

# 論文 引張力を受けるディスク型シャキーの力学的挙動と引張耐力評価

石田 雄太郎\*1・坂田 弘安\*2・佐藤 匠\*3・久保田 雅春\*3

**要旨:** 本論文では、引張力を受けるディスク型シャキーの力学的挙動を把握することを目的として、ディスク型シャキーおよびディスク型シャキーを構成するアンカーボルトと鋼製ディスクの引張要素実験を行なった。実験結果より、ディスク型シャキーは通常のアンカーボルトと概ね同等の引張抵抗性能を有することを把握した。また、ディスク型シャキーの引張耐力は現行の接着系アンカーボルトの引張耐力評価式により十分に安全側で評価できることを確認した。さらに、実際のコンクリートのコーン状破壊曲面やアンカーボルトの付着強度を考慮した評価式では、破壊モードも概ね対応して評価できることを示した。

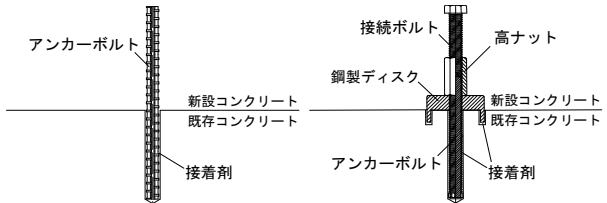
**キーワード:** シャキー, アンカーボルト, 引張耐力, 接合要素, 外付け耐震補強

## 1. 序論

鉄筋コンクリート造建築物の外付け耐震補強には、接合部が破壊しないように十分なせん断耐力と、ずれ変形を極力生じさせないように高い剛性が要求される。外付け耐震補強接合部に用いる接合要素として、一般的に図-1(a)のあと施工アンカーがある。本論文で対象とする図-1(b)のディスク型シャキーはアンカーボルトと鋼製ディスクを併用した複合型のせん断抵抗要素であり、鋼製ディスクの支圧抵抗により、あと施工アンカーに比べて高い剛性とせん断耐力を有する接合要素である。

既往の研究では、ディスク型シャキーを耐震補強接合部に適用した部材実験による検証が行われており、ディスク型シャキーを外付け耐震補強接合部に用いる場合はせん断力のみを負担させることとされている。そこで筆者らは、外付け耐震補強接合部においてディスク型シャキーをより有効に活用するために、引張力とせん断力の複合応力下におけるディスク型シャキーの力学的挙動についてこれまでに検証している<sup>2)</sup>など。しかし、引張力のみが作用する時のディスク型シャキーの詳細な力学的挙動については把握できていないのが現状である。

本論文では、ディスク型シャキーおよびディスク型シャキーを構成するアンカーボルトと鋼製ディスクの引張要素実験を行い、引張力を受けるディスク型シャキーの力学的挙動を把握し、さらに引張耐力の評価について検証することを目的とする。



(a) あと施工アンカー (b) ディスク型シャキー

図-1 外付け耐震補強接合部に用いる接合要素

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体パラメータ

試験体パラメータを表-1に示す。本実験ではディスク型シャキーを構成する各要素の挙動も把握するために、鋼製ディスクの有無、アンカーボルトの有無、アンカーボルトの埋込み長さ  $l_e$  をパラメータとした。また、鋼製ディスクの径  $R_d$  およびアンカーボルトの径  $d_a$  については、1/1スケールで  $R_d=90\text{mm}$ ,  $d_a=20\text{mm}$  とし、1/2スケールの試験体も加えて、計26体の試験体を作製した。

表-1 試験体パラメータ

Specimen	$F_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$R_d$ [mm]	$h, (h_d)$ [mm]	$t$ [mm]	$d_a$ [mm]	$l_e$ [mm]
φ90-M20-4.5da	24	90	42 (19)	6	20	4.5 $d_a$
φ90-M20-6da						6 $d_a$
φ90-M20-7da						7 $d_a$
φ90-M20-10da						10 $d_a$
φ90-M20-12da						12 $d_a$
M20-4.5da	24	-	-	-	20	4.5 $d_a$
M20-6da						6 $d_a$
M20-7da						7 $d_a$
M20-10da						10 $d_a$
M20-12da						12 $d_a$
φ90-1	24	90	42 (19)	6	-	-
φ90-2						-
φ90-3						-
φ45-M10-4.5da	24	45	21 (9.5)	3	10	4.5 $d_a$
φ45-M10-6da						6 $d_a$
φ45-M10-7da						7 $d_a$
φ45-M10-10da						10 $d_a$
φ45-M10-12da						12 $d_a$
M10-4.5da	24	-	-	-	10	4.5 $d_a$
M10-6da						6 $d_a$
M10-7da						7 $d_a$
M10-10da						10 $d_a$
M10-12da						12 $d_a$
φ45-1	24	45	21 (9.5)	3	-	-
φ45-2						-
φ45-3						-

