

接着系あと施工アンカーの構造特性に関する研究

—その3 150N/mm²級超高強度コンクリートの付着強度—

日大生産工 (院) ○ 平栗 晋太郎
日大生産工 師橋 憲貴

1 まえがき

これまでの学術講演会では、コンクリートの圧縮強度が 60 N/mm²、100N/mm² 級の高強度コンクリートに適用した接着系あと施工アンカーの構造特性について報告した^{1),2)}。結果として、コンクリート強度が高くなるにつれ引張強度比が低下する傾向があると判断した。そこで本研究ではさらなる適用範囲の拡大を模索することを目的として昨年度のコンクリート強度である 100N/mm² より高いコンクリート強度の 150N/mm² 級超高強度コンクリートに適用した接着系あと施工アンカーの構造特性について検討した。

2 実験概要

表-1 に試験体一覧、図-1 に試験体の形状、図-2 に加力装置を示す。昨年度と同じくコンクリート打設面 (上面) と底面 (下面) の付着強度の違いをみるため、両面にあと施工アンカーを施工し引き抜き実験を行った。あと施工アンカーは接着系のカプセル方式のものを使用した。変位の測定は、上部クロスヘッドに変位計を設置し、治具をアンカーの根本に取り付けてコンクリート表面からの抜け出し変位 (δ_1 、 δ_2) について測定を行った。

計算値は既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説³⁾に掲載されている設計強度の式より計算した。既存鉄骨

鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説では引張耐力と書かれているが本研究ではこれを付着強度と考えた。

式-1 に接着系アンカーの付着強度の計算式を示す。計算値は表-2 の通りとなった。破壊形状は計算値の最小値から想定したが既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説では接着系アンカーの場合 $l_e \geq 7d_a$ とされているため、それを満たさないものについては付着破壊をするものと考えた。

使用したコンクリートの圧縮強度を図-3、鋼材の強度を図-4 に示す。コンクリートの圧縮強度の推移は約 26 週までの推移を測定した。

表-1 試験体一覧

試験体 No.	アンカー筋		有効埋込み長さ (mm)
	設置面	鋼種	
150-1	上面	SS400	124
150-2	下面		
150-3	上面	SNB7	39
150-4	下面		
150-5	上面	SNB7	114
150-6	下面		

※アンカー径はM16共通

Study on the Structural Properties of Post Installed Bonded Anchor
—Part 3 Bond Strength of 150N/mm² grade Ultra High Strength Concrete—

Shintaro HIRAGURI and Noritaka MOROHASHI

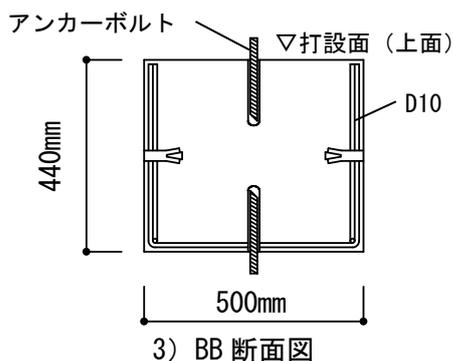
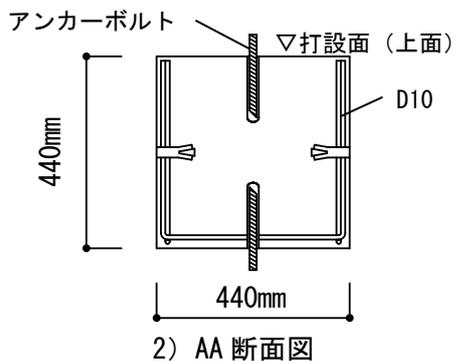
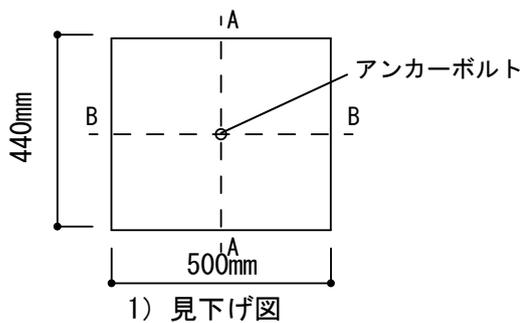


