

# 論文 既存建物袖壁付き柱の補強に関する群アンカーの実験的研究

伴 幸雄\*1・山本 泰稔\*2・近藤 龍哉\*3・大和 征良\*4

**要旨:** 本研究は既存袖壁付き柱を鉄骨枠付き補強パネルにより増し厚補強する工法の部分要素実験として行なった。本論文のアンカー要素試験体は基礎梁の構面内にあと施工アンカーを鉛直に埋め込んだ鉛直打設型モデルである。実験は変形角制御にて正負漸増繰返し交番載荷し、耐力性能と変形性能を検証した。鉛直打設型における、耐力・破壊モードの評価について、アンカーの埋込み深さ・定着長さだけでなく、基礎梁あばら筋と鉄骨枠の関与があることを明らかにし、耐力および破壊の判別方法について提案し、鉄骨枠の効果を考慮した場合の破壊部位判定式係数を  $\alpha = 2.0$  と仮定したとき、概ね実験結果と符合することを確認した。

**キーワード:** 袖壁付き柱, 住まいながら補強, あと施工アンカー, 基礎梁影響, 実験研究

## 1. はじめに

既存RC造中層集合住宅の長辺方向の構面は袖壁付き柱が多い。この袖壁付き柱に建物外側から「住まいながら補強」として補強パネルを取り付けて、せん断耐力の上昇と変形性能の向上を狙うものである。<sup>1)</sup>

補強パネルの4辺は鉄骨枠(山形鋼)で、これに縦横筋を溶接配筋する。鉄骨枠にはアンカー留め付け用に穿孔を施す。既存枠(柱・上下梁)に接着系アンカーで留め付ける。その後モルタルを圧入する。

今回の実験では、アンカー要素試験体は基礎梁の構面内にアンカーを鉛直に埋め込んだ水平接合部を想定したモデルと、構面外にアンカーをせん断型に埋め込んだ鉛直接合部を想定したモデルの2種類とした。本報は、鉛直に埋め込んだモデルについて報告する。本論文では、既存との接合におけるあと施工アンカーの評価方法の確認実験結果を記す。実験結果の分析にあたって、アンカー筋の抵抗が、せん断抵抗より引張力を受けることによる埋め込み部および定着部のコンクリート破壊が支配的であったことから、群アンカーが主に引張応力を受けた時の挙動として、既往の評価式の使用<sup>2)</sup>、類似した部位の評価式の準用、破壊メカニズムの想定などをもとに群アンカーの設計の考え方を検討した。

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体

試験体は、あと施工アンカーを鉛直に埋め込んで、主に垂直応力に抵抗するようにしたもの16体である。変動因子として、アンカー筋径、アンカー本数、有効埋め込み深さ、加力点高さを変動因子にした。表-1に試験

表-1 試験体諸元

試験体	アンカー筋		埋込形式	埋込深さ (mm)	定着長さ (mm)	加力高さ (mm)
	呼び名	本数				
①	D16	2本 2列	鉛直型	10da	10da	2300
②				15da		
③	D19	2本 2列		10da		
④				15da		
⑤	D16	3本 2列		10da		
⑥				15da		
⑦	D19	2本 2列		10da		
⑧				15da		
⑨	D16	2本 2列		10da	10da	1150
⑩				15da		
⑪	D19	2本 2列		10da		
⑫				15da		
⑬	D16	3本 2列	10da			
⑭			15da			
⑮	D19	2本 2列	10da			
⑯			15da			

※ da…アンカー筋径 (呼び名mm)

体名称とその諸元を記す。

試験体の形状と配筋詳細を図-1に示す。また、材料強度を表-2と表-3に記す。各試験体は基礎梁に2枚の補強パネルを加力方向に対して表裏対称に接着系あと施工アンカーで留め付けた。これは、試験体が構面外に変形することを抑止する目的と、群アンカーとして挙動する状況を検証する目的から行った。なお、加力高さに対して補強パネルの幅が450mmと小さいことから、曲げ応力に対するせん断力の影響は小さいと考え、アンカー筋には曲げによる圧縮と引張の応力のみ作用すると考えている。

\*1 矢作建設工業株式会社 地震工学技術研究所 主席研究員 (正会員)

\*2 芝浦工業大学 名誉教授 博士(工学) (正会員)

\*3 工学院大学 工学部建築学科 准教授 博士(工学) (正会員)

\*4 日本ヒルティ株式会社 マーケティング本部 テクニカルエンジニア 修士(工学)

