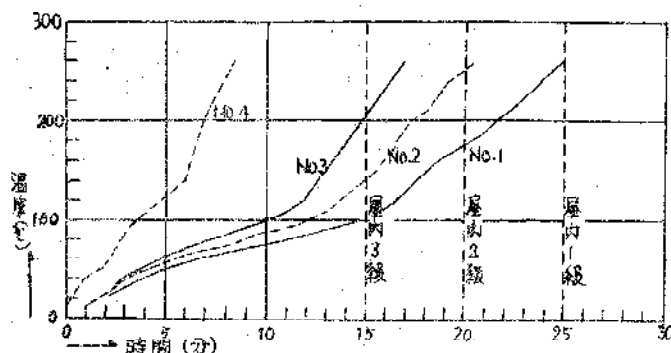


その中で屋内用材料の加熱温度として火災規模に応じ1級乃至3級を定めている。これを図示すれば第8図の如く、この図の如く加熱して夫々25分、20分、15分以内に塗料に接する木材表面温度が260°Cに達しなければ、かかる塗料は夫々1級乃至3級の加熱試験に合格するものとする。今木材にこの塗料を夫々1.12mm（試験体番号No1）、0.79mm（同No2）、0.41mm（同No3）を塗布したものの加熱試験結果は第9図の如くであり関西ペ

第9図



ント会社の資料による、これによつて塗布厚が大なれば1級加熱にも耐えることが分る。尙同図には参考のため従来のマグネシヤセメント系塗料を1.5mm厚に塗つたもの（試験体番号No4）の場合も記入してあるが、これは発泡性塗料に比し性能の劣る事も分る。尙本塗料の効果の持続性であるが、これについては東大浜田研究室でこの塗膜の老化試験が行われた。即ち試験体を塗料後1ヶ月放置し、次後1日について100°C空気浴中に6時間入れ次に温度30°C、湿度90%中に18時間放置する操作を5日間繰り返した後JISによる防火試験を行つた所、老化による防火性能の減退は認められず、又本塗料は尿素樹脂を含むので木材への接着力も極めて良く、上記の老化試験中塗膜の剥離もなかつたという。然し水漏をうける個所ではこれに上塗を塗布する方が耐久性が増大する様である。但しその場合は発泡がある程度押えられるので防水性能は少々劣る。

プレストレスト・コンクリートその他

竹中工務店技師長 日 野 勝 好

（鶯谷教授紹介）

まえがき

新しい建築材料は建築の構法や施工技術の改革を要求するものである。例えば木造万能時代は大工中心主義であつたが、鉄筋コンクリートや鉄骨構造の発達は一理論中心主義になる。戦後の新材料の普及はやがて建築工法に科学的な取扱いと更に化学的取扱い方の工夫研究の必要を促進するのではなからうか。

新しい建築材料としてプレストレスト・コンクリートとシリコンの建築への応用に関する極く簡単な御紹介をする事にする。

内 容

A. プレストレスト・コンクリート

B. シリコンの建築への応用

A. プレストレスト・コンクリート

コンクリートの引張強度は圧縮強度の1/10位しかなく、従つてコンクリートを梁として利用する場合、その引張側は不経済であると同時に危険でもある。コンクリートのこの欠点を補うために鉄筋コンクリートが考えられたわけであるが鉄筋コンクリートでもスパンが非常に大きくなると、相当な鉄筋を用いてもコンクリートの引張側に

出るひびわれは之を防ぐ事が出来ない。引張強度及び伸びの大きいコンクリートの出現が要請される様になつたのはこういふ所に原因する。この要請に応ずるために荷重を加えた際生ずる応力と反対の応力を予めその部材に加える事によつて荷重を受けた際に起る応力を打消す事が考えられたのは今から約70年前の事であつた。その後この理論が解明されるのに約50年かゝつたが、今から約10年前頃より少しづつ実用化される様になつて来た。最初加えておく応力をプレストレスといふ、このコンクリートをプレストレスト・コンクリートという。

