

報告 設置が容易で確実なひび割れ誘発目地の適用効果に関する検討

阿部 諭史^{*1}・近松 竜一^{*2}・十河 茂幸^{*3}

要旨：壁状のコンクリート構造物における外部拘束による温度ひび割れを対象として、設置が容易で確実にひび割れを制御できる誘発目地工法を提案し、その適用効果について実験的に検討した。その結果、目地材を断面の中央および端部に設置し、両者の直線性を確保することで、施工性が高く、かつ所定の位置に精度良くひび割れを誘発できること、実用上十分な止水性を付与できることなどを確認した。

キーワード：誘発目地、温度ひび割れ、温度応力、止水性

1. はじめに

壁状のコンクリート構造物を構築する場合、セメントの水和による温度変化に起因するコンクリートの体積変化が地盤や下部のコンクリートに拘束され、鉛直方向にひび割れが発生しやすい。この外部拘束に起因する温度ひび割れは、一般に断面を貫通するひび割れとなる。鉄筋の腐食を防ぎ、所要の耐久性を確保するには、このひび割れの発生を防止する、あるいはひび割れ幅を制御する対策を講じる必要がある。

温度ひび割れの対策として、材料や配合面では低発熱性のセメントに変更する、膨張材を併用する、単位セメント量を小さくするなどがある。また、施工面からは、打込み温度を低減するブレーキング、打込み後にコンクリートを冷却しその温度上昇を低減するポストクーリングなどがある。これらは、いずれもひび割れの直接的な原因である温度応力を小さくする対策であって、ひび割れの防止または発生確率の低減を目的としている。

一方、費用対効果を考えた場合、ひび割れの発生は許容するが、その位置や幅を耐久性上問題とならない程度に制御する方法もある。このひび割れを所定の位置に誘発する対策として、ひび割れ誘発目地工法がある。

本報告では、部材の配筋状況によらず、設置が容易で、所定の位置に確実にひび割れを誘発できる新しいひび割れ誘発目地工法（以後、新工法）を提案した。また、この新工法を実際の構造物に試験的に適用し、ひび割れ誘発効果を実験により確認した。さらに、目地部分にひび割れが誘発された状況を模擬した試験体を作製し、透水試験により止水性についても検証した。

2. 新しい誘発目地工法の概要

2.1 既往の誘発目地の問題点

ひび割れ誘発目地については、これまでに各種の方法が提案されている。いずれも特定の断面内で応力を集中

させてひび割れを誘発するために、コンクリートとの付着を切る断面欠損材が用いられる。また、この断面欠損材は、断面の内部に設けてひび割れを誘発する材料（以下、誘発材と呼称）、および型枠面に設置してひび割れの位置を誘導する材料（以下、目地材と呼称）の2種類に大別される。

誘発されたひび割れが所定の目地から外れる原因として、誘発材を設置する際の取付けの不具合が多い。既往の工法では、誘発材を主筋や配力筋に固定することが多く、誘発箇所の配筋密度が高くなることにより断面欠損による応力集中の効果が低減したり、誘発材と目地材の直線性が得られず、誘発位置が外れる場合もあるものと推測される。

2.2 誘発目地の構造形式

新しいひび割れ誘発目地として、①所定の位置に確実にひび割れを誘発できること、②目地材を容易に設置できること、③部材に水密性が要求される場合は止水性を付与すること、の3つを前提条件とし、次のような構造形式を考案した。

この新しい誘発目地工法の模式図を図-1に示す。

(1) 断面の中央部に断面欠損部を設け、ひび割れを誘発させる。この内部に設置する誘発材は、剛性が高く自立可能な材料を使用し、その下端を既設コンクリートに固定することで任意の断面に設置できる構造とする。

(2) 型枠面に溝状の欠損部を形成する目地材を設け、所定の位置にひび割れを誘導する。水密性が要求される場合は、目地材に止水ゴムを接着し、表層部に埋め込む。

誘発材は、ひび割れを効率的に誘発するために、断面内で引張応力が高くなる中央部分に配置し、応力を集中させる。このことは、既往の実験でも、断面欠損率を同一とした場合、断面の端部より中央に設置した方が誘発効果が大きい結果が得られている¹⁾。