図-1 試験体形状

2000kN万能試験機を使用

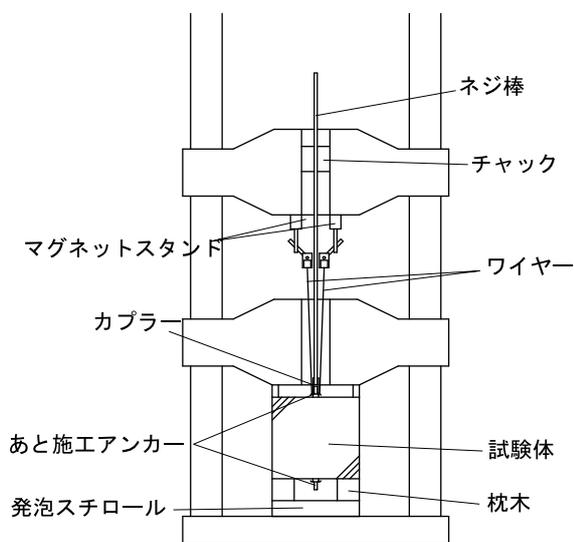


図-2 加力装置

式-1 接着系あと施工アンカーの付着強度

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3}) \quad (1)$$

$$T_{a1} = \sigma_y \cdot a_0 \quad (2)$$

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_C \quad (3)$$

$$T_{a3} = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \quad (4)$$

$$\tau_a = 10\sqrt{\sigma_B/21}$$

T_a : アンカー1本あたりの引張耐力 (N)

T_{a1} : 鋼材の降伏により決まるアンカー1本あたりの引張耐力 (N)

T_{a2} : 既存コンクリート躯体のコーン状破壊により決まるアンカー1本あたりの引張耐力 (N)

T_{a3} : 接着系アンカーの付着強度により決まるアンカー1本あたりの引張耐力 (N)

σ_y : 鉄筋の規格降伏点 (N/mm^2)

a_0 : 接合筋のねじ加工を考慮した有効断面積、またはアンカー筋の公称断面積 (mm^2)

σ_B : 既存部コンクリートの圧縮強度 (N/mm^2)

A_C : 既存躯体コンクリートのコーン状破壊に対するアンカー1本あたりの有効水平投影面積 (mm^2)

τ_a : 接着系アンカーの引張力に対する付着強度 (N/mm^2)

d_a : アンカー軸部の直径、接着系アンカーではアンカー筋の呼び名 (mm)

ℓ_e : アンカーの有効埋込み長さ (mm)

表-2 計算値一覧

試験体 No.	T_{a1} (kN)	T_{a2} (kN)	T_{a3} (kN)	想定破壊形状
150-1	60.1	167.9	178.2	ボルト破断
150-2				
150-3	127.1	20.8	56.1	付着破壊
150-4				
150-5	127.1	143.4	163.9	ボルト破断
150-6				

