

鉄筋コンクリート外壁のひびわれに関する研究（その3）

——開口部補強筋の性能試験——

小柳 光生 中根 淳
増田 安彦

A Study on Shrinkage Cracks in Reinforced Concrete Walls (Part 3)

——Performance Tests of Reinforcing Steel at Opening in Wall——

Mitsuo Koyanagi Sunao Nakane
Yasuhiko Masuda

Abstract

A new reinforcing steel of A-shape was invented with the objective of controlling shrinkage cracking of concrete at openings in walls, and comparisons were made with other reinforcing steel and the performance in crack control was tested. One of the tests consisted of loading and comparisons were made with eight other specimens. Another test was an experiment on restraining of shrinkage, and on making three types of specimens, comparison studies were carried out over a period of 200 days.

概 要

鉄筋コンクリート造外壁の開口部のひびわれを制御するために、A形状補強筋を考案し、模擬部材による加力実験と拘束による収縮ひびわれ実験から性能評価を行なった。加力実験では、斜め筋など他の補強方法、計8種類との比較を行ない、また拘束実験では3種類の試験体を製作し、約200日間にわたる比較を行なった。いずれの実験からもこの考案した方法が優れていることを確認した。

1. はじめに

鉄筋コンクリート造建物外壁のひびわれは、主にコンクリートの乾燥収縮などが原因で発生するが、漏水防止や耐久性の面で支障がある他、美観上も好ましくない。この種のひびわれは、特に開口部周りに多く見受けられる。

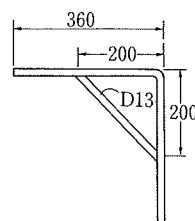
今回、この開口部付近のひびわれ対策として、隅角部補強筋を考案し、この補強筋の効果を探る目的で模擬試験体による加力実験やひびわれ拘束実験を行ない、従来の斜め補強筋などと比較したのでその結果を示す。

2. 考案補強筋の概要とその特徴

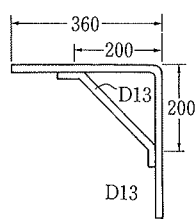
考案した隅角部補強筋の形状を図-1に示す。考案した補強筋は、直角に折り曲げた鉄筋とそれに端部を溶接した斜め筋の組み合わせから成る。この鉄筋には異形筋D13を使用し、突き合わせ溶接とするが、現場生産の場合、フレア溶接でもよい。

開口部周辺に取り付ける補強筋の状況を図-2に示す。補強筋は一般壁筋の内側に取り付ける。しかも鉄筋部(a)

がタテヨコ筋の中間位置となるように配筋することとするが、これはコンクリートとの付着確保を考慮している。なおこの壁筋がダブルの場合同じく補強筋もダブルとする。



《工場生産の場合》



《現場生産の場合》

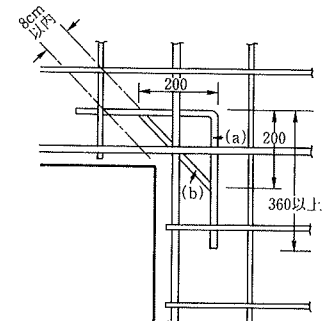


図-1 考案した補強筋の形状 図-2 開口部への取り付け形状

考案した補強筋の特徴を以下に述べる。

ひびわれを制御するには補強筋を多くする程効果的であることは、これまでの実験研究¹⁾でも明らかであるが、あまり過密に配筋するとコンクリートの充てん性が悪くなる。また補強筋を有効に働かせるためには、ひびわれに対して直角方向に配置した方が良いが、開口隅角部のひびわれパターンには、斜めひびわれの他、縦ひびわれなども見受けられる。図-3に、ひびわれパターンと補強筋の有効性の関係を示す。

考案した形状は、これらの色々のひびわれパターンにも対応できるように、かつコンクリートの充てん性を損なわないように工夫したものである。また、シンプルな形状であり、取り付けも簡単で安価である。