普通の構造用鋼を用いて比較的小さいプレストレスを加えても、コンクリートの弾性変形、収縮、クリープ等の為にプレストレスの大部分は消滅してしまう。従つてプレストレスト・コンクリートの発達は非常に高強度に鋼とコンクリートの出現を前提とした。高強度の鋼線とコンクリートとを用いて、最初にプレストレスト・コンクリートを作る事に成功したのはフランスの Freyssinet で同氏はこの原理について昭和7年に日本の特許をとつた。

2. 製 作 方 法

プレストレスト・コンクリートを作る方法は大別して

二通りある。即ちコンクリートの硬化以前に鋼線にプレストレスを与える方法を Pretensioning といひ、コンクリートの硬化後にプレストレスを与える方法を Posttensioning という。

Pretensioning というのは直径2~3mmの引張強度の非常に大きい鋼線を梁の引張側において12,000~14,000 kg/cm² の応力引張を与え、コンクリートを打つて梁を成型し、その硬化を見た後、その両端で鋼線を切り bondstress によって鋼線の引張応力をコンクリートに圧縮応力として伝える方法であり、posttensioning というのはコンクリートの梁又はブロックの引張側に孔を明け鋼線を通じてそれに引張応力を与え鋼線を両端でコンクリートに破着して、鋼線の引張応力をコンクリートに圧縮応力として伝える方法である。

pretensioning は主として多量生産にむく比較的小さい部材に利用され、posttensioning は大きくてしかも多量生産でない部材の製造に用いられる。

3. プレストレスト・コンクリートの有利性

プレストレスト・コンクリートの特徴は次の様な点である。

- (1) 鋼及びコンクリートの高強度を充分に利用する事が出来るために、鉄筋コンクリートに比較し、コンクリートは約 $\frac{1}{2}$ 、鋼は $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{5}$ にその材料を節約することが出来る。
- (2) 引張側にひびわれを生じない。ひびわれは従来鉄筋の腐蝕の原因になっていたが、プレストレスト・コンクリートにはそれが無いから耐久性が増す事が容易に想像される。
- (3) 極めて弾性的であり破壊前の変形が大きいから安全度が大きい。
又繰返し荷重や衝撃に対しても安全度設計出来る。
- (4) 鋼線に生ずる応力が荷重と殆んど無関係である。
例えば積載荷重が2倍になつても応力は5%しか変化しない。
- (5) プレストレスト・コンクリートで梁をこしらえると、その高さやスパンの比を大体鋼の梁と同じ位にする事が出来る。従つて構みに制限がなければ鋼より有利である。又長大なスパンが可能になつた。
特殊な床版、特殊な橋梁に利用するとよい。
- (6) プレストレスト・コンクリートは引張材としても用いる事が出来る。
- (7) 普通の鉄筋コンクリートでは中立軸以下のコンクリートは無視されるが、プレストレスト・コンクリートは全断面を有効に使用出来る。梁として利用する際は通常断面をI型、T型、H型等にするため非常に軽

くなる。

(8) 製品の品質管理が可能である。

4. 今後の諸問題

然し乍らプレストレスト・コンクリートにも幾多の問題が残されている。

- (1) bond stress を如何にして確保するか。その向き方もまだ充分究明されていない。
- (2) かぶりが少くなる為、耐火性の問題が残されている。
- (3) 荷重がひつくり返つてかゝつて来た場合の問題が解決されていない。
- (4) その他コンクリートの弾性変形、収縮、クリープについて、使用する鋼線の太さ、品質及び種類について、鋼線の配置位置について、鋼線の緊張方法について、end-fix の方法について等々研究の余地が沢山残されている。

5. 経済性と標準化の問題

プレストレスト・コンクリートに於ける鋼量は、鉄筋コンクリートの $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ であるが、鋼線のコストが構造用鋼材の4~5倍であるため、鋼費は両者は大差がない。コンクリートはプレストレスト・コンクリートの方が鉄筋コンクリートの $\frac{1}{2}$ で済むから、コストに於て約40%安い。が、労力費、設備費を考慮に入れると、まだまだ鉄筋コンクリートに比較して割高である。

