

1. 緒言

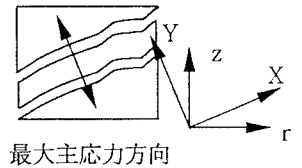
近年、接着系あとアンカーを既存鉄筋コンクリート建造物の耐震補強等の動的な荷重が作用する箇所にも使用する機会が増えつつあるが、その動的耐力特性についてはほとんど検討がなされていない。そこで、本研究では接着系あと施工アンカーの動的引抜き破壊特性を明らかにするために、有限要素法による静的および動的応答解析を行い、引抜き荷重の速度が破壊メカニズムに与える影響に関して基礎的な考察を試みた。

2. 解析手法の概要

2.1 静的解析手法

本研究では、コンクリートのひび割れの進展を解析的に考慮するために、ひび割れを生じた要素を直交異方性体としてモデル化した簡易手法¹⁾を用いた。すなわち、ボルトの引抜き現象を軸対称問題とみなしたうえで、図-1に示すように、ひび割れが要素の最大主応力に対して直交方向に発生するものと仮定し、ひび割れを生じた要素には、ひび割れ直交方向に対して次式で表される応力-ひずみ関係式を適用した。

$$\begin{Bmatrix} d\sigma_x \\ d\sigma_y \\ d\sigma_\theta \\ d\sigma_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} (1-\nu) & \nu \cdot n & \nu & 0 \\ \nu \cdot n & (1-\nu) \cdot n & \nu & 0 \\ \nu & \nu & (1-\nu) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{(1-2\nu) \cdot \beta}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d\epsilon_x \\ d\epsilon_y \\ d\epsilon_\theta \\ d\epsilon_{xy} \end{Bmatrix} \quad (1)$$



ここに、 n ($=0.001$ とした): ひび割れ直交方向の弾性係数低減率、

図-1 ひび割れ要素

β ($=0.25$ とした): ひび割れによるせん断剛性低減率。

本解析では、外荷重に対する各要素の最大引張主応力を求め、コンクリートの引張強度に対する比が最小なものを次に破壊する要素とみなしながら繰り返し計算を行い、毎回1つずつ要素を破壊させながらひび割れの進展を求めていった。ただし、ある要素が破壊するとそれまで保持していた引張応力が解放されることにより別の要素を連鎖的に破壊させる可能性があり、そのプロセスを考慮しない場合には最終的な解析結果が全く現実とは異なる破壊パターンとなる危険性がある。そこで、ここでは1つの要素が破壊する毎に解放応力を等価な節点荷重に置換し、その荷重に対する収束計算を終えた後に次の荷重増分に対する解析を行うこととした。

2.2 動的応答解析の概要

アンカーの動的引抜き破壊に対しては、静的解析同様に軸対称モデルとして定式化した運動方程式を線形加速度法による時間積分を行うことにより解析した。初期条件は、ボルトの上端に解析対象としたアンカーの動的引抜き実験における引抜き速度と同様の値を与えた。なお、動的解析では時間間隔が非常に小さく、1間隔内で複数の要素が同時に破壊す

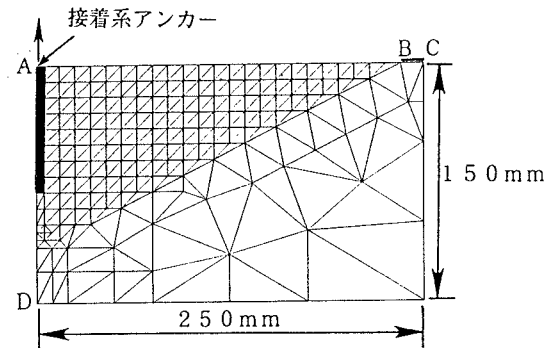


図-2 解析モデル

キーワード: 接着系アンカー、引張ひび割れ要素、動的応答解析

連絡先 (〒239) 横須賀市走水 1-10-20 TEL 0468-41-3810 Fax 0468-44-5913

ることは考えにくいことから、静的解析で行なったような厳密な破壊判定と解放応力の処理は省略した。すなわち、各要素の最大引張主応力がコンクリートの引張強度に達した時点でひび割れが生じたものとみなし、解放応力も等価な節点荷重に換算した上で次のステップの外力ベクトルに付加することとした。

