

論文 傾斜あと施工アンカーのコーン状破壊強度に関する実験的研究

津吉 真人^{*1}・永井 大介^{*1}・貞末 和史^{*2}・南 宏一^{*3}

要旨：既存鉄筋コンクリート建物の耐震補強において多用されている在来型のあと施工アンカーに対して、あと施工アンカー1本当たりのせん断剛性とせん断強度を上昇させる工法として、傾斜あと施工アンカーを考案した。傾斜あと施工アンカーがせん断力を受けてコンクリートのコーン状破壊を生じる場合の強度を明らかにするための実験を行い、コーン状破壊の破壊状態と強度について確めた。さらに、傾斜あと施工アンカーのコーン状破壊強度の評価式を提案し、提案した評価式は実験結果を妥当に評価していることを示した。

キーワード：耐震補強、あと施工アンカー、コーン状破壊、せん断強度

1. はじめに

既存不適格の鉄筋コンクリート建物を枠付き鉄骨ブレース（あるいは耐震壁）を用いて耐震補強する場合には、剛強な接合部の工法として、あと施工アンカーを用いた間接接合部が多用されており、接合部に十分なせん断剛性とせん断強度を付与するには、既存躯体に数多くのあと施工アンカーを設置することが必要となる。なお、耐震補強には構造安全性だけでなく、美観や環境への配慮、省エネルギー等も含めた機能性、経済性、施工性に優れた工法が望まれるが、あと施工アンカーの固着工事は、騒音・振動など工事環境に大きな影響を与えるため、在来型のあと施工アンカーの代替工法が必要となることがあり、その他いくつかの代替工法^{1)~4)}なども開発されている。

在来型のあと施工アンカーは、引張力に対する抵抗を期待する場合には、穿孔は施工面に対して直角とし、アンカー筋の固着は金属系アンカーの場合、施工面への垂線に対して 5° 以内、接着系アンカーの場合、施工面への垂線に対して 30° 以内とすることが、(財)日本建築防災協会「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針同解説⁵⁾」(以下、耐震改修設計指針と称す)において定められている。一方、せん断抵抗を期待する場合に対するアンカー筋の傾斜角度に規定はないが、通常、可

能な限り傾斜させないように施工されている。しかしながら、せん断力に対する抵抗に関しては、図 - 1 に示すようにアンカー筋を施工面への垂線に対して傾斜させて固着させた方が大きな抵抗力が得られると予測される。

そこで、著者らは既報⁶⁾において既存コンクリート躯体と耐震補強要素の接合部を想定した在来型のあと施工アンカーと傾斜あと施工アンカーを用いた間接接合部の試験体製作し、正負繰り返しせん断力を載荷する実験を行って、コンクリートの破壊に対してアンカー筋の降伏が先行する条件下では、在来型のあと施工アンカーと比較して、アンカー筋を交差に配列した場合には正負両載荷においてせん断剛性とせん断力は大きくなることを示した。しかしながら、アンカー筋の降伏に対してコンクリートの破壊が先行する場合には、傾斜あと施工アンカーの性能が有利であるのか疑問がある。せん断力を受ける傾斜あと施工アンカーに生じる各種の破壊モードに対する性能の優劣を明確にする必要がある。

傾斜あと施工アンカーでは、アンカー筋が材軸方向の力を受けるように抵抗機構が変化することから破壊モードは、アンカー筋のせん断降伏、コンクリートの支圧破壊、コンクリートのコーン状破壊または付着破壊が予測される。本論文では、傾斜あと施工アンカーのコンクリートのコーン状破壊について検討を行う。在来型のあと施工アンカーのコーン状破壊面はアンカー筋の先端から 45° の傾きを持って円錐状の破壊面を生じることが知られているが、傾斜したアンカー筋が設置された場合、どのような破壊面を生じるか不明であるため強度評価も難しい。そこで、施工面に対してアンカー筋を傾斜させて固着したあと施工アンカー単体の引張実験を行い、コンクリートのコーン状破壊強度について検討を行う。さらに、引張力を受けた傾斜あと施工アンカーのコーン状破壊強度の評価式の提案を行う。

