

1. まえがき

土木施工に伴う騒音、振動等の公害が問題化し、その規制が厳しくなりつつある現在、各方面で新技術の開発がさかんに行なわれている。例えば、パイロ施工の分野においても、プレボリング方式、中掘り方式、ジェット方式、あるいは圧入方式等多くの無騒音無振動工法の開発を見ることが出来る。だが、これら工法も施工による基礎地盤の弛みや施工機械の適用範囲等の問題を抱え、更に改善の余地があるものとする。

所以、PCパイロはその断面形状、コンクリート打設法（遠心締固め）等を考慮すれば、他のいかなるコンクリート部材よりも優れたねじり耐力を有する。また、パイロ施工としてもねじり貫入の有利性は以前から指摘されていた。筆者は以上のことを考慮し、無騒音無振動工法の一案として、パイロ自体を直接回転貫入させる工法（以下、ねじり貫入工法）と考へ、この工法の可能性を検討するための基礎実験として、実験〔I〕—コンクリート円筒断面のねじり耐力、実験〔II〕—砂層におけるねじり貫入模型実験、の二題を行なったので、以下、簡単に実験概要、結果を報告する。

2. 実験〔I〕—コンクリート円筒断面のねじり耐力

2.1 実験概要 近年、コンクリート矩形断面のねじり耐力に関しては、種々な実験研究を見ることが出来るが、円筒断面の場合はほとんど行なわれていないのが現状である。そこで筆者は円筒断面のねじり耐力試験として、三配合のプレレン、およびプレストレストコンクリート（付着なしのポストテンション方式）に関する実験を行なった。

本実験の使用材料、コンクリートの諸性質を表-1、表-2に示す。供試体は中10.0×40.0cmであり、打設後、恒温室（温度 21℃ 湿度 60~80%）内で空中養生し、材令91日でねじり試験を行なった。なお、導入プレストレスト量、単位ねじり角の測定は供試体に貼付したひずみゲージを用い、静ひずみ計で実測した。

2.2 実験結果、および考察 本実験から得られたねじり破壊モーメント(T)、弾性理論値(T₀)、ならびにT/T₀を表-3に示す。

表-3に示すように、本実験に関しては弾性理論値が十分に適用でき、単位ねじり角もその破壊モーメントの80%程度までは弾性理論値に近似する。また、破壊断面も主引張面で破壊することを確認できた。但し、実際のパイロの場合は薄肉円筒であり、しかも、外周面に近く、らせん鉄筋、軸方向鉄筋が配置されているので、ねじり耐力は弾性理論値より相当増大するものとする。

3. 実験〔II〕—砂層におけるねじり貫入模型実験

3.1 実験概要 ねじり貫入工法の可能性を検討するに当り、パイロのねじり耐力を知ることと同時に、貫入時に生じる抵抗モーメントを調べることは是非とも必要である。そこで筆者は簡単な模型実験として、浅い砂層のねじり抵抗モーメントを実測し、理論式との比較検討を行なった。

実験はひずみ測定の関係上、模型パイロとして塩化ビニールパイプを用い、実際とは逆に砂層を回転させ、パイロに貼付したひずみゲージと動ひずみ計で実測し、抵抗モーメントと逆算した。

表-1 使用材料の諸性質

ポルトランドセメント		細骨材		粗骨材	
普通	早強	芯質島	海砂	安山岩	碎石
比重		比重	吸水率	粗率	粗率
3.14	3.11	2.53	1.31	2.54	2.94
		0.45	6.61		

表-2 コンクリートの諸性質

配合	W kg/m ³	P/C %	S/A %	圧縮強度		引張強度		弾性係数		ポアソン比	
				kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	×10 ⁴ kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	
I	200	65	41	18.6	20.2	23.7	23.2	2.43	2.59	0.163	0.163
				16.6	19.2	18.5	21.5	1.96	1.99	0.124	0.183
II	195	52	40	23.2	28.1	26.6	28.4	2.60	2.85	0.189	0.194
				24.0	27.2	25.1	26.3	2.51	2.35	0.157	0.173
III	212	51	41	34.8	38.1	32.3	33.0	3.77	2.87	0.160	0.173
				33.4	—	35.6	—	2.47	—	0.112	—

