

RC 造建物の挙動と屋根防水について

—大林技研建物の実態調査（その1）—

高橋 久雄
中島 安夫

概 要

RC 造建物の挙動は、温度による膨張収縮および硬化乾燥収縮が主な原因と考えられる。ここでは竣工後約2年を経過した大林技術研究所実験棟屋根スラブの日間および年間の温度変化および歪量測定、さらにスラブのひび割れの動きを調査した。コンクリートスラブの屋上防水工法は種々施工されているが、この内断熱防水（2種）、アスファルト防水およびシート防水をとりあげ、この防水工法とコンクリート下地の温度関係を調べ、下地の挙動の程度について検討したものである。

1. 日間および年間の屋根スラブの温度測定

測定位置は7スパン平家の屋根中央スラブ内部で、コンクリート表面より深さ6cmの所とした。取付け方法はドリルにてスラブに穴をあけ、銅コンスタンタン熱電対を挿入し、モルタルを充填した上に、エポキシ樹脂にてコーティングした。記録計は電子式自記記録計を用い連続記録とした。屋根スラブの厚さは12cmあり、スラブ表面は塗膜防水処理されているが、かなり劣化しておりコンクリートが露出している状態と同程度である。スラブ下には木毛セメント板厚10mmを取り付け、天井はプラスターボード仕上、室内は夏期は冷房、冬期には暖房を行なっている。

今回の測定データは昭和43年5月から昭和44年1月までのものである。これは日間の温度変化を月単位で集計し、これを平均化した日間の温度変化とし、5月から翌年の1月までをグラフ化して、図-1に示した。これにはその月の上下部の最高および最低温度を参考に示した。これより7月における最高温度、49.3℃、最低温度、19.5℃を記録し、日間の平均最高温度は35.8℃、平均最低温度は24.5℃となる。5、6、7月と月別平均温度は上昇し、8月には最高温度46.8℃、最低温度20.0℃を記録した。また日間の平均最高温度は37.7℃、平均最低温度は25.4℃であった。以後9月、10月には急激に温度は低下し11月、12月には比較的、ゆるやかな温度降下の傾向を示しており、年末の気温が比較的高く、暖かい日が続いたためと思われる。しかし翌年の1月は最高温度14.9℃、最低温度-5.5℃を記録し、日間の平均温度は10.1℃、平均最低温度は-0.1℃であった。したがって8月から1月まで最大

温度差は52.3℃、月別平均温度差は37.8℃となる。コンクリートが露出に近いスラブでは年間においては、大きな温度変化を受け、この影響が無視できないことがわかる。

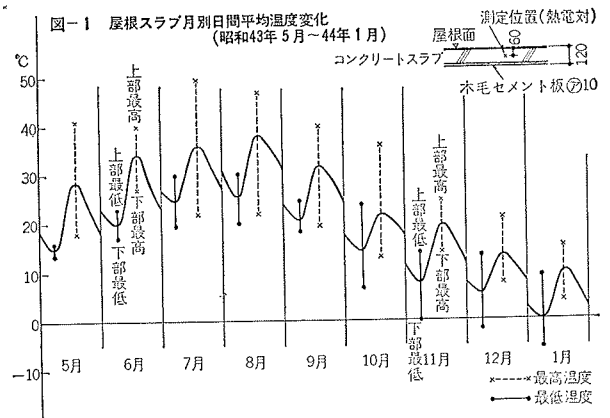


図-1 屋根スラブ 月別日間平均温度変化 (昭和43年5月～44年1月)

2. 温度変化による屋上RCスラブの歪測定

温度測定と同時に温度による屋上RCスラブの挙動を測定した。これは昭和43年5月より図-2に示す4カ所の梁間歪測定を行ない、変位計としては差動トランスを使用し、梁間隔3m600の基準尺には石英硝子管を用い、一端を固定し他に変位計をセットした。この変位計に与える温度影響を少なくするために断熱ケース（スチロフォーム製）にて覆い、さらにガラス管の破損防止に鉄製保護ケースを取付けた。歪測定装置の詳細を図-3に示し、記録は自動記録計を使用し

