

マスコンクリート用ひび割れ誘発目地工法「センタープレート目地™」の開発

近松 竜一 阿部 諭史

(名古屋支店土木工事部)

桜井 邦昭

Development of Crack-Control Joint for Mass Concrete “Center Plate Joint”

Ryuichi Chikamatsu Satoshi Abe
Kuniaki Sakurai

Abstract

Thermal cracks occur due to the external restraining stress on concrete walls. Hence, we proposed a crack-control joint that is easy to set and prevents cracking. We experimentally examined the effect of the crack-control joint by arranging the construction elements at the center and at the edges of a section and by securing the linearity of the elements. It was confirmed that the crack accurately maintained its position and that the joint also provided watertightness when in practical use.

概要

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対策として、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「センタープレート目地」を提案し、その適用効果を実験的に検討した。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により、施工性に優れ、かつ所定の位置に精度良くひび割れを誘発できること、また実用上十分な止水性を付与できること、などを確認した。

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。鉄筋の腐食を抑制し、所要の耐久性を確保するには、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。

温度ひび割れ対策として、材料や配合面では低発熱性セメントを使用する、膨張材を使用する、単位セメント量を小さくするなどの方法がある。また、施工面からは、打込み温度を低減するプレクーリング、打込み後にコンクリートを冷却し、温度の上昇量を低減するポストクーリングなどがある。これらは、いずれも温度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り、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、所要の耐久性が確保できる範囲で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方法として、ひび割れ誘発目地工法がある。

本報では、部材の配筋条件の制約を受けず、設置が容易で、所定の位置に確実にひび割れを誘発する目地工法（以下、センタープレート目地と呼称する）を提案した。また、本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を検証した。

2. センタープレート目地の概要

2.1 既往の誘発目地工法の問題点

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ひび割れを誘発するために断面欠損材が用いられる。また、この断面欠損材は、断面の内部に設置し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を表面の所定の位置に誘導する材料（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。既往の工法は、誘発材を主筋や配力筋に固定する 경우가多く、誘発させようとする箇所の鉄筋の密度が高くなるために断面欠損による応力集中の効果が低減したり、施工時に誘発材と目地材の直線性が確保できず、誘発位置が外れる場合もあることが推測される。

2.2 センタープレート目地の構造形式

マスコンクリートに適した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、②目地材を容易に設置できる、③部材に水密性が要求される場合は止水性を付与する、の3つの条件を確保できることを前提として、次のような構造形式を考案した。

この誘発目地工法の模式図をFig 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

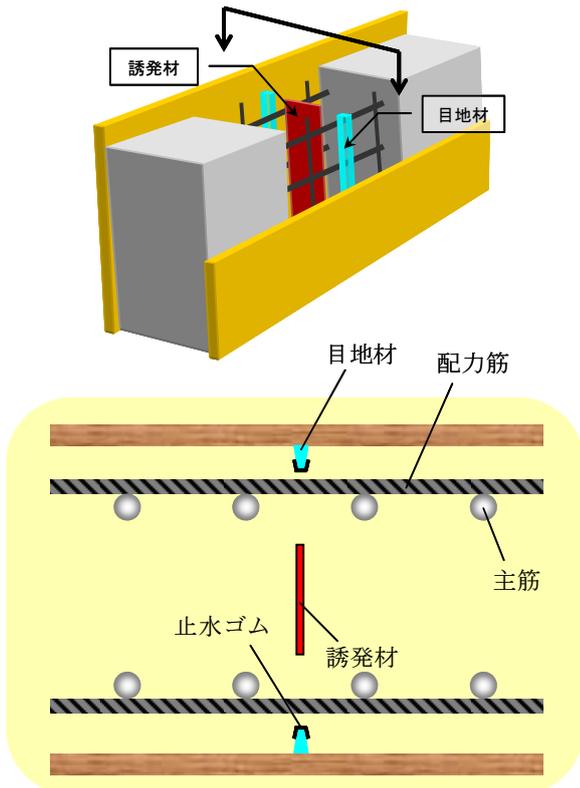


Fig. 1 センタープレート目地の模式図
Image of “Center Plate Joint”

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) 型枠内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することで誘発効果が大きくなる結果を得ている¹⁾。

断面の中央部は鉄筋の配置が少ないので、誘発材を設置する際の支障が少ない。在来の工法では誘発材を鉄筋に結束して片持ち梁形式で固定する 경우가多いが、埋め込む部材の断面が大きいと打ち込み時のコンクリートの圧力により誘発材が変形しやすい。鉄筋工の作業の制約を受けず、所定の断面に誘発材を設置できる。

