

鉄筋コンクリート壁のひび割れ誘発目地工法の開発

Development of Structural Method of Seam Causing Cracking of Reinforced Concrete Wall

山崎 順二* 松井 亮夫*

佐藤 尚隆*² 井上 亮輔*

要 旨

鉄筋コンクリート壁表面に目地を設置し、同一断面の中央部に太径鉄筋を挿入して目地内に収縮ひび割れを誘発する「鉄筋挿入型ひび割れ誘発目地工法－鉄筋挿入工法－」の開発を行った。本工法では、耐力壁の剛性低下や耐力低下を起こさせないことに配慮し、鉄筋コンクリート壁に25%～30%程度の断面欠損率を確保することとしている。鉄筋挿入工法を実施工に適用した結果、壁表面の目地に加えてD22～D29程度の太径鉄筋を断面中央部に配置して非コンクリート率を25%～35%程度確保することにより、目地内へのひび割れ誘導率が95%程度となることが確認できた。

キーワード：収縮ひび割れ／誘発目地／太径鉄筋／非コンクリート率／ひび割れ誘導率

1. はじめに

主としてコンクリートの乾燥収縮や構造体の伸縮により、コンクリート系構造体に発生するひび割れは、建物の美観上の問題となるだけでなく、外壁においては漏水の原因にもなる。またひび割れ部から二酸化炭素が進入することにより中性化が進行し、鉄筋腐食を促進するなど、耐久性面においても問題となる場合がある。一般に、コンクリートのひび割れについては、以下のような対策がとられている。

- (1) 誘発目地を設けてひび割れ発生位置を制御する。
- (2) 鉄筋量を増やしてひび割れを分散させる。
- (3) 乾燥収縮率の小さいコンクリートを用いてひび割れの発生を低減する。

これらのうち、ひび割れ発生の制御に効果的であるとされているのが、(1)のひび割れ誘発目地の設置である。

一方、誘発目地内にひび割れを効果的に誘導するためには、壁厚に対して25%～30%の断面欠損率を確保することが必要である¹⁾とされている。また、耐力壁など構造部材の場合には、かぶり厚さの確保および壁表面の目地底で構造上必要な壁厚を確保するために増打ちが必要となる。

そこで本報では、鉄筋コンクリート壁のひび割れ制御を目的とした鉄筋挿入型ひび割れ誘発目地工法－鉄筋挿入工法－の開発の経緯、工法概要および実施工による検証結果について述べる。

2. 開発の経緯

昨今、社会問題となっているひび割れの多くは、その原因がコンクリートの乾燥収縮ひび割れである。乾燥収縮ひび割れの抑制として、一般に以下の対策が考えられる。

- (1) 乾燥収縮率の小さいコンクリートを使用する。
- (2) スランプを小さくして単位水量を抑える。
- (3) 良質の骨材を使用する。
- (4) 密実に打込んで所要の養生を行う。

しかしながら、実際には上記の対策を全て行なったとしても、ひび割れを完全に防止することは困難である。また、ひび割れ発生の有無は、構造物の規模や形状、部材の大きさ、施工時期、レディーミクストコンクリート工場の品質管理レベルなど様々な影響を受けるため、その対策の定型化は容易ではない。

日本建築学会による鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針（案）同解説¹⁾によれば、誘発目地の設置条件として以下の項目が挙げられている。

- (1) 構造体に発生するひび割れのうち、ひび割れが誘発目地内に発生する割合（ひび割れ集中率）が70%～80%となることを期待する場合の断面欠損率は、20%～25%以上を確保する必要がある。
- (2) 誘発目地の間隔は、3m以下とする。

