

## 論文 RC ばりと増設耐震壁の薄鋼板による接着接合についての研究

立石 妙子\*<sup>1</sup>・河村 博之\*<sup>2</sup>

**要旨**：耐震壁の増設にあたって、既存RCばりと増設RC壁の接合を、薄帯鋼板や薄山形鋼を用いて接着し、そのせん断接着強さを利用して構造物のせん断力を壁に伝達しようとしたもので、若干のせん断実験を行った。その結果、はり-壁接着面のせん断耐力について比較すると、薄帯鋼板にスリットがない場合も有る場合も、最大荷重時平均せん断接着強さはほとんど変わらず、0.95~2.12 MPaであった。変形については、スリットのない場合は0.11~0.20 mm、有る場合は0.38~0.43 mmであり、靱性を増大できた。多少のばらつきはあるが、 $b/tw > 0.7$ にすれば、本接合方法は、十分実用性があることが分かった。

**キーワード**：耐震補強、薄鋼板、接着接合

## 1. はじめに

建物の耐震補強方法としては、保有水平耐力を大きくすることを目的に、RC壁の増設やS造枠付筋かい増設による補強が最も多く使用されているようである。この場合、既存のRCばり・柱とこれら増設壁の接合には、あと施工アンカーが最も多く使用されているが、建物内で執務しながらの補強工事が望まれるために、既設コンクリートに穿孔する際の粉塵や騒音・振動などが障害になっている。本報告は、これに代わる工法として、薄帯鋼板および薄山形鋼(以下両方を示す場合は薄鋼板とする)と接着剤により、既存のRCばりと増設壁を接合する方法を考え、コンクリート表面と薄鋼板の接着強度について、若干の実験を行い、その実用性について検討した結果を報告したものである。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試体の形状

供試体の形状は図-1に示すように、S型せん断実験と、図-2のような既存ばりを想定した部分(350mm×300mm×1500mm)と、壁の接着面をはり幅に合わせた増設耐震壁部分から構

成されたコ字型はり-壁接着面せん断実験の2種類とした。

### 2.2 供試体の種類

供試体の種類は、S型せん断実験は、1.6mm厚、片側幅  $b = 100\text{mm}$ 、薄鋼板の長さ  $L$  が50, 100, 150mmの3種類、接着面がフラットで薄帯鋼板を用いたもの(FFシリーズ)、既存のはり幅と増設壁幅が同じでない場合を想定し、接着面の段差に合わせた薄山形鋼を用いたもの(LLシリーズ)、この両者を組み合わせたもの(FLシリーズ)の3種類と、靱性を大きくし、エネルギー吸収能力を増加させるために、薄帯鋼板および薄山形鋼にスリットを設けた場合(スリット長さの間隔が2タイプ)<sup>1)</sup>とない場合を組み合わせた14種類各2体ずつ作製した(図-1, 表-1)。また、はり-壁接着面せん断実験は薄帯鋼板の接着長さ  $L$  を500, 1000mmの2種類、片側幅  $b$  を50, 100mmの2種類、スリットタイプを2種類、を組み合わせた4種類各2体ずつ作製した(図-2, 表-1)。薄帯鋼板と薄山形鋼の形状は、図-4に示す。全供試体の種類は、実験結果とともに表-1に示す。

### 2.3 薄鋼板のスリットの作製

\*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)

はり-壁の接着面の靱性を検討するために、薄鋼板に20 mm 間隔に2 mm φの穴を2ヶ所設け、その間をレーザーにより約0.3 mm 幅のスリットを設けた。スリットの長さおよび間隔は図-4の通りである。

