

論文

[1222] 鉄筋コンクリート造骨組の鉄骨ブレース補強法におけるモルタル接合部のせん断実験

正会員○片桐 太一 (日本ドライブイット㈱)

正会員 山本 泰稔 (芝浦工業大学工学部)

正会員 清水 泰 (東京工業大学工学部附属工業高校)

正会員 秋山 友昭 (東京ソイルリサーチ㈱)

1. はじめに

鉄筋コンクリート造建物を枠付鉄骨ブレース等で補強する際に最も注意して設計しなければならない箇所の一つにモルタル接合部がある。このモルタル接合部で破壊するモードを許容する補強設計を行った場合には、枠付鉄骨ブレース補強架構で通常期待されるじん性能は望めなくなり、補強架構の耐震性能を十分発揮させることが困難となる場合が多いからである。従来、モルタル接合部に関しては、樹脂系<sup>1)</sup>のあと施工アンカー<sup>2)</sup>が用いられる場合が多く、適正配筋量等についての実験研究がある。

本論文は、モルタル接合部の設計の自由度を広げるために、樹脂系あと施工アンカーの代わりに金属系あと施工アンカーの機能を有する頭付アンカー (以下アンカーと略す) を用いた接合部を考案し、モルタル接合部をモデル化した試験体を14体作製し、アンカーの直径、埋込み長さ、アンカーの固定度を変動因子とした直接せん断加力実験を行った結果をまとめたものである。

2. 試験体

表1 試験体記号と金属系アンカーの諸条件

試験体の概要を図1に示す。試験体は、既存鉄筋コンクリート造建物の梁に鉄骨系架構で耐震補強を行う事を想定して作製したものであり、実物大のものとし、実際の接合部の一部を取り出した形になっている。

試験体記号	径 Da(mm)	埋め込み深さ	アンカー固定度	試験体数
195A	19	5D	固定	3
195Y	19	5D	ルーズ	1
198A	19	8D	固定	2
198Y	19	8D	ルーズ	1
225A	22	5D	固定	2
225Y	22	5D	ルーズ	1
228A	22	8D	固定	3
228Y	22	8D	ルーズ	1