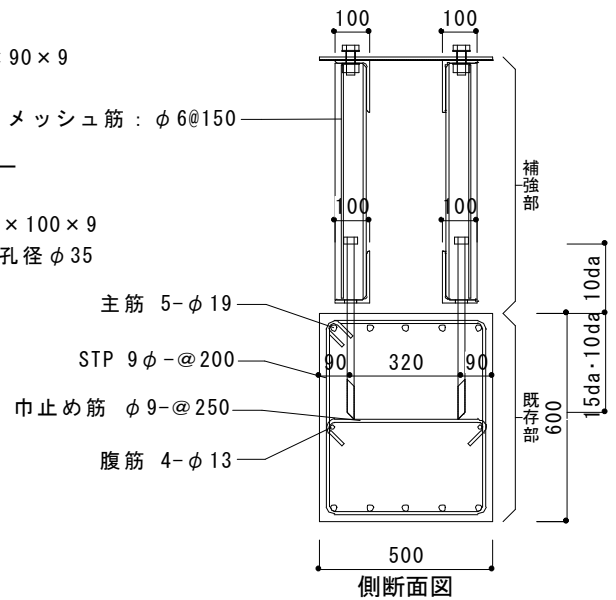
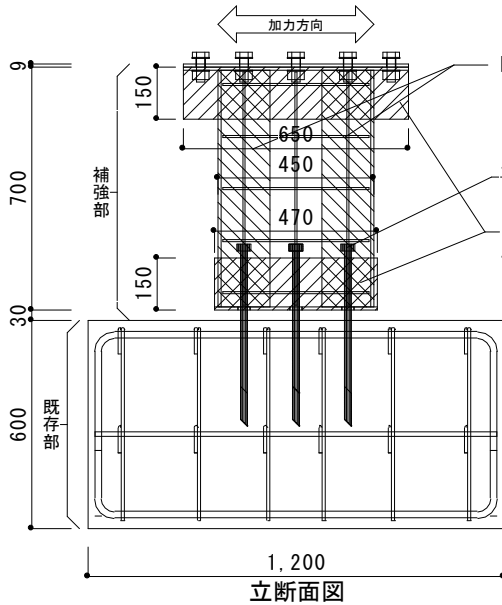
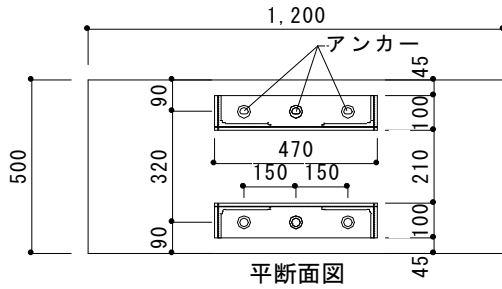


図-1 鉛直型試験体図

表-2 コンクリート系材料試験結果

	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	割裂強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング率 (N/mm <sup>2</sup> )
既存部	21.6	2.0	24077
補強部	73.4	5.6	27153

※既存部はコンクリート、補強部はモルタルである

表-3 鉄筋材料試験結果

	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング率 (N/mm <sup>2</sup> )	使用部位
D19	374.8	555.2	186857	アンカー
D16	370.7	529.5	189063	アンカー
D6	407.6	517.1	190014	壁筋
φ19	321.7	449.9	203817	既存主筋
φ9	351.5	450.5	192545	既存 st

## 2.2 加力

加力装置の概要を図-2に示す。試験体の支持は基礎梁を加力装置下枠架台に留め付けた。加力点は接合面(基礎梁と補強パネルの界面)から2300mmと1150mmに加力高さを変動させて、接合面に生じる曲げモーメントとせん断力の割合を変えた。

加力の変位制御で行った。補強パネルの部材角で±1/500rad, ±1/250rad, ±1/125rad, ±1/83rad, ±1/63rad, ±1/50rad, +押切を1サイクル正負交番漸増加力した。

