

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－

日大生産工（院） ○ 平栗 晋太郎

日大生産工 師橋 憲貴

1 まえがき

平成28年度の学術講演会では、コンクリートの圧縮強度が60N/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。

そこで本研究ではさらなる適用範囲の拡大を模索するため昨年度のコンクリート強度である60N/mm²より高いコンクリート強度の100N/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に加力装置、図-2に試験体の形状を示す。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²⁾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。以下に接着系アンカーの付着強度の計算式を示す。

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

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

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

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

$$\text{ただし、}\tau_a = 10\sqrt{\sigma_B/21}$$

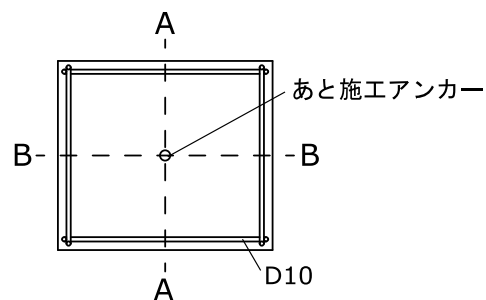
ここで、 T_a :アンカー1本あたりの引張耐力(N)、 T_{a1} :鋼材の降伏により決まるアンカー1本あたりの引張耐力(N)、 T_{a2} :既存コンクリート躯体のコーン状破壊により決まるアンカー1本あたりの引張耐力(N)、 T_{a3} :接着系アンカーの付着強度により決まるアンカー1本あたりの引張耐力(N)、 σ_y :鉄筋の規格降伏点(N/mm²)、 a_0 :接合筋のねじ加工を考慮した有効断面積、またはアンカー筋の公称断面積(mm²)、 σ_B :既存部コンクリートの圧縮強度(N/mm²)、 A_C :既存躯体コンクリートのコーン状破壊に対するアンカー1本あたりの有効水平投影面積(mm²)、 τ_a :接着系アンカーの引張力に対する付着強度(N/mm²)、 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)、 c_1 :アンカーのへりあき(mm)

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

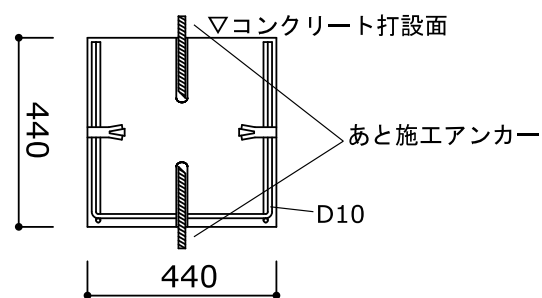
計算値は表-2の通りとなった。破壊形状は計算値の最小値から想定したが既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説では接着系アンカーの場合 $\ell_e \geq 7d_a$ とされているため、それを満たさないものについては付着破壊をするものと考えた。

表-1 試験体一覧

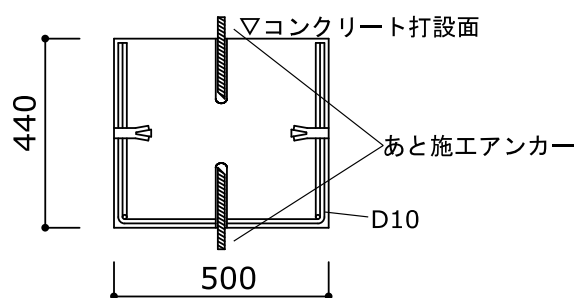
試験体 No.	アンカー筋			有効埋込み 長さ (mm)
	設置面	径	鋼種	
100-1	上面	M16	SS400	140
100-2	下面	M16	SS400	140
100-3	上面	M16	SNB7	55
100-4	下面	M16	SNB7	55
100-5	上面	M16	SNB7	130
100-6	下面	M16	SNB7	130