この試験体でのアンカーの特徴は、160mm と狭い充填モルタル部内での定着を取ることを考慮して、頭付きとなっていることである。

(図2 a)参照) 試験体記号とアンカーとの諸条件との関係を表1に示す。

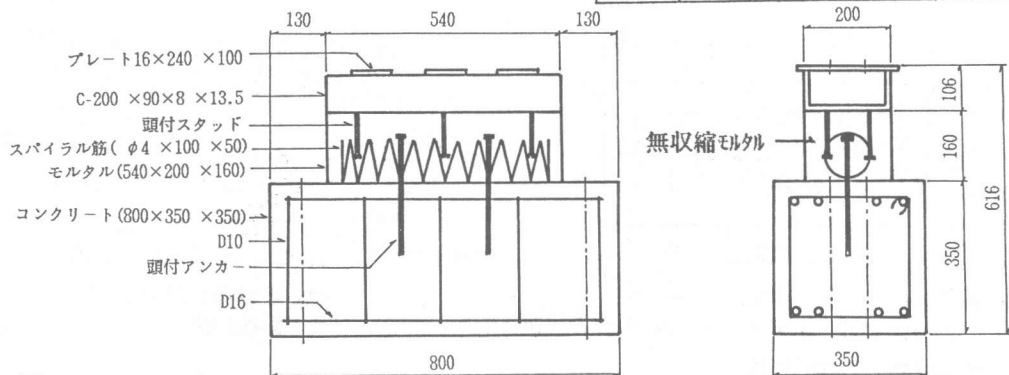


図1 モルタル接合部の概要

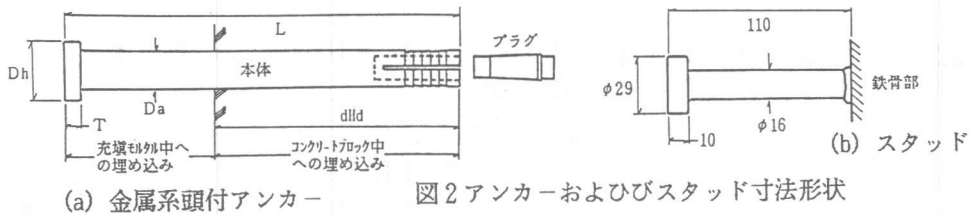


図2 アンカーおよびスタッド寸法形状

試験体の主な変動因子は、アンカー径  $D_a$  とコンクリートブロック中への埋め込み深さ  $dHd$ 、および固定度とした。アンカー径は、枠付鉄骨ブレース補強架構で通常用いられている  $\phi 19$  を 7 体実験し、さらに 1 サイズアップした  $\phi 22$  についても 7 体実験を行った。埋め込み深さに関しては、設計で  $8D_a$  ( $D_a$  は  $\phi$  外径) 要求されることが多いが、ここでは埋め込み深さの影響を検討する事を目的として、 $8D_a$  と  $5D_a$  の 2 種類とした。

また、固定度に関しては、アンカーの定着力がどの程度せん断耐力に影響するか定性的な傾向を検討するために、通常の打撃を加え

先端部を拡張させて固定したものと、全く打撃を加えず、先端部の拡張をせずに手で引抜ける程度のルーズにしたものの 2 種類がある。

一方、モルタル部分でのアンカーの埋め込み長さは、今回すべての試験体に共通な  $110 \text{ mm}$  がとってある。従って、 $\phi 19$  のアンカーに対しては約  $5.8D_a$ 、 $\phi 22$  のアンカーに対しては  $5D_a$  となっている。次に、頭付きスタッドは全て図 2 (b) に示す  $\phi 16$  を使用した。

試験体作製手順としては、コンクリートブロックを打設したあと、20 日後にアンカーを各試験体に 2 本ずつ打設し、コンクリート表面の目荒らしを行い (図 3 参照)、スタッドをとりつけた鉄骨枠 (図 4 参照) を、コンクリートとの間隔  $160 \text{ mm}$  に仮止めしたのち、モルタル割裂防止用の  $4 \phi$  スパイラル筋 ( $100 \phi @ 50$ ) を配置し、その後、無収縮モルタルを充填した。

鉄骨枠は断面が  $C-200 \times 90 \times 8 \times 13.5$  を用い、これにスタッドを  $200 \text{ mm}$  間隔にダブル配列とした。

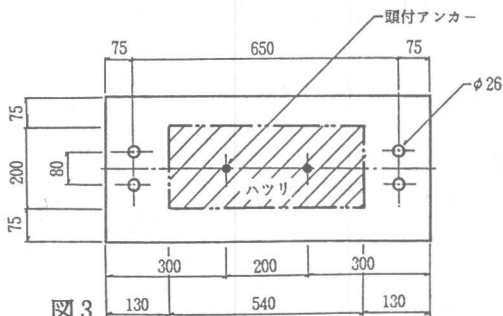


図3 コンクリートブロック・ハツリ部分とアンカーの打設位置

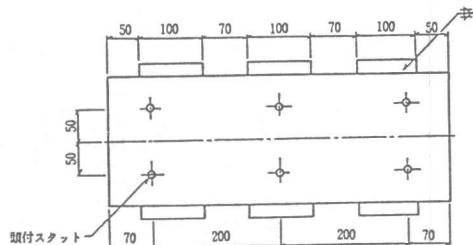


図4 鉄骨枠とスタッドの溶接位置

### 3. 使用材料の力学的性質

表 3 に試験体作製に使用した各材料の試験結果を示す。

表2 アンカー寸法

呼び名	$D_a$	L	$D_h$	T	Hd	dHd
195	19	210	32	10	20	95
198	19	270	32	10	20	152
225	22	230	35	10	23	110
228	22	290	35	10	23	176

#### 記号説明

$D_a$  : アンカー 外径  $\text{mm}$   
 L : ; 全長  $\text{mm}$   
 $D_h$  : ; 頭部外径  $\text{mm}$   
 T : ; 頭部長さ  $\text{mm}$   
 Hd : 穿孔径  $\text{mm}$   
 dHd : 穿孔深さ  $\text{mm}$

コンクリート供試体は試験体コンクリート打設と同時に作製し、2週間及び4週間材令試験を行った。また、モルタルはコンクリート打設の20日後に打設し、同時にモルタル供試体を作製し、1、2、4週間材令で試験を行った。