3. 加力による模擬部材のひびわれ実験

3.1. 実験計画

3.1.1. 目的と方針 開口隅角部のひびわれ対策として考案したA形状補強筋について、他のこれまでの補強法との性能を比較する目的で、模擬試験体を製作し加力試験を行なう。この時、試験体の形状、加力方法は、建物外壁開口部周辺に発生するひびわれを、加力により再現出来るような実験を計画する。また評価の方法は、引張試験による荷重-ひびわれ幅の挙動から判定する。

3.1.2. 試験体の種類 試験体の内訳は、以下の8種類とした。

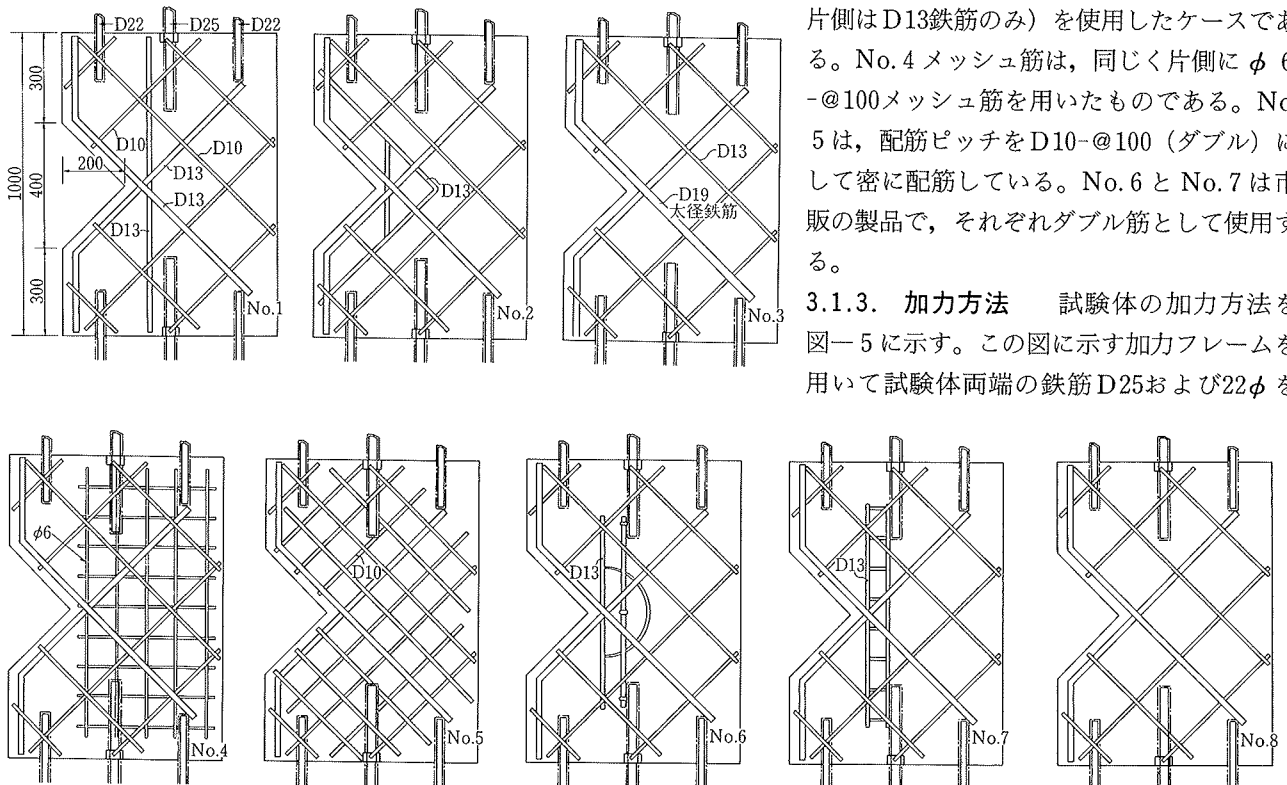


図-4 加力試験体の配筋図

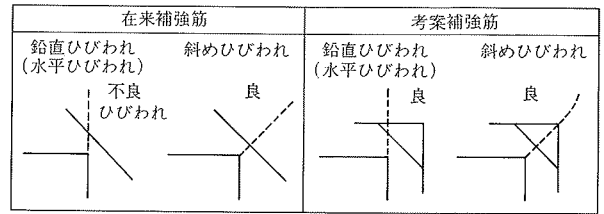


図-3 ひびわれパターンと補強筋の有効性

- No. 1 斜め補強筋ダブル
- No. 2 A形状補強筋ダブル
- No. 3 太径鉄筋シングル
- No. 4 メッシュ筋シングル
- No. 5 ピッチ1/2筋ダブル
- No. 6 ビッグレンB (市販品) ダブル
- No. 7 コーナーレン (〵) ダブル
- No. 8 無補強

試験体の形状・配筋図を図-4に示す。試験体の寸法は、実際の壁に近いように厚18cmとし、幅70cm、高さ100cmとした。また欠き込み部分は開口隅角部を想定している。このうちNo.8無補強とは、配筋ピッチをD10-@200(ダブル)とし、枠筋だけはD13縦横ダブルとしたものである。次にNo.1斜め補強筋は、No.8無補強に、斜め筋D13(ダブル)を加えたもので、これは在来の補強方法として取り上げている。

No.2は、考案したA形状の補強筋(ダブル)である。また、No.3太径鉄筋は、枠筋片側にD19太径鉄筋(もう片側はD13鉄筋のみ)を使用したケースである。No.4メッシュ筋は、同じく片側にφ6-@100メッシュ筋を用いたものである。No.5は、配筋ピッチをD10-@100(ダブル)にして密に配筋している。No.6とNo.7は市販の製品で、それぞれダブル筋として使用する。

3.1.3. 加力方法 試験体の加力方法を図-5に示す。この図に示す加力フレームを用いて試験体両端の鉄筋D25および22φを

引っ張り、試験体中央部に強制的にひびわれを入れる。この時のひびわれ方向は、開口隅角部に対して斜め45°方向のひびわれに相当する。载荷には手動油圧ジャッキ(30 ton)を用いる。

加力手順を図-6に示す。具体的には、ひびわれ荷重まで荷重を加え、ひびわれ発生が確認されたら11 tonの荷重レベルまで戻して10分間ホールド状態を保つ。この時、11 tonはNo.1の場合のひびわれ発生荷重である。その後、除荷→加力(最大11 ton)を2回反復した後、破壊荷重まで加力する。

3.1.4. ひびわれ幅測定方法 試験体の中央部30 cm区間と10 cm区間の二箇所に変位計(CDP-25 東京測器製)を取り付け、各荷重レベルでのひびわれの動きを計測する(図-5)。この時、この測定区間を外れる位置にひびわれを極力発生させないように、炭素繊維連続シートを張り付けておく。

□炭素繊維：三菱化成製 連続シート 175 g/m²(コンクリート面との接着は、エポキシ樹脂を使用。)

3.1.5. 試験体の製作と試験時期 コンクリートは、生コンを使用して昭和63年2月下旬に屋外にて打ち込んだ。3週間型枠を保持した後、脱型し、材令4週にて載荷開始した。また材令5週で全試験体の実験を完了した。生コンの仕様は以下のとおりである。

- 呼び強度 270 kg/cm² スランプ 18 cm
 - 粗骨材：秩父・青梅混合(碎石 20 mm)
 - 細骨材：木更津・秩父混合
 - 生コン工場：上陽レミコン(株)朝霞工場
- コンクリートの性質は表-1に示す。

3.2. 実験結果

試験時のコンクリート圧縮強度は、280 kg/cm²であった。また割裂強度は、29.4 kg/cm²であった。

載荷荷重とひびわれ幅(30 cm 検長の変形量)の動きを図-7, 8に示す。この時No.1~No.4の試験体は、それぞれ2体ずつ試験体を製作しているため、図にはNo.1, 2の場合2本の測定結果を示す。ただしNo.3, No.4の場合、2本ともほぼ同じ傾向であったため1本しか載せていない。

目視可能なひびわれ(0.04 mm 前後)発生荷重は、No.2, 6, 7の試験体の場合13 tonであったが、他の試験体はすべて10~11 tonで発生した。なお、図-7の曲線のうちNo.2-1は、ひびわれ発生後に11 tonまで戻した時の測定値をプロットしている。この図からNo.1-1, No.8ともひびわれ発生後の動きは大きい。一方、No.2-1の場合、ひびわれ変形は小さいことがわかる。図-9にはNo.1, No.2, No.8のひびわれスケッチを示す。最終耐力時点では、どの試験体も水平方向に1~2

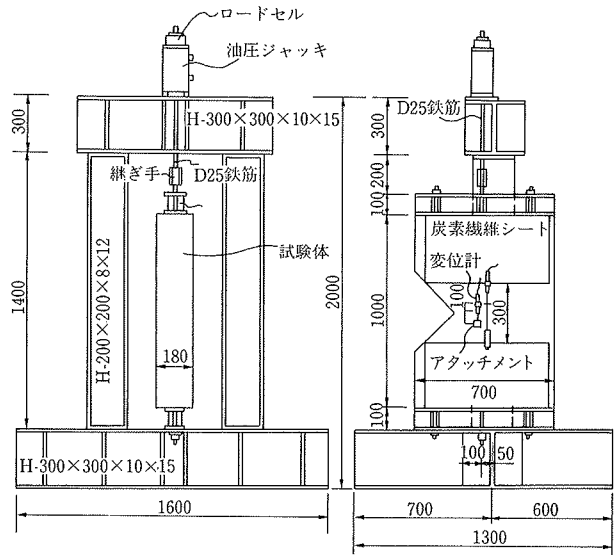


図-5 加力によるひびわれ実験方法

(測定値)					
水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m ³)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)
56.0	47.0	180	20.0	3.0	9.0

表-1 使用コンクリートの性質

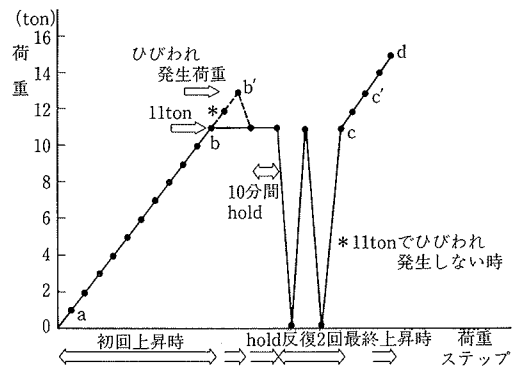


図-6 荷重履歴計画

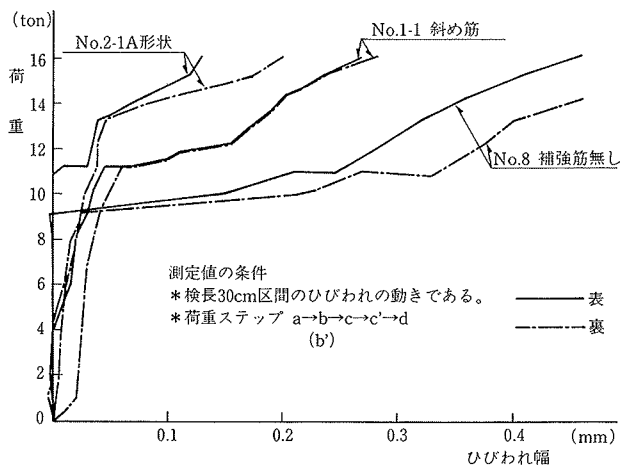


図-7 加力によるひびわれ幅の動き

本のひびわれが発生していた。なお他の試験体も同様なひびわれ状況であった。また、最大荷重は、試験体の両端に埋め込んだアンカー筋の抜け出しによって決まったが、いずれの試験体も 16 ton 前後であった。

これらのひびわれ変形曲線図から、以下のことが分かった。

(1) 加力試験という限られた範囲での試験結果では、隅角補強筋の無い No. 8 が特にひびわれ幅が大きく、No. 3 (太径鉄筋)、No. 4 (メッシュ筋)、No. 5 (1/2ピッチ筋)、No. 1 (斜め筋) の順でひびわれが徐々に少なくなっている。

(2) 今回考案した No. 2 試験体 (A 形状) は、市販の No. 6, 7 と同等にひびわれが最も少なく、斜め補強筋タイプよりもひびわれ制御の面で優れていることを示した。

(3) No. 5 のように鉄筋量の多い場合でもひびわれ幅は No. 8 (斜め筋) よりも大きい。このことは補強筋を入れる位置とその方向が重要であることを示している。つまり今回の実験のようにひびわれの方向が明確であり、そのひびわれに対して直角に補強筋が配置されている斜め筋には有利に作用したと判断される。このことは No. 6, 7 のように斜めひびわれ制御用補強筋にも言える。

実際の壁構造物のひびわれ方向がやや不規則であることを考えると、A 形状のようにどの方向のひびわれに対しても有効な補強は、補強法として優れていると考ええる。

(4) 太径タイプやメッシュ筋タイプは、今回の実験では余り制御効果が認められなかったが、これはシングル補強だった点も考慮すべきであろう。

4. 拘束による収縮ひびわれ実験

4.1. 実験計画

4.1.1. 目的 加力試験からは、A 形状補強筋のひびわれ制御効果が確認されたが、実際に建物外壁の開口部周りに発生するひびわれはコンクリートの乾燥収縮が主たる原因である。そこで、収縮によるひびわれを発生させる実験から、この補強筋の効果を確認する。

4.1.2. 試験体の種類と形状 試験体の内訳は以下の3種類である。

No. I 隅角補強筋の無い試験体

(3 節の No. 8 に相当)

No. II 斜め補強筋の試験体 (3 節の No. 1 に相当)

No. III A 形状補強筋の試験体 (3 節の No. 2 に相当)

試験体の形状・配筋図を図-10 に示す。いずれも同一

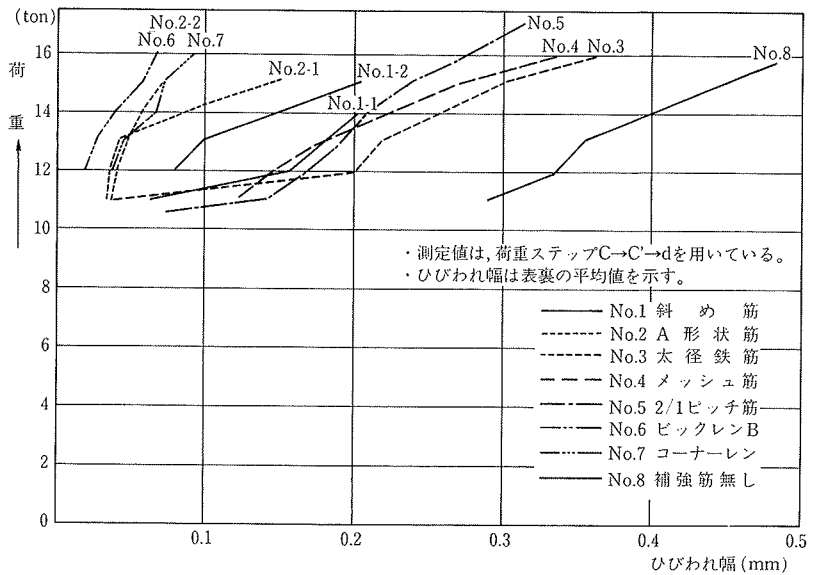


図-8 各補強法におけるひびわれ幅の動き (最終時)

