

報告

[1207] 某建物外壁のひび割れ幅変動調査報告

正会員○小柳光生（大林組技術研究所）

正会員 増田安彦（大林組技術研究所）

正会員 中根 淳（大林組技術研究所）

1. はじめに

鉄筋コンクリート外壁に発生したひび割れは、乾燥収縮がほぼ収束した後も外気温の影響でその幅は変動する。この変動量を把握することは、ひび割れ補強筋の設計や仕上げ材の選択などにとって重要なことと思われる。

本報告は、打放しコンクリート構造物の外壁に発生したひび割れ幅を約1年半にわたって計測した結果を示す。またひび割れの一部に炭素繊維材を張り付け、ひび割れの抑制効果を調べている。

2. 試験概要

2.1 対象建物

鉄筋コンクリート造地上2階地下1階建 竣工：1983年4月

建物面積：32.7×29.0m 階高：4.2m（1階） 用途：実験施設

場所：東京都清瀬市

2.2 外壁の設計

壁厚：18cm（設計厚16cm）で、縦筋、横筋ともD10-@200ダブル配筋（鉄筋比0.40%）である。開口部の補強は、図-1の（B）を基準とするが、1階東側外壁の開口部については、各種開口補強の違いによる影響を評価するため、図-2に示す⑤-⑥通りを（A）、①-②通りを（C）の補強を施した。ただし、①-②通り間の外壁内面だけは、部屋の用途の都合で打ち込み断熱材を張っており、結果的には別の要因が入って比較出来なかった。

外装：打放し

内装：打放し、一部断熱材またはモルタル塗り仕上げ

コンクリートの調合は、表-1に示すが、スランプ12cmの硬練りであり、打ち込みは、水平、垂直部材分離打設を行なった。また、

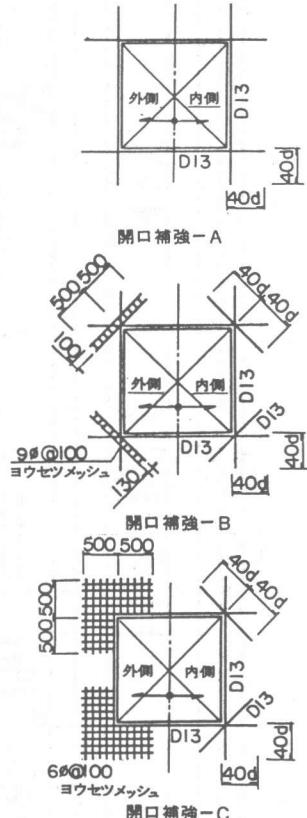
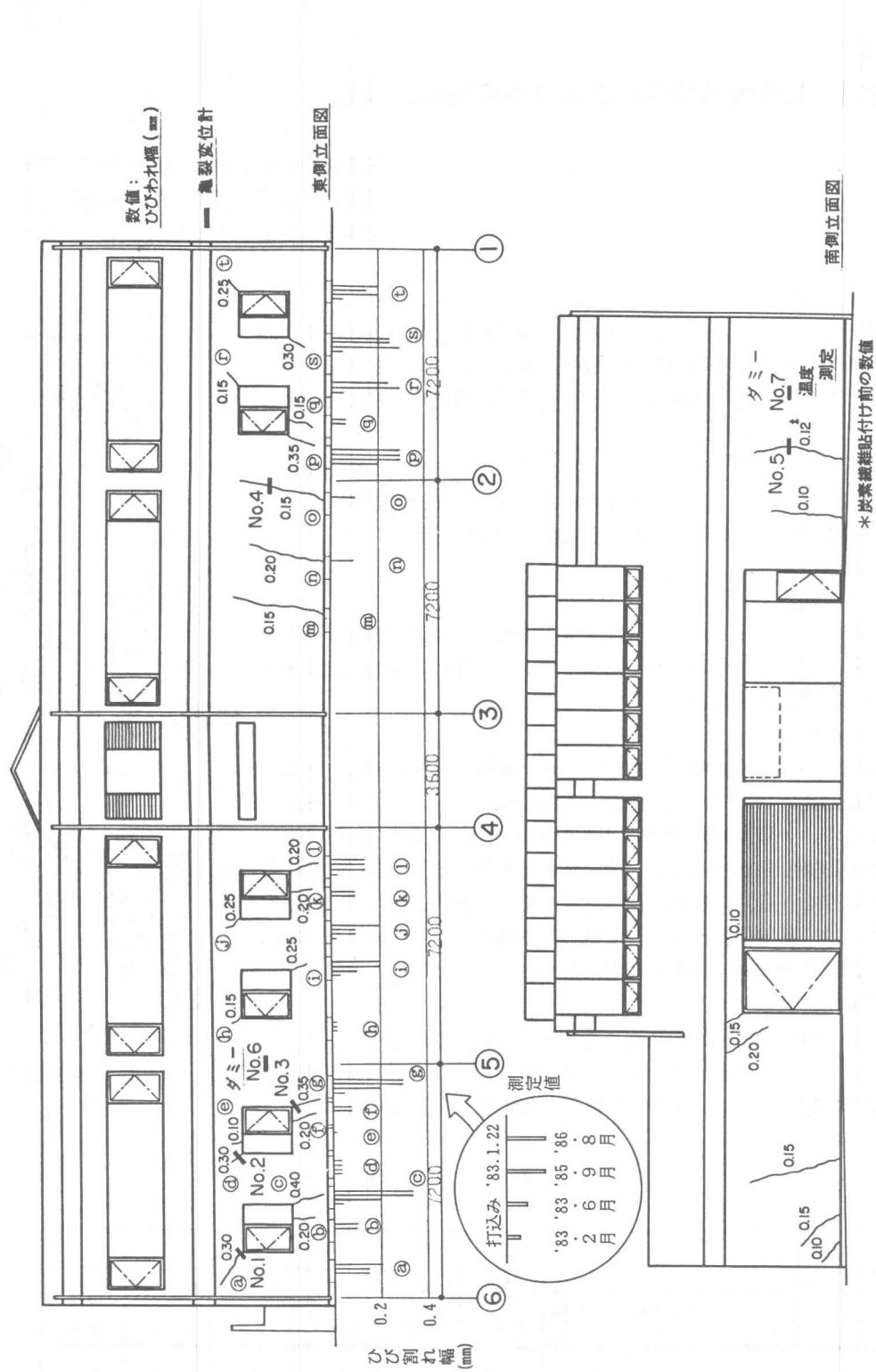