実験に用いたアンカーは、アンカー軸部をJIS Z 2201の四号試験片に準じて加工し、引張試験を行った。また頭付スタッドは、JIS G 3507に規定されているSWRH16A(7M30鋼)に適合した材質のものを使用している。

表3-2 アンカー鋼材試験結果

呼び名	直径 cm	断面積 cm <sup>2</sup>	降伏点 kg/cm <sup>2</sup>	引張強さ kg/cm <sup>2</sup>	伸び %
195・198	1.4	1.5	4200	4363	36.2
225・228	1.4	1.5	4742	4903	20.8

注；アンカー鋼材試験は、実験に使用するアンカーの軸部を

JIS Z 2201 4号試験片に加工した。

表3-3 スタッド鋼材試験結果

素材	線径 mm	断面積 cm <sup>2</sup>	引張強度 Kg/cm <sup>2</sup>	伸び %
16.0	15.75	1.9	4470	34.6

#### 4. 加力装置および測定方法

図5に加力装置を示し、図6には変位測定位置を示す。

加力は、試験体を鉄骨の加力フレームに固定した状態で、加力点位置をモルタル接合部の中央部とし、水平押し静加力を正負交番で3回繰返して最後に正方向押し切り加力とした。

予定荷重履歴は1回目の加力を荷重制御として、せん断力P14ton ( $\tau = 13.0\text{kg/cm}^2$ )で正負の繰返し、2回目加力以降は変形制御として水平変位1mmと2mmで各1回ずつ繰返した後、最後に押し切り加力する計画をたてた。

変位の測定は、精度1/200mmの変位計を用いて、コンクリートとモルタルのずれ量を測定した他、鉛直方向のはがれ量に関しても試験体の両面で測定した。

表3-1 コンクリート・無収縮モルタル材料試験結果

材令 (日)	コンクリート		無収縮モルタル	
	強度 Kg/cm <sup>2</sup>	ヤング係数 Kg/cm <sup>2</sup>	強度 Kg/cm <sup>2</sup>	ヤング係数 Kg/cm <sup>2</sup>
7	-	-	399	$1.88 \times 10^5$
14	210	$2.20 \times 10^5$	450	$2.11 \times 10^5$
28	230	$2.14 \times 10^5$	486	$2.19 \times 10^5$

線径 mm	断面積 cm <sup>2</sup>	引張強度 Kg/cm <sup>2</sup>
4.0	0.1	7400

表3-4 スパイラル筋鋼材試験結果

注；スパイラル筋鋼材試験は、実験に使用した後のスパイラル筋で外観にキズの無い部分25cmを採り試験片とした。

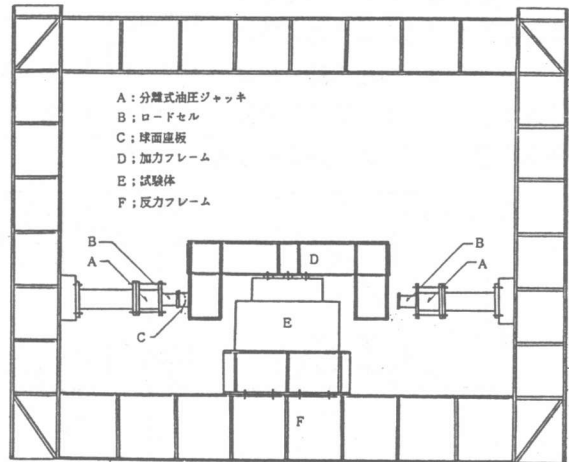


図5 加力装置

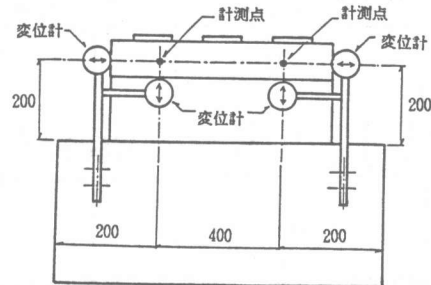


図6 変位測定位置

## 5. 実験結果

実験結果の概要を表4に示す。同表には、各サイクルごとの最大荷重とその時の変位、および最大耐力 $P_m$ 、変位量 $\delta_m$ 、を示した。また、図7には代表的な試験体の最終破壊状況を示し、図8には荷重変位関係を示す。表4 試験体および実験結果一覧

