

論 文

[2160] 充填モルタル接合部内のスパイラルフープの効果に関する実験的研究

正会員○山本泰穂（芝浦工業大学建築学科）

正会員 上之園 隆志（建設省建築研究所）

正会員 秋山友昭（東京ソイルリサーチ）

正会員 今井 清史（産機興業）

1. はじめに

耐震性の劣る鉄筋コンクリート（以下、RCと略称する）建造物があるとき、鉄骨系のプレースやパネルを用いて、強度と韌性の両方に抵抗できる耐震補強を行う場合が増えてきた。既存RC造部分と増設鉄骨部分とが充填モルタルを圧入して接合されるとき、間接接合部と呼ばれる。モルタル中では、既存RC造部分に埋め込まれたあと施工アンカーと、増設鉄骨枠に溶接された頭付きスタッドとが、スパイラル筋で一体化される場合が多い。その場合、スパイラル筋はモルタルのひび割れ拡大を防止する目的で配筋されるが、その効果については不明な点が多い。今回、D22の樹脂アンカーの性能に関する直接せん断実験を行う機会を得たので、間接接合部における充填モルタル中のスパイラル筋の量を变量にとりその効果についても検討した。

2. 試験体の概要

表2.1には今回製作した5種類10体の試験体の記号とスパイラル筋比との関係を示す。また、図2.1は典型的な試験体R8-80の概要である。全面目荒らしした母材コンクリートにD22の樹脂アンカーを200mmピッチで埋め込んでおき、そこへ同じ間隔で半ピッチずらせて頭付きスタッドボルトを溶接した鉄骨枠(H-200×200×8×12)を仮止めしておき、それらの周辺をD6-50φのスパイラル筋で囲み、それらの隙間に無収縮モルタルを圧入して間接接合した。樹脂アンカーはD22で母材RC部分への埋め込み深さは8d_a（ここに、d_a：樹脂アンカーの直径）であり、無収縮モルタルへの埋め込み長さは約5.8d_a（l=128mm）である。一方、頭付きスタッドは2-16φで、モルタルへの埋め込み長さは7.5d_a（l=120mm）である。

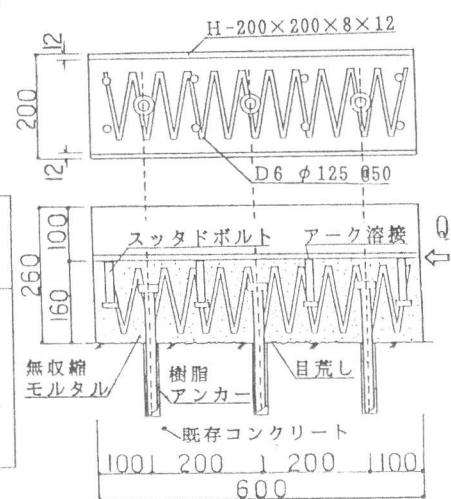
3. 加力装置及び測定方法

表 2.1 試験体記号とスパイラル筋の配列との関係

試験体記号	試験体番号	スパイラル筋の配列状態	スパイラル筋比 (p _s)
R8-255	No. 55&56	D10-035	1.43 / (16 × 3.5) = 2.55(%)
R8-179	No. 63&64	D10-050	1.43 / (16 × 5.0) = 1.79(%)
R8-138	No. 57&58	D10-065	1.43 / (16 × 6.5) = 1.38(%)
R8-80	No. 59&60	D6-050	0.64 / (16 × 5.0) = 0.80(%)
R8-0	No. 61&62	スパイラル無	

注) 試験体記号は、第1項が(レジ)、2が埋め込み深さ8d_a

を、第2項が圧入モルタル中の補強筋比 p_s = a_s / (h' · x_s)
(×10⁴)を示す。また、試験体番号は、通し番号を示す。

図 2.1 R8-80(No. 59 & 60)
の配筋状態

試験は前回と同じ加力装置及び測定方法を用いて行ったので図は省略する〔1〕。母材コンクリート塊をPC鋼棒で試験床に固定し、鉄骨枠の図芯に相当するウェブをオイルジャッキで水平に繰返し加力し、各荷重段階での加力の大きさをロードセルで読みとった。滑り量は1/100 mm精度の電気式変位計で測定した。母材コンクリートと鉄骨枠との相対的なすべり量(δ_{c-h})、母材コンクリートとそれに接触するモルタルとの相対的な滑り量(δ_{c-m})、さらに、荷重方向に垂直な方向の肌分かれ量を測定した。第1サイクルは δ_{c-h} が約0.75mmになるまで、第2サイクルは1.5mmになるまで、また、第3サイクルは正荷重で破壊が明確になるまで加力した。

