

# 断熱防水の施工方法と効果に関する検討結果

高橋久雄  
長尾覚博

## Examination of Work Execution Method and Effects of Thermal Insulation Waterproofing

Hisao Takahashi  
Kakuhiro Nagao

### Abstract

This report describes the results of examinations of work execution and effects of a thermal insulation waterproofing method consisting of providing a layer of insulation between substrate and waterproofing. For examination of work execution, an example of prestressed concrete structures which are more difficult to waterproof was taken up. The characteristics of the materials used and the actual condition of executed work are described. There was no leakage of water after construction of the building. With regard to the effects of thermal insulation waterproofing, it was made clear by actual measurements and analytical calculations that this method is effective in reducing movement of the substrate and in preventing cracking of concrete.

### 概 要

本報告は、防水層と下地との間に断熱層を設けた、いわゆる断熱防水の施工方法および効果に関する検討結果について述べたものである。

施工方法では、防水施工の難しい、プレストレストコンクリート部材のダブル T (DT) スラブを下地とする断熱防水の施工例について、特に使用材料の特性、納まりの実際について示し、建物の施工後も漏水事故がなく、良好な結果を得たことを述べている。

断熱防水の効果に関する検討では、(1) 下地のムーブメントの低減、(2) 構造体のひびわれ防止に有効であることを、実測および計算によって明らかにした。

### 1. まえがき

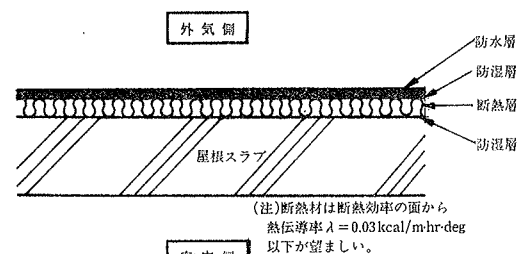
鉄筋コンクリート構造物の屋根防水には、アスファルト、合成高分子シート、塗膜などの材料を用いた工法があるが、これらの防水には、しばしば漏水のトラブルが生ずる。これにはいろいろな原因が考えられるが、なかでも、断熱層のない屋根スラブおよび架構は、日照や空調により、四季を通じて、大きな温度変化を受け、膨張・伸縮し挙動する。

それによって屋根スラブには、ひびわれが生じ、さらに、ひびわれ幅は動くため、これが防水層の破断を引き起こし、漏水の原因になるものと思われる。

本報告は、このような防水層の破断および、漏水事故の軽減にきわめて有利な工法である。断熱防水についてその効果を検討した結果、および実際の施工例を紹介しその施工上の特徴および留意点を示したものである。

### 2. 断熱防水の概要

断熱防水は図一1に示すように、屋根スラブの外気側に断熱層を設け、その上層に防水層を設ける工法で、設計にあたっては、断熱材の硬軟、熱伝導率、および断熱性能の低下を防止するための防湿層の設置、さらに防水層の熱劣化に対する検討等が必要となる。



図一1 断熱防水の概要

### 3. 断熱防水の効果に関する検討

断熱防水の効果としては、下記の項目があげられる。

- (1) 構造体の温度変化による伸縮が低減され、ひびわれの発生が抑制される。
- (2) 防水下地の動きが低減される。
- (3) 下地の動きが、防水層に直接伝達されるのを防止する。

本節では、前記の(1)～(3)について、主にその実際について示す。

#### 3.1. 構造体の温度変化による伸縮の低減およびひびわれの防止効果について

既にいくつかの研究報告で示されているように、構造体のひびわれの主要原因は、温湿度変化および乾燥収縮による構造体の挙動である。特に温度変化による構造体の挙動は大きく、これを低減することは、ひびわれ防止対策上の要点となる。

屋根スラブは水平であるため、直達日射量が、建物の各方位中最大となり、屋根スラブおよび屋上はりの温度変化は大きく、断熱層のない屋根スラブでは、年間の温度差が40℃近くにも達している。このような温度変化によって建物には、図-2に示すような変形が生じ、これが屋根スラブを含む構造体のひびわれ発生につながる。

