

3. パイプチューブ形式の検討

3-1. 検討方針

以下の条件で、パイプチューブ式橋梁の適用可能支間長の検討及び最適リング数の検討、および構造特性の確認を行う。

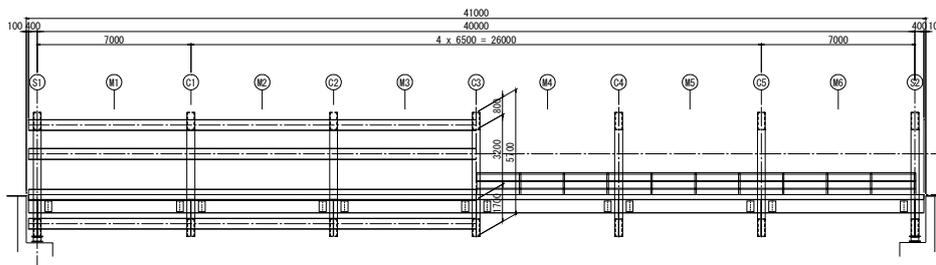
【検討条件】

- ・ 歩行者に閉塞感を与えないようになるべく細い鋼管を用いることとし、本検討における採用鋼管径は $\phi 500\text{mm}$ （板厚は製品厚 9mm、12mm、14mm より選定）、鋼管本数は左右対称を基本とし、6～10本とする。
- ・ 鋼管を拘束するリング管は箱形状を基本として I 断面の場合との比較を行い、優位性を確認する。また、リング管のサイズは歩道として必要な建築限界 ($2500\text{mm} \times 2500\text{mm}$) を確保するようにする。
- ・ 床版を支持する補剛桁の検討は主部材にあたらないため、本検討では実施しない。
- ・ 検討する支間長は $L=30\sim 50\text{m}$ とし、支間長毎に鋼管本数およびリングダイア数を変化させ、鋼管本数および径を制限した上で、適用可能な支間長を探る。次に、適用可能な支間長を設定した上で、リングダイアの本数、リングダイアの断面形状および剛結部の構造について検討する。最後に、定まった形状に対して全体座屈および固有値解析による振動の照査を実施し、構造の安全性を確認する。