2.3 目地材料

2.3.1 誘発材

誘発材は、鋼板の端部に折曲加工を施したり、凹凸を有する材料を用いる。これにより鋼板の曲げ剛性を高め、コンクリートを打ち込んだ際に誘発材の作用する側圧に



(a)誘発材 (b)長手方向への継手

Photo 1 誘発材の一例
An Example of Crack-Control Material



(a)目地材 (b)型枠への固定

Photo 2 目地材の一例
An Example of Joint Material

耐えることができる。また、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。

2.3.2 目地材 目地材の仕様としては、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み一体化させる場合がある。前者は、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。

センタープレート目地においては、目地材の一例としてPhoto 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部から構成されており、着脱が容易な構造のため、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できる。また、止水ゴムを接着した状態で打ち込むことで、止水ゴムと目地材の一部を構造物内に存置できる。

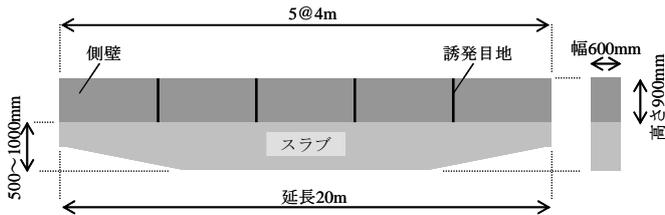


Fig. 2 洗車ピット側壁の模式図
Outline of Side-Wall for Car-wash Pit



Photo 4 コンクリートの締固め状況
Consolidating of Concrete



Photo 3 誘発目地設置状況
State of Crack-Control Joint



Photo 5 ひび割れの発生状況
State of Triggered Cracking

3. センタープレート目地の適用効果の検証

3.1 洗車ピットの側壁への適用

3.1.1 構造物の概要 誘発目地を設置する構造物の模式図をFig 2に示す。

対象構造物は、幅600mm、高さ900mm、延長20mの洗車ピットの側壁で、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、下部に幅600mm、高さ500~1,000mm、延長20mのスラブがあり、拘束体となる。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)とした。

目地材は全長20mに対し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。

3.1.2 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ながら継手する(Photo 3: 継手長200mm)。上端は、配力筋に橋渡しした固定棒でサポートし、打込み後に撤去する。

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450mm程度とし、目地を挟んで両側から打ち込んだ(Photo 4)。その結果、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。

3.1.3 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、目地以外の箇所にはひび割れは認められなかった。また、その後、打設から1ヶ月以内に誘発目地を設置した残りの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Photo 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は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、壁鉛直面の溝状目地の周辺にはひび割れがなく、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。

