

電力中央研究所 正員 ○山川秀次
電力中央研究所 正員 田辺忠顕
電力中央研究所 正員 阿部博俊

1. まえがき

A大カ発電所本館のラフト型基礎は、20 m厚さの砂地盤上に直接設置された幅：約60 m、長さ：約80 mの鉄筋コンクリート製ボックスラフトであり、施工時も含めた長期的な熱荷重に対する挙動を明らかにするために、温度、応力、土圧等の実測を約1年半にわたり行なった。本報告は、それらの実測結果と温度境界条件および力学的境界条件を変化させた有限要素法による数値実験結果とを比較し、この種の平面的に広がった構造物の長期的温度荷重の変化に伴う実挙動の一端を明らかにしたものである。

2. 解析手法

有限要素法による二次元非定常熱伝導解析ならびに温度応力解析には、シンプレックス三角形要素を用い、外気温の年変化の影響のみを考慮した。また、解析の対象とした区域は、図-1に示す短手方向断面の中央部（全体の約1/3）で、数値実験に用いた砂地盤およびコンクリートの諸定数を表-1に示す。

表-1 解析に用いた諸定数

項目	砂地盤	コンクリート
熱膨張係数 ($\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)	10.0	10.0
熱伝導率 ($\text{Kcal}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$)	1.0	2.0
熱伝達率 ($\text{Kcal}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)	10.0	10.0
熱膨張係数 (m/m)	0.00155	0.00290
比熱 ($\text{Kcal}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$)	0.38	0.30
密度 (kg/m^3)	1700	2300
ヤング率 (kg/cm^2)	430	235000
ポアソン比	0.38	0.17

3. 実測結果および数値実験結果の考察

1) 温度分布 実測した温度分布を検討した結果、コンクリートの初期水和発熱過程の影響は3ヶ月程度と考えられているが

マットコンクリート下部ではコン

クリートの熱伝導の悪さのため、1年後も未だ定常

状態になっていないことが明らかとなった。

温度分布を解析的に求める場合に固定温度境界の位置をどこにすべきかが重要な問題となる。各種の数値実験の結果より、砂地盤の熱伝導率がコンクリートと同程度あるいはそれ以下の場合には、マットコンクリートと砂地盤との境界面より4~5 m深い位置を固定温度境界とすれば、マット躯体の温度変化に対する固定温度境界の影響は無視しうるようになり、解析上の境界面をそれ以下にとれば良いことが明らかとなった。この境界条件を用いて行なった図-2に示す数値実験結果と実測データは、コンクリートの水和熱の影響がなくなるに従って良好に一致する傾向が認められる。

2) 基礎側面における地盤の拘束 鉄筋計の実測データより外気温の年変化に伴いマットコンクリートは夏季には上部表面に圧縮応力、下部に引張り応力が生じる曲げ変形を生じ、冬季には夏季と正反対の曲げ変形を生じていることが実測値からも明らかとなったが、この種の変形に対し応力解析上問題となる力学的境界位置を

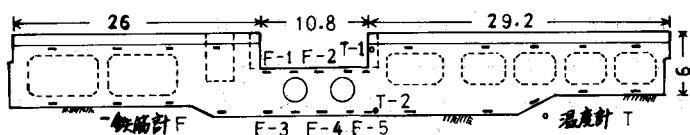


図-1 短手方向断面における計測器埋設位置

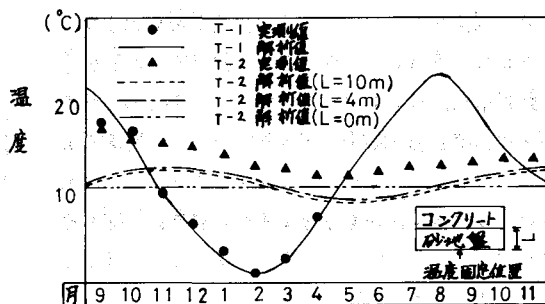


図-2 温度の経年変化

2) 基礎側面における地盤の拘束

鉄筋計の実測データより外気温の年変化に伴いマットコンクリートは夏季には上部表面に圧縮応力、下部に引張り応力が生じる曲げ変形を生じ、冬季には夏季と正反対の曲げ変形を生じていることが実測値からも明らかとなったが、この種の変形に対し応力解析上問題となる力学的境界位置を

どこにとりかえを検討するために、変位拘束条件の異なる各種の数値実験を行なった結果、マットコンクリート側面の砂地盤からの拘束はほとんどないことが明らかとなった。(図-3参照)