表-3 コンクリートのねじり耐力

配合	プレレン・コンクリート			プレストレスト・コンクリート		
	実測値 (T) kg-cm	理論値 (T ₀) kg-cm	T/T ₀	プレ スト レ ス ト 量 kg/cm ²	実測値 (T) kg-cm	理論値 (T ₀) kg-cm
I	4780	4540	1.05	17.1	6680	5640
				19.9	6900	5848
	5420	4540	1.19	41.8	7750	7230
				41.8	8100	7230
	4380	4210	1.04	44.0	8800	7710
55.4				8850	8340	
5760	4210	1.37	57.2	8800	8440	
			77.2	9450	9440	
II	6200	5560	1.12	19.9	7850	6830
				20.7	8950	7300
	5480	5560	0.99	32.2	9000	7210
				34.4	10150	8260
	3950	5150	0.77	40.0	9800	8180
48.2				9300	8670	
5680	5150	1.10	48.5	9850	9140	
			74.0	10750	10550	
III	6360	6460	0.98	19.4	6100	7890
				27.3	7750	8480
	6880	6460	1.06	28.4	9600	9360
				36.1	9800	9090
	6640	6970	0.95	42.2	10650	10390
48.0				9750	7910	
6800	6970	0.98	62.2	11250	11690	
			69.2	11900	11980	

実験装置、パイル先端部の概略を図-1に、使用材料の諸性質を表-4、表-5に示す。なお、実験は模型パイルの径、載荷重錘等の試験条件を変え、計16種類を、更に比較のために押込み貫入試験も行なった。

3.2 理論計算式、土質状態から貫入時の抵抗モーメントを推定するため、先端部に垂直応力(P)、せん断応力(T)を考へ、周面にはランキン土圧が作用するものとした。まず、先端部の地盤反力(P)と抵抗モーメント(T_a)とは

$$P = \frac{1}{4} \pi D \sigma' (2H \tan \phi + D) \quad \text{--- (1)}$$

$$T_a = PD \sqrt{D^2 + 4H^2} \tan \phi / 3(2H \tan \phi + D) \quad \text{--- (2)}$$

周面摩擦による抵抗モーメント(T_b)は

$$T_b = \frac{1}{4} \pi r^2 \rho \alpha^2 \tan \phi' K \quad \text{--- (3)}$$

但し、 ρ : 単位容積重量 ϕ : 内部摩擦角
 ϕ' : 壁面摩擦角 K : 土圧係数

以上、全抵抗モーメント(T)は $T = T_a + T_b$ となる。

3.3 実験結果、および考察 実験結果の一例を表-6、表-7に示す。なお、 P は実測抵抗モーメントを用い、式(2)から逆算した値であり、 P_0 は押込み貫入値である。また、本実験の場合貫入深度が浅いので周面摩擦による抵抗モーメントは考慮せず、内部摩擦角(ϕ)も一面せん断試験値を用いて P を計算した。

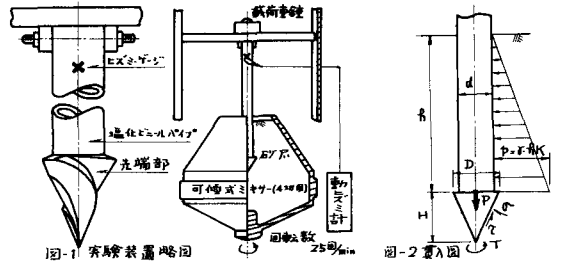


表-4 砂の諸性質

試料名 5mm以下	状態	単位容積重量	内部マツ角	備考
	絶乾	$\gamma = 1.70$	$\phi = 50^\circ$	
	7%含水	$\gamma = 1.60$	$\phi = 36^\circ$	

表-5 模型パイルの形状と性質

種類	外径	内径	先端部径	先端部高	弾性係数	ポアソン比
$\phi 40$	38mm	31mm	D=55mm	H=52mm	$3.2 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$	0.34
$\phi 50$	48	40	D=59	H=53	3.46	0.40
$\phi 60$	60	57	D=77	H=71	4.17	0.43