### 2.4 供試体の作製

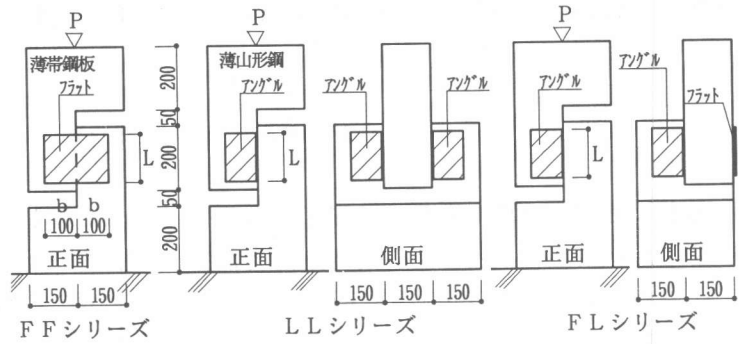


図-1 S型せん断実験供試体

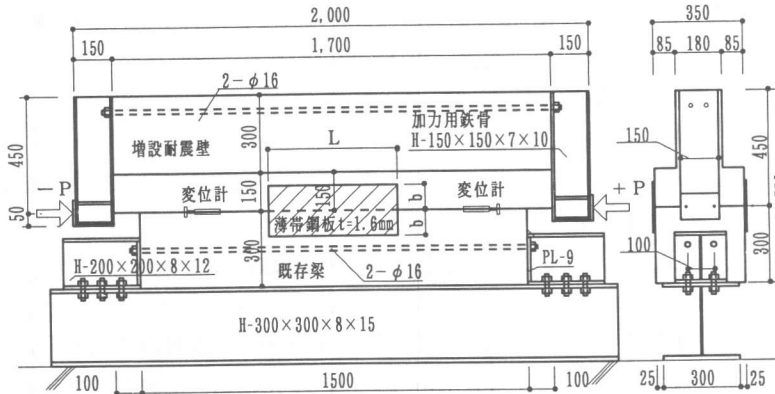


図-2 はり-壁接着面せん断実験供試体と加力装置図

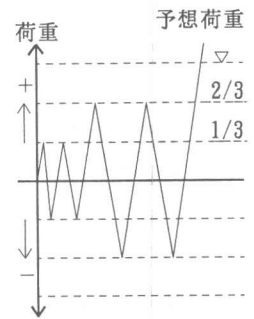


図-3 荷重増分モデル

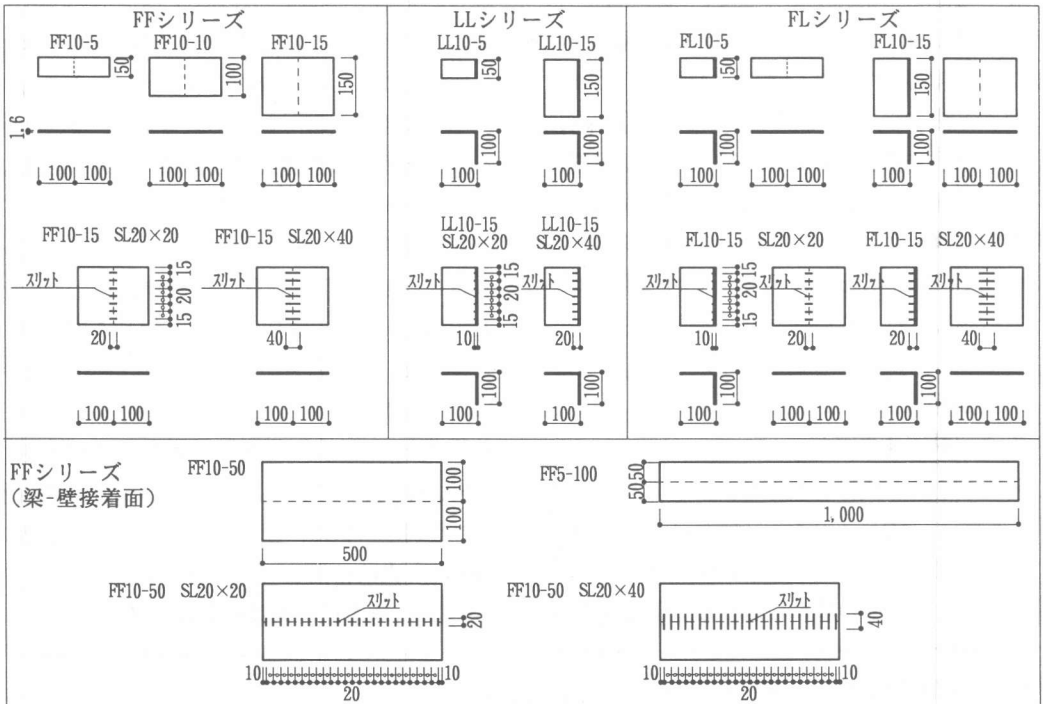


図-4 薄鋼板形状図

S型せん断実験供試体，はり一壁接着面せん断実験供試体とも，薄鋼板接着面が打設時に側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を打設，3日後に脱型，約1週間実験室で室内養生した後，薄鋼板を塗布型エポキシ樹脂で接着施工し，1週間の養生の後，せん断実験を行った。接着長さを変化させたスリットのない供試体は，薄鋼板全面にエポキシ樹脂を塗ったが，スリットを設けた供試体は，スリット部分にケント紙を幅5mmの両面テープ