$F_c$ : コンクリートの設計基準強度,  $R_d$ : 鋼製ディスクの径,  $h$ : 鋼製ディスクの高さ,  $h_d$ : 鋼製ディスクの埋込み深さ,  $t$ : 鋼製ディスクの埋込み部の厚さ,  $d_a$ : アンカーボルトの径,  $l_e$ : アンカーボルトの埋込み長さ

\*1 飛島建設株式会社 耐震ソリューション部 博士(工学) (正会員)

元東京工業大学 環境・社会理工学院 建築学系 大学院生 / 日本学術振興会 特別研究員 DC1

\*2 東京工業大学 環境・社会理工学院 建築学系 教授 工学博士 (正会員)

\*3 飛島建設株式会社 耐震ソリューション部 (正会員)

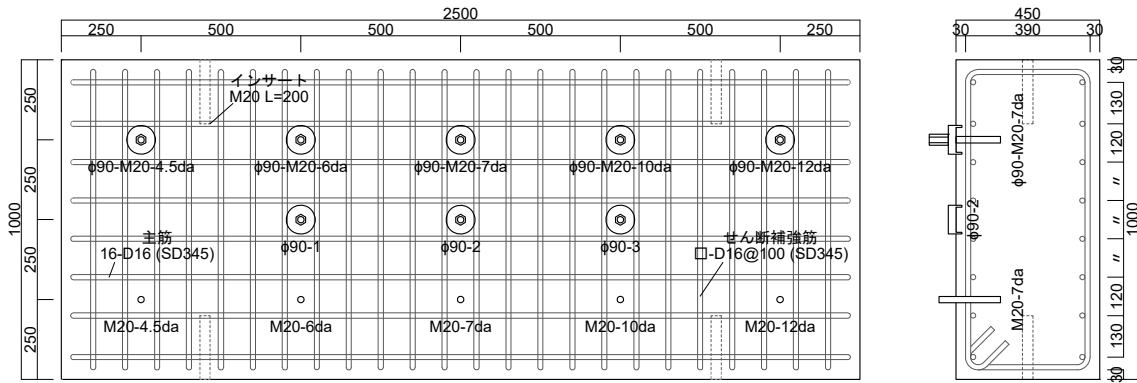


図-2 試験体の施工位置 (1/1 スケール, 単位 : [mm])

## 2.2 試験体詳細

試験体の施工位置を図-2, コンクリートの材料諸元を表-2, 鋼材の材料諸元を表-3に示す。また, 本実験では表-4に示す材料諸元を満たす接着剤を使用した。

図-2に示す 2500mm×1000mm×450mm の鉄筋コンクリート部材を2体作製し, 試験体はスケールごとに鉛直方向に施工した。試験体は湿式コアドリルを用いて接合面を穿孔し, 十分に乾燥させた後にエポキシ系注入式の接着剤を用いて定着した。また試験体の間隔は, 各種合成構造設計指針<sup>3)</sup>を参考にして, 埋込み長さが最も大きい  $l_e=12d_a$  におけるコンクリートのコーン状破壊曲面の有効水平投影面積  $A_c$  (直径 500mm の円) を求め, ディスク型シャキーとアンカーボルトの試験体はコーン状破壊曲面が重ならないように 500mm 間隔で施工した。なお, 鋼製ディスクの試験体は図-2に示すようにディスク型シャキーとアンカーボルトの試験体の間に施工した。

## 2.3 荷重方法及び計測計画

荷重装置を図-3に示す。まずスクリージャッキを4台配置し, 荷重装置が水平となるように高さを調整した後に荷重装置を設置した。荷重装置にはセンターホールジャッキ, ロードセル, 球座を取付け, そこに接続ボルトを通して試験体に接続した。荷重は単調荷重とし, 試験体が引き抜けるまで行なった。

変位計の取付け位置を図-4に示す。高感度変位計を用いて試験体の鉛直変位(接合面からの拔出)を二箇所計測し, その平均値を  $\delta_v$  とした。

表-2 コンクリートの材料諸元

Series	$F_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_B$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_c$ [ $\mu$ ]	$E_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]
φ90 series	24	23.8	1,800	27,500	2.12
φ45 series		22.9	1,760	26,600	2.03

$F_c$ : 設計基準強度,  $\sigma_B$ : 圧縮強度,  $\epsilon_c$ : 圧縮強度時のひずみ,  $E_c$ : ヤング係数,  $\sigma_t$ : 割裂強度

表-3 鋼材の材料諸元

Type of steel	$\sigma_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_y$ [ $\mu$ ]	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$EL$ [%]
M20	376	584	4,930	199,000	9.4
M10	352	583	4,090	189,000	20.0
D16	387	560	2,770	184,000	18.1

※鋼製ディスクは S45C, 高ナットは SWCH のものを使用  
 $\sigma_y$ : 降伏強度,  $\sigma_u$ : 引張強度,  $\epsilon_y$ : 降伏ひずみ,  $E_s$ : ヤング係数,  $EL$ : 伸び

