

# 防水工法に関する調査

高橋 久雄  
中島 安夫

## 概 要

鉄筋コンクリート（鉄骨鉄筋コンクリートを含む）建物の防水工法を調査した場合、防水工法そのものについては古くから行なわれ、多くの研究が見られる。しかし下地すなわち躯体の挙動と関連した調査研究は少ないようである。近年暖冷房設備が高度に建物に取り入れられており、躯体と防水処理との関連性は無視できず、かつ日照による影響もはなはだ大と思われる。しかしこれを大系づけるには長年月の調査の蓄積、研究が必要であるが、先づ実施可能な面より行なうことにした。今期行なった調査点をあげれば

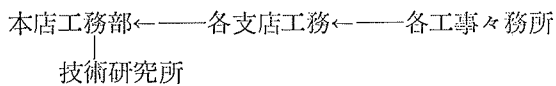
1. 広域における実態調査
2. 下地コンクリートの挙動調査
3. 下地コンクリートの応力測定

の3項目であり、この結果は防水におけるトラブル処理には応用されている。

## 1. 防水工法の実態調査

建物竣工後の防水工法の長期実態調査としては、本店工務部および保全課と協力し、防水工事施工報告書並びに防水故障報告書を作成し建物竣工のつど、防水工事施工報告書を提出してもらい、竣工後、故障があった場合には防水故障報告書の作製を依頼し、次の様な系路で調査を行なっている。

### ○ 防水工事施工報告書



### ○ 防水故障報告書



本調査を長期的に行なうことにより、経験的なものから良い防水工法を見出すこと、また故障のおこりやすい部分あるいは故障のおこりやすい条件を把握することである。これらの目的のために広域の実態調査を行なっているものである。

昭和42年4月から10月までに集められた施工報告書129件について工法別に集計を行なうと

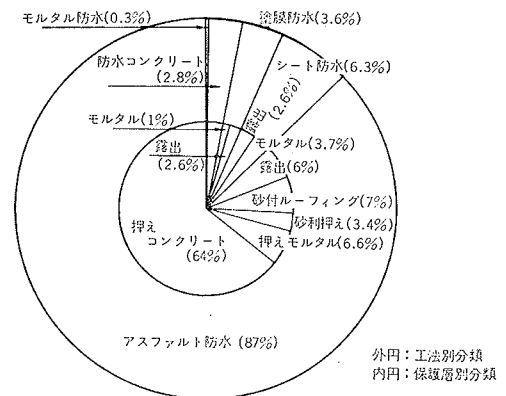


図-1

砂利押え	3,949m <sup>2</sup>
モルタル押え	7,680 "
コンクリート押え	74,726 "

シート防水工事	7,383m <sup>2</sup>
露出	3,062 "
モルタルあるいは	4,321 "
コンクリート押え	

アスファルト防水工事	102,008 m <sup>2</sup>
露出	7,505 "
砂付ルーフィング	8,148 "

塗膜防水工事	4,243m <sup>2</sup>
露出	3,021
モルタル押え	1,222 "

コンクリート防水工事	3,200m <sup>2</sup>
モルタル防水工事	404m <sup>2</sup>
合計	117,238m <sup>2</sup>

本調査は屋根防水について行なったものであるためモルタル防水が極端に少ない。アスファルト防水の割合は全体の87%であり、アスファルト防水で押えコンクリートがあるものは全体の64%をしめている。また防水工法には保護層を必要とする割合が強く、歩行用と断熱的な意味を持った保護層の使用が多いことが明らかとなった。しかしこの調査は始めて間もないことであるので故障と結びついた結果はいまだ得られてない。