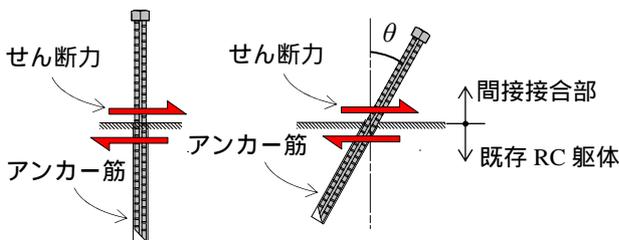


図 - 1 傾斜あと施工アンカー

*1 広島工業大学大学院 工学系研究科建設工学専攻博士前期課程 (正会員)

*2 広島工業大学 工学部建築工学科准教授 博士(工学) (正会員)

*3 福山大学 名誉教授 工博 (名誉会員)

2. 傾斜あと施工アンカーのせん断強度評価式

耐震改修設計指針では、せん断力を受ける在来型のあと施工アンカーについて、接着系あと施工アンカーの強度 Q_a は、アンカー筋のせん断降伏で決まる強度 Q_{a1} とコンクリートの支圧で決まる強度 Q_{a2} の最小値として式(1)で評価している。

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}) \quad (1)$$

$$Q_{a1} = 0.7_a \sigma_y \cdot aa \quad (2)$$

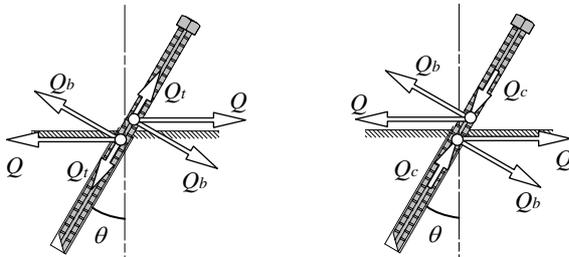
$$Q_{a2} = 0.4 \sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \cdot aa \quad \text{ただし, } l_e \geq 7d_a \quad (3)$$

ここに、 $a\sigma_y$ 、 aa 、 l_e および d_a はアンカー筋の降伏強度、軸部断面積、有効埋込み長さおよび呼び径、 E_c と σ_B はコンクリートのヤング係数と圧縮強度である。

図 - 2 に傾斜あと施工アンカーの力の分解を示す。アンカー筋を傾斜させて用いた場合、図 - 2 のような力の分解によってアンカー筋に材軸方向の力 Q_t あるいは Q_c が生じるため、アンカー筋が引張力 Q_t を受ける載荷方向では、アンカー筋のせん断降伏、コンクリートの支圧破壊に加えて、コンクリートのコーン状破壊または付着破壊が考えられる。そこで、接着系傾斜あと施工アンカーのせん断強度を式(4)で評価する。

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3}, Q_{a4}) \quad (4)$$

ここに、 Q_{a3} はアンカー筋が引張力を受けコーン状破壊を生じることによって決まる強度、 Q_{a4} はアンカー筋が引張力を受け付着破壊を生じることによって決まる強度である。



(a) アンカー筋が引張 (b) アンカー筋が圧縮

図 - 2 力の分解

3. 実験概要

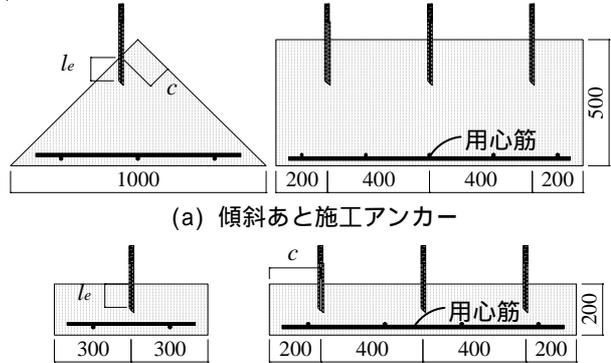
3.1 試験体

接着系傾斜あと施工アンカーのコーン状破壊強度の検討を行なうために実験を計画した。

図 - 3 に試験体形状を示す。図 - 3(a)は傾斜あと施工アンカーの引張強度を調べるための試験体であり、図 - 3(b)は比較のための在来型のあと施工アンカーの試験体である。いずれの試験体とも埋め込み長さと同じアンカー筋を 3 本固着させた。固着材にはガラス管式カプセル型のエポキシアクリレート樹脂を用いており、回転・打撃による固着工事を行った。また、どの試験体とも試験体を移動させる際にひび割れ防止のため

D13 の用心筋を配置してあるが、実験の結果には影響を与えない位置に配筋している。

表 - 1 に試験体計画を示す。実験変数はアンカー筋の傾斜角度を 2 種類(=0°, 45°)、コンクリート設計基準強度 F_c を 2 種類(13N/mm², 18N/mm²)、アンカー筋を 2 種類(D13, D19)、アンカー筋の有効埋め込み長さ l_e を



