

遠心力鑄鋼管と充填コンクリートの付着に関する実験的研究

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF BOND STRENGTH OF
CONCRETE FILLED IN CENTRIFUGALLY CAST STEEL TUBE

※協田孝彦 ※湯田豊雄 ※※阿部英彦

By Takahiko WAKIDA, Toyoo YUDA and Hidehiko ABE

In case a concrete-filled steel pipe column is subject to bending, or in case axial force acts on such a column by means of the floor beams attached to the steel pipe, a sufficient transmission of shearing force between the inner surface of the steel pipe and the filled concrete is desirable, in order to make the best use of the composite action. In a steel pipe made of plain steel sheet with smooth surface filled with ordinary concrete, the force transmitted between them is far smaller than a necessary amount. In a pipe which is cast and formed by centrifugal force, however, the inner surface is rough enough to secure the composite action. In order to ascertain this effect, a series of experiment was carried out. Parameters such as diameter, concrete strength, admixture for concrete and slump value were changed in the experiment. In result it was revealed that in all cases a sufficient capacity of transmission of shearing force was secured and that no admixture for expansion was necessary. Finally the relation between the average shearing strength and the amount of gap between the pipe and the concrete due to shrinkage of the concrete was discussed.

1. はじめに

鋼管にコンクリートを充填した合成柱が曲げを受ける場合や、鋼管にとりつけた梁から軸力が導入される場合などには鋼管とコンクリートとの間にせん断力が伝達されないと合成効果を期待することができない。せん断力の所要伝達量は場合により異なるが、通常の平滑な鋼板から成る鋼管に普通コンクリートを充填したものではありませんので伝達されるせん断力も小さい。

一方、遠心力鑄鋼管(以下「鑄鋼管」と称する)の場合、内面が鑄放し面となるので、必然的にある程度の凹凸が生じ、充填コンクリートとの間のずれ抵抗は平滑な鋼管の場合に比べてかなり大きくなると予想されているが、これを定量的に求めるために、コンクリート強度、管径、スランプ値を変え、更にコンクリート膨張剤の有無等の条件を変えて一連の実験を行った。また一部溶接鋼管についても実験して比較した。本実験はその結果を述べ、考察を加えたものである。

※ 久保田鉄工株式会社 建設関連技術部 (〒103 東京都中央区日本橋室町3-3-2)

※※ 工博 宇都宮大学教授 工学部土木工学科 (〒321 宇都宮市石井町2753)

2. 供試体の概要

(1) 供試体の種類

供試体の種類は表-1に示す通りであり、鑄鋼管の内面にレディミクストコンクリートを充填したものが主体である。一部重複するものもあるが、表-4～表-7に示すように各種のパラメータの影響を比較するために、次に述べる主旨に基づいて計32体(同条件のもの各2体)を製作した。なお、各シリーズについてスランプ値を原則として2通り(20cmおよび12cm)としたが、 $F_c = 400\text{kg/cm}^2$ のコンクリートでは目標スランプ値12cmに対し、結果は8cmとなった。

表-1 供試体一覧

a) 鑄鋼管の形状と充填長さを

一定として、コンクリート強度を4種類に変えた。

なお、 $F_c = 240\text{kg/cm}^2$ の場合には膨張剤(重量比、約1%)を添加して比較した。

b) コンクリート強度と充填長さを一定として、鋼管寸法を

3種類に変えた。

c) 鋼管寸法とコンクリート強度を一定として、充填長さを

3種類に変えた。

d) 鋼管寸法とコンクリート強度を一定として、鑄鋼管と溶

接鋼管を比較した。なお、溶接鋼管に対しては膨張コンクリートの場合も比較した。

パラメーター	供試体No	供試体名称	鋼管寸法	充填コンクリート				スランプ cm	摘要
			径×板厚 D×t mm	強度 FCKg/cm ²	充填長 ℓ(mm)	種類			
コン ク リ ー ト 強 度	27,28	3C30-150-20	317×16	174	300	普通		20	
	1,2	3C30-240-12	317×16	250	300	"		12	
	11,12	3C30-240-20	317×16	259	300	"		20	
	29,30	3C30-240-20E	317×16	265	300	膨張		20	
	23,24	3C30-300-12	317×16	320	300	普通		12	
	25,26	3C30-400-8	317×16	431	300	"		8	
鋼 管	5,6	3C15-240-12	317×16	250	150	"		12	
	15,16	3C15-240-20	317×16	259	150	"		20	
	7,8	5C15-240-12	500×20	250	150	"		12	
径	17,18	5C15-240-20	500×20	259	150	"		20	
	9,10	7C15-240-12	700×20	250	150	"		12	
	21,22	7C15-240-20	700×20	259	150	"		20	
充 填 長	3,4	3C7.5-240-12	317×16	250	75	"		12	
	13,14	3C7.5-240-20	317×16	259	75	"		20	
	5,6	3C15-240-12	317×16	250	150	"		12	
鋼 管 と 溶 接 鋼 管 の 比 較	15,16	3C15-240-20	317×16	259	150	"		20	前掲
	1,2	3C30-240-12	317×16	250	300	"		12	前掲
	11,12	3C30-240-20	317×16	259	300	"		20	前掲
	17,18	5C15-240-20	500×20	259	150	"		20	前掲
充 填 長 と 比 較	19,20	5P15-240-20	508×20.6	259	150	"		20	
	31,32	5P15-240-20E	508×20.6	265	150	膨張		20	