然しこれは将来需要が増すにつれて、鉄筋コンクリートの価格に近づいて行く事が予想されるし、又上記の種々の利点を考え合わせれば、現在と云えども決して高いとは云われなくてあろう。

次にプレストレスト・コンクリートの標準仕様書についてであるが、これをこしらえるべきか否かについては現在、二通りの意見がある。反対意見は、

- (1) プレストレスト・コンクリートに関する知識にまだ乏しく、標準仕様書を作る段階にまだ至っていない
- (2) 設計に際して鋼の弾性域を利用するか、塑性域を利用するかの問題が残されている。
- (3) 鋼線の多少の問題が残されている。
- (4) プレストレストを大きくすると破壊が急激に行われるから安全率を大きくしなければならない。従つてプレストレストは大きすぎると不経済になる。どの位の tension が経済的であるかの問題が解決されていない。等を理由にして反対している。

これに対して賛成意見は、
(1) プレストレスト・コンクリートは既に実用化の段階に入っている。標準仕様書を設けて品質管理を行

なければ材料の性質上甚だ危険である。

(2) 確に解決されていない問題は多いが、しかしこれらは研究が進み次第逐次仕様書の方を改訂して行けばよい。等を主張して反駁している。

6. わが國に於ける發達の歴史

諸外國の例を見ると英國は既に出来て居り、ドイツも1950年に規定され、フランスは現在建設省案というのが出来ている。アメリカは目下考慮中だが *comitee* の *chairman* の語では作った方がよいとの事であつた。日本でも今年の秋から作製にとり掛る事になつてゐる。

日本に於けるプレストレスト・コンクリートの発達はそのを3段階に分けて考える事が出来る。

- (1) 研究時代戦前2、3の大学及研究所で主としてその構造理論興味を持たれ、小規模な実験も行われていたが、戦争によつてそれが中断され、一部のみにその存在を知られるのみで終つた。
- (2) 試作時代戦後欧米各國の實情を知るに及んで、再び新しい角度から研究が開始され、中でも國鉄の技術研究所及福井大学の吉田教授の元で活潑に研究が進められ、實用化の見通しもつけられるに至つた。
- (3) 實用時代この2~3年來、土木、建築、港湾の各方面で利用されその需要は急速に拡大しつつある。

プレストレスト・コンクリートに用いられる材料はその要求せられる高強度の故に充分吟味を要するが、セメント、骨材、鋼線とも吾國に於ては優秀で、しかも豊富に産出し、就中鋼線は價格の面でむしろ現在の品質規格の引下げすら要望されている現状である。

現在プレストレスト・コンクリート製品の過半数を占めているものは土木關係のもので、なかんづく各都道府県及び市町村より発注された道路、橋梁はそのうちの大部分を占めている。昭和27年度中に架設した橋梁のスパンは最大が10mであつたが、昭和28年度では20~30mに飛躍した。例えば石川県七尾市長生橋、同泰平橋、静岡県吉原市四間橋、神奈川県湯河原町万葉橋、北海道苫小牧市オカベツ橋その他十数種の橋梁、及び北海道江別町石狩大橋、徳島鳴門間總長橋、愛知県赤羽根村吹出橋等に用いられた床版等は皆このプレストレスト・コンクリートによるものである。一方鉄道關係は鉄道橋の桁として國鉄大阪駅高架線に利用されたのをはじめ枕木、落石覆等々その利用が拡大されつつある。

建築關係では昭和26年に福井大学の吉田教授が石川県小松市庁舎地階の床版に使用したのが最初でその後東京駅6、7番ホーム桁及び床版、大井町階段ステップ（何れも國鉄）神奈川県鶴宮大同年織工場屋根スラブ、佐伯市興國人絹佐伯工場屋根スラブ（以上清水建設）朝日ブリ

ーナススタンド板、千駄ヶ谷寮ドーム・ビーム（以上当店）等で利用されたが、その他レーモンド建築事務所が小住宅への応用を研究しており、特殊なものではシートパイルが研究の途上にある。この様に建築界に於けるプレストレスト・コンクリートの認識は急速に拡まりつつあるので製作技術の進歩とそれに伴う經濟性が見通しさえ得れば現在の鉄筋コンクリートに代る日もそう遠い將來ではない事に想像される。