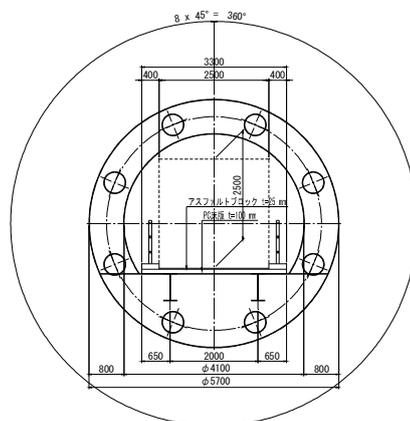
【形状図】

図は、支間長 $L=40\text{m}$ 、鋼管本数 8 本の場合を示す。

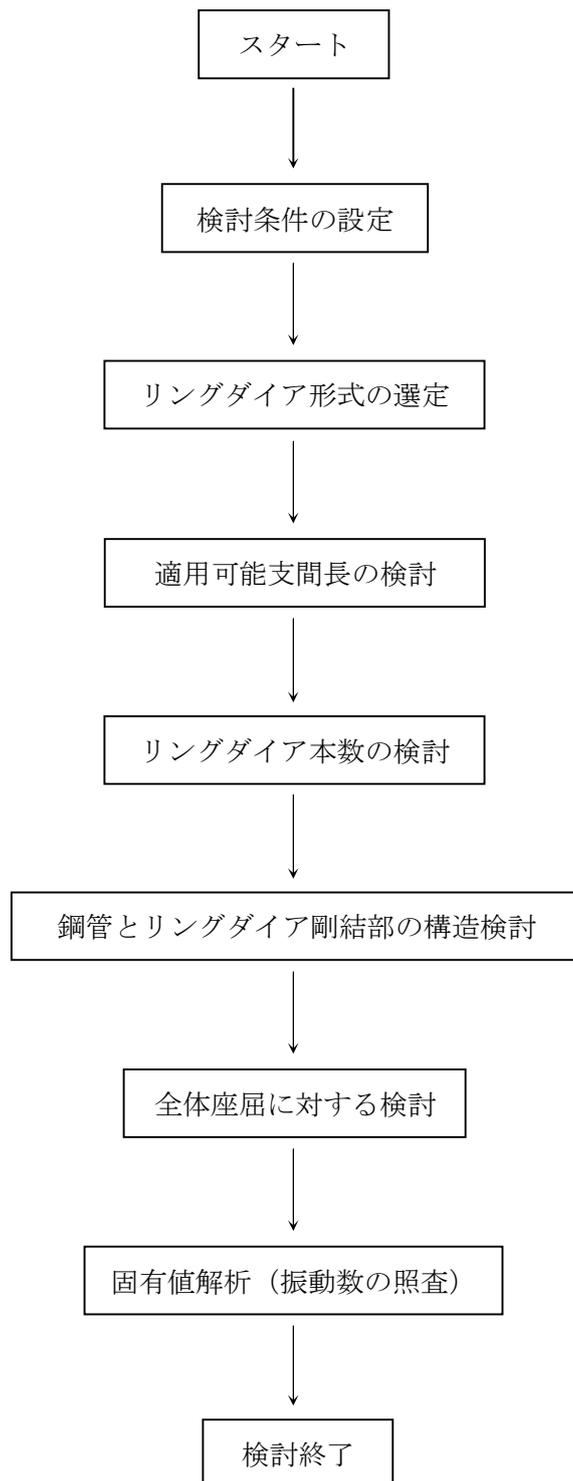
側面図



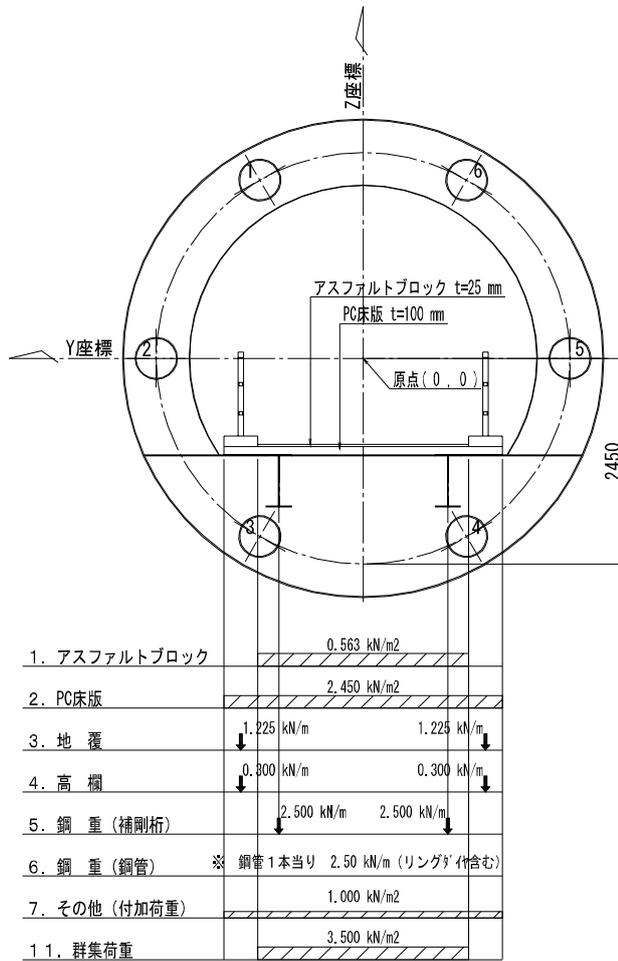
断面図



【検討フロー】

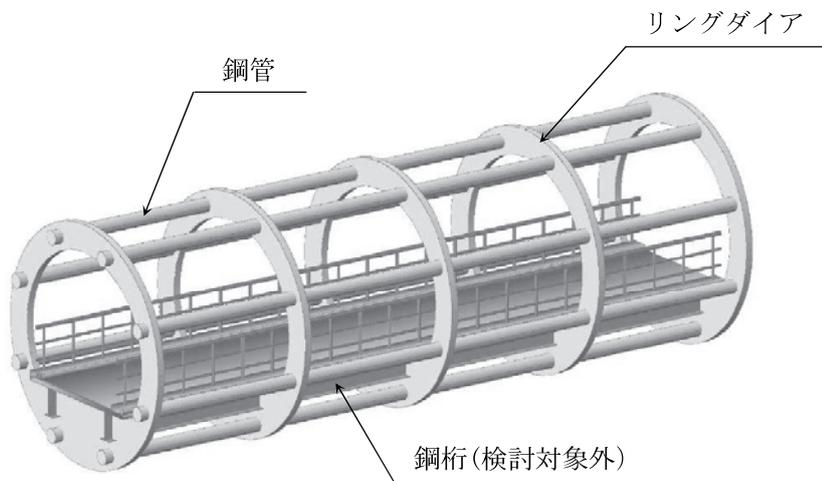


【荷重条件】 ※ 図は、鋼管本数 6 本の場合を示す。



【部材名称】

部材名称を下図に示す。



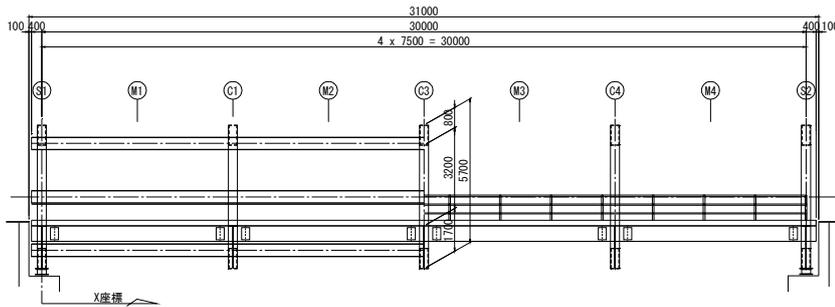
3-2. リングダイア形式の選定

(1) 検討方針

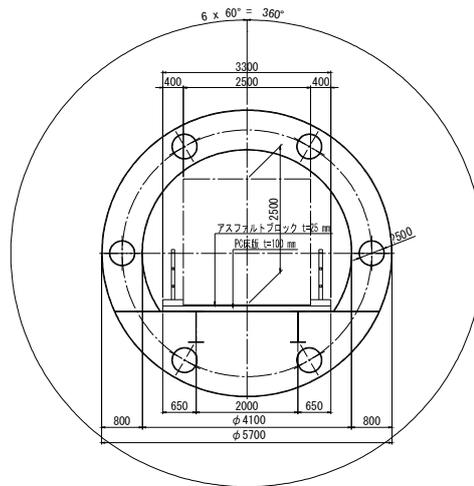
リングダイア形状による鋼管の変位・断面力を比較し、最適な形式選定を行う。

検討するリングダイアの形式は、箱断面形状と I 断面形状とし、検討は、下図の支間長 L=30m のモデルで行う。

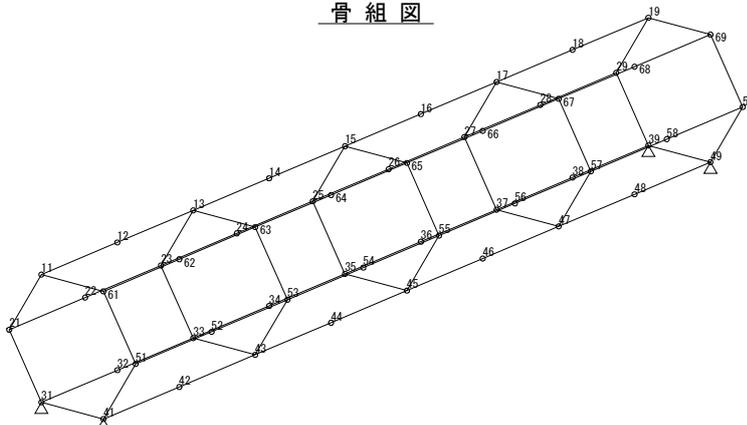
側面図



断面図

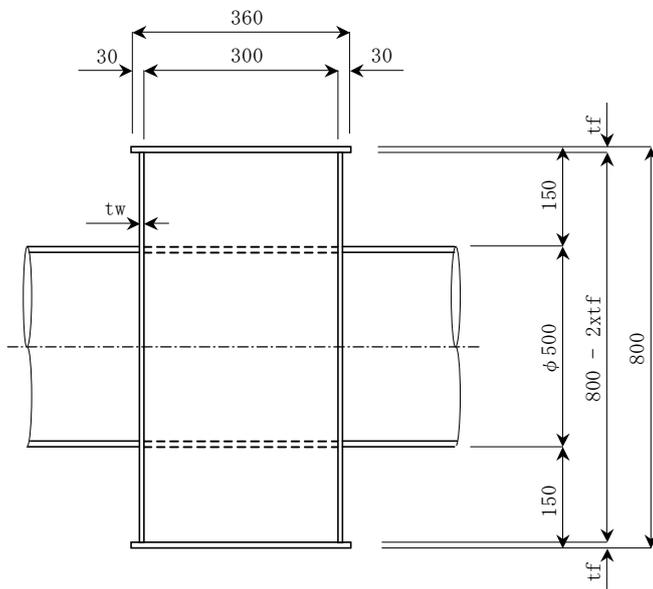


骨組図

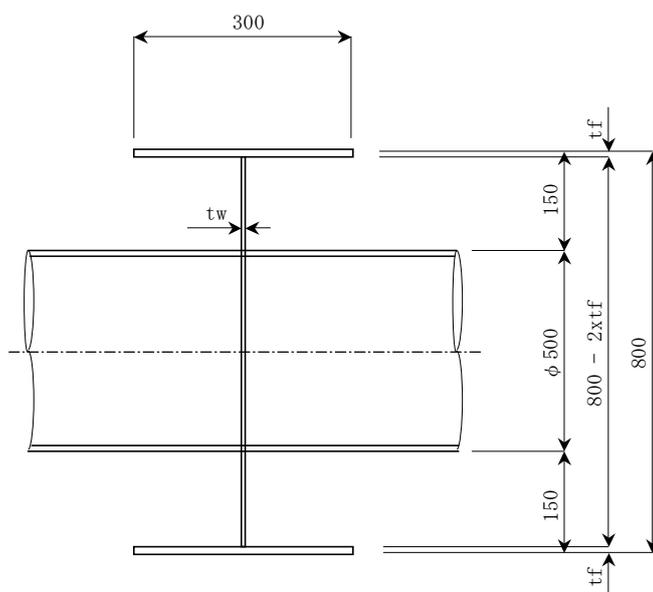


(2) リングダイア形状

ケース 1
(箱断面形状)



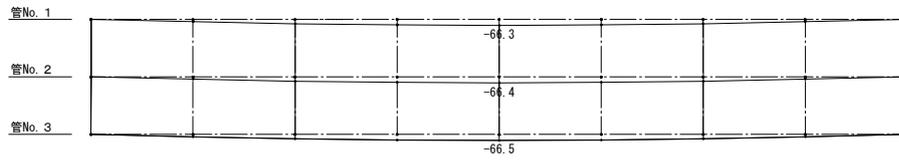
ケース 2
(I 断面形状)



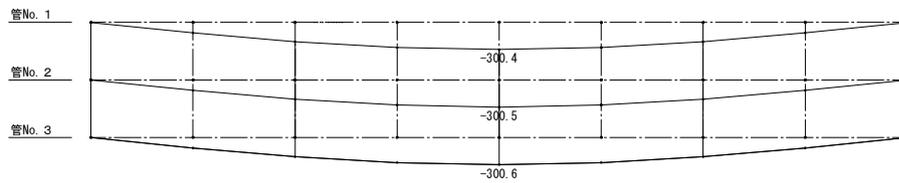
(3) 検討結果

1) 変位図

ケース1：リングダイヤ：箱断面形状

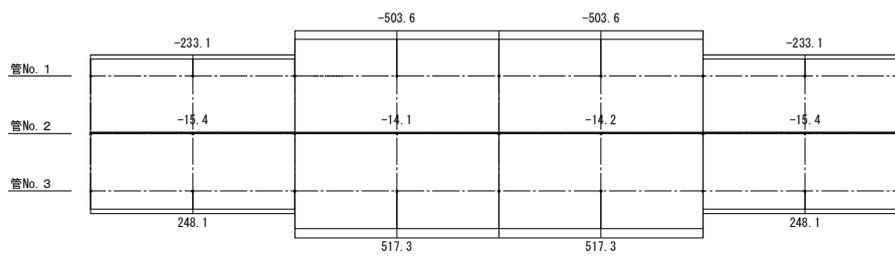


ケース2：リングダイヤ：I断面形状

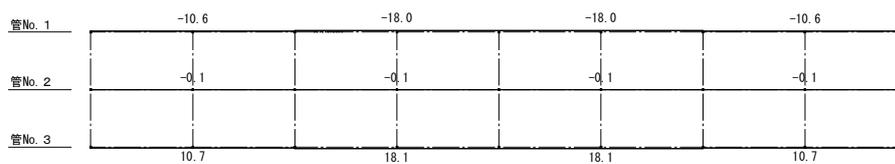


2) 軸力図

ケース1：リングダイヤ：箱断面形状

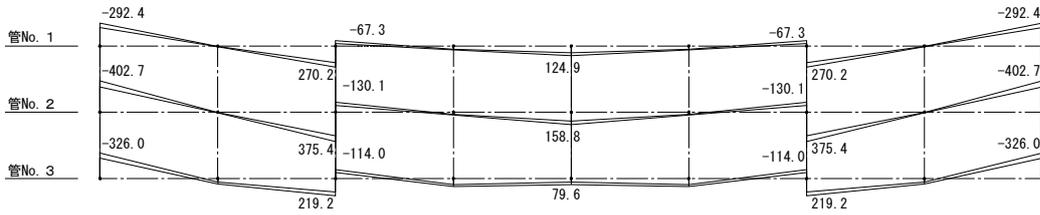


ケース2：リングダイヤ：I断面形状

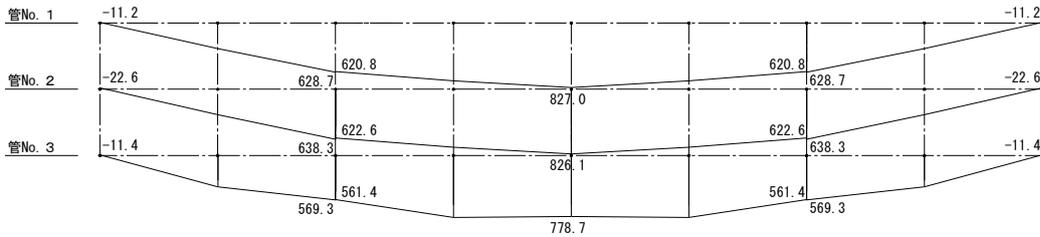


3) 曲げ図 (面内曲げモーメント)

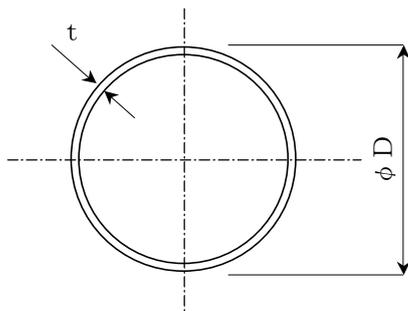
ケース1：リングダイア：箱断面形状



ケース2：リングダイア：I断面形状



4) 鋼管の必要断面



	ケース 1	ケース 2
材質	SM490Y	SM490Y
φ D (mm)	φ 500	φ 600
t (mm)	12	16

(4) 考 察

リングダイア形式による鋼管に及ぼす影響について確認を行った結果、I断面形式ではねじり抵抗が無いいため、鋼管の曲げを伝えることができない。そのため鋼管の曲げモーメントが単純桁のそれと同様の性状を示しかつその値も大きい。ただし軸力は小さい。

箱断面形式の場合は、鋼管の曲げを伝達でき上下鋼管の軸力は増加するが、その分曲げは小さくなる。

鋼管は、軸力の大小よりも曲げが小さい方が小さくなり、より細径の鋼管を採用する場合、リングダイアの形式は箱断面形式を採用した方が良い。

よって、以降の支間長の検討では箱断面形式とする。

3-3. 適用可能支間長の検討

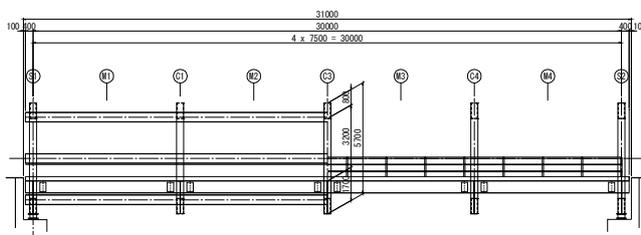
(1) 検討ケース

項目		単位	Case-1	Case-2	Case-3	備考
支間長		(m)	30.0	40.0	50.0	
リングダイア間隔		(@)	4	6	8	不等配置あり
使用 鋼管	サイズ	(mm)	φ 500x12	φ 500x14	φ 500x14	SM490Y 材使用
	本数	(本)	6	8	10	