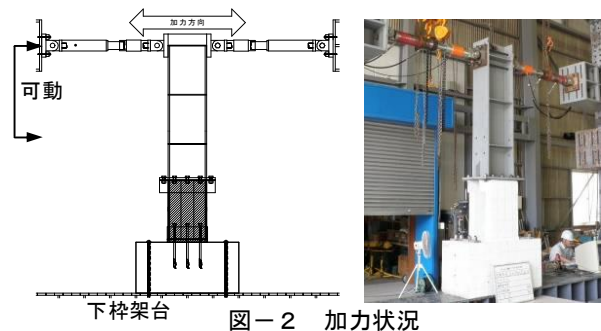


図-2 加力状況

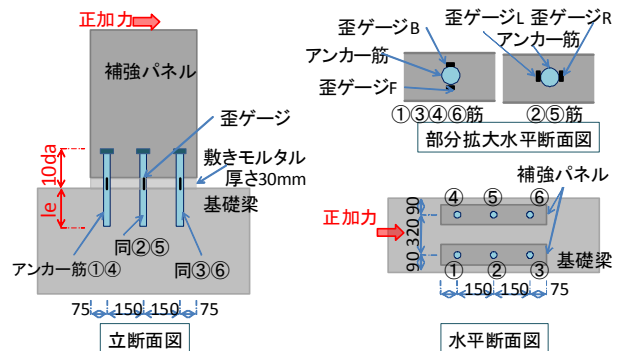


図-3 歪みゲージ貼付位置とアンカー筋番号

## 2.3 計測

計測は基礎梁を不動点とし、基礎梁に対する補強パネルの変位量を計測した他、アンカー筋のひずみ状況を観測した(図-3)。

### 3. 実験結果

代表的な結果（損傷写真・Q-R 図）を写真-1、図-4に示す。試験体は加力を受けて基礎梁と補強パネルの接合面にはせん断力と曲げモーメントが生じる。これらの応力に対し、以下の検討を行う。

- i) アンカー筋①, ②, ④, ⑤の正加力時歪状況について加力値との関係を検討する。〔アンカー筋①, ②, ④, ⑤は、正加力時引張力を受ける〕
- ii) 樹脂系あと施工アンカーの引張耐力の設計値と最大強度の実験値を比較・検討する。
- iii) 定着部の設計強度の考え方を記す。〔試験体の幾つかは補強パネル側でアンカー筋の定着部が破壊した（写真-1 b）参照。〕
- iv) アンカー筋を埋め込んだ基礎梁側で埋め込んだアンカー筋の先端を連ねるように割れ裂けを生じたことに対する考え方を記す。
- v) 樹脂系あと施工アンカーの設計、補強パネル定着部の破壊、基礎梁の割れ裂けの考え方を総合的に考察して、樹脂系あと施工群アンカーの実験結果を報告する。

#### 3.1 あと施工アンカーの軸歪の状況

正加力時に引張力を受けるアンカー筋①とアンカー筋②（図-3参照）の歪状況の代表例（試験体⑫, ⑯）を図-5に加力値（ $Q_c$ ）と併記して示す。また、最大強度時の前後のひずみ状況を表-4にまとめて記す。

アンカー筋は最大強度以前に既に降伏しているもの（「既降伏」と表記）や、最大強度時に降伏に至らないもの（「未降伏」と表記）、および最大強度時に降伏したもの（「降伏」と表記）があり、試験体の最大強度とアンカー筋の降伏に明確な相関は見られない。これより、アンカー筋の降伏現象のみで、最大強度を評価することは不合理と考える。

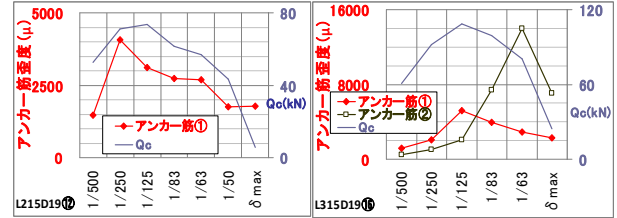
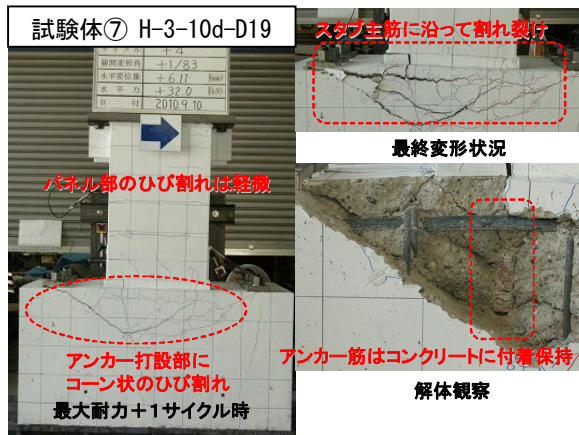