断面の中央部は鉄筋の配置が少なく、誘発材の設置に

*1 大林組（株） 技術研究所 生産技術研究部 工修（正会員）

*2 大林組（株） 技術研究所 生産技術研究部 担当課長 工博（正会員）

*3 大林組（株） 技術研究所 担当部長 工博（正会員）

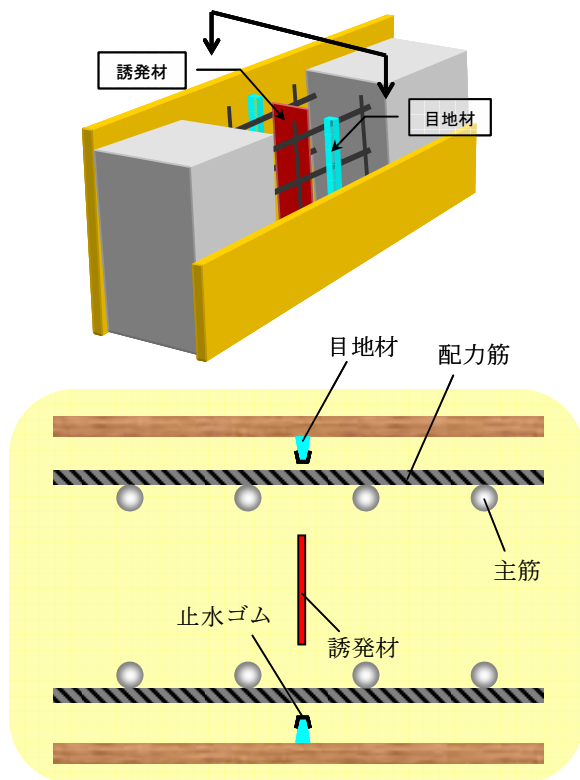


図-1 新工法の模式図

支障が少ない。鉄筋に結束する従来の方法は片持ち梁形式で固定されるため、埋め込む部材断面が大きいと打込み時のコンクリートの圧力により目地材が変形しやすいという問題を解消できる。

2.3 目地材料

2.2 で示した誘発目地の構造形式を具体化した目地材料について以下に示す。

(1) 誘発材

誘発材の一例を写真-1に示す。

鋼板の端部に折曲加工を施すことで、曲げ剛性が大きくなり、誘発材に作用するコンクリートの側圧に耐えることができる。また、折曲加工により、鋼板を重ね合わせることで長手方向にも容易に継手できる。

(2) 目地材

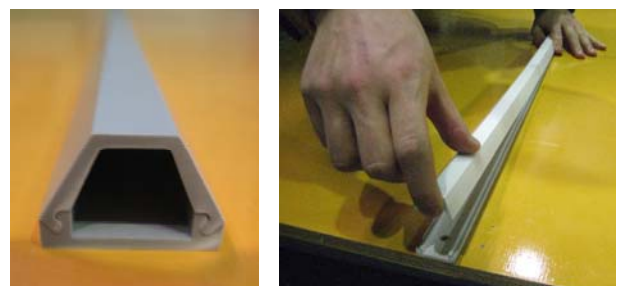
目地材の仕様としては、単にコンクリートの表層部に溝状の欠損部を設ける場合と、目地材をそのまま埋め込んで一体化させる場合がある。前者については、既に形状や寸法が異なる各種の目地棒が用いられている。一方、後者については、メーカー毎に特殊な仕様で製品化され、大半は埋込み用として止水機能を付与したものが多い。新しい誘発目地工法では、目地材として写真-2に示すようなポリ塩化ビニル製の材料の適用を試みた。この目地材は台座とカバーの2つの部品から構成されており、着脱が容易な構造であるため、台座を先行して木ねじや両面テープで容易に型枠に固定することができる。止水ゴムを接着した状態で打ち込むことで、止水ゴムと目地