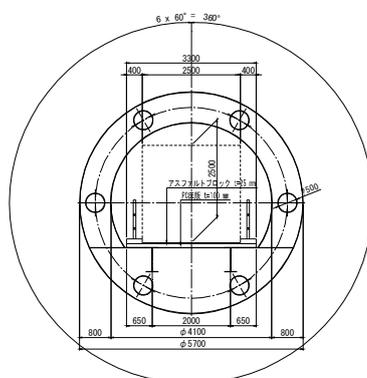
■ Case-1

Case-1 : 支間長 L = 30 m

側面図



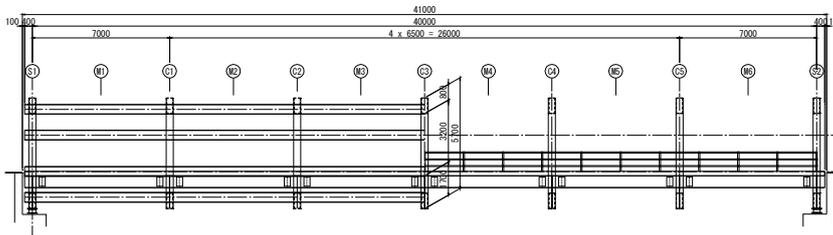
断面図



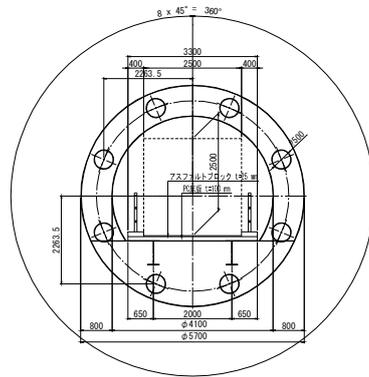
■ Case-2

Case-2 : 支間長 L = 40 m

側面図



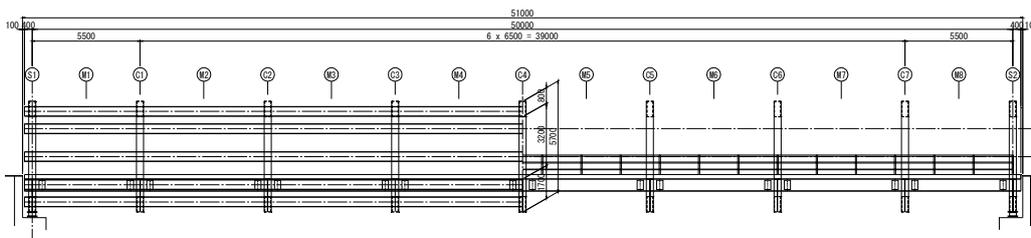
断面図



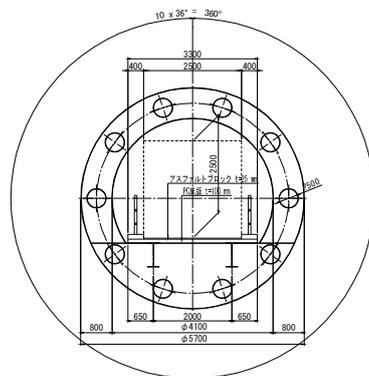
■ Case-3

Case-3 : 支間長 L = 50 m

側面図



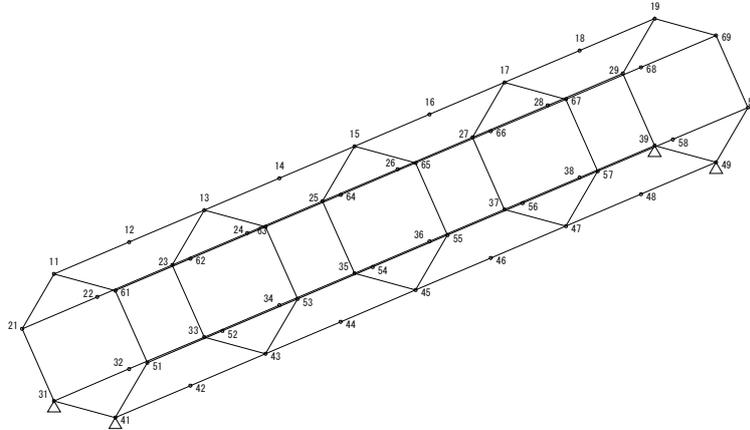
断面図



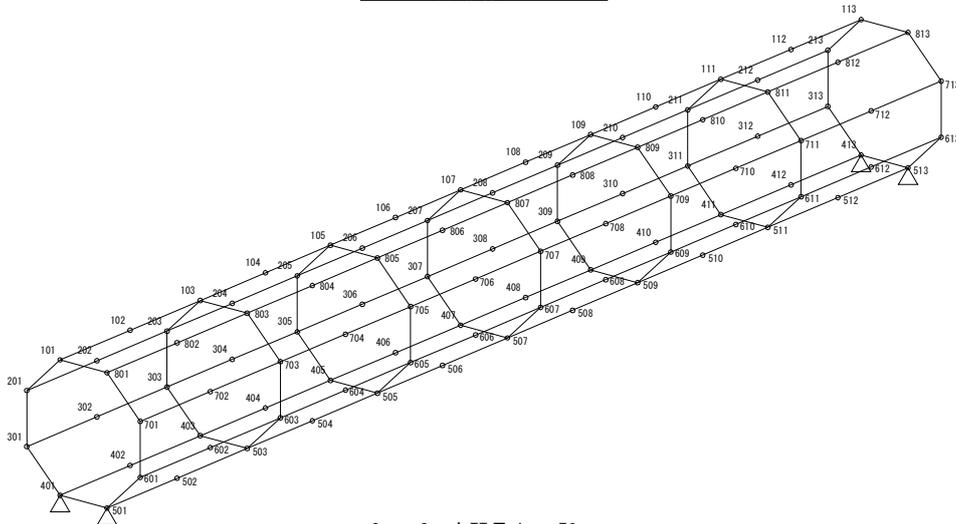
(2) 検討結果

1) 骨組図

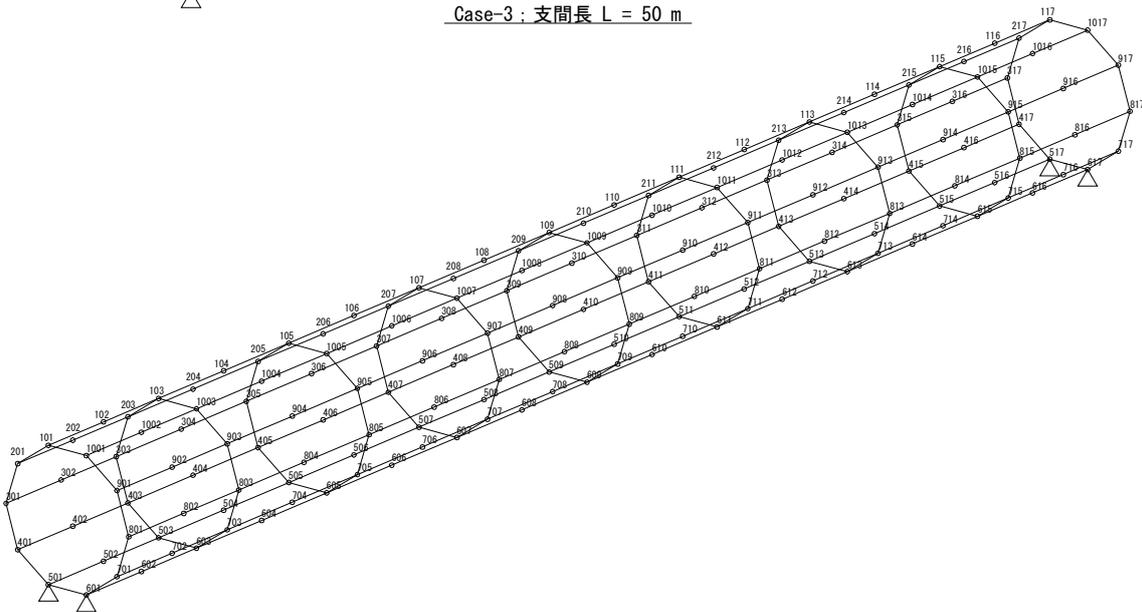
Case-1 ; 支間長 L = 30 m



Case-2 ; 支間長 L = 40 m

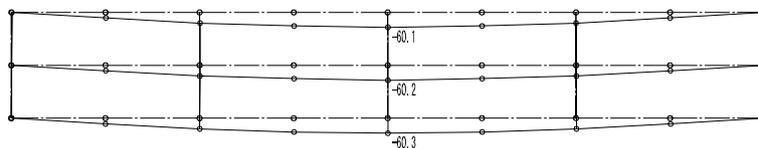


Case-3 ; 支間長 L = 50 m

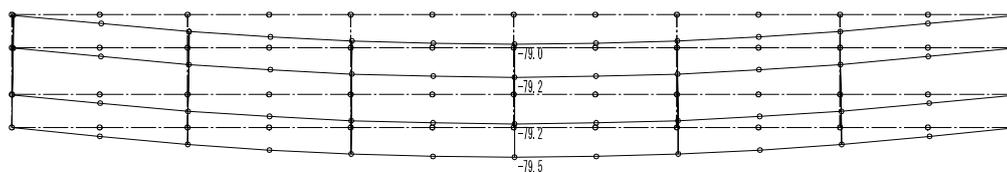


2) 変位図

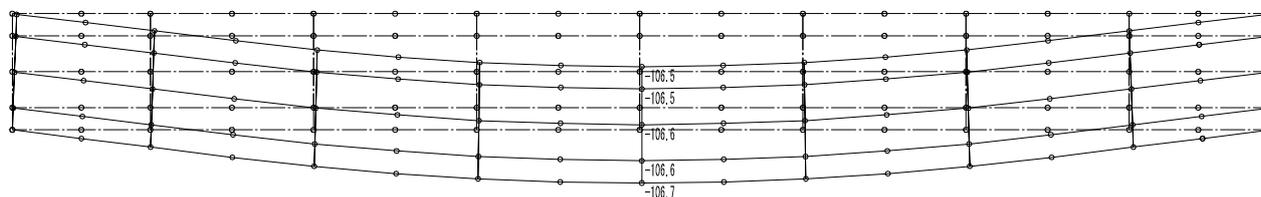
Case-1 ; 支間長 $L = 30$ m



Case-2 ; 支間長 $L = 40$ m

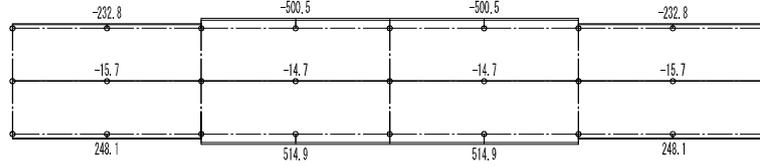


Case-3 ; 支間長 $L = 50$ m

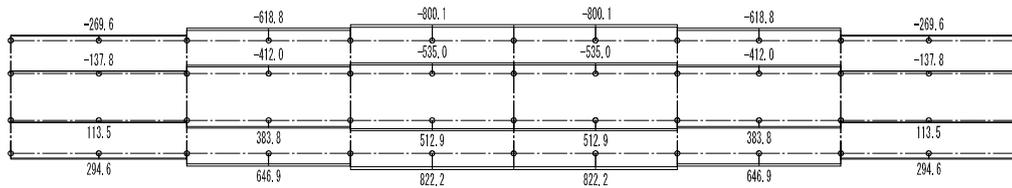


3) 軸力图

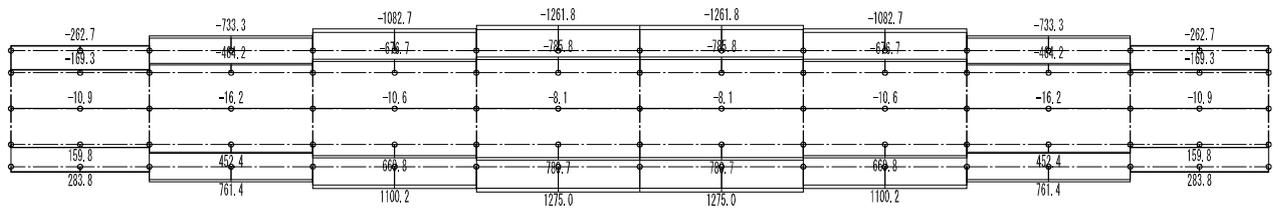
Case-1 ; 支間長 L = 30 m



Case-2 ; 支間長 L = 40 m

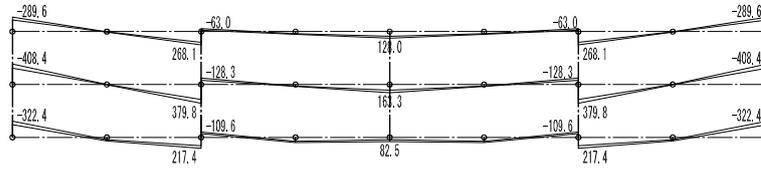


Case-3 ; 支間長 L = 50 m

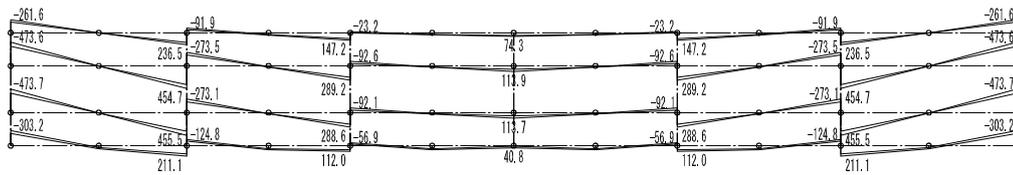


4) 曲げ図 (面内曲げモーメント)

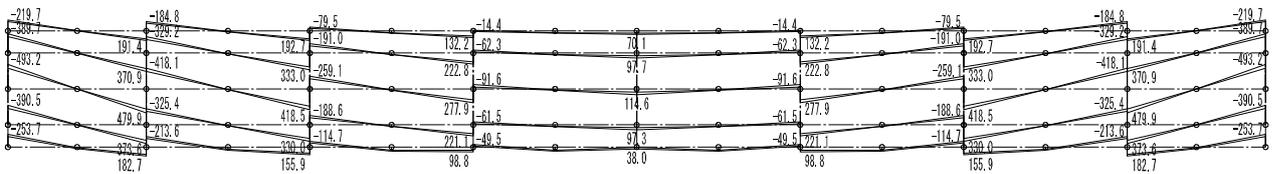
Case-1 ; 支間長 L = 30 m



Case-2 ; 支間長 L = 40 m



Case-3 ; 支間長 L = 50 m



5) 鋼管応力度一覧

■ Case-1

鋼管 No.	照査pt	断面力		曲げ応力度			せん断応力度 (N/mm ²)		合成応力度
		軸力 (kN)	曲げ (kN・m)	安定	垂直応力度 (N/mm ²)		τ	τ a	
					σ	σ a			
管 1	Pt11	-233	-290	0.735 < 1	151 < 210		10 < 118	0.709 < 1	
	Pt13 (L)	-233	268	0.687 < 1	141 < 210		8 < 118	0.661 < 1	
	Pt13 (R)	-475	-62	0.322 < 1	61 < 210		4 < 118	0.284 < 1	
	Pt15 (L)	-475	128	0.448 < 1	88 < 210		2 < 118	0.405 < 1	
管 2	Pt21	-15	-408	0.894 < 1	187 < 210		13 < 118	0.891 < 1	
	Pt23 (L)	-15	380	0.831 < 1	174 < 210		10 < 118	0.829 < 1	
	Pt23 (R)	-14	-128	0.283 < 1	59 < 210		5 < 118	0.282 < 1	
	Pt25 (L)	-14	163	0.360 < 1	75 < 210		3 < 118	0.358 < 1	
管 3	Pt31	248	-322	0.815 < 1	168 < 210		13 < 118	0.656 < 1	
	Pt33 (L)	241	217	0.582 < 1	119 < 210		6 < 118	0.432 < 1	
	Pt33 (R)	498	-109	0.424 < 1	82 < 210		7 < 118	0.127 < 1	
	Pt35 (L)	473	82	0.346 < 1	66 < 210		2 < 118	0.063 < 1	