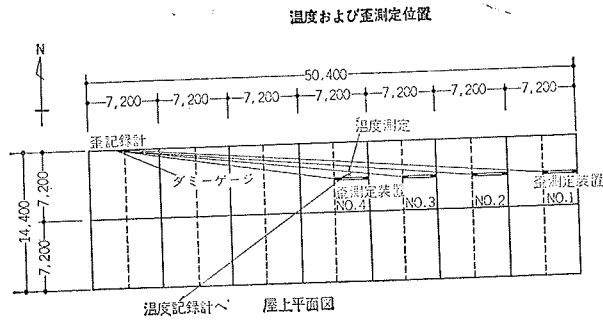


図-2 温度および歪測定位置

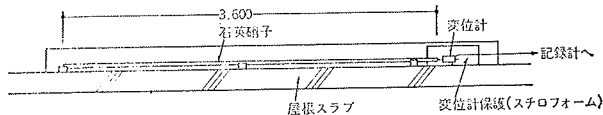


図-3 歪測定装置図

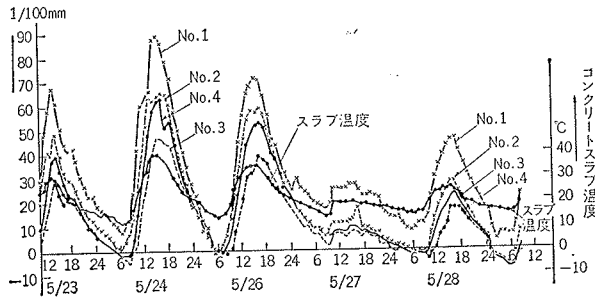


図-5 各スパン梁間歪

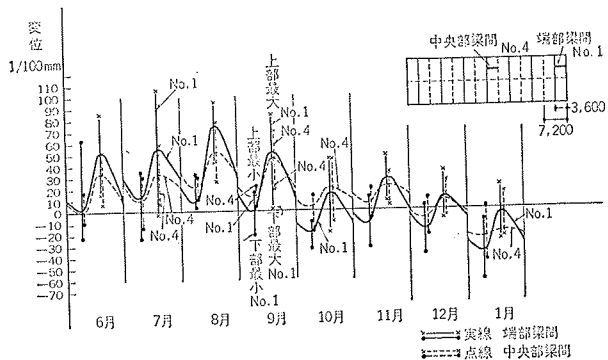


図-6 屋根スラブ 月別日間梁間歪変化 (43. 5. 22. AM6.00基準) (43. 6~44. 1検長3. 600)

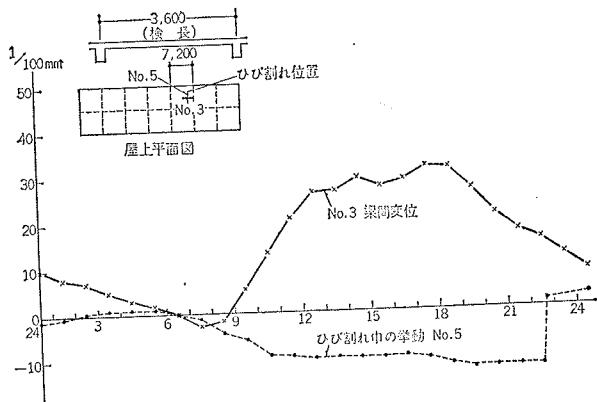


図-7 梁間歪およびひび割れ挙動測定 (昭和43年7月25日)

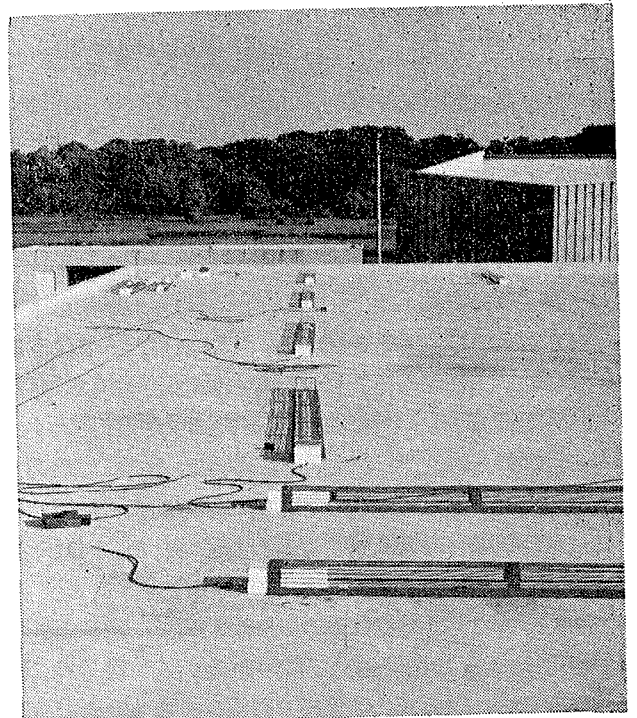


図-4

連続して記録をとった。(測定装置 図-4)

日内の歪変化の例として図-5をあげた。これは昭和43年5月23日~28日の記録で、これにコンクリートスラブ中央部の温度を記入した。これによると温度上昇に伴い梁間の変位は進行し、最高温度を示す時点において変位も大体最大となるようである。温度が低下する場合も同様な傾向を示すことがわかった。温度変化の少ない日は屋上RCスラブの変形も小さいことは当然である。これより温度変化と屋上RCスラブの歪変化はなんらかの関係にあることが推察できる。一方梁間位置の相違、例えば5月24日の測定結果より、端部梁区間の変位は0.9mm (No. 1) 中央部梁区間変位0.63mm (No. 4) であるから、明らかに梁区間の端部と中央部の変形には大きな差があり、フレームの拘束をうけていることになる。