(a)誘発材

(b)長手方向への継手

写真-1 誘発材の一例



(a)目地材

(b)型枠への固定

写真-2 目地材の一例

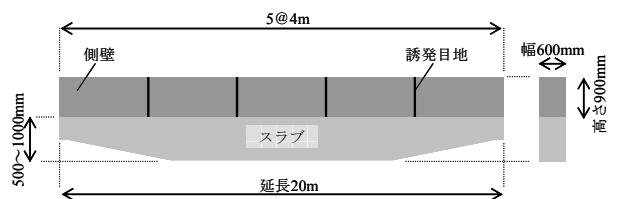


図-2 洗車ピットの側壁の模式図

材の一部を構造物内に存置できる。

3. 新しいひび割れ誘発目地工法の適用効果の検証

2章に示した誘発目地工法を2件の壁状コンクリート構造物に適用し、その施工性やひび割れの誘発効果について検証した。

3.1 洗車ピットの側壁への適用

(1) 構造物の概要

誘発目地を設置する構造物の模式図を図-2に示す。対象構造物は、幅600mm×高さ900mm×延長20mの高さが低い側壁とし、主筋(D19)が250mm間隔、配力筋(D16)が250mm間隔で配筋されている。また、下部に

表-1 配合一覧

部位	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE 減水剤 WR
洗車ピットの側壁	8.0	4.5	49.2	40.8	164	334※ ¹	731	1084	3.34
貯水池の擁壁	8.0	4.5	53.5	42.9	161	301※ ²	765	1069	3.19
透水試験体	8.0	4.5	55.7	43.0	162	291※ ²	790	1061	2.91

※1：高炉セメント B 種，※2：普通ポルトランドセメント

拘束体として幅 600mm×高さ 500～1,000mm×延長 20m のスラブがある。側壁に使用したコンクリートはレディーミクストコンクリート(30-8-20BB)とし、その配合を表-1 に示す。

目地材は、全長 20m に対して 4m 間隔で計 4 箇所設置した。誘発目地の断面欠損率は 45%である。

(2) 施工状況

新工法の施工手順を以下に示す。

- 1) スラブを打ち込む際に、誘発材の一部を根入れ（根入れ長 100mm 程度）する。所定の位置に精度よく設置するために、あらかじめ位置を示す定規を作製し、栈木でサポートする。
- 2) 誘発材の下端を根入れ部に重ねて継手する（写真-3：継手長 200mm）。上端については、配力筋に橋渡しした固定棒でサポートする。
- 3) 目地材を木ねじで型枠に固定し、止水ゴムを接着する。
- 4) 誘発材と目地材が一直線に配置するように型枠を建て込む。

側壁を打ち込む際の一層の高さは一般的な値として 450mm 程度とし、目地を挟んで両側から打ち込んだ（写真-4）。コンクリートの圧力による移動や位置ずれもなく、誘発材と目地材の直線性が十分に確保できた。

(3) ひび割れ誘発効果

側壁には材齢 3 日が経過した時点で最初のひび割れが発生した。最初のひび割れの発生は 4 箇所設置した誘発目地のうち、中央の 2 箇所であり、目地以外の箇所にはひび割れは認められなかった。その後、材齢の経過に伴い、打設から 1 ヶ月以内に残りの 2 箇所にもひび割れが発生した。

側壁の天端面におけるひび割れの発生状況（材齢 74 日）を写真-5 に示す。いずれの誘発目地部に生じたひび割れも誘発材の端部と目地材の止水ゴムを接着した部分にほぼ直線的に到達している状況が観察され、ひび割れの発生位置を確実に制御できた。なお、壁鉛直面の溝状欠損部を観察すると、目地の周辺にはひび割れが認められておらず、ひび割れは鉛直方向には目地材に沿って誘導されているものと推測される。