■ Case-2

鋼管 No.	照査pt	断面力		曲げ応力度			せん断応力度 (N/mm ²)		合成応力度
		軸力 (kN)	曲げ (kN・m)	安定	垂直応力度 (N/mm ²)		τ	τ a	
					σ	σ a			
管 1	Pt101	-270	-262	0.607 < 1	125 < 210		9 < 118	0.587 < 1	
	Pt103 (L)	-270	237	0.558 < 1	114 < 210		8 < 118	0.538 < 1	
	Pt103 (R)	-600	-92	0.388 < 1	76 < 210		5 < 118	0.355 < 1	
	Pt105 (L)	-619	146	0.471 < 1	93 < 210		3 < 118	0.434 < 1	
	Pt105 (R)	-765	-19	0.273 < 1	50 < 210		2 < 118	0.237 < 1	
	Pt107	-800	70	0.354 < 1	67 < 210		1 < 118	0.313 < 1	
管 2	Pt201	-138	-474	0.953 < 1	199 < 210		16 < 118	0.941 < 1	
	Pt203 (L)	-138	455	0.916 < 1	191 < 210		14 < 118	0.904 < 1	
	Pt203 (R)	-398	-274	0.653 < 1	133 < 210		9 < 118	0.625 < 1	
	Pt205 (L)	-400	289	0.675 < 1	138 < 210		8 < 118	0.646 < 1	
	Pt205 (R)	-495	-93	0.319 < 1	63 < 210		4 < 118	0.293 < 1	
	Pt207	-501	114	0.356 < 1	70 < 210		2 < 118	0.328 < 1	
管 3	Pt301	113	-474	0.954 < 1	199 < 210		16 < 118	0.896 < 1	
	Pt303 (L)	113	456	0.916 < 1	191 < 210		14 < 118	0.858 < 1	
	Pt303 (R)	374	-273	0.641 < 1	131 < 210		9 < 118	0.449 < 1	
	Pt305 (L)	374	289	0.665 < 1	136 < 210		8 < 118	0.472 < 1	
	Pt305 (R)	480	-92	0.315 < 1	62 < 210		4 < 118	0.077 < 1	
	Pt307	480	114	0.350 < 1	69 < 210		2 < 118	0.111 < 1	
管 4	Pt401	294	-303	0.693 < 1	142 < 210		12 < 118	0.539 < 1	
	Pt403 (L)	288	211	0.519 < 1	106 < 210		7 < 118	0.370 < 1	
	Pt403 (R)	635	-124	0.449 < 1	89 < 210		7 < 118	0.131 < 1	
	Pt405 (L)	620	112	0.409 < 1	80 < 210		2 < 118	0.098 < 1	
	Pt405 (R)	782	-56	0.333 < 1	63 < 210		4 < 118	0.092 < 1	
	Pt407	755	41	0.287 < 1	53 < 210		2 < 118	0.136 < 1	

■ Case-3

鋼管 No.	照査pt	断面力		曲げ応力度			せん断応力度 (N/mm ²)		合成応力度
		軸力 (kN)	曲げ (kN・m)	安定	垂直応力度(N/mm ²)		τ	τa	
					σ	σa			
管 1	Pt101	-263	-220	0.516 < 1	107 < 210		9 < 118	0.506 < 1	
	Pt103(L)	-263	191	0.470 < 1	97 < 210		8 < 118	0.461 < 1	
	Pt103(R)	-720	-185	0.585 < 1	116 < 210		7 < 118	0.539 < 1	
	Pt105(L)	-733	192	0.600 < 1	119 < 210		5 < 118	0.553 < 1	
	Pt105(R)	-1083	-73	0.477 < 1	90 < 210		4 < 118	0.419 < 1	
	Pt107(L)	-1083	130	0.566 < 1	109 < 210		3 < 118	0.502 < 1	
	Pt107(R)	-1262	-3	0.383 < 1	69 < 210		2 < 118	0.326 < 1	
	Pt109	-1262	65	0.469 < 1	87 < 210		1 < 118	0.405 < 1	
管 2	Pt201	-169	-390	0.826 < 1	172 < 210		16 < 118	0.823 < 1	
	Pt203(L)	-169	371	0.797 < 1	166 < 210		15 < 118	0.794 < 1	
	Pt203(R)	-459	-329	0.804 < 1	165 < 210		11 < 118	0.770 < 1	
	Pt205(L)	-463	333	0.808 < 1	165 < 210		10 < 118	0.773 < 1	
	Pt205(R)	-650	-191	0.591 < 1	118 < 210		7 < 118	0.549 < 1	
	Pt207(L)	-660	222	0.636 < 1	127 < 210		6 < 118	0.591 < 1	
	Pt207(R)	-739	-62	0.342 < 1	65 < 210		3 < 118	0.305 < 1	
	Pt209	-739	98	0.394 < 1	76 < 210		2 < 118	0.354 < 1	
管 3	Pt301	-11	-493	0.933 < 1	196 < 210		17 < 118	0.932 < 1	
	Pt303(L)	-11	480	0.908 < 1	191 < 210		16 < 118	0.907 < 1	
	Pt303(R)	-16	-418	0.793 < 1	166 < 210		13 < 118	0.792 < 1	
	Pt305(L)	-16	419	0.794 < 1	167 < 210		11 < 118	0.792 < 1	
	Pt305(R)	-10	-259	0.491 < 1	103 < 210		8 < 118	0.490 < 1	
	Pt307(L)	-10	278	0.527 < 1	111 < 210		7 < 118	0.526 < 1	
	Pt307(R)	-7	-92	0.175 < 1	37 < 210		4 < 118	0.174 < 1	
	Pt309	-8	115	0.218 < 1	46 < 210		2 < 118	0.218 < 1	
管 4	Pt401	159	-391	0.833 < 1	174 < 210		17 < 118	0.762 < 1	
	Pt403(L)	159	374	0.807 < 1	168 < 210		15 < 118	0.736 < 1	
	Pt403(R)	448	-325	0.790 < 1	162 < 210		11 < 118	0.559 < 1	
	Pt405(L)	448	330	0.796 < 1	163 < 210		9 < 118	0.564 < 1	
	Pt405(R)	643	-189	0.583 < 1	117 < 210		7 < 118	0.256 < 1	
	Pt407(L)	647	221	0.629 < 1	126 < 210		6 < 118	0.299 < 1	
	Pt407(R)	732	-61	0.339 < 1	65 < 210		3 < 118	0.096 < 1	
	Pt409	733	97	0.392 < 1	76 < 210		2 < 118	0.049 < 1	
管 5	Pt501	283	-254	0.584 < 1	121 < 210		12 < 118	0.447 < 1	
	Pt503(L)	280	183	0.460 < 1	95 < 210		8 < 118	0.325 < 1	
	Pt503(R)	753	-214	0.646 < 1	129 < 210		9 < 118	0.262 < 1	
	Pt505(L)	740	156	0.535 < 1	106 < 210		4 < 118	0.160 < 1	
	Pt505(R)	1100	-111	0.543 < 1	104 < 210		6 < 118	0.032 < 1	
	Pt507(L)	1045	99	0.496 < 1	95 < 210		2 < 118	0.072 < 1	
	Pt507(R)	1275	-42	0.436 < 1	80 < 210		4 < 118	0.204 < 1	
	Pt509	1175	38	0.394 < 1	72 < 210		2 < 118	0.241 < 1	

(3) 考 察

適用可能支間長の検討を行った結果、鋼管本数、リングダイア数を増すことにより、支間長 $L=50\text{m}$ でも構成可能であることが判った。これ以上の支間長に対しては、景観性などを無視すればリング外径寸法を大きくし、鋼管本数を増やすことにより十分適用可能と思われるが、本検討の条件の一つである景観性を損なわないという趣旨から外れることから、以降の検討は支間長 $L=50\text{m}$ のケースに着目して実施する。

なお、本検討によりいずれのケースにおいても、鋼管断面の決定箇所は端支点部であり、特に中段の鋼管については軸力が少なく曲げが大きい箇所のため、中段部鋼管で断面が決定される。逆に支間中央部に関しては、以前の検討よりリングダイアの形状をねじり抵抗、面外抵抗を有する箱形状としているため、端部に比べて曲げが小さく断面決定箇所とならない。

故に、端部付近の分配効果を高めれば、必要断面は小さくなる傾向にあることが判る。

【参考】

本検討の構造解析結果より、本形式はトラス橋の一種であるフィーレンデール橋として分類することができる。フィーレンデール橋の事例を以下に示す。

【フィーレンデール橋の例】

■ 道玄坂歩道橋(渋谷区)2000年竣工⁵⁾⁶⁾



■ 浜松町駅跨線人道橋(港区)1983年竣工⁷⁾



■ ゲスタフハイメン橋(ベルリン)2006年竣工⁸⁾



3-4. リングダイアの検討

適用支間長を 50m とし、リングダイア数・間隔をパラメータとする鋼管への影響の検討とリングダイアの必要断面を算出する。

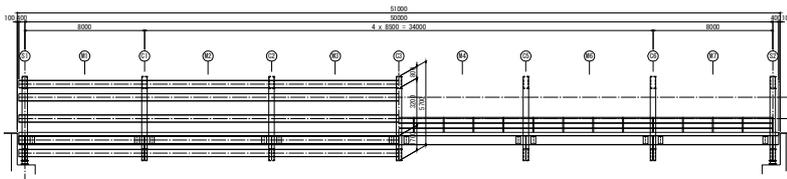
(1) 検討ケース

項目		単位	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	備考
支間長		(m)	50.0				
リングダイア間隔		(@)	6	8	8	10	不等配置あり
使用 鋼管	サイズ	(mm)	φ 500x14				SM490Y 材使用
	本数	(本)	10				

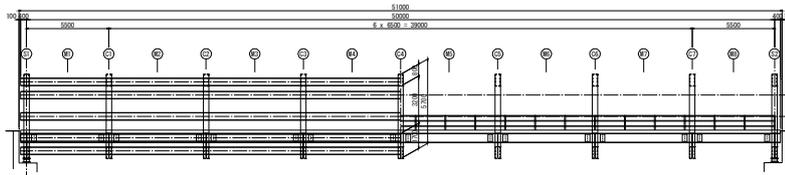
※ Case-2 は、「3-2. 適用可能支間長の検討」での Csse-3 であり、断面図については「3-2 適用可能支間長の検討」を参照のこと。

側面図

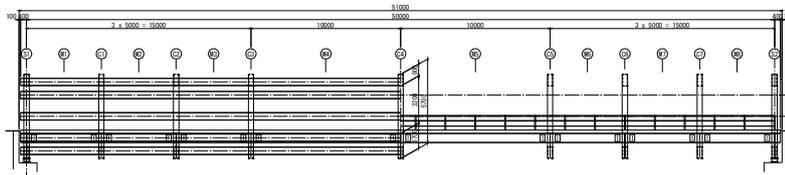
Case-1 : リングダイア間隔 6@



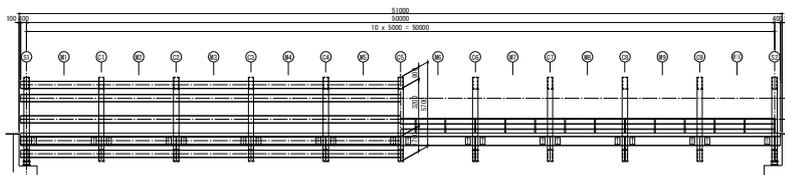
Case-2 : リングダイア間隔 8@ (案1)



Case-3 : リングダイア間隔 8@ (案2)



