# セメント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

東亜建設工業(株)　正会員　○網野　貴彦
五洋建設（株）　正会員　酒井　貴洋
東洋建設（株）　正会員　末岡　英二
若築建設（株）　正会員　三浦　克康
早稲田大学　正会員　清宮　理

## １．はじめに

マスコンクリート内部を模擬した梁試験体に異なる 3 種類のセメントを使用したときの膨張コンクリートのひずみを測定し，セメント種類の違いがコンクリートの線膨張係数やひずみ性状に及ぼす影響を検討した．

## ２．実験概要

使用材料及びコンクリート配合を**表－１**，**表－２**に，試験体の形状寸法及び計測機器の配置を**図－１**に示す．

また，梁の中央断面において内部拘束応力や乾燥収縮が生じない（鉄筋拘束のみ受ける）条件にてセメント種類の違いを比較するため，計測期間中は型枠を外さず気泡シート４重＋ブルーシートで覆った状態とした．なお，全試験体において中央断面の中心と側面に設置したひずみ計の温度とひずみ推移がほぼ一致していたことから，上記の状態は再現できていたものと考えられる．

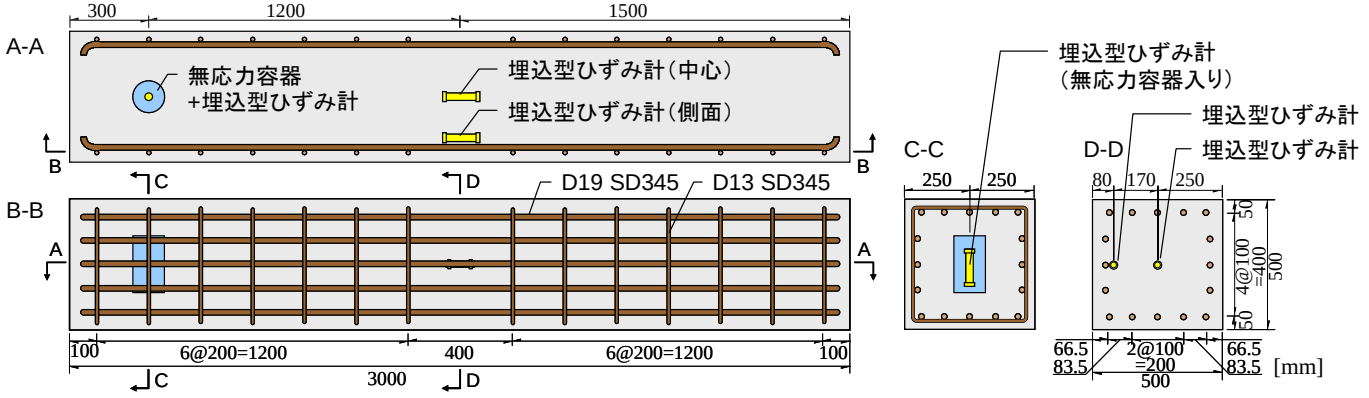
**表－１　使用材料**

| 使用材料 | 成分･性質 |
|---|---|
| 普通ポルトランドセメント | 密度3.16，粉末度3,300cm$^2$/g<br>化学成分%：$C_3S$=54,$C_2S$=21.0,$C_3A$=9,$C_4AF$=9<br>MgO=1.24,$SO_3$=2.14 |
| 高炉セメントB種 | 密度3.04，粉末度3,890cm$^2$/g<br>化学成分%：MgO=3.26,$SO_3$=1.98 |
| 低発熱ポルトランドセメント | 密度3.22，粉末度3,350cm$^2$/g<br>化学成分%：$C_3S$=29.$C_2S$=53,$C_3A$=3, $C_4AF$=9.<br>MgO=0.76,$SO_3$=2.27 |
| 膨張材 | 低添加型石灰系。密度3.14，粉末度3,500cm$^2$/g<br>化学成分%：CaO=67.3,$SO_3$=18.0,Sio2=9.6,<br>MgO=0.6,$Al_2O_3$=2.5,$Fe_2O_3$=1.3 |
| AE減水剤 | 普通セメント:ポゾリス78S，高炉セメント:ポゾリス70，<br>低熱セメント:ポゾリス78R |

