c = 27 \%$ を超過しないように定めてあるが、44% もあり、実験誤差の結果であるように思われる。

⇒) 以上の実験結果より配合はセメントに投入したものと余り変化はないが、唯粗粒の砂が幾分飛散したのではないかと思われる。

6. セメントガン吹付効果試験

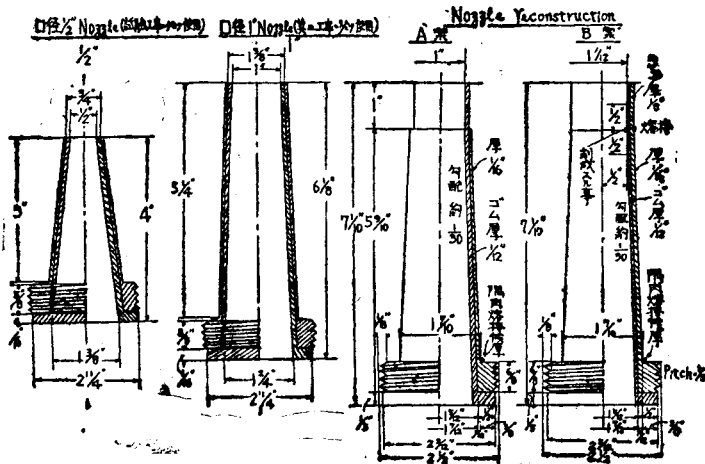
i) 工事に使用したノズルの型式

本工事においては常に標準型(図-11)のノズルで施工されて来たのであるが、京都大学の村山教授指導による改造ノズルを併用し、其の能率効果を比較

表-11

| | 改造 A 型 | 改造 B 型 | 標準型 |
|------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 吹付量 | セメント 0.0185 m^3 | 砂 0.0555 m^3 | |
| 吹付面積 | 1 m^2 | 1 m^2 | 1 m^2 |
| 吹付時間 | 6分45秒 | 6分30秒 | 7分10秒 |
| セメントガン平均圧力 | 1.1 kg/cm^2 | 1.2 kg/cm^2 | 0.8 kg/cm^2 |
| グナイト平均厚サ | 2.06 cm | 1.67 cm | 1.85 cm |
| 落下量 | 約 0.026 m^3 | 約 0.032 m^3 | 約 0.030 m^3 |
| 使用水量 | | 4.221 L | 5.893 L |
| 備考 | ゴム動搖によりモルタルがノズル外に流出する傾向がある。 | 改造ノズルの継目のためモルタルがノズル外に流出する傾向がある。 | |

図-11



検討するために実施した試験である。之等に使用したノズルの型式を示すと図-11の如くである。

ii) 試験要領並びに試験結果

a) 能率試験其一 グナイトの吹付は上図吹付とし床版底面上に単位面積 1 m^2 を取り、熟練せるノズルマンにより任意の吹付距離角度及び圧力を以て実施した。

そして本試験によつて調査した事項は吹付所要時間、セメントガン機における平均圧力、グナ

表-12

| | 改 造 A 型 | 改 造 B 型 | 標 準 型 |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 吹 付 面 積 | 9.2 m ² | 7.8 m ² | 2.8 m ² |
| 使 用 砂 量 | 0.48 m ³ | 0.44 m ³ | 0.16 m ³ |
| 〃 セメント量 | 6袋 (45 kg入) | 5.5袋 (45 kg入) | 2.0袋 (45 kg入) |
| 平 均 厚 サ | 0.0259 m | 0.0235 m | 0.026 m |
| セメントガン平均圧力 | 1 kg/cm ² | 1 kg/cm ² | 1 kg/cm ² |

表-12 の結果を吹付面積 1 m² 当りに換算すると 表-13 の如くなる。

表-13

| | 改 造 A 型 | 改 造 B 型 | 標 準 型 |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 吹 付 面 積 | 1 m ² | 1 m ² | 1 m ² |
| 使 用 砂 量 | 0.052 m ³ | 2.056 m ³ | 0.057 m ³ |
| 〃 セメント量 | 29.25 kg | 31.5 kg | 31.95 kg |
| 平 均 厚 サ | 0.0259 m | 0.0235 m | 0.026 m |
| セメントガン平均圧力 | 1 kg/cm ² | 1 kg/cm ² | 1 kg/cm ² |