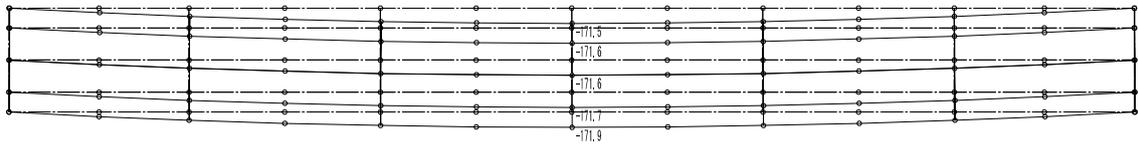
Case-4 : リングダイア間隔 10@



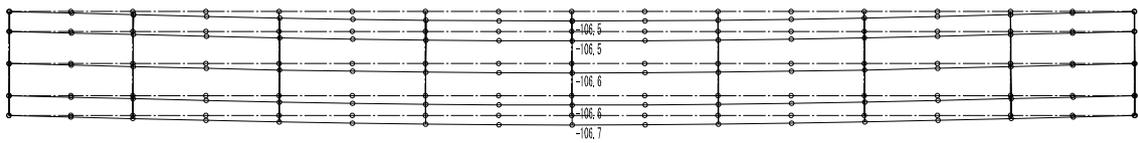
(2) 検討結果

1) 変位図

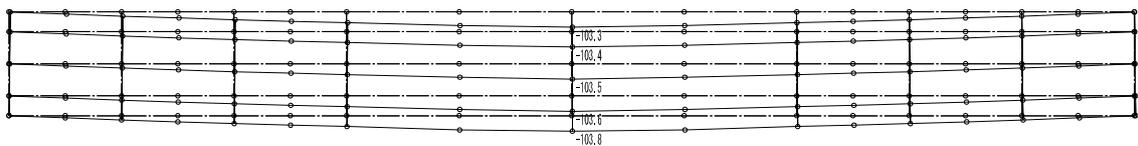
Case-1 : ダイアリング 6@



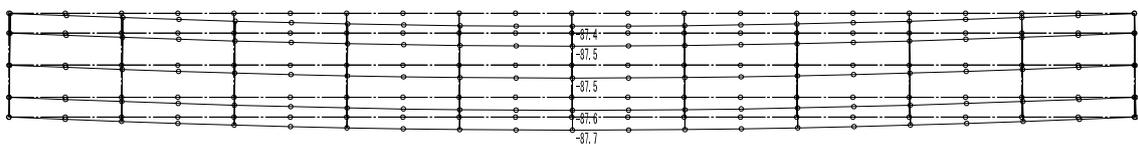
Case-2 : ダイアリング 8@ (案1)



Case-3 : ダイアリング 8@ (案2)

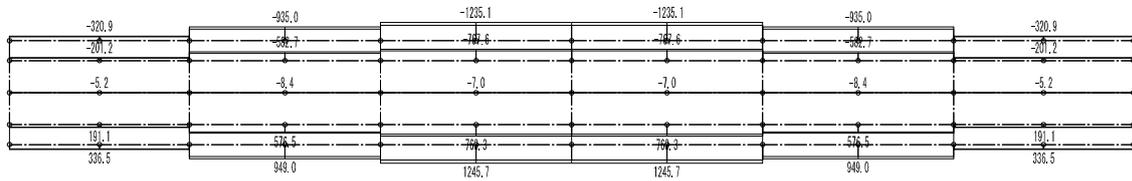


Case-4 : ダイアリング 10@

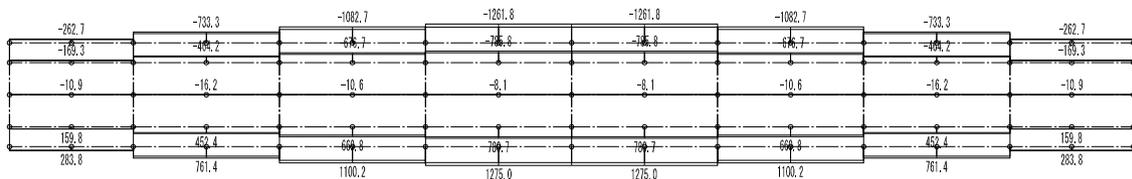


2) 軸力図

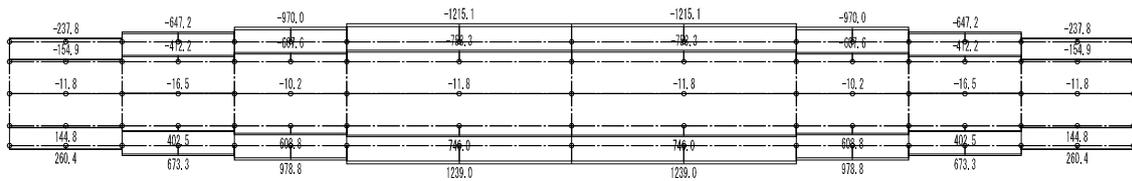
Case-1 : ダイアリング 6@



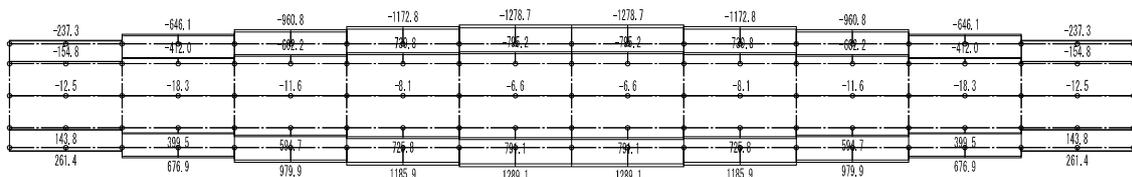
Case-2 : ダイアリング 8@ (案1)



Case-3 : ダイアリング 8@ (案2)

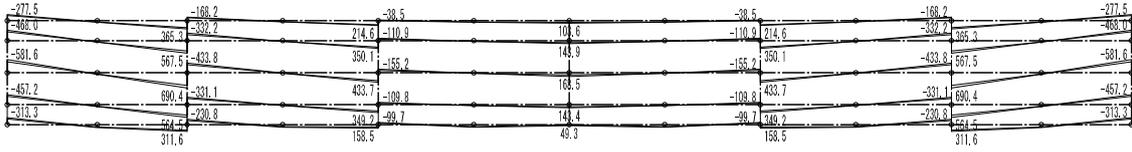


Case-4 : ダイアリング 10@

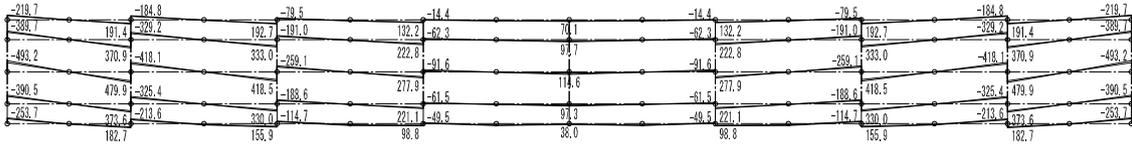


3) 曲げ図 (面内曲げモーメント)

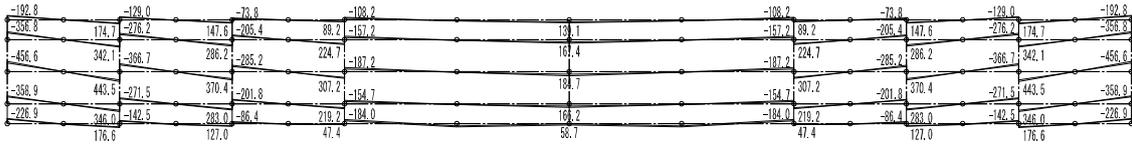
Case-1 : ダイアリング 6@



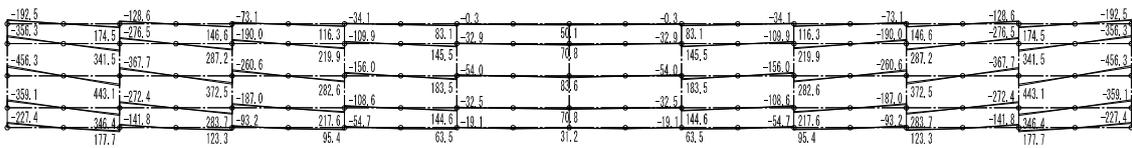
Case-2 : ダイアリング 8@ (案1)



Case-3 : ダイアリング 8@ (案2)



Case-4 : ダイアリング 10@



4) 鋼管応力度一覧

■ Case-1

鋼管 No.	照査pt	断面力		曲げ応力度			せん断応力度 (N/mm ²)		合成応力度
		軸力 (kN)	曲げ (kN・m)	安定	垂直応力度(N/mm ²)		τ	τ a	
					σ	σ a			
管 1	Pt101	-321	-278	0.663 < 1	135 < 210	9 < 118	0.629 < 1		
	Pt103(L)	-321	365	0.828 < 1	170 < 210	8 < 118	0.789 < 1		
	Pt103(R)	-910	-168	0.659 < 1	125 < 210	6 < 118	0.560 < 1		
	Pt105(L)	-935	213	0.741 < 1	141 < 210	4 < 118	0.632 < 1		
	Pt105(R)	-1154	-39	0.455 < 1	78 < 210	3 < 118	0.360 < 1		
	Pt107(L)	-1235	97	0.576 < 1	102 < 210	1 < 118	0.462 < 1		
管 2	Pt201	-201	-468	1.003 > 1	208 < 210	14 < 118	0.979 < 1		
	Pt203(L)	-201	568	1.192 > 1	248 > 210	13 < 118	1.164 > 1		
	Pt203(R)	-567	-332	0.887 < 1	178 < 210	9 < 118	0.809 < 1		
	Pt205(L)	-573	350	0.904 < 1	181 < 210	7 < 118	0.824 < 1		
	Pt205(R)	-728	-110	0.470 < 1	88 < 210	4 < 118	0.400 < 1		
	Pt207(L)	-726	144	0.514 < 1	97 < 210	2 < 118	0.440 < 1		
管 3	Pt301	-5	-582	1.098 > 1	231 > 210	16 < 118	1.097 > 1		
	Pt303(L)	-5	690	1.303 > 1	274 > 210	14 < 118	1.302 > 1		
	Pt303(R)	-8	-434	0.821 < 1	172 < 210	11 < 118	0.819 < 1		
	Pt305(L)	-8	434	0.821 < 1	172 < 210	9 < 118	0.819 < 1		
	Pt305(R)	-6	-155	0.294 < 1	62 < 210	5 < 118	0.294 < 1		
	Pt307(L)	-6	169	0.320 < 1	67 < 210	3 < 118	0.319 < 1		
管 4	Pt401	191	-457	0.989 < 1	205 < 210	15 < 118	0.883 < 1		
	Pt403(L)	191	565	1.187 > 1	247 > 210	13 < 118	1.076 > 1		
	Pt403(R)	568	-330	0.881 < 1	176 < 210	9 < 118	0.554 < 1		
	Pt405(L)	568	349	0.899 < 1	180 < 210	7 < 118	0.569 < 1		
	Pt405(R)	721	-109	0.467 < 1	87 < 210	4 < 118	0.079 < 1		
	Pt407(L)	721	143	0.511 < 1	96 < 210	2 < 118	0.118 < 1		
管 5	Pt501	335	-313	0.732 < 1	149 < 210	12 < 118	0.545 < 1		
	Pt503(L)	330	312	0.731 < 1	149 < 210	6 < 118	0.546 < 1		
	Pt503(R)	933	-231	0.785 < 1	151 < 210	8 < 118	0.258 < 1		
	Pt505(L)	910	158	0.627 < 1	118 < 210	2 < 118	0.124 < 1		
	Pt505(R)	1186	-100	0.593 < 1	103 < 201	6 < 118	0.123 < 1		
	Pt507(L)	1149	49	0.452 < 1	77 < 210	3 < 118	0.228 < 1		