(注)供試体の名称のつけ方は、例えば、3C30-150-20は順に
[外径300mm] [C: 鑄鋼管、P: 溶接鋼管] [充填長さ30cm]
[コンクリート強度150kg/cm²] [スランプ20cm]を意味し、
末尾にEがあるものは膨張剤を添加したものである。

(2) 供試体の材料

供試体の材料として、鑄鋼管はJISG5201に規定された溶接構造用遠心力鑄鋼管11種SC

W50-CF、溶接鋼管はJISG3444に規定された一般構造用炭素鋼鋼管のSTK50、充填したコンクリートはJISA5308に規定されたレディミクストコンクリートの標準品で、配合表及び配合単位量をそれぞれ表-2及び表-3に示す。

表-2 レディミクストコンクリートの配合

No.	呼び強度 kg/cm ²	ス ラ ン プ cm	粗骨材 最大寸法 mm	水セメント 比 W/C%	細骨材 率 %	28日 圧縮強度 kg/cm ²
1	150	20	20	68	485	174
2	240	12	20	54	438	250
3	240	20	20	54	461	259
4	300	12	20	46	461	320
5	400	8	20	34	337	431
*6	240	20	20	54	461	265

* 印は膨張剤を添加

3. 載荷方法及び測定方法

載荷方法の概要とストレインゲージ貼付位置及び充填コンクリートの変位測定位置を図-1に示す。

支持台上の供試体に直径が鋼管内径より20mm小さい載荷板(板厚50mmの円板)を置き、同図に示すように載荷し、荷重、鋼管とコンクリートの変位(ずれ)及び鋼管表面の歪みを測定した。また、荷重方向のずれを4点(90° 毎)、また、歪みは8点について計測した。

表-3 配合単位量 (kg/m³)

No.	セメント	水	粗骨材	粗骨材	混和剤	備 考
1	307	209	829	915	1.23	
2	335	181	771	1028	1.34	
3	393	212	753	915	1.57	
4	402	185	707	1028	1.61	
5	532	181	540	1103	2.13	
6	393	212	753	915	1.57	膨張剤30

支持台及び供試体に用いた鋼管は端面を予め機械加工し、また載荷板はコンクリートが荷重を均等に受けるよう、板を厚く（50mm以上）し、そして偏心しないように上部を球面支承とした。

4. 実験結果

充填コンクリートの変位を調査すると荷重の初期段階で載荷板の傾きがみられ、その後、荷重を増してもその傾きがほとんど変わらないものと、荷重の増加と共に傾きに変化するものが観察された。

前者は充填したコンクリートの乾燥収縮により鋼管とコンクリートの間に隙間が生じたため、コンクリートが傾いたものと解釈した。なお、図-2にはコンクリートの傾きと隙間について示し、図-3にはコンクリートの変位を計測した例を示す。

隙間 χ については図-2(a)に示す4点の変位計測結果より δ 及び傾き θ を求め、同図(b)のようにコンクリートが回転したと考え

$$\theta^2 + (d - 2\chi)^2 = (\ell - \delta)^2 + d^2 \quad \text{より}$$

$$\chi = 0.5(d - \sqrt{d^2 - \delta(2\ell - \delta)}) \quad \text{を求めた。}$$

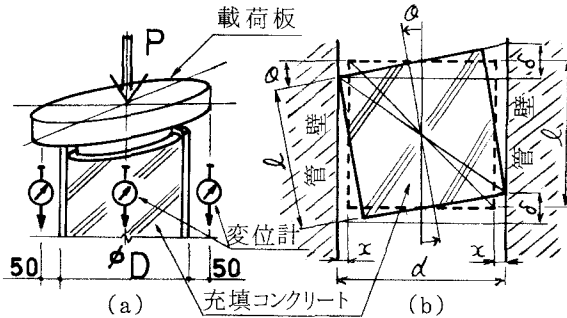


図-2 充填コンクリートの傾きと隙間

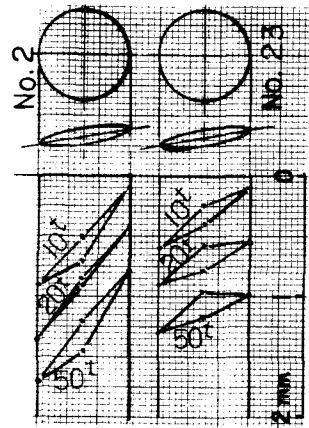


図-3 載荷板の傾き計測例

4-1. コンクリートの強度とずれ耐力、ずれ剛性及び隙間との関係

表-4及び図-4は、径 $\phi 317\text{mm}$ の鋳鋼管に充填長さを300mmとしたものについてコンクリート強度を変えた場合と膨張剤を加えた場合とスランプの影響を調べたものである。表中 $P_{\max}$ は最大荷重を、又、 $P_{\max}$ をコンクリートと鋼管の接触面積で除した値、即ち、最大ずれ応力度 $\tau_{\max}$ を「ずれ耐力」として表した。なお、鋼材とコンクリートとの間のずれに対する抵抗は、付着力、摩擦力あるいは機械的な噛合いなどによるか、これらが競合して作用したり、いずれか判然としない場合が多い。