で袋貼りし，スリット部分とコンクリートとの接着を防いだ。接着剤の硬化前に，薄鋼板が落ちないように，S型せん断実験用は薄鋼板長さが50mmのものは，2ヶ所の対角線上の隅に，100,150mmは4ヶ所の隅に，はり一壁接着面せん断実験用は6ヶ所に，あらかじめ4mmφの穴を空けておき，2.4mmφ×20mmのコンクリートプラグを埋め込み，3.5mmφのネジ釘で鉛を拡張させて定着した。また，供試体のコンクリート接合面には，接着を無くすために

表-1 供試体の種類と実験結果

供試体符号	最大荷重 (KN)	変位量 (mm)	破壊形状	供試体符号	最大荷重 (KN)	変位量 (mm)	破壊形状
1回目 コンクリート強度 $\sigma_B=17.7\text{MPa}$				2回目 コンクリート強度 $\sigma_B=20.3\text{MPa}$			
FF10-5 -1	9.86	0.02	A	FF10-15 -1	39.37	0.23	A・B
-2	11.82	0.08	A	(SL20×20) -2	43.79	0.23	A・B・C
FF10-10 -1	22.13	0.05	A・B	FF10-15 -1	37.31	0.44	A・B
-2	26.57	0.08	A	(SL20×40) -2	31.51	0.23	A・B
FF10-15 -1	44.82	0.19	A	FF10-15 -1	51.54	0.12	A・B
-2	47.02	0.28	A・B	(SL0) -2	35.41	0.70	A・B
LL10-5 -1	9.91	0.02	A	LL10-15 -1	44.83	0.43	A
-2	9.08	0.38	A	(SL20×20) -2	38.33	0.01	A
LL10-15 -1	35.66	0.01	A	LL10-15 -1	25.83	0.12	A
-2	50.29	0.85	A・C	(SL20×40) -2	39.80	0.21	A
FL10-5 -1	10.32	0.01	A	FL10-15 -1	40.98	0.22	A・B
-2	13.14	0.38	A	(SL20×20) -2	32.36	0.03	A・C
FL10-15 -1	42.25	0.08	A・B	FL10-15 -1	28.30	0.07	A・B
-2	41.20	0.03	A	(SL20×40) -2	29.43	0.15	A・B
FF10-50 -1	162.99	0.20	A・C	FF10-50 -1	175.55	0.38	A・B
-2	94.64	0.11	A・B・C	(SL20×20) -2	162.80	0.38	A・B
FF5-100 -1	128.08	0.11	A・C	FF10-50 -1	146.81	0.43	A・B
-2	212.13	0.13	A・C	(SL20×40) -2	120.23	0.42	A・B・C
凡例: 幅b 長さL 供試体番号 <b>FF10-15-1</b> ↓ ↑ ↑ 薄鋼板 ※FF:フラット+フラット LL:アングル+アングル FL:フラット+アングル SL20×20:スリット有り(図-4)				エポキシ樹脂の種類 ・常温硬化型の エポキシ樹脂系パテ材 ・引張せん断接着強さ 10.0MPa以上 薄鋼板厚さ t=1.6mm 降伏点 $\sigma_y=218.7\text{MPa}$		破壊形状の種類: A:コンクリート表面剥離 B:薄鋼板とエポキシ樹脂 との剥離 C:エポキシ樹脂とエポキシ樹脂 との剥離	

表-2 予備実験

供試体符号	最大荷重 (KN)	変位量 (mm)	破壊形状	エポキシ樹脂の種類 ・低粘度形高強度 エポキシ樹脂系接着剤 ・引張せん断接着強さ 15.0MPa以上	薄鋼板厚さ t=3.2mm 降伏点 $\sigma_y=215.6\text{MPa}$ コンクリート強度 $\sigma_B=25.2\text{MPa}$
FF10-10 -01	47.14	0.25	A		
-02	39.25	0.19	A		
-03	40.75	0.05	A		

