

マスコンクリートのひび割れ指数と温度ひび割れ幅に関する確率的検討

東北学院大学 学生会員 河野 諒大 非会員 大場 武
 東北学院大学 正会員 石川 雅美
 弘前大学 正会員 万木 正弘

1. 目的

ボックスカルバートの施工に際して懸念される事項として温度ひび割れ等の初期ひび割れがある。本研究では、温度ひび割れの発生が確率的現象されているならば物性値や施工条件によるばらつきによってひび割れ幅の発生も当然確率的な変動が伴うものとして、50 ケースの解析を行い、ひび割れ幅とひび割れ指数の関係から回帰直線を作成して、その結果を考察し、各種要因のばらつきが、ひび割れ幅のばらつきに与える影響を検討した。

2. ひび割れ幅とひび割れ指数の関係に関する研究方法

2.1 研究方法の概要

本研究では実際の構造物の挙動をもっともよくモデル化できる三次元有限要素法を用い、壁状構造物を対象に温度変化および乾燥収縮によって発生するひび割れ幅を算定した。使用した計算プログラムは ASTEA MACS Ver6 (計算力学研究センター) である。ひび割れ幅のばらつきに対する入力データのばらつきの影響を検討するため、モンテカルロ法を用い、各物性値のデータセットを 50 個作成した。仙台と東京それぞれについて 5 月、9 月に施工した場合を計算した。計算では、ひび割れを発生させない場合およびひび割れを発生させた場合の二通りの温度応力解析を実施し、前者の解析結果から最小ひび割れ指数を求め、後者の計算結果からひび割れ幅を求めた。

2.2 コンクリート配合、各物性値について

解析を行うボックスカルバートに使用するセメントは底版・壁・頂版共に仙台の場合は普通ポルトランドセメントを使用し、東京の場合は高炉セメント B 種を使用した。単位セメント量 $300(\text{kg}/\text{m}^3)$ 、単位水量 $170(\text{kg}/\text{m}^3)$ は仙台、東京と共に同じとする。各物性値を生成するに当たりモンテカルロ法に用いた入力データを表.1 に示す。

表.1入力データ

| データの種類 | 平均値 | 標準偏差 |
|---------|----------|-------|
| 熱伝導率 | 2.89 | 0.365 |
| 比熱 | 1.148 | 0.025 |
| 外気温 | 23.52 | 1.20 |
| 打込み温度 | 27.09 | 1.57 |
| 断熱温度上昇式 | Qmax | 48.18 |
| | α | 1.028 |
| 圧縮強度 | 41.41 | 3.09 |
| 弾性係数の係数 | 5252 | 323 |
| 引張強度の係数 | 0.298 | 0.028 |
| 熱膨張係数 | 10.06 | 1.012 |

2.3 対象構造物および解析モデル

構造物は、国土交通省の函渠の設計標準を参考とした底版厚 800mm、壁厚 800mm、頂版厚 700mm のボックスカルバートであり長手方向 30m を解析対象とした。長手方向の鉄筋比は 0.13% である。解析モデルは構造物の対称性を考慮して長さ 15m を四分の一モデルとした。解析モデルを図.1 に示す。

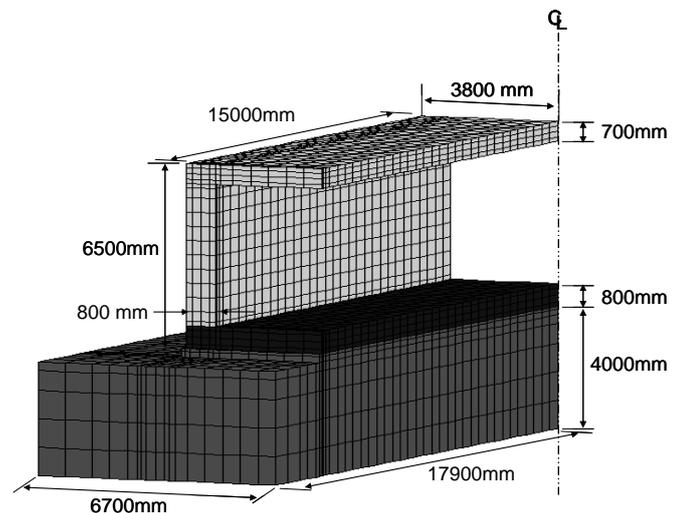


図.1解析モデル

鉄筋の本数は 22 本、鉄筋間隔は 350~500mm とする。また、ひび割れ誘発目地部にはボンドリンク要素を挿入し、引張強度を超えたときボンドリンク要素を切り離すことでひび割れの挙動を表した。

キーワード ひび割れ幅、ひび割れ指数、ボックスカルバート、ASTEA MACS、乾燥収縮、回帰直線

連絡先 〒985-8537 多賀城市中央一丁目 13-1 電話番号 022-368-1189 FAX022-368-7070

2.4 乾燥収縮の影響

土木学会コンクリート標準示方書¹⁾より乾燥収縮ひずみは、以下の式にて計算した。

$$\varepsilon'_{cs}(t, t_0) = [1 - \exp\{-0.108(t - t_0)^{0.56}\}] * \varepsilon'_{sh} \cdot \cdot (1)$$

