

# [64] 気温変化による RC 建物のひびわれ

正会員 川上英男(福井大学 工学部)

## 1. まえがき

コンクリートのひびわれの原因のうち外的要因に関するものとしては、環境温度・湿度、凍結・融解の繰り返し、火災、その他いくつかが挙げられている。ここに報告するのは北陸地方の鉄筋コンクリート造3階建校舎の例で、外気温と日射の変化によって、コンクリートが膨張と収縮を繰り返した結果、桁、柱、腰壁及び床スラブなど構造部材にひびわれを生じたものである。ひびわれ幅は桁では8mm、柱では約2mmに及び、サッシの施錠が困難になる程の変形を生じるに至った。この校舎の一部(第1期工事)については、その概略を既に報告してある<sup>1)</sup>が、第2、第3期工事(北棟)でも同様の損傷を生ずるに至った。本報告はこの北棟のひびわれの実態や柱の傾斜などの調査結果を主として、この種のひびわれと建物変形の挙動を述べ、その対策の資料とするものである。

## 2. 建物概要

校舎は昭和44年度より46年度まで工事を3期に分けて逐次連設したものである(図1参照)。コンクリートの打設はいずれも冬期に行なわれている。コンクリート工事の概要を表1に示す。なお屋根スラブ上層には4mmφ10cm角の金網を敷き込んである。立面、平面及び最上層の桁、柱の断面を図2~図5に示す。

表1 コンクリート工事概要

「コンクリート」
水セメント比59%, スラブ21cm, 混和剤なし, 単位セメント量400 kg/m <sup>3</sup> , 庄川産川砂利25mm以下, 同川砂2.5mm, 梁丈1/2より上層はタケイ防水2号入り。
「打設」 タワーホッパーからネコ車へ, 充填は棒突き。

## 3. 経過

昭和50年3月、校舎管理者が行なった一斉点検で、第1期工事部(西棟, 完成後5年)で上述のような損傷が発見された。同年12月これに対して筆者が調査を行なった<sup>1)</sup>。一方、北棟においても当時(竣工後3年半)すでに、南面東部4スパンの屋根桁内端に西棟と同種の曲げ応力性のひびわれが発生しているのを認めたと、その程度は軽微であって、特に対策の対象とはならなかった。

昭和54年6月下旬(竣工後7年余)現地を訪れる機会があり、北棟の屋根桁、柱、床スラブ及び腰壁のひびわれが西棟と同程度にまで発達しているのを見出した。

昭和57年8月末と昭和58年1月上旬(竣工後11年)にこれらひびわれ幅の他、柱の傾斜、桁の水平変位など調査した結果、ひびわれの中には昭和54年当時より更に幅が拡大したものも認められた。

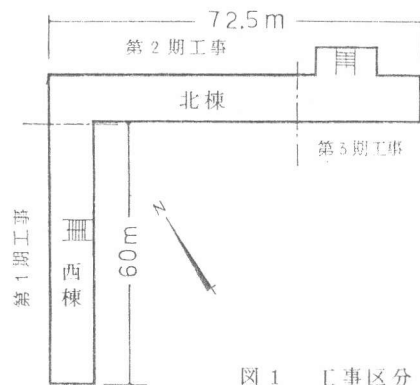


図1 工事区分

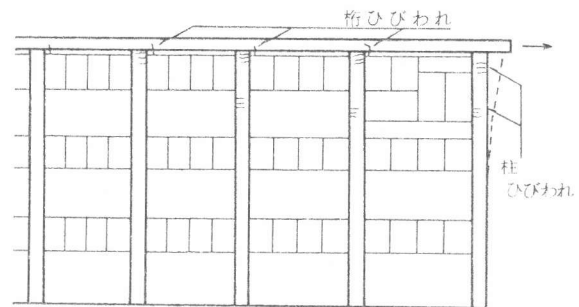


図2 西棟西面南部(北棟北面も同じ)

