膨張材の内部拘束による温度ひび割れ抑制効果に関する考察

東洋建設（株）　正会員　○末岡　英二　　東洋建設（株）　フェロー　佐野　清史
あおみ建設（株）　榊　晋介　　五洋建設（株）　フェロー　内藤　英晴
東亜建設工業（株）　正会員　網野　貴彦　　若築建設（株）　正会員　壹岐　直之
早稲田大学　フェロー　清宮　理

１．目的

膨張材を添加したコンクリートの部材において，コンクリートの硬化中に発生する膨張ひずみが，既設コンクリートの拘束によって圧縮応力として蓄積され，ひび割れの発生を抑制すると考えられる．そのため，膨張材は，主に外部拘束が卓越する部材において使用されているが，内部拘束が卓越する部材に対しても，内部鉄筋による拘束効果により，ひび割れ発生の抑制効果があると考えられる[1)]．本論文は，フーチングの実大モデルを作製し，コンクリート硬化中の温度およびひずみの測定結果から，内部拘束が卓越する部材における膨張材の温度ひび割れ抑制効果を検討したものである．

２．実験概要

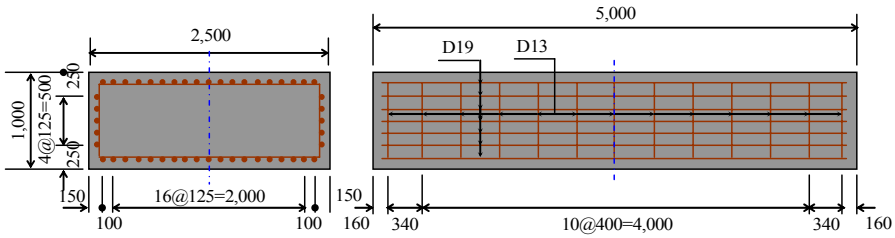
コンクリートの配合とコンクリートの試験結果を**表－１**に示す．コンクリートの使用材料のうち，セメントは高炉セメントＢ種，膨張材は低添加型石灰系のもの，細骨材は陸砂と砕砂の混合砂，粗骨材は砕石を用いた．

表－１　コンクリートの配合および試験結果

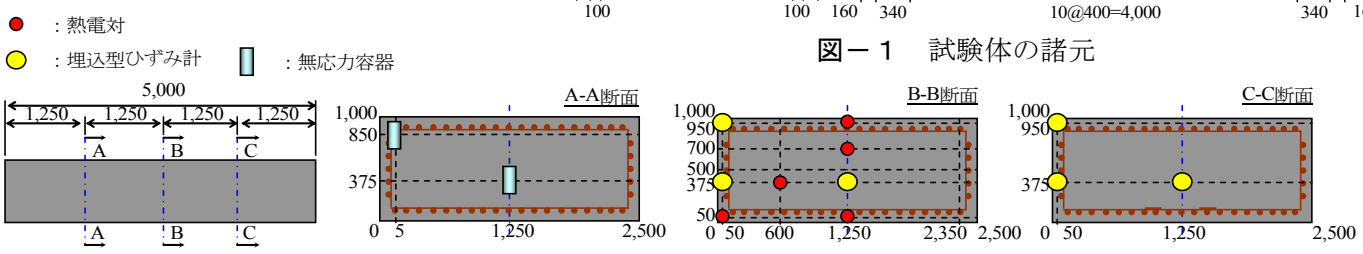
名称	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)						試験結果						
			W	C	EXP	S	G	Ad	SL (cm)	Air (%)	C.T. (℃)	凝結時間	圧縮強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	静弾性係数 (N/mm^2)
BB	48.5	43.3	159	328	0	784	1041	3.49	14.5	4.7	30.5	5.7-7.4h	32.2	2.67	29.4
BB-EX		43.4		308	20	786	1041	3.49	13.5	4.6	33.5	6.3-8.0h	34.6	2.71	28.7

※　Ad:AE減水剤，凝結時間：始発時間－終結時間，C.T.：コンクリート温度，強度試験：材齢28日

フーチング試験体（1,000×2,500×5,000mm）の諸元を**図－１**に示す．試験体の作製は，温度ひび割れの発生が最も懸念される夏場の屋外で行った．コンクリートの打込みは，できるだけ外部拘束の影響を排除するために，試験体下面と均しコンクリートをブルーシートの敷設により縁切りして行った．試験体の養生は，上面を湿布とビニールシートで７日間覆い，側面については同期間木製型枠を存置した．計測器の配置図を**図－２**に示す．温度計測は埋込型ひずみ計および熱電対，実ひずみは埋込型ひずみ計，自由ひずみは無応力容器内に設置した埋込型ひずみ計により計測した．なお，各ひずみの零点は凝結の終結時間を基準とし，計測は 28 日間行った．