図-5 アンカー筋の歪状況

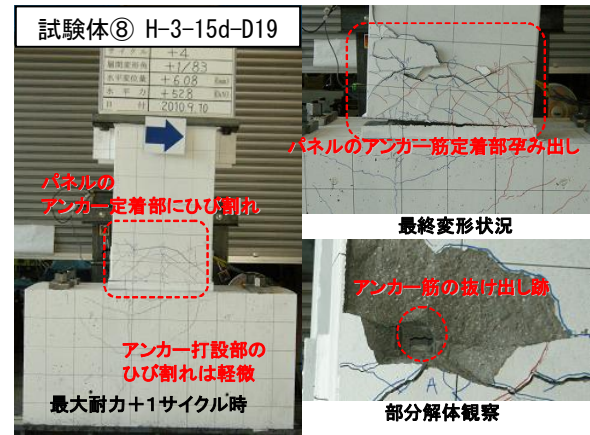
表-4 最大強度前後のアンカー筋の歪状況と破壊形式

試験体名	アンカー筋	有効埋め込み	歪状況		破壊場所	最大耐力時変形角(rad)
			アンカー筋①	アンカー筋②		
①	D16	10da	既降伏	--	定着部	1/83
②	D16	15da	既降伏	--	定着部	1/83
③	D19	10da	降伏	--	埋め込み部	1/250
④	D19	15da	既降伏	--	定着部	1/125
⑤	D16	10da	未降伏	未降伏	埋め込み部	1/250
⑥	D16	15da	既降伏	降伏	定着部	1/125
⑦	D19	10da	未降伏	未降伏	埋め込み部	1/125
⑧	D19	15da	既降伏	降伏	定着部	1/83
⑨	D16	10da	既降伏	--	埋め込み部	1/125
⑩	D16	15da	既降伏	--	定着部	1/125
⑪	D19	10da	未降伏	--	埋め込み部	1/250
⑫	D19	15da	既降伏	--	定着部	1/125
⑬	D16	10da	降伏	未降伏	埋め込み部	1/250
⑭	D16	15da	既降伏	既降伏	定着部	1/83
⑮	D19	10da	未降伏	未降伏	埋め込み部	1/250
⑯	D19	15da	降伏	降伏	定着部	1/125

凡例「既降伏」:最大強度時に降伏「降伏」:最大強度時に降伏「未降伏」:最大強度時に未降伏「埋め込み部」:アンカー筋をスタブに埋め込んだ側が破壊「定着部」:アンカー筋をパネルに定着した側が破壊

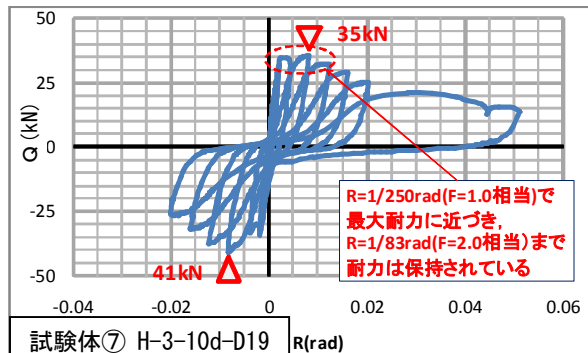


a) 埋め込み部破壊 (10da 埋め込み)

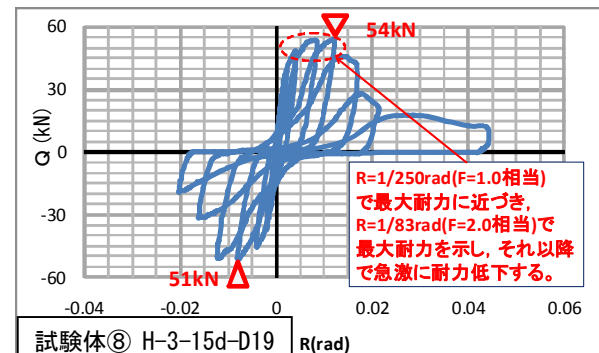


b) 定着部破壊 (15da 埋め込み)

写真-1 最終変形状況 (代表例)



a) 埋め込み部破壊 (10da 埋め込み)



b) 定着部破壊 (15da 埋め込み)

図-4 実験結果 (代表例)

### 3.2 あと施工アンカーの引張耐力設計値

あと施工アンカーの引張耐力の設計値<sup>2)</sup>を基に、破壊形式毎の試験体強度を計算して実験結果と比較した(表-5)。計算では、曲げモーメントの支持点位置を接合面の補強パネル圧縮側端(図-7参照)とし、引張応力中心は1列1本の際はアンカー筋の位置とした。1列2本の際は2本の間中点とした。また、アンカー筋破断強度での設計値も(Ta1', calQc1')として記した。

図-6に群アンカーの引張り有効水平投影面積の扱い例を示す。1本のアンカーに対して有効水平投影面積は赤破線で囲まれた矩形内で、かつ、青線で示す円内とした。

表-5で試験体強度の設計値と実験値を比較して見ると、破壊モードがアンカー筋の軸降伏で決まる設計値を実験値を超えるものや、コンクリート破壊モード(以降「C破壊」と表記)を実験値が下回るものがある。逆に上回るものもある。これらより、アンカー要素試験体の耐力をアンカーの引張耐力のみで推定することは不合理と考える。

### 3.3 あと施工アンカーの定着部強度

試験体の半数がアンカー筋を補強パネルに定着した部分で破壊した。破壊の様子は引張力を受けるアンカーのC破壊に類似していたことより、金属系あと施工アンカーの引張耐力の計算法を準用して定着強度の計算し実験結果と比較した(表-6)。なお、添え字に定着強度を意味する「f」を付記した。