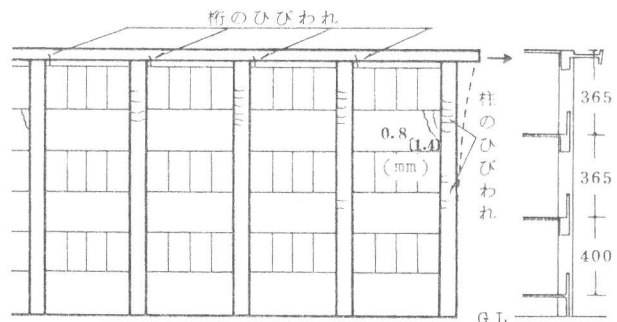


図3 北棟南面東部及び断面(cm)

#### 4. ひびわれの現状と原因

##### 1) ひびわれの現状

###### a. 屋根桁

桁内端において下端より上に伸展した曲げ応力性のひびわれが各スパンに1本ずつ生じている(図3, 図4参照)。北棟東端付近(3~2~1)ではひびわれ幅は8~9mmに及んでいる。このひびわれは建物中央に向う程, 幅を減じ, 7スパン目では消滅している。6~5区間でひびわれ幅が小さいのは桁中央部にもひびが分散しているためと考えられる。

なお, 3階床桁ではこの種のひびわれは東端2スパンに限られその幅も極めて小さい。

###### b. 柱

図2, 図3, 図8に柱のひびわれの例を示す。いずれも柱脚より階高の1/2付近にかけて, 建物中央側より端部側に伸展した曲げ応力性のひびわれが生じている。これも建物端部で最も著しく, 最大のひびわれ幅は1.9mm, 柱A2ではその長さは柱幅の4/5に及び, 柱断面の圧縮域は約1/5に減少していることを示している。これらのひびわれも建物中央に向う程減少しているのは桁の場合と同様である。図8に示すように北側C構面では北棟全長にわたって左右対象の傾向を示している。南側A構面で西端のひびわれが少ないのは西棟との接合部によって変形が拘束されるためと思われる。

これら桁及び柱のひびわれは, 屋根面が長手方向に伸長した為に生ずる曲げ応力に対応している。

###### c. スラブ

3階と2階のスラブのひびわれを図6, 図7に示す。大半のひびわれは建物の短辺方向に生じており, 屋根面の伸長によってこれらの床スラブに引張場が発生したことによるものと思われる。東端隅の斜めひびわれは乾燥収縮ひびわれのパターンと類似しているが, A, C構面が膨張する場合のパターンでもある。