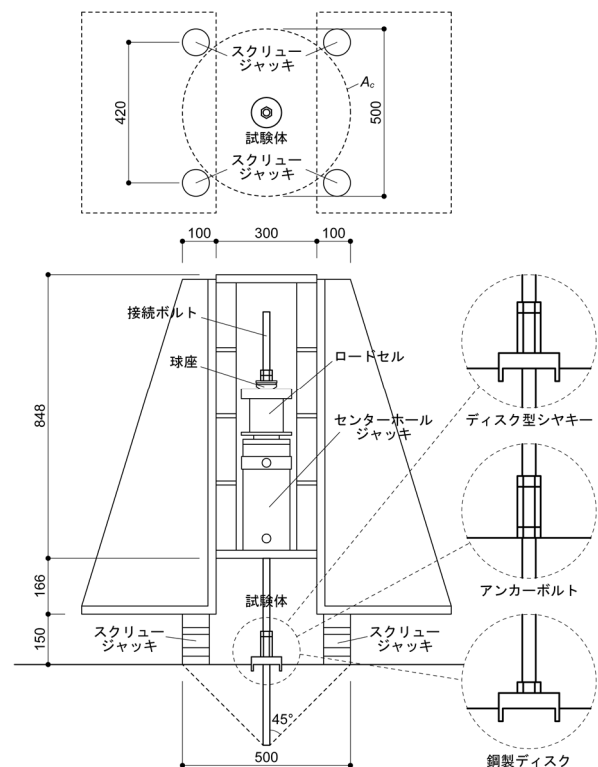


図-3 荷重装置 (単位 : [mm])

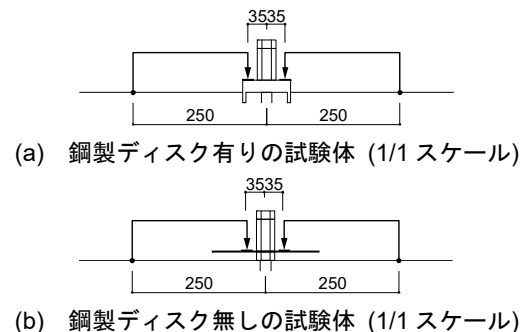


図-4 変位計取付け位置 (単位 : [mm])

表-4 接着剤の材料諸元

Type of adhesive	$d_{ac}$ [-]	$\sigma_{at}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{ab}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{ac}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_{ac}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Epoxy resin	1.34	44.3	67.7	110.0	2,220

$d_{ac}$ : 比重,  $\sigma_{at}$ : 引張強さ,  $\sigma_{ab}$ : 曲げ強さ,  $\sigma_{ac}$ : 圧縮降伏強度,  $E_{ac}$ : 圧縮弾性率

### 3. 実験結果

#### 3.1 最終破壊状況

まず、ディスク型シヤキーの最終破壊状況を写真-1に示す。 $l_e=4.5d_a, 6d_a$ の試験体は、接合面から $2d_a$ 程度を境に破壊性状が異なっており、接合面から $2d_a$ までの範囲ではコンクリートのコーン状破壊、 $2d_a$ より大きい範囲ではアンカーボルトの付着破壊がみられた。一方で、 $l_e=10d_a, 12d_a$ の試験体は接合面から $1\sim 2d_a$ 程度の位置でアンカーボルトが破断した。 $l_e=7d_a$ の試験体は各スケール

で破壊モードが異なった。

次に、アンカーボルトの最終破壊状況を写真-2に示す。アンカーボルトの最終破壊状況はM20-4.5daを除いてディスク型シヤキーと概ね同様の結果であった。M20-4.5daは接合面近傍でコンクリートのコーン状破壊がみられず、アンカーボルトの付着破壊のみがみられた。