各試験体のひび割れ発生状況は、まず加力のかかなり早い段階で加力側と逆位置にあるスタッドに沿って縦ひび割れを生じ、その後の加力によりスタッドの根元からほぼ45度方向にせん断ひび割れが発生している。さらに加力を進めると、これらのせん断ひび割れの幅が大きくなり終局状態に至っている。なお、アンカーの固定をしなかったY形の試験体ではこの際に多少浮き上がりを生じている。最終的には全ての試験体がモルタル部でせん断破壊をしているため、実験結果を見ると最大耐力等に関してアンカーの径の違いによる差が少なく、また埋め込み深さや定着の有無による差も余り見られなかった。

試験体名	P1Ton	$\delta$ 1mm	P2Ton	$\delta$ 2mm	P3Ton	$\delta$ 3mm	P max	$\delta$ max
195A-1	10.00	0.04	16.02	0.10	10.17	0.57	16.02	0.10
195A-2	13.97	0.12	16.57	0.64	18.45	2.06	18.45	2.06
195A-3	13.97	0.13	16.95	0.97	14.00	1.84	16.95	0.97
198A-4	13.97	0.06	17.75	0.64	13.37	1.45	17.75	0.64
198A-5	14.02	0.52	16.80	1.10	14.00	1.54	16.80	1.10
225A-6	14.00	0.10	14.35	0.21	7.07	1.15	14.35	0.21
225A-7	14.02	0.38	14.85	0.96	13.35	1.94	14.85	0.96
228A-8	15.05	0.11	17.80	2.08	4.10	1.76	17.80	2.08
228A-9	14.00	0.18	13.97	0.17	16.52	0.32	17.55	0.80
228A-10	14.02	0.11	16.95	0.19	15.50	0.65	16.95	0.19
195Y-11	9.97	0.03	15.82	0.22	16.20	1.01	16.20	1.01
198Y-12	13.97	0.70	14.00	1.03	18.52	1.45	18.52	1.45
225Y-13	13.25	0.38	4.50	1.17	10.60	3.28	13.25	0.38
228Y-14	13.97	0.92	14.00	1.43	15.02	2.06	15.02	2.06

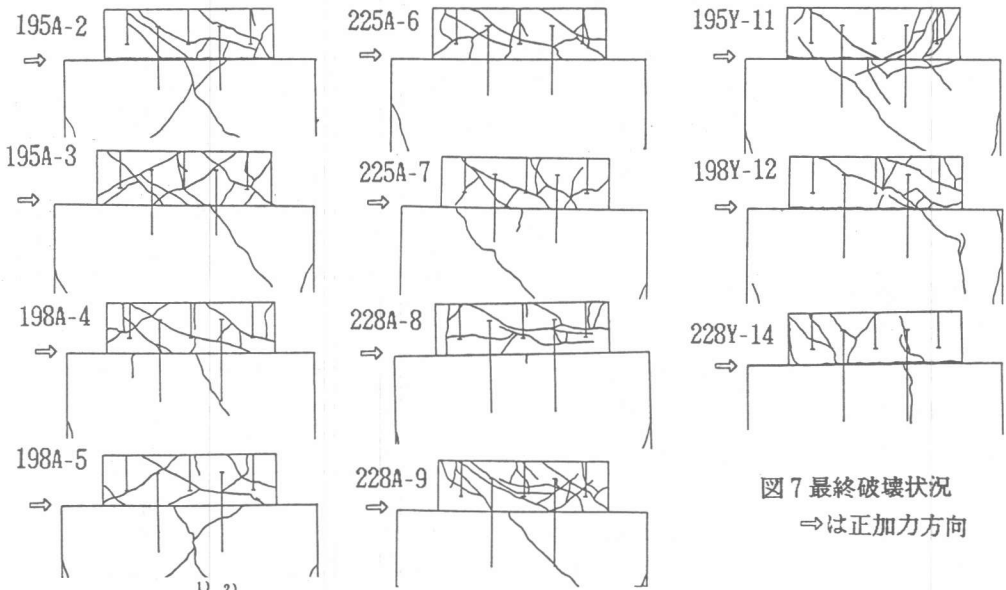


図7 最終破壊状況  
⇒は正加力方向

図9に樹脂系アンカーと金属系アンカーの1本当りのせん断耐力比較を示す。樹脂系アンカーとの比較検討に採用した試料条件は、アンカーD 19 (打設本数2、3本)、スタッド $\phi$ 16、 $\phi$ 19

