# 論文 既存RC梁と増設耐震壁の薄鋼板インサート接着接合工法について

立石 妙子\*1・河村 博之\*2・古賀 啓子\*3

要旨:既存フレームに耐震壁を接合する工法について研究を進めているが,薄鋼板をコン クリートにインサート接着接合してせん断力を伝達する工法を考え,コンクリート圧縮強 度 <sub>B</sub>を変えた場合,薄鋼板形状を変えた場合,コンクリートのへりあきを変えた場合の力 学的性状について検討した。その結果,最大せん断荷重時の破壊形状は,ほとんど薄鋼板 底面からのコンクリートの V 型溝破壊であり,この破壊水平投影面積からせん断耐力が推 定できることを示した。本工法で設計する場合, <sub>B</sub>=24MPa の時,仮定破壊水平投影面積 当りのせん断強さ ucA(24)は,実験から得られた下限値 3.3MPa をとればよい。 キーワード:耐震補強,薄鋼板,工ポキシ樹脂,接着接合,インサート

1. はじめに

建物の耐震補強方法として,RC耐震壁やS 造枠付き筋かいの増設による補強方法が最も多 く利用されているが,我々は既存フレームとの 接合部を,接着剤と薄鋼板で接合する方法につ いて研究を進めている。接着接合工法としては 図-1に示す(1)表面接着型(2)やといざね型が 考えられるが,昨年は施工が簡単な表面接着型 について実験を行い,大梁と耐震壁を想定した コンクリート部材の側面に薄鋼板を接着した場 合の力学的性状について報告した<sup>1)</sup>。しかし, この方法では,コンクリート表層破壊強さ以上 の接合部の耐力は期待できないことが分かった。 そこで接合部位置に薄鋼板をインサートするや



図 - 1 既存大梁と増設耐震壁の接合部詳細

\*1 東和大学教授 工学部建設工学科 (正会員)
\*2 九州産業大学教授 工学部建築学科 工博 (正会員)
\*3 九州産業大学助手 工学部総合機器センター 工博

といざね型の接合方法について部分抽出実験を 行い、その力学的性状を検討したので報告する。

2.実験

2.1 実験の種類と供試体形状

実験はコンクリート圧縮強度 B(以降 Bと する)を変えた場合(実験 A)・みがき薄鋼板の形 状(接着深さd,接着長さL,薄鋼板厚さt)を 変えた場合(実験 B)・コンクリートへりあき e を変えた場合(実験 C)について行った。

供試体形状は図 - 2 に示すように既存大梁と 増設耐震壁を想定した 20cm×20cm×コンクリ ート部材長さ Lc(薄鋼板接着長さ L=30cm の場 合 60 cm, L =50cm の場合 80cm, L=70 cm の場 合 100cm)のコンクリート部材の接合面に薄鋼 板をインサートし,コンクリートと薄鋼板の接 触面を接着剤で固定した。

インサート薄鋼板接合部には,薄鋼板端部の コンクリート支圧抵抗の影響が入らないように するため,薄鋼板の両端部とコンクリート部材 の間に幅2cmインサート深さ(d=1,2,3cm)と同じ 深さの縁を切るための溝を設けた。



図-2 供試体形状と載荷・測定位置図



図-3 載荷要領

#### 2.2 供試体の作製

2 体のコンクリート部材は接合面が底面にな るように型枠を作製し、レディミクストコンク リート(砂 5mm 以下,砕石 20mm 以下)を打 設,3日後に脱型した。その後,コンクリート 部材の中央位置に薄鋼板をインサートするため の溝(幅約 t +2mm,深さ約 d+1mm)を丸のこであ けたのち,7日間空中養生した。接着する前に, コンクリート部材の剥離剤用油分をふき取り, 粉や埃は掃除機で取り除き,薄鋼板の接着部分 は布にしみ込ませたアセトンで埃などをふきと る。接着剤はコンクリートと薄鋼板を組み合わ せた簡易な試験方法2)により求めた,表層破壊 の場合,引張せん断接着強さが平均3.18MPaの エポキシ樹脂系パテ状シール材を使用した。接 着方法は,コンクリート部材の溝と薄鋼板の両 面に接着剤を塗り,直ちに下側部材に薄鋼板を インサートし, さらに上側部材をそっと上から 降ろし接合した。接着は主剤と硬化剤を混合し てから接着までの時間が 15~20 分で終了する ように,1体分づつ練り混ぜた。上下2体のコ ンクリート部材接合面は、薄鋼板のみが接合す るように,部材間に 1mm 厚のビニールシート を敷き絶縁した。接着後の固定はコンクリート 自重で行い,実験室で7日間空中養生した。