最後に、鋼製ディスクの最終破壊状況を写真-3に示す。全ての試験体において、接合面から $2d_a$ 程度の範囲でコンクリートのコーン状破壊がみられた。

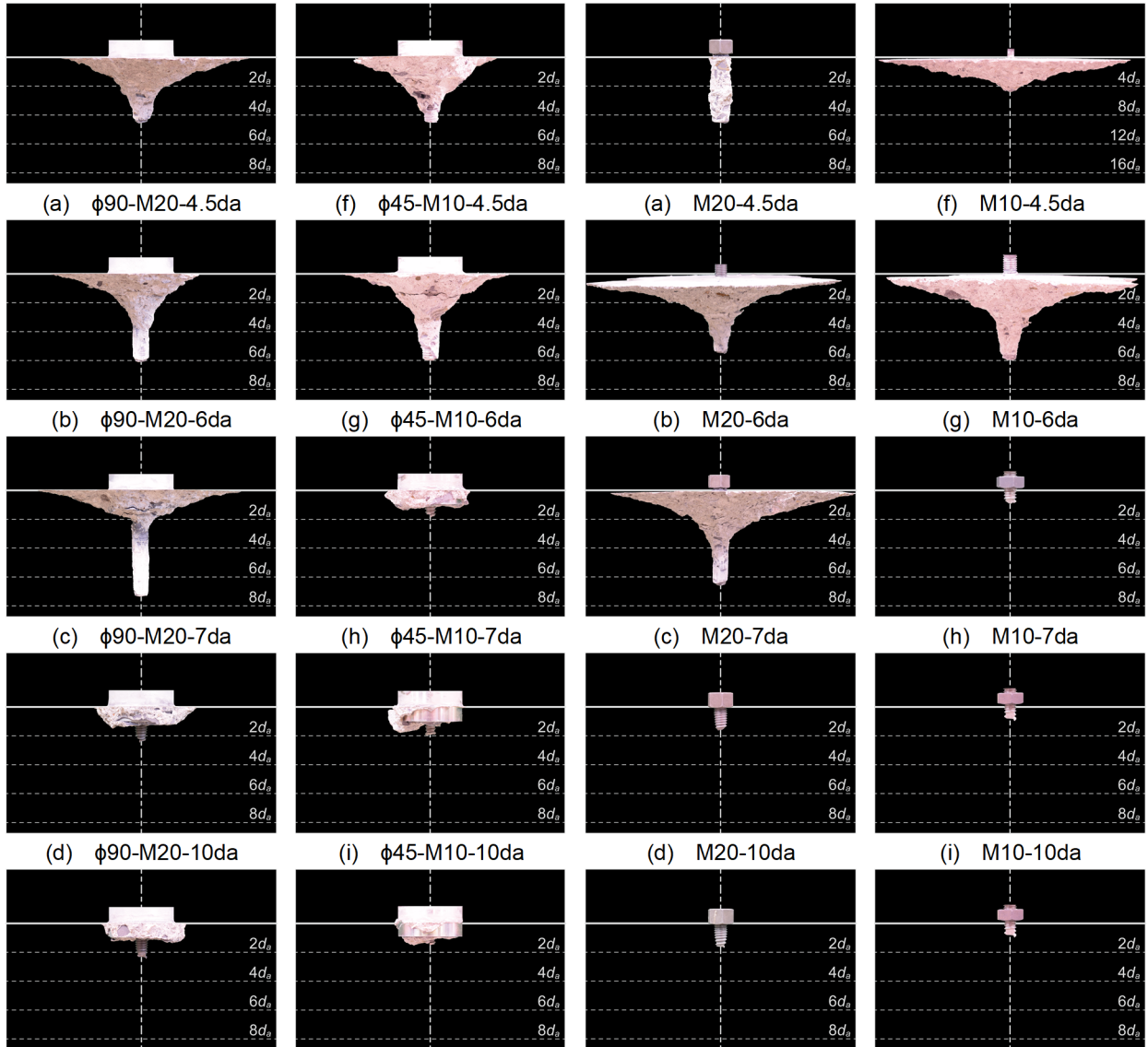


写真-1 最終破壊状況 (ディスク型シヤキー)

写真-2 最終破壊状況 (アンカーボルト)

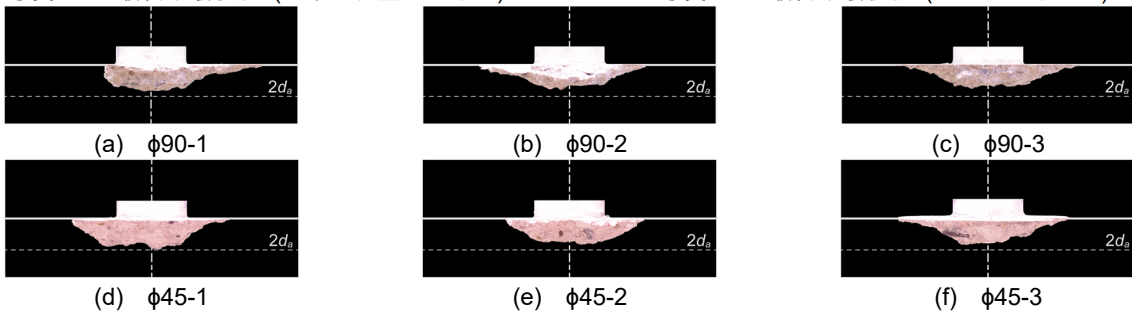


写真-3 最終破壊状況 (鋼製ディスク)

### 3.2 引張力-鉛直変位関係

各試験体の引張力  $T$ -鉛直変位  $\delta_v$  関係を鋼製ディスクの有無により比較したものを図-5, 埋込み長さにより比較したものを図-6, 鋼製ディスクの同パラメータの試験体3体で比較したものを図-7に示す。