写真-3 誘発目地設置状況



写真-4 打設状況



写真-5 ひび割れの発生状況

3.2 貯水池の擁壁への適用

(1) 構造物の概要

誘発目地を設置する構造物の模式図を図-3に示す。対象構造物は、貯水池を構成する擁壁（以下、擁壁と呼称）である。その寸法は幅 400～900mm、高さ 7.6m、延長 16.6m であり、壁高が大きく、断面の厚さが高さ方向に変化している点が特徴である。擁壁の底版の厚さは 1.1m であり、事前の解析から外部拘束により断面を貫通する温度ひび割れが発生する可能性が大きいと評価された。擁壁に使用したコンクリートはレディーミクストコンクリート(27-8-20N)とし、その配合を表-1に示す。目地材は、最大 7.4m 間隔で 2 箇所に設けた。

擁壁は水平打継目を設けず、天端まで 1 回で打設した。なお擁壁には、主筋 (D19～D29) が 125～250mm、配力筋 (D19) が 250mm 間隔で配筋されている。

(2) 施工状況

擁壁の背面側は 1 : 0.07 の傾斜があり、高さ方向に壁厚が変化する場合でも、誘発材を写真-6に示すように貯水池擁壁の下部で 2 枚、上部で 1 枚使用することで、目地材と合わせて 45%以上の断面欠損率を確保できた。

擁壁においても誘発材の重ね継手を 200mm としているが、重ね継手部の横ずれを防ぎ、1m 間隔で固定棒を用いてサポートすることで、打上り高さが 7m を超える場合でも誘発材の変形や移動などの不具合は認められなかった。また、目地材は両面テープを用いて固定したが、打設時に目地材がずれるなどの不具合も発生しておらず、所定の精度で設置できることが明らかとなった。

脱枠後の誘発目地部におけるコンクリートの表面の状況を写真-7に示す。目地部は良好な仕上がり状況であった。なお、溝状欠損部は変成シリコン系のシーリング材により充填処理を行った。

擁壁では、側面および天端とも埋込み型の目地材を使用した関係で、ひび割れの誘発状況を直接目視により観察できなかった。しかし、事前の温度応力解析によれば誘発目地を設置しない場合にはひび割れ指数が 1 を下回る結果となっていること、実施工後のコンクリート表面は誘発部材の周辺を含めひび割れの発生が一切認められていないことを勘案すると、所要のひび割れ制御効果が得られているものと推測される。

4. ひび割れ誘発後の目地部の止水性能の検証

水密性が要求される構造物にひび割れ誘発目地を適用する場合、誘発された目地部にも所要の止水性が求められる。そこで、目地部にひび割れが誘発された状況を模擬した試験体を作製し、透水試験を行い漏水の有無や水の浸透経路などを確認した。