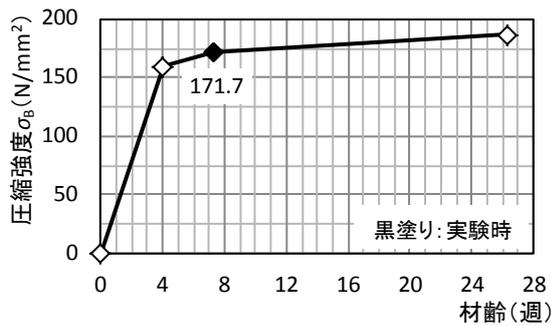


図-3 コンクリート圧縮強度の推移

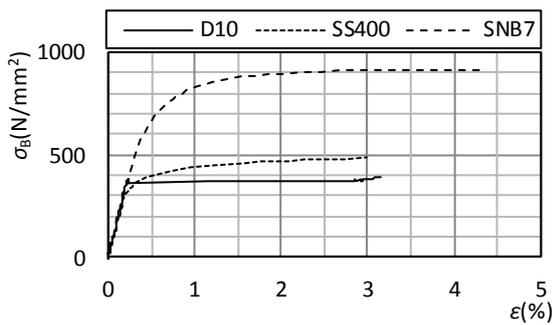


図-4 使用した鋼材の強度

3 実験結果

最大荷重および想定破壊形状を表-3、破壊形式模式図を図-5、荷重-変位曲線を図-6~8に示す。変位は δ_1 と δ_2 の平均値とした。

付着強度についてはどの試験体においても計算結果を上回る強度があることがわかった。ボルト破断と想定した No.150-1、150-2 については、他のシリーズと同等の最大荷重となったためコンクリート強度が影響しないこと確認できた。付着破壊と想定した No.150-3、150-4 については、他のシリーズと比べ最大荷重が大きくなった。破壊形状についても上部にコーン状破壊、下部に付着破壊（以下、混合破壊とする）を生じた。No.150-5、150-6 については他のシリーズと違いボルト破断が先行すると想定したが、No.150-6 では混合破壊を生じた。これは各破壊形状の計算値が近い値となったため混合破壊が生じたのではないかと考えられる。

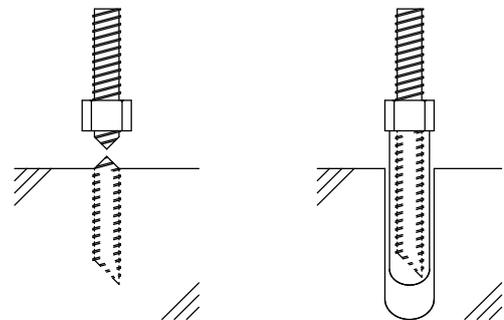
また、全体的に上面より下面の方が付着強度は高い傾向があった。これはコンクリート

打設時に上面と下面を比較すると下面の方がコンクリートの骨材等が密実に充填されると考えられるため、付着強度が向上したものと推察される。

図-9 に引張強度比を示す。適用範囲内である 21 シリーズでは、1.8 付近に分布していたが 60 シリーズでは、1.6 付近に分布し、100 シリーズでは 1.2 付近に分布していたが、150 シリーズでも 100 シリーズと同等となる 1.2 付近に分布した。

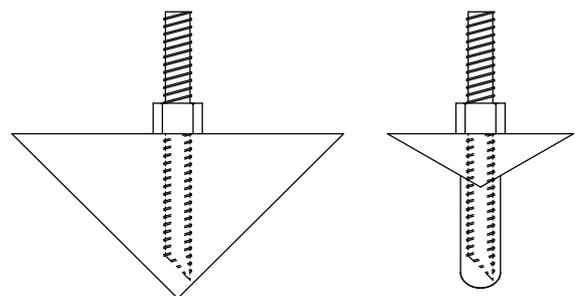
表-3 実験結果一覧

試験体 No.	最大荷重 (kN)	破壊形状
150-1	89.1	ボルト破断
150-2	87.8	ボルト破断
150-3	62.9	混合破壊
150-4	69.7	混合破壊
150-5	144.6	混合破壊
150-6	163.9	ボルト破断



a) ボルト破断

b) 付着破壊



c) コーン状破壊

d) 混合破壊

図-5 破壊形状模式図

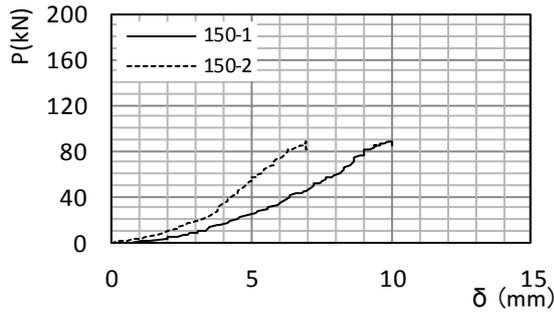


図-6 荷重-変位曲線 (No. 150-1, 150-2)