図-5より, ディスク型シヤキーとアンカーボルトでは剛性や最大耐力, 最大耐力時の鉛直変位が全ての試験

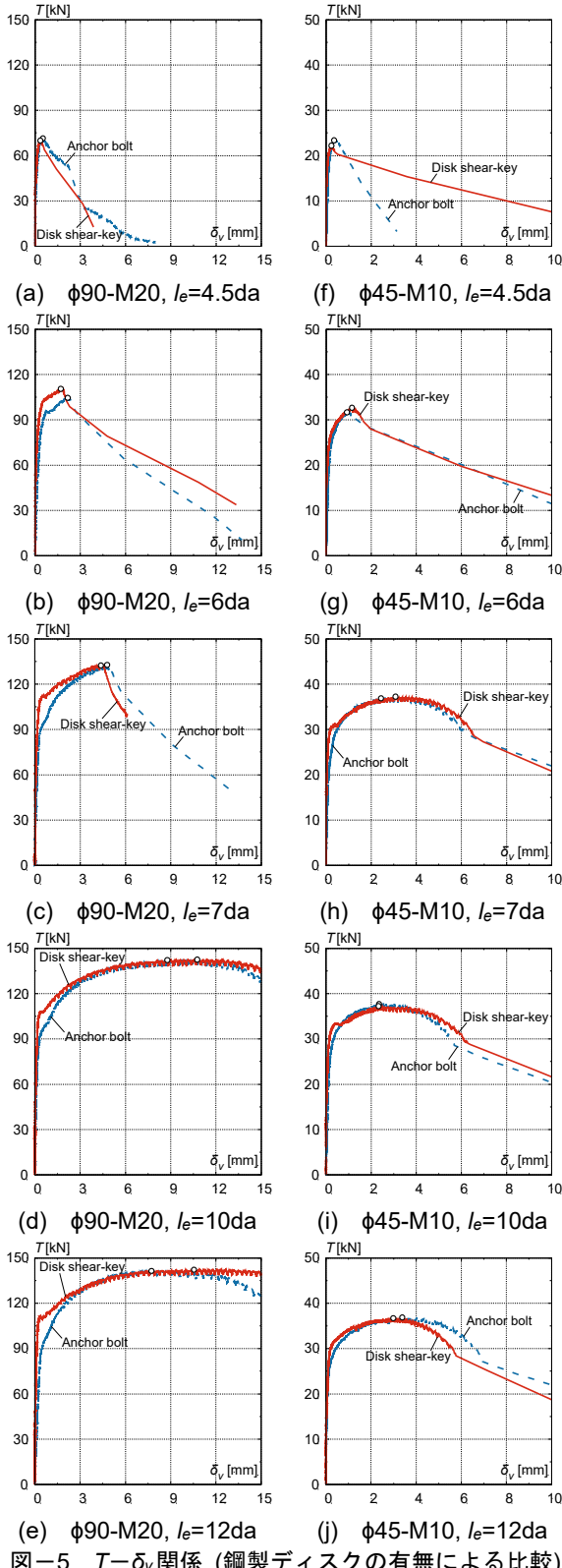


図-5  $T-\delta_v$ 関係 (鋼製ディスクの有無による比較)

体で概ね等しいことが確認できる。これは前述のとおり, 鋼製ディスクの有無によらず接合面から  $2d_a$  程度までの範囲でコンクリートのコーン状破壊が生じるためである。したがって, ディスク型シヤキーは通常のアンカーボルトと同等の引張抵抗性能を有しているといえる。

図-6より,  $l_e=10d_a$ 以上の試験体は破壊モードがアンカーボルトの破断となるため概ね等しく, 最大耐力到達後に緩やかに耐力が低下する。一方で,  $l_e=6d_a$ 以下の試験体は破壊モードがコンクリートのコーン状破壊やアンカーボルトの付着破壊となるため, 最大耐力到達後に急激に耐力が低下する。 $l_e=7d_a$ の試験体では,  $\phi 90$ -M20-7daとM20-7daはコンクリートのコーン状破壊とアンカーボルトの付着破壊の混合破壊,  $\phi 45$ -M10-7daとM10-7daはアンカーボルトの破断となり, 破壊モードが異なるため各スケールで挙動が異なる。したがって, ディスク型シヤキーに引張力を負担させる場合はあと施工アンカーと同様に  $l_e=10d_a$ 以上とすることが望ましいといえる。

図-7より,  $\phi 45$ シリーズは試験体3体でばらつきはみられなかった。一方,  $\phi 90$ シリーズは荷重順序による影響で, 他の試験体と接合面近傍のコンクリートのコーン状破壊曲面が重なったことにより,  $\phi 90$ -1と $\phi 90$ -2の耐力が低下しており, 3体でばらつきが生じた。