イトの平均厚サ, 落下量及び使用水量等で其の結果を表示すると 表-11 の通りである。

表-11 より1分間に附着するグナイトの平均厚サ及び水量を算出すると次の如くなる。即ちグナイトの平均附着厚サは 0.28 cm/分 使用水量は 0.74 L/分である。前記セメントガン能力表より見ると非常に水量は少いからであるが、従来報告によれば、1~2 L/m²で、水量は之れに較ぶれば 多量に使用していることが分る。

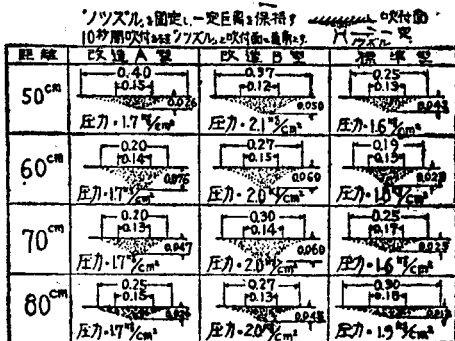
b) 能率試験其二

本試験はセメントガンの圧力を一定即ち1.0kg/cm²に保ち、之れに応ずる吹付面積、セメント、砂の使用量及びグナイトの平均厚サを測定したのである。其の結果を示すと 表-12 の通りである。

以上の結果により各型式のノズルを比較すると、改造 A 型、標準型、改造 B 型、の順になっている。

c) 能率試験其三

図-12 能率試験成績



本試験の要領はノズルを固定し、一定距離を保ち、グナイトを 10 秒間上向吹付を実施したもので、ノズルと吹付面とは常に直角を保つようにした。其の結果を示すと、図-12 の如くである。

図-12 より吹付最適距離を検討するに、次の如き結果となる。即ち改造 A 型にては 60 cm, 改造 B 型 60 cm 標準型 50 cm となる。然し此の試験も圧力の変化によつて多少の差異はあるものと考えられる。

d) 総 評

以上種々の能率試験の結果よりノズル型式の優劣を論ずることはいささか調査研究が不十分であるが以上実験の範囲内で結論づけると、改造 A 型が優つてゐるに思われ、他の型式はこれに次ぐようである。

7. グナイト附着強度試験

本試験の目的は床版底部の如き水平面に吹付けられたグナイトが母材コンクリートに果たして十分信頼し得るだけの附着力を有するや否や頗る疑問であつたので、之れを確めるため次に示すような極めて簡単な装置で実施した。

i) 試験装置

図-13

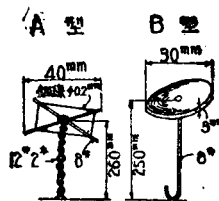
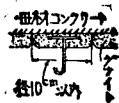


図-14



本試験装置は図-13, 14 に示す如く極めて簡単なもので現場でも容易に作る事の出来るものである。

今試験の要領を示すと、先づ母材コンクリートの面をはつり、清浄にする。次に薄くグナイトを吹付け之れに 図-13 の A 型又は B 型の装置を取付け、其の後此の装置が落下しないように手で支えた儘吹付、この操作を時間を経て何層にも施工し淀着を完了するのである。其の後グナイトが硬化しない内に径 10 cm 内外の縁切りを施工す。斯くて試験当日には A 型又は B 型のフックに針金を連結し、其の下端に荷重を載せることの出来るような装置を設け、砂、セメントは鉄筋等を利用して除々に荷重を増し、遂にグナイトが剝落ちるに至れば、其の時の面積と剝落荷重とによつて母材コンクリートとグナイトとの附着強度を計算することにした。勿論斯様な方法で正確な結果を期待することは出来ないが、大略の値を知るには十分であろう。