3) 基礎底面における地盤の拘束

マットコンクリートの熱変形に対するマット底面での砂地盤の拘束力については、既往の実験結果も皆無に近く、また、現象的にも不明であったが、長手方向断面に埋設された土圧の実測値より、夏季および冬季で周期的土圧分布変化を生じることが判明し、その変化の傾向は、マットの熱変形の傾向と一致していることが明らかとなった。(図-5参照)

また、その土圧変化量は、長手方向断面端部ならびに中央部の実測値でそれぞれ 6.8 t/m^2 および 3.5 t/m^2 であり、図-6に示すマットの熱変形を考慮した反力土圧分布の計算値の 8.8 t/m^2 および 4.4 t/m^2 とほぼ一致していた。これらは、従来不明であった地盤のマット底面での拘束効果の一部が、熱変形を打消すマット躯体自身の自重作用によるものであったことを示しており、砂地盤においてはこの種の影響が特に顕著であるように考えられる。

4) 温度応力 2)で述べた温度勾配により生じる自重を考慮しない曲げ応力の絶対的な年変化量の計算値は、マットコンクリート上部表面および下部でそれぞれ 15 kg/cm^2 および 6 kg/cm^2 であり、実測値の 35 kg/cm^2 および 15 kg/cm^2 と比較して半分以下であるが、3)で述べた地盤反力を考慮し自重の影響を含めた計算をすると図-3ならびに図-4に示すように実測値とほぼ一致する。

4. まとめ

これらの結果から、マットコンクリートの熱応力の発生機構として以下のことが明らかとなった。すなわち、マットコンクリートは躯体内の温度分布に従って自由に變形しようとするが、自重がこれを相殺する作用を有しており、その程度は地盤の反力分布、つまり、地盤の變形性状に大きく依存する。これについては、今後地盤反力の非線形性を考慮した解析で更に明確になると考えられるので、地盤の非線形特性を含めた計算手法を確立したいと考えている。

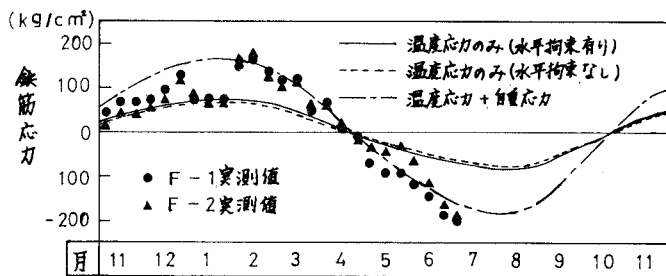


図-3 マットコンクリート上部表面応力の経年変化

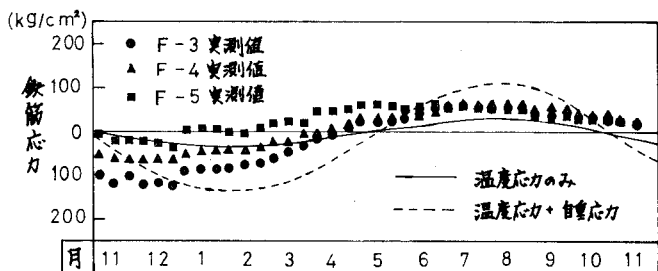


図-4 マットコンクリート下部応力の経年変化

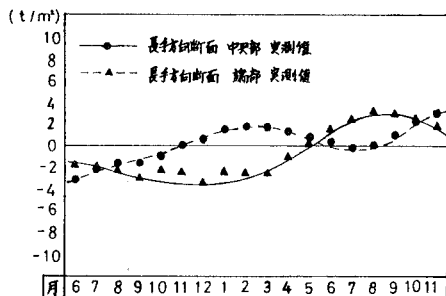


図-5 土圧の経年変化

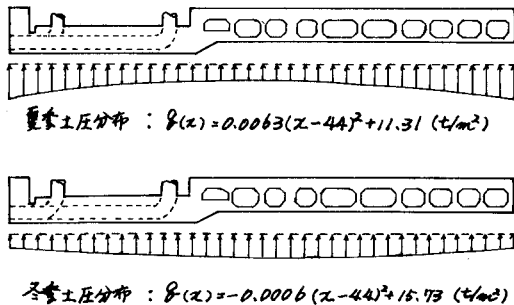


図-6 長手方向断面の地盤反力分布