## 2. 下地コンクリートの挙動調査

下地の挙動は防水層の直接的な破断のみならず、使用した材料の劣化につながるものであるから、その挙動を正確に知ることが重要なことである。コンクリートは混練され所定の場所に打設されるが固まる過程はゲル→凝結→硬化となりこの化学変化する間に膨張、収縮を生ずる。硬化は数年間続くが、この間温度および湿度による膨張、収縮がある。すなわち亀裂には打設直後に発生するものと、硬化乾燥の過程で発生するものとに分けることができる。亀裂の発生したコンクリートは乾燥収縮の進行により、その亀裂幅が大きくなるがコンクリートの炭酸化による体積膨張も考えられ、一概に論ずることはできない。一方日間および年間の温度差あるいは日照の変化により、コンクリートは膨張収縮をおこし、構造体を変形させ、亀裂を発生させることになる。温度差による亀裂、硬化乾燥による亀裂およびその他の原因による亀裂等は温度の影響をうけて、挙動をしていると考えられる。この建物の躯体であるコンクリート内の温度分布、およびこれに伴う歪については、まだ余り文献が見当たらない。然し防水とか壁体に塗付け仕上をする場合には、温度および挙動についての関連性を知ることが極めて大事なことといえよう。

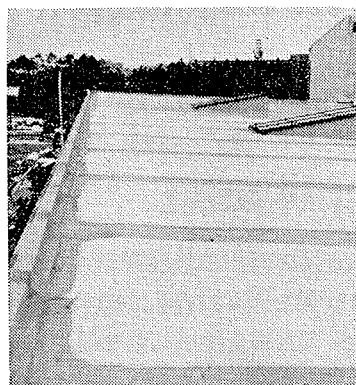
以上のような点に立脚して、未だ初歩ではあるが2～3の建物について調査した結果をあげる。

### a 屋根スラブおよび梁内部温度分布測定

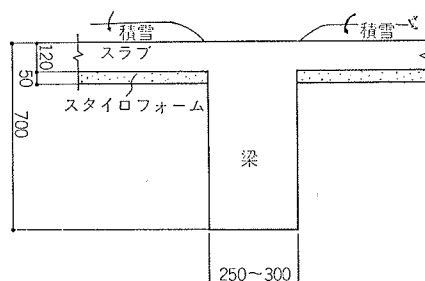
日照を受ける屋根の温度上昇降下がどのように変化しているかを知るために、建家屋上スラブにサーモカップルシートおよび銅コンスタンタン線を設置し温度を測定した。サーモカップルシートは屋根の表面にセロテープでおさえ貼りし、エポキシ樹脂で完全に固定した。コンクリート内部温度を測定するために、ドリルでもって穴をあけ銅コンスタンタンを挿入しモルタ

ルを充填し、エポキシ樹脂にてコーティングした。記録計には電位差自動記録計を使用し測定位置は図一4に示し、その測定結果を図5～7に示した。

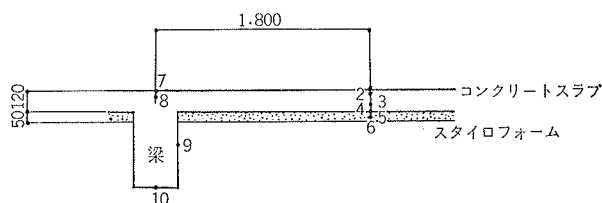
測定結果図一5によれば、日照がさし始めるとコンクリート表面温度は急上昇するが、内部温度は低くおさえられている。12時においてはコンクリート内部温度分布は直線となり、15時には更に内部温度分布は上昇し、表面と内部の温度差は少なくなり、ほぼ鉛直々線温度分布となる。この時点がコンクリートスラブの持つエネルギーが最大と考えられ、以後は降下する。降下時の温度分布は上昇時のそれとは逆に表面が低く、内部ほど高い分布となり翌日の6時には、ほぼ鉛直々線温度分布にもどり、コンクリートスラブの持つ熱エネルギーは最小となる。