1mm 厚のビニールシートを敷き絶縁した。

## 2.5 S型せん断実験加力方法および測定方法

加力は、98kN 油圧試験機を使って圧縮加力を行った。加力方法は、はじめに予想荷重の 1/3 まで加力し、5 秒停止したのち荷重をぬき、0 まで戻した後、再び荷重を加え、予想荷重の 2/3 まで加え、5 秒停止したのち荷重をぬき、0 まで戻した後は、破壊荷重まで加力した。測定は、上下の供試体間相対変位量は電気式変位計で測定し、薄鋼板のひずみは、直角 3 軸型ロゼットゲージを貼り、静ひずみ計を用いて測定した。

## 2.6 はり-壁接着面のせん断実験加力方法および測定方法

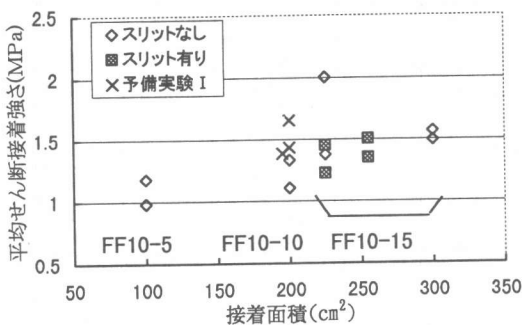
加力は、340kN センターホールジャッキを用いて、はり-壁接着面に曲げが加わらないように、左右から繰り返し加力した。図-2 に加力装置を示す。加力要領は図-3 に示す通りで

ある。測定は、図-2 に示す位置のはりと壁接着面の相対変位量を電気式変位計で測定し、薄鋼板のひずみは、直角 3 軸型ロゼットゲージを貼り、静ひずみ計を用いて測定した。

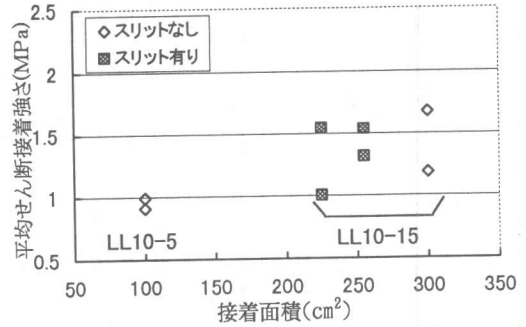
## 3. 実験結果と考察

### 3.1 最大荷重時平均せん断接着強さ

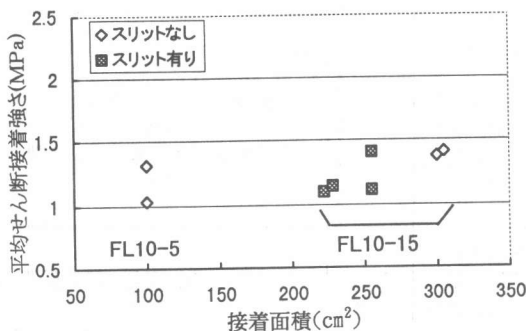
各供試体の種類、最大荷重、最大荷重時変位量を表-1 に示す。あわせて薄鋼板の強度、エポキシ樹脂の種類、コンクリート強度も示した。また、薄鋼板の厚さと粘性が異なる接着剤を用いた場合の S 型せん断実験も行ったので、表-2 に予備実験として追加した。ほとんどの接着面破壊は、コンクリートの被着材表層で生じているので、最大荷重を薄鋼板とコンクリートの接着面積で割った値を、1 回目のコンクリート強度( $\sigma_B=17.7\text{MPa}$ )を基準とし、コンクリートの圧縮応力度に比例させて換算した値を 2 回