4. 使用材料の物理的性質

材料の性質を表4.1～4.3に示す。既存の母材コンクリートは、設計規準強度(F_c)を180kg/cm²とおいて調合したが、実際には圧縮強度(σ_b)は210kg/cm²となった。

接合部のモルタルは試験体10体を2回に分けて圧入した。モルタルの圧縮強度は、打ち込み回数および材齢の影響をうけたので、解析用の値として表4.2の2種類の値を用いたことにした。

表4.2 モルタルの性質(プレミクストモルタルを使用)

第1回目 N0.63 & N0.64以外の全ての試験体			第2回目 N0.63 & N0.64の試験体		
w(t/cm ³)	σ_m (kg/cm ²)	$E_{1/3}$ (kg/cm ²)	w(t/cm ³)	σ_m (kg/cm ²)	$E_{1/3}$ (kg/cm ²)
2.13	529	2.20x10 ⁵	2.19	359	2.20x10 ⁵

表4.3 鉄筋の性質

種類	断面積 a_s (cm ²)	σ_y (t/cm ²)	σ_{max} (t/cm ²)	のび率 (%)
D6	0.32	4.91	6.22	—
D10	0.71	3.02	4.23	(21.3)
D22	3.87	4.00	5.94	—

注)*1 のび率の欄の括弧内の値は参考値である。これを削り落としたため、断面欠損部分での集中して破断した。

*2 ヤング率は 2.1×10^6 (kg/cm²)である。

*3 D6の σ_y は0.2%オセトより求めた。

5. せん断試験結果

表5.1は10体の試験結果をまとめて示したものである。実際に充填モルタル部分で破壊した試験体はスパイラル筋が全く配筋されていないR8-0(N0.61 & 62)及びスパイラル筋量の少ないR8-80(N0.60)だけであった。表5.2は本試験と併行しておこなわれた関連実験体の試験結果である。R8-179シリーズと同じスパイラル配列である。ただし、表5.2の試験体は母材RC部分と充填モルタルとの接觸面にテフロンシートが敷かれて摩擦が小さく、目荒らしも施されていないことと、水平加力の位置が母材RC部分と充填モルタルとの境界面であるところが異なる。

図5.1に試験体R8-0(N0.61)のひび割れ発生状況を示す。はじめ圧縮側のモルタルに縦ひび割れが発生し、続いて、引張側のモルタルに縦ひび割れが発生する。その後で、コンクリートに樹脂アンカーの引抜きによるひび割れが発生するが、モルタルがコンクリート面にせん断力を伝達するので、斜め方向のひび割れを発生する。しかし、ひび割れの伝搬は、モルタルからの圧縮力

表 5.1 試験体ごとの最大せん断強度(Q_{\max})、すべり量(δ) 及び破壊モード

試験体記号	Q_{\max} (t)	$s \tau_{\max}$ kg/cm ²	$c \tau_{\max}$ kg/cm ²	Q_{\max} 時の δ (mm)			破壊モード	
				δ_{c-H}	δ_{c-M}	δ_{M-H}		
R8-255-55	30.3	2610	25.3	1.44	1.06	0.38	2 回目正サイクル	コンクリートせん断破壊
R8-255-56	31.9	2750	26.6	2.78	1.70	1.08	最終サイクル	コンクリートせん断破壊
R8-179-63	24.8	2140	20.7	3.76	2.10	1.66	最終サイクル	コンクリートせん断破壊
R8-179-64	26.7	2300	22.3	4.22	3.28	0.94	最終サイクル	コンクリートせん断破壊
R8-138-57	31.8	2740	26.5	1.52	0.96	0.46	2 回目正サイクル	コンクリートせん断破壊
R8-138-58	31.5	2710	26.3	1.48	0.86	0.62	2 回目正サイクル	コンクリート引張破壊
R8-80-59	34.6	2980	28.8	0.74	0.34	0.40	1 回目正サイクル	コンクリートせん断破壊
R8-80-60	33.2	2860	27.7	4.70	3.16	1.54	最終サイクル	モルタル部せん断破壊
R8-0-61	23.8	2050	19.8	0.92	0.46	0.46	1 回目正サイクル	モルタル部せん断破壊
R8-0-62	27.0	2330	22.5	1.16	0.30	0.86	1 回目正サイクル	モルタル部せん断破壊

