

# 外側耐震補強コンクリート接合部のせん断滑り特性に関する実験的研究

山田和夫\*1 関俊力\*2 神谷隆\*3 上田洋一\*3

- \*1 愛知工業大学 工学部建築学科 (〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草1247)
- \*2 愛知工業大学 大学院工学研究科生産・建設工学専攻 (〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草1247)
- \*3 矢作建設工業株式会社 地震工学技術研究所 (〒480-1101 愛知県愛知郡長久手町熊張茨ヶ廻間1533-74)

要旨：本研究では、外側耐震補強コンクリート接合部のせん断滑り特性の解明を目的とした基礎的研究として、アンカー筋によって補強された外側耐震補強コンクリート接合部のせん断滑り特性に及ぼすアンカー筋の埋込み深さ、接合面の目荒らし深さ（接合面の凹凸）、補強部のコンクリート強度の影響について検討を行った。その結果、耐震補強コンクリート接合部のせん断抵抗は、アンカー筋によるせん断抵抗+接合面の凹凸のかみ合わせによるせん断抵抗で表されること、せん断耐力は、補強部のコンクリート強度に関わらずアンカー筋の埋込みが深く、接合面の凹凸が著しくなるほど増大すること、接合面に凹凸が無く、補強部のコンクリート強度が小さい試験体は、延性的な荷重-滑り量関係を示すこと、などが明らかとなった。

キーワード：外側耐震補強、接合部、水セメント比、アンカー筋、かみ合わせ抵抗、ダボ抵抗

## 1. まえがき

既存建築物の架構の外側に補強部を設置する外側耐震補強工法は、補強部を既存架構内に設置する内側耐震補強工法に比べて、補強部と既存架構の変形に差が生じた場合に急激に耐力低下を示す可能性が高いため、接合部の設計耐力をアンカー筋のダボ抵抗によるせん断耐力で評価した場合には、許容せん断ずれ変形量を考慮した低減係数を乗じる提案がなされている<sup>1)</sup>が、せん断ずれ変形は、既存部接合面の目荒らし（本研究では、接合面の凹凸と略記する）程度やアンカー筋の埋込み深さ、既存部と補強部のコンクリートの強度差などによって複雑に影響を受けるため、現状ではこれらの影響を合理的に評価し得る接合部のせん断耐力式は提案されていない。

この点を踏まえて、筆者らは、鋼板内蔵型鉄筋コンクリート部材による外側耐震補強工法<sup>2)</sup>に関する基礎的研究<sup>3)</sup>を行っているが、本研究では、外側耐震補強コンクリート接合部のせん断滑り特性の解明を目的とした基礎的研究として、既存・補強コンクリート接合部に設置されたアンカー筋の埋込み深さ、接合面の凹凸および補強部コンクリートの水セメント比（W/C）の影響について一連の検討を行った。なお、本実験では、後述のように小型モデル試験体を用いているため、連続した2種類の直角二等辺三角形でモデル化した既存部接合面の凹凸の寸法と既存・補強コンクリート接合部のせん断滑り特性との関係がせん断滑り破壊面の幾何学的非均質性（D/d：試験体寸法と粗骨材寸法との比）によって影響<sup>4)</sup>されるのを防ぐために、せん断滑り面に露出した粗骨材のかみ合わせによるせん断抵抗力が存在しないモルタルを使

Table 1 Outline of experiment

Specimen No.	W/C* (%)	Anchor bar		凹凸 of interface	
		Nominal diameter	Depth (mm)	Shape	Depth (mm)
C00-40-D10	40	2D10	100(10d)	Flat	0.0
C07-40-D10	40	2D10	100(10d)	△	7.1(10)
C14-40-D10	40	2D10	100(10d)	△	14.1(20)
C00-40-D05	40	2D10	50(5d)	Flat	0.0
C07-40-D05	40	2D10	50(5d)	△	7.1(10)
C14-40-D05	40	2D10	50(5d)	△	14.1(20)
C00-90-D10	90	2D10	100(10d)	Flat	0.0
C07-90-D10	90	2D10	100(10d)	△	7.1(10)
C14-90-D10	90	2D10	100(10d)	△	14.1(20)
C00-90-D05	90	2D10	50(5d)	Flat	0.0
C07-90-D05	90	2D10	50(5d)	△	7.1(10)
C14-90-D05	90	2D10	50(5d)	△	14.1(20)

[Notes] W/C\*: Water-cement ratio of reinforcing mortare.  
Water-cement ratio of existing mortar is 65%.

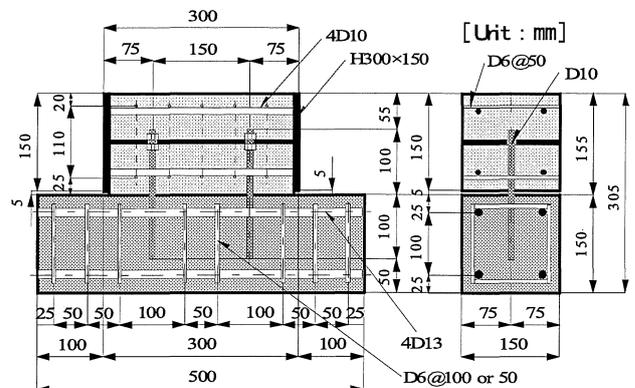


Fig.1 Detail of specimen

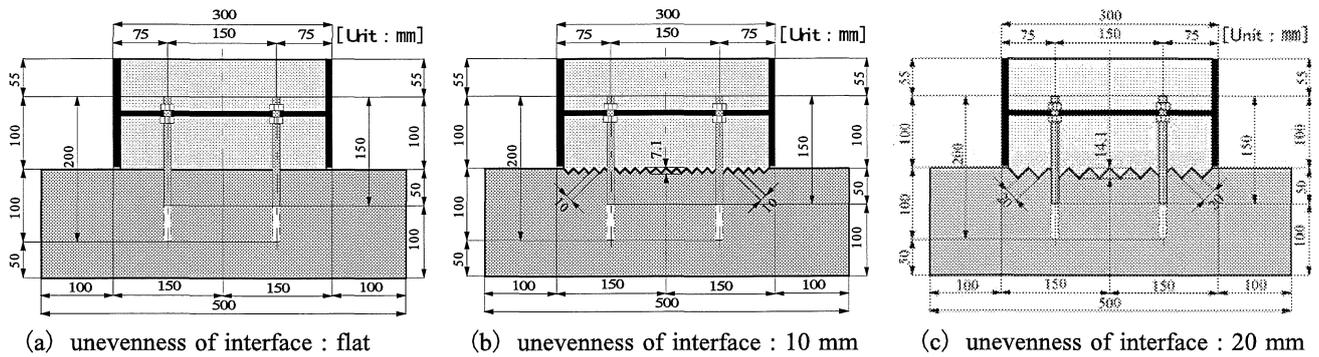


Fig.2 Detail of interface of placing joint

Table 2 Mix proportion of mortar

W/C (%)	S/C	Unig weight (kg/m <sup>3</sup> )			Target flow
		Cement	Water	Aggregate	
40	1.25	835	334	1,044	200±10
65	3.00	472	307	1,415	
90	4.50	339	305	1,527	

用した。従って、実際のコンクリート接合部のせん断抵抗要素は、本研究で扱うせん断抵抗要素に加えてせん断滑り面における粗骨材のかみ合わせ効果が付加される。

## 2. 実験方法

### 2.1 試験体

本実験では、Fig. 1に示すように、150×282mmの接合面積を有するせん断試験体を使用し、実験要因としては、Table 1に示すように、アンカー筋の埋込み深さ（5dおよび10dの2種類、d：アンカー筋の公称径）、既存部接合面の目荒らし深さ（凹凸寸法：0、10および20mmの3種類）および補強部モルタルの水セメント比（補強部モルタルの強度が既存部と比較して相対的に大きい場合と小さい場合のせん断滑り特性の調査を目的として、補強部モルタルのW/Cを40および90%の2種類（ただし、既存部モルタルのW/Cは一律に65%）とした）を取り上げた。Fig. 2に、既存部接合面に施した目荒らしモデルの詳細を示す。なお、既存部には、主筋を4D13、せん断補強筋をD6@50（ただし、アンカー筋埋込み部はD6@100）で配筋し、補強部には、別報<sup>3)</sup>で示した実大のモデル試験体と同様、接合面に作用するせん断力分布が極力一様となるようにするために、モデル内蔵鋼板として載荷板に接触する補強部の両端面を鋼材で補強したフランジ付き鋼板（寸法300×150mmのH形鋼）を使用して、主筋を4D10、補助筋をD6@50で配筋した。また、アンカー筋は、ボルト締めにより鋼板に固定した（Fig. 1参照）。

### 2.2 試験体の製作および養生方法

試験体の製作に際しては、目標フロー値を200±10に設定し、普通ポルトランセメントおよび天竜川の川砂（最大寸法：2.5mm、絶乾密度：2.61g/cm<sup>3</sup>、表乾密度：2.65g/cm<sup>3</sup>）を使用して調合を決定した。本実験で用いたモルタルの標準調合表をTable 2に示す。既存・補強

Table 3 Test results of used materials

(a) Mortar of W/C=40%

Age (days)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Strength (MPa)		Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio
		Tension	Com-pression		
28	2.23	4.28	55.5	—	—
70	2.19	3.13	48.7	25.0	0.22
78	2.18	3.37	51.4	31.8	0.20

[Notes] Age=28 days: Water curing specimen, Age=70 and 78 days: Seal up curing specimens before after experiments, respectively.

(b) Mortar of W/C=65%

Age (days)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Strength (MPa)		Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio
		Tension	Com-pression		
28	2.26	3.06	34.0	—	—
82	2.18	2.50	32.7	21.4	0.18
90	2.17	2.64	34.5	22.4	0.19

[Notes] Age=28 days: Water curing specimen, Age=82 and 90 days: Seal up curing specimens before after experiments, respectively.

(c) Mortar of W/C=90%

Age (days)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Strength (MPa)		Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio
		Tension	Com-pression		
28	2.20	1.93	18.0	—	—
70	2.13	2.05	19.0	18.6	0.16
78	2.13	2.11	22.9	19.4	0.15

[Notes] Age=28 days: Water curing specimen, Age=70 and 78 days: Seal up curing specimens before after experiments, respectively.

