

第5章 FEM解析によるへりあきの検討

5-1 調査目的

あと施工アンカーの長期許容応力度に与えるへりあきの影響を調査する。接着アンカー（カプセル方式）のへりあきと有効埋込み長さが引張耐力に与える影響に関する既往の引張実験を対象として有限要素法（FEM）解析を行い、へりあきがアンカー筋のひずみ（付着応力度）分布に与える影響について解析的に検討することを目的とする。

5-2 調査方法

5-2-1 解析対象試験体

解析対象試験体は、杉山、松崎、中野らにより行われた接着系アンカーの引張耐力に関する実験的研究 [5-1] [5-2] [5-3] から、接着アンカー（カプセル方式）の G7d 試験体を選定した。試験体概要と実験変数をそれぞれ図 5-1 と表 5-1 に示す。母材には、1,500 mm × 1,500 mm × 600 mm のコンクリートブロックが用いられた。G7d 試験体（文献 [5-2] : 7d-2c-150 試験体、文献 [5-3] : No.39 試験体）は、図 5-1 のコンクリートブロックの 2 面（隅）位置（図中の 2-Edge (Corner)）に埋め込まれた試験体である。アンカー筋の施工は、穿孔（穿孔径：25 mm）後にカプセルが挿入され、先端 45° カットのアンカー筋（D19 鉄筋、SHD685）がハンマードリルによる回転・打撃によって埋め込まれた。表 5-2 に材料特性を示す。コンクリート（Fc35）は、ヤング係数が 2.5×10^4 N/mm² で、圧縮強度と引張（割裂）強度はそれぞれ 36.4 N/mm²、3.12 N/mm² であった。アンカー筋（D19 鉄筋、SHD685）は、ヤング係数が 2.0×10^5 N/mm² で、降伏強度と引張強度はそれぞれ 749 N/mm²、1,029 N/mm² であった。接着剤の樹脂には、エポキシアクリレート系の材料が使用された。加力装置の一例を図 5-2 に示す。加力については、アンカー筋からへりあきのない方向へ 200 mm 離れた位置で自己反力を取り、センターホールジャッキによりアンカー筋に引張力が与えられた。変位については、アンカー筋の載荷端側に取り付けた計測装置を介して、コンクリートブロック面から 40 mm 離れた位置でのアンカー筋の変位量が測定された。図 5-3、5-4 に、それぞれコンクリートブロックの破壊の一例と G14d 試験体の破壊後のアンカー筋を示す。有効埋込み長さの短い G7d 試験体は、図 5-3 の左の写真に示すようなコーン状破壊となった。

5-2-2 解析概要

本解析では、市販の有限要素法解析システムを使用し、G7d 試験体について、静的非線

形解析を実施した。荷重変位関係について、解析結果と実験結果とを比較することにより、本解析モデルの妥当性を検討した。荷重は、長期荷重を想定して、アンカーの引張耐力の1/3程度まで載荷した。数値実験として、へりあきを200mm(10d)とした仮想試験体(H200-G7dFEM)を作成し、パラメトリックスタディにより、アンカー筋のひずみ(付着応力度)分布について考察した。表5-3に解析変数を示す。図5-5にG7d試験体の要素分割を示す。試験体の対称性を考慮し、アンカー筋の軸を鉛直面で2分割に切断して解析対象領域を設定した。コンクリートは、ソリッド要素でモデル化した。アンカー筋周辺を除き、コンクリートの単位要素寸法は、10mm×10mm×10mmである。アンカー筋はソリッド要素でモデル化した。埋め込まれたアンカー筋のコンクリートブロック内の先端部は、接着剤硬化後もコンクリートへの引張力伝達は極めて小さいと考え、No Tensionとしてモデル化した。試験体の対称性を考慮した切断面と自己反力面は面ローラ支持とした。さらに、コンクリートブロックの底面は、全面に渡って節点変位を拘束した。加力について、アンカー筋に引張方向の等分布荷重を与えた。変位は、アンカー筋の表面の変位とアンカー筋の弾性変位(長さ40mm)の和として求めた。コンクリートとアンカー筋のヤング係数や各種強度は、実験時の材料試験結果に従った。

