

V-161

乾燥収縮応力場がモルタルの曲げ破壊に及ぼす影響

広島大学 正会員 宮沢伸吾

" " 田澤栄一

" " 重川幸司

榎大林組 柏木 勉

1. まえがき

自己応力を生じたコンクリートの破壊条件は、外力による応力と自己応力の単純な重ね合せから求まる最大応力が強度であるとして求められてきたが、乾燥収縮応力や温度応力と外力の重ね合せの実験結果などから、この方法は再検討する必要があることが明らかとなった。本研究では局部的に乾燥を受けるモルタル供試体について、乾燥部分の面積を変化させることによって断面内の自己応力分布形状を変化させ、外力系から生じる曲げ応力との重ね合わせ効果を検討し、自己応力の作用範囲と曲げ強度の関係を証査した。

2. 実験概要

セメントには早強ポルトランドセメントを使用しモルタルの配合は $W/C=0.50$, $S/C=2.5$ とした。材令7日における割裂引張強度は 27.2 kgf/cm^2 、また静弾性係数は $2.4 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ である。

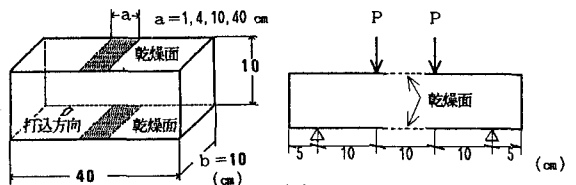


図-1 曲げ強度試験用供試体

図-2 曲げ強度試験方法

図-1は曲げ強度試験用供試体を示したものである。相対する二面に乾燥部分を設け、乾燥幅 a を1, 4, 10, 40 cmと変化させた。供試体は材令7日まで 20°C で水中養生し、その後 20°C , 50% R.H.の恒温恒湿室に静置した。乾燥面以外はエポキシ樹脂系接着剤等でコーティングした。所定の乾燥期間を経た後、図-2に示すように、乾燥面を上・下縁として曲げ強度試験を行なった。

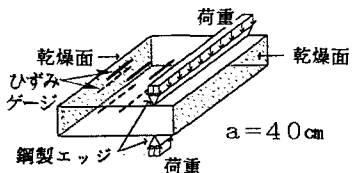


図-3 供試体の切断方法

自己応力は供試体断面内で釣合っているため、供試体の一部を切断すると、新たな釣合い条件を満足すべく弾性変形を生じる。この変形量の測定から自己応力分布を求める方法、すなわち除去法により二面から乾燥を受けるモルタル（乾燥幅 $a=40 \text{ cm}$ ）の自己応力の測定を行なった。図-3に示したように供試体を、乾燥面と平行な面で切断し、軸方向ひずみ分布の切断前後の変化量を電気抵抗線ひずみゲージにより測定した。切断を容易にするために供試体の幅を4 cmとした。

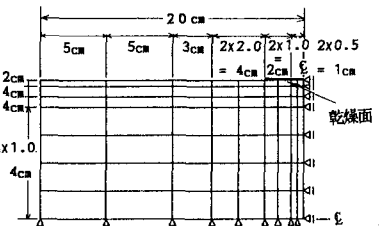


図-4 FEM解析モデル

3. FEMによる水分分布および応力解析

乾燥に伴うモルタル中の水分の移動が拡散方程式に従うと仮定し、FEMによる二次元非線形非定常解析から水分分布を求めた。さらにFEMによる自己応力の二次元弾性解析を行ない、除去法による実測値と比較した。解析モデルは図-4に示すと(単位: cm^2/day)うりである。拡散係数は図-5に示すように、表面係数は 0.2 cm/day 、最終脱水率は6.2%と定めた。モルタルのクリープは有効弾性係数により考慮し、非拘束自由収縮ひずみは脱水率に比例すると仮定し乾燥幅 $a=40 \text{ cm}$ の場合について自己応力の解析値と除去法

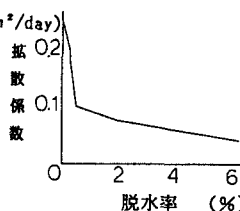


図-5 脱水率と拡散係数の関係

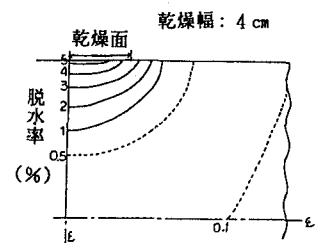


図-6 脱水率分布

(FEM, 乾燥期間: 28日)