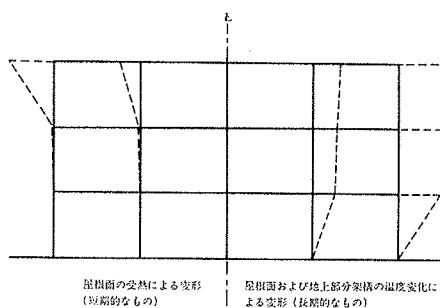


図-2 温度変化による構造体の変形

図-2からも解かるように、構造体の温度変化によるひびわれ防止を十分に果すためには、屋根面を断熱する外に、他の部位も断熱する必要があるが、ここでは、屋根面を断熱したときにどのような効果があるかを示す。

図-3は塗膜防水を施した屋根スラブの温度変化の挙動を実測した結果であるが、屋根スラブおよび屋上はりは温度変化によって、絶えずこのような伸縮を繰り返していることになる。このような伸縮によって屋根スラブにはひびわれが発生し、かつ発生したひびわれの幅は、これに応じて開閉を繰り返し、防水層破断の原因となる。

図-4は、温度伸縮を低減するために、屋根面を断熱した場合には、どの程度温度変化が小さくなるかを、露

出の各種防水層を施した場合の下地コンクリート表面温度の実測結果であるが、他の防水層に比較し、かなり、断熱防水を施すことによって、下地コンクリートの温度変化は日内、年間とも小さくなるのがわかる。

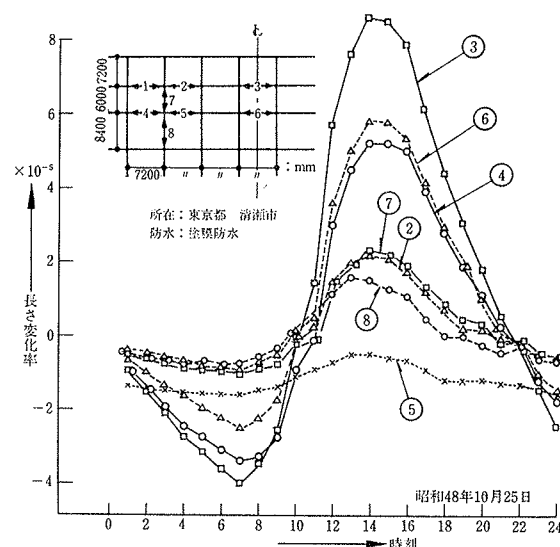


図-3 屋根スラブの温度変化による伸縮実測結果

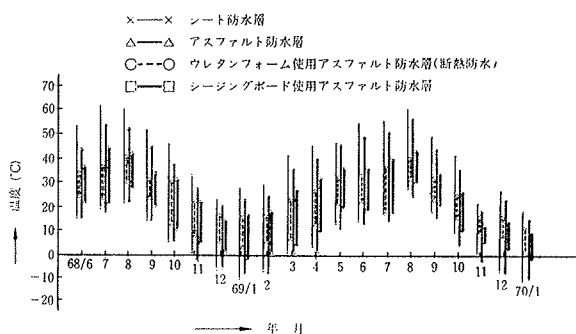


図-4 露出の各種防水層下地コンクリートの月間最高最低温度幅変化(1968年6月～1970年1月)