B. シリコーンの建築への應用

1. は し が き

最近シリコーンが撥水剤その他として建築の面にも利用される様になつたので、茲にその一般的事項について紹介する。

シリコーン (Silicone) とは有機珪素重合体のことであつて、通常珪素樹脂とも称せられている。

珪素を有機化合物中に導入することは古くから行われたことであるが、これが生体に対して何等直接的な意義を持たなかつたので、一般の興味を惹くに至らなかつた。最近米国に於て高分子化学の立場から再検討されて以來多くの實用的価値を見出す様になつた。即ち、1943年に Dow Corning Corp. で、続いて1947年には General Electric Co. が夫々工業製品として生産を開始し、爾來獨特の地歩を確立し今日に及んでいる。従つて両者の持つ広汎な製法特許網に制約せられる為、これ等の供給は当分外國製品に依存しなければならないであろう。

シリコーンのうちにはその重合度、或いは若干の化学構造の相異によつて、珪素ゴム等があり、夫々の性質に従つて撥水剤、塗料、潤滑油、離型剤、電気絶縁材、消耗剤、緩衝材、接着剤等々の各種實用に供せられている。

2. 建築への利用

扱て、之等のうち特に建築に利用されるものについて述べることにする。

A) 撥水剤として

i) 撥水フィルム形成理論

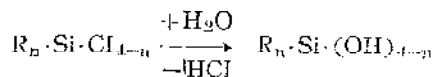
或る種の有機珪素重合体は液状の水に対して非常に大きな接触角を持っていてその値は $90 \sim 110^\circ$ であると言われている。これらは重合体の骨格の極性、或いは分子が螺旋状構造をとる為炭化水素殻が外方に現れること等によつて説明されている。⁽¹⁾⁽²⁾

従つてシリコーンのフィルムを物体の表面に形成させると強力な撥水性を発揮することになる。

シリコーンは被処理物体の OH 基又は物体の界面活性部分に於ける極めて微量な吸着水によつて加水分解を起し、続いて脱水縮合を行い、撥水性を保つに有効なシロ

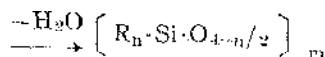
キサン重合体のフィルムを形成する。⁽³⁾⁽⁵⁾ その作用機構の一例を示すと次の如きものであつて、

オルガノクロルシラン オルガノシラノール



(吸着水による加水分解及び脱塩酸)

シロキサン重合体



(脱水縮合)

R: アルキール基又はアリール基

加水分解の際塩酸を発生して種々の弊害を起す場合がある。このため実際は予め大部分の加水分解を進行せしめて出来るだけ脱塩酸を行つておくことが試みられている

撥水性フィルムを物体上に形成させる手段としては、⁽⁴⁾ 三の方法が挙げられているが、一般に建築に於て利用されるシリコーン撥水剤は次の如きものである。即ちシリコンを予め適当な溶剤中に溶解せしめてワニス型として使用するが、メチルシリコン酸ソーダ($\text{Me}_n\text{Si} \cdot \text{ONa}_{4-n}$)の如く水溶性のものとして用いる。時によつては水を分散媒としたエマルジョン型として使用することもあるがこの場合は撥水フィルム中に残る乳化剤(親水性であるためシリコーンと全く反対の性質を有す)を焼付によつて分解除去する必要がある。

シリコーンは非常に表面張力が小さい為、モルタル、石材、木材、繊維等の如く多孔性の物体に処理する場合は、細孔内部に深く滲透し表面と同様塗部に於てもライニングし、且細孔をシールしない為通気性を失はない。又形成されたフィルムは被処理物体と化学的に結合するため、機械的手段によつて容易に除去されない。⁽¹⁾ シロキサン重合体によつて形成されるフィルムの厚さは極めて薄い層であつて、例えばポリメチルシロキサンにあつては $1.9 \times 10^{-5} \text{cm}$ と言われる。又単量体であるデメチルクロルシランの1モル(約129g)がフィルムを形成する表面積は理論的な計算では $1.26 \times 10^6 \text{cm}^2$ となり、極めて少量のシリコーンで広い範囲にわたる撥水性フィルムを作ることになる。⁽³⁾⁽⁴⁾