ここで、断面欠損率とは、部材厚さに対する誘発目地の深さの比を表している。

上記の誘発目地の設置条件に準じ、これまで、鉄筋挿入型ひび割れ誘発目地工法によるひび割れ制御対策を推

*大阪本店 建築部 技術グループ

*²本社 技術本部 建築技術部

進し、実施工により本工法の有効性を検証してきた。

一方、図-2に示すような鉄筋コンクリート造壁の誘発目地工法が、塩ビパイプ²⁾や平鉄板もしくは山形鋼を挿入することによるコンクリートとの付着を考慮しない工法であるのに対して、本報で提案する鉄筋挿入型ひび割れ誘発目地工法は、太径の異形鉄筋を目地部に配置する断面補強型である。今後、構造的な実験を行い検証する必要があるが、本工法はコンクリートと挿入した異形鉄筋との機械的な付着（コンクリートと異形鉄筋のかみ合い）を確保することに配慮しているため、ひび割れを目地部に誘導させつつ、設計上必要となる所要強度を鉄筋コンクリート壁に保有させることができると考えている。

以上のことから、建物共用後の瑕疵防止やひび割れ発

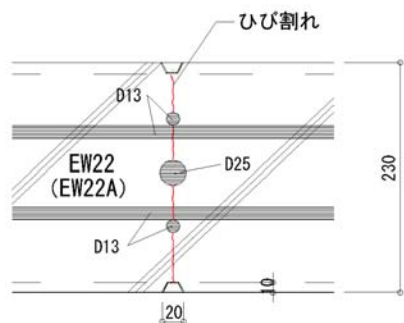


図-1 鉄筋挿入工法を採用した壁断面の代表例

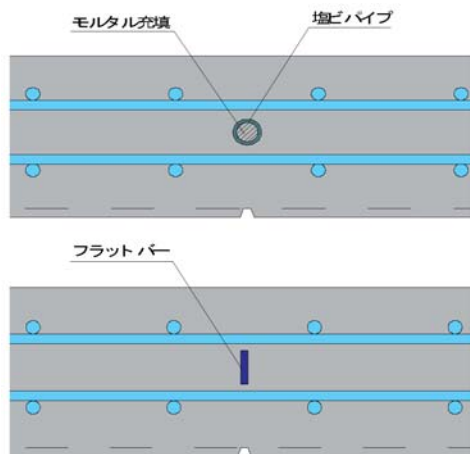


図-2 一般的な誘発目地工法の例

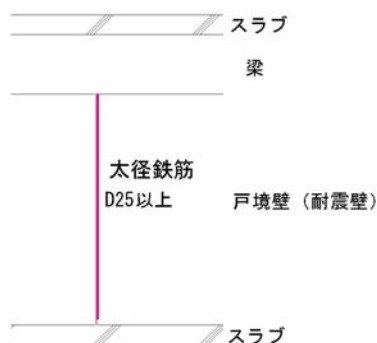


図-3 太径鉄筋挿入位置（壁立面）

生制御を目的として、鉄筋コンクリート壁のひび割れ誘発目地工法の開発を行うこととした。

3. 鉄筋挿入型ひび割れ誘発目地工法－鉄筋挿入工法－

鉄筋挿入型ひび割れ誘発目地工法（以下、鉄筋挿入工法）とは、一対の縦横筋を配した鉄筋コンクリート壁であって、壁の水平断面の中央部に縦横筋よりも太径の異形鉄筋を配置し、耐力壁の表面にひび割れ誘発用の目地を設けることを特徴とする工法である。鉄筋挿入工法では、図-1に示すように、通常の壁表面の欠き込み目地と、壁断面中央部の太径鉄筋および縦壁筋を組合せることによって、全壁厚に対して25%～30%程度の非コンクリート率を確保する。なお、本報における「非コンクリート率」とは、一般に言われる断面欠損率とは異なり、部材厚さに対する、誘発目地の深さと縦方向鉄筋径（断面中央部の太径鉄筋の径と縦筋の径）の合計との比を指す。

断面中央部の太径鉄筋の設置範囲は、図-3に示すように、床スラブ天端から上階梁下端までの間とし、上下階の梁には定着させないように配置する。太径の異形鉄筋は、コンクリート打設中に移動しないよう、専用治具もしくは幅止め筋を用いて堅固に固定することとしている。

4. 実施工例

4.1 地下外壁でのひび割れ制御事例

(1) ひび割れの発生原因とその状況

地下外壁においては山留め壁外側の土砂が断熱材として作用し、山留め壁の外側と室内側で温湿度の差が大きくなる。その結果、地下外壁に拘束ひずみや引張り応力が発生し、写真-1の事例に示すように、柱と壁との入隅部付近から1.5m程度の範囲および柱スパン中央部にひび割れが生じることが多い。発生したひび割れは、コンクリートの乾燥収縮の進行に伴ってひび割れ幅が拡大し、地下水位より低い位置ではひび割れ部から漏水する場合がある。