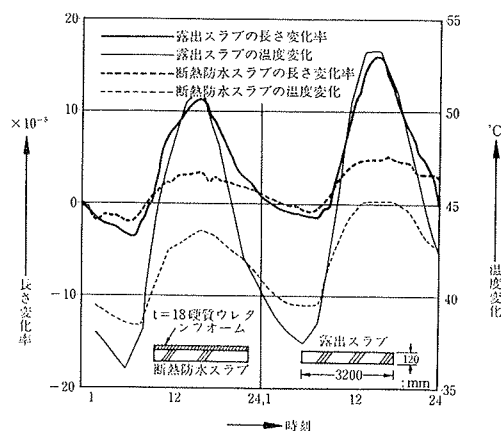


図-5 模範部材による、断熱防水の温度変化、伸縮低減効果に関する実測結果

また図-5は断熱防水による温度伸縮の低減効果を外部拘束のない模擬部材によって実測した結果であるが、温度変化、伸縮とも低減されることがわかる。

断熱防水によって、屋根スラブおよび屋上はりの温度変化および伸縮は著しく低減されるため、架構に生ずる温度応力も、これに従って低減されることが予測される。図-6は断熱防水による温度応力の低減効果を解析した結果であるが、断熱防水を施さない場合には、かなりの温度応力が構造体に生じ、屋根スラブのみならず、構造体の架構や、壁体にひびわれの発生することが推測される。一方断熱防水を施した場合には、この解析例では、架構にひびわれの入らない結果となっている。

なお、解析にあたっては、柱の弾塑性剛性を考慮し、スラブ、屋上はりの温度変化は、室内温度を20℃、外気温度を最低-2.0℃、最高33℃(東京地方を想定)とし、部材の平均温度差を定常計算により求め、これにより解析した。解析に使用した各常数は表-1に示す一般的な値を用いた。

コンクリートの弾性係数 ×10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup>	コンクリートと鉄筋の弾性係数比	鉄筋の引張強さ kg/cm <sup>2</sup>	コンクリートの設計容積強度 kg/cm <sup>2</sup>	断熱層の熱伝導係数 m <sup>2</sup> ・hr <sup>-1</sup> ・°C/kcal	コンクリートの熱伝導率 kcal/m・hr <sup>-1</sup> ・°C
2.0	11.9	3,000	150	0.79	1.4

表-1 解析に使用した常数

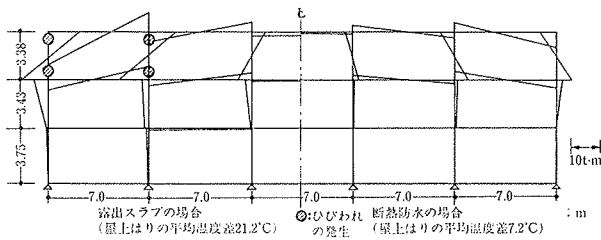


図-6 解析結果

以上の結果より、断熱防水が構造体の温度伸縮およびそれに伴う温度応力を低減し、ひびわれの防止に顕著な効果を示すことが推測される。

なお、断熱防水が十分な効果を発揮するためには、2項にも示したように、使用する断熱材の熱的性質が十分でかつ長期にわたり、断熱性能の低下のないことが必要となる。

### 3.2. 防水下地の動きの低減および防水層と下地との緩衝効果について

防水下地の動きの主原因は、前述の温度変化による伸縮の他に、湿度の変化による伸縮、場合によっては機械

的な振動等が考えられるが、なかでも温度変化による伸縮は、最も大きな原因となっている。

前項で示したように、断熱防水によって、温度変化による下地の動きが大幅に低減されることは明らかであるため、下地コンクリートに、万一ひびわれが発生してもその幅の動きは、図-7の仮定計算の結果からも明らかのように、かなり小となることが推測される。

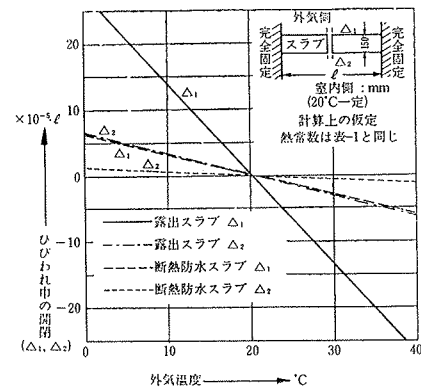


図-7 スラブに発生したひびわれ幅の動き (計算結果)