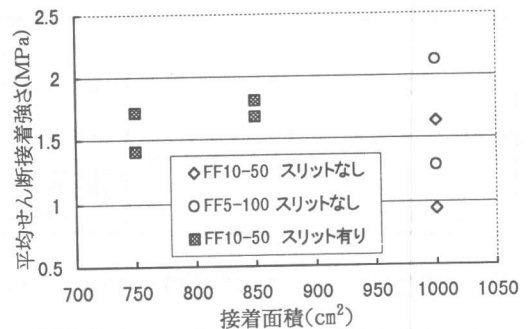
(a) S型せん断実験 FFシリーズ



(b) S型せん断実験 LLシリーズ

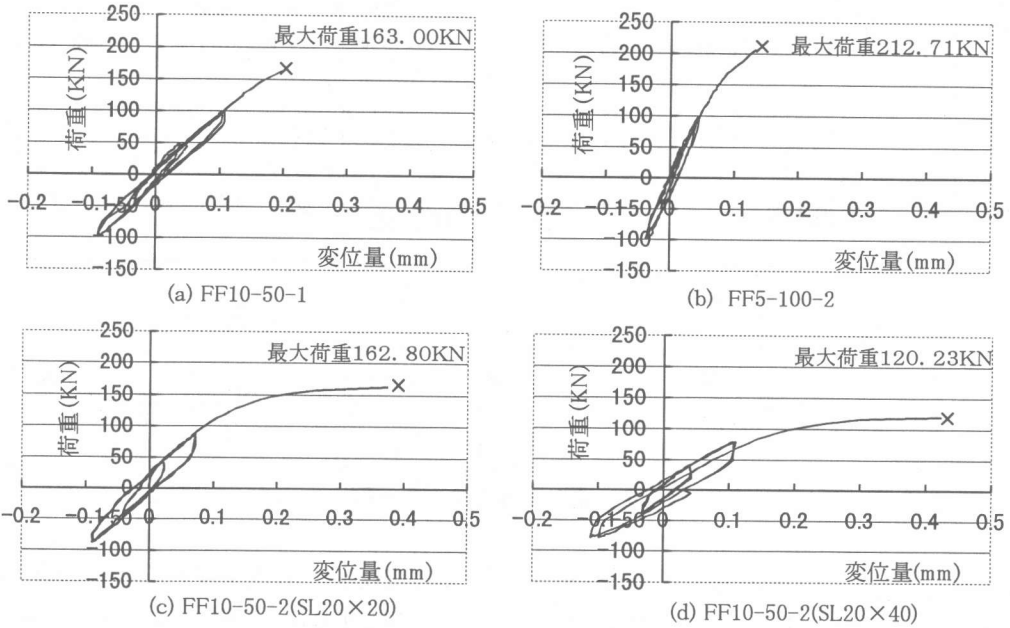


(c) S型せん断実験 FLシリーズ



(d) はり-壁接着面せん断実験

図-5 最大荷重時における平均せん断接着強さ-接着面積



図—6 はり—壁接着面せん断実験代表例の荷重—変形曲線

目の平均せん断接着強さとして、接着面積との関係を図—5に示した。図より S 型せん断実験は、接着幅が一定で、接着長さを変えた場合は、どのシリーズも、接着長さが大きくなるほど、大きい値を示した。これは、接着面の振り応力の影響が長さの小さいものに大きくあらわれたものと思われる。予備実験の場合、若干強度が大きいのは、接着剤の粘性が低いため、接着剤がコンクリート供試体接合面の内部に若干浸透し、接合面も接着してしまったため、付着強度が大きくなったものと思われる。スリットの有る場合も、スリット部分の非接着面積を除いた平均せん断接着強さは変わらなかった。はり—壁接着面のせん断実験では、スリットがない場合は、同じ接着面積 (1000cm<sup>2</sup>) でも、FF10-50-1 と FF5-100-2 を比べると、片側幅 b に対する接着長さ L の割合が大きいほうが、耐力が大きい。これは、接着面に近い位置の付着応力が大きいためと思われる(図—7)。また、多少のばらつきはあるが、接着長さに対して幅が小さく、長さが長いスリットの場合は、スリット間の薄帯鋼板の曲げが大きくなり、スリッ

ト端の接着部の応力に振りが加わり、平均せん断接着強さが若干小さくなったと思われる(図—5)。しかし、スリット有る場合でも、ない場合に比べて、平均せん断接着強さにはほとんど差がなかった。従って、本薄帯鋼板の場合、平均せん断接着強さ  $\tau_b = 1.28 \text{ MPa}$ 、増設壁厚  $t_w$ 、1 回目のコンクリート強度  $\sigma_B = 17.7 \text{ MPa}$ 、片側幅 b とすれば

壁断面単位面積当りのせん断強度は

$$\tau_s = (2 \times 1.28 \times b \times F_c / 17.7) / t_w \quad (1)$$

となり、

$$\tau_s / F_c = 0.144b / t_w \quad \text{となる。}$$

今、増設壁のコンクリートのせん断強度を

$$0.1F_c \text{ とすれば、 } b < 100\text{mm のとき}$$

$$0.144b / t_w > 0.1 \quad \text{即ち、 } b / t_w > 0.69$$

であれば、コンクリートにせん断ひびわれが生じる前に、薄帯鋼板の接着面が剥がれることはない。

### 3.2 荷重—変形曲線

はり—壁接着面せん断実験の代表的な供試体の荷重—変形曲線を図—6に示す。片側幅  $b = 100\text{mm}$  接着長さ  $L = 500\text{mm}$  のスリットが有る