屋根スラブからの漏水は見られない。金網を敷

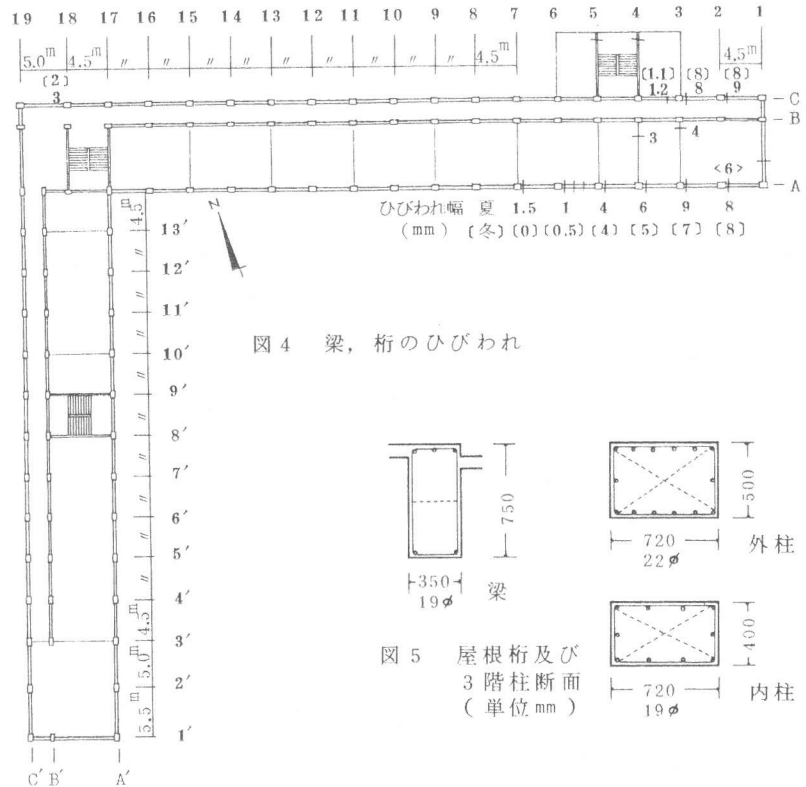


図4 梁, 桁のひびわれ

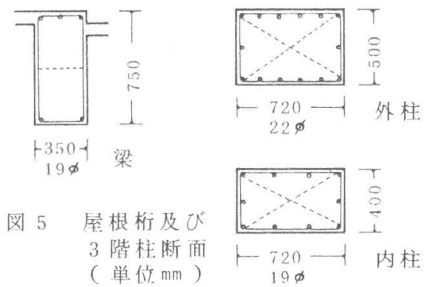


図5 屋根桁及び3階柱断面(単位mm)

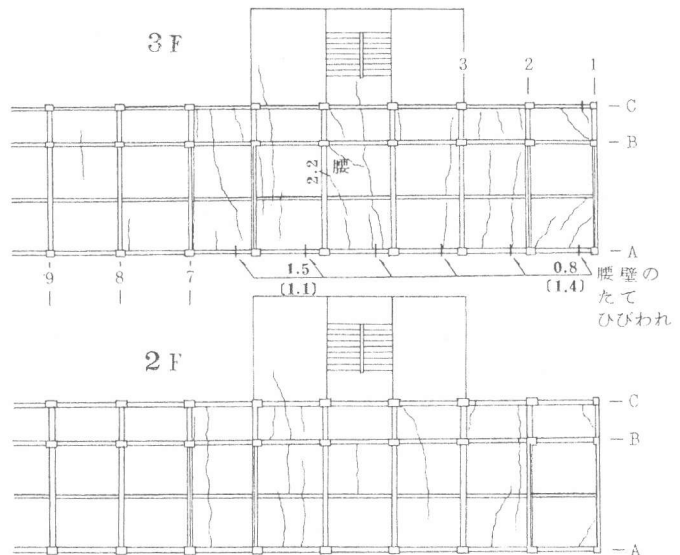


図6 床スラブのひびわれスケッチ(ひびわれ幅mm)

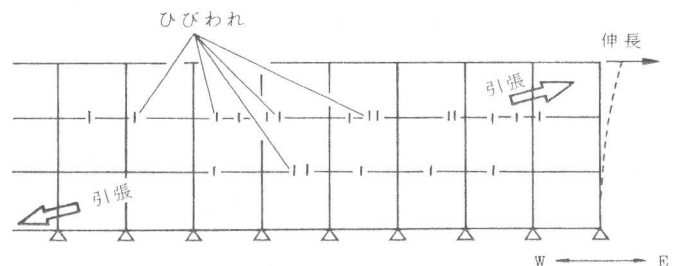


図7 床スラブのひびわれ位置

込んである為にひびわれが発生しにくいこともあるが、スラブが膨張するときはラーメン材の拘束効果によって圧縮状態になることもその理由として考えられる。

d. 腰壁 図6に示すように南側では各桁行スパンにひびわれが発生しており、2, 3階床スラブの場合と同様の理由が想定される。

e. その他 梁端のひびわれ、間仕切壁の斜めひびわれ、北側階段室の壁の斜めひびわれや打ち継ぎ面の水平ひびわれなども見られるが、これらについては省略する。

## 2) ひびわれ発生の主因

コンクリートの打設は冬期、曇天と降雨雪の多い時期に行なわれたところから、コンクリートは硬化時に最も低い温度にあり、その後の温度履歴は上昇側に限られる状況にあった。すなわちコンクリートの受ける温度変化の条件が過酷であったことがひびわれ発生の主因と考えられる。

## 5. ひびわれ及び建物変形の挙動

57年8月末(室内柱表面温度28~30℃, 以下夏という)と58年1月上旬(室内柱表面温度7~9℃, 以下冬という)に柱の傾斜, 建物の伸縮及び桁と柱のひびわれ幅を測定した。