注) δ_{c-M} : コンクリートに対する H 型鋼のすべり量、 δ_{c-M} : コンクリートに対するモルタルのすべり量、 δ_{M-H} : モルタルと H 型鋼との相対すべり量、 $s \tau_{\max} = Q_{\max} / (3 \cdot a_s)$ 、 $c \tau_{\max} = Q_{\max} / (20.0 \cdot 60.0)$

表 5.2 本実験に関連する試験体の実験結果[2]

試験体記号	σ_B (kg/cm ²)	σ_M (kg/cm ²)	Q_{\max} (t)	$s \tau_{\max}$ (kg/cm ²)	Q_{\max} 時 δ (mm)	破壊モード
U228C3-40	210	520	32.6	2810	34.3	コンクリートせん断破壊
U228C3-41	210	515	35.7	3070	45.6	コンクリートせん断破壊
U228C3-42	210	518	36.3	3130	44.0	コンクリートせん断破壊

注) U228C3シリーズ 群体で、繰返し荷重を加えた試験体である。ただし、既存RC部には目荒らはない。

がコンクリートに伝わる
ので阻止される。最終的
には樹脂アンカーの出し
ろ部分を覆っているカバ
ーがコンクリートが剥離し
て耐力が急激に低下する。

図5.2 は充填モルタル
部分が破壊した試験体R8
-0(No. 61) の荷重～滑り
曲線である。 δ_{c-H} 曲線
と δ_{c-M} 曲線との水平方
向の差が δ_{M-H} を示す。試験体R8-0(No. 61) では、 δ_{M-H} の値の方が δ_{c-M} の値より大きく、特
に最大せん断強度時には δ_{M-H} の値は0.46～0.86mmに達する。このことは破壊が単に樹脂アンカ
ーとモルタルとの間だけではなく、スタッドとモルタルとの間でもおきていることを示している。

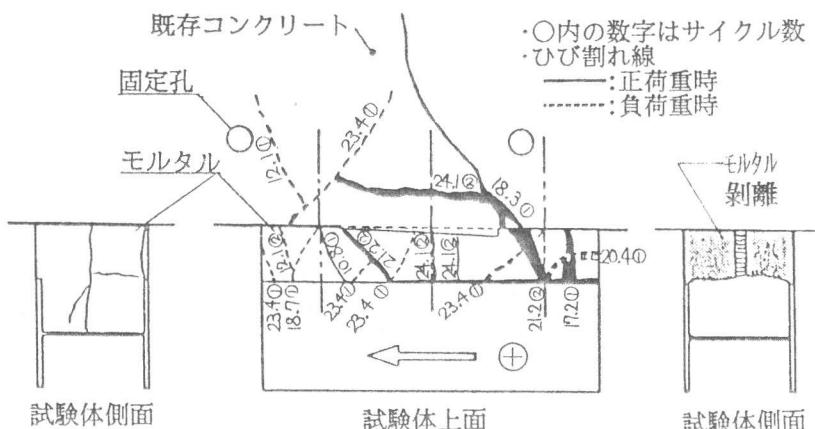


図5.1 R8-0(No. 61) のひび割れ発生状況

6. 結果の検討

6.1 破壊性状の比較検討

今回の直接せん断試験では、加力点が H型鋼のウェブの位置なの

で、モルタルは純せん断状態とはならず、曲げにより加力側が引張力を、また、反対側が圧縮力をうける。しかし、スパイラル筋強度比($p_s \cdot \sigma_y$)の影響でモルタルが壊れなくてすむ場合には、真ん中のアンカー筋に沿っても縦ひび割れが発生する。そして、引張力側2本のアンカーで曲げ引張に抵抗する。一方、スパイラル筋のない試験体では、アンカーに沿った縦ひび割れが発生すると引張抵抗力がなくなり、隣のアンカーが抵抗しなければならないので、結局、1本しか曲げ引張に抵抗できないのでせん断強度も小さくなる。