(a) 傾斜あと施工アンカー

(b) 在来型のあと施工アンカー

図 - 3 試験体形状(単位: mm)

表 - 1 試験体計画

試験体	F_c (N/mm ²)	アンカー筋	l_e	c	θ (°)
00F13D13L05C10	13	D13(SD345)	$5d_a$	$10d_a$	0
45F13D13L05C03				$3d_a$	45
45F13D13L05C10				$10d_a$	
45F13D13L05C05			$7d_a$	$5d_a$	
45F13D13L07C05			$10d_a$		
45F13D13L10C05					
00F13D19L05C10		D19(SD345)	$5d_a$	$10d_a$	0
45F13D19L05C03				$3d_a$	45
45F13D19L05C10				$10d_a$	
45F13D19L05C05			$7d_a$	$5d_a$	
45F13D19L07C05			$10d_a$		
45F13D19L10C05					
00F18D13L05C10	18	D13(SD345)	$5d_a$	$10d_a$	0
45F18D13L05C03				$3d_a$	45
45F18D13L05C10				$10d_a$	
45F18D13L05C05			$7d_a$	$5d_a$	
45F18D13L07C05			$10d_a$		
45F18D13L10C05					
00F18D19L05C10		D19(SD345)	$5d_a$	$10d_a$	0
45F18D19L05C03				$3d_a$	45
45F18D19L05C10				$10d_a$	
45F18D19L05C05			$7d_a$	$5d_a$	
45F18D19L07C05			$10d_a$		
45F18D19L10C05					

表 - 2 アンカー筋の材料強度

アンカー筋	降伏強度 σ_y (N/mm ²)	引張強度 σ_u (N/mm ²)	ヤング係数 E_c (N/mm ²)	伸び (%)
D13	386	569	199042	20.3
D19	374	577	206721	20.7

表 - 3 コンクリートの材料強度

設計基準強度 F_c (N/mm ²)	圧縮強度 σ_B (N/mm ²)	ヤング係数 E_c (N/mm ²)	引張強度 σ_t (N/mm ²)
13	19.0	24237	2.04
18	25.6	29572	2.53

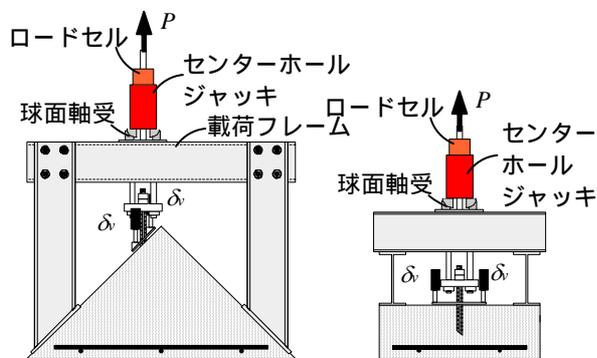
3 種類 ($5d_a$, $7d_a$, $10d_a$), 端あき距離 c を 3 種類 ($3d_a$, $5d_a$, $10d_a$) とした。

試験体に使用したアンカー筋およびコンクリートの材料試験結果を表 - 2, 表 - 3 にそれぞれ示す。

3.2 荷重方法および変位計測

荷重方法および変位計測方法を図 - 4 に示す。荷重は球面軸受を介して荷重フレームの上部に設置したセンターホール型油圧ジャッキを用いて、アンカー筋が破断もしくはコンクリート母材が破壊に至るまで単調引抜き試験を行った。引張力 P はロードセルを用いて検出した。

変位の測定は、コンクリート表面から 10mm 離れた位置でのアンカー筋の引抜き変位 δ を変位計を用いて測定し、表裏 2 箇所の計測値の平均を求めた。



(a) 傾斜あと施工アンカー (b) 在来型のあと施工アンカー
図 - 4 荷重方法

4. 実験結果

4.1 最終破壊状況

最終破壊状況を写真 - 1 に示す。在来型のあと施工ア



(a) 在来型のあと施工アンカー



$c=10d_a$ (コーン A) $c=5d_a$ (コーン C)
(b) 傾斜あと施工アンカー

写真 - 1 コンクリートのコーン状破壊

ンカーの試験体では、写真 - 1(a)に示すような破壊形態となっておりコーン状破壊となっていた。

傾斜あと施工アンカーの試験体は、 c が長い試験体において写真 - 1(b)に示すコーン状破壊(コーン A)となり、 c が短い試験体については写真 - 1(b)のようなコーン状破壊(コーン C)が確認された。また、傾斜あと施工アンカーの試験体の $F_c=18\text{N/mm}^2$, $l_e=10d_a$ ではアンカー筋破断を生じる試験体も確認された。