表-4 コンクリート強度との関係

試 験 体 名 称	No.	最大荷重ずれ耐力		コンクリート		
		$P_{\max}$ ton	実験値 $\tau_{\max}$ kg/cm ²	No.	傾き δ mm	隙間 χ mm
3C30-150-20	27	69.3	25.8	1	0.42	0.17
	28	75.0	27.9		0.52	0.21
3C30-240-20	11	103	38.3	3	1.06	0.43
	12	131	48.8		1.05	0.43
3C30-240-20E	29	136	50.6	6	0.36	0.15
	30	147	54.7		0.28	0.11
3C30-240-12	1	67.0	24.9	2	0.21	0.09
	2	91.2	33.9		0.91	0.37
3C30-300-12	23	110	40.9	4	0.24	0.10
	24	114	42.4		0.47	0.19
3C30-400-8	25	140	52.1	5	0.91	0.37
	26	106	39.5		0.56	0.23
						ずれ剛性 K kg/cm ² mm
						23.6
						61.7
						22.3
						35.3
						44.3
						62.0
						30.5
						25.6
						19.9
						26.1
						25.9
						18.9

鋳鋼管の場合、主として内面の鋳肌の凹凸の噛合いによりずれに抵抗するものと認められるので、本報告では高力ボルトの摩擦接合の場合と同様「ずれ耐力」という語を用いることにした。ずれ耐力はコンクリートの28日強度（F_c）が増すと大きくなる傾向がある。スランプの影響は明らかでないが、スランプが小さいと鋼とのなじみが悪くなるので、接触部での強度が大きくなっているとは限らないと考えられる。一般にコンクリート強度が大きくなると硬化時の収縮が大きくなると予想されるが、本実験結果で求めた隙間と強度の関係をみるとその傾向がうかがわれる。スランプについてみるとスランプが大きいからといって必ずしも収縮が大きくなるわけではない。

4-2. 鋼管径とずれ耐力、ずれ剛性及び隙間との関係

表-5及び図-5はコンクリート強度を240kg/cm²、充填長さを150mmとして鋼管径とスランプによる影響を調べたもので、鋼管径が増すと隙間が比例して大きくなると予想したが、今回の結果では管径700mmの1点を除いてそれ程差がなく、そのためか、ずれ耐力やずれ剛性にも今回の実験の管径の範囲では管径による影響は特に見られなかった。

4-3. コンクリートの充填長さとはずれ耐力、ずれ剛性及び隙間との関係

表-6及び図-6は、強度F_c=240kg/cm²のコンクリートを、φ317×16tの鋳鋼管に充填したものについて充填長さとはスランプの影響を調べたものである。充填長さが長い程バラツキが少ないものと予想された。しかし、本実験の充填長さとは管径の比、約1/4、1/2及び1程度では、差は顕著ではないが、異常値と推定したものを除くと、充填長が長くなればずれ耐力、ずれ剛性共に低下する傾向は見られる。

4-4. 溶接鋼管と鋳鋼管との比較

表-7は溶接鋼管に普通コンクリート及び膨張コンクリートを充填した場合と鋳鋼管に普通コンクリートを充填した場合の試験結果を比較したものを示す。普通コンクリートを充填した場合、溶接鋼管のずれ耐力の値は試験数が少ないけれど他の研究者による研究報告の値²⁾とよく一致している。

表-5 鋼管径との関係

試 験 体		最大荷重		ずれ耐力		コンクリート		
名 称	No.	P max	実験値	No.	傾き	隙間	ずれ剛性	
		ton	τ max, kg/cm ²		δ mm	χ mm	K kg/cm ² mm	
3C15-240-20	15	59.0	43.9	3	0.04	0.01	43.5	
	16	60.0	44.7		0.39	0.08	65.2	
5C15-240-20	17	72.0	33.2	3	0.31	0.04	13.8	
	18	109	50.3		0.57	0.08	27.0	
7C15-240-20	21	131	42.1	3	0.43	0.04	26.4	
	22	135	43.5		3.38	0.33	19.8	
3C15-240-12	5	52.3	38.9	2	0.41	0.08	32.9	
	6	46.5	34.6		0.38	0.08	25.9	
5C15-240-12	7	50.0	23.1	2	0.76	0.10	8.9	
	8	56.0	25.8		0.95	0.13	13.1	
7C15-240-12	9	168	54.1	2	0.82	0.08	19.8	
	10	106	34.1		0.87	0.09	19.0	

表-6 コンクリート充填長さとの関係

試 験 体		最大荷重		ずれ耐力		コンクリート		
名 称	No.	P max	実験値	No.	傾き	隙間	ずれ剛性	
		ton	τ_{max} kg/cm ²		δ mm	χ mm	K kg/cm ² mm	
3C7.5-240-20	13	29.2	43.5	3	0.31	0.03	39.2	
	14	22.9	34.1		0.24	0.02	22.8	
3C15-240-20	15	59.0	43.9	3	0.04	0.01	43.5	
	16	60.0	44.7		0.39	0.08	65.2	
3C30-240-20	⑪	103	38.5	3	1.06	0.43	22.3	
	⑫	131	48.8		1.05	0.43	35.3	
3C7.5-240-12	3	29.0	43.2	2	0.35	0.04	46.2	
	4	29.9	44.5		0.43	0.04	38.3	
3C15-240-12	5	52.3	38.9	2	0.41	0.08	32.9	
	6	46.5	34.6		0.38	0.08	25.9	
3C30-240-12	1	67.0	24.9	2	0.21	0.09	30.5	
	②	91.2	33.9		0.91	0.37	25.6	