図一2



図一3



図一4

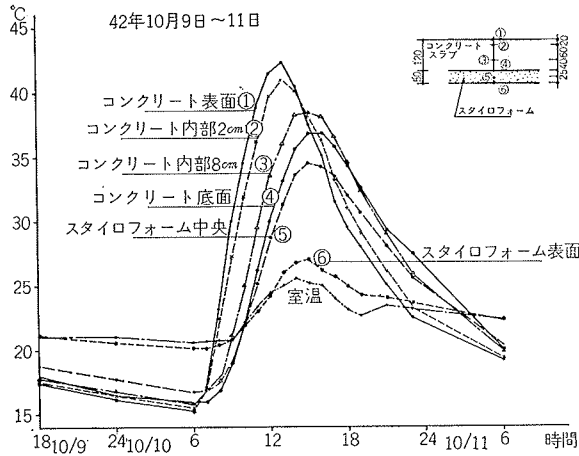


図-5

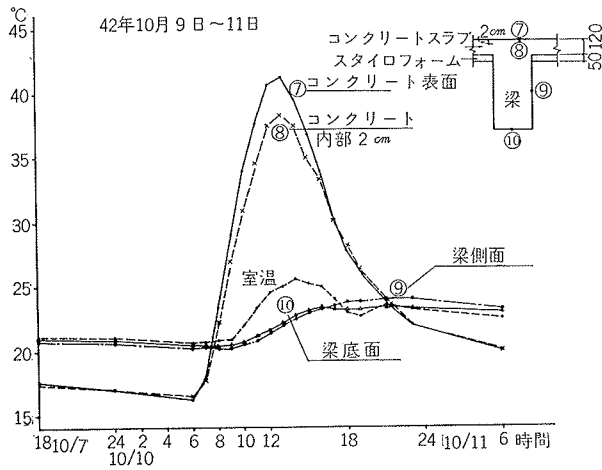


図-6

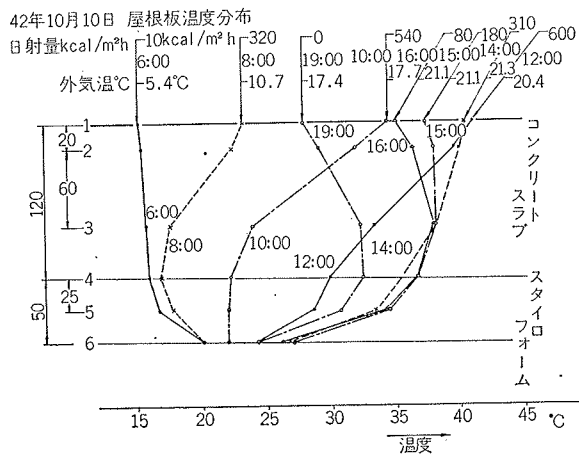


図-7

測定結果図-4～5によれば、スラブと梁では、表面温度について、スラブ面の最高温度が13時で42.3°C、梁上面で41.2°C約1°Cスラブ面が高い、またコンクリート内部深さ2cmでは約3°Cスラブ面が高い結果

を示している。翌日6時での最低温度はスラブ面が約1°C低い値となっている。これはスラブと梁の熱容量の差があるためとも考えられる。この様なスラブと梁の温度差は冬期の積雪の様子図-2、図-3を見ても明らかである。

**b 屋根スラブの温度による歪測定の内  
スラブ面の歪量測定**

建家屋上の一部の温度による表面歪量をコンタクトゲージを使用して測定した。同時に銅コンスタンタン熱電対および温度校正用電位差計を使用して屋根板の表面温度を測定した。測定位置は図-8の針線部分S<sub>1</sub>スラブである。スラブ厚120mmで三辺を大梁で囲まれ、他の一辺を小梁で囲まれている。この建物は長手方向7スパンの平家建のラーメン構造である。測定位置の小梁B<sub>3</sub>はこの建物中央線上にあり、また測定スラブS<sub>1</sub>は短手方向南側に位置している。

測定点位置は図-9に示している。測定点の検長は10cmで、ポイントをワンタッチにて接着した。本実験の測定原点は午前9時30分とし、以後午後1時30分午後3時30分の1日3回測定を行なった。測定結果の一部を図-10～13に示す。図-10～13は7月22日の測定結果を示しており、図-10～11には長手方向の歪を、図-12～13には短手方向の歪を示している。その結果午後3時30分の長手方向平均歪量はスラブ中央線上(図-10)で13×10<sup>-5</sup>、梁上面(図-11)で11×10<sup>-5</sup>である。一方短手方向平均歪量はスラブ中央線上(図-12)および梁上面(図-13)で共に18×10<sup>-5</sup>である。