ここに、

$$\varepsilon'_{sh} = -50 + 78[1 - \exp(RH/100)] + 38 \log_e W - 5[\log_e(V/S/10)]^2 \cdot \cdot \cdot (2)$$

ε'_{sh} : 収縮ひずみの最終値($\times 10^{-5}$)

$\varepsilon'_{cs}(t, t_0)$: コンクリートの材齢 t_0 から t までの収縮ひずみ($\times 10^{-5}$)

RH : 相対湿度(%)

W : 単位水量(kg/m^3)

V : 体積(mm^3)

S : 外気に接する表面積(mm^2)

V/S : 体積表面積比(mm)

t および t_0 : 乾燥開始時及び乾燥中のコンクリートの有効材齢(日)であり、式(3)により補正した値を用いる。

乾燥収縮ひずみは図.1 に示すモデルの壁と頂版に作用させた。相対湿度は年平均湿度とし、理科年表より仙台と東京をそれぞれ RH=71%、62%とした。単位水量 $W=170(\text{kg}/\text{m}^3)$ とし、体積表面積比 $V/S=300(\text{mm})$ とした。

3. 解析結果の着目点

ひび割れが発生しないとした解析においてひび割れ指数が最小となる地点は、壁体中央断面、高さ方向は底版との打継ぎ面から 750mm の上方の壁中心部で、そこを解析結果の着目点とした。またひび割れ幅が最大となるのは、誘発目地部のひび割れ部で高さ方向は底版との打継ぎ面から 1500mm の上方であり、その箇所におけるコンクリート表面部を着目点とした。

4. 結果

(1) 本解析の結果、仙台の場合についてひび割れ指数を 0.1 上げることにより、5 月施工ではひび割れ幅を 0.04mm 小さくすることができ、9 月施工ではひび割れ指数を 0.1 上げることによりひび割れ幅を 0.05mm 小さくすることができる。東京の場合については 5 月施工の場合 0.05mm、9 月施工の場合、0.06mm 小さくすることができるといえる。図.2~5 に仙台、東京、5 月打設、9 月打設についてまとめたグラフをそれぞれ示す。

(2) 解析対象の仙台の 5 月、9 月、東京の 5 月、9 月

施工のひび割れ指数とひび割れ幅の関係をもとに作成した 4 つの回帰直線を平均して考えると、軸方向鉄筋が 0.13% の場合で、例えばひび割れ幅を 0.6mm に抑えたい場合は、ひび割れ指数を 0.76 にするとよいといえる。

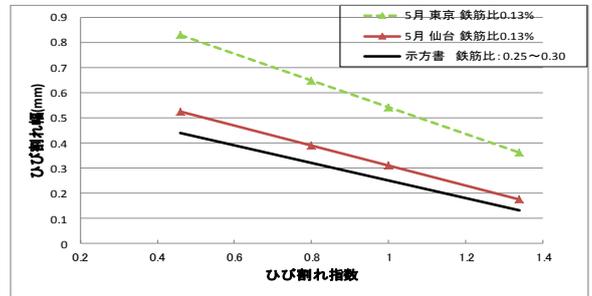


図.2 仙台打設

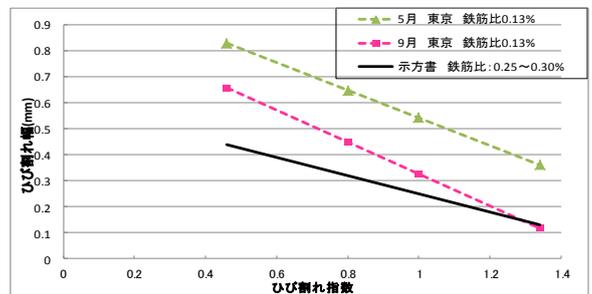


図.3 東京打設

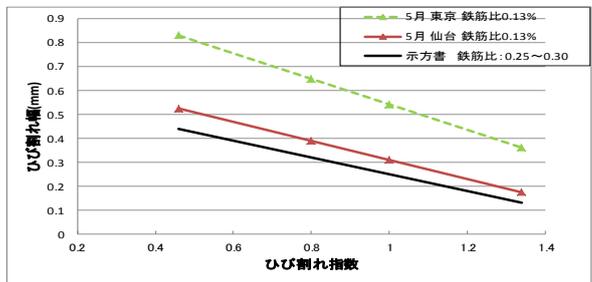


図.4 5月打設まとめ

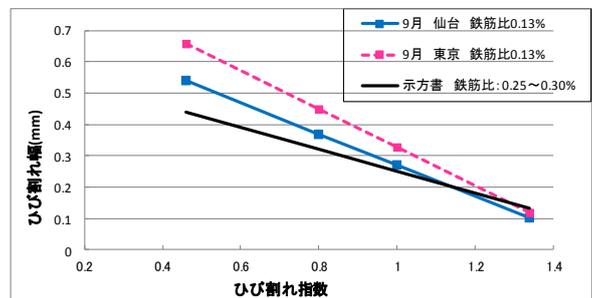


図.5 9月打設まとめ

参考文献

1) 土木学会：コンクリート標準示方書[設計編：本編]：2007年制定 p. 46, 47