図-1 開口補強筋の
タイプ

表-1 コンクリートの調合表

所要値		調合計画 (1m³ 当り)								
スランプ (cm)	呼び強度 (kg/cm²)	粗骨材 最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	セメント (kg)	水 (ℓ)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	A E 剂 (kg)	
12.0	285	20	51.0	43.0	345	176	760	1028	0.086	



図－2 建物外壁のひび割れ測定結果（1990年1月測定）

その他、構造的な特色として、屋根、床および地下外壁にアンボンド工法によりプレストレスを導入している。ただし 1 階外壁にはこの緊張は施していない。

2.3 ひび割れ幅測定

建物外観のひび割れは、クラックスケールによる目視観察を行ない、経時的なひび割れ幅の変動計測は、亀裂変位計（東京測器製 KG-2A）を用いた。この変位計による測定位置は、図-2に示す東、南面のひび割れ位置5点およびダミー2点の計7点で図-3に示すようにひび割れと直角方向に取り付けた。亀裂変位計による測定開始は、竣工後約4年を経過した1987年1月18日正午である。約1年半測定し、途中一時、測定中断もあったが、年間のおおよその傾向は把握できた。

2.3 温度測定

コンクリート表面温度を熱電対を用いて測定した。その位置は、亀裂変位計No.7と同一としている。

2.4 炭素繊維による補強

計測開始後約160日で、ひび割れ測定位置No.2, No.5に炭素繊維を張り付けて、その後のひび割れ幅の変動を計測した。炭素繊維は図-3に示すように約7本を一束（断面積 $0.77 \times 10^{-2} \text{cm}^2$ ）にしたものを作成して組み上げたもので、ひび割れと直交方向にエポキシ樹脂を使用して張付けた。使用量は、No.2では100束、No.5では300束(5mmピッチ長さ1.5m)を配置した。

炭素繊維の引張強度は、約 $20\text{t}/\text{cm}^2$ であるため、本試験の貼付量を引張強さに換算すると、No.5の場合、見掛け上、有効壁長さ1.5m、厚さ18cmの断面に対して樹脂の強度を無視してもコンクリート引張強度 $17\text{kg}/\text{cm}^2$ に相当する引張力を負担出来る量である。

3. 試験結果

3.1 全体的なひび割れ状況

全体的なひび割れ状況を図-2に示す。図中の数値は各々のひび割れの最大幅であるが、この定義は、長さ5cm以上の平均ひび割れ幅のうちの最大値を目安としている。開口部では垂れ壁より腰壁のひび割れの方が大きい傾向にあり、最大0.4mmであった。硬練りであったにも関わらず大きい幅を示した一因は、不十分な開口補強のためと考えら