図-5より表面温度と内部温度の上昇勾配はほぼ等しいことが示されている。7月22日の午前6時の外気温は24°C、同9時30分の外気温28°Cであるからコンク

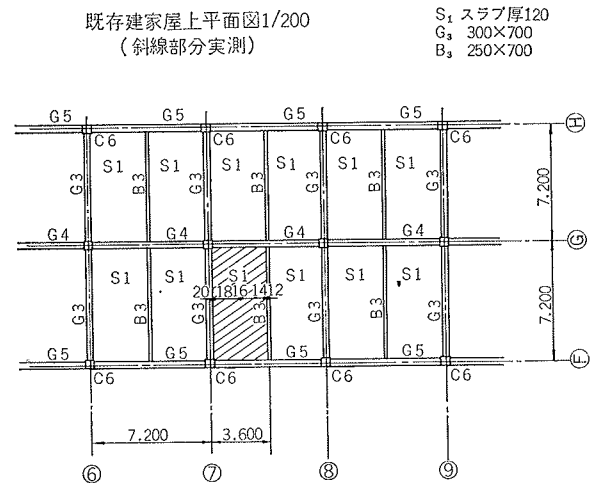


図-8

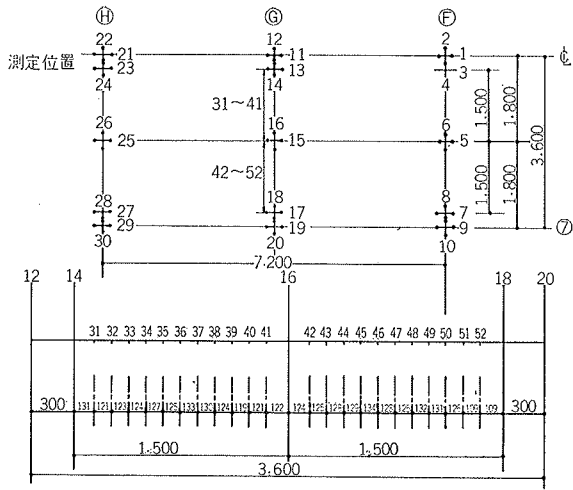


図-9

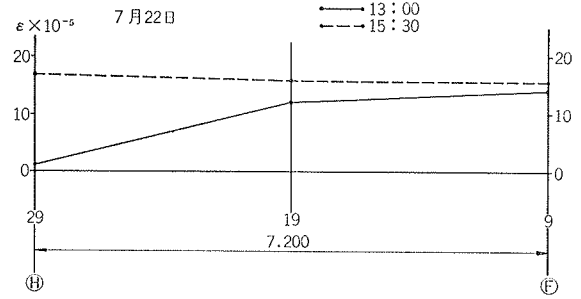


図-12

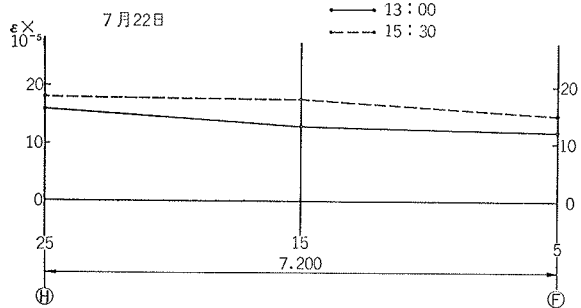


図-13

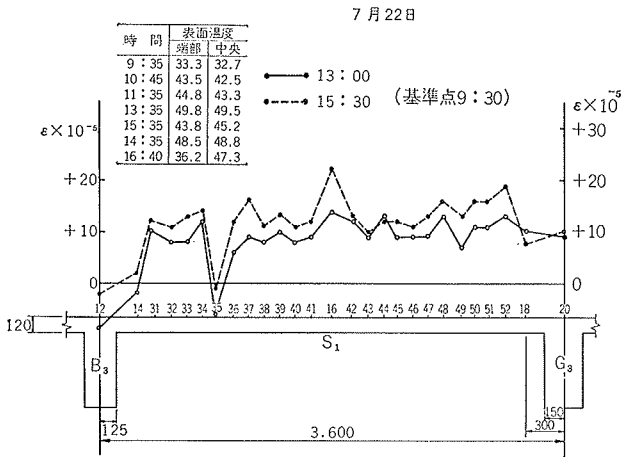


図-10

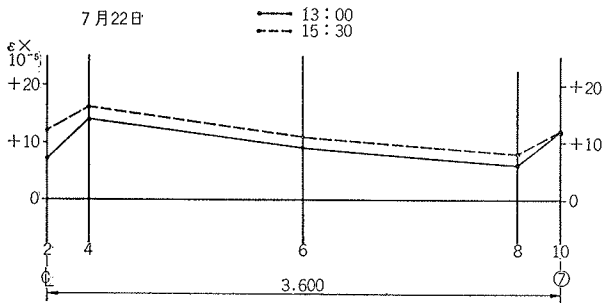


図-11

リート内部温度も28°Cに近い値であることがわかる。これらの関係から9時30分から10時30分までのコンクリート内部温度上昇は、9時30分から13時30分の表面温度上昇17.2°Cで近似できる。この値を用いて、見かけの熱膨張係数を計算すると、長手方向スラブ中央線上で $7.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、梁上面で $6.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、短手方向はスラブ中央線上および梁上面共に $10.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

である。これより長手方向は短手方向より3割程度見かけの膨張率は小さいことがわかる。

c 屋根スラブの温度による歪測定の内  
梁間変位測定