防水下地となる、屋根スラブには、通常、不陸やひびわれが存在することが多い。このような下地に直接防水を施工した場合、防水層が下地になじみにくいばかりか、下地の動きにより、防水層には局部的な応力集中が生じ防水層破断の原因となる。断熱防水では、下地と防水層の間に存在する断熱層が防水層に対する悪影響が直接及ぶのを防止する役割を持っている。

### 4. 断熱防水の施工例と納まりの実際

以前、柱・はりをプレキャスト化し、屋根スラブにプレストレストコンクリートのダブルT (DT)スラブを用いた工事があり、この種の建築の屋根にシート防水を施工した結果、プレキャスト目地部より漏水する事故例があった。この原因は、DTスラブにはプレストレスが導入されているため、形状寸法にばらつきが生じやすく、取り付け後下地に後述するような目地幅、目違いなどの不陸を生じ、さらに厚さが6cmと非常に薄いため前述した温度変化による伸縮が大きく、これによる目地部の動きが防水層を破断させ、事故につながったものと思われる。

そこで今回同様の工場建築に、防水施工を行うに際し下地の温度変化による伸縮を低減し、さらに下地の不陸の影響が直接及ばないように緩衝する必要性(図-8参照)から断熱防水を用いることにした。

以下にその考え方および施工方法を示す。



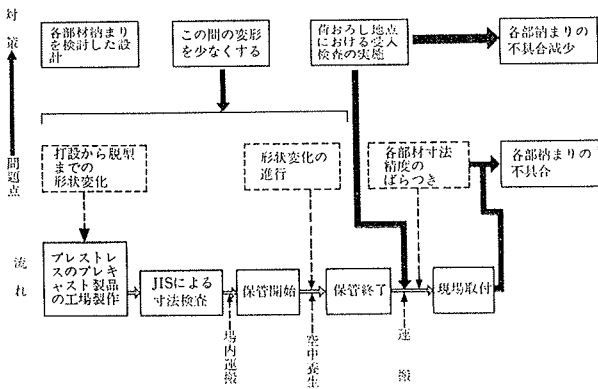


図-12 問題点と対策の流れ図

本建物における、DTスラブ相互の目違い、目地幅の実態は、図-13、14に示す通りであり、屋根面は、目違い、目地幅および水勾配にかなりのばらつきがあり、このような下地の防水には、適切な工法の選択が必要となった。このような下地にシート防水、アスファルト防水などを直接、下地に張りつける断熱性能を持たない工法では、外気温および日射の影響を受けてDTスラブに大きな変化が生じ、防水層の破断につながる。これを防止するためには、防水層と下地をなじませ、かつ断熱性が