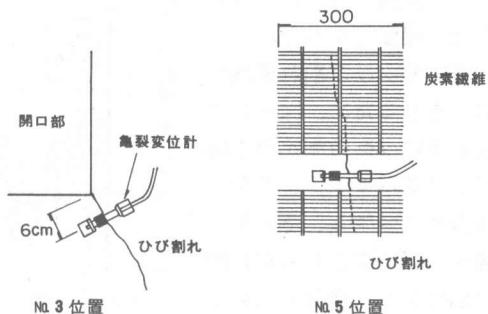


図-3 亀裂変位計と炭素繊維

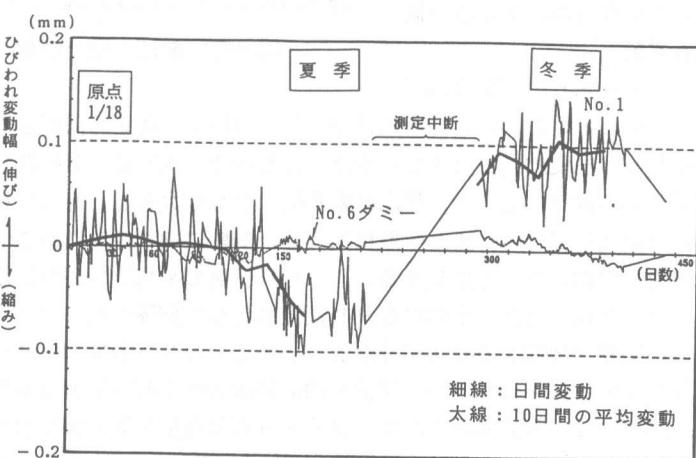


図-4 垂れ壁ひび割れ幅の変動

れる。無開口部では、最大0.2mm程度であった。

経時的なひび割れ進展の動きを見るため、図-2の東面下に4回の測定値を棒グラフで示すが、まず開口隅角部に発生し、その後、無開口部や隅から外れた開口部に発生、進展しているようである。特に無開口部は、3年以降にも新たなひび割れが発生している。ひび割れ間隔は、おおよそ2~3mである。なお、この棒グラフから東面①-②通りの補強筋の大きい位置

(②)に、若材令でのひび割れが特に大きいが、これはこれまでの報告¹⁾で指摘している打ち込み断熱材に起因する水和熱によるひび割れと考えられる。ただしその後のひび割れ幅の動きは、他の開口ひび割れと大差なかった。

3.2 自動計測によるひび割れ挙動

図-4~6は、測点No.1

No.4, No.5およびダミーNo.6, No.7について、測定時間が正午付近のデータから得られるひび割れ幅の日変動（1日1回）を示したもので、測定開始時のひび割れ幅を基準に表わした。ほぼ同時刻の測定であるが、年間の変動幅はかなり大きく、-0.1~+0.15mmの範囲（プラス側：伸び）で変化している。また冬期に拡大し、夏期に縮む傾向にある。なお図中の太線は、ひび割れ部の日間変動に対して比較するため、約10日間の平均値を表したものである。

図-7は、各月の平均ひび割れ幅変動として整理したものであるが、月平均値でも-0.5~+1.0mmの範囲で変動することが分かる。1年後のひび割れ幅のピークから判断すると、竣工後4年経過しているにもかかわらず年間で約0.05mmのひび割れ幅進行が見られた。

図-8は、測点No.6でのコンクリート表面温度の年変動を示す。5~40°Cの範囲で変動しているが、実際のコンクリート壁体温度はこれより小さいと思われる。

図-9は、測点No.4のひび割れ幅の日内変動（6時間毎）を示した。計測日は、比較的気温の低い日（2月21日、11月25日）と気温の高い日（6月30日）とした。2月21日の場合、日内変動