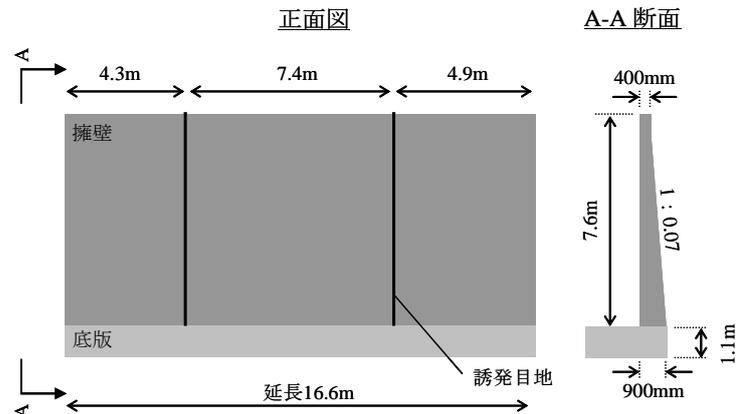


Fig. 3 貯水池の擁壁の模式図
Outline of Retaining Wall

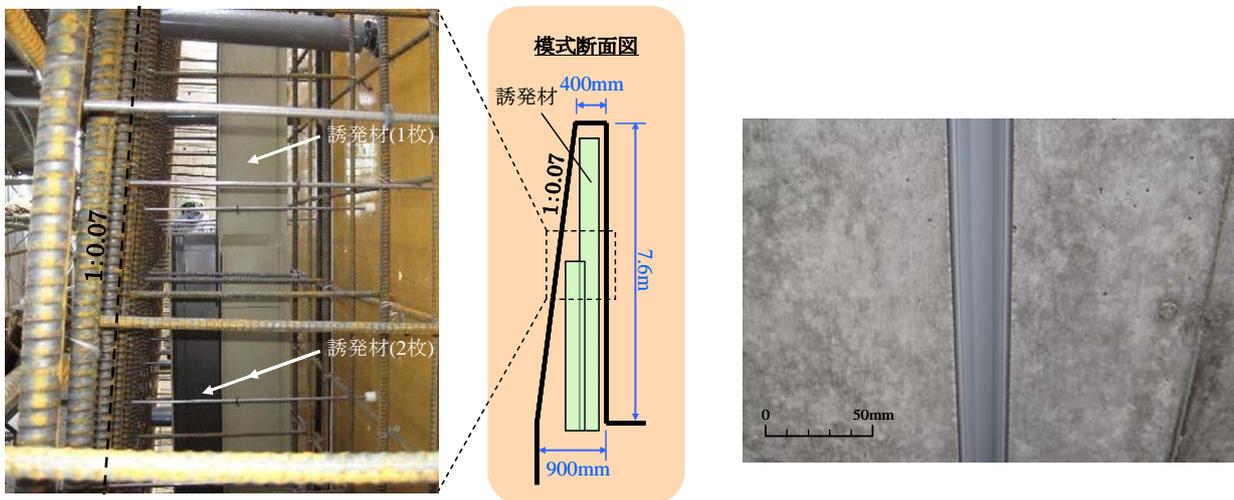


Photo 6 誘発材の設置状況
Setting of Material for Crack-Control Joint

Photo 7 目地部の仕上り状況
The state of Joint

3.2 貯水池の擁壁への適用

3.2.1 構造物の概要 誘発目地を設置した構造物の模式図をFig. 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。寸法は幅400～900mm、高さ7.6m、延長16.6mで、壁高が大きく、断面の厚さが高さ方向に変化している。擁壁の底版の厚さは1.1mで、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。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）で、目地材は最大7.4m間隔で2箇所にした。

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、配筋筋（D19）が250mm間隔で配筋されている。

3.2.2 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においても誘発材をPhoto 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。

誘発材の重ね継手の長さは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Photo 7に示す。目地部は良好な仕上り状況であった。なお、溝状欠損部は変成シリコン系のシーリング材を用いて充填処理を行った。

側面および天端とも埋込み型の目地材を使用したため、ひび割れの誘発状況を目視では観察できなかった。しかし、事前の温度応力解析により誘発目地を設置しない場

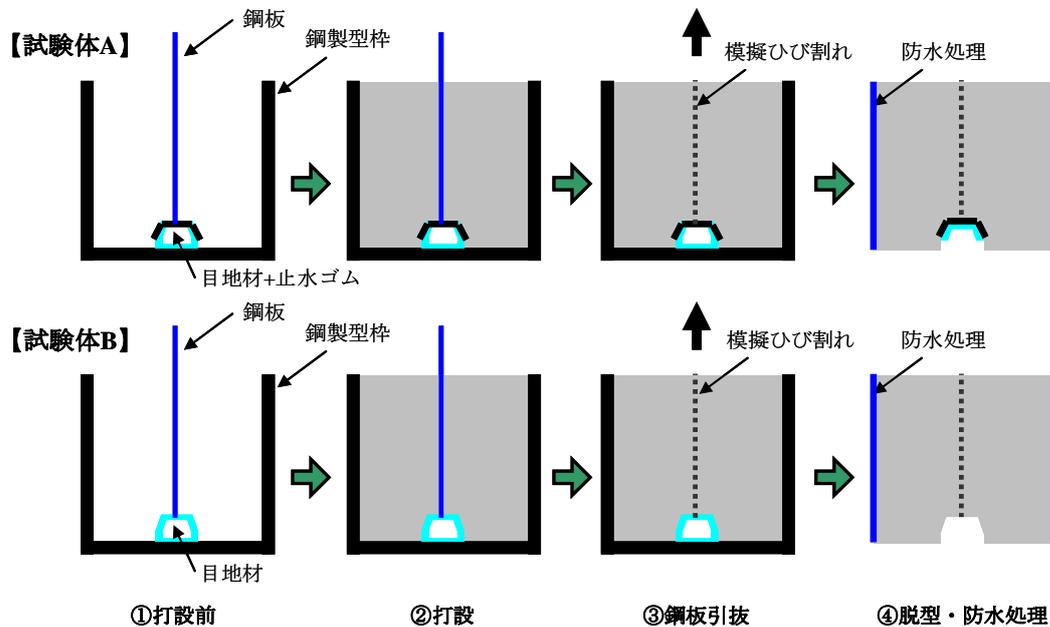


Fig. 4 試験体の作製手順
Manufacturing Procedure of Test Specimen

合にはひび割れ指数が1.0を下回ること、施工後にコンクリートの表面には誘発部材の周辺を含め、ひび割れが発生し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。