### 1) 柱頭の変位

冬, 下げ振りによって柱の両側面(検長174cm)の傾斜を測定し, その平均値を用いて桁下端までの高さ(290cm)に対する水平変位を求めた。これを図9の縦軸にプロットした。同図には北棟のA, C構面の他, 西棟のC'構面についても示してある。A, C構面共, 3階柱頭の水平変位は東端の柱で最も大きく, 建物中央部に向うにしたがって減少し, 柱7付近で消滅する傾向は同様である。しかし, その変位量は北側のC構面に比べて日射を受ける南側のA構面では1.74倍を示している。この両者の差は日射によるものとみなすことができる。2階のA構面では柱頭の水平変位は5.7~ -0.4mmの範囲にあって, 一定の傾向を示さず, 柱の仕上げの不陸の中に含まれてしまう程度であった。

### 2) 建物の長さ変化

基礎梁に対する屋根桁の水平変位を, 夏を基準として冬にトランシットで計測した。図10では各計測位置における水平変位を縦軸にプロットしてある。夏・冬間の柱表面温度差約20℃(内部温度は不明)に対して, 東端で

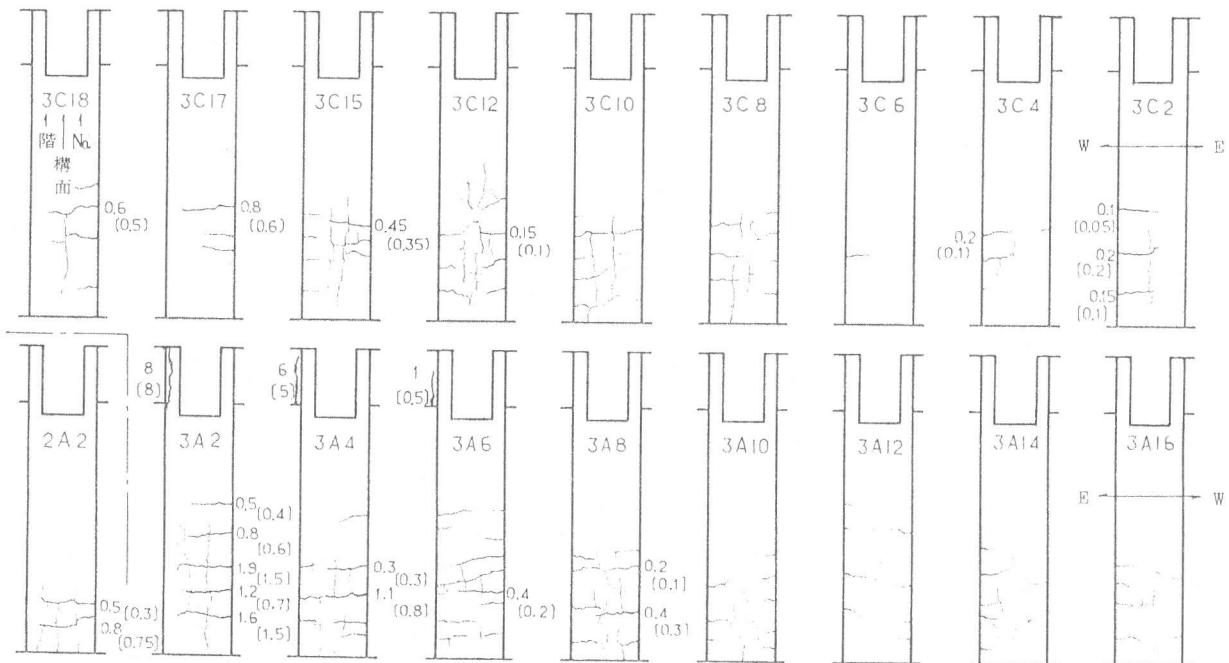


図8 柱及び桁のひびわれ(数値はひびわれ幅(夏期, [ ]内は冬期)単位mm)