スラブおよび梁内部温度測定位置と同じ場所に梁間変位量を、石英ガラス管を基準長にして、測定を行なった。変位計にはダイヤルゲージに付けられた摺動抵抗変位計を使用し自記記録装置にて記録を行なった。梁間が3m600であるから、基準長である石英ガラスも長さ3m600を使用して、その両端に変位計(図-15~16)をセットした。その詳細を図-14に示す。

石英ガラスの熱膨張係数は $4 \times 10^{-7}$ であり、温度による変形はコンクリート(熱膨張係数 $120 \times 10^{-7}$ )に比較して小さいので基準長として使用できる。石英ガラス表面にはサーモカップルシートをつけ温度変化を測定した。また変位計の読みは1/100mmであり、検長が3m600であるから、変化率は $0.3 \times 10^{-5}$ の精度である。

図-17にはスラブ内部温度分布を、図-18には梁間歪量測定値を示す。測定結果によれば、26日午前7時を原点とした時の歪量を零とすれば25日午後3時の変位量は0.34mmである。この間のコンクリート内部温度変化は14°Cであることから、見かけの熱膨張係数を計算すると

$$0.34/3600 \times 14 = 6.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$$

となる。また26日午前7時から午後3時までの見かけの熱膨張係数を計算すると、

$$0.22/3600 \times 11 = 5.6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

となる。これらの膨張収縮は1スパンのものでありスラブと梁の膨張収縮を込みにしているから、前節bで測定したものと一概に比較することはできないが、長手方向の歪とほぼ一致した値を示している。