3	実験A(	₀を変えた場合)
	(	$\mathbf{D} = \mathbf{c} = \mathbf{c} + \mathbf{c} + \mathbf{c} + \mathbf{c}$

3.1 目的と実験方法

既存大梁と増設耐震壁の接合部耐力はコンク リート部材のせん断破壊荷重より若干上回るよ うに設計すればよいことは既に報告した<sup>1)</sup>。 <sup>®</sup>が高くなれば接合部のせん断耐力も大きく なる。接合部のせん断耐力と Bの関係を検証 するために実験Aで6種類の Bについてせん 断実験を行った。実験Aの場合,同じ強度のコ ンクリート量が少量であるため,0.1m<sup>3</sup>容量の 練り混ぜ機で作製した。また載荷実験日につい ては,薄鋼板接着後5日目から毎日コンクリー ト圧縮強度試験を行い,圧縮強度が目標の強度 に達した時点で実験を行ったため,接着してか

表 - 1 <sub>B</sub>を変えた実験結果

		_	_	Zıtı +亩			
供試体記号	В	P max	Pmax	収壊			
	MPa	kN	mm	π>1Λ			
L30-d2-t0.16-e10- 1		124.6	0.54	а			
L30-d2-t0.16-e10- 2	38.6	120.6	0.65	а			
L30-d2-t0.16-e10- 3		98.2	0.31	а			
L30-d2-t0.16-e10- 4		111.1	0.45	а			
L30-d2-t0.16-e10- 5	32.3	112.6	0.35	а			
L30-d2-t0.16-e10- 6		107.2	0.46	а			
L30-d2-t0.16-e10-7		88.2	0.44	b			
L30-d2-t0.16-e10- 8	31.2	93.9	0.56	a,b			
L30-d2-t0.16-e10- 9		104.0	0.43	a,b			
L30-d2-t0.16-e10-10		92.5	0.35	а			
L30-d2-t0.16-e10-11	25.7	87.5	0.23	а			
L30-d2-t0.16-e10-12		83.5	0.29	а			
L30-d2-t0.16-e10-13		82.3	0.29	а			
L30-d2-t0.16-e10-14	24.0	84.8	0.31	а			
L30-d2-t0.16-e10-15		91.5	0.27	а			
L30-d2-t0.16-e10-16		75.2	0.22	а			
L30-d2-t0.16-e10-17	21.4	84.7	0.31	а			
L30-d2-t0.16-e10-18		91.0	0.41	а			
凡例 供試体記号							
接着長さ	薄鋼板	厚さ	番号				
L30 -d2 -t	0.16	-e10	-1				
「フッー」派で「いうので」							
引張せん新接着強さ 10.0MPa 以上(カタログ値)							
蒲綱板降伏占・ v−195 MPa							
吸収パンパ・0 コノンソート吸收							
b 溥鞝极と接看剤界面破壊							

らの養生期間が一定でない場合も含まれる。載 荷は、梁 - 壁接合部に曲げが加わらないように, 340kN センターホールジャッキを用いて片振り 繰り返し載荷を行った。載荷要領は図 - 3 に示 した。測定は,荷重はロードセルにより静ひず み計で測定し,上下の接合面間のずれ変位量は 電気式変位計を用いて静ひずみ計で測定した。

3.2 実験結果と考察

実験結果については,表-1に供試体記号,

 B,最大荷重 Pmax,最大荷重時変位量 Pmax, 破壊形状の種類を示した。表より Pmax は B
 が高くなるほど大きく,破壊形状はほとんどが コンクリート破壊であった。また,図-4に