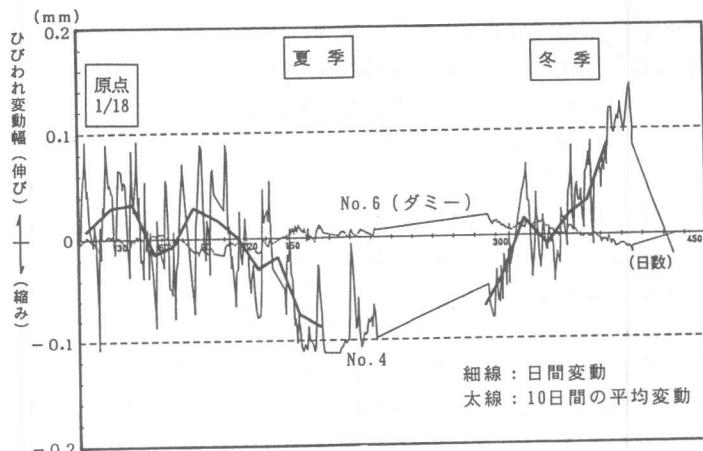


図-5 無開口壁ひび割れ幅の変動

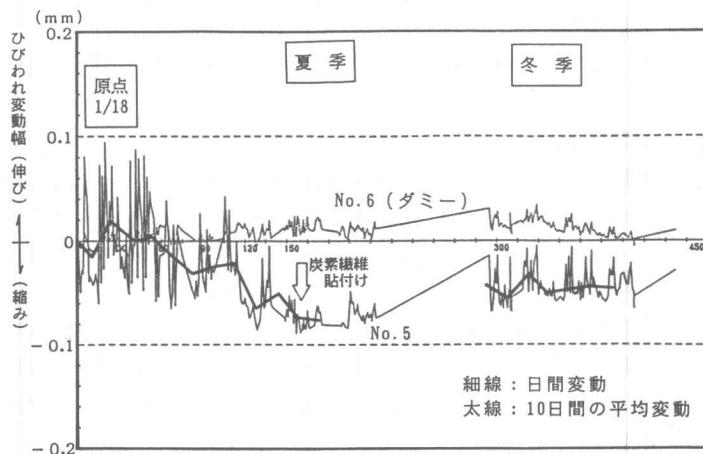


図-6 無開口壁ひび割れ幅の変動（炭素繊維張り有り）

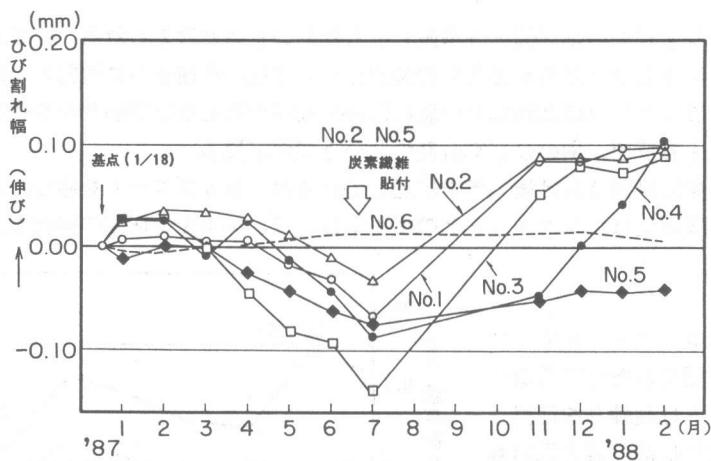


図-7 月間平均のひび割れ幅の変動

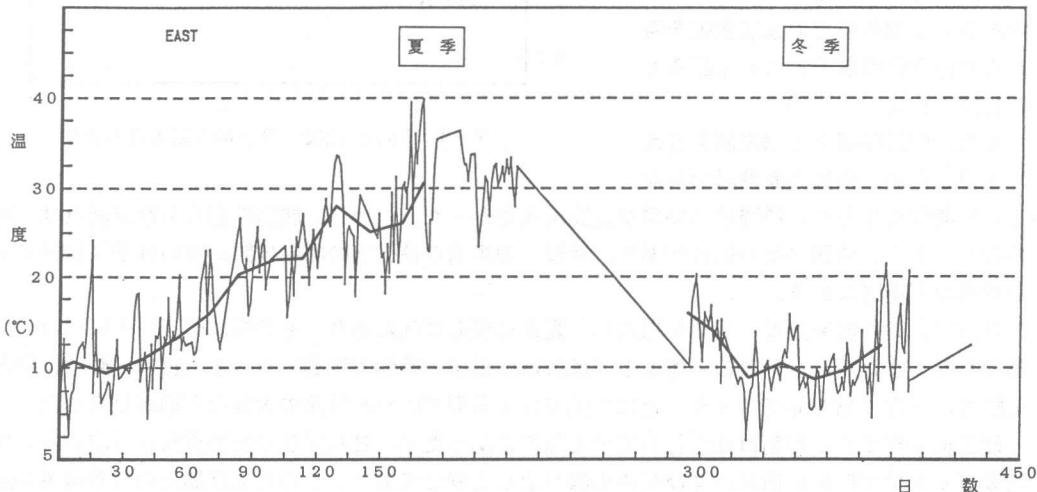


図-8 No.6位置のコンクリート表面温度の変動

が 0.0～+0.1mm前後と大きかった。

コンクリート壁と地中ばりなど壁を拘束する部材との相対的な温度差を、上述した表面温度の年間変動や地下壁の温度測定結果²⁾などから年間約10°Cの変動と仮定し、線膨張係数を 1×10^{-5} / °Cと設定すると、ひび割れ変動幅が0.15mmの場合、ひび割れを挟んだ約1.5mの長さの変形量がそのままひび割れ部に集中していることになる。

