

接着系あと施工アンカーの引張およびせん断特性に関する解析的研究
—その1 解析概要と1本のアンカーの引張挙動

鉄筋コンクリート 有限要素法解析 あと施工アンカー
接着系アンカー 引張 へりあき

正会員 ○阿部 潔*¹ 同 市橋 重勝*²
同 杉山 智昭*³ 同 中野 克彦*⁴
同 松崎 育弘*⁵

1. はじめに

構造物に種々の力が作用した時の応力状態を知る方法としては実験による方法と数値計算による方法が考えられる。実験は境界条件等を適切にモデル化することで、非線形となる構造物の挙動を把握することが可能となる。一方、数値計算の場合、近年のパソコンの性能向上に伴い、驚くほど短時間で数値計算が可能となってきている。また、計算結果の図形処理を行うソフトウェアの性能も向上し、構造物に生じる亀裂や破壊などを考慮した非線形数値解析手法も多く研究されている。本研究は、パソコンを使用した有限要素解析を用いて、接着系あと施工アンカーの応力状態について把握することを目的としている。ここでは、簡便な手法で抵抗状態を模擬するため、弾性の数値解析¹⁾により、定性的な挙動を把握する。

2. 有限要素法解析の概要

2.1 解析構造物の基本モデル

図1、図2に解析基本モデルの概念図と要素分割図を示す。解析のモデルは、既往実験^{2) 3)}を対象とし、コンクリート中に埋め込まれた接着系あと施工アンカーを模擬した。表1に解析要因の一覧を示す。解析は、①1本のアンカー筋に引張力が作用する場合、②複数本(2本)のアンカー筋に引張力が作用する場合、③1本のアンカー筋にせん断力が作用する場合の3ケースを実施した。

図3にアンカー筋、付着要素およびコンクリート部分の断面図を示す。アンカー筋周辺のモデル設定は、①～③のケースですべて共通としている。要素は、鉄筋要素(アンカー筋)、コンクリートおよび付着要素の3種類を設定した。鉄筋の付着挙動には、付着ばね等を用いてモデル化することが一般的であるが、ここでは、付着要素を用いることでアンカー筋とコンクリート要素間の応力伝達を模擬した。要素は、全て3次元ソリッド要素(四面体一次要素)としている。メッシュ割り要素の最大長さは、アンカー筋で3mm、付着要素で4mm、コンクリートで50mmとしている。アンカー筋の埋め込み長さ le は、 $14d$ (d :アンカー筋直径)としている。また、付着要素は、上部 $2d$ の長さを除いているが、これはアンカー筋上部の小さなコーン状破壊等で付着が喪失されることを想定している。モデルによって若干の差異はあるが、おおよそ節点数11,000、要素数60,000(アンカー筋16,000、付着要素10,000、コンクリート34,000)である。

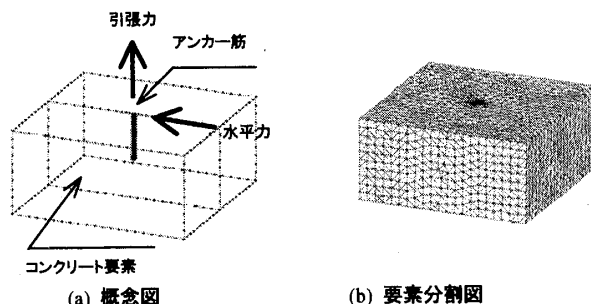


図1 解析モデル図(基本モデル)

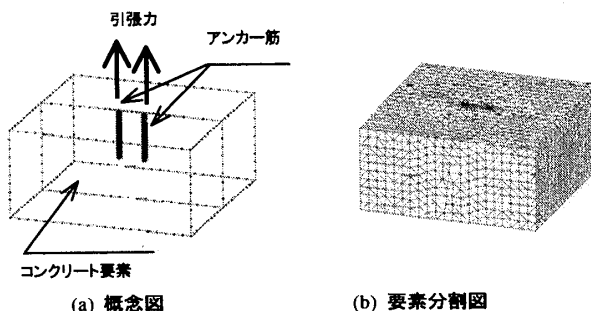


図2 解析モデル図(群体モデル)