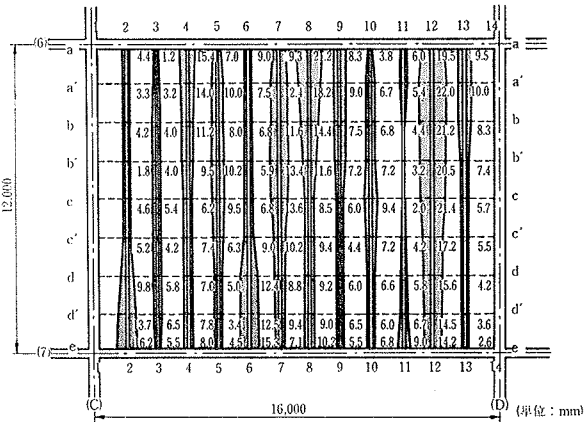


図-13 目地幅の測定

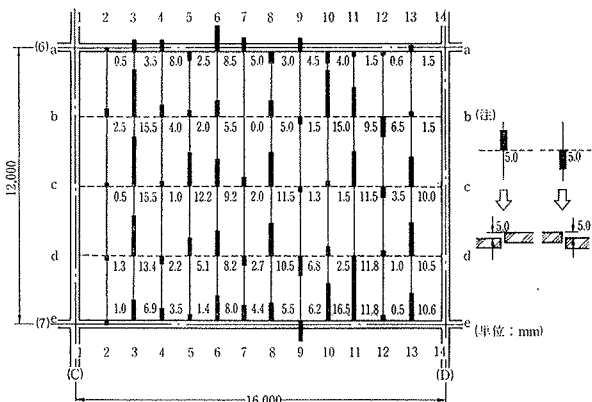


図-14 目違い高さの測定

良好で、温度変化による目地周辺の伸縮応力を防水層へ緩和して伝える緩衝材が必要となる。

以上の理由から、本工事では断熱防水工法を採用し、実施した。

また断熱兼緩衝の機能を持つ市販材料として、硬質ウレタンフォームを芯材とし、その表裏の面に防湿層の役割を持つ石綿フェルトを接合したものが適しているのをこれを用いた。

#### 4.5. 断熱防水の施工方法

ここで採用した断熱防水工法は、断熱層のある、密着張り、非歩行用屋根、露出用ルーフィング仕上の防水工法である。その仕様および工程は図-15に示す通りである。

##### 4.5.1. 使用材料の選択および性質

(1) 断熱板……断熱板は、溶融したアスファルトをかけても溶けず、アスファルトとのなじみが良い、石綿フェルトを表裏に接合した、断熱性の良い硬質ウレタンフォームを選んだ。その仕様は、図-16に示す通りである。

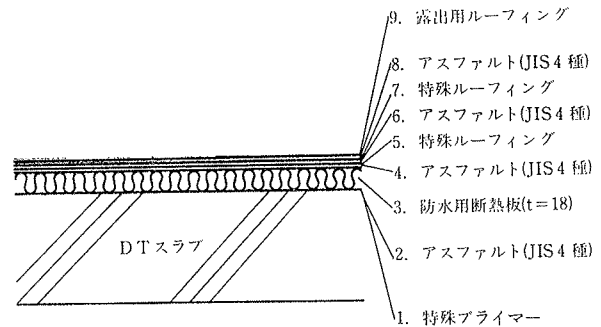


図-15 本工事で採用した断熱防水の仕様と工程

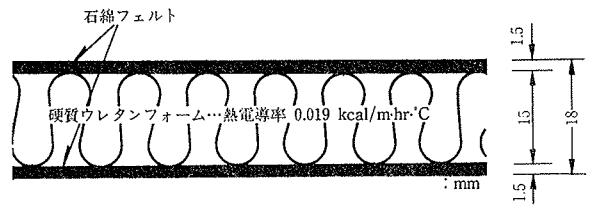


図-16 断熱板の仕様

(2) ルーフィング……断熱防水では、断熱層の影響で、アスファルト防水層の温度変化は図-17のように著しく大きくなる。断熱防水に使用する材料は、耐久性のうち特に熱劣化、伸縮破断などにすぐれた材料を選択しなければならない。本工事では、ビニロンの不織布に、アスファルトを混ぜさせた、耐熱性、耐伸張性に優れた材料を用いた。

4.5.2. 各部の納まりの実際 断熱防水の施工の手順は図-15に示した通りであるが、施工にあたっての留意点および防水層の各部における納まりについて示す。



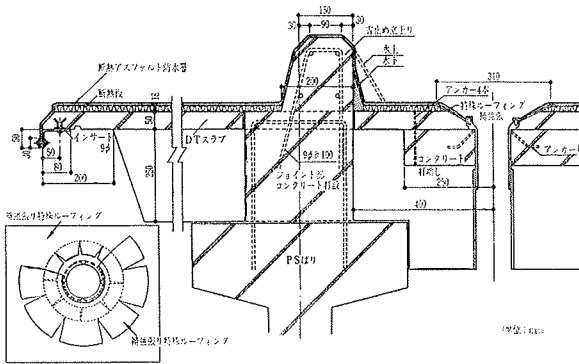


図-21 雪止めとルーフトレン回りの納まり

(4)-3 軒先の防水納まり……DT スラブ 下部にアンゲルを取りつけて下地とした。防水層はアンゲルの下端まで張り下げ、ステンレスのフラットバー（厚さ3.2 mm）を当て、約 45 cm 間隔にボルト締めをした（図-22参照）。