5-3 調査結果

図5-6に、G7d試験体の荷重-変位関係を示す。図中の実線は実験結果を示し、●は解析結果を示す。20kN程度までの剛性は、解析値が実験値よりやや高い傾向であるが、概ね良好な対応を示している。これより、FEMが実験結果を検証できたと考えられる。さらに、へりあきを200mm(10d)としたH200-G7d仮想試験体のアンカー筋のひずみ(付着応力度)分布を図5-7に示す。アンカー筋のひずみは、アンカー筋の埋込み側の先端からコンクリート母材表面までほぼ線形に分布した。すなわち、アンカー筋の付着応力度は、アンカー筋の全長にわたり、ほぼ平均的に分布し、へりあきが10d程度確保されていれば、剛性低下や耐力低下への影響は少ないと考えられる。

5-4 まとめ

接着アンカー(カプセル方式)のへりあきと有効埋込み長さが引張耐力に与える影響に関する既往の引張実験を対象として有限要素法(FEM)解析を行い、へりあきがアンカー筋のひずみ(付着応力度)分布に与える影響について解析的に検討した。その結果、へりあきが200mm(10d)の場合では、ひずみ(付着応力度)分布はほぼ線形となり、へりあきによる剛性低下や耐力低下への影響が少ないと考えられる。

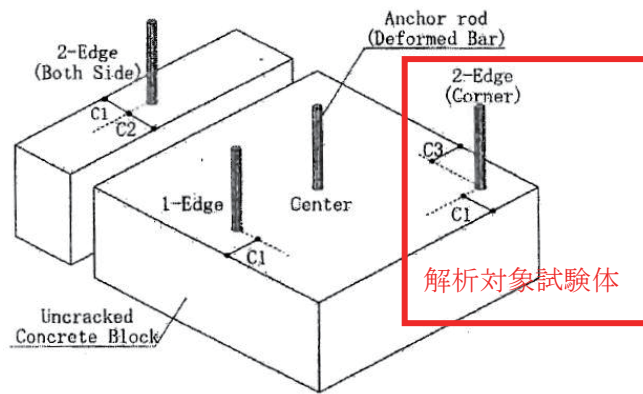


図 5-1 試験体概要

表5-1 実験変数

	有効埋込み長さ	へりあき
G7d	133 mm	150 mm
G14d	266 mm	150 mm

表5-2 材料特性

単位 : N/mm²

	ヤング係数	圧縮強度	引張強度
コンクリート (Fc35)	2.5×10^4	36.4	3.12
アンカー筋 (SHD685)	2.0×10^5	749	1,029