図-7にアンカー筋の補強パネルへの定着状況を示す。ナット付きで定着長さは首下10daである。C破壊の想定面を45°とし、有効水平投影面積を計算した。

試験体の有効水平投影面積の算定例を図-8に示す。計算要領は3.2節で示した図-6の算定と同様である。

表-6で、設計強度と実験値を比較する。設計値では補強パネルがC破壊となるが実験値はこれより大きい。この要因として、定着部は補強パネルの枠鉄骨が存在すること、補強パネル内に配筋があることなどが挙げられる。よって、定着部の強度はC破壊モードの計算値に比べて大きな値となっていると考えられる。

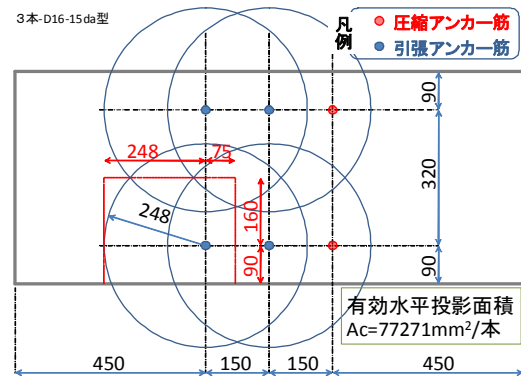


図-6 群アンカーの有効水平投影面積の扱い

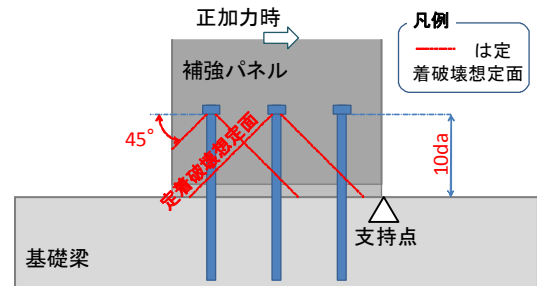


図-7 アンカー筋の補強パネルへの定着状況と定着破壊想定面

表-5 あと施工アンカーの引張耐力設計値から換算した試験体の耐力と実験結果の比較

試験体名		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	備考
樹脂系あと引張耐力	アンカー筋	D16		D19		D16		D19		
	埋込み深さ	10da	15da	10da	15da	10da	15da	10da	15da	
	引張アンカー本数(n)	2		2		4		4		
	Ta(kN)	73.8	73.8	97.0	107.6	58.7	73.8	68.5	95.7	
	Ta1(kN)	<b>73.8</b>	<b>73.8</b>	107.6	<b>107.6</b>	73.8	<b>73.8</b>	107.6	107.6	
	Ta1'(kN)	105.3	105.3	159.3	159.3	105.3	105.3	159.3	159.3	
	Ta2(kN)	77.5	125.1	<b>97.0</b>	151.2	<b>58.7</b>	82.6	<b>68.5</b>	<b>95.7</b>	
	Ta3(kN)	81.6	122.3	115.0	172.5	81.6	122.3	115.0	172.5	
τa(N/mm²)	10.14									
試験体設計強度	h(mm), j(mm)	h: 加力高さ(2300), j: パネル圧縮縁とアンカー筋中心間距離(n=2→373, n=4→300)								
	calQc1(kN)=Ta1*n*j/h	24.1	24.1	35.1	35.1	38.5	38.5	56.2	56.2	軸降伏
	calQc1'(kN)=Ta1'*n*j/h	34.3	<b>34.3</b>	51.9	51.9	54.9	54.9	83.1	83.1	軸破断
	calQc2(kN)=Ta2*n*j/h	<b>25.3</b>	40.8	<b>31.6</b>	<b>49.3</b>	<b>30.6</b>	<b>43.1</b>	<b>35.8</b>	<b>49.9</b>	C破壊
	calQc3(kN)=Ta3*n*j/h	26.6	39.9	37.5	56.3	42.6	63.8	60.0	90.0	付着
	testQcu(kN)	<b>26.0</b>	<b>29.0</b>	<b>32.8</b>	<b>37.8</b>	<b>33.0</b>	<b>41.0</b>	<b>35.3</b>	<b>53.8</b>	実験値
※赤文字が設計最小値										
試験体名		⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	備考
試験体設計強度	h(mm), j(mm)	h: 加力高さ(2300), j: パネル圧縮縁とアンカー筋中心間距離(n=2→373, n=4→300)								
	calQc1(kN)=Ta1*n*j/h	48.1	48.1	70.2	70.2	77.0	77.0	112.3	112.3	軸降伏
	calQc1'(kN)=Ta1'*n*j/h	68.7	<b>68.7</b>	103.9	103.9	109.8	109.8	166.2	166.2	軸破断
	calQc2(kN)=Ta2*n*j/h	<b>50.5</b>	81.6	<b>63.2</b>	<b>98.6</b>	<b>61.2</b>	<b>86.2</b>	<b>71.5</b>	<b>99.8</b>	C破壊
	calQc3(kN)=Ta3*n*j/h	53.2	79.8	75.0	112.5	85.1	127.7	120.0	180.0	付着
	testQcu(kN)	<b>52.8</b>	<b>56.0</b>	<b>67.0</b>	<b>73.8</b>	<b>66.8</b>	<b>86.0</b>	<b>78.3</b>	<b>108.5</b>	実験値