昭和43年6月から昭和44年1月までの屋上RCスラブ梁区間の歪測定結果を図-7に示す。図-6は日内の最大、最小の平均歪を求めグラフ化したもので、これにはその月の最大、最小の上下限の歪範囲を記入したものである。なお基準値を5月22日午前6時とすれば、No. 1においては7月25日に最高歪1.06mmを、1月の最終歪量は-0.61mmとなった。歪の傾向は温度変化とよく似た傾向を示すが、中央部梁区間の歪は最高温度付近で異なったが、これはスラブのひび割れあるいは潜在的な歪の影響を受けているためと推察される。

3. 屋上RCスラブ内のひび割れの挙動

ひび割れがコンクリートに発生する場合の変化は別として、現にひび割れのあるスラブの挙動について調査した。これは図-3の No. 3 で、このひび割れの挙動のみを求めるために新たに変位計を設けた。その個所および変位測定法は図-8, 9に示す。

図-9の方法により、ひび割れ幅のみの挙動を求めると図-7の No. 5 である。これからわかるように既にひび割れがある場合、日中の温度上昇中はひび割れの幅は減少し、外部温度が降下すれば幅は拡大するが夏期の比較的暑い時期、30℃以上のある日の夜間9~10時間前後にそれまでひび割れ幅の拡大に抵抗していたひび割れが急に開くことが記録された。(図-10参照)

このひび割れ幅はほぼ0.5mm前後で、急激な幅の変化は約0.12mm程度と観察された。なお場合によっては急激な幅の変化は午後6時頃にもあったが、今後これらの関連については未だ調査中である。以上は真夏における変化であるが、真冬はどうなるかは、目下観測中である。防水故障例より air condition の状態も無視できないから、これらの関係についても調査する必要があると考えている。

一方梁区間の日内変位変化は図-7の No. 3 で、これには急激な変位の変化はみられないことは、ひび割れの挙動は局部的な変化であると言えるであろう。しかし、ひび割れ幅はコンクリート自体の変化であり、梁区間はさらに鉄筋の影響を大きく受けていることを示しているとも考えられる。

4. 各種の防水工法による温度変化

各種の防水工法と称しても、モルタル防水を別にすれば、アスファルト防水、シート防水などが主であり、ここでは断熱性を加味した防水2種について行なった結果である。実験個所は当研究所実験棟屋上の一部にて図-11の通りである。図-12はそれぞれの断面である。

この施工は42年12月末に行ない、以後継続して記録しているが、ここでは8, 10, 12および1月の下地コンクリート温度測定の結果をここでは示した。

(押え層, 防水層内部温度関係は略す)