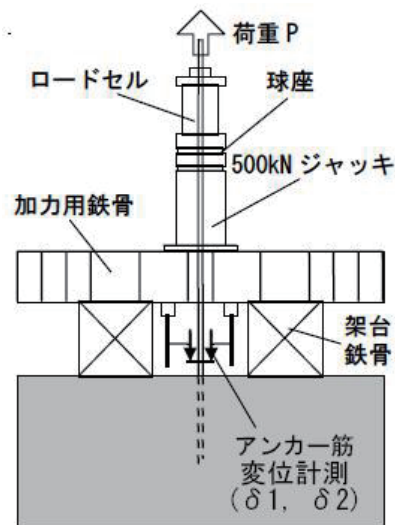


図 5-2 加力装置の一例

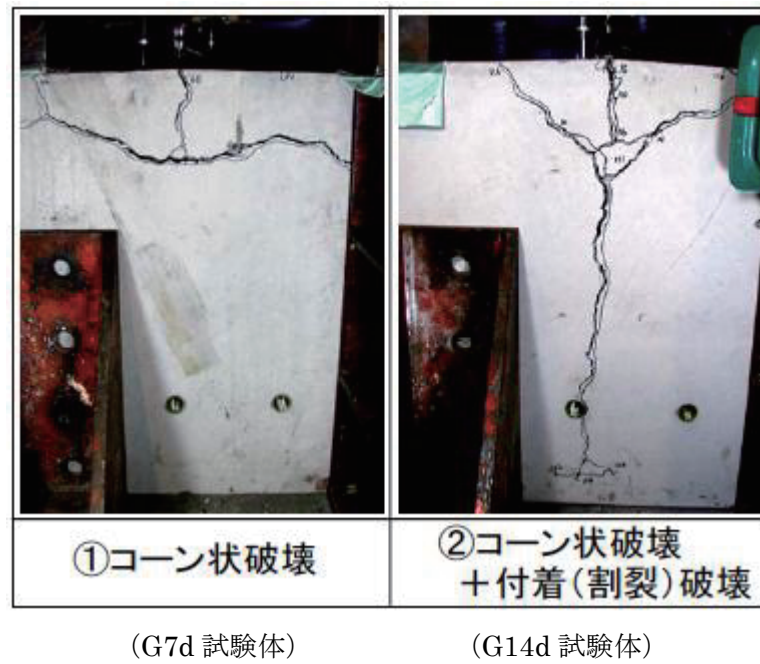


図 5-3 コンクリートブロックの破壊の一例

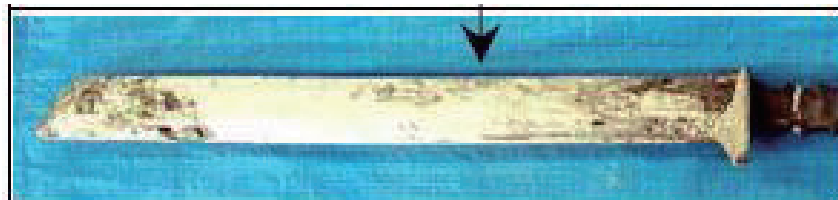


図 5-4 破壊後の G14d 試験体

表 5-3 解析変数

解析	有効埋込み長さ	へりあき
G7dFEM	133 mm	150 mm
H200-G7dFEM	133 mm	200 mm

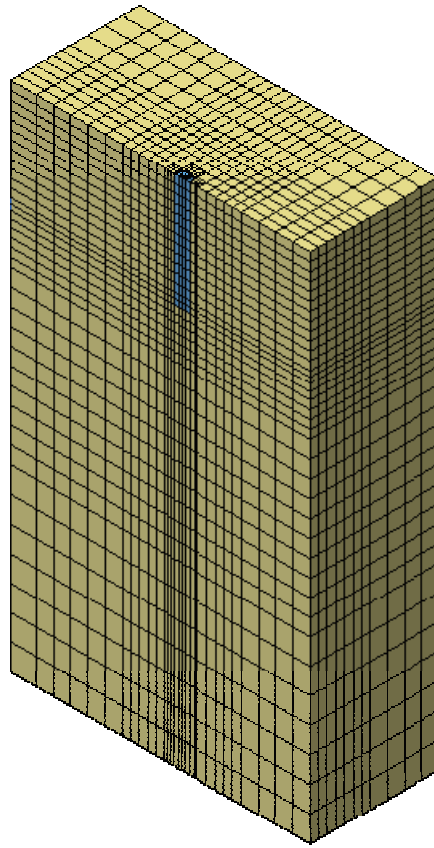


図 5-5 要素分割 (G7d 試験体)