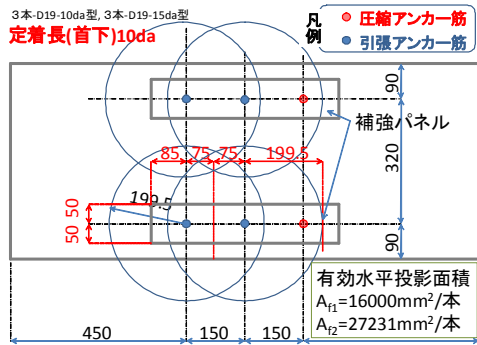


図-8 定着部有効水平投影面積

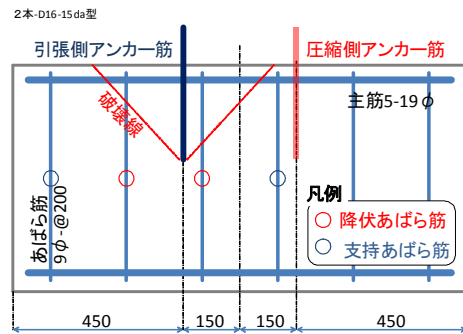


図-9 拘束効果を発揮する基礎梁あばら筋想定範囲

表-6 あと施工アンカーの定着部強度から換算した試験体の耐力と実験結果の比較

試験体名		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	備考	
アンカー ①強度	アンカー筋	D16		D19		D16		D19			
	定着長さ	10da	10da	10da	10da	10da	10da	10da	10da		
	引張アンカー本数(n)	2				4					
	Taf1(kN)	49.6	49.6	55.9	55.9	31.7	31.7	31.7	31.7	設計値	
	Taf1'(kN)	73.8	73.8	107.6	107.6	73.8	73.8	107.6	107.6	軸降伏	
	Taf1''(kN)	105.3	105.3	159.3	159.3	105.3	105.3	159.3	159.3	軸破断	
Taf2(kN)	49.6	49.6	55.9	55.9	31.7	31.7	31.7	31.7	C破壊		
$\tau_a(N/mm^2)$	18.78										
アンカー ②強度	Taf(kN)	/				47.6	47.6	53.9	53.9	設計値	
	Taf1(kN)					73.8	73.8	107.6	107.6	軸降伏	
	Taf1'(kN)					105.3	105.3	159.3	159.3	軸破断	
	Taf2(kN)					47.6	47.6	53.9	53.9	C破壊	
	$\tau_a(N/mm^2)$					18.78					
試験体 設計	h(mm), j(mm)	h:加力高さ(2300), j:パネル圧縮縁とアンカー筋中心間距離(n=2→373, n=4→300)									
	calQcf1(kN)=Taf1*n*j/h	24.1	24.1	35.1	35.1	38.5	38.5	56.2	56.2	軸降伏	
	calQcf1'(kN)=Taf1'*n*j/h	34.3	34.3	51.9	51.9	54.9	54.9	83.1	83.1	軸破断	
	calQcf2(kN)=Taf2*n*j/h	16.2	16.2	18.2	18.2	20.7	20.7	22.3	22.3	C破壊	
	testQcu(kN)	26.0	29.0	32.8	37.8	33.0	41.0	35.3	53.8	実験値	

試験体名		⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	備考	
試験体 設計	h(mm), j(mm)	h:加力高さ(2300), j:パネル圧縮縁とアンカー筋中心間距離(n=2→373, n=4→300)									
	calQc1(kN)=Taf1*n*j/h	48.1	48.1	70.2	70.2	77.0	77.0	112.3	112.3	軸降伏	
	calQc1'(kN)=Taf1'*n*j/h	68.7	68.7	103.9	103.9	109.8	109.8	166.2	166.2	軸破断	
	calQc2(kN)=Taf2*n*j/h	32.3	32.3	36.5	36.5	41.4	41.4	44.7	44.7	C破壊	
	testQcu(kN)	52.8	56.0	67.0	73.8	66.8	86.0	78.3	108.5	実験値	