(溶接本数2,3,6,本)で、アンカーはシングル打設、スタッドはシングルおよびダブル配列である。またモルタル部打設高さは、16・19.6cmの11体とし、金属系アンカー実験条件に近い試験体を選定した。この結果、樹脂系アンカーは6 ton 附近で上部と下部グループに大別できるが、これはスタッドの配列の違いと推測する。

樹脂系アンカー上部グループ7体と金属系アンカー14体を比較すればM225は樹脂系アンカーより耐力がやや低いが他は同位置にあるといえる。

金属系アンカーの性能評価に必要な引抜き耐力を表5に示す。

引抜き実験に使用したアンカーの脚部は、せん断実験のものと同じ形状で、頭部の無いねじ付アンカーを使用した。

コンクリート試験体は、せん断試験終了後のコンクリートブロック側面で、引抜き実験に障害の無い部分にアンカーを打設し、実験を実施している。

なお、アンカーの素材引張強度は、φ19は5440 kg/cm<sup>2</sup>、φ22は6050 kg/cm<sup>2</sup>であった。

## 6. 実験結果の考察

ここでは、あと施工アンカーを用いたモルタル接合部のせん断耐力式との比較を行ってみる。現在までに、色々な算定式が提案されているが、ここで行った実験体はすべてモルタル部分が破壊したので、コンクリート耐力が直接関係する次の式を検討の対象とする。各実験結果との対応は表6に示した。

$$\text{改修設計指針式}^{3)} \quad Q_{a1} = 0.4 s_{ae} \sqrt{E_c \cdot F_c} \quad \dots \dots (1)$$

$$\text{合成構造設計指針式}^{4)} \quad Q_c = 0.75 \phi_{s2} (0.5 s_{ae} \sqrt{E_c \cdot F_c}) \quad \dots \dots (2)$$

ここで、 $Q_{a1}$ 、 $Q_c$  : アンカー1本当たりの負担できるせん断力、 $s_{ae}$  : せん断面におけるアンカー本体の断面積、 $F_c$ 、 $E_c$  : 既存部コンクリートの圧縮強度とヤング係数、 $\phi_{s2}$  : 短期荷重用低減係数 (=0.6)

(1) 式でせん断耐力を求めると、実験値は、φ19のアンカーに対し、埋め込み深さが5Da、8Daのいずれの場合も安全側の値を示すが、φ22のそれに対しては、5Da、8Daとも危険側の値となった。従って、(1) 式では今回の実験のモルタル接合部の耐力を評価することが不可能であった。