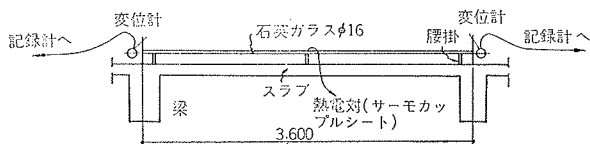


図-14

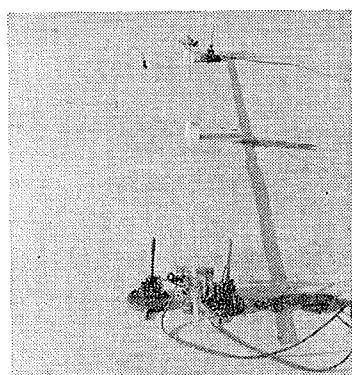


図-15

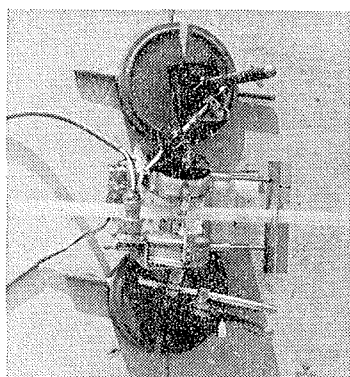


図-16

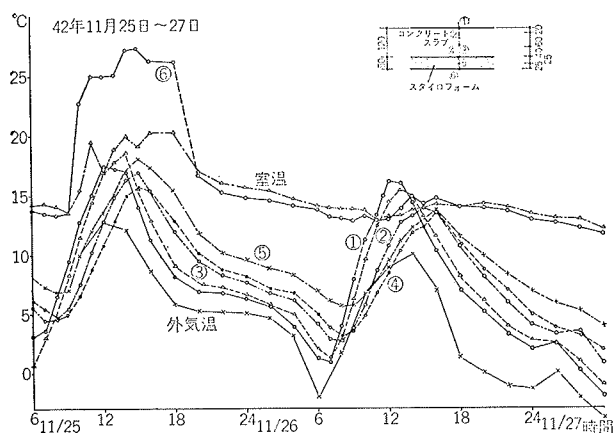


図-17

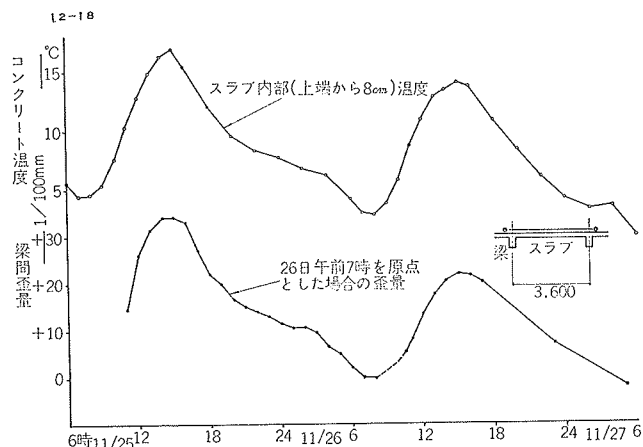


図-18

### 3. 下地コンクリートの応力測定

今までの測定結果より、この建物の長手方向は短手方向より温度差による歪量が小さいことが明らかとなった。すなわち長手方向には柱や壁による拘束があり、その拘束により弾性歪を生じたものと思われる。見かけの歪度  $\epsilon$ 、熱膨張歪度を  $\epsilon_T$ 、拘束による弾性歪度を  $\epsilon_E$  とすれば、

$$\epsilon = \epsilon_T - \epsilon_E \text{ の関係がなり立つ。}$$

コンクリートの  $\epsilon_T = 1.2 \times 10^{-5}$  とし、長手方向の測定値  $\epsilon = 0.6 \times 10^{-5}$  とすれば

$$0.6 \times 10^{-5} = 1.2 \times 10^{-5} - \epsilon_E$$

$$\epsilon_E = 0.6 \times 10^{-5} \text{ となる。}$$

今、この建物温度履歴における原点が  $15^\circ\text{C}$  であると仮定し、コンクリートのヤング係数を  $2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  とすれば、26日午前7時のコンクリート引張力  $T$  は

$$T = 0.6 \times 10^{-5} \times 12 \times 2 \times 10^5 = 14.4 \text{ kg/cm}^2$$

となる。この引張力  $T$  は、建物の温度履歴の原点が高いほど大きくなる。すなわち盛夏にコンクリートを打設した建物に亀裂が発生しやすいことは、乾燥収縮による引張力に、温度差による引張力がプラスされるためであると言えるであろう。

### 4. むすび

実態調査の結果、なんらかの保護層を用いているものが多かったが、諸外国の文献によっても、断熱材としての保護層が多いようである。断熱材の使用は構造体の外部であり、防水層と下地との中間に置かれることが多いようである。

下地コンクリートの挙動は、乾燥収縮は勿論のこと温度変化によっても、下地の亀裂発生という形でもおこり得ることが明らかになったが、今後さらに正確な挙動測定を行なう予定である。

尚温度及び日射量測定には田中研究員の協力を得た。