

引拔力を受ける支圧型アンカーボルトの定着部の準微視的破壊挙動解析

九州大学 学生員 吉武謙二 九州大学 正 員 彦坂 熙
九州大学 正 員 劉 玉擎 九州大学 学生員 高畑 悟

1. 序論

骨材とセメントペーストが化学的に結合した非均質な多相材料であるコンクリートは、骨材粒子レベルのメソスコピック(準微視的)な組成や構造を解明して最適化することにより優れた特性を発揮させることができ、高性能コンクリートの開発にもつながるものと期待される。

本研究では、ポロノイ分割を用いたランダム粒子-バネ系モデル¹⁾により、コンクリートに定着されたアンカーボルトの引抜試験をシミュレートし、アンカーボルトの埋め込み深さがコンクリート内のひび割れ進行ならびに破壊領域の性状に及ぼす影響について準微視的に考察した。

2. ポロノイ分割を用いたコンクリートのメソスケールシミュレーション手法

まず、粗骨材を含むコンクリートに対して、ランダム粒子の生成と配置を行う。3次元空間における供試体の形状と寸法を指定したのち、骨材粒子を完全な球で表し、球の中心座標(x,y,z)を一様乱数により与え、骨材粒子をコンピュータで一個ずつ配置する。生成した骨材分布の3次元モデルを任意の平面でスライスして2次元モデルを得る。モルタルマトリックスはポロノイ多角形に分割する。

ランダムに配置された骨材粒子要素及びモルタルマトリックス要素を剛体と仮定し、要素の境界辺に垂直バネとせん断バネからなるバネ系を設ける。コンクリートは骨材粒子(a)、モルタルマトリックス(m)及びそれらの界面(i)からなると考えて取り扱う。骨材-モルタル界面の材料特性については、弾性係数 E_i とポアソン比 ν_i は隣接する骨材とマトリックスの2つの要素の重心から要素境界辺に下した垂線(h_a , h_m)を重みとする平均値を用いる。すなわち、

$$E_i = (E_a h_a + E_m h_m) / (h_a + h_m) \quad (1)$$

$$\nu_i = (\nu_a h_a + \nu_m h_m) / (h_a + h_m) \quad (2)$$

界面の引張強度 f_{ti} はモルタルの引張強度 f_{tm} の50%に仮定する。破損が逐次発生するように変位制御により载荷する。破損判定にはMohr-Coulomb理論を用い、引張破壊だけでなく、せん断すべり破壊も考慮する。破壊強度に達したバネの剛度を段階的に低減することにより、コンクリートの3次元非均質性を考慮する。

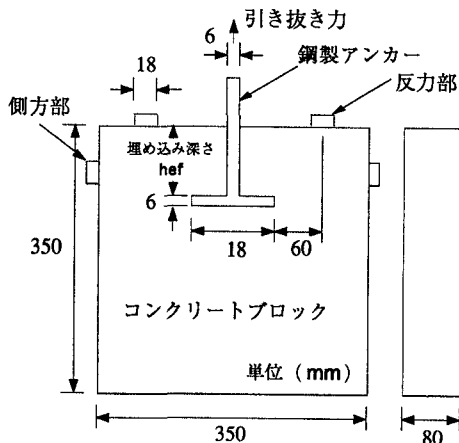


図-1 供試体の構造と寸法

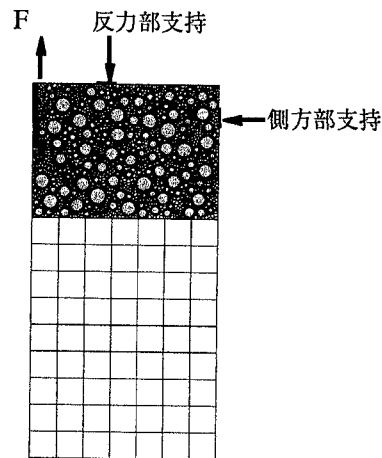


図-2 要素メッシュ

キーワード：アンカーボルト，剛体-バネモデル，ポロノイ分割

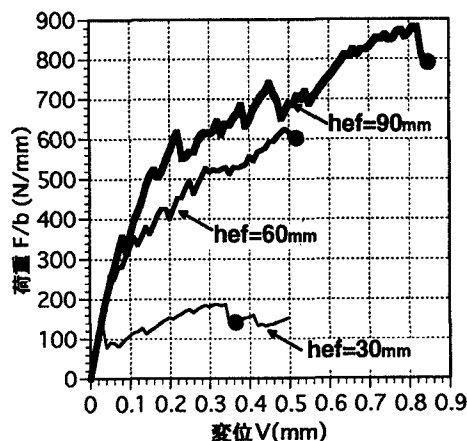
連絡先：〒812 福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学工学部建設都市工学科 TEL&FAX 092-642-3260

3. 解析モデル

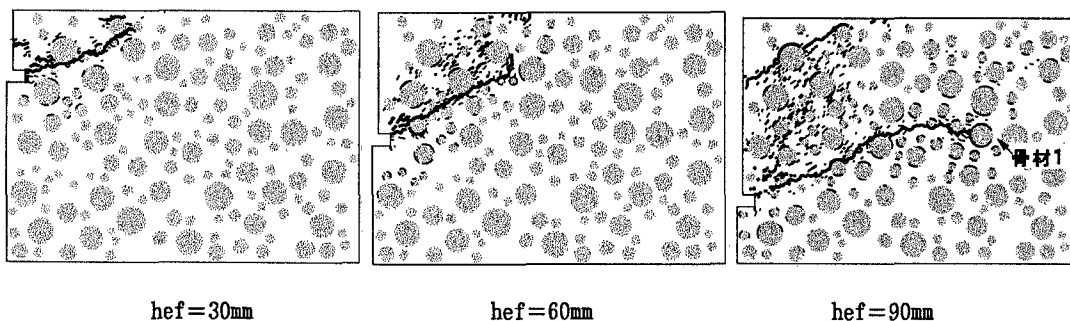
鋼製アンカーボルトが埋設されたコンクリート供試体の構造と寸法を図－1に示す²⁾。メソスケール解析モデルはコンクリートの破壊領域のみに用いることとし、残りの領域には均質材料としての剛体－バネモデルを適用する。構造と荷重の対称性を考慮した要素メッシュを図－2に示す。粗骨材の最大寸法は15mmである。材料の弾性係数と強度は表－1のように設定した。アンカーボルトの埋め込み深さ h_{ef} の違いが破壊特性に及ぼす影響を明らかにするために、 h_{ef} を30mm, 60mm, 90mmに変化させた3つの供試体について解析を行う。

表－1 バネの材料特性

バネの構成	骨材	モルタル	界面
ヤング率E (GPa)	$E_a=60.0$	$E_m=20.0$	式(1)
ポアソン比 ν	$\nu_a=0.25$	$\nu_m=0.18$	式(2)
引張強度 f_t (MPa)	$f_{ta}=6.0$	$f_{tm}=5.0$	$f_{ti}=2.5$
付着強度 c (MPa)		$c_m=12.5$	$c_i=6.25$
内部摩擦角 ϕ (度)		37	37



図－3 アンカーボルト上端の荷重－変位曲線



図－4 ひび割れ進展状態

4. 解析結果及び考察

アンカーボルト上端部の荷重－変位曲線を図－3に示し、それぞれの最大耐力直後（図中の・印）のひび割れ進展状態を図－4に示す。図－3より、埋め込み深さ h_{ef} が深くなるにつれて最大耐力、変形性能ともに大きくなっていることが分かる。

図－4より h_{ef} が30mmと60mmの場合はともに、主ひび割れがアンカーボルト下端部から反力部に進展することにより巨視的破壊に至っている。しかし h_{ef} が60mmの場合は30mmの場合に比べ、主ひび割れが周りに多数の界面ひび割れやモルタルひび割れを伴い進展している。また、 h_{ef} が90mmの場合は、初め主ひび割れは側方部に向かい進展するが、骨材1により進展を阻止され変形エネルギーが解放されず、反力部からの2本目の主ひび割れにより破壊に至っていることが分かる。このことは、主ひび割れの進展方向に多数の界面ひび割れが生じていることから確認できる。破壊領域も h_{ef} が深くなるほど、大きくなっている。

参考文献 (1) 劉 玉肇他：九州大学工学集報, Vol. 68, No. 1, 1995.

(2) 日本コンクリート工学協会：破壊力学の応用研究委員会報告書, 1993. 10