1) 平面図



2) AA断面図



3) BB断面図

図-2 試験体概要

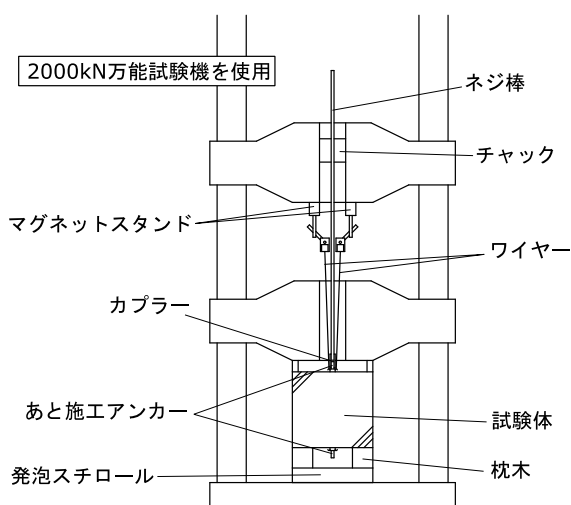


図-1 加力装置

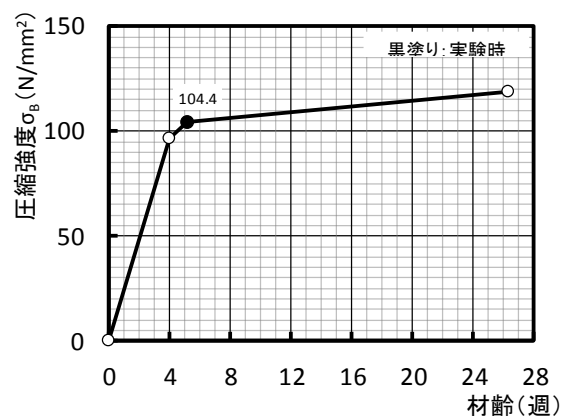


図-3 コンクリート圧縮強度の推移

表－2 付着耐力計算値

試験体 No.	T_{a1} (kN)	T_{a2} (kN)	T_{a3} (kN)	想定破壊形状
100-1 100-2	60.1	131.0	139.0	ボルト破断
100-3 100-4	127.1	16.2	43.7	付着破壊
100-5 100-6	127.1	111.8	127.8	コーン状破壊

T_{a1} = ボルト破断

T_{a2} = コーン状破壊

T_{a3} = 付着破壊

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－4、荷重－変位曲線を図－5～7に示す。変位は δ_1 と δ_2 の平均値とした。

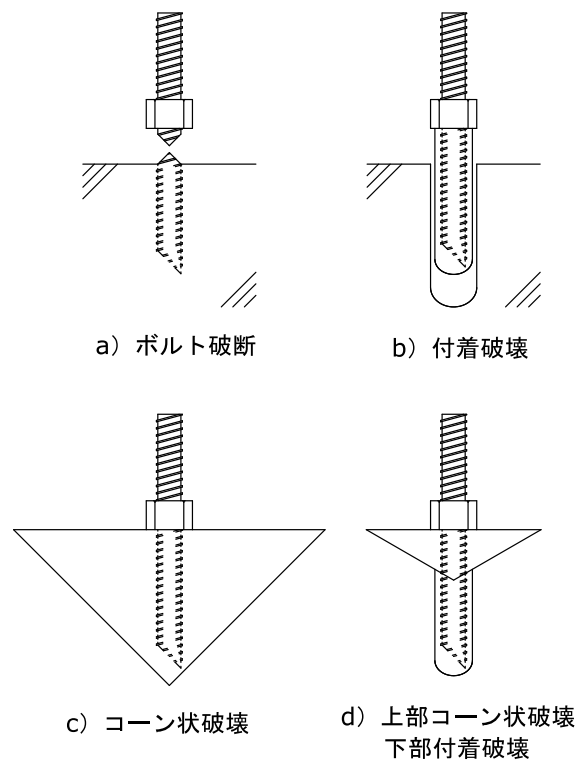
計算結果から想定した破壊形状と実験結果を比較してみると、ボルト破断、付着破壊、コーン状破壊と想定したもの全てについて実験結果も同じ結果となった。

付着強度についてはどの試験体も計算結果を上回る強度があることがわかった。ボルト破断についてはコンクリート強度が影響しないため 21、60 シリーズと同等の強度ということがわかった。付着破壊については 21、60 シリーズより下回る強度という結果となった。コーン状破壊については 21 シリーズよりは上回り、60 シリーズより下回る結果となった。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。