(d) Steel bars

Kind of steel bar	Nominal name	Yeild point (MPa)	Tensile strength (MPa)	Young's modulus (GPa)	Tensile strain (%)
Stirrup	D6	419	520	185	17.1
Anchor	D10	366	500	195	19.9
Main bar	D13	339	478	192	21.3

接合部モデル試験体は、まず既存部モルタルの打設を行った後に材齢5日で既存部モルタルを脱型し、材齢12日で補強部モルタルの打設を行った。モルタルの打設は、いずれの打設も2層に分けて行い、棒状バイブレータを使用して締固めを十分に行った後、実験実施まで実験室

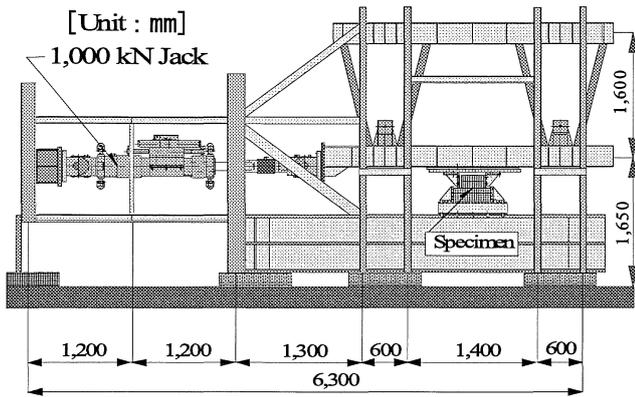


Fig.3 Shear loading apparatus

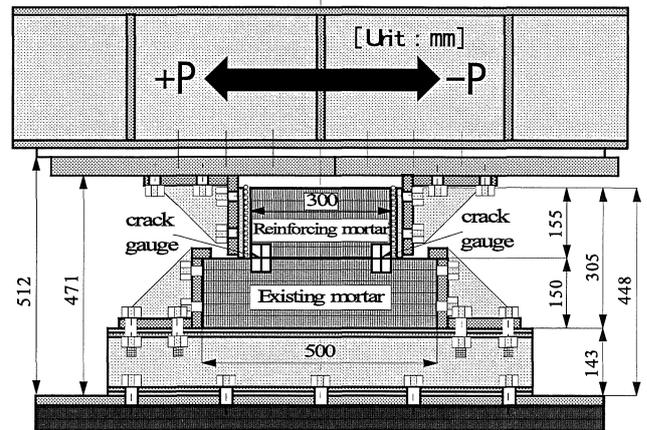


Fig.4 Loading and measurement method

内でシート養生を行った。なお、使用モルタルの力学的性質を調べるために、モルタル打設時にφ10×20cmの供試体を製作し、材齢28日（標準水中養生）、並びに実験の直前および直後の時点（封緘養生）で圧縮および引張強度試験を行った。本実験で用いたモルタルおよび鉄筋に関する材料試験結果を一覧表にしてTable 3に示す。

### 2.3 加力および測定方法

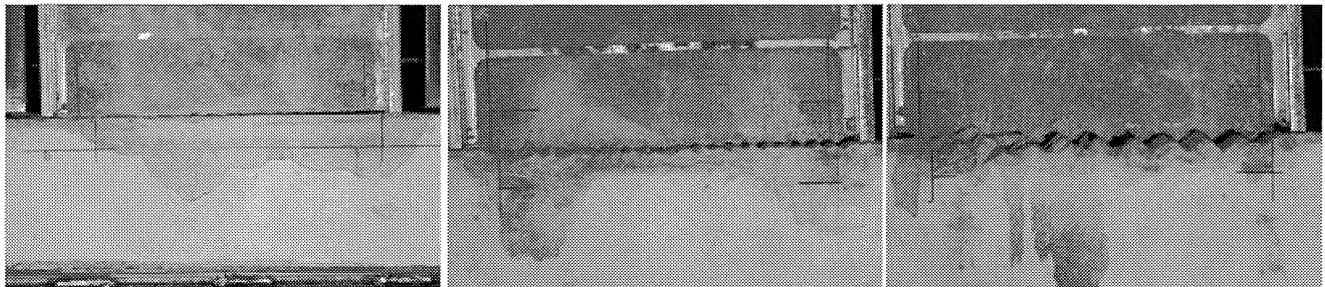
本実験では、加力に際してFig. 3に示すように水平加力用として容量1,000kNの静的ジャッキを用いた純せん断加力装置を使用し、せん断滑り開始時点が正確に確認できる程度のスピードで単調漸増せん断载荷を行った。また、Fig. 4に示すように、接合面に垂直な方向の軸力および補強部の回転を極力生じさせないために、補強部

左右の両端面と載荷板との間にリニアフラットローラを挿入して密着させるとともに、既存部と補強部との接合境界面の前後・左右の4箇所、2軸型亀裂変位計をセットして、せん断荷重-滑り量関係および浮き上がり量-滑り量関係を測定するとともに、载荷中のひび割れ発生状況および接合面凹凸部の破壊状況の観察を肉眼で行った。

## 3. 実験結果とその考察

### 3.1 破壊状況

Photo. 1およびPhoto. 2は、既存部接合面に施した目荒らしの凹凸を変化させた3種類の試験体の実験終了後に撮影した破壊状況の例を示したものである。これらの



(a) C00-40-D05 specimen (b) C07-40-D05 specimen (c) C14-40-D05 specimen  
Phot. 1 Final state of interface of placing joint (W/C of reinforcing mortar= 40%)



(a) C00-90-D10 specimen (b) C07-90-D10 specimen (c) C14-90-D10 specimen  
Phot. 2 Final state of interface of placing joint (W/C of reinforcing mortar= 90%)

写真によれば、既存・補強モルタルの接合面に凹凸を設けていないC00-40-D05試験体では、せん断滑り開始後のせん断抵抗要素はアンカー筋のダボ抵抗のみであるため、試験体の破壊は、アンカー筋のせん断破壊または既存部と補強部のうち強度の小さいモルタルの支圧破壊によって決まるものと考えられるが、既存・補強モルタル接合面に寸法が10mmおよび20mmの凹凸を設けたC07-40-D05およびC14-40-D05試験体では、せん断滑り開始後のせん断抵抗要素はアンカー筋のダボ抵抗の他に接合面の凹凸によるかみ合わせ効果に加わるため、この接合面の凹凸によるかみ合わせ効果により、既存・補強モルタル接合部に浮き上がりが生じているのが認められる。なお、接合面に凹凸が無い試験体におけるアンカー筋の埋込み深さの影響については、接合面に凹凸のある試験体と比較して、既存・補強モルタル接合部の浮き上がりは小さかったが、アンカー筋の埋込み深さが5dで定着が十分でない試験体では、アンカー筋の抜け出しの影響で接合部の浮き量が若干大きくなる傾向を示した。なお、接合面に凹凸を設けた試験体では、補強部モルタルのW/Cに関わらずアンカー筋の埋込みが浅いほど接合面の凹凸部は健全であった。また、補強部モルタルのW/Cが90%の試験体は、接合面の凹凸の大きさに関わらずW/C=40%の試験体に比べて補強部側の凸部で局所的せん断破壊が広範囲にわたって観察されたが、接合面の凹凸が大きいほど機械的なかみ合わせによるせん断抵抗が大きいいためか、局所的せん断破壊の範囲は狭くなる傾向にあることがわかった。

### 3.2 各種せん断耐力

Table 4は、本実験によって得られた既存・補強接合部モデル試験体のせん断滑り開始確認時および最大せん断耐力時のせん断荷重、せん断応力度および滑り量に関する実験結果と以下に示すせん断設計耐力 ( $Q$ )<sup>1)</sup>に関する計算結果を一覧表にして示したものである。

$$Q = n \cdot Q_a \quad [1]$$

$$Q_a = \min[Q_{a1}, Q_{a2}] \quad [2]$$

$$Q_{a1} = 0.7 \sigma_y \cdot a_0 \quad [3]$$

$$Q_{a2} = 0.4 (E_c \cdot \sigma_B)^{0.5} \cdot a_0 \quad [4]$$

ここに、 $n$ ：アンカー筋の本数

$Q_{a1}$ ：耐力がアンカー筋で決まる場合のアンカー筋1本当りのせん断耐力 (N)

$Q_{a2}$ ：耐力がコンクリートの支圧強度で決まる場合のアンカー筋1本当りのせん断耐力 (N)

$\sigma_y$ ：アンカー筋の降伏点 (MPa)

$a_0$ ：アンカー筋1本当りの断面積 (mm<sup>2</sup>)

$E_c$ ：既存部コンクリートのヤング係数 (MPa)

$\sigma_B$ ：既存部コンクリートの圧縮強度 (MPa)

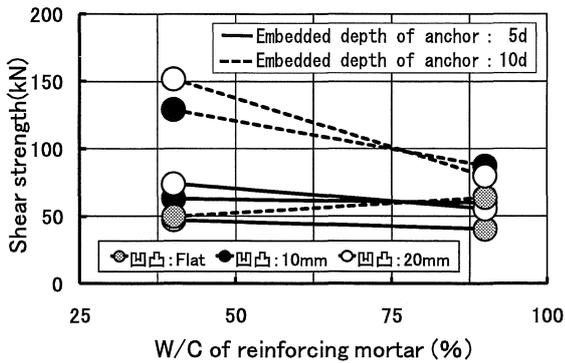
この表によれば、既存・補強モルタル接合部の最大せん断耐力は、いずれもせん断設計耐力よりもかなり大きな値、すなわち、既存部に目荒らしを施していないC00

Table 4 Test results of placing joint by outside seismic reinforcement

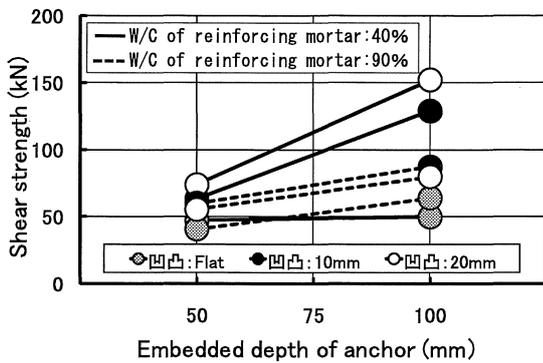
Specimen No.	Experimental results					Shear design Load	
	at Initial slipping		at Maximum load		Slip $\delta s$ (mm)	$P_{sc}$ (kN)	$P_s/P_{sc}$
	Load $P_i$ (kN)	Stress $\sigma_i$ (MPa)	Load $P_s$ (kN)	Stress $\sigma_s$ (MPa)			
C00-40-D10	1.82	0.04	49.8	1.18	8.65	36.6	1.36
C07-40-D10	6.96	0.16	129.0	3.05	0.68	36.6	3.52
C14-40-D10	10.5	0.25	152.0	3.59	1.07	36.6	4.15
C00-40-D05	5.46	0.13	47.2	1.12	11.2	36.2	1.30
C07-40-D05	9.80	0.23	63.1	1.49	0.83	36.2	1.74
C14-40-D05	11.8	0.28	74.0	1.75	1.08	36.2	2.04
C00-90-D10	8.52	0.20	63.9	1.49	6.91	35.6	1.79
C07-90-D10	16.6	0.39	87.2	2.06	0.89	35.6	2.45
C14-90-D10	14.5	0.34	79.8	1.89	1.30	35.6	2.24
C00-90-D05	11.4	0.27	40.6	0.96	12.3	35.6	1.14
C07-90-D05	16.0	0.38	60.0	1.42	0.60	35.6	1.69
C14-90-D05	14.4	0.34	55.5	1.31	0.60	35.6	1.56

シリーズでは1.30~1.79倍、目荒らしを施したC07およびC14シリーズでは1.74~4.15倍の値を示し、既存部に目荒らしを施すことによって既存・補強モルタル接合部のせん断耐力が大幅に向上していることがわかる。また、別報では、せん断荷重を受けるプレーンコンクリート<sup>5)</sup>および実大の既存・補強コンクリート接合部<sup>3)</sup>の固着強度 (本研究では、せん断滑り開始時のせん断応力度と定義した) は、円柱供試体の割裂引張強度とほぼ一致することを示したが、Table 4に示した固着強度の実験値 ( $\sigma_i=0.04\sim0.39$ MPa) は、円柱供試体の割裂引張強度 ( $\sigma_t=2.05\sim2.64$ MPa) と比較して極端に小さい値となっている。これは、本実験で得られた固着強度が既存部モルタル部または補強部モルタル部で発生する微視的なモード I の引張破壊で決定されたのではなく、接合面でのせん断滑りの開始によって得られたためと思われる。

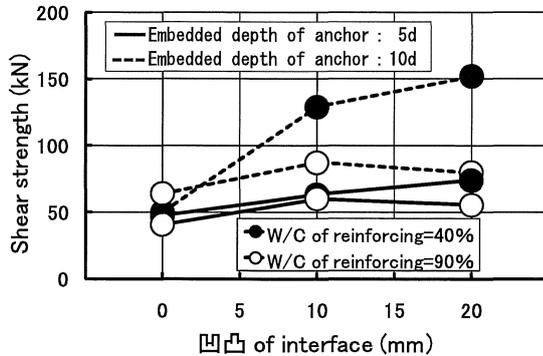
Fig. 5(a)~(c)は、既存・補強モルタル接合部の最大せん断耐力に及ぼす各種要因の影響を示したものである。これらの図によれば、既存・補強モルタル接合部の最大せん断耐力は、補強部モルタルのW/Cに関わらずアンカー筋の埋込みが深く、かつ接合面の凹凸が大きくなるに従って増大する傾向を示しているが、補強部モルタルのW/Cが90%の試験体は、W/Cが40%の場合と比較して接合面の凹凸の影響は小さくなっているのがわかる。これは、補強部モルタルのW/Cが40%の場合には、補強部モルタルの強度は、W/Cが65%の既存部モルタルと比較して大きい (前掲のTable 3参照) ため、接合面の凹凸の大きさに関わらず補強部モルタルの凸部が局所的にせん断破壊することはなく、接合面の凹凸部の機械的なかみ合わせ効果が十分に発揮されるのに対して、補強部モルタルのW/Cが90%の場合には、補強部モルタルの強度は既存部モルタルの強度よりも小さい (前掲のTable 3参照) ため、補強部モルタルの凸部が局所的にせん断破壊してしまい、接合面の凹凸部の機械的なかみ合わせ効果が十分には発揮されないためと考えられる。また、アンカー筋の埋込み深さが5dの場合の最大せん断耐力は、補強部モルタルのW/Cおよび接合面の凹凸の影響を殆ど受けていないが、



(a) Effect of W/C of reinforcing mortar



(b) Effect of embedded depth of anchor

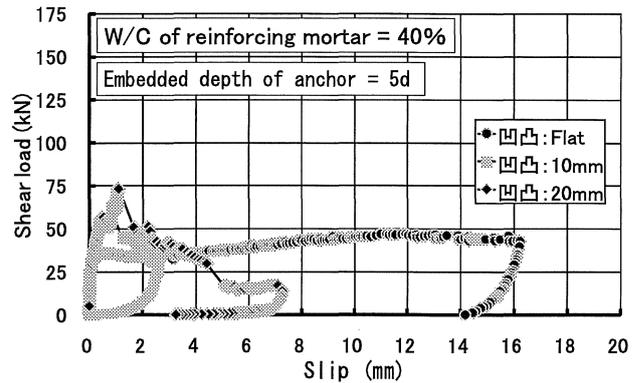


(c) Effect of unevenness of interface

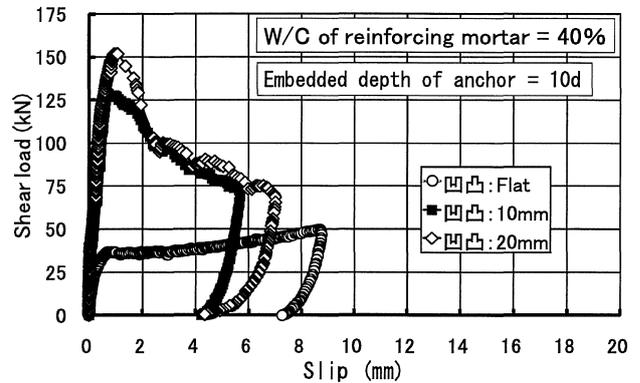
Fig.5 Effects of some factors on shear strength of placing joint

アンカー筋の埋込み深さが10dの場合の最大せん断耐力は、補強部モルタルの強度および接合面の凹凸が大きくなるほど著しく増大しているのがわかる。これは、アンカー筋の埋込み深さが5dの試験体では、アンカー筋の定着が十分ではなく、せん断力の増大に伴ってアンカー筋の抜け出しが起り易いため、アンカー筋の埋込み深さが10dの場合に比べて接合面の凹凸の機械的な噛み合わせ効果に起因するせん断抵抗が小さいためと考えられる。

以上のことから、アンカー筋で補強された既存・補強接合部のせん断抵抗力は、「アンカー筋によるダボ抵抗力（接合面の凹凸の無い試験体の耐力）」+「接合面の凹



(a) Embedded depth of anchor=5d



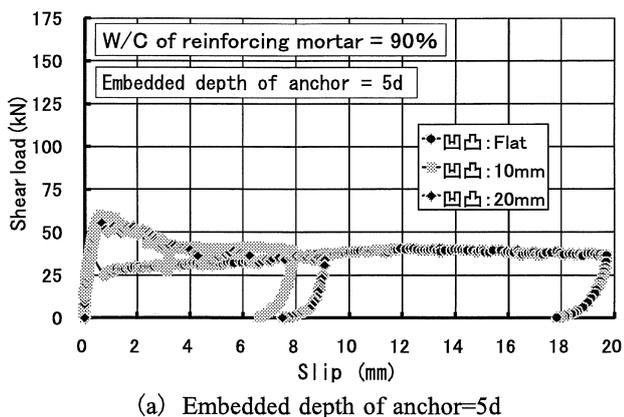
(b) Embedded depth of anchor=10d

Fig.6 Effects of unevenness of interface on load-slip relation (W/C=40%)

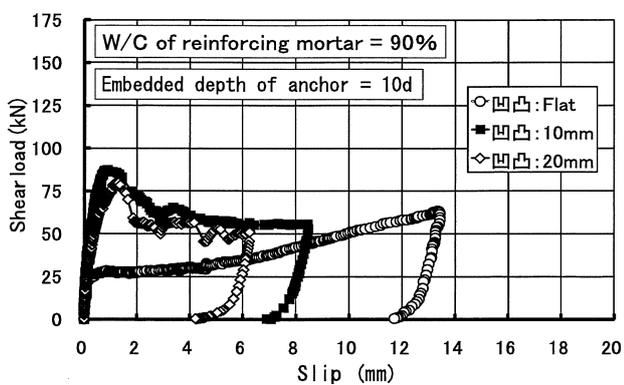
凸のかみ合わせによるせん断抵抗力（接合面の凹凸の無い試験体との耐力差）」として表されるが、これらのせん断抵抗要素のせん断耐力に対する寄与率は、補強部と既存部の強度関係およびアンカー筋の埋込み深さによって相違し、一般的に補強部の強度が大きく、かつアンカー筋の埋込みが深いほど、接合面の凹凸のかみ合わせによるせん断抵抗要素の寄与率が大きくなるといえる。

### 3.3 変形特性

Fig. 6およびFig. 7は、それぞれ補強部モルタルのW/Cが40および90%の既存・補強接合部モデル試験体によって得られたせん断荷重-滑り量関係に及ぼす接合面の凹凸の影響をアンカー筋の埋込み深さ別に示したものである。これらの図によれば、補強部モルタルのW/Cが40%で、かつ接合面の凹凸が無く接合面での機械的な噛み合わせ効果が期待できないC00-40-D05およびC00-40-D10試験体では、いずれも延性的なせん断荷重-滑り量関係を示しているのがわかる。これは、接合面に凹凸が無い場合、固着が切れた後のせん断抵抗要素がアンカー筋のダボ抵抗のみであることによるものと考えられる。また、アンカー筋の埋込み深さが5dの試験体では、アンカー筋の定着が十分ではないため、アンカー筋の抜け出しによる付加的な滑り量の増大が認められる。ただし、接合面に凹



(a) Embedded depth of anchor=5d

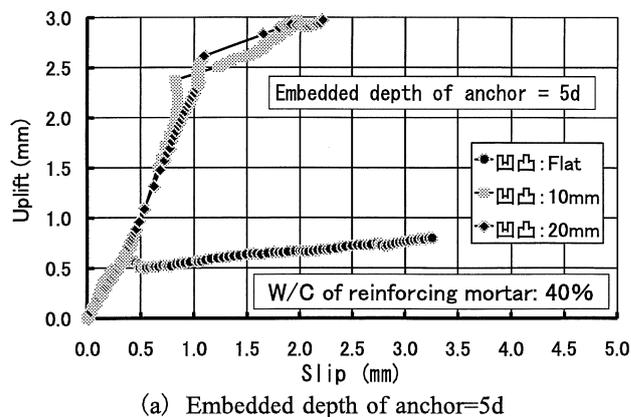


(b) Embedded depth of anchor=10d

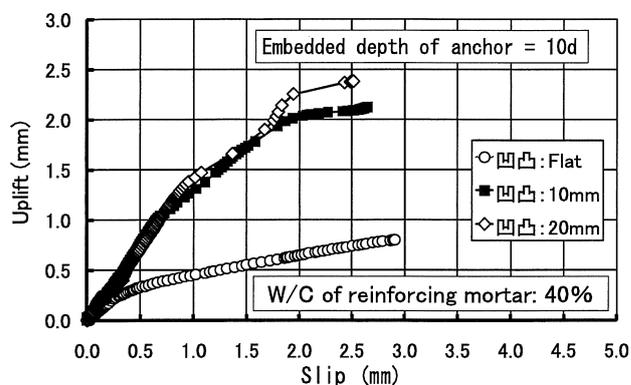
Fig.7 Effects of unevenness of interface on load-slip relation (W/C=90%)

凸のあるその他の試験体では、全体的に階段状のせん断荷重-滑り量関係が得られているのがわかる。これは、これらの試験体では、固着が切れた後に接合面の凹凸による機械的なかみ合わせ効果が十分に発揮されるため、応力再分配によって一時的に滑り面がせん断力に抵抗するが、その後、接合面の凹凸の一部が局所的に破壊することによって荷重の一時的な低下が生じ、この局所破壊と応力再分配の過程が加力の進行とともに繰り返されることによるものと考えられる。これに対して、補強部モルタルのW/Cが90%の試験体では、全体的に延性的なせん断荷重-滑り量関係を示しているが、これは、補強部のモルタル強度がW/C=40%の試験体よりも小さいため、せん断力に対する接合面の凹凸による抵抗力も小さく、かつ補強部モルタルの凸部が局所的なせん断破壊を起こし易いため、接合面の凹凸による機械的なかみ合わせ効果が十分には揮されないことによるものと考えられる。

Fig. 8およびFig. 9は、それぞれ補強部モルタルのW/Cが40および90%の既存・補強接合部モデル試験体によって得られた補強接合面の浮き上がり量-滑り量関係に及ぼす接合面の凹凸の影響をアンカー筋の埋込み深さ別に示したものである。これらの図によれば、補強接合面の浮き上がり量は、いずれの試験体も接合面の凹凸が大き



(a) Embedded depth of anchor=5d



(b) Embedded depth of anchor=10d

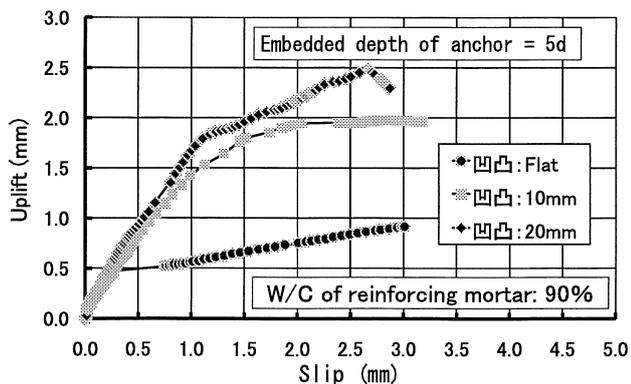
Fig.8 Effects of unevenness of interface on uplift-slip relation (W/C=40%)

くなるに従って増大する傾向を示している。これは、接合面に凹凸が無い試験体では、接合面での機械的なかみ合わせ効果が期待できないのに対して、接合面に凹凸を設けた試験体では、固着が切れた後に接合面の凹凸部での機械的なかみ合わせ効果によって接合面がせん断力に対して抵抗するため、補強部が滑り難く、かつ補強部モルタルの凸部が既存部モルタルの凸部を乗り越えていくためと考えられる。なお、補強部モルタルのW/Cが90%の場合は、前述のように、補強部モルタルの凸部が局所的にせん断破壊してしまうため、補強部の浮き上がり量に及ぼす接合面の凹凸の影響は、補強部モルタルのW/Cが40%の場合ほど顕著ではない。また、補強接合面の浮き上がり量は、アンカー筋の埋込みが浅いほど増大する傾向を示しているが、アンカー筋の埋込み深さが5dの場合では、アンカー筋の定着が十分ではないため、滑り量の増大とともにアンカー筋が抜け出すためと考えられる。