表1 解析要因一覧

	作用力	アンカー筋	変動要因
①	引張	1本	へりあき面 (無し、1面・2面)
②		2本	アンカー筋間隔 (150、300、600)
③	せん断	1本	へりあきに対する方向 (無し、垂直、平行)

アンカー筋の埋め込み長さ le は、 $14d$ (d :アンカー筋径)

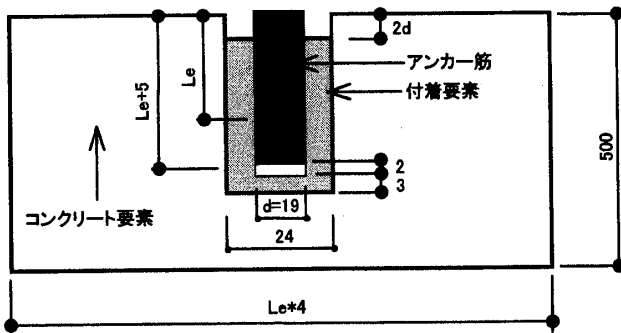


図3 アンカー筋周辺要素図 (単位 mm)

Analytical Study on Tension and Shear Behaviors of Post-Installed Adhesive Anchor
Part 1 Outline of FEM and Tension Behavior of a Post-Installed Adhesive Anchor
with Edge

ABE Kiyoshi, ICHIHASHI Shigekatu,
SUGIYAMA Tomoaki, NAKANO Katuhiko
and MATSUZAKI Yasuhiro

作用力(引張力またはせん断力)は、アンカー筋上部の節点に合計 100 kN の荷重を断面積の比率で与え、境界条件としてコンクリート底面を固定とした。

2.2 使用材料と材料定数

各要素の機械的性質はつぎのように設定した。

(1)アンカー筋(異形鉄筋: D19)

ヤング係数: $E=2.00 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比: $\nu=0.3$

(2)コンクリート

ヤング係数: $E=2.20 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比: $\nu=0.3$

(3)付着要素

付着要素の材料特性は、へりあきの無い 1 本のアンカーに対する既往の引張実験²⁾で得られた引張力 P-引抜き端変形 δ 関係と対応する様に定めた。図 4 は実験結果と解析結果の比較であり、実験の初期剛性に近い直線となる様に、付着要素のヤング係数を以下とした。

ヤング係数: $E_b=1300 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比: $\nu=0.2$

3. 1本のアンカー筋に引張力が作用する場合

3.1 解析の変動要因

解析の変動要因は、へりあきの影響を把握するため、図 5 に示すように、(a)へりあきの無い場合、(b)1 面へりあき、(c)2 面へりあきの 3 種類にとした。

3.2 解析結果

図 6 は、接着要素に隣接するコンクリート要素の軸応力度(アンカー筋軸方向)の分布であり、付着応力度に対応する応力である。解析結果は、埋め込み深さ方向にほぼ一様な分布であり、実験結果¹⁾と対応する性状である。

図 7 は図 5 における A-A 断面および B-B 断面での最大応力度の等高線を示している。へりあきがない場合は、アンカー筋の周囲に対称に応力が伝達され、上部の応力がやや大きいものの埋め込み長さ全域で応力伝達されている。そして、1 面へりあきの場合、へりあきが無い場合とほぼ同様な応力状態であるが、へりあき面の表面(B-B 断面)で応力が生じ、深さ方向に応力の発生している領域が広がっている。さらに、2 面へりあきの場合には、両方のへりあき表面に応力が生じる現象が認められる。