(2) ひび割れ制御対策

このようなひび割れを制御するために、壁内側の表面に誘発目地を設け、その部分にひび割れを誘導する計画を立てた。目地位置は、図-4に示すように、柱スパンが6m程度の場合は柱際と中央部に、柱スパンが9m程度の場合は柱際から1.5m以内に1箇所と、中央部は3m間隔以内に誘発目地を設置することとした。

図-5および写真-2に示すように、誘発目地位置の断面中央部にD29の太径異形鉄筋を壁縦筋と同列に配置



写真-1 地下外壁に生じたひび割れの状況



写真-2 誘発目地部の太径異形鉄筋挿入状況



写真-3 誘発目地内に生じたひび割れ

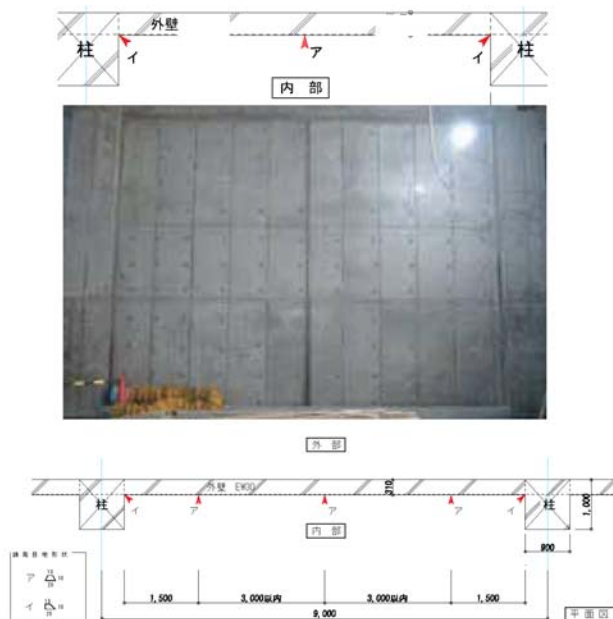


図-4 誘発目地の設置位置（スパン6mおよび9m）

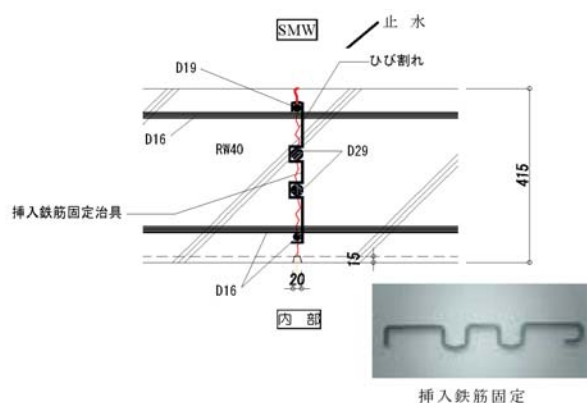


図-5 地下外壁に設置した誘発目地の断面

し、挿入鉄筋固定用治具等で固定した。図-5に示す断面での非コンクリート率（RNC）は26%であった。なお、非コンクリート率（RNC）の算定式は、(1)式に示す通りである。

$$RNC(\%) = \{(\Sigma dep + \Sigma dia + \Sigma insdia) / Wthic\} \times 100 \quad (1)$$

ここに、

RNC：非コンクリート率（%）

Σdep ：壁表面の切り欠き目地（誘発目地）深さの総和（mm）

Σdia ：誘発目地線上の縦筋の公称直径の総和（mm）

$\Sigma insdia$ ：挿入した太径異形鉄筋の公称直径の総和（mm）

Wthic：壁厚（mm）

(3) ひび割れ制御対策の結果

非コンクリート率が26%となるように、地下外壁に誘発目地を設置した結果、設置した誘発目地の総数86カ所に対して、誘発目地を外れてひび割れが生じたのは1カ

所のみであり、誘発目地へのひび割れ誘導率は99%と、極めて良好な精度で、計画通りひび割れを制御できた。

なお、地下外壁に誘発目地を設置する場合は、誘発目地位置にひび割れが生じた後に山留め側からの漏水が懸念される。そのため、あらかじめ誘発目地位置の外部側に止水板（スパンシールなど）を設置しておくことや、内部側には目地底にバックアップ材を入れて水路をつくり化粧シーリングを行うなどの対策が、誘発目地部からの漏水防止のために必要となる。