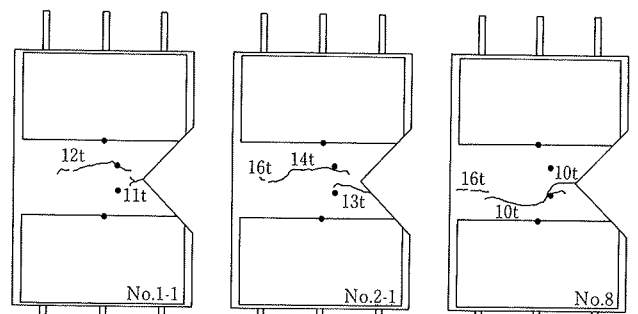


図-9 ひびわれ状況 (No. 1, 2, 8)

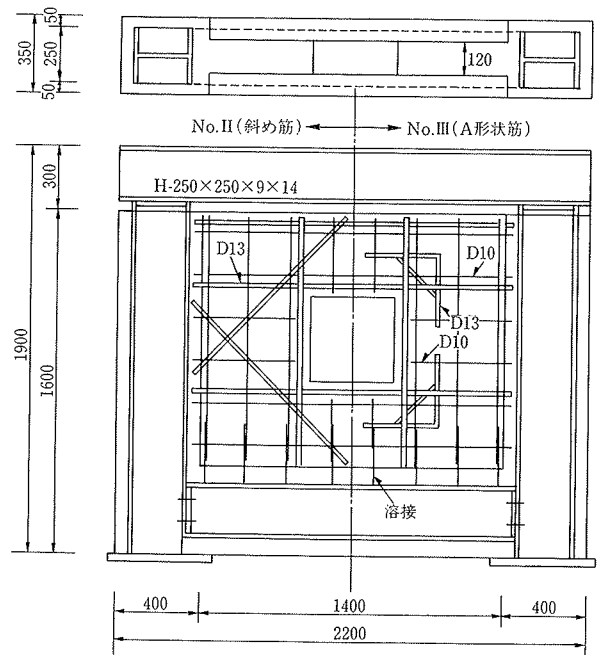


図-10 拘束試験体の配筋方法

形状、同一コンクリートであり、配筋方法だけが異なる。外周長 2.2 m, 高さ 1.9 m であり、壁厚 12 cm で配筋はシングル筋である。この試験体のはり、柱はH鋼(H-250×250×9×14) 鉄骨をコンクリートで覆っており、壁の収縮をかなり剛な拘束となるように工夫している。

4.1.3. ひびわれ測定方法 ひびわれ幅の測定にはクラックスケールを使用するが、同時に壁面にコンタクトゲージ標点を貼り、コンタクトゲージ法でも測定する。標点の位置は、開口部から 10 cm 離れた位置に取り付けた。

4.1.4. コンクリートの使用条件と試験時期 コンクリートは、生コンを使用し昭和63年5月中旬に下の支持ばりだけ打ち込み、それから2週後に壁・柱を同時に打ち込んだ。生コンの仕様は、呼び強度 210 kg/cm², スランプ 18 cm であり、材料の種類は3章と同じである。1週間型枠に存置した後、自然大気中の室内にて約200日間拘束ひびわれ試験を行なった。なおダミー用(12×40×40 cm)も製作し、自由収縮量を測定した。

4.2. 実験結果

壁体の材令4週での圧縮強度は 204 kg/cm², 割裂強度は 20.3 kg/cm² であった。各試験体のひびわれ状況を観察したところ、初期ひびわれはいずれも材令20日前後で発生した。201日のひびわれ分布を図-11に示すが、この時、図中の数字はひびわれ幅 (mm) である。

この結果から、No. I の場合、開口部腰壁に最大 0.12 mm の貫通ひびわれが両隅に発生している。また、No. II の場合、開口隅角部から 10 cm ほど離れた位置に最大 0.2 mm の大きな貫通縦ひびわれが発生している。一方、No. III の場合、片面に最大 0.1 mm のひびわれが発生しているが、貫通ひびわれでは無く、もう片面にはひびわれは認められない。