4.1 実験概要

4.1.1 試験体作製 試験体はφ150mm×150mmの円柱試験体とした。Fig.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き、幅0.2mm程度のひび割れを模擬した。

一般に補修対象となるひび割れ幅は0.2mm以上の場合が多いことを勘案し、本実験では0.2mmのひび割れについて止水性を検証した。

目地材に止水ゴムを接着した試験体（A）および目地材に止水ゴムを接着しない試験体（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、止水ゴムは厚み3.0mm、幅40mmのコンクリートと反応し接着する非加硫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℃で湿潤養生し、その後は試験まで20℃で気中養生を行った。

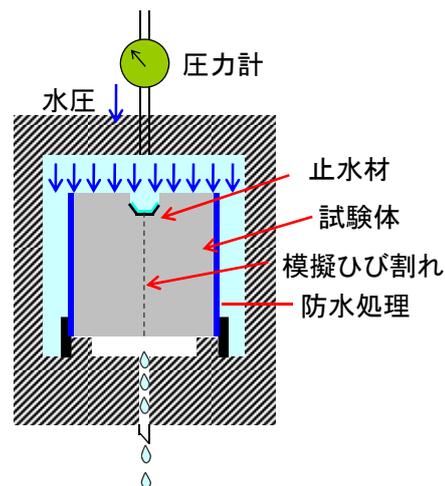


Fig. 5 透水試験の模式図
Outline of Water Permeability Test

試験は材齢8日以降に実施した。試験開始時の圧縮強度は27N/mm²程度であった。

4.1.2 試験方法 透水試験の模式図をFig.5に示す。作製時と試験時を逆にして、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。漏水した場合または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た。試験終了後、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は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

止水ゴムを用いない試験体B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それぞれ15.6, 26.4 L/(min・m)であり、止水ゴムを使用しない場合はほとんど止水機能を有していないことが確認された。

一方、止水ゴムを用いた試験体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Photo 8に示す。止水ゴムがない試験体Bについては模擬ひび割れから漏水している状況が認められる。これに対して、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ており、模擬ひび割れには到達していなかった。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とはならず、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より水密性が高いことが確認された。

なお、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。

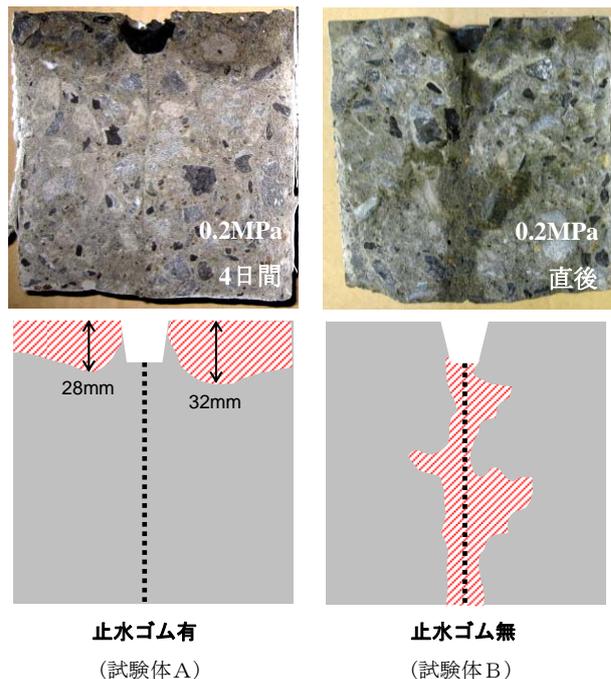


Photo 8 水の浸透状況の比較
Comparison of water Seepage

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、目地部は実用上十分な止水性を有している。

6. 今後の展開

マスコンクリート構造物のなかでも、ボックスカルバートや擁壁などの壁部材では、ひび割れの発生を許容した上で所要の耐久性が確保されるように制御する場合も多い。センタープレート目地によれば、所定の位置に確実に誘発することが可能であり、今後実用展開を図る予定である。

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