**表－２　コンクリート配合と各種試験結果**

| ケース名称 | W/B (%) | s/a (%) | 単位量（kg/m$^3$） | | | | | | フレッシュ試験結果 | | | | 強度試験結果（材齢 28 日） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | W | C | EXP | S | G | Ad | SL (cm) | Air (%) | C.T. (℃) | 凝結時間 | 圧縮 (N/mm$^2$) | 引張 (N/mm$^2$) | 静弾性係数 (kN/mm$^2$) |
| N | 47.0 | 42.5 | 158 | 337 | 0 | 753 | 1020 | 3.37 | 11.5 | 5.0 | 26.0 | 5.2h - 6.7h | 32.3 | 2.86 | 28.5 |
| N-EX | 47.0 | 42.5 | 158 | 317 | 20 | 753 | 1020 | 3.37 | 12.5 | 4.0 | 25.0 | 5.4h - 7.6h | 35.0 | 2.79 | 24.9 |
| BB | 48.9 | 41.8 | 165 | 337 | 0 | 730 | 1047 | 3.61 | 12.0 | 5.4 | 27.0 | 4.3h - 6.9h | 26.4 | 2.52 | 27.1 |
| BB-EX | 48.9 | 41.9 | 165 | 317 | 20 | 732 | 1047 | 3.61 | 12.0 | 5.8 | 28.5 | 6.2h - 9.0h | 27.8 | 2.37 | 28.0 |
| L | 47.0 | 43.9 | 163 | 347 | 0 | 781 | 1033 | 3.47 | 11.0 | 4.0 | 28.7 | 5.2h - 7.3h | 34.4 | 2.52 | 31.3 |
| L-EX | 47.3 | 43.9 | 163 | 325 | 20 | 783 | 1033 | 3.45 | 12.5 | 4.4 | 30.0 | 8.1h -10.1h | 37.1 | 2.37 | 29.4 |

注1)　SL：スランプ，Air：空気量，Ad：AE 減水剤，C.T.：コンクリート温度，凝結時間：(始発)-(終結) を表す．
注2)　名称は N：普通ポルトランドセメント，BB：高炉セメント B 種，L：低発熱ポルトランドセメント，末尾の EX は膨張材添加を表す．
注3)　強度試験は，材齢 28 日の現場封緘養生供試体を用いて JISA1108，JISA1149，JISA1113 に準拠した結果である．




**図－１　梁試験体の形状寸法及び計測機器の配置**

キーワード　膨張材，セメント種類，マスコンクリート，ひずみ，線膨張係数
連絡先　〒230-0035　横浜市鶴見区安善町１丁目３　東亜建設工業(株)技術研究開発センター　ＴＥＬ045-503-3741

### ３．各種コンクリートの線膨張係数，ひずみ性状の比較

無応力計から得られたコンクリートの線膨張係数を**表－３**に示す．この結果によれば，N及びLセメントの場合，膨張材の添加によりコンクリートの線膨張係数が約10%，30%小さくなり，BBセメントでは約12%大きくなった．

次に，凝結の終結時を原点としたときの硬化ひずみの経時変化を**図－２**に示す．なお，硬化ひずみは無応力計の測定ひずみから**表－３**に示す線膨張係数と温度変化量の積（温度ひずみ）にて定義し，図中には$\varepsilon_h=\varepsilon_\infty\cdot[1-\exp(-\alpha\cdot t^{\beta})]$による近似式も付記した．これによれば，膨張材の有無の差を膨張材によるひずみ導入効果と捉えた場合，無拘束状態では，Nで156$\mu$，BBで238$\mu$，Lで744$\mu$の膨張ひずみが発現されていたことが分かる．

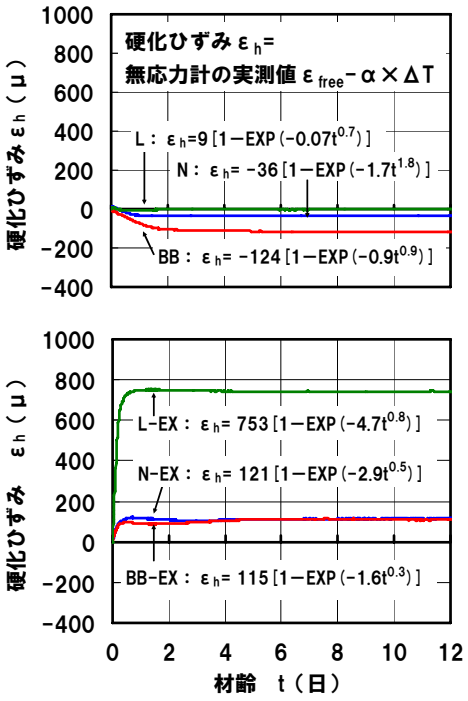
**図－３**に中央断面の中心における温度，ひずみの経時変化を示す．なお，自由ひずみとは中央断面中心での温度変化量に**表－３**に示す線膨張係数を乗じた温度ひずみと**図－２**に示した硬化ひずみの和を表す．これによると，L-EX は他のケースより自由ひずみが大きくなったが，拘束ひずみ（鉄筋比 1.83%の拘束を受けた状態）は他のケースとほぼ同じであった．このことは，コンクリート応力に寄与する有効ひずみ（拘束ひずみと自由ひずみの差）の結果が示すように，L セメントと膨張材を組み合わせた場合，他の組合せに比べて効果的に温度応力を低減できる可能性を示していると考えられる．