No. 63と64はスパイラル筋があってもせん断強度が低かった。これは、母材コンクリートに、他の実験の影響で、加力前からひび割れが発生していて、樹脂アンカーの固定度が不足したためである。

6.2 スパイラル筋比の強度に及ぼす影響

図6.1は、最大荷重時におけるモルタル中の $p_s \cdot \sigma_y$ と $s\tau_{max}$ との関係をプロットしたものである。スパイラル筋のないNo. 61および62と、 $p_s \cdot \sigma_y$ が54 kg/cm²のNo. 63と64は強度が低い。母材のはつりがない関連試験体(△印)では最大耐力が高くなかった。これは水平力を母材とモルタルとの接合面に加えたので、曲げが生じなかったからである。一般に母材をはつると、充填モルタルとの付着力が増し耐力は高まるが、それ以上に加力位置の影響が大きいようである。

6.3 荷重～滑り特性について

初期剛性は母材コンクリートをはつると非常に高くなるが、 $p_s \cdot \sigma_y$ との関係は見られなず、400~600 t/cm/本程度である。繰返し回数が増えると δ_{c-M} も増えて逆S型の特性になる。モルタルがせん断破壊した試験体では、当然 δ_{M-H} の値が大きくなる。また、 Q_{max} 時の δ_{c-H} 値は、はつりのない関連試験体に比べて1/10以下と小さくなる。

7. 結論

スパイラル筋が全く配筋されない試験体の場合、せん断耐力は低く、滑りに対し韌性のないことが分かった。今回の実験で、スパイラル筋は $p_s \cdot \sigma_y$ が40%程度配筋されていれば、補強接合部におけるモルタルのせん断破壊は防げそうであるという結論に達した。

[参考文献] 1)秋山友昭・廣沢雅也・芳村学・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、pp. 69-74、1988. 6

2)秋山友昭・山本泰穂・廣沢雅也・竹内正博: スチールワイヤーを添加した拡底型樹脂アンカーのせん断に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文報告集、1991. 6

(謝辞) 本研究は(財)建築振興協会の受託研究の一部である。実験を担当した芝浦工業大学学生、鈴木剛君に謝意を表します。

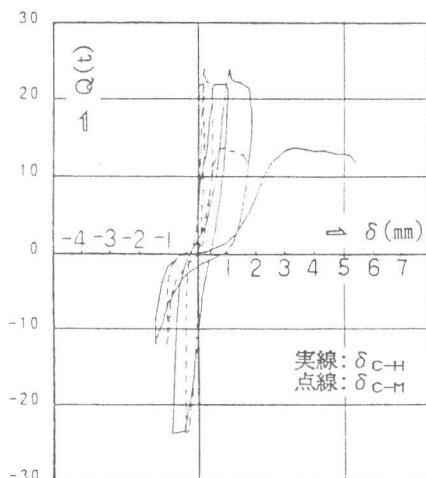
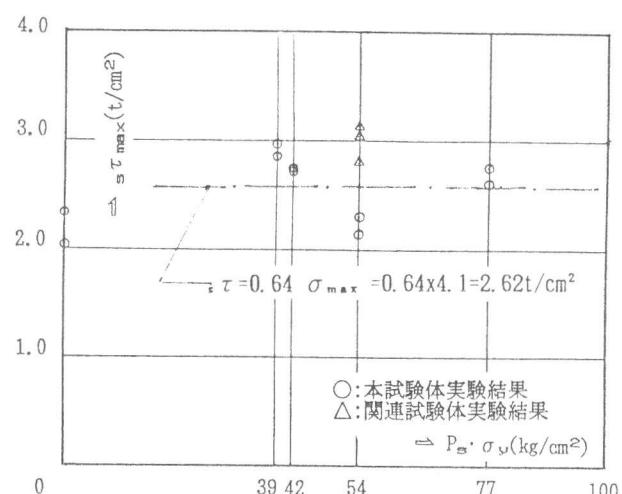


図 5.2 R8-0(No. 61) の荷重～滑り曲線



注) [改定版既存鉄筋コンクリート造建物の改修設計指針・同解説、1990. 12、pp. 278]

図 6.1 $s\tau_{max}$ と $p_s \cdot \sigma_y$ との関係