ii) 試験結果

a) A 型試験結果

イ) 3 日試験

今附着面積を $A \text{ cm}^2$ 、剝落荷重を $W \text{ kg}$ 、附着強度を $\tau \text{ kg/cm}^2$ とすると、

$$\tau = W/A = 222.50/63.585 \div 2.5 \text{ kg/cm}^2$$

ロ) 2 8 日試験

本試験においては載荷の途中鉄線が切断して附着強度の眞値を掴むことは出来なかつたが、鉄線の切断荷重より推定して

$$\tau > W/A = 389.0/113.04 = 3.45 \text{ kg/cm}^2$$

即ちグナイトの附着強度は少くとも 3.45 kg/cm^2 以上であることが分る。

b) B 型試験結果

イ) 3 日試験

$$\tau = W/A = 462.5/75.82 \div 6.1 \text{ kg/cm}^2$$

ロ) 7 日試験

此の場合も 8 番線が連結箇所で切断し、試験は失敗した。

然し其の時の強度を示すと

$$\tau > W/A = 466.3/63.58 = 7.34 \text{ kg/cm}^2$$

であるから、少くも 7.34 kg/cm^2 以上であることは明かである。

iii) 結 び

以上の試験より附着強度は 1 週間で 7.34 kg/cm^2 以上あることが分り、十分信頼に値する。最初の吹付においては厚さが 1 cm 以上になると殆んど離脱して落下するようであるから、大体この重量を以て吹付瞬間の附着力の限界と見做すことが出来る。従つて今モル

タル 1 m^3 の重量を 0.002 kg とすると、吹付直後においては $\tau = 0.002 \text{ kg/cm}^2$ 、2 回目の吹付けにおいては 2 時間を経過しなければならないから、2 時間後の附着力は $\tau = 2 \times 0.002 = 0.004 \text{ kg/cm}^2$ 以上、3 回目即ち 4 時間経過後においては $\tau = 0.006 \text{ kg/cm}^2$ 以上となる。以上は極めて大雑把な推定で確実なことは分らないが、何れにせよグナイトの附着強度は予想以上に大きいことは確実である。

8. グナイトの圧縮強度試験

グナイトの圧縮強度試験は昭和 22 年南海電鉄で実施せられ、其の試験結果も非常に良好であつた。試験においても之等の先例を基として調査研究を進めた。今参考に南海電鉄で実施した圧縮強度試験の結果を示すと表-14 の通りである。

表-14

| | | |
|--------|-------------|---------------------------|
| 吹付面に直角 | σ 7 | 36.4~105 kg/cm^2 |
| | σ 28 | 52.0~72.0 " |
| " 並行 | σ 7 | 48.8~109.0 " |
| | σ 28 | 85.2~98.0 " |

i) 圧縮試験の結果

圧縮試験を行うために、10 cm 立方の供試体数箇を同時に作製し得る型枠を作り之れを天井より吊し約 60 cm 程度の距離より上向きに吹付けた。此の場合型枠内に一度に吹付けると、流出落下するので幾層にも分け時間を経て吹付た。そして供試体の上面は硬化せぬ前に鍍で平滑な面に仕上げた。

試験は数回実施したが、供試体の製作は中々困難で失敗に帰したのも少くないが、稍々成功したと思われ試験の結果を示すと表-15 の如くである。

表-15 吹付面に直角なる圧縮強度

| 供試体番号 | 破壊荷重 (t) | 圧 縮 強 度 σ 28(kg/cm^2) |
|-------|----------|--|
| 1 | 10.5 | 105.0 |
| 2 | 11.0 | 110.0 |
| 3 | 4.6 | 46.0 |
| 4 | 9.0 | 90.0 |
| 5 | 6.7 | 67.0 |
| 6 | 6.2 | 62.0 |
| 7 | 6.3 | 63.0 |
| 8 | 8.0 | 80.0 |
| 10 | 7.9 | 79.0 |
| 平均 | 7.8 | 78.0 |