(4)-4 ルーフィングの張りつけ……防水層は、特殊ルーフィングをアスファルト（JIS 4種）でクロス張りした。また防水の仕上げは、砂付ルーフィングを用いた。まず、平部分に 30 cm の張りしろをとって立上りを張り上げ、つぎに平部を張りつけ、立上り部の張りしろに張り重ねた（図-23参照）。

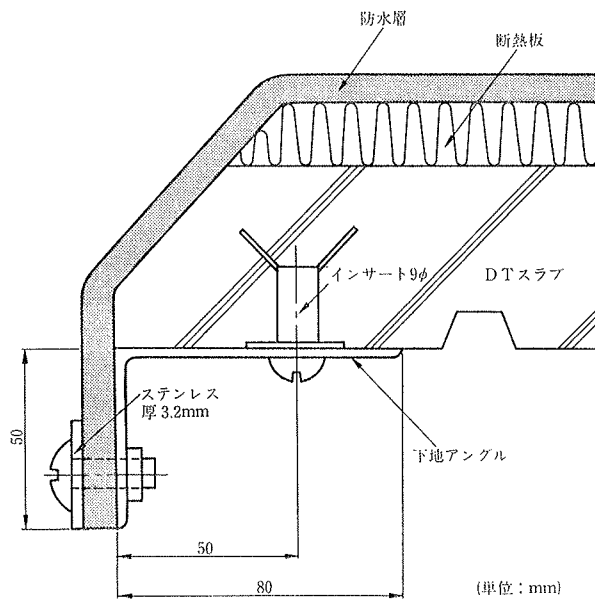


図-22 軒先防水の納まり

#### 4.6. 竣工後の状況

アスファルト断熱防水工法を採用したことによって、

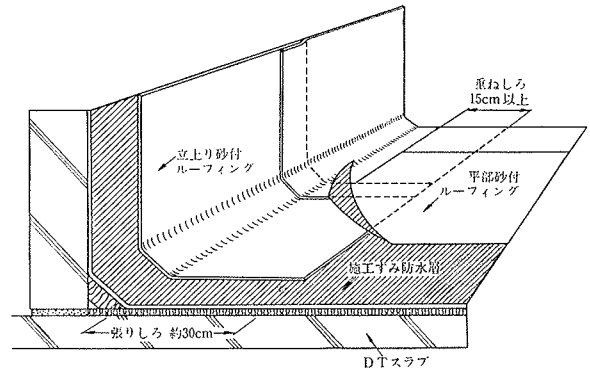


図-23 砂付ルーフィングの張り付け

- ・DT スラブへの直接的な熱影響（伸縮，クリープなど）による変形を防ぐこと。
- ・DT スラブの不陸，目違いによる防水層への悪影響を防ぐこと。

などの目的は果たされた。

すなわち，昭和45年竣工後，何の支障もなく，断熱兼緩衝材として十分な役割を果たしている。また断熱防水はいわゆる外断熱であるから，室内の温度変化が少なく，空調的な効果も良好であった。

#### 5. あとがき

断熱防水は構造体への熱的影響の防止，および下地の動きによる防水層の破断防止などの優れた性能をもった工法であるが，その使用材料，納まり等について十分検討しなければ良好な結果が得られないことを認識する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 気象協会編：1978年度版気象年鑑
- 2) 武藤 清：耐震設計シリーズ2巻，丸善編
- 3) 日本建築学会編：鉄筋コンクリート計算規準・同解説
- 4) 丸善編：建築計画原論II
- 5) 高橋，長尾：名古屋大林ビルの温度測定結果，大林組技術研究所報，No.10，(1975)
- 6) 高橋，長尾：某ビルにおける外断熱，大林組技術研究所報，No.13，(1976)
- 7) 中西：ひびわれの発生機構，施工，No.109，(1975.8)
- 8) 高橋，長尾：RC造壁体の温度変化による伸縮実測結果，大林組技術研究所報，No.7，(1973)