

飛鳥建設株式会社 中川和彦
長岡技術科学大学建設系 丸山久一
長岡技術科学大学建設系 清水敬二

1. はじめに

コンクリート構造物の強度にはスケール効果があり、それについて様々な研究がなされている。アンカーボルトの引抜き耐力に関しても例外でなく、埋め込み深さの違いによりスケール効果の影響があると考えられる。スケール効果は、破壊進行領域すなわち塑性域の割合が原因であることは明かであることから、スケール効果を把握するには、その割合を定量的に把握する必要がある。

本研究では、アンカーボルトの引抜きを想定し破壊力学の理論を考慮した解析を行い、埋め込み深さの違いによる弾性域と塑性域の割合を定量化することにより、より正確な耐荷性状の把握を行うものである。

2. FEM解析による耐荷機構の把握

2.1 解析方法

図-1に示すような解析モデルを用いて、埋め込み深さ6, 12, 18, 24cmにおけるアンカーボルトの引抜きを想定した解析を行った。最大耐力点は、ひび割れ長さ a に対する破壊面長さ l の割合が $a/l=0.45$ 付近であることが既往の研究[1][2]により明らかになっていることから、今回は、 $a/l=0.39, 0.43, 0.49, 0.52$ において解析を行うこととした。

ひび割れ先端の応力評価は、図-2に示すような見かけ上長さ0のクラックリンク要素を用い、定量的に応力を把握し、破壊進行領域は、引張域の荷重負担を図-3に示す仮想ひび割れモデルで再現することとし、今回は、簡易的に図-4に示す1/3モデルを用いた[3]。

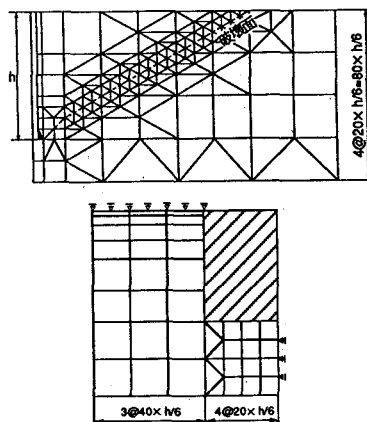


図-1 解析モデル

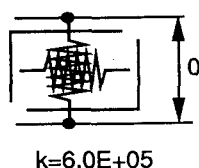


図-2 クラックリンク要素

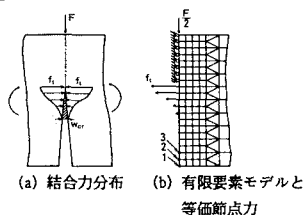


図-3 仮想ひび割れモデル

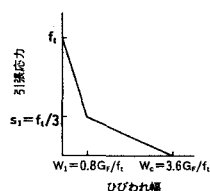


図-4 1/3モデル

2.2 解析結果

解析により、最大耐力点は埋め込み深さに関係なく $a/l=0.43$ の時であるという結果が得られ、その点での結果についてのみ検討する。

2.2.1 ひび割れ

実験よりアンカーボルトの引抜きでは、最大荷重近くでの応力状態は片持ち梁的な状態であることが確認されており、ひび割れ部の変形もたわみ的な状態になることが予想される。

解析で得られたひび割れの状況を図-5に示す。図より、上述したようにひび割れ部の変形はたわみ的な状態となっていることが確認される。このことから、塑性域は埋め込み深さによって異なると考えられる。

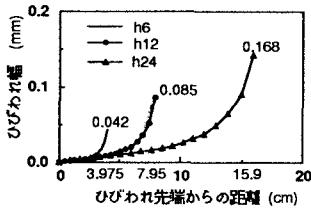


図-5 ひび割れ状況

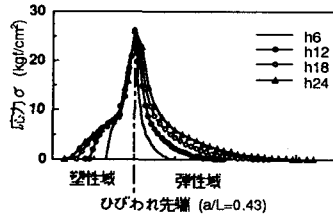


図-6 応力状態

表-1 弾性域と塑性域の割合

埋め込み深さ (cm)	弾性域 (kgf)	塑性域 (kgf)
6	1615.3	1479.8
12	6573.5	4042.6
18	14586.1	6911.2
24	25701.1	9973.1

2. 2. 2 応力状態

図-6 にひび割れ先端を中心とした場合の応力状態を示し、表-1 に各埋め込み深さにおける弾性域と塑性域の割合を示す。図および表より、埋め込み深さが大きくなるにつれて弾性域および塑性域も大きくなっており、弾性域では埋め込み深さ h^2 に比例し、塑性域では $h + h^{1.5}$ に比例していることが明らかになった。

2. 3 算定式の提案

解析結果より、アンカーの引抜耐力は以下の式により表される。また、算定値の評価を行うため丸山・森山の式を用いた。

提案式

$$P_{max} = 1.73ft(h^2 + 0.6h^{1.5} + 0.54h)(1 + D/1.7h) \quad (1)$$

丸山・森山の式

$$P_{max} = 1.8ft(h^2 + 9h) \quad (2)$$

$$ft = 0.58fc'^{2/3} \quad (3)$$

ここで、

P_{max} : 最大耐力(kgf), ft : コンクリート引張強度(kgf/cm²),

fc' : コンクリート圧縮強度(kgf/cm²) h : 埋め込み深さ(cm),

D : アンカーくさび径

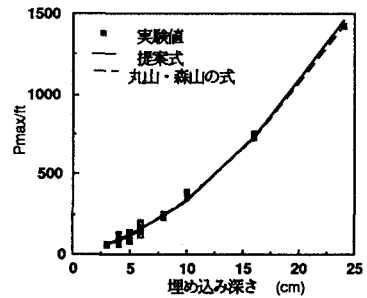


図-7 実験値と算定値の比較

図-7 に実験値と算定値の比較を示す。図におけるY軸は、試験結果のコンクリート強度の違いをなくするため最大耐力をコンクリート引張強度で除している。

図より、算定式による違いはほとんど見られないことが分かる。これは、埋め込み深さが大きくなるにつれて塑性域の占める割合が少なくなるためと考えられる。

4. まとめ

(1) 破壊力学を取り入れたFEM解析と実験結果により、コンクリートのコーン状破壊については、塑性域の状態をより把握した算定式の提案ができた。

(2) アンカーボルトの引抜きによるひび割れは、直線的ではなくたわみ的に起こるため、塑性域の割合は、埋め込み深さの違いにより異なる。

[参考文献]

[1] 森山智明, 丸山久一, 清水敬二: あと施工アンカーボルトの引抜き耐荷機構に関する研究, 第13回コンクリート工学年次論文報告集 No. 2, pp923~928, 1991

[2] Eligehausen, R. and Sawade, G.: Verhalten von beton auf zug (Behavior of concrete in tension); Betonwerk+Fertigteile-Technik, No. 5 and 6, 1985, in German and English

[3] コンクリート構造の破壊力学に関するコロキウム, 1990