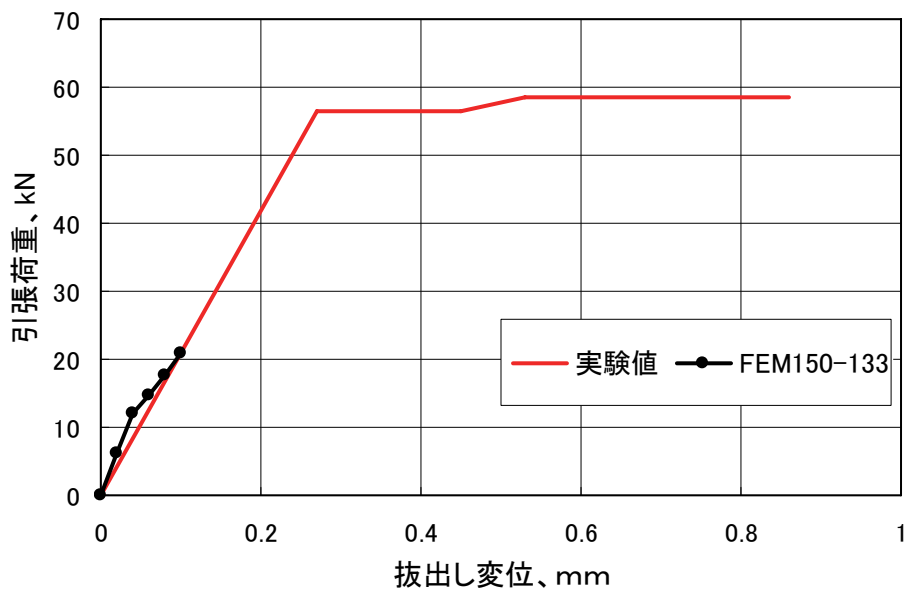


図 5-6 荷重-変位関係 (G7d 試験体)

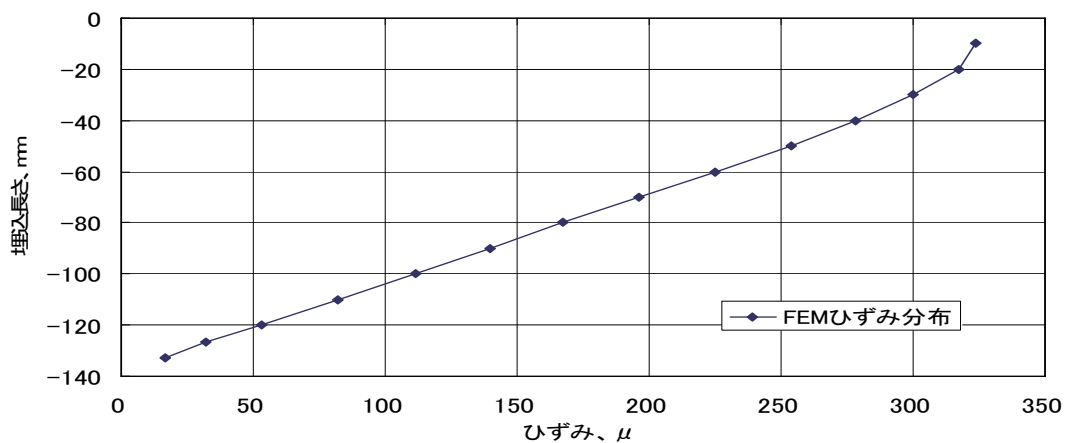


図 5-7 ひずみ分布 (H200-G7d 試験体)

参考文献

- [5-1] T. Sugiyama, Y. Matsuzaki and K. Nakano : Influence of Embedded Depth and Edges on Tensile Resistance of Post-installed Bounded Anchor, Proc. of the Second International Symposium on Connections between Steel and Concrete, Universitat Stuttgart, Stuttgart, Germany, Vol.1, pp.353-362, September 4-7, 2007
- [5-2] 瀬戸俊明、杉山智昭、松崎育弘、中野克彦他：埋め込み長さとへりあき寸法が接着系あと施工アンカーの支持耐力に及ぼす影響に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-2、pp.485-488、2006年9月
- [5-3] 酒井悟、中野克彦、杉山智昭、松崎育弘：接着系あと施工アンカーの構造特性に関する実験的研究—一定着長さ・へりあき寸法を考慮した評価方法の検討—、日本建築学会北陸支部研究報告集、Vol.49、pp.45-48、2006年7月