したがって、主としてへりあき面に応力が生じる(伝達すること)が、アンカー筋の付着抵抗に影響を及ぼし、定着耐力を低下させる要因と推測される。

4. まとめ

弾性有限要素法解析の概要およびへりあきを有する 1 本の接着系跡施工アンカーの引張挙動について示した。

参考文献はその 2 に示す

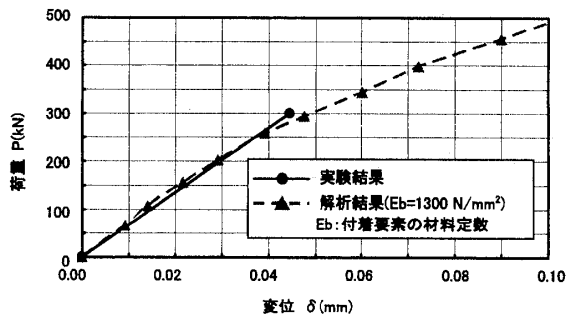


図4 P- δ 曲線(実験・解析比較)

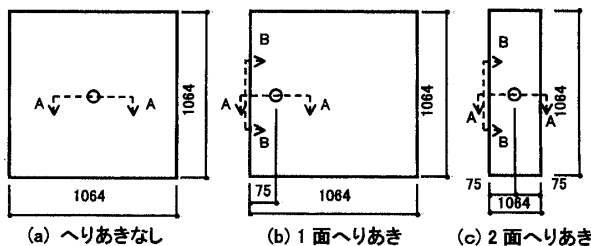


図5 単体解析要因 (単位 mm)

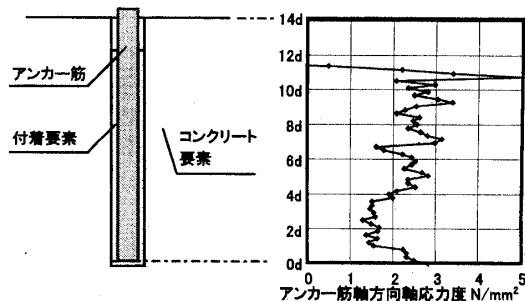


図6 アンカー筋周辺応力度分布図

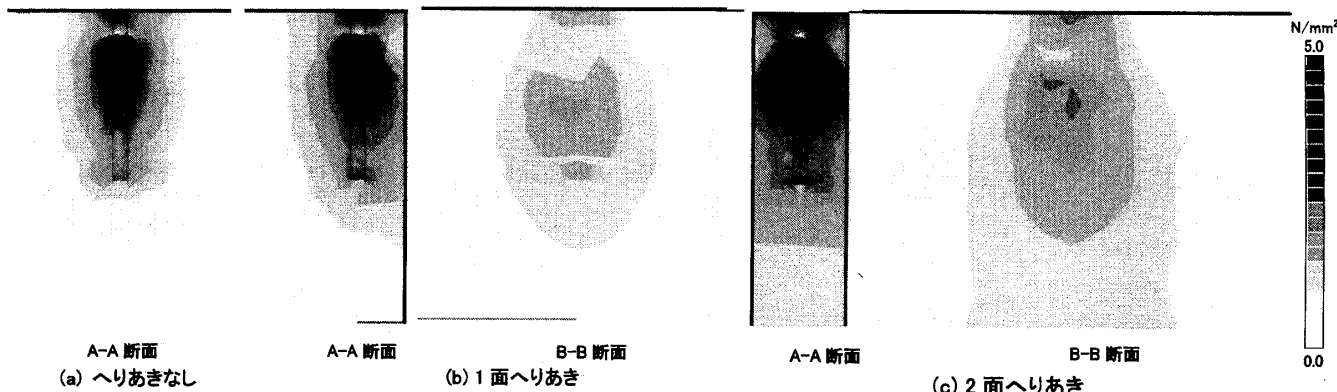


図7 最大主応力分布図

*1 (株) ソフトウェアセンター
 *2 前 日本工業大学・教授 博(工)
 *3 大成建設 (株) 技術センター 博(工)
 *4 新潟工科大学工学部建築学科・教授 博(工)
 *5 東京理科大学・名誉教授 工博

*1 Software Center
 *2 Nippon Institute of Technology, Dr.Eng
 *3 Technology Center, Taisei Corporation, Dr. Eng
 *4 Professor, Niigata Institute of Technology, Dr.Eng
 *5 Professor Emeritus, Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng