

れている鋼板と同程度の厚さ2.3mmの薄鋼板を溶接し、それに特殊形鋼をスポット溶接した試験体である。NO.1及びNO.1Aは、本実験の基本試験体で、それぞれ2体ずつ(NO.1とNO.1', NO.1AとNO.1A')作成した。NO.2及びNO.2Aは、特殊形鋼のフランジの向きを下向きにした以外は、NO.1およびNO.1Aとそれぞれ同じ諸元を有する試験体である。NO.3及びNO.4は、NO.1と、又、NO.3A及びNO.4Aは、NO.1Aと、それぞれ形状が同じ試験体である。NO.3及びNO.3Aは、表-2 材料の力学的性質RC板と鋼板との間に付着力が作用しないように、鋼板面に布製粘着テープを貼り、ネオプレンゴム系シール材を塗付し、更に布製粘着テープを貼り、最後にグリースを塗付した試験体である。NO.4及びNO.4Aは、特殊形鋼のラチス状ウェブのフランジへの交点(NO.5及びNO.5A)では、交点数は4点、その他の試験体では8点)当りのスポット溶接数を、他の試験体の半数(1点)とした試験体である。NO.5及びNO.5Aは、シアコネクタの段数を、他の試験体の半数(1段)にした試験体である。縦方向配筋は、D13 @180とし、横方向配筋は、D13 @200とし、上、下端にD10を配している。スポット溶接は、JIS Z 3140 のA級の合否判定に合格するように行なった。表-2に、材料の力学的性質を、又、表-3に、スポット溶接の溶接条件と引張せん断強度及びナゲット径を、それぞれ示す。コンクリートは、押抜加力方向に打設した。

2.2 実験方法

図-1に、加力及び変位測定方法を示す。加力は、アムスラー型試験機により、片振り載荷をした。測定は、荷重の他に、鋼板とRC板との間の鉛直ずれ、目開きの各変位、ひび割れ状況、などについて行なった。

3. 実験結果とその考察

3.1 実験結果の概要

表-4に、実験結果の概要を一覧にして示す。最大荷重については、後で述べる計算値との比較も併せて示す。図-2に、荷重(P')と鉛直ずれ変位(δv)との関係包絡線を、実験因子毎に比較したものを示す。その際、荷重としては、包絡線を比較するために、前記の交点当りになおした荷重(P' = 全荷重(P)/交点数(N_i))とした。

表-4 実験結果概要一覧

試験体	交点 数 N_i	スポット 溶接 点 数 N_w	すべり発生時		最大荷重時								コンクリート局部		破壊 モード
			荷重 P_s (t)	$P's=$ P_s N_i	荷重 P_m (t)	変位 δ_m (mm)	$P'm=$ P_m N_i	$P''m=$ P_m N_w	実/計		W (mm)	W l_o			
									$cP'w$	$cP'u$					
NO.1	8	16	9.49	1.19	30.1	5.83	3.76	1.88	0.81	1.02	8.5	0.91	A		
NO.1'	8	16	9.98	1.25	30.1	5.72	3.76	1.88	0.81	1.02	7.7	0.82	A		
NO.2	8	16	9.83	1.23	27.7	2.71	3.46	1.73	0.75	0.94	不明		B		
NO.3	8	16	2.52	0.32	24.6	13.42	3.07	1.53	0.66	0.83	7.1	0.76	A		
NO.4	8	8	7.88	0.99	17.0	1.78	2.13	2.13	0.92	0.58	-	-	C		
NO.5	4	8	8.40	1.60	14.1	3.26	3.53	1.77	0.76	0.96	6.9	0.74	A		
NO.1A	8	16	8.68	1.09	20.4	4.57	2.55	1.27	0.66	1.22	7.7	1.44	A		
NO.1A'	8	16	10.35	1.29	21.9	3.75	2.74	1.37	0.71	1.31	7.9	1.48	A		
NO.2A	8	16	8.43	1.05	26.5	4.17	3.32	1.66	0.86	1.59	不明		B		
NO.3A	8	16	1.90	0.24	17.8	6.36	2.23	1.11	0.58	1.07	8.1	1.52	A		
NO.4A	8	8	11.30	1.41	17.1	5.72	2.14	2.14	1.11	1.02	4.8	0.90	A		
NO.5A	4	8	5.70	1.43	10.9	4.65	2.71	1.36	0.70	1.30	6.8	1.28	A		