4.2 最大引張耐力と破壊モード

耐震改修設計指針ではあと施工アンカーのアンカー筋 1 本当り引張耐力として、以下の式が示されている。

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3}) \quad (5)$$

$$T_{a1} = a\sigma_y \cdot aA \quad (6)$$

$$T_{a2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_c \quad (7)$$

$$T_{a3} = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e \quad (8)$$

$$\tau_a = 10 \sqrt{(\sigma_B / 21)} \quad (9)$$

ここに、 T_{a1} はアンカー筋の鋼材で決まる強度、 T_{a2} はコンクリートのコーン状破壊強度、 T_{a3} は付着破壊強度、 A_c はコーン状破壊面の有効水平投影面、 τ_a は付着応力度である。

各試験体の最大強度の実験値 P_{max} と破壊モードの一覧および改修設計指針に示される (5) ~ (9) 式を用いて算定した値を表 - 4 に示す。 $l_e=5d_a$ のときの P_{max} と c の関係を図 - 5 に示す。また、図 - 6 に $c=5d_a$ のときの P_{max} と l_e の関係を示す。 P_{max} と印は試験体 3 本の平均値としている。なお、図 - 5, 図 - 6 に示される実線は D13, 点線は D19 の(7)式による計算値である。

図 - 5 は傾斜あと施工アンカーに注目してみると、 P_{max} はアンカー筋の径 D13, D19 共に c を長くすると P_{max} は大きくなるのが分かる。しかしながら、傾斜あと施工アンカーと在来型のあと施工アンカーを比較してみると傾斜あと施工アンカーより在来型のあと施工アンカーの方が P_{max} が大きくなるのが明らかとなった。

図 - 6 では $F_c=18\text{N/mm}^2$, $l_e=10d_a$, アンカー筋の径 D13, D19 のときの試験体でアンカー筋破断となっているが、 l_e を長くするにつれて P_{max} は大きくなっていることが分かる。

コーン状破壊を生じる場合には、 l_e と c が同じであれば、 P_{max} は在来型のあと施工アンカーの方が大きくなることは認められるが、傾斜あと施工アンカーは l_e を長くすることによって P_{max} も大きくなることから l_e を大きくすれば強度低下は補える。

コーン状破壊を生じた試験体について T_{a2} を比較してみると、傾斜あと施工アンカーでは $l_e=5d_a$ であれば P_{max} は T_{a2} 以上であることが分かる。しかしながら、 $l_e=7d_a$ では P_{max} が T_{a2} を下回る試験体がある。傾斜あと施工ア

表 - 4 最大引張耐力と破壊モード

試験体	実験値 P_{max} (KN)	耐震改修設計指針			
		破壊モード	T_{a1} (KN)	T_{a2} (KN)	T_{a3} (KN)
00F13D13L05C10	38.7	在来型 コ-ンC コ-ンA コ-ンC コ-ンC	36.7	16	25.2
45F13D13L05C03	21.9				
45F13D13L05C10	30.2				
45F13D13L05C05	27.8				
45F13D13L07C05	38.4				
45F13D13L10C05	46.7	コ-ンC		29.8	35.3
00F13D19L05C10	54.1	在来型 コ-ンC コ-ンA コ-ンC コ-ンC	80.3	34.1	53.9
45F13D19L05C03	33.2				
45F13D19L05C10	56.9				
45F13D19L05C05	41.7				
45F13D19L07C05	62.9				
45F13D19L10C05	98.4	コ-ンC		63.6	75.5
00F18D13L05C10	42.2	在来型 コ-ンC コ-ンA コ-ンC コ-ンC	36.7	18.5	29.3
45F18D13L05C03	20.2				
45F18D13L05C10	31.8				
45F18D13L05C05	30.6				
45F18D13L07C05	43.5				
45F18D13L10C05	53.6	アンカー筋破断		34.6	41.0
00F18D19L05C10	76.4	在来型 コ-ンC コ-ンA コ-ンC コ-ンC	80.3	39.6	62.6
45F18D19L05C03	46.8				
45F18D19L05C10	63.5				
45F18D19L05C05	51.1				
45F18D19L07C05	79.9				
45F18D19L10C05	106	アンカー筋破断		73.9	87.6
				145	125