まづ、歴史の古いアスファルト防水を示せば図-13となる。やはり押えコンクリートがある場合には差がある。

図-14は最近施工されつきたシート防水である。測定個所37では、直接外部温度の影響を受けている

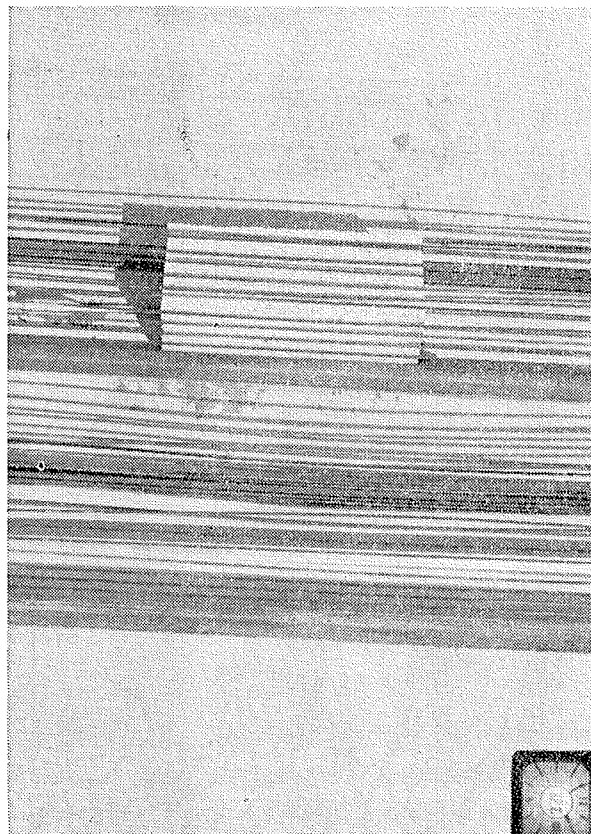


図-8

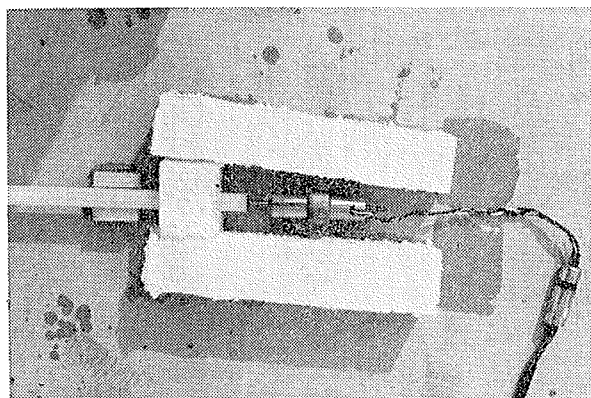


図-9

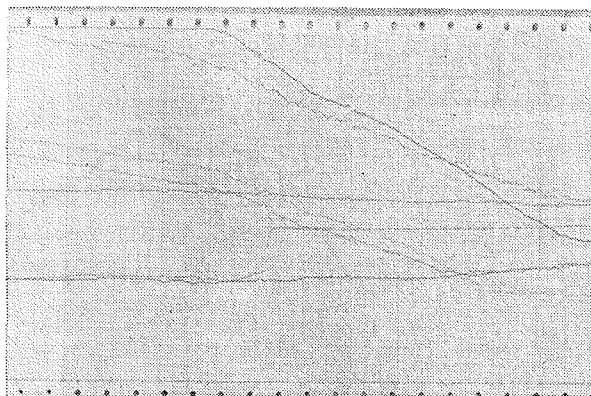


図-10

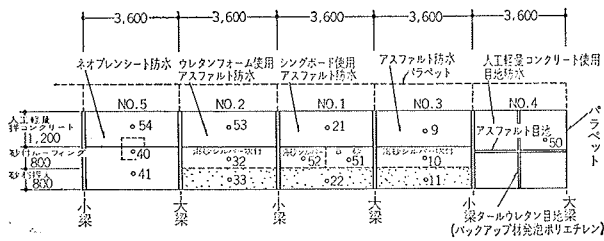


図-11

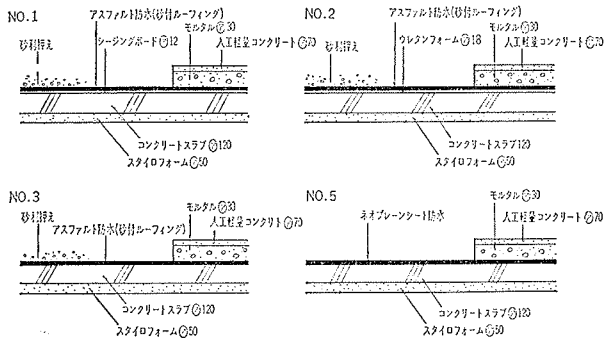


図-12

ことがわかり、アスファルト露出防水よりも大きな温度変化を受けている。35は断熱性のあるシージングボードを中間においた場合で下地コンクリートのうける温度影響を減少させることがわかる。

図-15および図-16にはそれぞれシージングボード(1層)、ギルボード(ウレタンフォームの両面に防水紙を貼付けたもの)を使用したもので、前者は外国の例より3層が標準である。これはデパートの屋上の様に、重い装備を必要とする場合、後者はその必要のない場合を対称とした分類である。シージングの場合はウレタンの場合より劣るが、下地コンクリートに与える温度の影響および温度変化が少ないことがわかる。この結果より、8月のコンクリート下地は30°C程度、1月は5°C程度となっているが、これは実験棟の一部に施工したもので、実験個所近隣よりの影響をうけて、このような結果になったと考えられ実際に全体を断熱すれば、このような温度差はさらに少なくなるであろう。

図-13~16より8月、10月、1月の代表的な日内温度変化(表面温度と下地コンクリート温度について)を防水種別、押え層の有無のそれぞれについて図をつくと図-17~19のようになる。