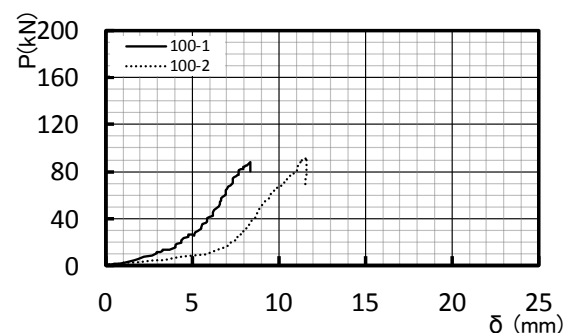
図－8 に最大荷重と計算値の比較を示す。21 シリーズでは、1.6 付近に分布していたが 60 シリーズでは、1.4 付近に分布し、100 シリーズでは 1.2 付近に分布した。高強度になるにつれ分布している付近が低下する傾向にあることがわかった。

表－3 最大荷重および破壊形状

試験体 No.	最大荷重 (kN)	破壊形状	想定破壊形状
100-1	88.5	ボルト破断	ボルト破断
100-2	92.5	ボルト破断	ボルト破断
100-3	43.8	付着破壊	付着破壊
100-4	45.2	付着破壊	付着破壊
100-5	137.6	コーン状破壊	コーン状破壊
100-6	134.9	コーン状破壊	コーン状破壊



図－4 破壊形状模式図



図－5 荷重－変位曲線 (No. 100-1、100-2)

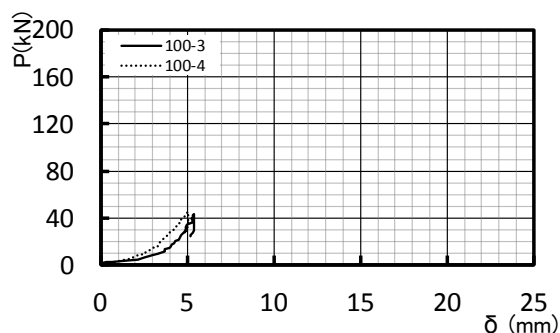


図-6 荷重－変位曲線 (No. 100-3、100-4)

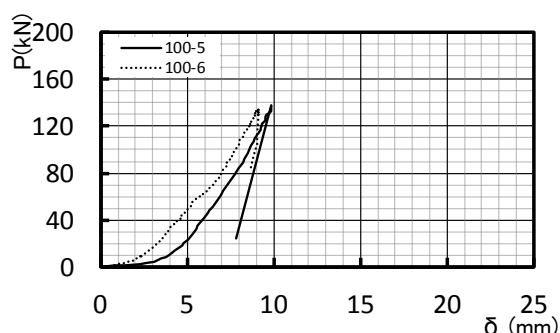


図-7 荷重－変位曲線 (No. 100-5、100-6)

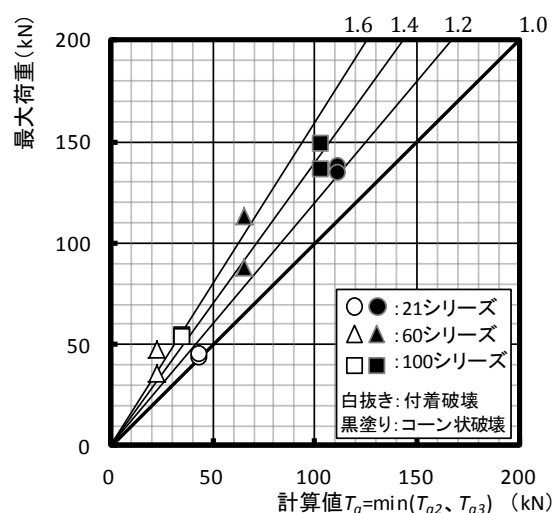


図-8 最大荷重と計算値の比較

4 まとめ

100N/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を本実験の範囲で以下の知見が得られた。

- (1) 21 シリーズ、60 シリーズとは違い、付着破壊とコーン状破壊が混合した破壊形状にはならなかった。
- (2) 21 シリーズ、60 シリーズと同じく、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。
- (3) 21 シリーズ、60 シリーズと同じく、上面より下面の方が付着強度は高い傾向があることがわかった。
- (4) 付着破壊とコーン状破壊をする試験体について、21 シリーズ、60 シリーズと同じく 100 シリーズでも実験値が計算値を上回ることがわかった。
- (5) 計算値と実験値の比較を行った結果、コンクリート強度が高くなるにつれ実験値÷計算値の値が低下する傾向があることがわかった。

今後の実験では更に適用範囲の拡大を模索するために 150N/mm² 級の超高強度コンクリートについて検討を行う予定である。

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、pp65－68
- 2) 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