ンカーの試験体の実験値が T_{a2} を下回る場合があるのは、耐震改修設計指針で想定されているコンクリートのコーン状破壊面が在来型のあと施工アンカーの場合とは異なり、コンクリートの有効投影面積が実験と異なるからである。

4.3 荷重 - 変位関係

図 - 7 に $P - \delta$ 関係を示す。図 - 7(a) は $F_c=13\text{N/mm}^2$ 、アンカー筋の径 D13、 $l_e=5d_a$ の試験体であり、図 - 7(b) は $F_c=13\text{N/mm}^2$ 、アンカー径 D13 $l_e=5d_a$ の試験体である。また、実線は傾斜あと施工アンカーの試験体、破線は在来型のあと施工アンカーの試験体である。

図 - 7(a) を見てみると、剛性(= P/δ)について傾斜あと施工アンカーの試験体と在来型のあと施工アンカーの試験体を比べると、在来型のあと施工アンカーの試験体の方が大きくなっていることが分かる。図 - 7(b) より傾斜あと施工アンカーの剛性は l_e を長くするほど大きくなることが分かり、最大引張強度も大きくなることが確認できる。

図 - 7(a)、図 - 7(b) 共に最大強度に達するのは δ が 0.3mm ~ 0.4mm 付近であることが確認できた。

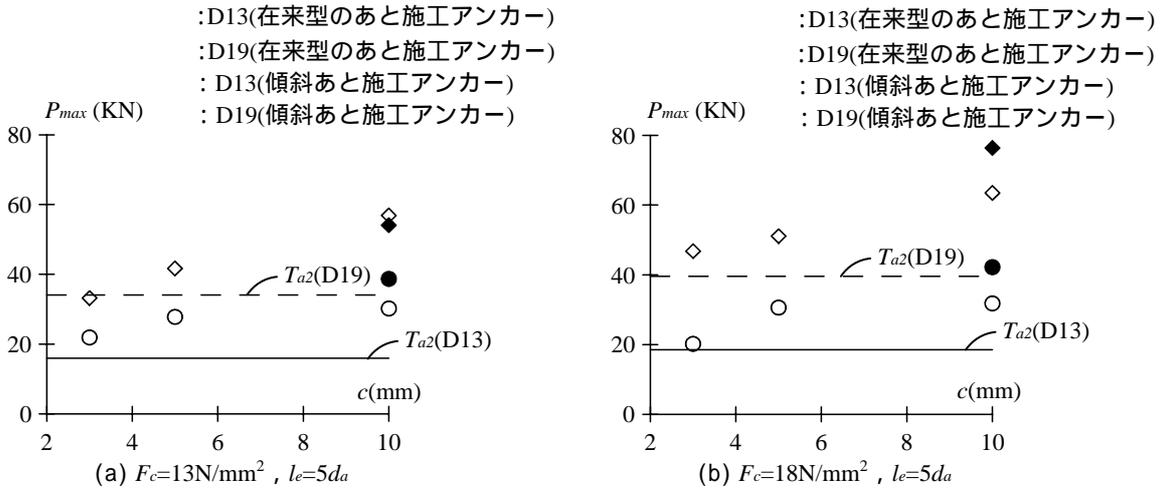


図 - 5 最大耐力と端あき距離の関係

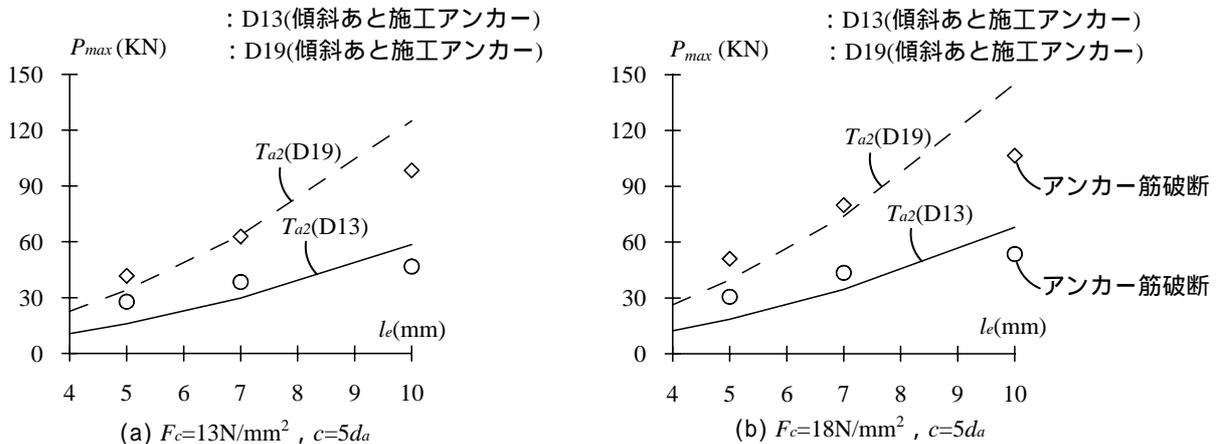


図 - 6 最大耐力と埋め込み長さの関係

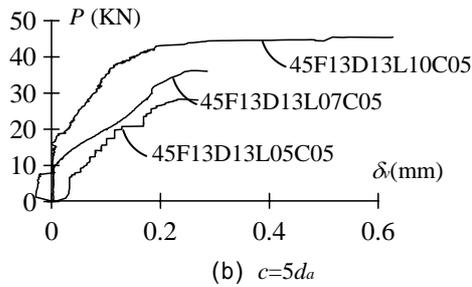
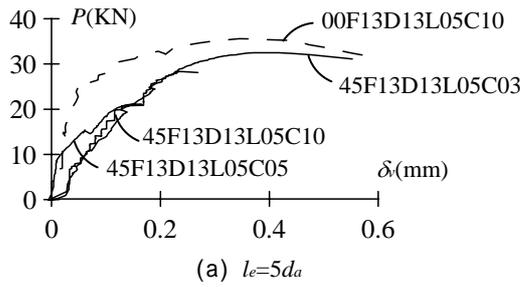


図 - 7 荷重 - 変位関係

5. 引張耐力評価