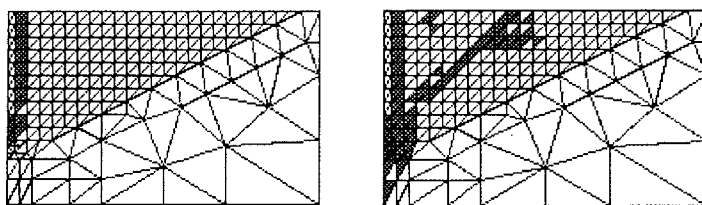
3. 数値計算結果および考察

3.1 解析モデル

解析モデルは、図-2に示すようなボルト中心を対称軸として、幅 250mm×高さ 150mm の試験体を三角形1次要素でメッシュ分割したものをを用いた。境界条件は、AD 面を半径方向に拘束、BC 辺を鉛直方向に拘束し、最上部アンカー要素の上端2節点に荷重（動的解析では初速度）を与えた。なお、樹脂接着剤の力の伝達機構が明らかでない現時点では、アンカーとコンクリートの間の付着特性は完全接合状態（変位は連続性を有する）を仮定し、コンクリート内部の破壊のみを対象に検討した。なお、解析に用いるコンクリートの引張強度の決定には、テストピースの割裂試験データを用いた。

3.2 静的解析結果および考察

図-3は、静的引抜き荷重に対する破壊状況を解析によりシミュレートしたものである。図中の灰色の部分には引張ひび割れを生じた要素である。ひび割れ進展初期においては、アンカー近傍のコンクリート要素が上端からアンカー底部まで引張破壊



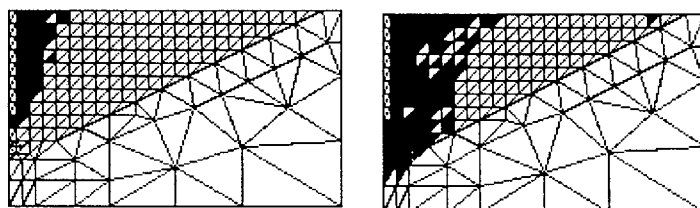
(a) 初期の破壊形態 (b) コーン面形成時の破壊形態

図-3 静的引抜き荷重に対する破壊状況

を起こし、その後にアンカー底部を基点にしてほぼ 45 度の角度を維持しながら試験体上面方向へひび割れが進展した。この種の破壊状況は実際の実験においてもしばしば見られることから、本解析手法により、ボルトの引抜きによるコーン破壊形態を概ね再現できることが確認できた。

3.3 動的応答解析結果および考察

図-4は、アンカーボルトの上端に 1m/s の引抜き速度を与えたときの動的破壊状況を示したもので、図中の黒色の部分は引張ひび割れを生じた要素を表している。



(a)初期の破壊形態 (b)最終的な破壊形態

図-4 動的引抜き荷重に対する破壊状況

この図より、本解析では動的な引抜き荷重を受けたときの破壊の進展状況は、静的荷重が作用するケースと全く異なる結果が得られ、ボルト定着部上端から下側に向かって破壊領域が拡大しながら引張破壊が進展していく傾向にあることが認められる。これは、動的荷重が作用した場合にはごく短時間に応力が伝達されるため、試験体全体における力のつり合いがえられる以前に載荷位置近傍から破壊が発生、進展するためであると思われる。

本結果は、動的荷重が作用するとコーン破壊領域は小さくなることを示唆しているものと思われるが、ここではボルトと試験体とを完全接合と仮定しているため、必ずしも実際の接着系アンカーの動的引抜き破壊を再現していない可能性もある。したがって、今後、実験的に接着剤の動的な応力伝達状況を明らかにしたうえで、本法を用いた検討を進める予定である。

参考文献 1)W.F.Chen：コンクリート構造物の塑性解析，pp85-96，丸善出版