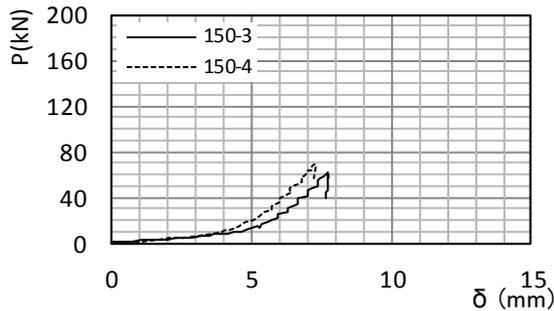


図-7 荷重-変位曲線 (No. 150-3, 150-4)

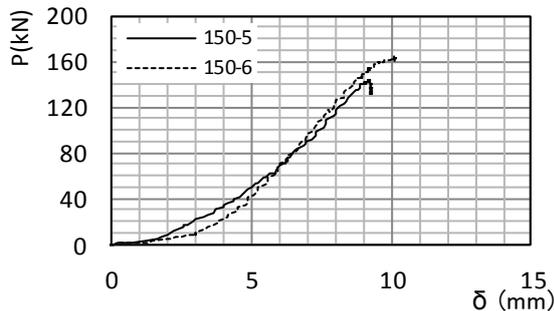


図-8 荷重-変位曲線 (No. 150-5, 150-6)

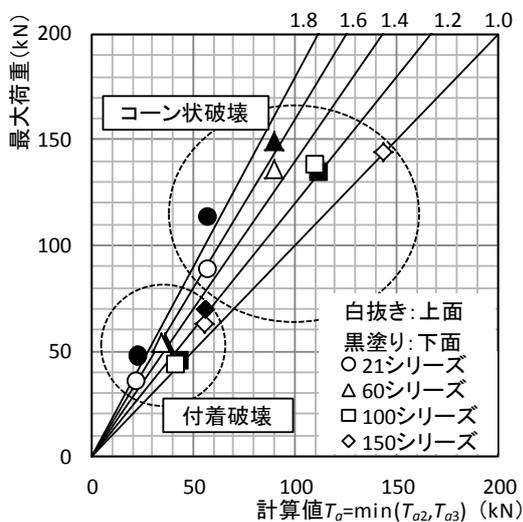


図-9 引張強度比

4 まとめ

150N/mm² 級超高強度コンクリートに用いた接着系あと施工アンカーの構造特性を検討した結果、本実験の範囲で以下の知見が得られた。

- 1) ボルト破断ではコンクリート強度による影響がないことがわかった。
- 2) 各破壊形状の計算値が近くなると混合破壊が生じることがわかった。
- 3) 上面と下面では、下面の付着強度が高くなる傾向があることがわかった。
- 4) 150N/mm² 級の超高強度コンクリートに適用した接着系あと施工アンカーの引張強度比は 100 シリーズと同程度の 1.2 になることがわかった。

謝辞

本研究において、あと施工アンカー協会大垣正之氏、東北工業大学田中礼治名誉教授に有益な御助言をいただいた。日本大学湯浅昇教授には高強度コンクリートについて御配慮していただいた。ここに関係各位に記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 平栗晋太郎、師橋憲貴：接着系あと施工アンカーの構造特性に関する研究—その 1 60N/mm² 級高強度コンクリートの付着強度—、日本大学生産工学部第 49 回学術講演会、2016 年 12 月、pp.65-68
- 2) 平栗晋太郎、師橋憲貴：接着系あと施工アンカーの構造特性に関する研究—その 2 100N/mm² 級超高強度コンクリートの付着強度—、日本大学生産工学部第 50 回学術講演会、2017 年 12 月、pp.89-92
- 3) 一般財団法人 日本建築防災協会：既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説、2013 年