※ 着色部は、応力度等の超過を示す。

■ Case-2

鋼管 No.	照査pt	断面力		曲げ応力度			せん断応力度 (N/mm ²)		合成応力度
		軸力 (kN)	曲げ (kN・m)	安定	垂直応力度(N/mm ²)		τ	τ a	
					σ	σ a			
管 1	Pt101	-263	-220	0.516 < 1	107 < 210		9 < 118		0.506 < 1
	Pt103(L)	-263	191	0.470 < 1	97 < 210		8 < 118		0.461 < 1
	Pt103(R)	-720	-185	0.585 < 1	116 < 210		7 < 118		0.539 < 1
	Pt105(L)	-733	192	0.600 < 1	119 < 210		5 < 118		0.553 < 1
	Pt105(R)	-1083	-73	0.477 < 1	90 < 210		4 < 118		0.419 < 1
	Pt107(L)	-1083	130	0.566 < 1	109 < 210		3 < 118		0.502 < 1
	Pt107(R)	-1262	-3	0.383 < 1	69 < 210		2 < 118		0.326 < 1
	Pt109	-1262	65	0.469 < 1	87 < 210		1 < 118		0.405 < 1
管 2	Pt201	-169	-390	0.826 < 1	172 < 210		16 < 118		0.823 < 1
	Pt203(L)	-169	371	0.797 < 1	166 < 210		15 < 118		0.794 < 1
	Pt203(R)	-459	-329	0.804 < 1	165 < 210		11 < 118		0.770 < 1
	Pt205(L)	-463	333	0.808 < 1	165 < 210		10 < 118		0.773 < 1
	Pt205(R)	-650	-191	0.591 < 1	118 < 210		7 < 118		0.549 < 1
	Pt207(L)	-660	222	0.636 < 1	127 < 210		6 < 118		0.591 < 1
	Pt207(R)	-739	-62	0.342 < 1	65 < 210		3 < 118		0.305 < 1
管 3	Pt209	-739	98	0.394 < 1	76 < 210		2 < 118		0.354 < 1
	Pt301	-11	-493	0.933 < 1	196 < 210		17 < 118		0.932 < 1
	Pt303(L)	-11	480	0.908 < 1	191 < 210		16 < 118		0.907 < 1
	Pt303(R)	-16	-418	0.793 < 1	166 < 210		13 < 118		0.792 < 1
	Pt305(L)	-16	419	0.794 < 1	167 < 210		11 < 118		0.792 < 1
	Pt305(R)	-10	-259	0.491 < 1	103 < 210		8 < 118		0.490 < 1
	Pt307(L)	-10	278	0.527 < 1	111 < 210		7 < 118		0.526 < 1
管 4	Pt307(R)	-7	-92	0.175 < 1	37 < 210		4 < 118		0.174 < 1
	Pt309	-8	115	0.218 < 1	46 < 210		2 < 118		0.218 < 1
	Pt401	159	-391	0.833 < 1	174 < 210		17 < 118		0.762 < 1
	Pt403(L)	159	374	0.807 < 1	168 < 210		15 < 118		0.736 < 1
	Pt403(R)	448	-325	0.790 < 1	162 < 210		11 < 118		0.559 < 1
	Pt405(L)	448	330	0.796 < 1	163 < 210		9 < 118		0.564 < 1
	Pt405(R)	643	-189	0.583 < 1	117 < 210		7 < 118		0.256 < 1
管 5	Pt407(L)	647	221	0.629 < 1	126 < 210		6 < 118		0.299 < 1
	Pt407(R)	732	-61	0.339 < 1	65 < 210		3 < 118		0.096 < 1
	Pt409	733	97	0.392 < 1	76 < 210		2 < 118		0.049 < 1
	Pt501	283	-254	0.584 < 1	121 < 210		12 < 118		0.447 < 1
	Pt503(L)	280	183	0.460 < 1	95 < 210		8 < 118		0.325 < 1
	Pt503(R)	753	-214	0.646 < 1	129 < 210		9 < 118		0.262 < 1
	Pt505(L)	740	156	0.535 < 1	106 < 210		4 < 118		0.160 < 1
管 5	Pt505(R)	1100	-111	0.543 < 1	104 < 210		6 < 118		0.032 < 1
	Pt507(L)	1045	99	0.496 < 1	95 < 210		2 < 118		0.072 < 1
	Pt507(R)	1275	-42	0.436 < 1	80 < 210		4 < 118		0.204 < 1
	Pt509	1175	38	0.394 < 1	72 < 210		2 < 118		0.241 < 1

■ Case-3

鋼管 No.	照査pt	断面力		曲げ応力度			せん断応力度 (N/mm ²)		合成応力度
		軸力 (kN)	曲げ (kN・m)	安定	垂直応力度(N/mm ²)		τ	τ a	
					σ	σ a			
管 1	Pt101	-238	-193	0.457 < 1	95 < 210		9 < 118		0.451 < 1
	Pt103(L)	-238	175	0.427 < 1	88 < 210		8 < 118		0.421 < 1
	Pt103(R)	-637	-129	0.449 < 1	91 < 210		7 < 118		0.429 < 1
	Pt105(L)	-647	147	0.478 < 1	97 < 210		6 < 118		0.457 < 1
	Pt105(R)	-970	-70	0.432 < 1	86 < 210		5 < 118		0.403 < 1
	Pt107(L)	-970	89	0.461 < 1	92 < 210		4 < 118		0.431 < 1
	Pt107(R)	-1155	-107	0.618 < 1	106 < 210		4 < 118		0.466 < 1
	Pt109	-1215	133	0.690 < 1	120 < 210		1 < 118		0.522 < 1
管 2	Pt201	-155	-357	0.757 < 1	158 < 210		16 < 118		0.758 < 1
	Pt203(L)	-155	342	0.732 < 1	153 < 210		15 < 118		0.732 < 1
	Pt203(R)	-408	-276	0.684 < 1	142 < 210		12 < 118		0.673 < 1
	Pt205(L)	-412	286	0.695 < 1	144 < 210		11 < 118		0.682 < 1
	Pt205(R)	-593	-205	0.595 < 1	122 < 210		10 < 118		0.576 < 1
	Pt207(L)	-593	225	0.632 < 1	130 < 210		9 < 118		0.611 < 1
	Pt207(R)	-721	-157	0.569 < 1	105 < 210		4 < 118		0.466 < 1
	Pt209	-721	167	0.584 < 1	108 < 210		2 < 118		0.479 < 1
管 3	Pt301	-12	-457	0.864 < 1	181 < 210		18 < 118		0.864 < 1
	Pt303(L)	-12	443	0.839 < 1	176 < 210		17 < 118		0.839 < 1
	Pt303(R)	-16	-367	0.696 < 1	146 < 210		14 < 118		0.695 < 1
	Pt305(L)	-16	370	0.703 < 1	147 < 210		13 < 118		0.702 < 1
	Pt305(R)	-9	-285	0.540 < 1	113 < 210		12 < 118		0.540 < 1
	Pt307(L)	-9	307	0.581 < 1	122 < 210		11 < 118		0.581 < 1
	Pt307(R)	-10	-187	0.356 < 1	75 < 210		5 < 118		0.355 < 1
	Pt309	-11	185	0.352 < 1	74 < 210		2 < 118		0.351 < 1
管 4	Pt401	144	-359	0.768 < 1	160 < 210		17 < 118		0.707 < 1
	Pt403(L)	144	346	0.746 < 1	156 < 210		16 < 118		0.685 < 1
	Pt403(R)	398	-271	0.667 < 1	138 < 210		12 < 118		0.478 < 1
	Pt405(L)	400	283	0.681 < 1	141 < 210		11 < 118		0.490 < 1
	Pt405(R)	589	-202	0.589 < 1	121 < 210		10 < 118		0.308 < 1
	Pt407(L)	593	219	0.626 < 1	128 < 210		9 < 118		0.343 < 1
	Pt407(R)	708	-154	0.561 < 1	103 < 210		4 < 118		0.147 < 1
	Pt409	709	166	0.578 < 1	107 < 210		2 < 118		0.160 < 1
管 5	Pt501	260	-227	0.525 < 1	109 < 210		12 < 118		0.403 < 1
	Pt503(L)	257	177	0.435 < 1	90 < 210		8 < 118		0.314 < 1
	Pt503(R)	666	-142	0.477 < 1	97 < 210		8 < 118		0.159 < 1
	Pt505(L)	658	127	0.442 < 1	89 < 210		4 < 118		0.127 < 1
	Pt505(R)	979	-84	0.452 < 1	90 < 210		6 < 118		0.029 < 1
	Pt507(L)	979	40	0.404 < 1	80 < 210		3 < 118		0.064 < 1
	Pt507(R)	1184	-184	0.796 < 1	143 < 210		7 < 118		0.088 < 1
	Pt509	1142	59	0.503 < 1	82 < 210		3 < 118		0.239 < 1

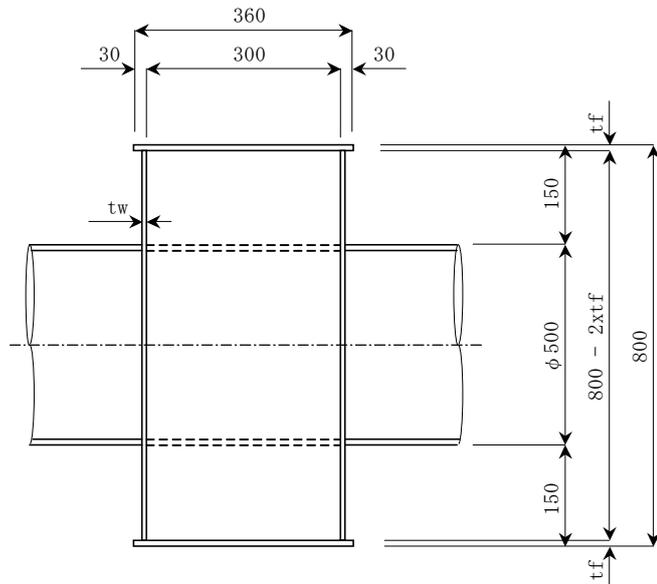
■ Case-4

鋼管 No.	照査pt	断面力		曲げ応力度			せん断応力度 (N/mm ²)		合成応力度
		軸力 (kN)	曲げ (kN・m)	安定	垂直応力度(N/mm ²)		τ	τ a	
					σ	σ a			
管 1	Pt101	-237	-193	0.457 < 1	95 < 210		9 < 118		0.451 < 1
	Pt103(L)	-237	174	0.426 < 1	88 < 210		8 < 118		0.420 < 1
	Pt103(R)	-636	-129	0.448 < 1	91 < 210		7 < 118		0.429 < 1
	Pt105(L)	-646	146	0.477 < 1	97 < 210		6 < 118		0.455 < 1
	Pt105(R)	-961	-70	0.419 < 1	83 < 210		5 < 118		0.391 < 1
	Pt107(L)	-961	116	0.487 < 1	97 < 210		4 < 118		0.455 < 1
	Pt107(R)	-1173	-28	0.385 < 1	75 < 210		3 < 118		0.353 < 1
	Pt109(L)	-1173	81	0.461 < 1	91 < 210		2 < 118		0.426 < 1
	Pt109(R)	-1279	10	0.354 < 1	68 < 210		2 < 118		0.320 < 1
	Pt1011	-1279	46	0.409 < 1	79 < 210		1 < 118		0.374 < 1
管 2	Pt201	-155	-356	0.756 < 1	158 < 210		16 < 118		0.757 < 1
	Pt203(L)	-155	341	0.730 < 1	153 < 210		15 < 118		0.731 < 1
	Pt203(R)	-408	-276	0.685 < 1	142 < 210		12 < 118		0.673 < 1
	Pt205(L)	-412	287	0.697 < 1	144 < 210		11 < 118		0.684 < 1
	Pt205(R)	-592	-188	0.557 < 1	114 < 210		9 < 118		0.538 < 1
	Pt207(L)	-592	219	0.602 < 1	123 < 210		8 < 118		0.581 < 1
	Pt207(R)	-701	-109	0.418 < 1	84 < 210		6 < 118		0.397 < 1
	Pt209(L)	-701	145	0.472 < 1	95 < 210		5 < 118		0.448 < 1
	Pt209(R)	-743	-32	0.269 < 1	53 < 210		3 < 118		0.249 < 1
	Pt211	-744	71	0.325 < 1	64 < 210		2 < 118		0.303 < 1
管 3	Pt301	-13	-456	0.864 < 1	181 < 210		18 < 118		0.863 < 1
	Pt303(L)	-13	443	0.839 < 1	176 < 210		16 < 118		0.838 < 1
	Pt303(R)	-18	-368	0.698 < 1	146 < 210		14 < 118		0.697 < 1
	Pt305(L)	-18	373	0.707 < 1	148 < 210		13 < 118		0.706 < 1
	Pt305(R)	-11	-261	0.494 < 1	104 < 210		11 < 118		0.494 < 1
	Pt307(L)	-11	283	0.536 < 1	112 < 210		10 < 118		0.535 < 1
	Pt307(R)	-7	-156	0.296 < 1	62 < 210		7 < 118		0.296 < 1
	Pt309(L)	-7	183	0.348 < 1	73 < 210		6 < 118		0.347 < 1
	Pt309(R)	-6	-54	0.103 < 1	22 < 210		3 < 118		0.103 < 1
	Pt311	-6	84	0.159 < 1	33 < 210		2 < 118		0.159 < 1
管 4	Pt401	143	-359	0.768 < 1	161 < 210		17 < 118		0.708 < 1
	Pt403(L)	143	346	0.746 < 1	156 < 210		16 < 118		0.686 < 1
	Pt403(R)	395	-272	0.670 < 1	139 < 210		12 < 118		0.482 < 1
	Pt405(L)	396	284	0.684 < 1	142 < 210		11 < 118		0.495 < 1
	Pt405(R)	579	-186	0.548 < 1	112 < 210		9 < 118		0.273 < 1
	Pt407(L)	579	218	0.593 < 1	122 < 210		8 < 118		0.316 < 1
	Pt407(R)	690	-108	0.414 < 1	83 < 210		6 < 118		0.086 < 1
	Pt409(L)	690	145	0.468 < 1	95 < 210		5 < 118		0.137 < 1
	Pt409(R)	740	-32	0.267 < 1	52 < 210		3 < 118		0.132 < 1
	Pt411	739	71	0.324 < 1	64 < 210		2 < 118		0.089 < 1
管 5	Pt501	261	-227	0.526 < 1	109 < 210		12 < 118		0.404 < 1
	Pt503(L)	258	178	0.437 < 1	90 < 210		8 < 118		0.316 < 1
	Pt503(R)	670	-142	0.477 < 1	97 < 210		8 < 118		0.158 < 1
	Pt505(L)	661	123	0.439 < 1	89 < 210		4 < 118		0.123 < 1
	Pt505(R)	980	-91	0.454 < 1	90 < 210		6 < 118		0.027 < 1
	Pt507(L)	980	91	0.447 < 1	89 < 210		3 < 118		0.032 < 1
	Pt507(R)	1186	-50	0.418 < 1	82 < 210		5 < 118		0.147 < 1
	Pt509(L)	1186	57	0.421 < 1	82 < 210		2 < 118		0.145 < 1
	Pt509(R)	1289	-13	0.358 < 1	69 < 210		3 < 118		0.250 < 1
	Pt511	1289	23	0.367 < 1	70 < 210		2 < 118		0.242 < 1