表-6 パイル径40mm 絶乾状態砂 載荷重錘5kg

貫入深さ	貫入時間	載荷重錘 5kg					載荷重錘 10kg				
		T	P	P_0	α	貫入時間	T	P	P_0	α	
20mm	38	41.2	28	154	0.19	25	64.1	45	154	0.29	
22	49	45.7	31	175	.18	33	71.1	50	175	.28	
24	1.02	52.7	37	204	.18	42	81.0	57	204	.28	
26	15	58.2	41	228	.18	50	87.4	61	228	.27	
28	29	62.6	44	247	.18	1.01	87.9	61	247	.25	
30	43	67.6	47	288	.17	12	110.4	77	288	.27	
32	2.00	81.5	57	305	.19	25	115.2	81	305	.26	
34	16	89.4	63	340	.18	38	121.1	85	340	.25	
36	32	103.9	73	368	.20	52	141.6	99	368	.27	
38	51	116.8	82	399	.20	2.07	157.7	110	399	.28	
40	3.11	124.8	87	434	.20	24	172.4	120	434	.28	
42	33	147.1	103	468	.22	40	184.6	129	468	.28	
44	54	169.0	118	506	.23	58	195.3	137	506	.27	
46	4.14	183.4	128	554	.23	3.15	199.2	139	554	.25	

表-7 パイル径60mm 7%含水状態砂 載荷重錘10kg

貫入深さ	貫入時間	載荷重錘 10kg					載荷重錘 20kg				
		T	P	P_0	α	貫入時間	T	P	P_0	α	
20mm	48	101.2	69	313	0.22	31	141.3	97	313	0.31	
22	1.01	114.8	79	366	.22	39	157.5	108	366	.30	
24	11	130.3	89	412	.22	48	171.8	118	412	.29	
26	31	145.8	100	449	.22	57	190.0	130	449	.29	
28	46	153.1	105	473	.22	1.07	199.5	137	473	.29	
30	2.02	163.1	112	548	.20	17	206.2	141	548	.26	
32	18	167.4	115	608	.19	28	211.0	145	608	.24	
34	34	175.5	120	669	.18	40	224.5	151	669	.23	
36	48	176.4	124	729	.17	53	241.5	165	729	.23	
38	3.07	191.6	131	780	.17	2.06	273.0	187	780	.24	
40	29	213.1	146	779	.19	22	288.3	197	779	.25	
42	52	235.5	161	886	.18	38	305.5	209	886	.24	
44	4.16	257.8	177	948	.19	52	316.0	216	948	.23	
46	41	284.7	195	993	.20	3.07	330.3	226	993	.23	

本実験だけでは抵抗モーメントを満足に推測できないが、一応、実験結果として、抵抗モーメントはパイル直径に比例し、載荷重錘が重い程、抵抗モーメントも貫入速度も増大する。なお、筆者は載荷重錘と抵抗モーメントとの関係が、貫入速度と地盤反力との関係にあるものと考え、押込み貫入試験時に貫入速度を10倍程度変えて測定したが、従来の実験結果同様、貫入速度と地盤反力とは関係なく、この問題の原因を究明することはできなかった。

表-6、表-7のように、 $P/P_0 = \alpha$ は0.2~0.3程度であり、しかも載荷重錘は地盤反力の1/50~1/100程度の微量でも貫入が可能であり、おじり貫入工法の有利性を示すに十分な結果であるものと考えらる。

4. ちすび

本工法の適用性と判断するには今後、更に実験(Ⅱ)として、らせん鉄筋、軸方向鉄筋によるおじり耐力の増大程度、実験(Ⅲ)として、粘性土、深い基礎地盤中での抵抗モーメントの実測等、まだ多くの実験結果を必要とするが、無騒音無振動工法の一策として、更に研究されるべき工法であるものと確信する。

最後に、本実験に際し、御指導、御協力頂きました丸産大、石堂検助教授に対し、感謝の意を表します。