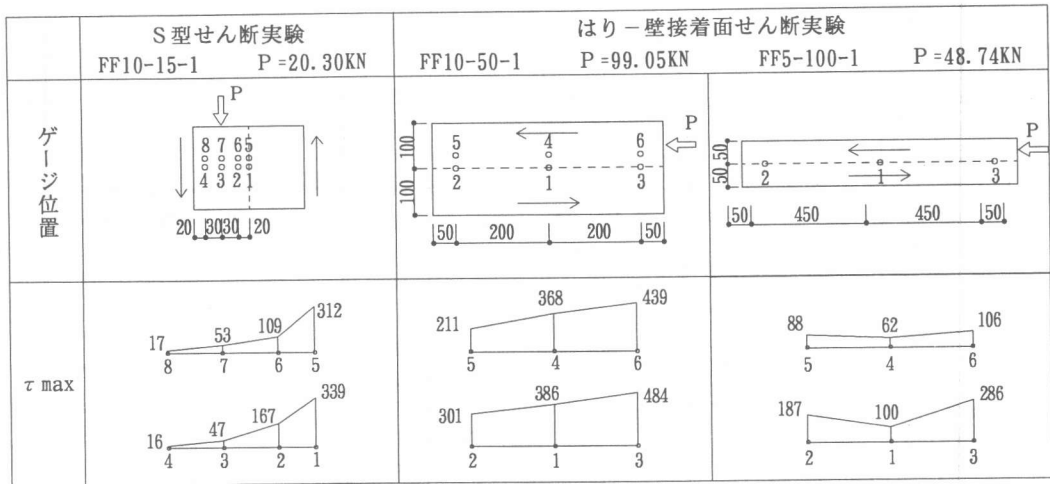


図-7 主ひずみ度分布の一例

場合(FF10-50-2 SL20×20)と、ない場合(FF10-50-1)を比べると、最大荷重時の変形量は約2倍以上あり、スリットが有ると、靱性を増大することができた。薄帯鋼板は、スリットの有る場合でも降伏していないので、スリットの間隔と長さを調節することにより、もっと大きな靱性をもつ接合部にすることが可能である。

### 3.3 主せん断応力度について

薄鋼板に貼った直角3軸型ロゼットゲージで測定したひずみより、 $\tau_{max}$ の値を求め、その一例を図-7に示す。S型せん断実験およびはり-壁接着面せん断実験ともに、応力は接着面から遠ざかるほど小さい。はり-壁接着面のせん断実験の応力は、左右の値に差が出ているが、これは、片側から加力したためと、残留ひずみのせいではないかと思われる。

### 4. まとめ

今回のはり-壁接着面のせん断耐力について比べると、薄帯鋼板にスリットがない場合も有る場合も、最大荷重時平均せん断接着強さは、ほとんど変わらず0.95~2.12MPaであった。スリットのない場合の変形は0.11~0.20mm、スリットが有る場合の変形は0.38~0.43mmであった。スリットの長さを調整することにより、靱性を大きくし、はりと壁の接合部でもエネル

ギーを吸収させることができる。薄帯鋼板の長さLが同じ場合は、片側幅bが大きくなると平均せん断接着強さは小さくなる。bが100mm以下の範囲では、壁断面単位面積当りのせん断強度は $\tau_s = (2 \times 1.28 \times b \times F_c / 17.7) / t_w$ となり、 $\tau_s / F_c = 0.144b / t_w$ となる。増設壁のコンクリートのせん断応力度を $0.1F_c$ とすれば、 $b / t_w > 0.7$ にすれば、接合部接着強度を壁のひびわれ強度より大きくすることができ、今回の接合方法は十分実用性があると考えられる。

### 参考文献

- 1) 日高桃子, 松井千秋, 今村輝武, 畑戸龍夫: スリット入り鋼板耐震壁の弾塑性性状について, 日本建築学会構造系論文集, No. 519, pp. 111-117, 1999.5

### 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。ここに感謝いたします。

また、実験費用の大半は平成11年度文部省科学研究費〔基盤研究(B)〕によって行った。