(3) リングダイア断面の検討

リングダイア間隔の検討で応力度を満足し、かつリングダイア数が少なくバランスの良い配置である Case-2 の結果に対するリングダイアの必要断面の試算結果を以下に示す。

1) 基本断面形状



2) 必要断面

横断名称		S1	C1	C2	C3	C4
使用 断面	材質	SM400	SM400	SM400	SM400	SM400
	tf (mm)	17	22	17	10	10
	tw (mm)	16	23	16	15	15
垂直 応力度	σ (N/mm ²)	-129	110	117	75	14
	σ_a (N/mm ²)	140	140	140	140	140
	$\sigma_a - \sigma$ (N/mm ²)	11	30	23	65	126
せん断 応力度	τ (N/mm ²)	58	74	69	61	7
	τ_a (N/mm ²)	80	80	80	80	80
	$\tau_a - \tau$ (N/mm ²)	22	7	11	19	73
合成 応力度	f	1.17	1.19	1.16	0.71	0.02
	Fa	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

(4) 考 察

検討の結果、Case-1 ではリングダイア数が少なく各鋼管間の分配が十分行われていないため、断面不足となった。

Case-3 と Case-4 は、リングダイア数に違いはあるものの、端部付近のダイア間隔が等しいため、端部付近の断面力はほぼ同じとなる。つまり Case-4 では支間中央の曲げの小さい箇所にリングダイアを密に配置しているため当然その効果は少ない。

次に Case-2 と Case-3 では、Case-3 で端部付近に密に配置した効果で分配効果が高まり、曲げモーメントおよび軸力が小さくなり、鋼管応力に余裕が生まれた。

故に、「3-2. 適用可能支間長の検討」の考察でも述べたように、端部付近の分配効果を高めることが有効であることが判った。

次に、Case-2 の断面力結果でリングダイアの必要断面を算出した。試算の結果は前頁に示したとおり無理な板厚構成ではない。しかし、本橋梁形式を採用するに際しては、鋼管とリングダイアが確実に応力伝達されることが前提であり、景観性を重視して 300mm 幅としたため製作作業性は良いとは言えない。

3-5. 鋼管及びリングダイア剛結部の構造検討計算

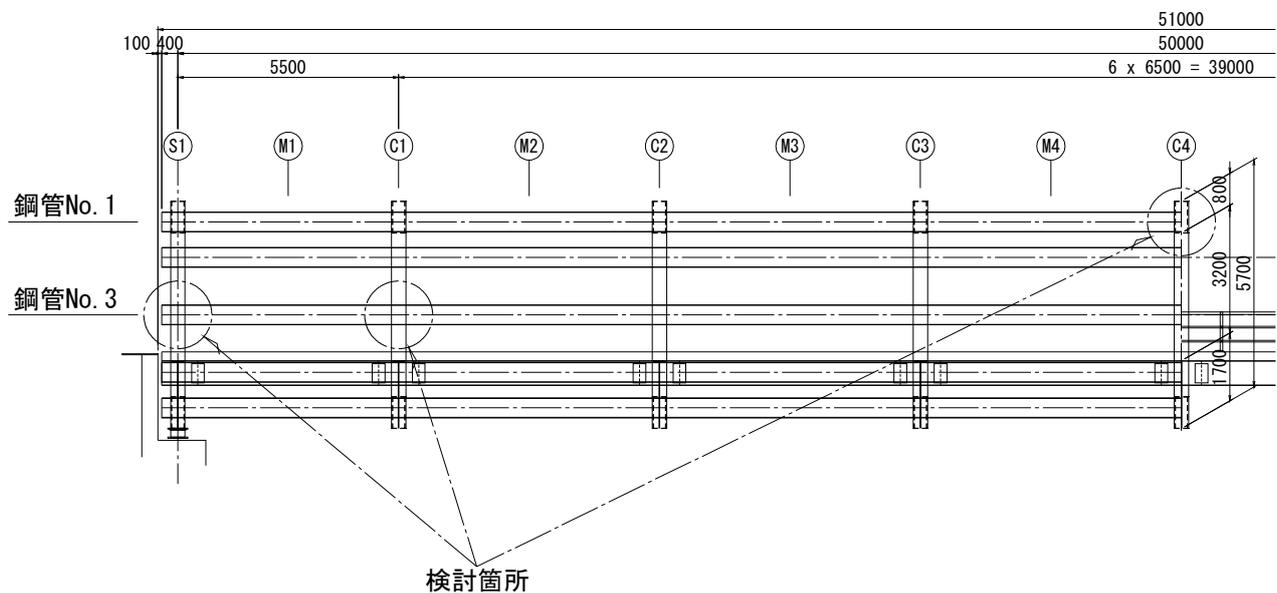
リングダイア数・間隔を変化させることによる鋼管への影響の検討とリングダイアの必要断面を算出する。

(1) 検討方針

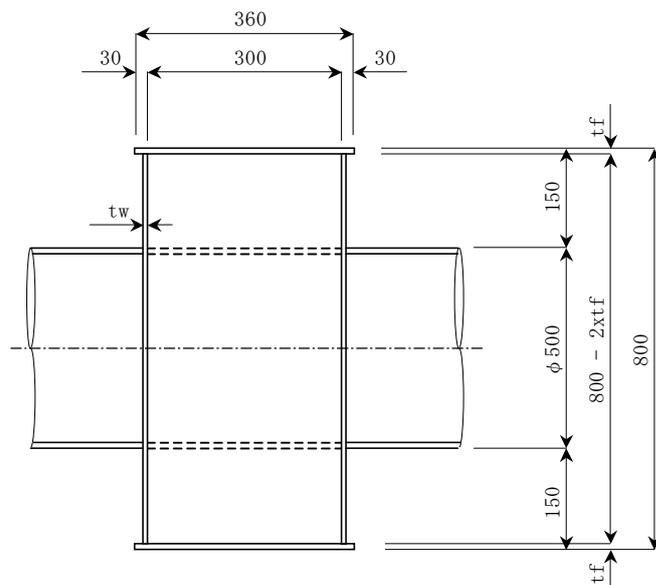
「3-4. リングダイアの検討」で示した Case-2 の断面力を用いて、鋼管とリングダイアの剛結部の検討を行う。

検討箇所は、軸力最大となる鋼管 No. 1 支間中央と、曲げ最大・最小となる鋼管 No. 3 の端リングダイア及び第 1 中間リングダイアとの剛結部とする。

【検討箇所】



【リングダイア基本寸法】



(2) 剛結部の設計方針

1) リングダイアと鋼管との断面力の伝達方針

立体断面力成分の内、鋼管に作用する軸力はリングダイア間隔 300mm の内部に設けた 4 枚のリブと鋼管との溶接で伝達させる。

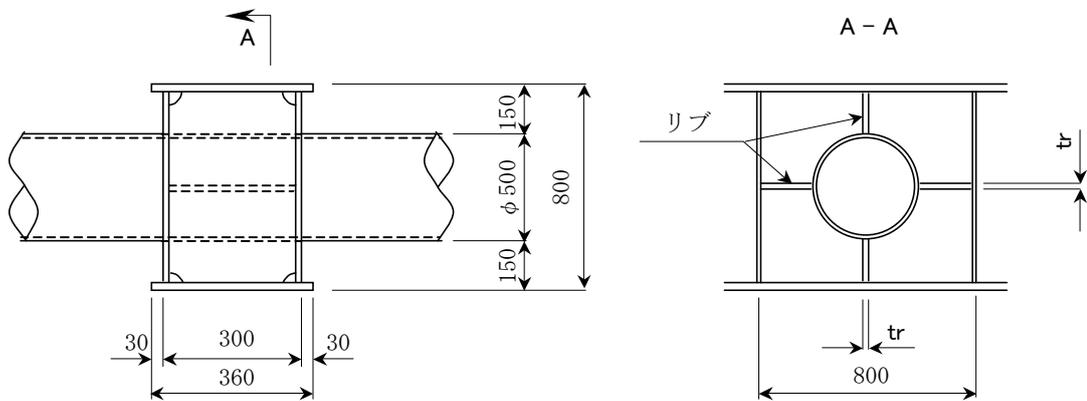
面内および面外の曲げモーメントは偶力に置換え、それぞれ上下および左右に設けた各々 2 枚のリブと鋼管との溶接で伝達させる。

面内および面外のせん断力はリングダイアの腹板が直接鋼管と接触しているため、この腹板で、せん断耐荷力分を伝達させる。

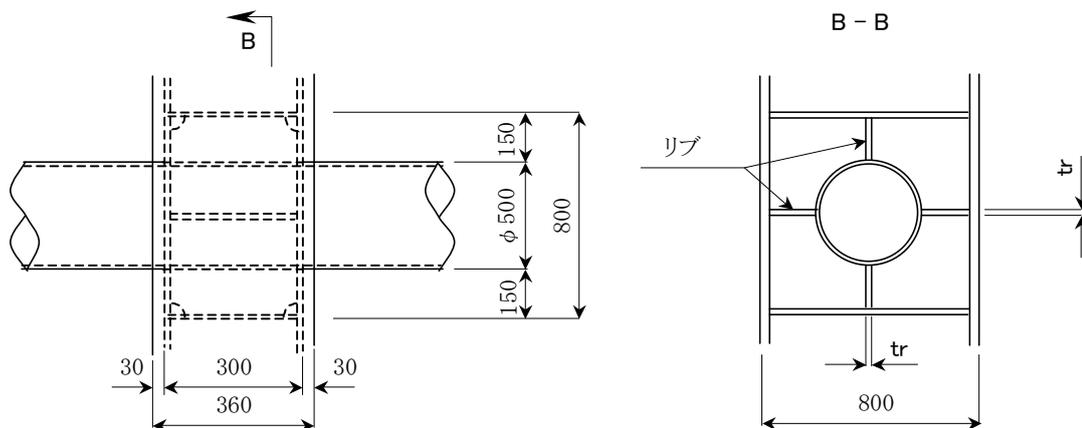
振りモーメントはリングダイアの腹板と鋼管との溶接で伝達させる。

2) 基本形状

- ・ リング上部パイプ位置での形状



- ・ リング側面部パイプ位置での形状



3) 検討結果

先に示した構造寸法で、伝達リブサイズの試算を行った結果を下表に示す。

鋼管 No.3 では、曲げ成分が大きいため伝達リブサイズもそれに比例して大きくなった。

箱断面の幅が小さいため、厚めの板が必要である。しかしながら、箱幅を拡げることで板厚を薄くすることは可能である。

鋼管 No.		No. 1	No. 3		備考
		支間中央	端ダイア	中間ダイア	
リブ材質		SM490Y	SM490Y	SM490Y	鋼管と同材質とする
リブ必要板厚	$t_{req}(\text{mm})$	5	28	27	
採用板厚	t (mm)	14	28	28	