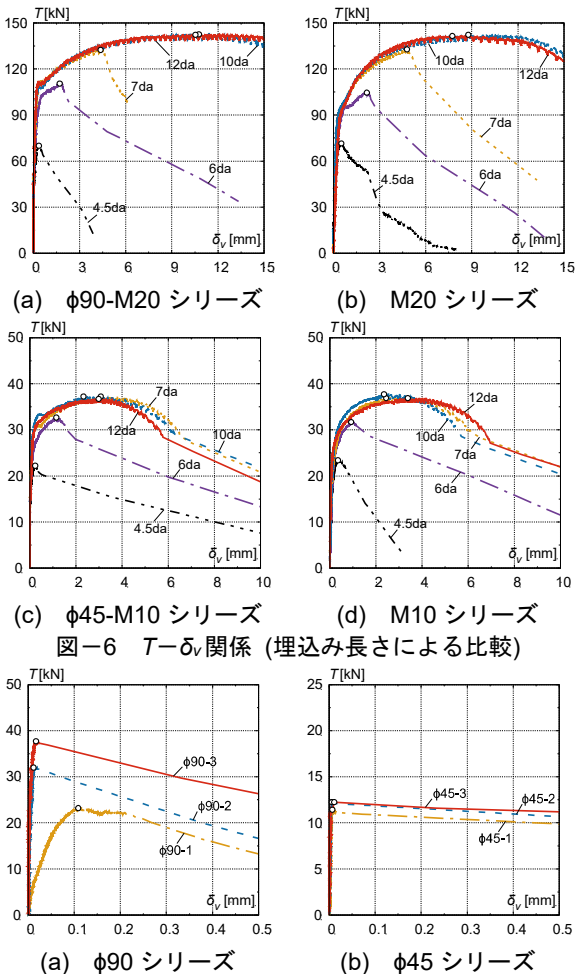


図-6  $T-\delta_v$ 関係 (埋込み長さによる比較)

図-7  $T-\delta_v$ 関係 (鋼製ディスクの試験体3体の比較)

#### 4. ディスク型シャキーの引張耐力評価

##### 4.1 現行の評価式との対応

ディスク型シャキーとアンカーボルトの試験体 20 体の実験結果と現行の評価式の対応を検証する。現行の評価式として、各種合成構造設計指針<sup>3)</sup>に示されている接着系アンカーボルトの引張耐力評価式を以下に示す。

・接着系アンカーボルトの引張耐力  $T_{cal}$

$$T_{cal} = \min(T_1, T_3) \quad (1)$$

・アンカーボルトの母材降伏耐力  $T_1$

$$T_1 = \sigma_y \cdot s_c a \quad (2)$$

・アンカーボルトの付着破壊耐力  $T_3$

$$T_3 = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce} \quad (3)$$

$$\tau_a = \alpha \cdot \tau_{bavg} \quad (4)$$

ここに、 $\sigma_y$  はアンカーボルトの降伏強度[N/mm<sup>2</sup>],  $s_c a$  はアンカーボルトの公称断面積[mm<sup>2</sup>],  $\tau_a$  は接着系アンカーボルトの付着強度[N/mm<sup>2</sup>],  $d_a$  はアンカーボルトの径(呼び径)[mm],  $l_{ce}$  は接着系アンカーボルトの強度算定用の埋込み長さ(=  $l_e - 2d_a$ )[mm],  $\tau_{bavg}$  は接着系アンカーボルトの設計で用いる基本平均付着強度<sup>3)</sup>(=  $7\sqrt{\sigma_B/21}$ )[N/mm<sup>2</sup>],  $\alpha$  はへりあきによる低減係数(本実験では 1.0)である。

現行の評価式による計算値  $T_{cal}$  と実験値  $T_{exp}$  の対応を図-8 に示す。実験値  $T_{exp}$  は現行の評価式による計算値  $T_{cal}$  に対して 1.5~4.0 倍程度大きく、十分に安全側で評価可能であることが確認できる。

##### 4.2 ディスク型シャキーの引張耐力と破壊モード

本節では、実験結果をより精度よく評価するように現行の接着系アンカーボルトの引張耐力評価式を改良する。

まず、本実験では接合面近傍でコンクリートのコーン状破壊が確認されたため、接着系アンカーボルトの設計では通常扱わないコンクリートのコーン状破壊耐力について検討する。頭付きアンカーボルト等に適用されるコンクリートのコーン状破壊耐力評価式<sup>3)</sup>を以下に示す。

・コンクリートのコーン状破壊耐力  $T_2$

$$T_2 = c\sigma_t \cdot A_c \quad (5)$$

$$A_c = \pi \cdot l_{ce}'(l_{ce}' + D) \quad (6)$$

ここに、 $c\sigma_t$  はコーン状破壊に対するコンクリートの引張強度[N/mm<sup>2</sup>](ここでは  $c\sigma_t = \sigma_t$ )、 $A_c$  はコーン状破壊面の有効水平投影面積[mm<sup>2</sup>],  $l_{ce}'$  は頭付きアンカーボルトの強度算定用の埋込み長さ(=  $l_e$ )[mm],  $D$  はアンカーボルト頭部の直径(=  $d_a$ )[mm]である。

式(6)はアンカーボルトの先端から 45 度の角度でコーン状の破壊曲面が生じる時の有効水平投影面積である。しかし、3.1 節で示したように、本実験のディスク型シャキーおよびアンカーボルトの試験体では、埋込み長さによらず接合面から  $2d_a$  程度の範囲でコンクリートのコーン状破壊が確認された。よって、接合面から  $2d_a$  の位置