<sub>B</sub>と Pmax の関係を示す。グラフより, 接合部 の破壊形状がコンクリート破壊の場合, Pmax は <sub>B</sub>に依存し, ほぼ $\sqrt{-B}$ に比例することが確 認された。



4. 実験 B (薄鋼板形状を変えた場合)

4.1 目的と実験方法

コンクリートにみがき薄鋼板をインサートし た場合,薄鋼板の形状の違いが接着部の強度に どのような影響を与えるかを検討するために, 実験Bでは次の3項目について実験を行った。 (1)インサート深さを変えた場合。せん断補強筋 にぶつからない程度の深さとし,d=1,2,3cmに ついて検討した。(2)薄鋼板の接着長さLを変え た場合。L=30,50,70cmについて実験を行った。 (3)薄鋼板厚さを変えた場合。薄鋼板の面外方向 座屈は厚さが変わればその座屈荷重も変わる。 コンクリートに薄鋼板をインサートした場合の 薄鋼板の厚さが接着部の強度に及ぼす影響を検 証するために,薄鋼板厚さt=0.16,0.32,0.45, 0.6cm について実験を行った。載荷装置,載荷 要領,測定方法とも実験Aと同じとする。

### 4.2 実験結果と考察

実験結果は表 - 2に供試体記号, B,Pmax,

Pmax,破壊形状を示し,図-5にインサート 深さとPmaxの関係を示した。図より深さが増 えればPmaxは大きくなるが深さに比例した増 加ではなかった。これは図-8に示す破壊形状 代表例の破壊水平投影図と側面図からd=1cm の破壊図に比べ,d=3cmの場合は,へりあき が充分でなく側面がわに破壊したため,Pmax が増大しなかったと思われる。これはへりあき

			- 1			
供試体記号	В	P max	Pmax	破壊		
	ΜΡa	k N	mm	形状		
(1)インサート深さdを変えた場合						
L30-d1-t0.16-e10- 1		61.2	0.14	а		
L30-d1-t0.16-e10- 2	24.7	67.3	0.20	а		
L30-d1-t0.16-e10- 3		59.1	0.16	а		
L30-d2-t0.16-e10-19		92.8	0.41	а		
L30-d2-t0.16-e10-20	24.7	90.4	0.54	a,b		
L30-d2-t0.16-e10-21		92.3	0.36	a,b		
L30-d3-t0.16-e10- 1		90.0	0.60	а		
L30-d3-t0.16-e10- 2	24.7	103.2	0.57	а		
L30-d3-t0.16-e10- 3		92.2	0.47	а		
(2) 接着長さLを変	えた場合	ì				
L30-d2-t0.16-e10-22		83.4	0.32	а		
L30-d2-t0.16-e10-23	23.8	84.4	0.47	а		
L30-d2-t0.16-e10-24		91.0	0.40	а		
L50-d2-t0.16-e10- 1		153.7	0.41	а		
L50-d2-t0.16-e10-2	23.8	152.7	0.42	а		
L50-d2-t0.16-e10- 3		155.4	0.42	а		
L70-d2-t0.16-e10- 1		185.0	0.54	а		
L70-d2-t0.16-e10- 2	23.8	192.3	1.15	а		
L70-d2-t0.16-e10- 3		174.5	0.52	а		
(3)薄鋼板厚さtを3	変えた場	合				
L30-d2-t0.16-e10-25		79.6	0.31	а		
L30-d2-t0.16-e10-26	23.9	83.5	0.25	а		
L30-d2-t0.16-e10-27		79.8	0.24	а		
L30-d2-t0.32-e10-1		93.8	0.36	а		
L30-d2-t0.32-e10- 2	23.9	87.5	0.18	а		
L30-d2-t0.32-e10- 3		87.1	0.23	а		
L30-d2-t0.45-e10- 1		79.0	0.13	а		
L30-d2-t0.45-e10- 2	23.9	98.5	0.25	а		
L30-d2-t0.45-e10- 3		100.2	0.19	а		
L30-d2-t0.60-e10- 1		103.6	0.21	а		
L30-d2-t0.60-e10- 2	23.9	101.9	0.30	а		
L30-d2-t0.60-e10-3		95.4	0.23	а		

