

V-216

既設構造物に生じている応力の推定手法

フジタ技術研究所 正員 神田 亨
東京工業大学 学員 樋口嘉剛

1.はじめに

損傷を受けたコンクリート構造物の診断では、通常は強度の推定が行われるのみであり、その構造物に実際に生じている応力について検討されることはほとんどない。そもそも構造物が安全かどうかの判定に当たっては、コンクリートの強度がその構造物に発生している応力より十分大きいことを確認する必要がある。実際の構造物では設計通りの応力が生じているとは限らない。例えば、土圧を受ける構造物では土圧自体の予測が難しく設計通りの土圧が作用していることの方が稀であろう。その他、不同沈下、水和熱、乾燥収縮、アルカリ骨材反応等に起因する応力など予想外の力が働いている可能性が高い。また震災後の構造物などでは予期せぬ応力が残存していることも考えられる。こうした構造物内部に実際に発生している応力の値が分らなければ本当に安全かどうかの判断は下すことはできず、現状では構造物の健全度の判定は不完全なものであると言える。本研究の目的は、コンクリート構造物の応力を現場で簡便に推定できる手法を提供することにある。

2.推定手法

この手法は、鋼材や岩石などの分野で実績のある応力解放法をコンクリート用に修正したものである。図1, 2に示すように応力の作用しているコンクリートの表面に歪ゲージを貼付し、その後ゲージの周囲を切欠き応力を解放したときの歪の変化量から応力の値を推定するものである。応力の算定には弾性係数の値が必要になるが、診断に当たっては強度の推定は必ず行われるので、強度や超音波伝播速等の値から弾性係数を推定することになる。このとき、応力を十分解放するには切欠き深さを大きくとる必要がある。岩石で用いられるオーバーコアリング法などの場合には、切欠き深さに制限がないためいくらでも深く切欠くことができる。しかしながらRC構造物の場合には鉄筋を損傷しないよう切欠き深さは図4に示すように、かぶりの範囲内に抑える必要がある。

3.数値解析

図3に示すようにゲージ長に若干の余裕を見た測定幅 L と切欠き深さ D との比をパラメーターに平面歪条件でFEM解析を行った。コンクリートは通常圧縮応力を負担するので一様な圧縮が作用している条件下で切欠き深さ D を大きくしていくと、図5に示すようにゲージを貼付する表面部分には徐々に引張成分が出てくることが分る。ゲージ位置に相当する区間の歪の変化を初期歪に対する比でプロットしたのが図6である。横軸は D/L である。 D/L が大きくなるにつれ相対歪は減少していき、 $D/L=0.3$ の付近で0となり歪がほぼ完全に解放されることが分る。 0.3 を過ぎると極性が反転し、さらに D/L が大きくなると再び0に漸近していく。即ち、切欠き深さ D をむやみに大きくとらなくても歪がほぼ完全に解放される最適の D が存在することになる。歪ゲージ長は粗骨材最大寸法以上は必要であり L は通常50mm以上の値となるが $D/L=0.3$ より D は15mm程度となり、かぶりの範囲内に収まる。

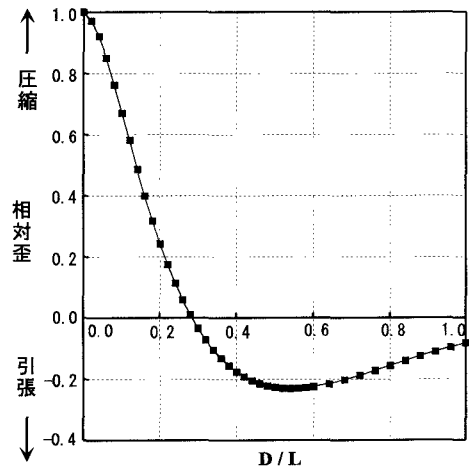
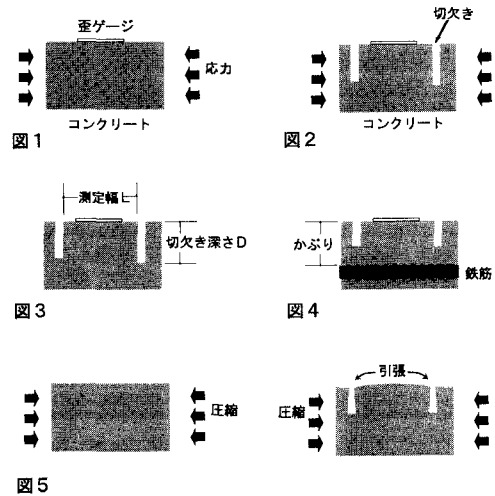