4.2 戸境壁（耐震壁）でのひび割れ制御事例

(1) ひび割れの発生原因とその状況

昨今の鉄筋コンクリート造集合住宅の高層化に伴い、設計基準強度が36N/mm²を超える高強度コンクリートが使用されるようになった。高強度コンクリートは、自己収縮や乾燥収縮によるひび割れが普通強度のコンクリー

トよりも発生しやすいため、戸境壁にも多くのひび割れが発生する危険性がある。

積極的にひび割れ制御を施していない戸境壁にランダムに生じたひび割れの状況を写真－４に示す。このようなひび割れは、柱際1.5m付近およびスパン中央部にかけて3m程度の間隔でひび割れが生じることが多い。写真－５に示すようにエポキシ樹脂注入などの手法でひび割れ処置を適正に行った後に内装仕上げを行うことになるが、建物供用後の躯体の伸縮によってひび割れが再発生してクロス張り仕上げ上にひび割れが顕在化することもあり、居住者からのクレームに繋がることもある。

(2) ひび割れ制御対策

ひび割れを誘導するために戸境壁コンクリートの表面にひび割れ誘発目地を設ける。誘発目地位置は、柱際から1.5m程度の範囲に1カ所と、中央部は3m間隔以内に設置する。誘発目地設置の理想的な位置の例を図－６および図－７に示す。

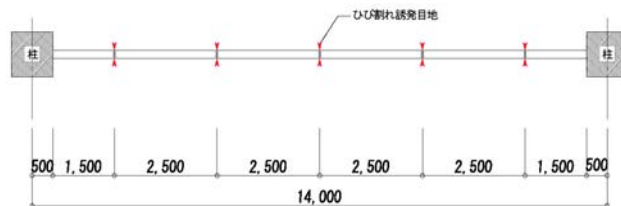
写真－６および図－８に示すように、この例では誘発目地位置の断面中央部にD22の太径異形鉄筋を壁縦筋と同列に配置し、固定用治具等で固定する。(1)式により算出した図－８に示す断面での非コンクリート率（RNC）は28%であった。

(3) ひび割れ制御対策の結果

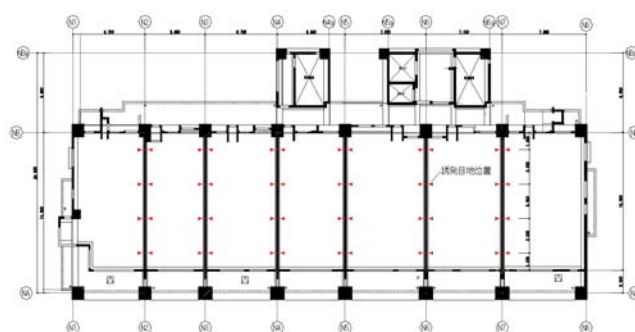
目地の設置位置については、当初図－６および図－７に示した位置に計画したが、意匠上の制約から、誘発目

地の設置位置は図－９に示すように直クロス張り部を避けた位置で、かつ隣り合う部屋の間仕切り部やパイプスペース部などの壁の隠蔽部となる位置に誘発目地を設置した。同図にはひび割れ発生位置も合わせて示している。

一方、図－１０に示すように、誘発目地を設置していない戸境壁には多数のひび割れがランダムに生じているが、図－６および図－７に示す理想的な位置に誘発目地を設置した戸境壁（図－１０の太枠内の壁のみ）には、全ての