表-2 材料の力学的性質

コンクリート	σ_B	σ_{st}	E	ϵ_B
	218	21.3	1.98	1720

単位: $\sigma_B, \sigma_{st}: \text{kg/cm}^2, E: \times 10^6 \text{kg/cm}^2, \epsilon_B: \times 10^{-6}$

鋼材	σ_y	σ_B	E	伸び	
H形鋼	3.73	5.12	1.80	34.3	
鉄板(t=2.3)	2.57	3.47	1.96	44.2	
特殊形鋼	2.96	3.59	1.97	40.5	
鉄筋	D13	3.42	5.31	1.97	21.2
	D10	3.55	5.06	1.96	20.9

単位: $\sigma_y, \sigma_B: \text{ton/cm}^2, E: \times 10^6 \text{kg/cm}^2, \text{伸び}: \%$

表-3 スポット溶接の溶接条件と同試験結果

試験片	溶接条件			試験結果	
	電流(A)	電圧(V)	時間(秒)	引張せん断強度 P_u (ton)	ナゲット径 (mm)
特殊形鋼+鋼板 (SS41, t=2.3)	380	36	1.5	1.93	7.73×8.02
特殊形鋼+鋼板 (SS41, t=15)	380	36	1.5	2.32	7.94×8.02

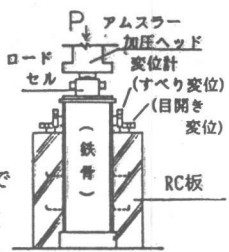


図-1 加力装置

(注)
 ・破壊モード
 A: コンクリート局部支圧破壊
 B: コンクリート局部支圧破壊
 ↓
 溶接点破断
 C: 溶接点破断
 ・局部支圧破壊深さ(W)
 局部支圧深さは、鋼板端部を、ノギスを用いて測定

 W
 l_o
 鋼板
 特殊形鋼
 RC板
 O: 測定位置
 ・cP'w, cP'u, l_o は3.3を参照

3.2 破壊過程と包絡線の比較

NO.4は、スポット溶接破断で最大強度が決り、靱性の無い性状を示した。NO.2及びNO.2Aは、 δv と2.5mmで降伏棚に入り、コンクリートの局部支圧破壊で最大強度が決り、 δv と10mmで特殊形鋼のラチス状ウェブ及びスポット溶接の破断に伴い耐力低下を生じた。その他の試験体は、コンクリートの局部支圧破壊で最大強度が決り、 δv と2.5mm から δv と ≥ 15 mm迄、降伏棚を有する靱性に富む性状を示した。

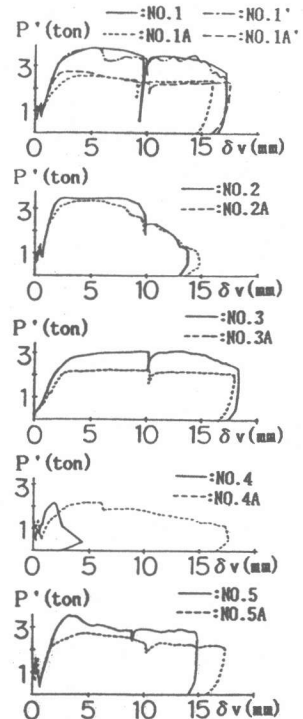
図-2(a)に示す鋼板の厚さによる包絡線の比較に於いて、最大強度及び鉛直ずれ発生時から降伏棚に至る剛性は、鋼板の厚い場合が何れも高くなっている。これは、特殊形鋼の鋼板への接合端の固定度が、鋼板の薄い場合に比べ、厚い場合が相対的に大きいためによると考えられる。降伏棚の耐力をほぼ維持し得る鉛直ずれ変位(靱性性能)は、NO.4とNO.4Aとの場合を除き、鋼板厚さによる差は特に見られない。靱性性能に富む場合は、降伏棚の耐力を用いて、鋼板張りRC板の曲げ耐力の評価が可能になると考えられる。