### ４．まとめ

膨張コンクリートの線膨張係数やひずみ性状はセメント種類に大きく影響することが分かった．なお，本研究は，早稲田大学清宮研究室，五洋建設（株），佐伯建設工業（株），東亜建設工業（株），東洋建設（株），若築建設（株）の共同研究として実施したものである．

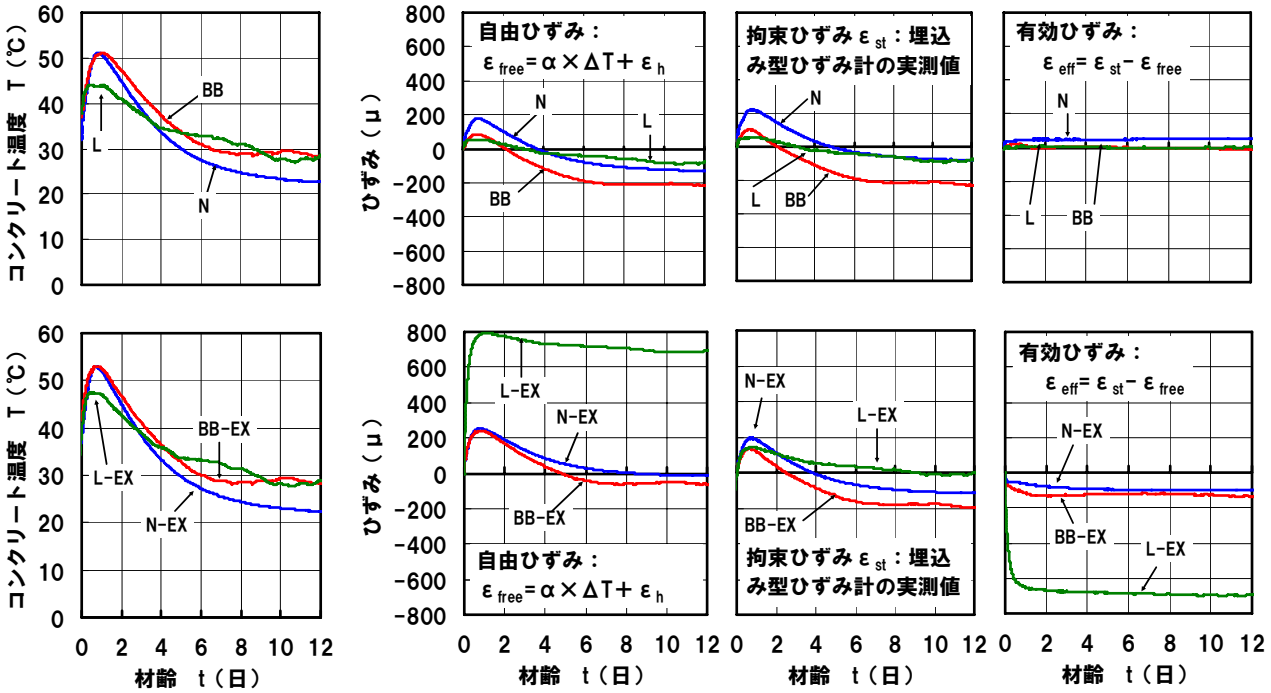
表－３　コンクリートの線膨張係数

| ケース名称 | 温度降下時の線膨張係数 $\alpha$［$\mu$/℃］ |
|---|---|
| N | 10.5 |
| N-EX | 9.1 |
| B | 10.7 |
| B-EX | 13.1 |
| L | 8.4 |
| L-EX | 6.0 |




注）ひずみの＋は膨張，－は収縮を示す。

図－２　硬化ひずみの経時変化




注）ひずみの＋は膨張，－は収縮を示す。

図－３　温度，ひずみの経時変化（中央断面の中心）