全体的にひび割れ変動が大きいが、これは外気温の変動によって、ひび割れ部に引張の繰返し作用を受け、近傍の鉄筋とコンクリートの付着が疲労劣化したこととも一因といえよう。

測定開始後160日で、No.2, No.5のひび割れに炭素繊維を張り付け、ひび割れ変動に対する抑制効果を調べた。図-6から、No.5では、他のひび割れに見られるような夏期から冬期にかけてのひび割れの伸びが少なく、ひび割れ制御効果がありそうである。一方、No.2の場合、図示していないが効果は少なかった。この理由として、炭素繊維の使用量が少なかったこと、計測位置が

コーナー部に寄りすぎていた（図-3参照）ことなどのためと考えられる。いずれにしても、炭素繊維張り付けによるひび割れ制御効果の確認については、今後さらに検討の余地があろう。

また、No.5位置の約50cmほど離れた位置に0.1mm前後の新たなひび割れが発生しており、ひび割れ変形を拘束する反面、別のひび割れ発生という問題が残る。

なお現在、炭素繊維張り付け後2年半経過しているが、トップコートを施したこともある、いまのところ、表面上はコンクリートとの接着も良好で、エポキシ樹脂の劣化も認められないようである。

4. まとめ

某建物の外壁コンクリートのひび割れ調査を長期間にわたって行なった。コンクリートは硬練りを使用しており、材料的には高品質と思われるが、ひび割れ幅の大きさは、竣工後7年で開口部腰壁で0.2～0.4mm無開口部で0.2mm程度を示した。日内あるいは週単位での温度変動を考えると最大値は若干これを上回るものと思われる。

また、開口部回りの補強筋を変えて比較したが、内装の断熱材の有無

という条件も加わり、補強筋の効果が確認出来なかった。しかし、開口部回りのひび割れは、その幅も大きく、問題になる恐れがある。今後、効果的な補強筋の開発検討あるいは誘発目地による対処などが望まれる。

ひび割れの年間変動は、冬期に拡大し、夏期に縮む傾向にあり、その幅は-1.0～+0.15mmの変動であり、また各ひび割れの平均としては0.2mm前後の範囲で変動した。また日内変動は、朝方に拡大、夕方に縮む傾向にあり、特に冬期では1日間で0.1mm前後の大きな変動が見られた。

竣工後4年でもひび割れは進行している傾向にあったが、これはひび割れ近傍は日間あるいは週間ピッチ位で0.1mm前後の伸び縮みの繰り返しを受けており、このため鉄筋との付着疲労が進み、劣化した結果、幅の増加を感じたのではないかと思われる。

仮に、ひび割れ部にエポキシ樹脂注入補修を行ったとしても、鉄筋との付着力改善を図ることが出来ないため、仕上げ材が有る場合、その損傷防止は困難と思われる。そこで、炭素繊維を張り付け、ひび割れ幅変動の抑制効果について検討した。まだ予備的な検討の域を出ていないが、炭素繊維使用量の大きい無開口壁の場合、そのひび割れ変動がかなり小さかった。ひび割れ部補修の下地処理として、今後適用出来る可能性があるといえよう。ただし、他へのひび割れ発生という問題は残りそうである。

参考文献

- 1) 小柳、中根：外壁の初期ひび割れに関する一考察；第7回コンクリート工学年次講演会論文集 1985
- 2) 長尾、小柳、中根：ひび割れ制御を目的としたPRC工法の適用事例；第8回コンクリート工学年次講演会論文集 1986

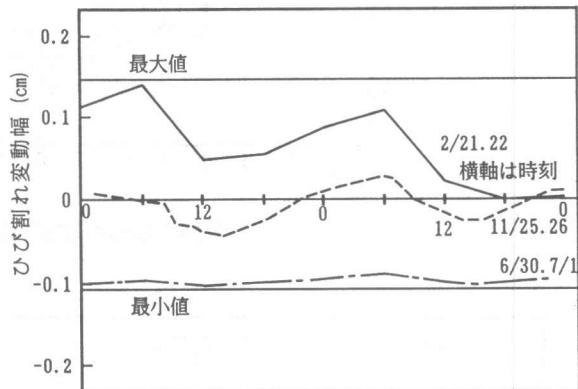


図-9 No.4 位置 ひび割れ幅の日内変動