図－６ 界壁へのひび割れ誘発目地設置位置



図－７ 建物全体でのひび割れ誘発目地設置位置



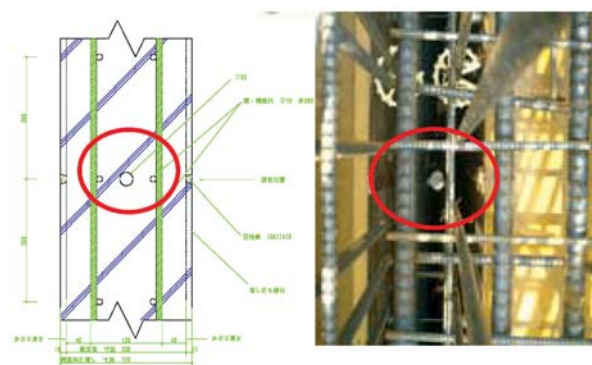
写真－４ 戸境壁に生じた収縮ひび割れの事例



写真－５ エポキシ樹脂によるひび割れ処置事例



写真－６ 太径異形鉄筋挿入状況（立面）



図－８ 太径異形鉄筋挿入状況（平面）

ひび割れが目地位置に誘導されていることがわかる。さらに、図-9のように制約された位置にのみ誘発目地を設置した戸境壁においても、100%の確率でひび割れが誘導されており、目地を設置していない図-10の戸境壁の場合と比較すると、50%~60%程度のひび割れが減少した。

なお、非コンクリート率を28%としたひび割れ誘発目地を、図-9に示したように制約された位置に設置した場合のひび割れ集中度は、約85%であった。

一方、戸境壁表面に設置した誘発目地の表面処置法を図-11に示す。(A)案では、目地部へ塩ビハット目地をシールにより固定し、クロス下地補修を行う。その後、クロスをはット目地内に差込みで張り、シールで押さえ込む。また(B)案では、誘発目地部に高強度モルタルを充填し、下地補修を施した後にクロス張り施工を行う。これらの手法により目地部を処置することによって、建物供用後の不具合の防止につながると考えられる。

5. 実施工での検証結果

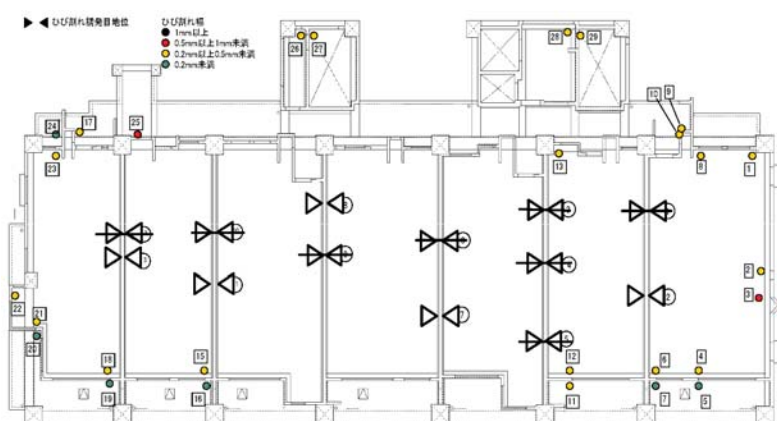
上記に示した実施工による検証結果と併せて、2004年度（平成16年）から現在までの鉄筋挿入型ひび割れ誘発目地工法の実施工実績の一覧を表-1に示す。