この拘束実験からも、A形状補強筋はひびわれ制御の面で有効であることが確認された。

なおダミーによるコンクリートの自由収縮は、 712×10^{-6} (201日) であった。

5. まとめ

外壁の開口隅角部ひびわれを制御するには、補強筋を多くするほど効果があるが、過密配筋になると、取り付

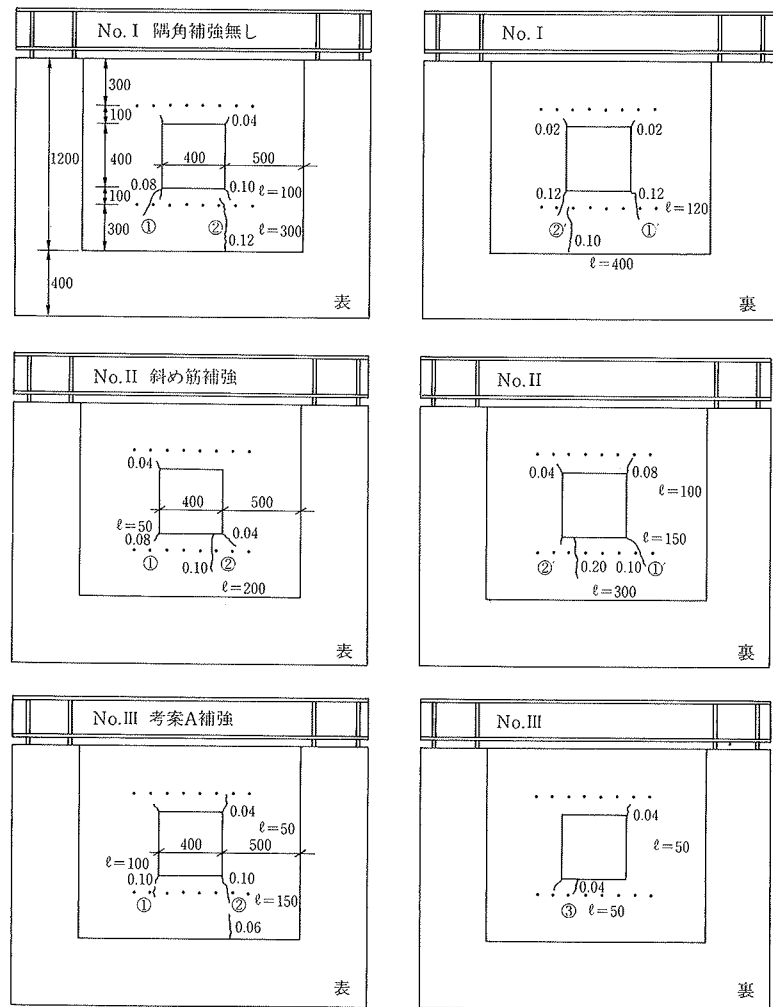


図-11 拘束による収縮ひびわれ状況 (材令201日)

け手間の増加やコンクリートの充てん性不良の問題を起こすこともある。

今回、開口隅角部ひびわれ対策として、色々のひびわれパターンにも効率良く対応でき、かつコンクリートの充てん性を損なわないような補強筋A形状を考案した。

加力によるひびわれ実験や拘束による収縮ひびわれ実験から性能評価を行なった結果、従来の斜め筋などと比較して、考案した補強方法は、ひびわれ制御の面で良好であることが確認された。

シンプルで取り付けも簡単、コンクリートの充てん性も良く、安価であるため、壁厚が 18 cm 以下のように補強筋をあまり多く入れにくい箇所には効果的と考える。

今後、実工事での評価確認を行なう予定である。

参考文献

- 1) 武田, 中根, 小柳, 増田: 鉄筋コンクリート外壁のひびわれに関する研究 (その1), 大林組技術研究所報, No. 36, (1988), pp. 115~119