(注)1. 試験体No.に○印を付けたものは噛りによる異常値と考えたものである。
 2. δは図-3を参照。
 3. Kは付録-2を参照。

表-7 溶接鋼管との比較

供試体		最大荷重		ずれ耐力	
名称	No.	P _{max} ton	実験値 τ _{max} kg/cm ²		
5C15-240-20	17	72.0	33.2		
	18	109	50.3		
5P15-240-20	19	9.6	4.36		
	20	5.6	2.54		
5P15-240-20E	31	33.2	15.1		
	32	58.0	26.4		

(注) 供試体No.に○印を付けたものは噛りによる異常値と考えたものである。

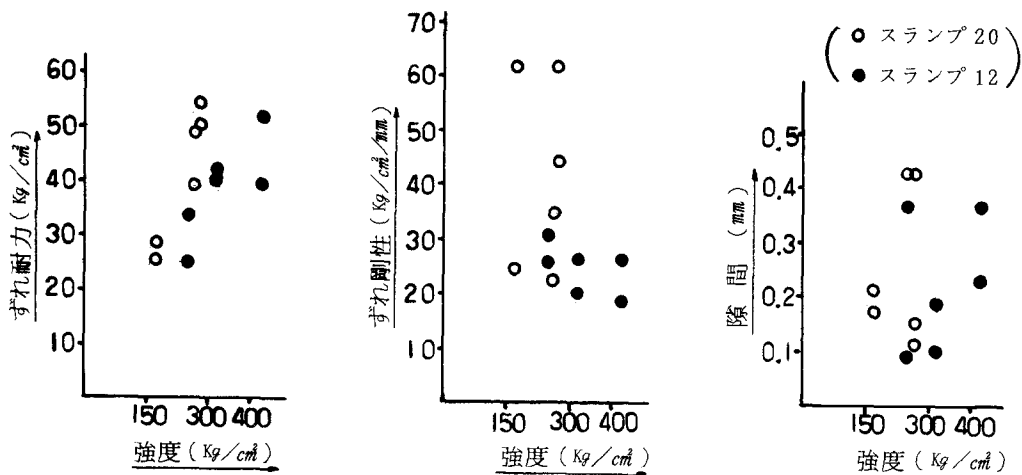


図-4 コンクリート強度とずれ耐力, ずれ剛性及び隙間の関係

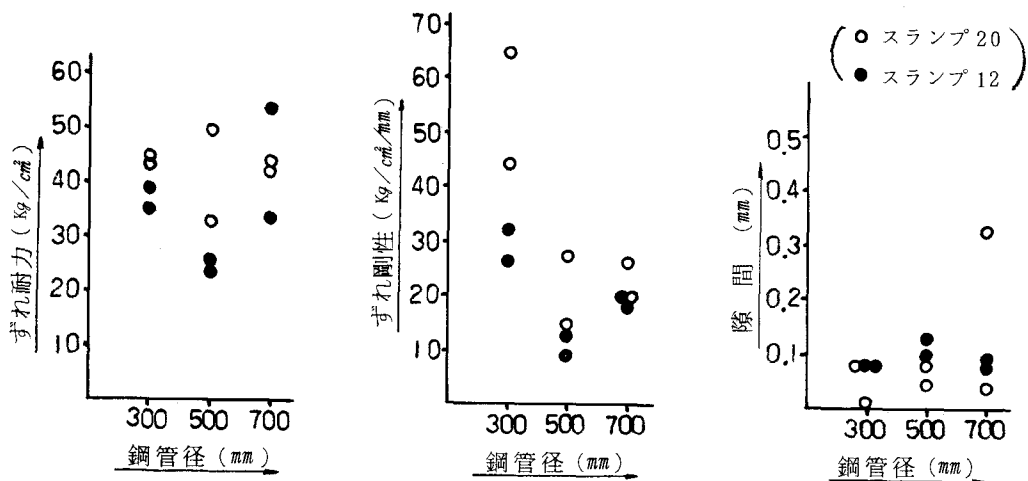


図-5 鋼管径とずれ耐力, ずれ剛性及び隙間の関係

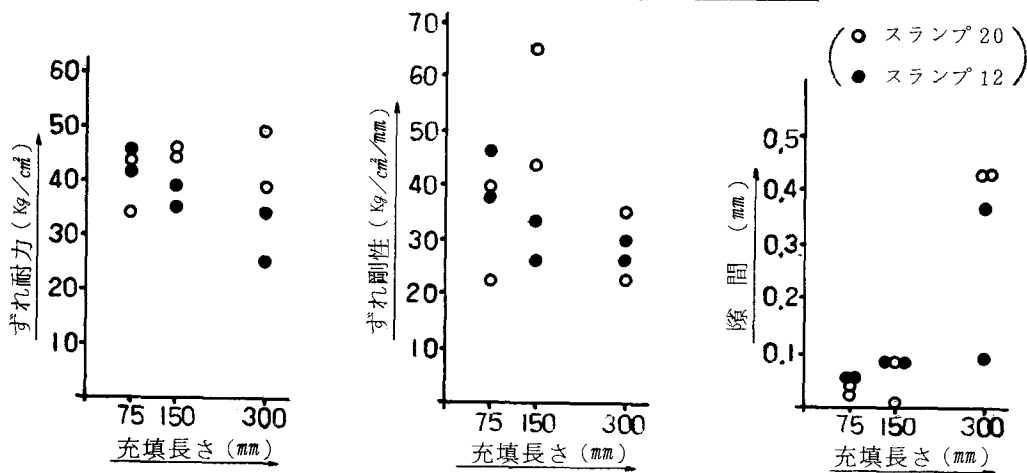


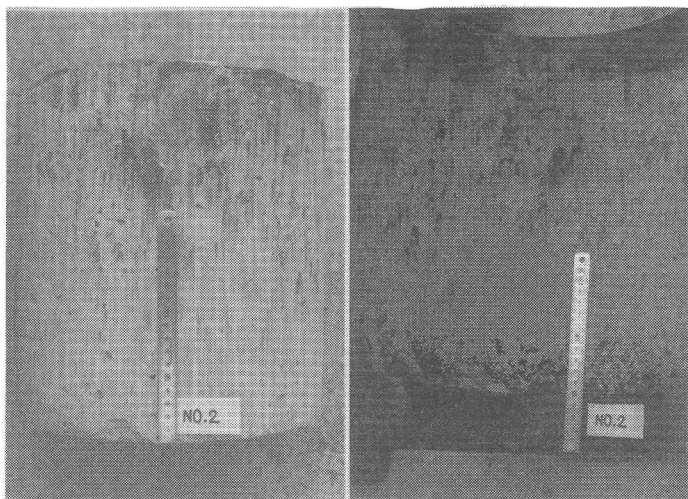
図-6 コンクリートの充填長さとのずれ耐力, ずれ剛性及び隙間の関係

普通コンクリートを充填した場合、溶接鋼管と鋳鋼管を比較すると隙間は同程度であっても、ずれ耐力は鋳鋼管の方が10倍程度大きい。溶接鋼管に膨張コンクリートを充填した場合は、普通コンクリートを充填した場合と比べてずれ耐力は約6倍上昇するが、鋳鋼管に普通コンクリートを充填したものに比べると、なお、ずれ耐力は80%に達していない。

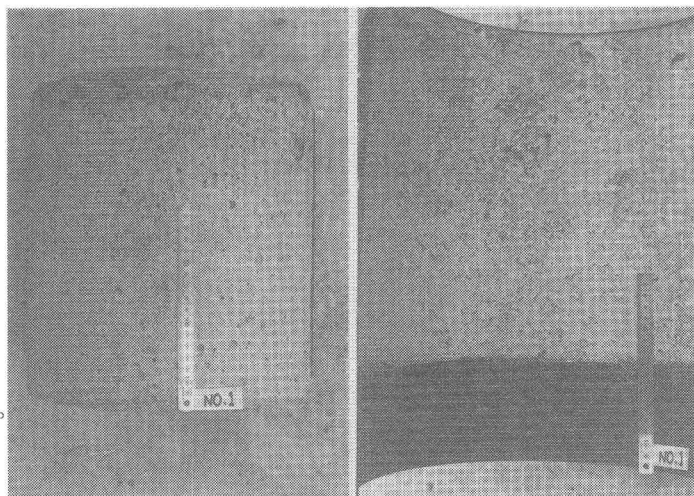
4-5. 接触面の観察

載荷実験終了後、鋼管を切断してコンクリートと鋼管の接触面を観察した処、ずれ強度に関係すると考えられる摩擦力以外に鋳鋼管内表面の大きい凹凸に起因すると思われる噛りが認められた。

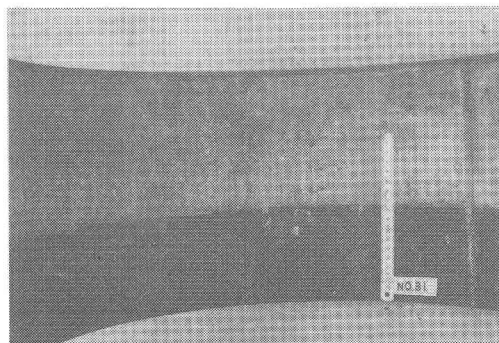
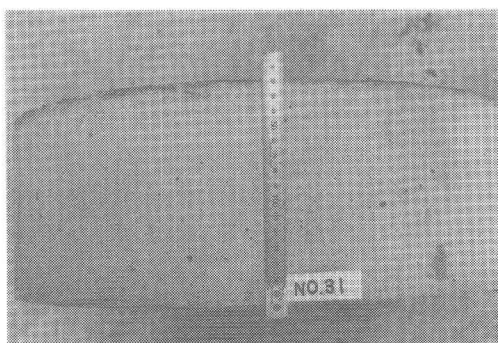
噛りと実験結果とを対応させると、いずれもそれらのずれ耐力が大きく出ているものであった。その代表例と噛りのないもの及び溶接鋼管の接触面の様子を写真-1から写真-3に示す。以上のようにコンクリートと鋼管のずれ耐力は鋼管内表面の凹凸や異常な嵌合に大きく左右されるものといえる。



a. コンクリートの接触面 b. 鋳鋼管内面
写真-1 噛りのあるもののずれ面の一例



a. コンクリートの接触面 b. 鋳鋼管内面
写真-2 噛りのないもののずれ面の一例



a. コンクリートの接触面 b. 溶接鋼管内面

写真-3 溶接鋼管のずれ面の一例

5. 隙間とずれ耐力及びずれ剛性との関係についての考察

隙間とずれ耐力及びずれ剛性との関係は重要なので、これについて考察を加える。

図-8は隙間とずれ耐力との関係を示すが、できるだけ他の要素の影響を除くために、コンクリート強度 250kg/cm^2 程度のものに限った。また、噛りが認められて異常に高い値を示したものは除いた。鑄鋼管の場合、鑄肌面の凹凸のためにある程度隙間があってもずれ耐力は保たれるが、隙間が大きくなれば当然その値は小さくなると考えられる。

図-8にプロットされた実験値もバラツキはあるが、その様な傾向を示している。図中に引いた理論値線というのは末尾の付録-1の方法によるもので、一つは $\tau_{\max} = 0.24 \times F_c^{3/2} = 0.24 \times 250\text{kg/cm}^2 = 60\text{kg/cm}^2$ に基づいている。しかし、鑄肌面に接するコンクリートは水分も多く、また粗骨材も細かいものが主体となるので、標準供試体による F_c より強度が低い可能性が大きい。それがどの位の低減率となるかは明らかでないで、試みとして、膨張コンクリート充填のものは隙間がないとし、即ち、隙間0の時の $\tau_{\max}$ として「3C30-240-20E」の二つの供試体のうち低い方の $\tau_{\max} = 50.7\text{kg/cm}^2$ を基準として、前記の理論値線を $50.7/60.0$ の比率で低減してもう1本引いた。このようにして求めた理論値線は実験値の比較的下限に近い位置を通っているので、粗面とある程度の隙間をもって接する場合の考え方として合理的であると思われる。図-9は同じく隙間とずれ剛性との関係を示すが、この場合はある程度の噛りがあるものも含めてある。それは比較的低い荷重の段階のずれ剛性には噛りは余り関係ないと考えられるからである。1点のみ異常に高い値を示したものがあり、また、かなりのバラツキもあるが、全体の傾向は明らかに隙間の増加と共にずれ剛性も低下している。この場合の理論値線は F_c と関係づけたものがないので、ずれ耐力の場合と同様膨張コンクリート使用の二つの供試体のずれ剛性のうち、低い方の値を隙間0の時の値とし、これを基準として耐力の場合と同じ式を適用した。図-9をみるとこの理論値線よりも小さい実験値が散在するが、おおよその傾向は合致していると考えられる。

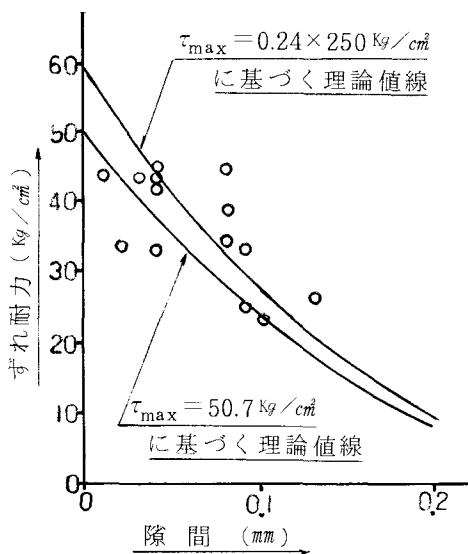


図-8 隙間とずれ耐力の関係

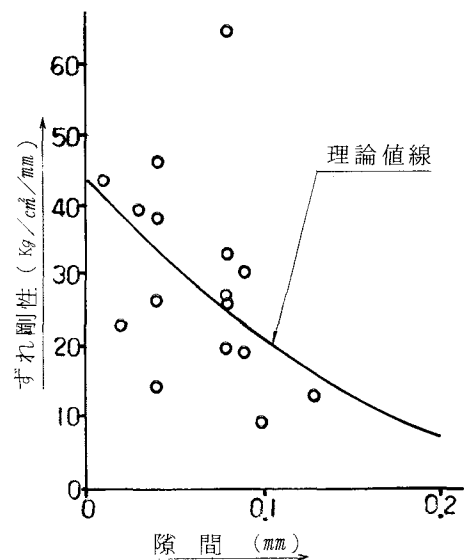


図-9 隙間とずれ剛性との関係

6. まとめ

今回の実験では値のバラツキが多く、計画時、差異を予想していくつかのパラメーターを変化させたが、バラツキの中に埋もれて有意な差が見出だせなかったものが多かった。しかし試験方法の不備によるというよりも、これが鑄鋼管の本質を物語るものとも思われる。即ち鑄肌面として最低持っている粗度に加えて、数は少なくても、偶々異常な凹凸の部分があると、まわりが拘束されているために、それが大きな影響を及ぼし、平均の単位面積当たりのずれ耐力を大きくする。

この差異は充填長が小さいと、そのような異常なものが偶々存在するかどうかで結果が大きく左右されるが、充填長が大きくなれば、異常なものを含む確率が増して平準化される。したがって、充填長が小さい場合には、ずれ耐力の下限の方の値を基準とし、充填長が大きくなるにつれて、これを漸増させてよいと考えられる。