以上は材令 28 日における圧縮強度を示したものであるが、之れを前記南海電鉄の試験結果と比較して殆んど遜色のないことが分る。然し軟練モルタルの規格

強度 150 kg/cm^2 以上の約 $1/3$ に過ぎないことが分る。これは完全なグナイトの供試体の製作が困難であることに基因するものと思われる。

ii) グナイトを軟練モルタル試験用型枠に填充したときの強度

前項において述べた如くグナイト供試体の製作は非常に困難なので、本試験においては吹付けられたグナイトを採集し、之を普通の軟練モルタル規格試験によつて強度を調査して見た。今其の結果を示すと表-16の通りである。

表-16

| 供試体 | 重量 (g) | 7 日 | |
|-----|--------|-----------------------------|------------------------------|
| | | 抗折力 (kg/cm^2) | 圧縮強度 (kg/cm^2) |
| G 4 | 549 | 30 | 156 |
| G 5 | 551 | 35 | 161 |
| G 6 | 548 | 27 | 142 |
| 平均 | 549.3 | 31 | 153 |

| 供試体 | 重量 (g) | 28 日 | |
|-----|--------|-----------------------------|------------------------------|
| | | 抗折力 (kg/cm^2) | 圧縮強度 (kg/cm^2) |
| A 1 | 570 | 66 | 352 |
| A 2 | 575 | 72 | 334 |
| A 3 | 575 | 70 | 391 |
| 平均 | 573 | 69 | 359 |

以上試験の結果によれば、軟練モルタル規格強度の倍にも達し、モルタル自体の素質としては非常に優良なるものであることが分る。

9. 結 び

以上グナイトの性質に関して2,3の実験結果を報告したが、其の範囲内で要約すると、

1. グナイトの配合は吹付前後において大差なく、

只粗粒の部分が飛散するようである。

- グナイトの吹付効果はノズルの形状、吹付面の距離、吹付面に対する角度及び吹付圧力等幾多の因子に左右されるところ大であるが、本試験の範囲内では改造型が最も効果あり、標準B型が之れに次ぐ結果になつている。
- 本工事は施工中絶えず列車に依る振動を受けるため、当初は母体コンクリートに完全に附着するか否かに就いて非常に懸念されたのであるが、施工の結果は全く取越苦勞に過ぎず、而かも附着力試験の結果3回にて既に $2.5 \sim 6.1 \text{ kg/cm}^2$ の強度を示し、其の後7日、28日においても相当強度の増進を示し、意外に附着強度の大なることを知つた。
- グナイトの圧縮強度試験は其の供試体の製作が非常に困難にして恐らく実体を掴むことは不可能であるが、本実験では 10 cm 立方供試体に就き吹付面に直角に加圧したる場合材令 28 日において約 80 kg/cm^2 の圧縮強度を得た。之れに対し同一のグナイトを採取し、普通の標準モルタル試験方法によつて調査した強度は材令 28 日において約 36.0 kg/cm^2 を示した。之等は何れも吹付モルタルの眞実の強度を示すものとは考えられない。最も理想的な方法としては硬化後の吹付モルタルよりコアを採取して之れを試験することである。

要するに本試験は吾々の不馴れと、又試験設備が不備であつたため十分な成果を得られなかつたことは遺憾であるが、之れだけの調査をするにも土木請負業奥村組並に現場担当者に対し多大の御迷惑と御協力を煩わしたことを厚く感謝する次第である。

○アメリカ土木學會 (ASCE) からの寄贈図書

土木ニュース第 37 号 (昭 24.11.15.) 所載の ASCE の書記長 Carey 氏からの書簡にあるように下記図書を寄贈せられたので、当学会に備付けてありますから会員各位の御利用を願います。(但し貸出は絶対に御断り致します)

1. Hydrology Handbook (ASCE-Manuals of En-

gineering Practice-No. 28)

2. Glossary-Water and Sewage Control Engineering. 1949.

3. Index to Transactions of ASCE, vol: 100 to 112 (1935~1947)

4. Official Register of ASCE, 1949.

5. Transactions of ASCE, vol. 113, 1948.