表 - 2 薄鋼板形状を変えた実験結果

が小さい場合のアンカーボルトの深さと耐力の 関係によく似ている。次に,図-6に接着長さ とPmaxの関係を示した。L=50cmのPmaxは





図 - 6 接着長さと Pmax

図-7 薄鋼板厚さ別の荷重-変位曲線

接着長さ比 50cm / 30cm = 1.67 に大体比例して 大きくなったが 70cm の場合は接着長さ比の約 9 割程度となった。これは一つの要因としては 同時に接着する長さが長いと接着強度のばらつ きが生じたためではないかと思われる。図 - 8 の破壊形状を比較すると,接着長さが長くなる と長さ当りの破壊水平投影面積が小さくなる。 これは加力末端部の広がりが,接着長さが長い 場合,全体に及ぼす影響が小さくなるためであ る。次に,薄鋼板の厚さ別では Pmax は表 - 2 より多少のばらつきはあるが,厚くなれば若干 大きくなる。薄鋼板の厚さ別の荷重 - 変位曲線 の代表例を図 - 7に示した。さらに,荷重を加 え始めた時の荷重 - 変位曲線に原点を通る接線 を破線で記入し,これを初期剛性とした。微小 ではあるが厚いほど大きいことが分かった。し かし,全ての厚さについてコンクリート破壊が 生じていることや薄鋼板が厚くなれば Pmax は 若干増大するが,薄鋼板の質量に比例するほど ではないことから,インサート接着接合に用い る薄鋼板厚さtは,今回のように接合面がほと んど隙間がない場合,0.16cm で充分と思われる。

## 5.実験C(コンクリートへりあきを 変えた場合)

5.1 目的と実験方法

既存フレームに増設耐震壁を接合する場合, 梁幅と耐震壁幅が異なる場合が多く,偏心を余 儀なくされることがある。また増設耐震壁の壁 厚が厚い場合は,ひびわれせん断荷重が大きく なり,接合部の強度も壁厚に応じて大きくする 必要があり,薄鋼板を2列配置することも必要 になる。そこでコンクリートのへりあきと強度 の関係を検証するために,薄鋼板のインサート 深さd=2cm(一定),コンクリートのへりあき eを2,4,5,6,10cmの5種類について実験を行った。 載荷装置,載荷要領,測定方法は実験Aに同じ である。

#### 5.2 実験結果と考察

表 - 3 に供試体記号 , B , Pmax , Pmax , 破壊形状を示した。表より e=10cm を除いた供 試体は ,薄鋼板を 2 列インサートしているため , 接着面積は同じであるが , へりあきが少ない e=2cm は他に比べて Pmax は小さい。図 - 8 に 示す破壊形状図より e=2,4cm の場合はへりあ きが小さいため ,外側がほとんど破壊している。 また , e=6cm の場合は , 内側が先に破壊し , その後で外側が破壊したため , 破壊水平投影面 積が大きくなったと思われる。



図 - 8 実破壊形状の代表例

表 - 3 へりあきを変えた実験結果					
供試体記号	В	P max	Pmax	破壊	
	MPa	kN	mm	까자	
L30-d2-t0.16-e 2-1		99.8	0.19	а	
L30-d2-t0.16-e 2-2	20.3	103.5	0.19	а	
L30-d2-t0.16-e 2- 3		89.8	0.14	а	
L30-d2-t0.16-e 4- 1		139.6	0.28	а	
L30-d2-t0.16-e 4- 2	20.3	121.0	0.32	а	
L30-d2-t0.16-e 4- 3		138.7	0.31	а	
L30-d2-t0.16-e 5- 1		142.5	0.41	а	
L30-d2-t0.16-e 5-2	247	147.5	0.28	а	
L30-d2-t0.16-e 5-3	24.7	146.3	0.33	а	
L30-d2-t0.16-e 5- 4		161.5	0.35	а	
L30-d2-t0.16-e 6- 1		145.3	0.40	а	
L30-d2-t0.16-e 6- 2	20.3	136.8	0.32	а	
L30-d2-t0.16-e 6- 3		123.5	0.56	а	
L30-d2-t0.16-e10-28		102.0	0.34	а	
L30-d2-t0.16-e10-29	24.7	94.0	0.34	а	
L30-d2-t0.16-e10-30		103.0	0.35	а	
L30-d2-t0.16-e10-31		101.5	0.30	а	
L30-d2-t0.16-e10-32	20.3	66.5	0.21	а	
L30-d2-t0.16-e10-33		75.4	0.20	а	