図-2(b)及び2(c)に、鋼板が厚さ15mmの場合と、厚さ2.3mmの場合に分け、本実験の基本試験体であるNO.1及びNO.1Aと実験因子毎の包絡線の比較をそれぞれ示す。これによると、特殊形鋼を下向きにしたNO.2及びNO.2Aは、上向きの基本試験体に比べ靱性性能が劣るが、最大強度は、厚板の時若干低く、薄板の時若干高くなっている。鋼板とRC板との付着除去の処理をしたNO.3及びNO.3Aは、それを

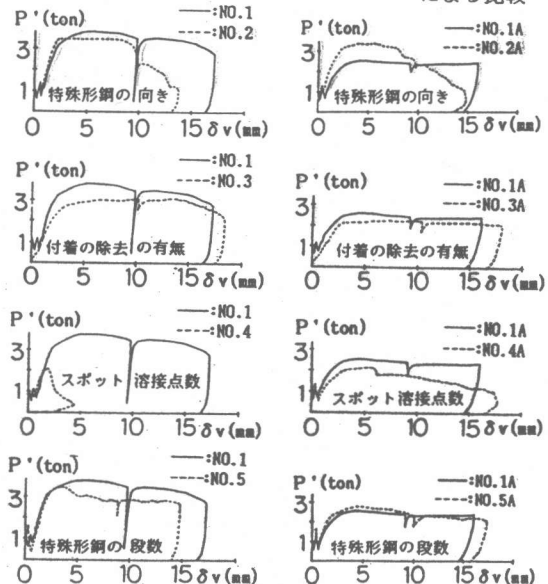
しない基本試験体に比べ、最大強度が低い。スポット溶接点数を基本試験体の1/2にしたNO.4及びNO.4Aは、基本試験体に比べ強度が低く、NO.4は前記の如く破壊モードが異なっていた。シアコネクタの段数を基本試験体の1/2にしたNO.5及びNO.5Aは、基本試験体に比べ、大差ない性状を示した。

3.3 最大強度について

最大強度(P_m)は、前述の如くスポット溶接の破断(NO.4)、又は、コンクリートの局部支圧破壊により決まった。前者は、スポット溶接の引張せん断強度(P_w)に溶接点数(N_w)を乗じた強度($cP_w u$)で推定出来ると思われる。NO.4は、 $P_m/cP_w u=0.92$ であり、上記の仮定はほぼ妥当なものと考えられる。コンクリートの局部支圧破壊を生じた試験体の最大強度は、次式で求められると仮定する。



(a) 鋼板の厚さ ($t=15$ mm: NO.1-NO.5, $t=2.3$:NO.1A-NO.5A) による比較



(b) 鋼板が厚い場合 ($t=15$ mm) の比較

(c) 鋼板が薄い場合 ($t=2.3$ mm) の比較

図-2 荷重(P')と鉛直ずれ変位(δv)との関係包絡線

$$cPu = l_0 \times B \times \sigma_B \times N \text{ ----- (1)}$$

ここで、 l_0 =局部支圧破壊深さ、 B =特殊形鋼の支圧長さ、 σ_B =コンクリート圧縮強度、 N =特殊形鋼総断数、である。

l_0 は、Changの式[2]による撓み曲線の第1不動点(L_0)迄の面積を、 $x=0$ 点の変位(y_0)で除すことにより求めることが出来ると仮定する(図-3参照)。尚、厚い鋼板を用いたNO.1~NO.5は、端部固定支持に対応し、薄い鋼板を用いたNO.1A~NO.5Aは、端部自由支持に対応すると仮定する。

$$\text{端部固定支持の場合 } l_0 = \int_0^{L_0} e^{-\beta x} \cdot (\cos \beta x + \sin \beta x) dx \text{ (2)}$$

$$\text{端部自由支持の場合 } l_0 = \int_0^{L_0} e^{-\beta x} \cdot \cos \beta x dx \text{ ----- (3)}$$