より 45 度の角度でコーン状破壊曲面が生じると仮定した時の有効水平投影面積を  $A_c'$  とし、式(7a)より算出する。

また、鋼製ディスクの試験体では、鋼製ディスク底面とその縁から概ね 45 度の角度でコーン状破壊曲面が生じていたことから、式(7b)より算出する。

$$A_c' = 0.5 \cdot 2\sqrt{2}d_a \cdot (2\pi \cdot 2d_a) - \pi \left(\frac{d_a}{2}\right)^2$$

$$= \pi d_a^2 \left(4\sqrt{2} - \frac{1}{4}\right) = 5.41\pi d_a^2 \quad (7a)$$

$$A_c = \pi \cdot h_d(h_d + R_d) + \pi \left(\frac{R_d}{2}\right)^2 \quad (7b)$$

次に、接着系アンカーボルトの付着強度  $\tau_a$  について検討する。通常的设计では付着強度の下限値を評価する  $7\sqrt{\sigma_B/21}$ (有機系注入式の場合)が用いられ<sup>3)</sup>、本実験の 1/1 スケールの試験体では 7.45N/mm<sup>2</sup>、1/2 スケールの試験体では 7.31N/mm<sup>2</sup> となる。これらに対して、本実験で唯一アンカーボルトの付着破壊となった M20-4.5da の実験結果から付着強度を算出すると 12.65N/mm<sup>2</sup> となり(写真-2(a)の最終破壊状況より  $l_{ce}=l_e$  として算出)、 $7\sqrt{\sigma_B/21}$  より大きい値となる。以上より、表-4 と同等の材料特性を有する接着剤を用いることを前提として、式(4)の  $\tau_a$  を 12.65N/mm<sup>2</sup> として算出する。

以上の2点を考慮し、コンクリートのコーン状破壊耐力を  $T_2'$ 、アンカーボルトの付着破壊耐力を  $T_3'$  とした時の計算値  $T_{cal}'$  と実験値  $T_{exp}$  の対応を図-9、実験結果および算出結果の一覧を表-5 に示す。改良した評価式では 1.0~2.0 倍程度で実験値を評価できる。また、想定される破壊モードについても、現行の評価式に比べて多くの試験体で実験結果と対応している。ここで、ディスク型シャキーとアンカーボルトの試験体ではコーン状破壊耐力  $T_2'$  が最も小さくなるが、3.1 節の最終破壊状況を踏まえると、コーン状破壊が生じた後にアンカーボルトの破断または付着破壊で耐力を発揮すると推定される。

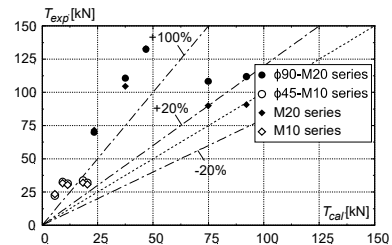


図-8 現行の評価式と実験結果の対応

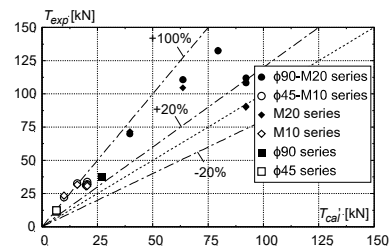


図-9 改良した評価式と実験結果の対応

表-5 実験結果および算出結果の一覧

Specimen	実験結果			現行の評価式 <sup>3)</sup> による算出結果				改良した評価式による算出結果				
	$T_{exp}$ [kN]	$\delta_v _{T_{exp}}$ [mm]	F.M. [-]	$T_1$ [kN]	$T_3$ [kN]	$T_{cal}$ [kN]	F.M. [-]	$T_1$ [kN]	$T_2'$ [kN]	$T_3'$ [kN]	$T_{cal}'$ [kN]	F.M. [-]
φ90-M20-4.5da	69.9	0.35	(2)→(3)	92.1	23.4	23.4	(3)	92.1	14.4	39.7	39.7	(2)→(3)
φ90-M20-6da	110.6	1.70	(2)→(3)		37.5	37.5	(3)			63.6	63.6	(2)→(3)
φ90-M20-7da	132.5	4.37	(2)→(3)		46.8	46.8	(3)			79.5	79.5	(2)→(3)
φ90-M20-10da	142.6 (108.3)	10.76 (0.36)	(1)		74.9	74.9	(3)			127.2	92.1	(2)→(1)
φ90-M20-12da	142.3 (111.9)	10.53 (0.35)	(1)		93.6	92.1	(1)			159.0		(2)→(1)
M20-4.5da	71.5	0.52	(3)	92.1	23.4	23.4	(3)	92.1	14.4	39.7	39.7	(2)→(3)
M20-6da	104.5	2.16	(2)→(3)		37.5	37.5	(3)			63.6	63.6	(2)→(3)
M20-7da	132.8	4.79	(2)→(3)		46.8	46.8	(3)			79.5	79.5	(2)→(3)
M20-10da	142.3 (90.0)	8.78 (0.29)	(1)		74.9	74.9	(3)			127.2	92.1	(2)→(1)
M20-12da	141.5 (90.7)	7.73 (0.47)	(1)		93.6	92.1	(1)			159.0		(2)→(1)
φ90-1	23.2	0.11	(2)	-	-	-	-	27.3	-	27.3	(2)	
φ90-2	32.0	0.01	(2)									(2)
φ90-3	37.7	0.02	(2)									(2)
φ45-M10-4.5da	22.2	0.23	(2)→(3)	20.4	5.7	5.7	(3)	20.4	3.4	9.9	9.9	(2)→(3)
φ45-M10-6da	32.7	1.15	(2)→(3)		9.2	9.2	(3)			15.9	15.9	(2)→(3)
φ45-M10-7da	37.2 (31.4)	3.08 (0.39)	(1)		11.5	11.5	(3)			19.9	19.9	(2)→(3)
φ45-M10-10da	37.2 (33.7)	2.33 (0.45)	(1)		18.4	18.4	(3)			31.8	20.4	(2)→(1)
φ45-M10-12da	36.8 (32.0)	2.98 (0.38)	(1)		23.0	20.4	(1)			39.7		(2)→(1)
M10-4.5da	23.4	0.35	(2)	20.4	5.7	5.7	(3)	20.4	3.4	9.9	9.9	(2)→(3)
M10-6da	31.7	0.93	(2)→(3)		9.2	9.2	(3)			15.9	15.9	(2)→(3)
M10-7da	36.9 (30.4)	2.44 (0.50)	(1)		11.5	11.5	(3)			19.9	19.9	(2)→(3)
M10-10da	37.7 (32.0)	2.35 (0.46)	(1)		18.4	18.4	(3)			31.8	20.4	(2)→(1)
M10-12da	36.9 (30.7)	3.38 (0.50)	(1)		23.0	20.4	(1)			39.7		(2)→(1)
φ45-1	11.4	0.01	(2)	-	-	-	-	6.5	-	6.5	(2)	
φ45-2	12.3	0.01	(2)									(2)
φ45-3	12.3	0.01	(2)									(2)