耐震改修設計指針においては式(7)でコンクリートの引張強度に有効投影面積を乗じた値をコンクリートのコーン状破壊強度としている。傾斜あと施工アンカーに関してコンクリートのコーン状破壊が先行する場合、在来型のと施工アンカーの場合と同様にアンカー筋の先端から 45° 以上の傾きを持ち、楕円状の破壊面が形成されており、写真 - 1(b)のようにコーン A, B の 2 種類のコーン状破壊が確認できた。コーン A, D は図 - 8 に示されるようにアンカー筋の分力である P_v と P_u によって生じるものと考えられる。ここで、任意の傾斜角度を持つあと施工アンカーが引張力を受け、コーン状破壊を生じる場合、以下の式となると考えられ、 r と a に関してはコーン状破壊面の形状に応じて表すことができる。

コーン A の場合は、

$$T_{a2} = \sigma \cdot A_c \cdot \frac{1}{\cos 45^\circ} \quad (10)$$

$$A_c = \frac{\pi \cdot r^2}{2} + \frac{\pi \cdot r \cdot a}{2} \quad (11)$$

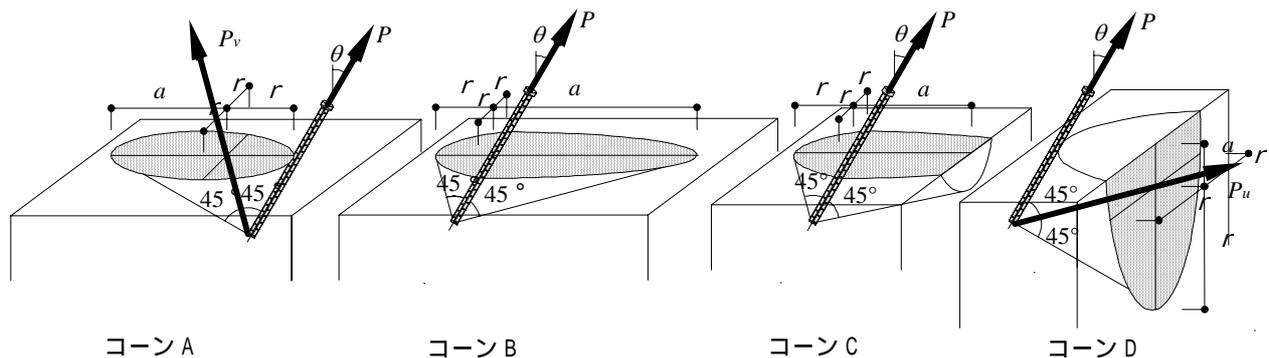


図 - 8 力の分解と有効水平投影面積

$$\left. \begin{aligned} r &= l_e \cdot \sin \theta + \frac{\cos^2 \theta - \sin^2 \theta}{l_e \cdot \cos \theta} \\ a &= \frac{l_e}{\sin \theta} - \left(l_e \cdot \sin \theta + \frac{\cos^2 \theta - \sin^2 \theta}{l_e \cdot \cos \theta} \right) \end{aligned} \right\} (12)$$