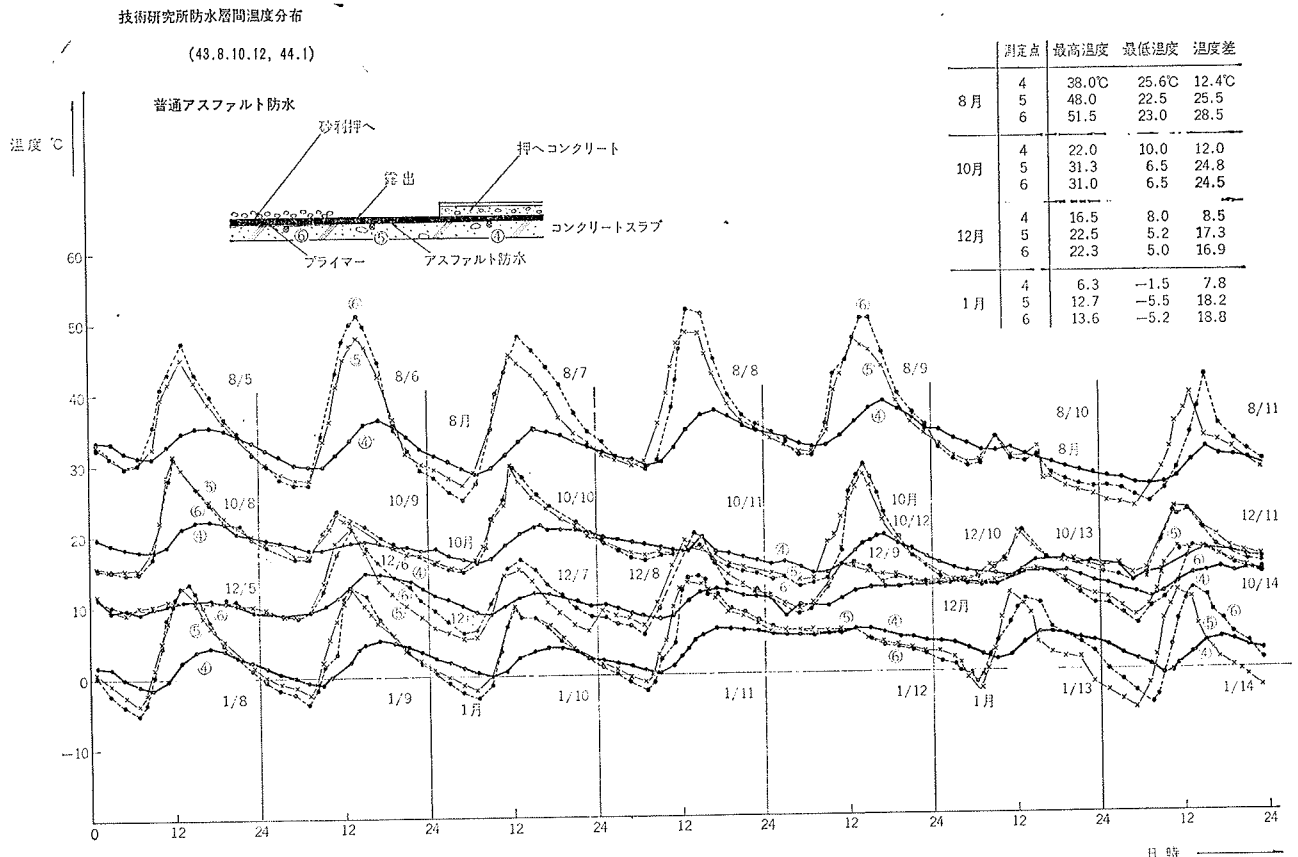


図-13

技術研究所防水層間温度分布

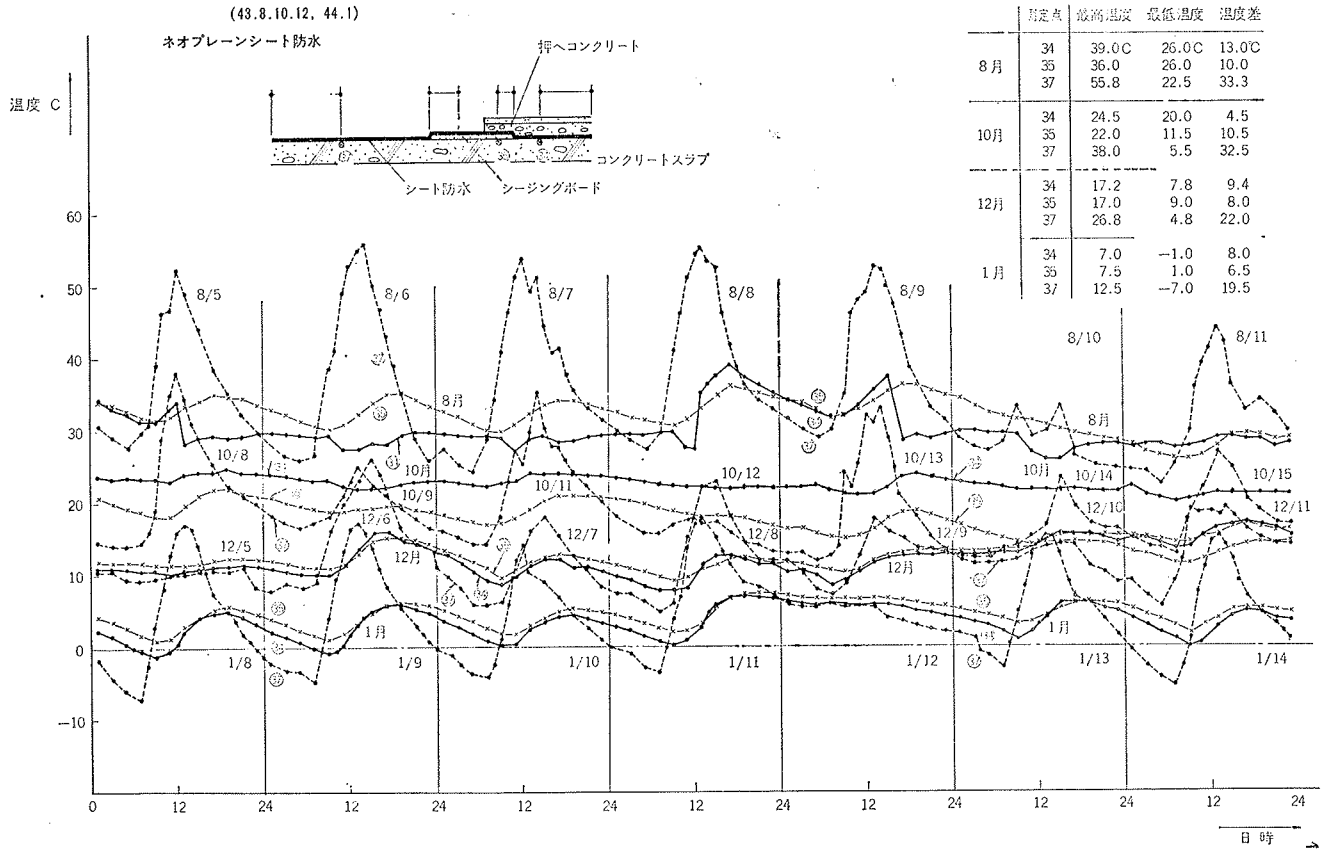


図-14

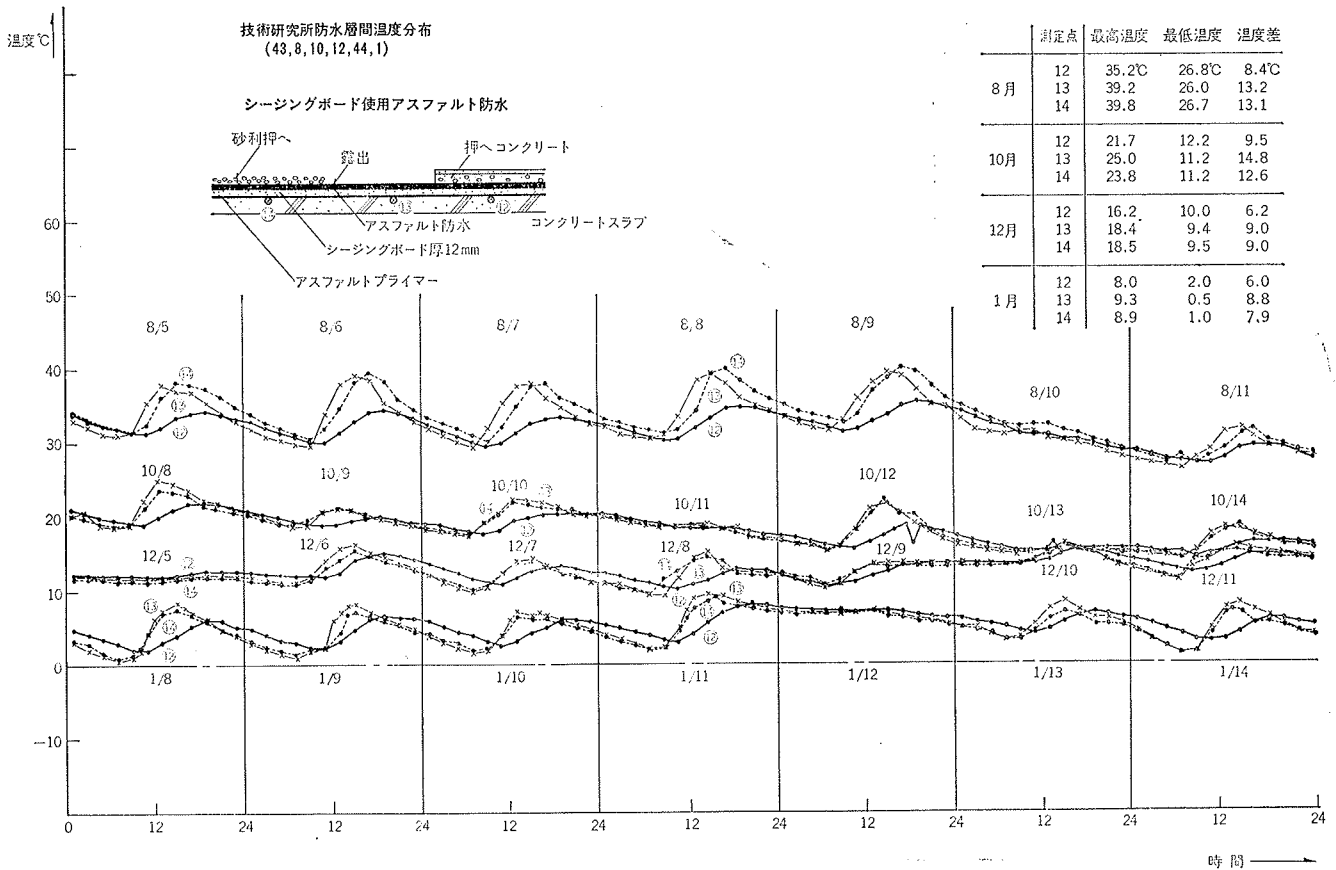


図-15

RC造建物屋根スラブの挙動と防水について (No. 1)・高橋・中島