図－１　試験体の諸元

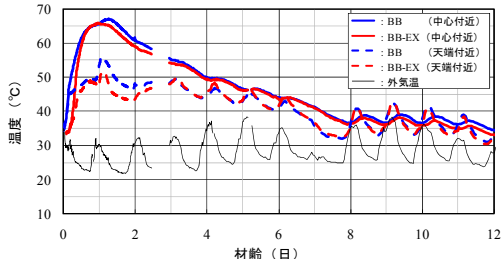


図－２　計測器の配置図

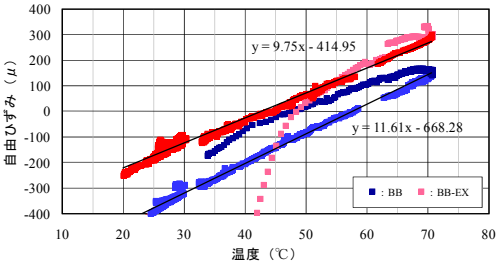
キーワード　膨張材，マスコンクリート，内部拘束，フーチング
連絡先　〒300-0424　茨城県稲敷郡美浦村受領　1033-1　東洋建設（株）美浦研究所　TEL　029-885-7511

３．実験結果

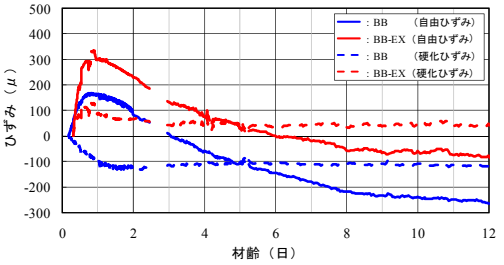
部材中央の中心部と天端付近の温度計測結果を**図－３**に示す．膨張材の有無によるコンクリートの温度の大きな違いは見られなかった．部材中心に設置した無応力計から得られたコンクリート温度と自由ひずみの関係を**図－４**に示す．この図から，自己収縮やクリープの影響の少ない温度降下時の温度と自由ひずみの傾きから線膨張係数を算出すると，膨張コンクリートで 9.75μ/℃，普通コンクリートで 11.61μ/℃であった．硬化ひずみを自由ひずみと算出した温度ひずみ（線膨張係数と温度変化量の積）の差と定義し，材齢と自由ひずみおよび硬化ひずみの関係を**図－５**に示す．膨張コンクリートの硬化ひずみは，打込み後に 100μ程度の膨張ひずみとなり，その後 50μ程度の膨張ひずみで安定した．普通コンクリートの硬化ひずみは，打込み後 100μ程度の収縮ひずみとなり，その後も 100～120μの収縮ひずみで安定した．この両者の硬化ひずみの差を膨張材による効果とすれば，無拘束状態における膨張材の導入ひずみは約 150μ程度と考えられる．これらの傾向や膨張材による導入ひずみの値は，既に実施した 500×500×3000mm のはり部材で測定したもの[2]とほぼ同じであった．有効ひずみを埋込み型ひずみ計により計測した実ひずみから，計測位置の温度変化から算出した温度ひずみと前述の硬化ひずみを差し引いたものと定義すれば，このひずみはコンクリートの発生応力に有効なひずみと考えられる．



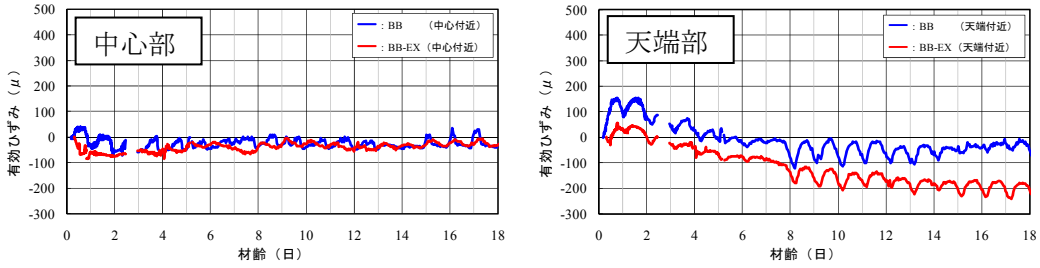
図－３　温度計測結果



図－４　温度と自由ひずみの関係



図－５　材齢と自由ひずみ・硬化ひずみの関係



図－６　材齢と有効ひずみの関係

材齢と有効ひずみの関係を，部材中央の中心部と天端隅付近で**図－６**に示す．中心部での有効ひずみは，両コンクリートともほぼ同等であり，外部拘束や鉄筋の拘束がないため，膨張材によるコンクリートのひずみの増分がそのまま自由変形となり，膨張材の効果が見られなかった．天端隅角部においては，膨張材により導入された膨張ひずみが鉄筋による拘束を受け，コンクリートの自由な変形が抑制されたことにより，内部拘束による引張ひずみの低減が見られた．このことから，膨張材の添加により，内部拘束により発生する表面部の引張応力が低減し，温度ひび割れ発生を抑制できる可能性が認められた．

４．まとめ

内部拘束の卓越するフーチング部材において，鉄筋が適量配置されている表面付近では，膨張材によるひび割れ抑制効果を期待できる可能性が認められた．なお本実験は，早稲田大学清宮研究室，あおみ建設，五洋建設，東亜建設工業，東洋建設，若築建設の共同研究として実施したものである．

参考文献

1) 水谷ら，セメントの違いによる膨張コンクリートの膨張特性の比較，土木学会第 63 回年次学術講演会，5-444，pp. 887-888，2008. 9　2) 網野ら，セメントの種類の違いが膨張コンクリート RC 梁の膨張ひずみ特性に及ぼす影響について，土木学会第 63 回年次学術講演会，5-438，pp. 875-876，2008. 9