施工実績は、壁厚は地下壁230~530mm、地上壁180~300mm、非コンクリート率はそれぞれ23.3~43.3%、26.0~29.2%の範囲であった。

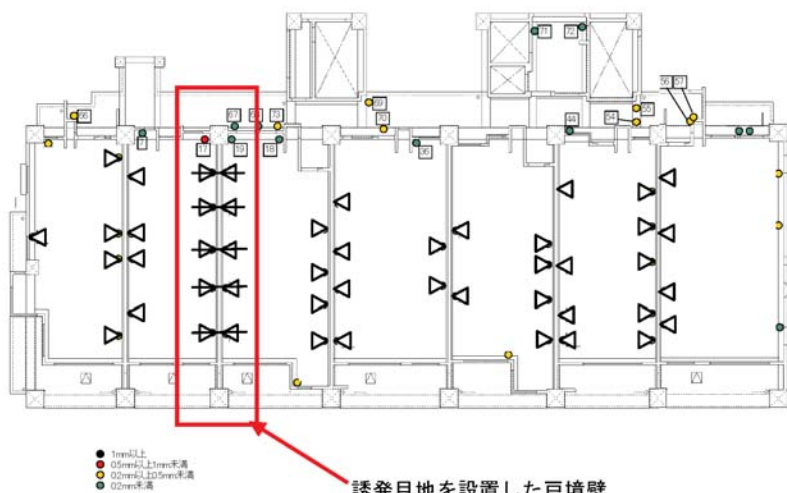
ひび割れ誘導率は、非コンクリート率25%~30%程度と鉄筋の位置精度を確保することで、90%~95%程度の確率で目地内にひび割れが誘導できることがわかった。しかし、鉄筋の位置精度が悪くなった場合にはひび割れ誘導率も低下するため、誘導率向上には鉄筋位置精度の確保が不可欠である。そのためには、固定用治具を用いて挿入鉄筋を所定の位置に堅固に固定することが重要となる。