8 mmの長さ変化が見られた。これはコンクリートの熱膨張係数を $1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ として北棟全長の1/2に対して算定される値(7.2 mm)に近い。すなわち屋根部分は温度変化に応じて自由伸縮に近い挙動を示し、構造体の拘束効果は小さいとみなされることになる。また上記1)の柱頭変位は夏には東端で8 mm増加することを意味している。

### 3) ひびわれの挙動

各柱のひびわれ幅をルーペで計測した。その例を図8に示す。また屋根桁のひびわれ幅をスケールで計測した結果を図4に示す。屋根桁のひびわれ幅は冬に0~2 mm縮むが、平均するとひびわれ幅の80%は残留している。柱のひびわれ幅も、3A2の例では0.5~0.1 mm縮少しているが、この場合も平均約80%は残留したままとなっている。

### 4) ひびわれの成因

これらの変形やひびわれの現状がコンクリートの温度膨張だけによるものとする、想定される温度変化は $70^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ と実状にそぐわない値となる。又上記の値から $0^{\circ}\text{C}$ の状態を想定しても変形やひびわれの大半が残存することになる。実際にはひびわれが一旦発生すると乾燥収縮がそこに集中したり、塑性域が生じたために温度変化の繰り返しによって残留変形が蓄積されたり、あるいは過度の応力のためクリープ変形が促進されることなどが重なることが推測される。

## 6. むすび

本調査の結果と考察を要約して以下に示す。

- 1) 竣工後3年では、構造部材の拘束効果のため、コンクリートの温度膨張によるひびわれは未成熟であった。7年後にひびわれは大凡発生しつくしたと見られるが、なお、ひびわれによっては10年まで拡幅するものも見られた。
- 2) 一旦ひびわれが生ずると乾燥収縮による変形が集中したり、あるいは塑性域を生ずるような大幅なひびわれ部では残留変形の蓄積やクリープ変形の促進などのため、単なる温度変化による自由伸縮より過大な変形を招く結果となる。すなわち、この種のひびわれが安定に至らず活性を保つ背景には、温度変化の他に、こういった要因も関与していることを考慮して、ひびわれの補修対策を講ずべきである。
- 3) ひびわれの数の増加や拡幅によって構造体の拘束性能が衰えた後は、温度変化に見合う変形性状となる。
- 4) 本例の場合、0.3 mmのひびわれ制限幅を考慮すると建物の許容長さは大幅に小さいものとなる。

本報告は気温変化によるひびわれの典型的な実例を報告し、この種ひびわれの特徴と挙動を提示したものである。この種の損傷を防ぐには、建物を適当な長さに構造的に分割する他、施工時期にも留意する必要がある。また、そのひびわれを低減するには建物外周部の配筋を増して、ひびわれの分散、塑性域発生危険の低下、クリープの抑制をはかることが肝要である。これらの定量的検討に対しては、材料、断熱設計の他、構造特性や気候の地域的特性など多方面の検討が必要となる。

### 参考文献

- 1) 川上英男 “北陸における鉄筋コンクリート造建物の凍害および温度変化によるひびわれの実態” コンクリート構造物のひびわれに関するシンポジウム発表報文集、日本コンクリート工学協会、昭52年3月、pp. 9~12。

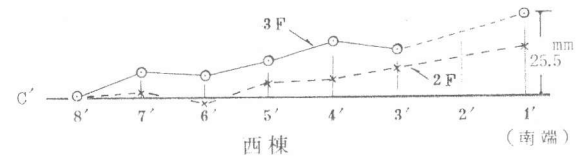
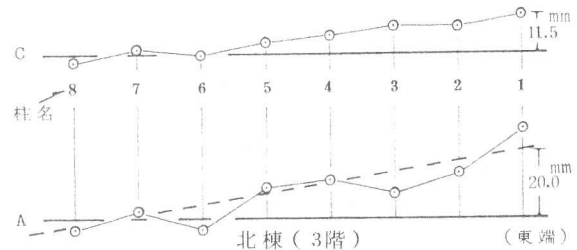


図9 柱頭の水平変位



図10 屋根桁の水平変位