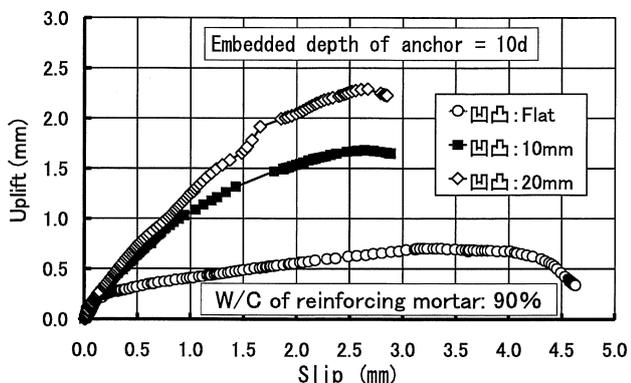
#### 4. 結論

本研究では、外側耐震補強コンクリート接合部のせん断滑り特性について一連の検討を行った。本研究によって得られた結果は、およそつぎのようにまとめられる。

(1) アンカー筋で補強された既存・補強接合部のせん断



(a) Embedded depth of anchor=5d



(b) Embedded depth of anchor=10d

Fig.9 Effects of unevenness of interface on uplift-slip relation (W/C=90%)

抵抗は、「アンカー筋によるダボ抵抗」+「接合面の凹凸のかみ合わせによるせん断抵抗」で表される。

- (2) 固着耐力に及ぼす各種要因の影響は明確でないが、既存・補強接合部の最大せん断耐力は、補強部モ

ルタルのW/Cに関わらずアンカー筋の埋込みが深く、かつ接合面の凹凸が大きくなるに従って増大する。

- (3) 接合面の凹凸が無い試験体および補強部モルタルのW/Cが90%の試験体は、延性的な荷重-滑り量関係を示すが、接合面の凹凸および補強部のモルタル強度の大きい試験体では、脆性的な挙動を示す。

#### 謝辞：

本実験の実施および実験結果に関するデータ整理に際して、多大なるご助力を得た愛知工業大学大学院生の巻幡悠佑君（現：西松建設(株)）、並びに愛知工業大学学部学生の岡部祥也君、斉藤亨輔君、塩澤優姫さん、永田詩乃さんおよび森田慎治君に対して謝意を表します。

また、本実験は、愛知工業大学耐震実験センターで実施し、研究費の一部として、愛知工業大学耐震実験センターの研究費を使用したことを付記し、謝意を表す。

#### 参考文献：

- 1) 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年改訂版、pp. 38-41 (2005)
- 2) 矢作建設工業(株)：ピタコラム工法 設計・施工マニュアル、2006年改訂版
- 3) 榎本将弘ほか：あと施工アンカーによる接合面の固着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. 28, No. 2, pp. 1111-1116 (2006)
- 4) 谷川恭雄、山田和夫：コンクリートの圧縮強度の寸法効果について、日本建築学会論文報告集、第262号、p. 13-21 (1977)
- 5) 山田和夫、関俊力、巻幡祐介：鉛直力を受けるコンクリートのせん断滑り特性に関する基礎的研究、第62回セメント技術大会講演要旨、pp. 68-69 (2008)

# EXPERIMENTAL STUDY ON SHEAR SLIP BEHAVIOR OF PLACING JOINT BY OUTSIDE SEISMIC REINFORCEMENT

Kazuo YAMADA\*<sup>1</sup>, Toshikatsu SEKI\*<sup>2</sup>, Takashi KAMIYA\*<sup>3</sup> and Youichi UEDA\*<sup>3</sup>

- \*1 AICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Department of Architecture, Faculty of Engineering  
(1247, Yagusa, Yachigusa-cho, Toyota-shi, Aichi 470-0392, Japan)
- \*2 AICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Graduate School of Engineering, Production and  
Construction Engineering Course (1247, Yagusa, Yachigusa-cho, Toyota-shi, Aichi 470-0392, Japan)
- \*3 YAHAGI CONSTRUCTION CO., LTD., Technical Research Laboratory of Seismic Technology  
(1533-74, Ibaragabasama, Kumabari, Ngakute-cho, Aichi-gun, Aichi 480-1101, Japan)

**ABSTRACT:** In this study, the effects of the embedded depth of anchor, the unevenness of interface and the concrete strength were investigated as the fundamental research for the purpose of the clarification of shear slip behavior of the placing joint by outside seismic reinforcement. In this experiment, two embedded depths of anchor (the depths are 5d and 10d, in which d is a nominal diameter of anchor), three unevenness of interface (the  $\square$  sizes are 0, 10 and 20 mm) and two water-cement ratios of the reinforcing mortar (the water-cement ratios are 40 and 90 %) were selected as shown in Table 1. The specimen as shown in Fig.1 and the loading apparatus as shown in Fig. 3 were used in this experiment. The results obtained by the experiments can be summarized as follows:

- 1) The shear resistance of the placing joint reinforced by the anchor can be obtained as the sum of the dowel action by the anchor and the interlocking action caused by the uneven interface.
- 2) The shear carrying capacity increases with increasing the embedded depth of the anchor and the unevenness of interface of the placing joint, independently of the strength of reinforcing mortar.
- 3) In the case of the specimen with the flat interface and with the low strength of reinforcing mortar, the ductile load-slip relationship of placing joint can be obtained.

**KEYWORDS:** Outside seismic reinforcement, Placing joint, Water-cement ratio, Anchor bar, Interlocking action, Dowel action