以下に、鉄筋挿入工法によるひび割れ制御効果を向上させるための方策を示す。

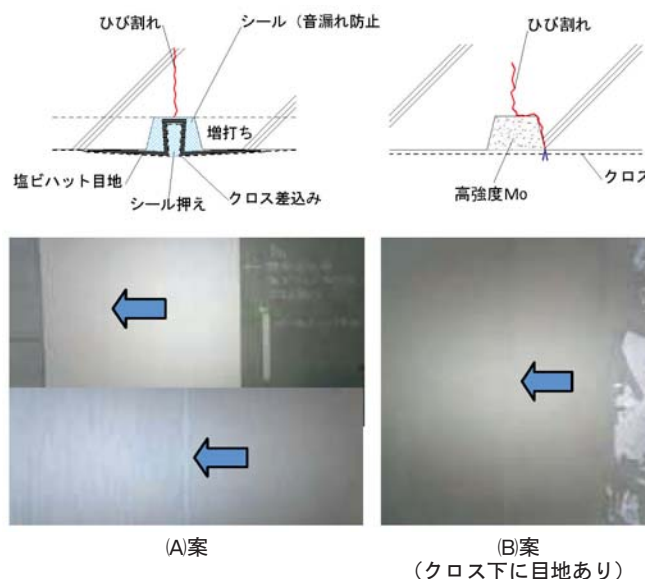
- ① 誘発目地を可能な限り配置し、ひび割れを誘導する。



（凡例） — ：誘発目地設置位置
 ⇄ ：ひび割れ発生位置
 図-9 隠蔽部にのみ設置した誘発目地の位置とひび割れ発生位置の例



誘発目地を設置した戸境壁
 （凡例） — ：誘発目地設置位置
 ⇄ ：ひび割れ発生位置
 図-10 戸境壁のひび割れ発生位置の例



(A)案
 (B)案 (クロス下に目地あり)
 図-11 目地部の処置方法の例

表－１ 鉄筋挿入型ひび割れ誘発目地工法－鉄筋挿入工法－の実施工実績一覧

工事名	施工年度	部 位	目地部の断面欠損	非コンクリート率	施工時の状況
A	H16	地上耐震壁 壁厚210mm	可（両側10mm）	23.3%	長大な建物（74×50m）であったが、全体でひび割れが確認されたのは最外スパンの6箇所のみであり、 <u>95%以上の誘導率</u> であった。 コンクリート打放しの上ベンキ仕上げであったが、現在も特に問題は生じていない。 ※ワイヤーメッシュ筋併用
B	H16	地上耐震壁 壁厚210mm	不可（壁増打ち）	28.2%	壁長さが14mと長く、施工途上で2階戸境壁にひび割れが多数発生した。 誘発目地設置の提案を行い、隠蔽部のみに設置することで工事を再開した。 誘発目地を設置したところは100%、意匠上の関係で誘発目地が設置できなかった壁には、ランダムにひび割れが生じた。
C	H16	地下耐震壁 壁厚230mm 壁厚310mm	不可（壁増打ち）	28.7%	地下外壁からの漏水を防止するため、あらかじめ誘発目地を耐震壁に設ける提案を行った。 70×35mの地下に106箇所の誘発目地を設けたが、目地部を外れたのは僅か4箇所のみであり、 <u>96%以上の誘導率</u> であった。
D	H17	地下耐震壁 壁厚270mm 壁厚375mm	不可（壁増打ち）	28.5%	地下外壁からの漏水を防止するため、あらかじめ誘発目地を耐震壁に設ける提案を行った。 目視による確認では、ひび割れは目地内にほぼ誘導できた。
E	H17	地上耐震壁 壁厚300mm	不可（壁増打ち）	34.0%	内部耐震壁が打放しの上ベンキ仕上げとなっていたため、ひび割れ対策を実施した。耐震壁と柱が同断面であることや、配筋量が多い、また、誘発目地の大きさにも意匠的な制約があり、ひび割れの誘導率が低くなり、開口隅角部へ斜めひび割れが発生した。 <u>全体的には、ひび割れは目地内にほぼ誘導できた。</u> ※ワイヤーメッシュ筋併用
F	H17	地上耐震壁 壁厚205mm	可（片側20mm）	31.7%	当初、妻壁には一切目地を設けてはならないとの意匠設計からの指示があったが、問題点等について説明を行い、対策することで了承を得た。 結果としては、 <u>95%以上が目地内に誘導されていた。</u> ※ワイヤーメッシュ筋併用
G	H17	地上耐震壁 壁厚210mm	不可（壁増打ち）	43.3%	外壁が打放し仕上げとなっていたため、ひび割れ対策を実施した。 最外スパンに0.2mm程度の逆八字型のひび割れが生じたが、 <u>全体的には誘発目地内に誘導することができた。</u>
H	H18	地下耐震壁 壁厚530mm	不可（壁増打ち）	29.2%	地下外壁からの漏水を防止するため、あらかじめ誘発目地を耐震壁に設ける提案を行い、設計者から理解を得た。 目視による確認では、目地内にはひび割れがほぼ誘導されていたが、壁厚が500mmと厚く、挿入鉄筋の位置精度が確保できなかったため、誘導率は70%程度となった。
I	H18	地下耐震壁 壁厚400mm	不可（壁増打ち）	26.0%	地下外壁からの漏水を防止するため、あらかじめ誘発目地を耐震壁に設ける提案を行い、設計者から理解を得た。 結果としては、 <u>98.8%が目地内に誘導されていた。</u>

② 誘発目地の両側にメッシュ筋を配置し、誘発目地内にひび割れを誘導する。

③ コンクリートの打設中に太径鉄筋が所定の位置から移動しないように注意する。

④ コールドジョイントや打込み欠陥を発生させないように十分に締め固める。

以上の方策を確実に講じることにより、ひび割れを誘発目地内に誘導し、その部分が耐久性の欠陥とならないよう、止水対策や中性化抑制対策を実施することが、鉄筋コンクリート壁の収縮ひび割れ制御にとって重要なことである。

6. まとめ

太径の異形鉄筋を挿入することによるひび割れ制御工法を実施工により検証した結果、以下のことが分かった。

- (1) 表面の誘発目地に加えて太径鉄筋（D22～D29）を断面中央部に配置して非コンクリート率を25%～30%程度確保することにより、誘発目地部内に収縮ひび割れを誘導することができる。
- (2) 全壁厚が200～400mm程度であれば、誘発目地内に90%～95%の高い確率でひび割れを誘導すること

ができる。

これらより、本報で示した鉄筋挿入型ひび割れ誘発目地工法は、建物供用後の瑕疵防止やひび割れ発生制御に対して有効な手法であると考えられる。今後も継続して本工法を実施工に適用し、さらに実績を重ねるとともに、ひび割れを制御した高品質な構造体を構築していく所存である。

〔謝辞〕

本工法の実施工における検証を実施するにあたり、各作業所や社内関連部署をはじめ、工事関係各位に多大なご協力をいただきました。ここに記して、感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 日本建築学会：「鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針（案）同解説」、p.217, 2006.
- 2) 日本建築学会：「鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ－メカニズムと対策の現状－」、p.150,2003.