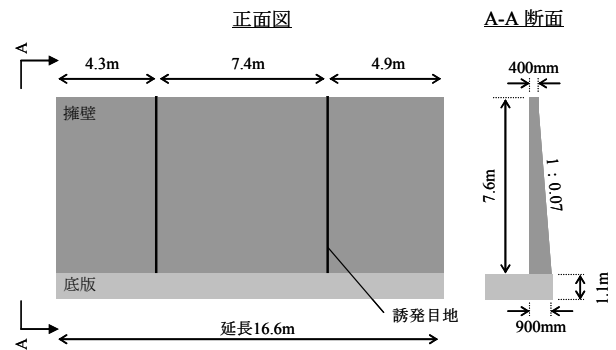


図-3 貯水池の擁壁の模式図

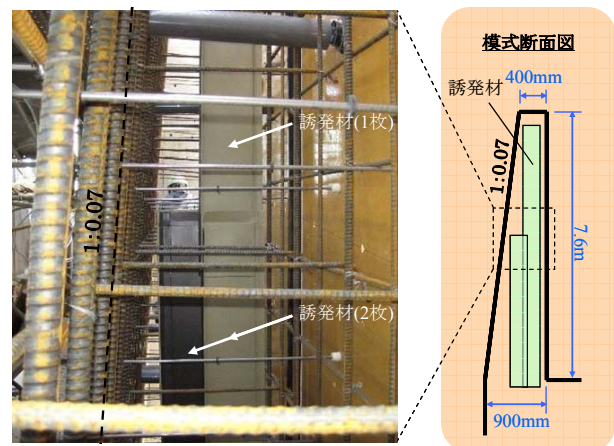


写真-6 誘発材の設置状況

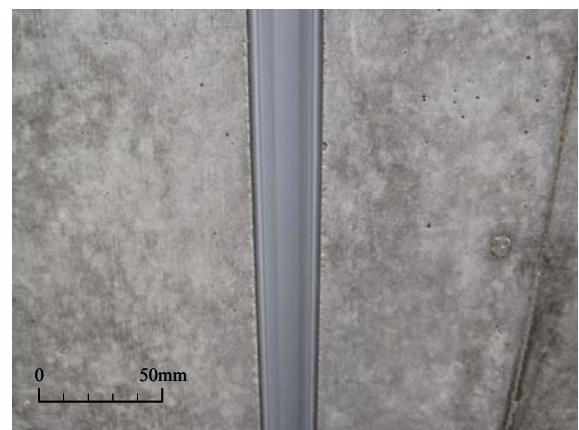
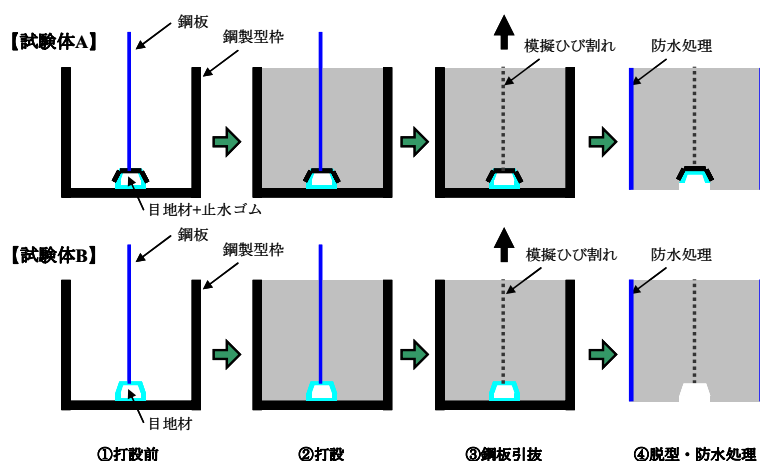


写真-7 目地部の仕上がり状況

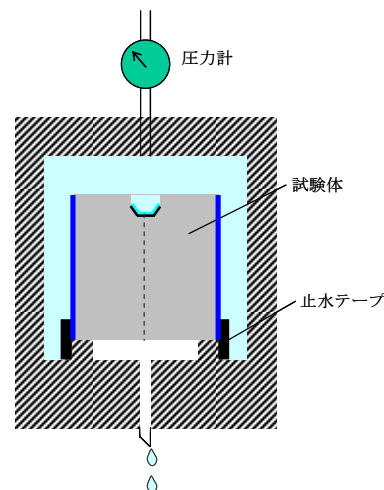
4.1 実験概要

(1) 試験体作製

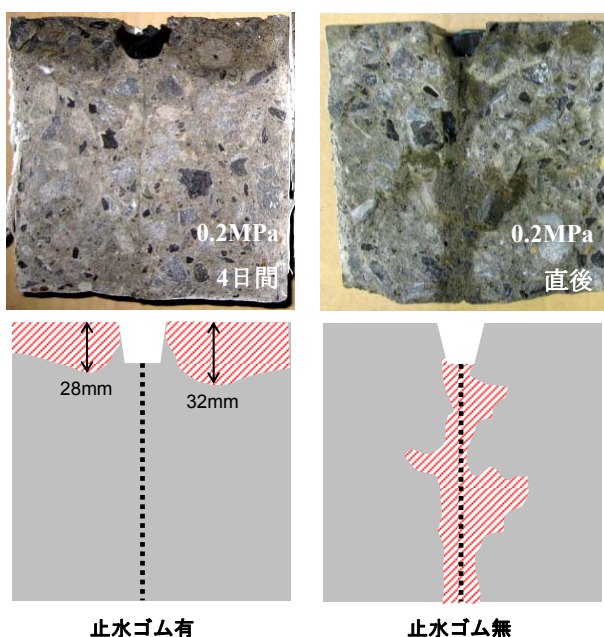
試験体はφ150mm×150mmの円柱試験体とした。図-4に示すように、鋼製型枠の底版に目地材(長さ120mm)を設置し、鋼板(厚さ0.2mm、幅100mm)を目地材に触れた状態で打ち込み、凝結の始発直後にこの鋼板を引き抜くことで、幅0.2mm程度のひび割れを模擬した。一般的に補修の対象となるひび割れ幅は0.2mm以上の場合が多いので、ここでは0.2mmのひび割れについて止水性を検証することとした。