コンクリートの収縮による鋼管との隙間がずれ耐力の低下に及ぼす理論値式を導き、実験値と比較的よく合うことを確かめたが、今回の実験の範囲では普通コンクリートを用いた最小のものでもずれ耐力は約23 kg/cm²あり、膨張コンクリートを使用した溶接鋼管の場合に比べても高い値を示したので、鑄肌面の効果が確認されたと考えられる。

7. おわりに

本実験の各シリーズに於いては、一般に、他のパラメータを同一にして、一つのパラメータのみが3種類となるように計画したので、同形式の供試体の個数を2個としても合計6個となり、傾向は把握出来るものと予想された。しかし結果的には比較的バラツキが大きかったので、3個づつとした方がより適切であったと考えられる。

今後、コンクリート充填の遠心力鑄鋼管の曲げに対する合成効果についても実験的研究を行いたいと考えている。今回の実験において久保田鉄工(株)素材材研究第一部・第二部各位の御協力があったことを記し謝意を表する。

〔付録-1〕コンクリートと接する鑄鋼管内面の粗度の評価方法

ランダムな凹凸をどの様にモデル化するかはむずかしい問題である。コンクリートのクラック面でのせん断力の伝達については統計的に数値化した研究やがあるが、鑄鋼管の粗度はコンクリートのクラックよりかなり小さいので適用が困難である。そこで次の様にモデル化した。

まず、JIS B 0601(表面粗さ)⁹⁾に規定された最大高さの求め方に準じて鑄鋼管内面の凹凸状態を観察、評価した。

次に、管軸方向の管壁断面を投影機によって10倍に拡大し、断面曲線を観察した。その例を図-10に示す。粗面の評価に際し、

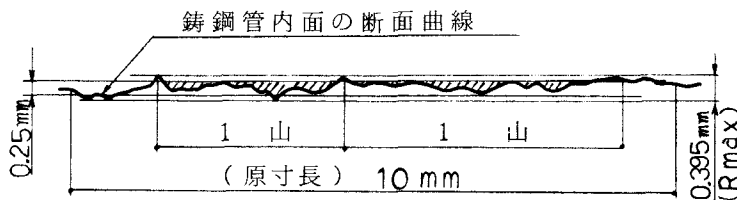


図-10 鑄鋼管断面の拡大例(×10)

(a) 鑄鋼管内面の粗さが大きいので、JISに規定する抜き取り部分の「十点平均粗さ」を求める場合の基準長さのうち最も長い25mmを観察する断面曲線の基準長さとして、サンプル6個について観察した。その結果、最大高さ(Rmax)は0.395mmであった。

(b) 次に「十点平均粗さ」の求め方に準じて、断面曲線の凹凸のピークを除いて、断面曲線を挟む2本の平行線を引き、その直線間の断面曲線を、1基準長さ(25mm)当たり大きさは異なるが、平均7個の山を含むうねりとして評価した。その時の2直線の間隔は0.25mm~0.20mmで、「十点平均粗さ」に該当するものである。

(c) 更に単純化するため、1個の山を底辺が基準長さ25mmの $1/7=3.57\text{mm}$ 、高さがHmmの三角形の山と仮定し、1基準長さ25mm当たり高さH=0.40, 0.35, 0.30及び0.25mmのうちいずれかの7個の山があるとする。

次にH=0.35mm, 0.30mm, 0.25mm及び0.20mmの直線が1基準長の铸鋼管内面の断面曲線を切断する線分の和と、上記で仮定した7個の三角形の山を切断する線分の和を等しいと置けば、1基準長さ当たりの三角形の山は、高さH=0.40mmのものが3個、H=0.35のものが1個、H=0.30mmのものが1個、H=0.25mmのものが2個となる。

(d) 铸鋼管の内表面の状態を参考にして、铸鋼管の突起は円錐状であると仮定した。写真-4に溶接鋼管の内面を、また、写真-5に铸鋼管の内面の例を示す。

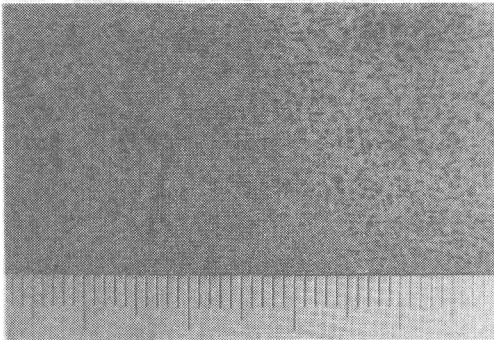


写真-4 溶接鋼管内面状況の例

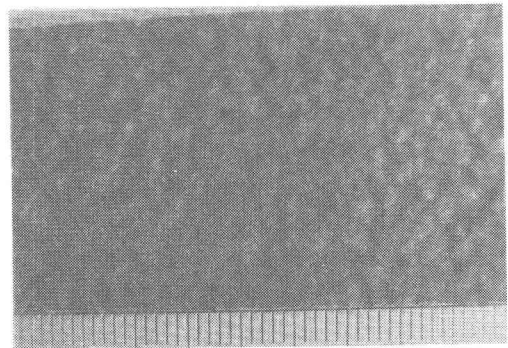


写真-5 铸鋼管内面状況の例

以上の様に铸鋼管の粗面を評価し、コンクリートと铸鋼管との間に隙間 χ が生じた場合、図-11に示す様に($r_1 \sim r_4$)を半径とする円錐体の切断面積でせん断力Qに抵抗する面積 S_x の比 K_x を求めると、