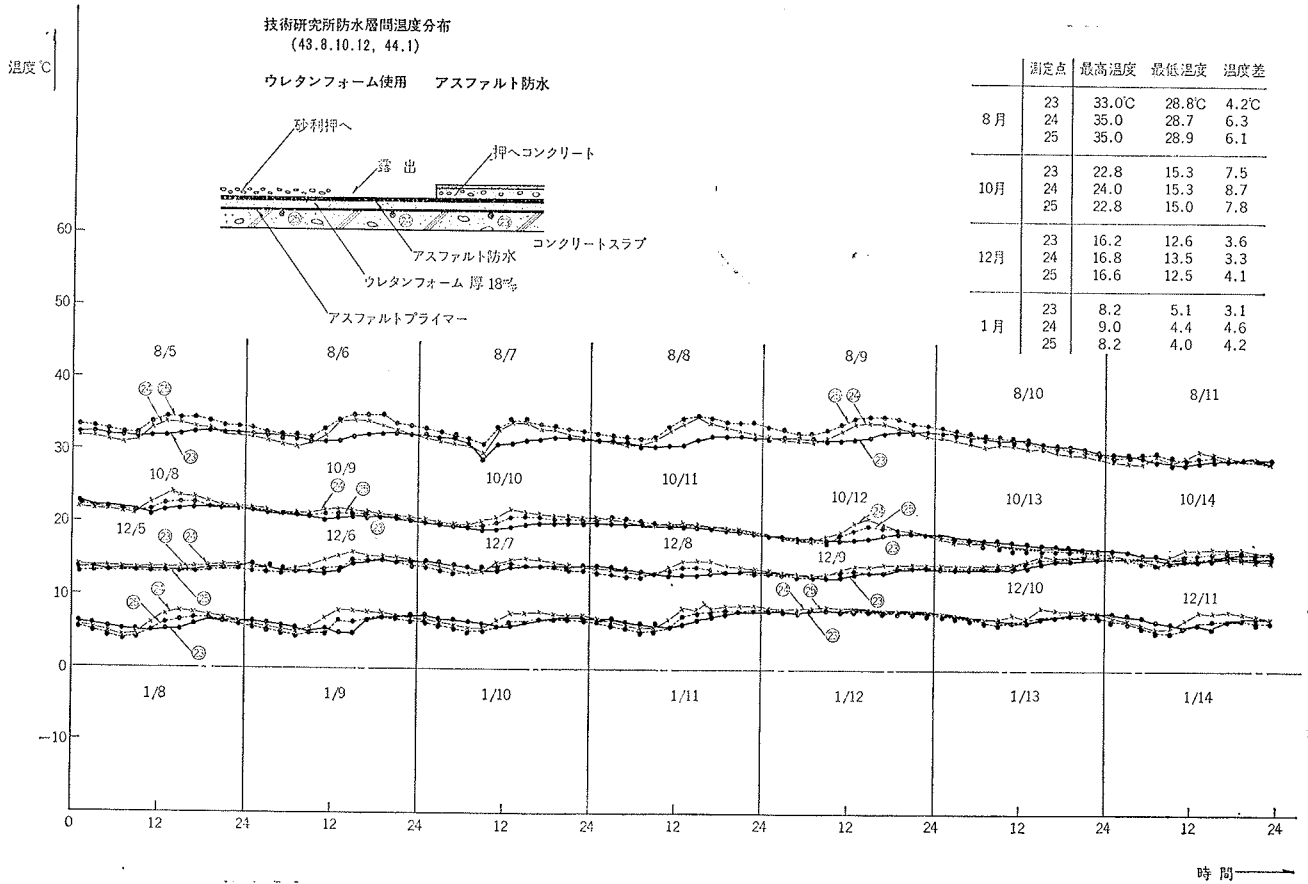


図-16

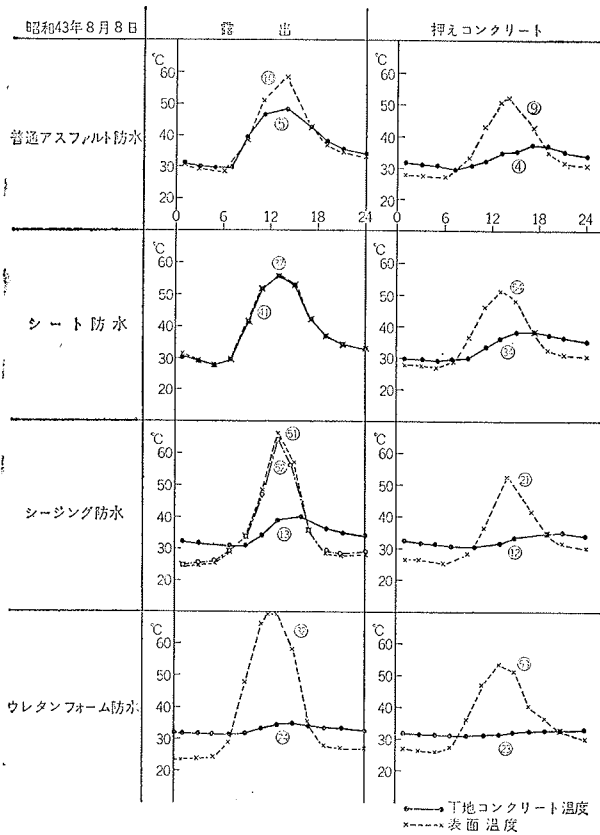


図-17

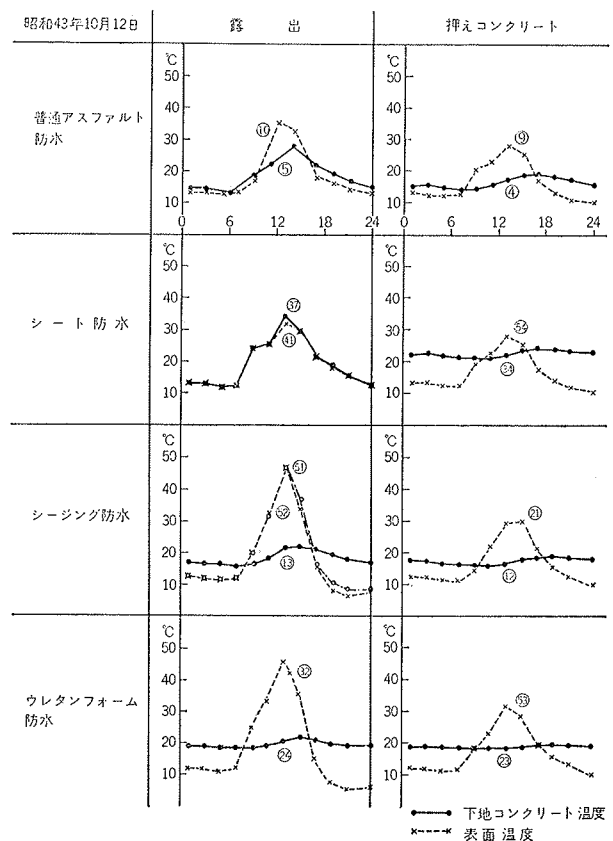


図-18