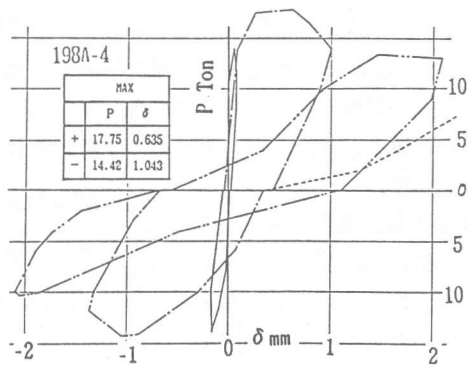


図8 荷重変位曲線

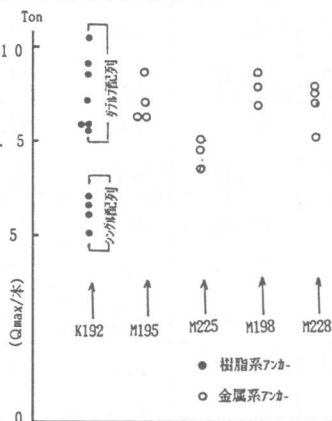


図9 樹脂系アンカー系と金属系アンカーの1本当たりせん断耐力比較

表5 アンカー引抜き実験一覧

試験体名	埋込み深さmm	Pmax Ton	δ mm	備考
TS19-1	95	8.3	8.3	コンクリート破壊
TS19-2	(5Da)	5.3	13.9	コンクリート破壊
TS19-3		5.9	16.4	コンクリート破壊
TS19-4	152	6.9	9.1	アンカー先端部破断
TS19-5	(8Da)	7.1	不良	アンカーハット部破断
TS19-6		7.0	5.9	アンカー先端部破断
TS22-7	110	8.8	3.4	コンクリート破壊
TS22-8	(5Da)	8.7	7.9	コンクリート破壊
TS22-9		7.2	10.7	コンクリート破壊
TS22-10	176	9.3	20.5	コンクリート破壊
TS22-11	(8Da)	8.9	20.7	コンクリート破壊
TS22-12		8.2	21.9	コンクリート破壊

注; TS 19 - 1  
アンカー種類 外径 No.

一方、(2)式でせん断耐力を求めると、全ての試験体は安全側の値を示す。埋め込み深さが5Daのものは、8Daのものに比べわずかに耐力は高くなっているものの大した影響はない。アンカーがルーズで引抜き抵抗力のない場合、(1)式では危険側の値があらわれたのに対し、(2)式では安全側の値を示した。アンカーの固定度はそれほど影響はしなかった。

## 7. まとめ

金属系あと施工アンカーを用いた接合部に関して、アンカー径と埋め込み深さ、および打撃の有無を主な変動因子として、試験体を14体作製し、せん断耐力を検討する直接せん断加力実験を行った結果次の事項が指摘できた。

(1) 最終的には全ての試験体が無収縮モルタル部でせん断破壊した。

このため、最大耐力等に関してアンカー径の違いによる差は、太径のほうがむしろ低くなる結果になった。

(2) 改修設計指針式では、 $\phi 19$ に対しては安全側の値を算出しているが、 $\phi 22$ に対しては全て危険側の値となっている。従って $\phi 19$ を越えた太径に対しての適用はこのましくない。

(3) 短期荷重用低減係数を考慮して合成構造設計指針式で算定した計算値は、全ての試験体の耐力に対して安全側の値を与え、本モルタル接合部の終局耐力を推定するのに役立つことがわかった。

### 〔参考文献〕

- (1) 山本泰稔、清田清司、青山博之「既存鉄筋コンクリート建築物の鉄骨補強法におけるモルタル接合部の実験」第6回コンクリート工学年次講演会論文集、1984.6、pp.413~416
- (2) 山本泰稔、清田清司、青山博之「既存鉄筋コンクリート建築物の補強法に関する実験的研究、その3.モルタル接合部の直接せん断実験結果」、日本建築学会大会学術講演梗概集、昭和58年9月 pp.2163~4 (3)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」建設省住宅局建築指導課、1977.4 (4) 日本建築学会「各種合成構造設計指針」1985.2
- (5) 広沢雅也、芳村 学、秋山友昭、片桐太一「太径樹脂アンカーのせん断実験」コンクリート工学年次論文報告集第10巻、第3号、1988.6、pp.69~74
- (6) Robert A. Bass, Romon L. Carrasquillo and James O. Jirsa "Shear Transfer across New and Existing Concrete Interfases", ACI STRUCTURAL JOURNAL, 86-S34, 1989, pp.383~393

表6 実験値と計算値の比較

試験体名	実験値	(1)式計算値	実/(1)式	(2)式計算値	実/(2)式
195A-1	16.02	15.72	1.02	8.84	1.81
195A-2	18.45	15.72	1.17	8.84	2.09
195A-3	16.95	15.72	1.08	8.84	1.82
198A-4	17.75	15.72	1.13	8.84	1.92
198A-5	16.80	15.72	1.07	8.84	2.01
225A-6	14.35	21.33	0.67	12.00	1.20
225A-7	14.85	21.33	0.70	12.00	1.24
228A-8	17.80	21.33	0.83	12.00	1.48
228A-9	17.55	21.33	0.82	12.00	1.46
228A-10	16.95	21.33	0.79	12.00	1.41
195Y-11	16.20	15.72	1.03	8.84	1.83
198Y-12	18.52	15.72	1.18	8.84	2.10
225Y-13	13.25	21.33	0.62	12.00	1.10
228Y-14	15.02	21.33	0.70	12.00	1.25