### 3.4 あと施工アンカーを埋め込んだ基礎梁の強度

あと施工アンカーは基礎梁に埋め込んだ。よって、あと施工アンカーの破壊モードのうち「C破壊」であっても、アンカー筋の周囲に付着したコンクリート塊が基礎梁上端主筋に拘束され、引張側アンカー筋の抜け出しを抑制する。その結果、上端筋の拘束効果はあばら筋の引張力に起因し、アンカー埋め込み部分の破壊モードのうちC破壊は基礎梁あばら筋の拘束効果が影響すると考え

た。図-9に、各試験体のアンカー埋め込み部コンクリート破壊時に拘束効果を発揮する基礎梁あばら筋の範囲想定例を示す。C破壊の線を引張側アンカー筋の先端から45度線に採り、その一つ外側にあるあばら筋まで(図-9中、赤○印・青○印)が拘束効果を発揮すると考えた。表-7の「基礎梁破壊」の値は拘束効果を発揮するあばら筋の総断面積に降伏強度および最大強度を乗じた値である。

表-7 あばら筋の拘束効果を考慮した基礎梁破壊の設計値と実験結果の比較

試験体名		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	備考	
強 度 筋	アンカー筋	D16		D19		D16		D19			
	埋込み深さ	10da	15da	10da	15da	10da	15da	10da	15da		
	本数(n)	8	8	8	10	10	10	10	10		
設 計 強 度 試 験 体	h(mm), j(mm)	h:加力高さ(2300), j:パネル圧縮縁とアンカー筋中心間距離(n=2→373, n=4→300)									
	cQcsy(kN)=n*σ <sub>y</sub> *a <sub>s</sub> *j/h	29.2	29.2	29.2	36.4	29.2	29.2	29.2	29.2	降伏	
	cQcsu(kN)=n*σ <sub>u</sub> *a <sub>s</sub> *j/h	37.4	37.4	37.4	46.7	37.4	37.4	37.4	37.4	破断	
	testQcu(kN)	26.0	29.0	32.8	37.8	33.0	41.0	35.3	53.8	実験値	
試験体名		⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	備考	
設 計 強 度 試 験 体	h(mm), j(mm)	h:加力高さ(2300), j:パネル圧縮縁とアンカー筋中心間距離(n=2→373, n=4→300)									
	cQcsy(kN)=n*σ <sub>y</sub> *a <sub>s</sub> *j/h	58.3	58.3	58.3	72.9	58.3	58.3	58.3	58.3	降伏	
	cQcsu(kN)=n*σ <sub>u</sub> *a <sub>s</sub> *j/h	74.7	74.7	74.7	93.4	74.7	74.7	74.7	74.7	破断	
	testQcu(kN)	52.8	56.0	67.0	73.8	66.8	86.0	78.3	108.5	実験値	

σ<sub>y</sub>:降伏強度351N/mm<sup>2</sup>, σ<sub>u</sub>:引張強度450N/mm<sup>2</sup>, a<sub>s</sub>:あばら筋断面積63.6mm<sup>2</sup>