による実測値がほぼ一致するように定めた。解析から求められた含水率分布の一例を図-6に示す。

4. 結果および考察

乾燥幅 $a = 40 \text{ cm}$ の場合について、自己応力の測定を除去法により行なった。図-7は供試体の切断により生じるひずみ分布の測定値を、図-8は応力分布を二次曲線で近似し測定結果から算出した自己応力分布を示したものであるが、求めた応力分布はFEM解析値とほぼ一致している。図-9は、部分乾燥を受けるモルタルの乾燥面中央における断面内の自己応力分布を示したものである。乾燥面における引張の自己応力の最大値は、図-10にも示すように乾燥幅には大きな影響は受けにくいようである。しかし、乾燥幅が小さい程乾燥面から内部に向かって引張応力の減少の程度が大きく（図-9）、引張応力の作用する領域は小さくなる傾向が認められる。

図-11は、部分乾燥を受けるモルタルの曲げ強度の測定結果を示したものである。曲げ強度は乾燥幅（ a ）によって変化し、 a が大きい程曲げ強度の低下率は小さくなった。図-12は、FEM解析より求めた乾燥面における引張の自己応力と曲げ強度試験値の低下率との関係を示したものである。乾燥面に生じている引張の自己応力の大きさが同じでも曲げ強度の低下率は乾燥幅により大幅に異なっている。

図-13は、自己応力の作用範囲を考慮するためのひとつの方法として、自己応力（FEM解析値）が引張応力である領域の断面積を自己応力に乗じて求めた引張力と曲げ強度の低下率の関係を示したものである。両者の関係は乾燥幅すなわち自己応力の分布形状に大きな影響を受けず、比較的よい相関を示している。以上のことから、乾燥による自己応力を受ける場合においても、曲げ破壊条件は自己応力と外力による応力の単純な重ね合せによる最大応力では決定されず、自己応力の分布形状をも考慮して決定される必要があると考えられる。

なお本研究の一部は日本スパンクリート協会研究助成金により行なわれたことを記し、感謝の意を表する。

<参考文献>

- 1) 田澤栄一他：乾燥を受ける無筋コンクリートの自己応力について、コンクリート工学年次講演会論文集，1988
- 2) 桑原隆司他：マスコンクリートの温度ひびわれ発生の危険性評価に関する研究，清水建設研究報告No. 16, 1986

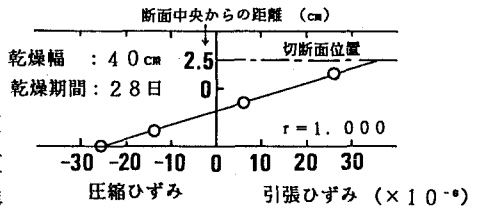


図-7 供試体切断により生じるひずみ

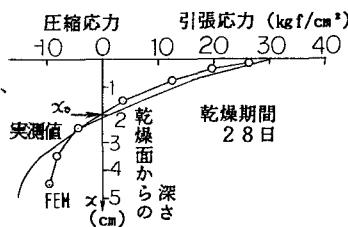


図-8 自己応力の断面内分布

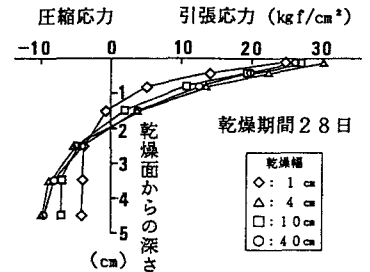


図-9 自己応力の断面内分布 (FEM)

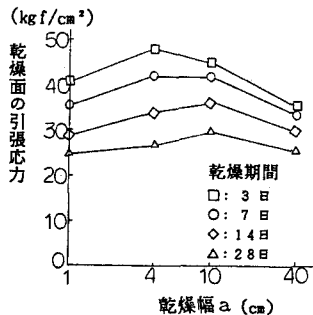


図-10 乾燥面における自己応力

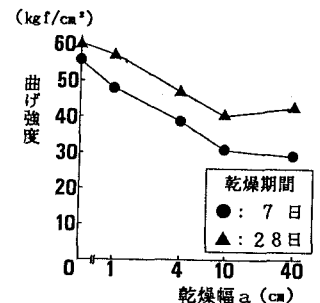


図-11 乾燥幅と曲げ強度の関係

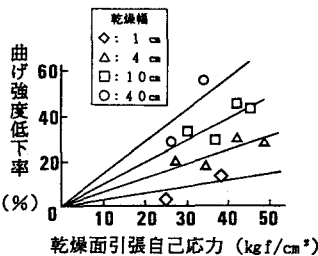


図-12 乾燥面自己応力と曲げ強度低下率の関係

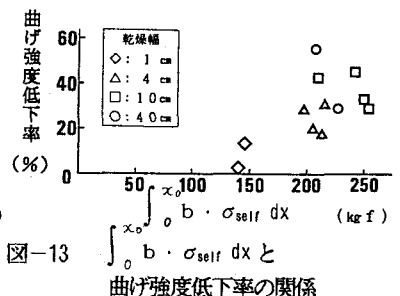


図-13 乾燥幅と曲げ強度低下率の関係