(ii) 處 理 方 法

コンクリート、モルタル、漆喰、石材、スレート、ボード類、木造部分、繊維材料等凡そ防水を必要とするあらゆる物に対して処理することが出来る。被処理物体によつて適当なシリコーン撥水剤を選ばねばならないがワニス型のは大概の場合有効である。被処理物体は予め附着する塵芥、油脂、錆、古塗装スケールその他の汚れ

を清浄に除去する。特に洗滌を行つた場合は、充分に洗剤を除くと共に完全に乾燥する必要がある。但し水溶性シリコーンは多少湿潤している箇所にも処理出来るが、被処理物体は耐アルカリ性でなければならない。

処理方法としては、簡単に吹付するか、時によつては刷毛塗りによる。吹付に際しては一般塗装用スプレーガンでは吹付圧力が高過ぎ飛散によるロスが多い。適当な吹付圧力は $0.5 \sim 0.7 \text{kg/cm}^2$ 程度がよい。この為には農業用手動式噴霧器が好適である。処理後キューブに大体24時間を必要とする。従つてその間に於ける降雨その他の妨害に対して注意することが大切である。

(iii) 處理によつて得られる効果

イ) 防水効果: シリコーン撥水剤は殆んど無色透明であるから物体に処理してもその存在を肉眼で認めることは困難である。

処理した物体に限着する水分は恰も蓮の葉上の水滴の如く直ちに球状となつて落下する。従つて濡れたり内部に滲透したりすることはない。然し乍ら最も注意せねばならないことがある。即ち、シリコーンの撥水フィルムはモルタル、木材その他の場合の如く多孔質な物体に対しては、その細孔をシールするものではなく単にシリコーンの撥水力によるものであるから常時水圧又は水蒸気圧の作用する場所に於ては防水の効果は期待されない。即ち、これらの作用圧力が大となつて撥水力との均衡が破れれば水分は徐々に滲透し遂には無処理の場合と同様の状態に至る。

之を要するに、被処理物体が陸であつて水切良好ならざる場所、又は常時高湿度にある場合は効果は顕れない。

ロ) 防汚効果: 一般に建築物の外壁は空中に浮遊する塵芥、煤烟又はこれらを混入する雨水により汚染され易い。特に色モルタル仕上の変色は著しい。シリコーン処理によつてこれらの欠陥は可成り除去されることがわかつた。

又タイル、煉瓦等の目地に生ずる Efflorescence (鼻たれ) はモルタル中の可溶性硫酸塩類が溶出し水分の蒸発と共に結晶となつて現れる現象であるが、シリコーン処理によつて有効に防止することが出来る。

ハ) その他通常の防水処理によつて期待される風化、凍害、腐蝕、変形等に対する防止に有効である

B. 硝子の汚染防止

シリコーンは硝子表面の活性部分に於ても反応し、シロキサン重合体のフィルムを形成する。この為界面に於ける活性エネルギーが減少し塵芥等の付着が著しく減少され、硝子は永く清浄を保つ、又仮令汚染されても簡単に拭い去ることが出来る。寒冷時硝子の表面に附着した水蒸気の凝縮による曇り、又は結氷等を防ぐことも出来

る。この目的の爲には硝子を予め取付前にシリコン撥水剤中に浸漬するか、刷毛塗りし100°C~250°Cに数分間焼付すればフィルムの撥水性及び耐久性を増加する。⁽⁶⁾ 実際には各撥水剤によつて指定された焼付の温度と時間を厳密に守る必要がある。斯の様な処理を施した硝子はビルの窓硝子或いは嵌め殺し二重窓の硝子に使用すれば著しくメンテナンスを軽減する。

C. 型枠パネル剥離剤として

シリコンフィルムは不活性であるため、種々の離型剤として使用される。一般にはシリコン油又はシリコン油乳剤が使用されるが、型枠パネルには寧ろワニス型シリコン撥水剤を使用する方が有効であろう。処理されたパネルは取外し、或いは爾後の手入れ、保管等に於ける損傷を防止すると共に作業の軽減に役立つ。

