

膨張性介在物を有するコンクリートの耐荷力解析

金沢大学大学院

金沢大学工学部

金沢大学工学部

○ 小 森 裕 幸

梶 川 康 男

吉 田 博

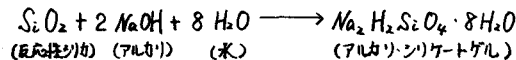
1. まえがき

コンクリート構造物の劣化、損傷を支配する要因には、材料特性、施工方法、使用環境条件、及び荷重条件等が挙げられる。材料特性によるものとしては、温度応力、乾燥収縮、膨張性介在物の化学反応などがある。本文では、膨張性介在物の化学反応による膨張によってコンクリートの力学的特性が、いかに影響されるかについて、有限要素法により解析を行った。

2. 膨張反応の機構

膨張性介在物の化学反応によるコンクリート中の膨張機構については、1944年に HANSEN が、浸透圧理論を用いて説明している。

膨張性介在物である骨材中の反応性シリカは、モルタル中のアルカリと次のような反応を起こす。²⁾



この反応により、反応マトリックスが作られる。生成されたゲルは、水に溶けやすくコンクリートの吸水によって、 Na^+ と $\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$ に分離する。しかし、生成されたゲルは再重合しやすいため、セメントマースト内を浸透していくことはできない。一方、外部から吸水によって供給される水は、セメントマースト内を拡散、移動することができるので、セメントマーストが一種の半透膜となって、反応生成物は、膨張していくものと考えられる。

3. 解析方法と解析モデル

有限要素解析では、初期応力、初期ひずみを等価節点力により置き換えることで表現することができ、この点を利用し、膨張性介在物を有するコンクリートの理想化として骨材-モルタル平面要素を用い、膨張性介在物を有するコンクリートがいかに挙動するのかを、弾塑性解析により求めた。

3-1) 膨張力の力学的モデル化

膨張反応の機構により、ここでは、膨張要素に仮想のひずみを与え、そのひずみに対する等価節点力として膨張圧をモデル化した。膨張は、体積変化であるからせん断ひずみの変化は存在しない。従って、仮想のひずみは、次のように表わされる。

$$\{d\epsilon\} = \begin{Bmatrix} d\epsilon_x \\ d\epsilon_y \\ d\epsilon_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} d\epsilon_v \\ d\epsilon_v \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

この仮想ひずみに対する等価節点力 $\{dF\}$ は、次式となる。

$$\{dF\} = \int_{vol} [B]^T [D] \{d\epsilon\} dV \quad (2)$$

増分形の式で表わしたのは、等価節点力を与えることで、他の要素が降伏することがあるためであ

る。このようにモデル化を行ったが、実際の反応による膨張は体積膨張と果なり、みかけ上の膨張ひずみは、存在しない。

3-(2) 解析モデル

図-1に示すような、 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ の2次元平面要素で、その中に1個の骨材が存在すると想定した。解析は、外周部を拘束せず、①骨材周辺のマトリックス要素が膨張する。②骨材自体が膨張する。の2通りについて考え、コンクリート内の応力解析、及び一軸載荷解析を行った。

なお、反応性骨材や反応マトリックスの材料定数については、まだはっきりしていない点が多いので、今回は、骨材、反応マトリックス、マトリックスの弾性係数を $3.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比を0.17と仮定した場合を基準としたが、膨張によるコンクリート内の応力解析については、弾性係数の差異による、変形や応力の影響を知らうため、弾性係数の比を変化させた。また、ひずみひずみ量は、コンクリート内の応力解析については、 100μ 、一軸載荷解析については、 100μ 、 200μ 、 300μ である。

4. 解析結果

図-2には、反応マトリックスが膨張するときのコンクリート内の最大主応力分布を示した。これらの主応力値は、 $E_R = E_M$ のときの図中A点に生ずる最大主応力 σ_A との比(σ/σ_A)である。骨材、マトリックスの両方に引張応力が発生しており、マトリックスに発生する引張応力は、骨材とマトリックスの弾性係数が等しい場合の方が、骨材の弾性係数を高めた場合よりも大きくなってゐる。また、膨張要素周辺の要素に大きな引張応力が生じており、膨張量が増えるとその部分から破壊することになる。

図-3は、一軸載荷による結果である。ひずみひずみ量とともに解析強度は低下しており、ひずみ量 0μ (膨張ひずみを与えず)と比べると、ひずみ量 100μ では、8%、ひずみ量 200μ では、19%、ひずみ量 300μ では、34%の強度の低下となった。

最後に、今回の解析は、単純なモデル化により行ったが、今後は、骨材とモルタルの界面についての取り扱いや、膨張が進むにつれて剛性が低下することを考慮する必要があらと思われる。

参考文献

- 1) HANSEN, W.C.; ACI Journal, Proc., 40, 213~227 (1944)
- 2) セメント協会; アルカリ骨材反応に関する文献調査, 40~56, (1984)

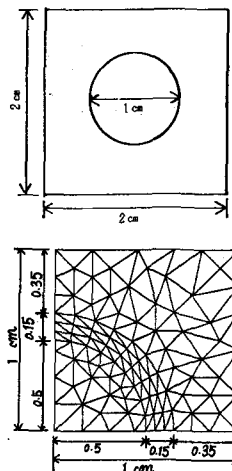


図-1 解析対象モデルと要素分割

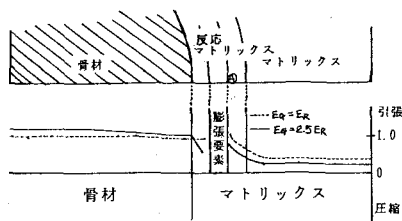


図-2 主応力の分布図

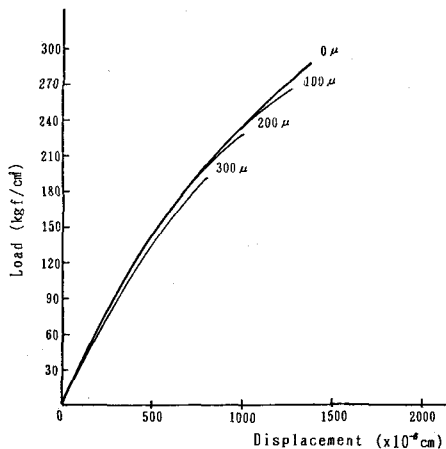


図-3 荷重-変位曲線