コーン B の場合は、

$$T_{a2} = \sigma \cdot A_c \quad (13)$$

$$A_c = \frac{\pi \cdot r^2}{2} + \frac{\pi \cdot r \cdot a}{2} \quad (14)$$

$$\left. \begin{aligned} r &= \tan(45^\circ - \theta) \cdot l_e \cos \theta + (l_e \cdot \sin \theta) \\ a &= \frac{l_e}{\sin \theta} - \left(l_e \cdot \sin \theta + \frac{\cos^2 \theta - \sin^2 \theta}{l_e \cdot \cos \theta} \right) \end{aligned} \right\} (15)$$

コーン C の場合は、

$$T_{a2} = \sigma \cdot A_c \quad (16)$$

$$A_c = \frac{\pi \cdot r^2}{2} + \frac{r}{a} \left(c \sqrt{a^2 - c^2} + a^2 \cdot \sin^{-1} \frac{c}{a} \right) \quad (17)$$

$$\left. \begin{aligned} r &= \tan(45^\circ - \theta) \cdot l_e \cos \theta + (l_e \cdot \sin \theta) \\ a &= c - \frac{l_e}{\sin \theta} - \left(l_e \cdot \sin \theta + \frac{\cos^2 \theta - \sin^2 \theta}{l_e \cdot \cos \theta} \right) \end{aligned} \right\} (18)$$

コーン D の場合は、

$$T_{a2} = \sigma \cdot A_c \cdot \frac{1}{\cos 45^\circ} \quad (19)$$

$$A_c = \frac{\pi \cdot r^2}{2} + \frac{r}{a} \left(c \sqrt{a^2 - c^2} + a^2 \cdot \sin^{-1} \frac{c}{a} \right) \quad (20)$$

$$\left. \begin{aligned} r &= \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \left\{ l_e + \frac{c \cdot \sin \theta}{\cos^2 \theta} \right\}}{\cos(45^\circ - \theta)} \\ a &= \left(\frac{l_e + \frac{c}{\sin \theta}}{\cos \theta} \right) - \left\{ \frac{r}{\cos(45^\circ - \theta)} \right\} \\ &\quad - \{ c \cdot \tan(90^\circ - \theta) \} \end{aligned} \right\} (21)$$

となる。

ここで、 σ はコンクリートの引張強度である。

$\theta=0^\circ$ でコーン B の場合には r と a の値は等しくなり、式(11)による A_c は円形となる。いずれの場合も T_{a2} は各コーン状破壊強度の最小値として評価する。

表 - 5 に実験値と各コーン状破壊強度の計算値を示す。また、図 - 11 に実験値の最大強度と計算値における各コーン状破壊強度の最小値を示す。また、実験値の最大強度は試験体 3 本の平均値としている。計算値は式(10)~(13)を用いて算出した値である。 σ については材料強度を用いた。ここで、図 - 11 ではアンカー筋破断を起こした試験体は含まない。

表 - 5 から、実験値の破壊モードと計算値におけるコーン状破壊強度の最小値の破壊モードを見てみると破壊モードは一致していることが確認できる。また、今回の実験ではコーン D は生じていない。埋め込み長さ、端あき距離およびアンカー筋の傾斜角度の違いによってコーン D は生じないと考えられる。

図 - 11 より危険側の評価となっている試験体が見られるが、コンクリートの引張強度に安全係数を用いれば(10)~(21)式は、妥当に評価できる。

表 - 5 実験値と計算値(単位: KN)