表-8 群アンカーの強度計算値と実験結果の比較

試験体名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	備考	
アンカー筋	D16	D16	D19	D19	D16	D16	D19	D19	アンカー筋	
引張側アンカー筋本数	2	2	2	2	4	4	4	4		
有効埋め込み深さ	10da	15da	10da	15da	10da	15da	10da	15da		
定着長	10da	10da	10da	10da	10da	10da	10da	10da		
埋め込み部破壊	calQc1(kN)	24.1	24.1	35.1	35.1	38.5	38.5	56.2	軸降伏	
	calQc1'(kN)	34.3	<b>34.3</b>	51.9	51.9	54.9	54.9	83.1	軸破断	
	calQc2(kN)	25.3	40.8	<b>31.6</b>	<b>49.3</b>	30.6	<b>43.1</b>	35.8	<b>49.9</b>	コンクリート
	calQc3(kN)	<b>26.6</b>	39.9	37.5	56.3	42.6	63.8	60.0	90.0	付着
基礎梁破壊	cQcsy(kN)	<b>29.2</b>	29.2	29.2	36.4	<b>36.4</b>	36.4	<b>36.4</b>	36.4	降伏
	cQcsu(kN)	37.4	37.4	37.4	46.7	46.7	46.7	46.7	46.7	破断
定着部破壊	calQcf2(kN)	<b>16.2</b>	<b>16.2</b>	18.2	<b>18.2</b>	20.7	<b>20.7</b>	22.3	<b>22.3</b>	コンクリート
testQcu(kN)	<b>26.0</b>	<b>29.0</b>	<b>32.8</b>	<b>37.8</b>	<b>33.0</b>	<b>41.0</b>	<b>35.3</b>	<b>53.8</b>	実験結果	
損傷部位	定着部	定着部	基礎梁	定着部	基礎梁	定着部	基礎梁	定着部		
最大耐力時変形角(rad)	1/83	1/83	1/250	1/125	1/250	1/125	1/125	1/83		
破壊部位判定式(kN)	<b>26.6</b>	<b>32.3</b>	<b>31.6</b>	<b>36.5</b>	<b>36.4</b>	<b>41.4</b>	<b>36.4</b>	<b>44.7</b>		$\alpha=2.0$
試験体名	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	備考	
アンカー筋	D16	D16	D19	D19	D16	D16	D19	D19	アンカー筋	
引張側アンカー筋本数	2	2	2	2	4	4	4	4		
有効埋め込み深さ	10da	15da	10da	15da	10da	15da	10da	15da		
定着長	10da	10da	10da	10da	10da	10da	10da	10da		
埋め込み部破壊	calQc1(kN)	48.1	48.1	70.2	70.2	77.0	77.0	112.3	112.3	軸降伏
	calQc1'(kN)	68.7	<b>68.7</b>	103.9	103.9	109.8	109.8	166.2	166.2	軸破断
	calQc2(kN)	50.5	81.6	<b>63.2</b>	<b>98.6</b>	<b>61.2</b>	<b>86.2</b>	<b>71.5</b>	<b>99.8</b>	コンクリート
	calQc3(kN)	<b>53.2</b>	79.8	75.0	112.5	85.1	127.7	120.0	180.0	付着
基礎梁破壊	cQcsy(kN)	<b>58.3</b>	58.3	58.3	72.9	58.3	58.3	58.3	58.3	降伏
	cQcsu(kN)	74.7	74.7	74.7	93.4	74.7	74.7	74.7	74.7	破断
定着部破壊	calQc2(kN)	32.3	<b>32.3</b>	36.5	<b>36.5</b>	41.4	<b>41.4</b>	44.7	<b>44.7</b>	コンクリート
testQcu(kN)	<b>52.8</b>	<b>56.0</b>	<b>67.0</b>	<b>73.8</b>	<b>66.8</b>	<b>86.0</b>	<b>78.3</b>	<b>108.5</b>	実験結果	
損傷部位	基礎梁	定着部	基礎梁	定着部	基礎梁	定着部	基礎梁	定着部		
最大耐力時変形角(rad)	1/125	1/125	1/250	1/125	1/250	1/63	1/250	1/125		
破壊部位判定式(kN)	<b>53.2</b>	<b>64.7</b>	<b>63.2</b>	<b>72.9</b>	<b>61.2</b>	<b>82.7</b>	<b>71.5</b>	<b>89.3</b>		$\alpha=2.0$

3.5 群アンカーの性能評価結果

表-8は表-5, 表-6, 表-7の計算結果と実験結果を比較して表記した。合わせて, 損傷が顕著だった部位を記した。

最大耐力および破壊部位の評価方法として実験考察より, 関与項目を①アンカー強度 (i.埋込み部コンクリート破壊 ii.付着破壊 iii.軸破断), ②基礎梁破壊, ③定着部破壊とし判別式を創案した。

補強パネルの定着部の破壊 =  $\alpha \times$  定着部破壊

$$< \min \{ \max (埋込み部コンクリート破壊, 基礎梁破壊), 付着破壊, 軸破断 \}$$

基礎梁の破壊 =  $\alpha \times$  定着部破壊

$$> \min \{ \max (埋込み部コンクリート破壊, 基礎梁破壊), 付着破壊, 軸破断 \}$$

この破壊部位判定式で  $\alpha=2.0$  程度とみて試験体の強度を算定すると概ね実験結果と符合する。

4. まとめ

今回の実験の範囲で, 以下の知見が得られた。

- ・アンカー筋の軸降伏は群アンカーの耐力性能に関わりが小さい。

- ・群アンカーを埋め込んだ側 (基礎梁) の強度はコンクリート破壊と基礎梁のあばら筋の降伏を比較して大きな方を採用する。なお, この値とアンカー筋の引張り強度, 付着強度のうち最も小さいものが群アンカーの埋め込み側の引張り強度である。
- ・群アンカーの補強パネル内の定着強度は金属系アンカーの引張り強度式を準用する。なお, 補強パネルの鉄骨枠の包含効果, および, 補強パネルの縦横筋の効果を加味して計算値の2倍を群アンカーの定着強度の設計値とできる。
- ・群アンカーの埋め込み側の引張り強度と群アンカーの定着強度の比較で, 群アンカーの引張り強度と破壊形式を判定できる。

参考文献

- 1) 近藤龍哉, 伴幸雄, 加藤三晴, 山本泰稔: 既存建物袖壁付き柱のせん断補強に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, pp997-1002, 2010.7
- 2) 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, (財)日本建築防災協会, 2001年改訂版

謝辞

本実験に際し, 工学院大学の学生諸子の協力を得た。ここに謝意を表す。