D. 木材の防水防腐剤として

この目的のためには、前述の撥水剤の外に米国 Protection Products Nfg. Co. の "Wood Life" があるのでこれについて述べる。この商品は前述ワニス型撥水剤に対し防腐剤としてペンタクロールフェノール、テトラクロールフェノール、2-クロールオルトフェニールフェノールの混合物を5%の割合で混入したものと考へてよい。これらのクロールフェノール系の防腐剤は在米のクレオソート油に比し数10倍の防腐効力を有するもので、5%に稀釈した場合に於てもクレオソート油と同等であると云われる。

処理は3分間浸漬すればよい、浸漬不能の場合は刷毛しタツプり塗り込めばよい。ウッドライフ処理によつて膨脹収縮が減少し、歪み、割れ、反り等が無くなる。又吸湿に伴う発黴、腐蝕、汚染や、各種虫害に対しても有効に保護される。

E. 塗装に関する應用

一般に水性塗料は、塗装後シリコン撥水剤を処理すれば著しく耐水性を増す。特にモルタル、プラスター等の壁面に対するペイント塗装の前処理として施せば、構造体内部よりくる水分による膨れ、剝離等を防ぐことが出来る。

油性ペイントに対し40000のシリコン油を添加すれば流展性を増し著しく Workability をよくすると言われている。又消泡剤として使用されるペースト状のシリコンを稍多量に混入したペイントは一種特有の模様を示すことが知られている。⁽⁸⁾

塗料ビビクルとして珪素樹脂を使用する場合は従来塗料に見られなかつた耐熱、耐薬品、耐水性、電気絶縁性を発揮すると云われるが、未だ高価の爲特殊用途の外実用の域に達していない。

3. 施工上の注意

(i) 一般にシリコン撥水剤は貯蔵中更に分解縮重合が進んで屢々ゲル化する恐れがある。これは溶剤の脱水が不完全であつたり、空中の酸素或いは炭酸ガスの影響にもよる。

この傾向はタール系溶剤の方が石油系溶剤より少いと言われている。従つて長期にわたつて多量に使用する場合は、シリコン濃厚液を用意し使用の都度所定溶剤で稀釈して用いることが望ましい。稀釈溶剤は Kauri Butanol No.45~50 程度の鎖状又は芳香族炭化水素ならいづれにてもよい。トルオール、キシロール、ミネラルターベンチン等、安価なものではソルベントナフサも用いられる。如何なる場合も直接シリコン撥水剤に触れる容器は充分乾燥して置かねばならない。又貯蔵中は密閉し外部より水分等の混入することを避けねばならない。

(ii) 水溶性シリコンは強アルカリである為使用時飛沫等の附着より身体を保護する為眼鏡、手袋等を着用する様心掛けねばならない。

(iii) ワニス型撥水剤に於ては、多量に溶剤蒸気を吸入することは他の一般塗料と同様危険である。このため連続して長時間作業することを避けねばならない。

(iv) 火災に対する注意も一般塗料に於ける取扱いと同様火気を厳禁しなければならない。

(V) 処理されたシリコンフィルムは容易に除去することは出来ない。必要な場合はアルコール性苛性ソーダ液若しくは稀珪弗化水素酸により処理すれば、シロキサン結合が開裂する為除去される。

(文 献)

- 1) W. I. Patnode ; U.S.P., 2306222, 1942
- 2) 福川貞臣; 珪素樹脂とその應用, P. 39, 1953
- 3) F. J. Norton; Ger. Elect. Rev., 47, (8), 6, 1944
- 4) 谷久也; 珪素樹脂, P. 76, 1952
- 5) E. G. Rochow; Chem. Eng. News, 23 612, 1945
- 6) F. J. Norton ; U.S.P., 2386259, 1945
- 7) Protection Products Mfg. Co., Pamphlet
- 8) A. R. Brown Mc Farlane & Co., Pamphlet

☆

☆

☆

☆

☆