試験体	実験値		計算値			
	P_{max}	破壊モード	コーンA	コーンB	コーンC	コーンD
00F13D13L05C10	38.7	在来型		27.1	27.1	43.5
45F13D13L05C03	21.9	コーンC	19.1		14.1	62.1
45F13D13L05C10	30.2	コーンA	19.1		31.1	250
45F13D13L05C05	27.8	コーンC	19.1		19.0	103
45F13D13L07C05	38.4	コーンC	37.5		30.3	143
45F13D13L10C05	46.7	コーンC	76.6		51.4	214
00F13D19L05C10	54.1	在来型		57.8	57.8	93
45F13D19L05C03	33.2	コーンC	40.9		30.1	133
45F13D19L05C10	56.9	コーンA	40.9		66.5	534
45F13D19L05C05	41.7	コーンC	40.9		40.5	221
45F13D19L07C05	62.9	コーンC	80.2		64.8	305
45F13D19L10C05	98.4	コーンC	164		110	456
00F18D13L05C10	42.2	在来型		33.6	33.6	54.0
45F18D13L05C03	20.2	コーンC	23.7		17.5	77.1
45F18D13L05C10	31.8	コーンA	23.7		38.6	310
45F18D13L05C05	30.6	コーンC	23.7		23.5	128
45F18D13L07C05	43.5	コーンC	46.5		37.6	177
45F18D13L10C05	53.6	アンカー筋破断	95.0		63.8	265
00F18D19L05C10	76.4	在来型		71.7	71.7	115
45F18D19L05C03	46.8	コーンC	50.7		37.3	165
45F18D19L05C10	63.5	コーンA	50.7		82.5	663
45F18D19L05C05	51.1	コーンC	50.7		50.2	274
45F18D19L07C05	79.9	コーンC	99.4		80.3	378
45F18D19L10C05	106	アンカー筋破断	203		136	566

注: は無限大

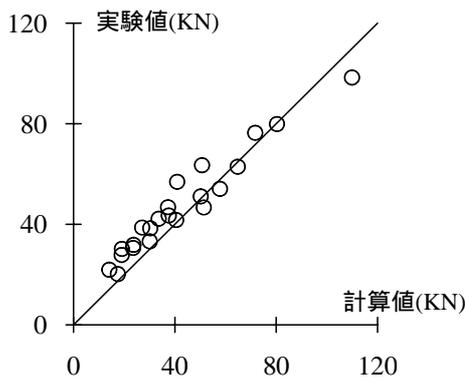


図 - 11 実験値と計算値

6. まとめ

本研究では、施工面に対して傾斜あと施工アンカー単体の引張実験を行いコンクリートのコーン状破壊強度の検討を行い、以下の結論を得た。

- 1) 傾斜あと施工アンカーは端あき距離の違いによってコンクリートのコーン状破壊が異なり、端あき距離が長くなるほど最大引張耐力は大きくなる。
- 2) 傾斜あと施工アンカーは埋め込み長さが長くなるほど最大引張耐力は大きくなり、コーン状破壊面も大きくなる。
- 3) 在来型のあと施工アンカーと傾斜あと施工アンカーの最大引張耐力を比較すると在来型のあと施工アンカーのあと施工アンカーの方が最大引張耐力は大きくなる。
- 4) 傾斜あと施工アンカーのコーン状破壊強度はコンクリートの引張強度と有効投影面積を乗じた値で表すことができる。

謝辞

本研究の実施にあたっては、平成 23 年度科学研究費補助金(若手研究(B)課題番号:237603 代表研究者:広島工業大学准教授 貞末和史)および平成 23 年度竹中育英会建築研究助成(代表研究者:広島工業大学大学院生 津吉真人)による助成を受けました。また、あと施工アンカーの固着工事は、東京大学地震研究所の細川洋治氏およびサンコーテクノ(株)による協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 益尾潔, 小宮敏明: 接着接合と間接接合併用技法による鉄骨増設プレースの補強効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, pp1651-1656, 2000.6
- 2) 毛井崇博, 宮内靖昌: 接着接合された鉄骨プレース補強骨組の力学特性, 日本建築学会構造系論文集, 第 539 号, pp103-109, 2001.1
- 3) 菊田繁美, 三輪明広, 中原理輝, 向井幸一: 鋼管をコッターとして用いた耐震補強工法に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp1183-1188, 2008.6
- 4) 貞末和史, 細川洋治, 岡功治, 南宏一: ディスク型アンカーのせん断強度に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.2, pp.1009-1014, 2009.7
- 5) 日本建築防災協会: 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針同解説, 2001.1
- 6) 津吉真人, 貞末和史, 石村光由, 南宏一: 傾斜あと施工アンカーのせん断強度に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.32, No.2, pp.985-990, 2010.7