$$(0 \leq \chi \leq 0.25\text{mm}) : K_x = \frac{\pi r_0^2}{S_0} \left\{ \left(1 - \frac{\chi}{0.04}\right)^2 \times 3 + \left(1 - \frac{\chi}{0.035}\right)^2 + \left(1 - \frac{\chi}{0.030}\right)^2 + \left(1 - \frac{\chi}{0.025}\right)^2 \times 2 \right\}$$

$$(0.25\text{mm} \leq \chi \leq 0.30\text{mm}) : K_x = \frac{\pi r_0^2}{S_0} \left\{ \left(1 - \frac{\chi}{0.04}\right)^2 \times 3 + \left(1 - \frac{\chi}{0.035}\right)^2 + \left(1 - \frac{\chi}{0.030}\right)^2 \right\}$$

$$(0.30\text{mm} \leq \chi \leq 0.35\text{mm}) : K_x = \frac{\pi r_0^2}{S_0} \left\{ \left(1 - \frac{\chi}{0.04}\right)^2 \times 3 + \left(1 - \frac{\chi}{0.035}\right)^2 \right\}$$

$$(0.35\text{mm} \leq \chi \leq 0.4\text{mm}) : K_x = \frac{\pi r_0^2}{S_0} \left\{ \left(1 - \frac{\chi}{0.04}\right)^2 \times 3 \right\} \quad (\text{但し } S_0 = 0.357 \times 2.5\text{cm}^2) \text{ となる。}$$

コンクリートのせん断強度は一般に圧縮強度の $1/4 \sim 1/7$ ⁶⁾程度になると言われており、種々のせん断試験結果よりせん断強度が示されているが、ここでは圧縮強度とせん断強度の関係式³⁾、 $\tau = 0.24 \cdot \sigma$ を用いて、ずれ耐力 $\tau_{\max}$ を求めた。

即ち、 $\tau_{\max} = 0.24 \times F_c \times K_x$ (F_c :コンクリートの28日強度)として求めた。

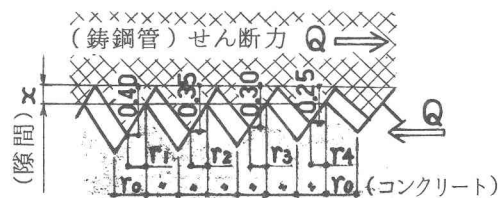
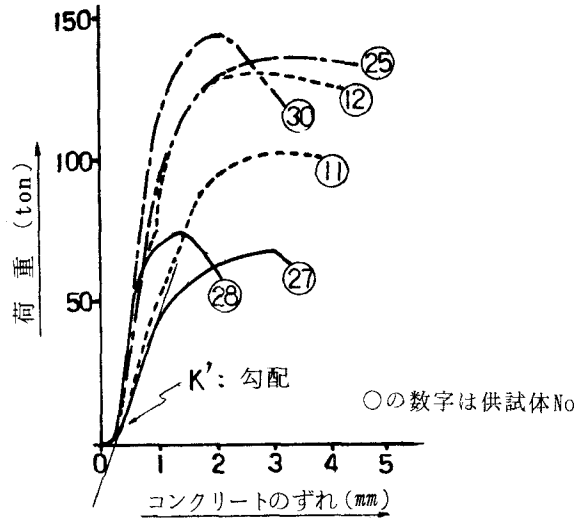


図-11 铸鋼管の粗面評価

〔付録－２〕 ずれ剛性について

荷重とコンクリートのずれとの関係の例を図－１２に示す。荷重とコンクリートのずれをプロットしたグラフ上で荷重とずれが直線性を保つ部分に接線を引き、その接線の勾配を K' とする。次に K' を鋼管とコンクリートの接触面積で除した値を K ($\text{kg}/\text{cm}^2/\text{mm}$)、即ち、「ずれ剛性」として表した。



図－１２ 荷重とコンクリートのずれ

〔付録－３〕 参考文献

- １．日本建築学会編：鋼管コンクリート構造計算基準・同解説（１９８０年）
- ２．森下・富井他：コンクリート充填円形鋼管柱の鋼管と充填コンクリート間の付着性状に関する実験的研究、日本建築学会大会梗概集、昭和５５年９月
- ３．村田・長滝・菊川：土木材料Ⅱ（コンクリート）、共立出版
- ４．西村・藤井・宮本・斎藤：ひびわれＲＣ部材のせん断伝達作用に対するひびわれ面性状の影響、土木学会論文集 第３６０号／－３、１９８５年８月
- ５．日本規格協会 J I S B 0 6 0 1 表面粗さ（１９７６年）
- ６．岡田清・六車熙編集：改訂新版コンクリート工学ハンドブック（１９８１年）浅倉書店
- ７．阿部他：遠心力鋳鋼管と充填コンクリートの付着に関する実験的研究。土木学会第４０回年次講演会梗概集、I－４７７、１９８５年９月