図－4 試験体の作製手順



図－5 透水試験の模式図



写真－8 水の浸透状況の比較

目地材に止水ゴムを接着した試験体（試験体 A）および目地材に止水ゴムを接着しない試験体（試験体 B）をそれぞれ 2 体ずつ作製した。試験体には水セメント比 55.7% のコンクリートを用い、その配合を表－1 に示す。止水ゴムは厚み 3.0mm、幅 40 mm のブチルゴムを使用した。

試験体は材齢 1 日で脱枠した。材齢 5 日まで 20℃で湿潤養生を行い、その後は試験まで 20℃で気中養生を行った。試験体 A は材齢 11 日に、試験体 B は材齢 8 日に試験を実施し、試験開始時の圧縮強度はいずれも 27N/mm² 程度であった。

(2) 試験方法

透水試験の模式図を図－5 に示す。型枠の下端面（目地材の設置面）から水圧 0.2MPa を作用させた。漏水した場合、あるいは 4 日間加圧しても漏水が確認されない場合には試験を終了し、模擬ひび割れに対して直交する

ように試験体を割裂し、水の浸透状況を観察した。なお、水圧 0.2MPa は水頭 20m に相当するが、誘発目地の対象となる構造物の多くはこれ以下の水圧が作用する場合が一般的であると考えて水圧を定めた。

4.2 実験結果および考察

試験体 B では 2 体とも水圧を作用させた直後に漏水が確認され、約 20 分後に定常状態となった。単位ひび割れ長さ当りの透水量は 15.6, 26.4 L/(min・m) で、当然のことながら止水ゴムを使用しない目地部は止水機能を有していないことが確認された。

一方、試験体 A は 2 体とも漏水が認められない状態で 4 日間が経過した。止水ゴムの有無による水の浸透状況の違いを写真－8 に示す。止水ゴムを設置していない試験体 B では模擬ひび割れから漏水しているが、止水ゴムを設置した試験体 A では止水ゴムを接着した領域を避けるように水が浸透し、模擬ひび割れに到達しなかった。これより、0.2MPa の水圧が作用しても止水ゴムとコンクリートとの界面が水みちにはならず、止水ゴムを接着した目地部は目地部以外の健全なコンクリート部分（以後、健全部）より水密性が高いことが確認された。

なお、もう 1 体の試験体 A については、0.2MPa の水圧を 4 日間作用させた後に、追加で昇圧を行っている。昇圧の方法は、15 分毎に 0.1MPa ずつ昇圧し漏水の有無を確認した。この方法で 1.0MPa まで昇圧しても漏水は確認されなかった。

5. まとめ

本報告の範囲内で得られた知見を以下に示す。

(1) 誘発材を断面の中央に配置し、表層の目地と直線性を確保することで、配筋状況により設置の作業性が左右されることなく、効率よくひび割れを誘発できる。

(2) 誘発材の重ね継手を 200mm とし、重ね継手部の横ずれを防ぎ、1m 間隔で固定棒を用いてサポート固定

することで、打上り高さが 7m を超える場合でも不具合なく施工できる。断面幅が変化する場合は、誘発材を増減することで断面欠損率を調整できる。

（３）目地材に止水ゴムを設置することで 0.2MPa の水圧下でも健全部と同等の水密性を確保でき、新工法の目地部は実用上十分な止水性を有している。

参考文献

- 1) 神崎浩二，米澤朗，樋口晃，村上祐治：2 径間ラーメンボックスカルバートの温度応力に対する誘発目地間隔と形状の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.26，No.1，pp.1341-1346，2004