図6. 2次元解析の結果

切欠きの平面的な形状は図7に示すようにボーリングマシン等で円形に切欠く方が数値解析的には軸対称となり簡単であるが、装置が大掛かりとなりゲージの配線の養生も大変で実用性に難がある。ここでは図8のごとく矩形に切欠く方法を採用した。こうすればゲージの配線をかわしながら小型のコンクリートカッター等の安価な機器で切削でき、切欠き深さの管理も容易である。3次元のFEM解析により、2次元の場合と等しい結果が得られることを確認している。

4. 確認実験

15×15×30cmの角柱試験体を用いて数値解析の結果を検証した。配合は W/C=54%, s/a=45%のコンクリートと W/C=54%, S/C=3のモルタルとした。物性値を表1に示す。試験体端部はテフロンにより拘束を切り、一軸圧縮状態となるようにして剛性試験機を用い荷重制御で載荷した。ゲージは縦、横、45°方向の3枚を貼り付け、導入する応力の値は 150Kg/cm²とし切欠き深さを徐々に深くしていきながら歪を測定した。ゲージはベース長 43mmのものを使用したためLは50mmとした。試験状況を写真1に示す。

図9は実験結果を縦歪に関してプロットしたものである。コンクリート、モルタルとも解析結果とよく一致しており粗骨材の影響は無視して良いようである。

ところで、試験体には内外の湿度勾配に伴う乾燥収縮応力が発生している。この実験では荷重をかけない状態で歪を計ることで乾燥収縮によってもたらされた応力だけを分離することができる。乾燥収縮応力に相当する解放歪は40~70μ程度あり、縦歪に関しては絶対値が大きいため特に影響はないが横歪に関してはこれを補正する必要があった。この補正を行ったところ横歪や45°方向の歪に関しても縦歪と同様の結果が得られ、矩形の切欠きによっても応力の方向によらず確実に解放歪を測定できることが実験からも確認された。

応力の推定を行った結果、8%程度の誤差が生じたが、これは試験体の端面の平行の精度が悪く偏心が作用したものと考えられ、実際の測定精度はさらに高いと考えている。もちろんこの実験では弾性係数に実測値を使用しており、現場計測で弾性係数に推定値を用いた場合には全体の測定精度は弾性係数の精度に左右されてしまうことになる。しかしながらその場合でもトータルの誤差は 10~20% 程度に収まると考えられ、この手法の価値を損なうものではないと思われる。

5. おわりに

既設構造物の応力を簡便で精度よく推定できる手法を提案した。この方法は単に診断補修のみならず、設計に対しても有益なデータを提供できるものと考えている。なお本研究は東工大創造プロジェクトの一環として行われたものであり、御指導いただいた関係者各位に深甚の謝意を表する次第である。



図7. 円形の切欠き

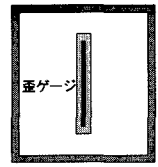


図8. 矩形の切欠き

表1. 物性値一覧

	コンクリート	モルタル
圧縮強度 (Kg/cm ²)	533	515
弾性係数 (Kg/cm ²)	312100	233800
ポアソン比	0.156	0.198

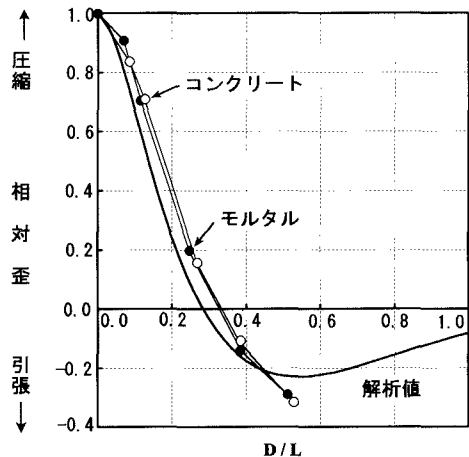


図9. 解析と実測の比較

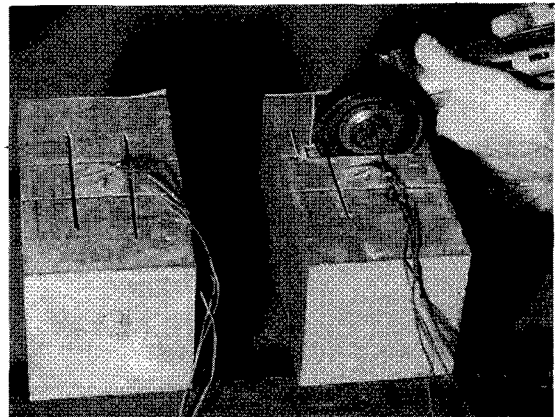


写真1. カッターを用いた切欠き作業