但し、 $\beta = \{k_n \cdot B / (4EI)\}^{0.25}$ 、 $L_0 = 2.356 / \beta$ (固定支持)、 $L_0 = 1.571 / \beta$ (自由支持)、 $k_n \cdot B = \text{反力係数} = 0.65 \cdot (Esc \cdot B^4 / (EI))^{1/12} \cdot Esc / (1 - \nu^2)$ (Vesic, [3])、である。ここで、 Esc =コンクリート圧縮強度時の割線剛性、 B =前出、 EI =特殊形鋼の曲げ剛性($=E \cdot B \cdot t^3 / 12$ 、 E 及び t は、特殊形鋼のヤング係数及び板厚である)、 ν =ポアソン比($=0.5$ を仮定)、

である。局部支圧破壊深さに関し、計算値(l_0)に対する実験値(W)の比を、表-4中に示した。NO.1~NO.5の W/l_0 は、0.74~0.91の範囲(平均値は0.81)にあり、NO.1A~NO.5Aの W/l_0 は、0.9~1.52の範囲(平均値は1.32)にある。以上のことより、局部支圧破壊深さは、上記のように仮定して算定することは、ほぼ妥当であると考えられる。図-4に、最大強度に関する実験値(P_m)と計算値(cPu)との比較したものを示す。計算値に対する実験値の比(P_m/cPu 、表-4参照)は、厚い鋼板を用いたNO.1~NO.5の場合、0.83~1.02の範囲(平均値は0.95)にあり、薄い鋼板を用いたNO.1A~NO.5Aの場合、1.02~1.59の範囲(平均値は1.25)にあり、前者は、実験値に比べ計算値が若干大きく、後者は、実験値に比べ計算値が小さくなっている。前記の W と l_0 との比較においても、同様な傾向を示した。このことは、厚い鋼板を用いた場合に、端部を固定支持としたことは、固定度を実際に比べ大きめに評価し、薄い鋼板の場合に端部を自由支持としたことは、固定度を実際に比べ小さめに評価したことによると考えられる。

4. まとめ

- ① 鋼板張りRCサイロに特殊形鋼を鋼板にスポット溶接したシアコネクタについて、押抜実験を行った結果、コンクリートが局部支圧破壊する場合の最大強度は、鋼板が薄い場合に比べ、厚い場合が大きいことが知れた。スポット溶接破断の最大強度は、スポット溶接の引張せん断強度に溶接点数を乗ずることで、ほぼ予測出来る。コンクリートが局部支圧破壊する場合の最大強度は(1)式により、鋼板張りRCサイロに用いられている鋼板に比べ、厚い鋼板を用いた場合には若干高め、又、同程度の厚さの鋼板($t=2.3\text{mm}$)を用いた場合には若干低めに、予測出来る。
- ② スポット溶接の破断で最大強度が決まる場合は、靱性のない性状を示し、コンクリートの局部支圧破壊で最大強度が決まる場合は、靱性に富む性状を示す。

以上は、特定の特殊形鋼を鋼板とRC板とのシアコネクタに用いた場合の検討であり、特殊形鋼の形状、寸法等が異なる場合については、更に検討が必要であると考えている。

引用並びに参考文献 1) 中林正勝、山本浩二、他3名：鉄板張りRCサイロの開発(その1)構造性能確認実験、フジ工業技術研究所報、第20号、1984年6月、pp.21-30

2) Y.L.Chang：Discussion on "Lateral Pile-Loading Tests" by Feagin, Trans., ASCE, 1937, pp.272-278

3) A.B.Vesic：Bending of Beams on Isotropic Elastic Solid, Proc., ASCE, Vol.90, No.EM2, 1964, pp.35-53

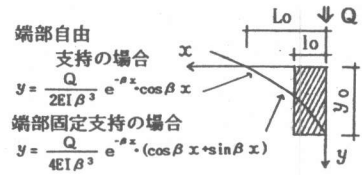


図-3 諸式で用いた仮定事項の説明

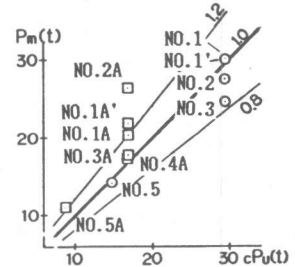


図-4 最大荷重の実験値と計算値との比較