$T_{exp}$ : 引張耐力(実験値), 括弧内は降伏耐力,  $\delta_v|_{T_{exp}}$ :  $T_{exp}$  時の鉛直変位(括弧内は降伏耐力時の鉛直変位), F.M.: 破壊モード(1)アンカーボルトの母材降伏, (2)コンクリートのコーン状破壊, (3)アンカーボルトの付着破壊,  $T_{cal}$ ,  $T_{cal}'$ : 引張耐力(計算値),  $T_1$ : アンカーボルトの降伏耐力,  $T_2'$ : コンクリートのコーン状破壊耐力,  $T_3$ ,  $T_3'$ : アンカーボルトの付着破壊耐力  
 ※母材降伏となった試験体については実験結果から推定される降伏耐力で評価

5. 結論

本論文では、ディスク型シャキーおよびディスク型シャキーを構成する各要素の引張要素実験を行い、以下の知見を得た。

- (1) アンカーボルトの埋込み長さコンクリート強度が同じ場合、ディスク型シャキーも通常のアンカーボルトと概ね等しい引張抵抗性能を有する。
- (2) ディスク型シャキーにおいても  $l_e=7d_a$  ではコンクリートのコーン状破壊とアンカーボルトの付着破壊の混合破壊となる場合があるため、引張力を負担させる場合は通常のアンカーボルトと同様にアンカーボルトの母材降伏となる  $l_e=10d_a$  以上を確保することが望ましい。
- (3) 接着系アンカーボルトの付着強度は、設計上では  $7\sqrt{\sigma_B/21}$  (本実験では  $7.31\sim 7.45\text{N/mm}^2$ ) が用いられるが、付着破壊となった試験体 M20-4.5da の引張耐力から算出した付着強度は  $12.65\text{N/mm}^2$  であり、設計用の付着強度よりも大きい値となる。
- (4) ディスク型シャキーの引張耐力は現行の接着系アンカーボルトの引張耐力評価式を用いて十分に安全側で評価できる。また、実際のコンクリートのコーン状破壊曲面やアンカーボルトの付着強度を考慮した評価式を用いると、破壊モードも概ね対応して評価できる。

今後の課題として、引張耐力をさらに精度よく評価するために、接合面近傍におけるコンクリートのコーン状破壊曲面について詳細に検討を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は、JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(JPMJP1723)によるものです。また、室蘭工業大学・高瀬裕也准教授、国土技術政策総合研究所・毎田悠承氏より大変貴重なご助言をいただきました。ここに記して深い謝意を表します。

参考文献

- 1) 高瀬裕也, 阿部隆英, 佐藤貴志, 尾中敦義, 池田隆明: ディスク型シャキーの増設スラブの接合部への適用性と耐力評価, 一鋼製ディスクとアンカーボルトを併用した耐震補強用シャキーに関する研究一, 日本建築学会構造系論文集, Vol.80, No.708, pp.297-307, 2015.2
- 2) 石田雄太郎, 坂田弘安, 高瀬裕也, 毎田悠承, 佐藤匠, 久保田雅春: 一定引張力下におけるディスク型シャキーのせん断耐力, 日本建築学会関東支部研究報告集, Vol.89, pp.533-536, 2019.3
- 3) 日本建築学会: 各種合成構造設計指針・同解説, 2010.11