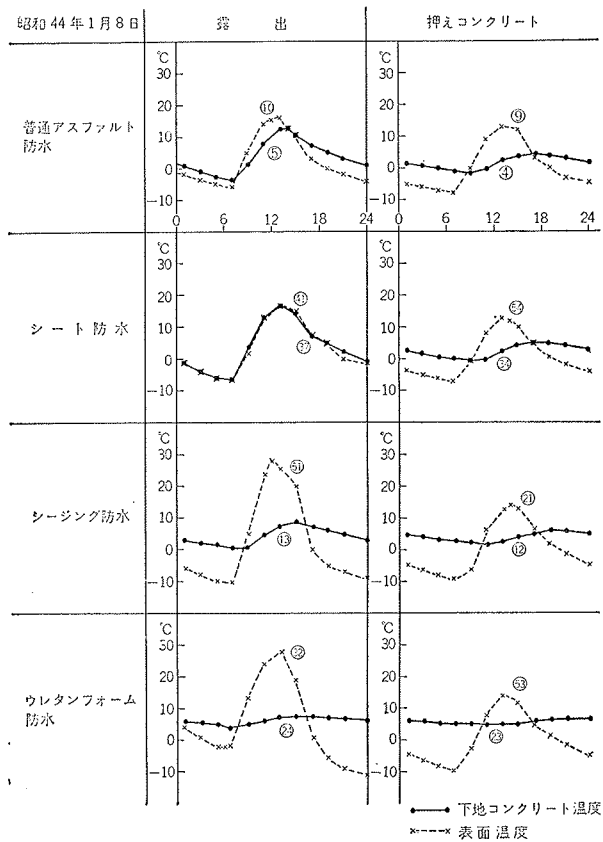


図-19

5. 結び

表題の関連性までに結びつけることは、まだまだ実態調査、実験および理論的追求を行なわなければならない。しかし防水に限らず、外装のタイル、モルタルの剥落などを考えた場合、本質的にはこの辺の関係を知らなければ対策はたてられない。この実態調査に基づいた理論的展開は、今後の問題とし、ここでは実際の建物について調査結果のみをここではまとめた。この結果今後どのような方向で研究を進めていくかを調査より教えられたと同様に、今まで想像して施工していたことをある程度知ることができたとも考えられるが、むしろ内容は非常に複雑な形態であることを実態調査結果より知らしめられた感じである。

また、この種の研究は、竣功した建物について調査することが非常に大事であることを示している。