#### 6. 耐力推定のための考察

6.1 実破壊水平投影面積とせん断強さ

接合部のせん断耐力は,コンクリートと接着 剤のせん断接着強さから決まる場合と, コンク リートの破壊強度から決まる場合に分けられる

が,本実験のようにインサート深さが浅い場合 は、コンクリートの破壊水平投影面積によると 考え,検討を行った。

いま,全供試体の Pmax を実験後に測定した 実破壊水平投影面積 Apr で除した値を見かけの コンクリートせん断強さ ucr とし, さらに B による補正として √24 / √ B を乗じて求めた

ucr(24)と実破壊水平投影面積 Apr との関係を 図 - 10 に,実験Aは 印,実験Bは 印,実験 Cは 印で示した。破壊水平投影面積が大きい ものがあるが,これはインサート端のコンクリ ート支圧力の影響をなくすために,薄鋼板の両 端側に縁切り溝を設けたため,薄鋼板の末端部 付近の破壊によって破壊水平投影面積が多くな ったと思われる。

## 6.2 破壊水平投影面積の仮定

実破壊水平投影面積 Apr から破壊水平投影面 積 APA を仮定する。まず,薄鋼板と直交する断 面の破壊形状は実験時破壊形状を実測して求め た平均破壊形状から図 - 9のようにインサート 深さ方向には薄鋼板底から 65 度の角度で延長 した長さを仮定し,一般部分のコンクリート表



面の破壊幅とした。また載荷方向については, コンクリート表面の加力側端薄鋼板位置から両 側に 15 度の角度で仮定し,破壊幅と交わる線 内を仮定破壊水平投影面積 APA とした。

6.3 推定設計耐力

図 - 10に <sub>B</sub>=24MPa に換算した時の Pmax を 図 - 9のように仮定した破壊水平投影面積 APA で除した値を想定せん断強さ ucA(24)として 実験Aは 印,実験Bは 印,実験Cは 印で 追記した。へりあきが十分あり,薄鋼板1列の 場合で,接着長さが比較的短い場合は,接着状 態も良く,接着力が均一に分布するため,仮定 破壊水平投影面積が小さい場合は,実験から求 めた Pmax/Apr と Pmax/APA は比較的近い値とな った。しかし,仮定破壊水平投影面積が 250cm<sup>2</sup> 以上の場合は,薄鋼板の接着長さが長いために, と考え,仮定破壊水平投影面積を定めた。これ より今回の薄鋼板を接合面にインサートする接 着接合工法の耐力を検討する場合, B=24MPa の時,せん断強さ ucA(24)は仮定破壊水平投影 面積当りの下限値として3.3MPaを採ればよい。

## 7.まとめ

既存 RC 梁と増設耐震壁を薄鋼板と接着剤に より接着接合する場合,薄鋼板をコンクリート に 2cm 程度インサートし接着すれば,増設耐震 壁のひびわれ強度に対し,十分な耐力を有し, 安定した接合部を作ることができる。また,設 計耐力 Pu は  $3.3(\sqrt{B}/\sqrt{24})$  APA とすればよい。

#### 参考文献

1) 立石妙子他3名:表面を加工したRCばりと 耐震壁の薄鋼板による接着接合について,コン クリート工学,Vol.23,No.1,pp.985-990,2001.7 2) 山本幸一他3名:コンクリートと薄鋼板の引 張せん断実験について,九州産業大学工学報告, 第38号,pp.207-210,2001.12

謝辞 この研究における接着剤はコニシ (株)よりご提供いただきました。ここに感謝 致します。また,実験費用の大半は平成 13 年 度九州産業大学共同研究費によって行った。