4) 断面計算

A) 鋼管No. 1 軸力最大部

・断面力

$$\begin{aligned} F_x &= -1261.8 \text{ kN} & M_x &= 1.1 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ S_y &= 6.2 \text{ kN} & M_y &= 70.1 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ S_z &= 4.8 \text{ kN} & M_z &= 14.9 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

・軸力および曲げモーメントの伝達

上下リブに作用する力

$$H_1 = \frac{F_x}{4} + \frac{M_y}{\phi} = \frac{-1261.8}{4} + \frac{70.1}{0.5} = 175.26 \text{ kN}$$

左右リブに作用する力

$$H_2 = \frac{F_x}{4} + \frac{M_z}{\phi} = \frac{-1261.8}{4} + \frac{14.9}{0.5} = 285.68 \text{ kN}$$

$H_1 < H_2$ なので H_2 で計算する。

リブの必要板厚

$$t = \frac{H}{\tau a \times \ell} = \frac{175255}{120 \times 300} = 5 \text{ mm} \rightarrow 14 \text{ mm}$$

※ 鋼管板厚と同厚とする。

リブとパイプとの必要隅肉溶接サイズ S

$$S = \frac{H}{n \times \tau a \times \ell \times 0.707}$$

ここに

- H : 作用水平力 (N)
- n : 溶接線の数
- τa : 許容せん断応力度 (N/mm²)
- ℓ : 溶接長 (mm)

$$S = \frac{285675}{2 \times 120 \times 300 \times 0.707} = 6 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ mm}$$

・せん断力の伝達

面内せん断力・面外せん断力ともに抵抗腹板高は $H_w=800-500=300\text{mm}$ とする。

$S_y < S_z$ なので S_z で計算する。

必要腹板厚

$$t = \frac{S}{H_w \times \tau a} = \frac{6220}{300 \times 120} = 1 \text{ mm} \rightarrow 14 \text{ mm}$$

※ 鋼管板厚と同厚とする。

・振りモーメントの伝達

パイプとリングの腹板との必要全周隅肉溶接サイズ S

$$S = \frac{M_x}{r} \times \frac{1}{n \times \tau a \times \ell \times 0.707}$$

ここに

- M_x : 作用振りモーメント (N・mm)
- n : 溶接線の数
- τa : 許容せん断応力度 (N/mm²)
- ℓ : 溶接長 (mm)
- r : パイプの半径 (mm)

$$S = \frac{1120000}{250} \times \frac{1}{2 \times 120 \times 1570.8 \times 0.707} = 1 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ mm}$$

B) 鋼管No. 3 端リングダイア部

・断面力

$$\begin{aligned} F_x &= -11.0 \text{ kN} & M_x &= 2.4 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ S_y &= 4.2 \text{ kN} & M_y &= -493.2 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ S_z &= 183.8 \text{ kN} & M_z &= 11.3 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

・軸力および曲げモーメントの伝達

上下リブに作用する力

$$H_1 = \frac{F_x}{4} + \frac{M_y}{\phi} = \frac{-11.0}{4} + \frac{-493.16}{0.5} = 989.06 \text{ kN}$$

左右リブに作用する力

$$H_2 = \frac{F_x}{4} + \frac{M_z}{\phi} = \frac{-11.0}{4} + \frac{11.3}{0.5} = 19.863 \text{ kN}$$

$H_1 > H_2$ なので H_1 で計算する。

リブの必要板厚

$$t = \frac{H}{\tau_a \times \ell} = \frac{989058}{120 \times 300} = 28 \text{ mm} \rightarrow 28 \text{ mm}$$

リブとパイプとの必要隅肉溶接サイズ S

$$S = \frac{H}{n \times \tau_a \times \ell \times 0.707}$$

ここに

H : 作用水平力 (N)
n : 溶接線の数
 τ_a : 許容せん断応力度 (N/mm²)
 ℓ : 溶接長 (mm)

$$S = \frac{989057.5}{2 \times 120 \times 300 \times 0.707} = 20 \text{ mm} \quad \therefore \text{完全溶け込みとする。}$$

・せん断力の伝達

面内せん断力・面外せん断力ともに抵抗腹板高は $H_w=800-500=300\text{mm}$ とする。

$S_y < S_z$ なので S_z で計算する。

必要腹板厚

$$t = \frac{S}{H_w \times \tau_a} = \frac{183800}{300 \times 120} = 6 \text{ mm} \rightarrow 28 \text{ mm}$$

・振りモーメントの伝達

パイプとリングの腹板との必要全周隅肉溶接サイズ S

$$S = \frac{M_x}{r} \times \frac{1}{n \times \tau_a \times \ell \times 0.707}$$

ここに

M_x : 作用振りモーメント (N \cdot mm)
n : 溶接線の数
 τ_a : 許容せん断応力度 (N/mm²)
 ℓ : 溶接長 (mm)
r : パイプの半径 (mm)

$$S = \frac{2380000}{250} \times \frac{1}{2 \times 120 \times 1570.8 \times 0.707} = 1 \text{ mm} \rightarrow 8 \text{ mm}$$

C) 鋼管No. 3 第1中間リングダイヤ部

・断面力

$$\begin{aligned} F_x &= -11.0 \text{ kN} & M_x &= 2.4 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ S_y &= 4.2 \text{ kN} & M_y &= 479.9 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ S_z &= 170.1 \text{ kN} & M_z &= -11.8 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

・軸力および曲げモーメントの伝達

上下リブに作用する力

$$H_1 = \frac{F_x}{4} + \frac{M_y}{\phi} = \frac{-11.0}{4} + \frac{479.92}{0.5} = 957.1 \text{ kN}$$

左右リブに作用する力

$$H_2 = \frac{F_x}{4} + \frac{M_z}{\phi} = \frac{-11.0}{4} + \frac{-11.8}{0.5} = 26.278 \text{ kN}$$

$H_1 > H_2$ なので H_1 で計算する。

リブの必要板厚

$$t = \frac{H}{\tau a \times \ell} = \frac{957103}{120 \times 300} = 27 \text{ mm} \rightarrow 28 \text{ mm}$$

リブとパイプとの必要隅肉溶接サイズ S

$$S = \frac{H}{n \times \tau a \times \ell \times 0.707}$$

ここに

H : 作用水平力 (N)
n : 溶接線の数
 τa : 許容せん断応力度 (N/mm²)
 ℓ : 溶接長 (mm)

$$S = \frac{957102.5}{2 \times 120 \times 300 \times 0.707} = 19 \text{ mm} \quad \therefore \text{完全溶け込みとする。}$$

・せん断力の伝達

面内せん断力・面外せん断力ともに抵抗腹板高は $H_w=800-500=300\text{mm}$ とする。

$S_y < S_z$ なので S_z で計算する。

必要腹板厚

$$t = \frac{S}{H_w \times \tau a} = \frac{170050}{300 \times 120} = 5 \text{ mm} \rightarrow 28 \text{ mm}$$

・振りモーメントの伝達

パイプとリングの腹板との必要全周隅肉溶接サイズ S

$$S = \frac{M_x}{r} \times \frac{1}{n \times \tau a \times \ell \times 0.707}$$

ここに

M_x : 作用振りモーメント (N・mm)
n : 溶接線の数
 τa : 許容せん断応力度 (N/mm²)
 ℓ : 溶接長 (mm)
r : パイプの半径 (mm)

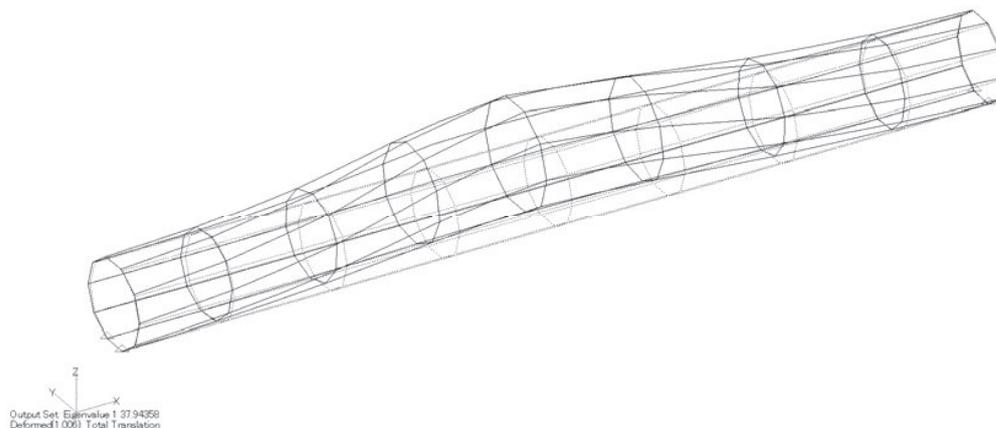
$$S = \frac{2380000}{250} \times \frac{1}{2 \times 120 \times 1570.8 \times 0.707} = 1 \text{ mm} \rightarrow 8 \text{ mm}$$

3-6. 全体座屈に対する安全性の照査

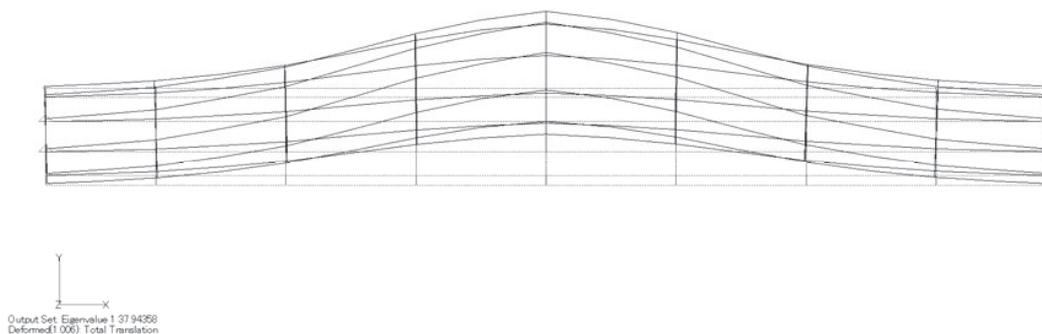
「3-4. リングダイアの検討」で示した Case-2 のモデルを用いて、全体座屈に対する安全性の確認を行った。

座屈荷重倍率は、死荷重+活荷重に対して 37.9 倍であり、これは径間中央部近傍の上側部材が圧縮軸力により面外方向に変形することによるものと考えられる。

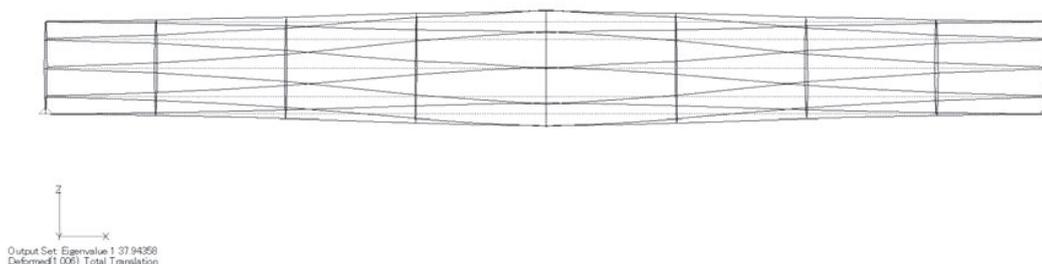
■ 鳥瞰図



■ 平面図



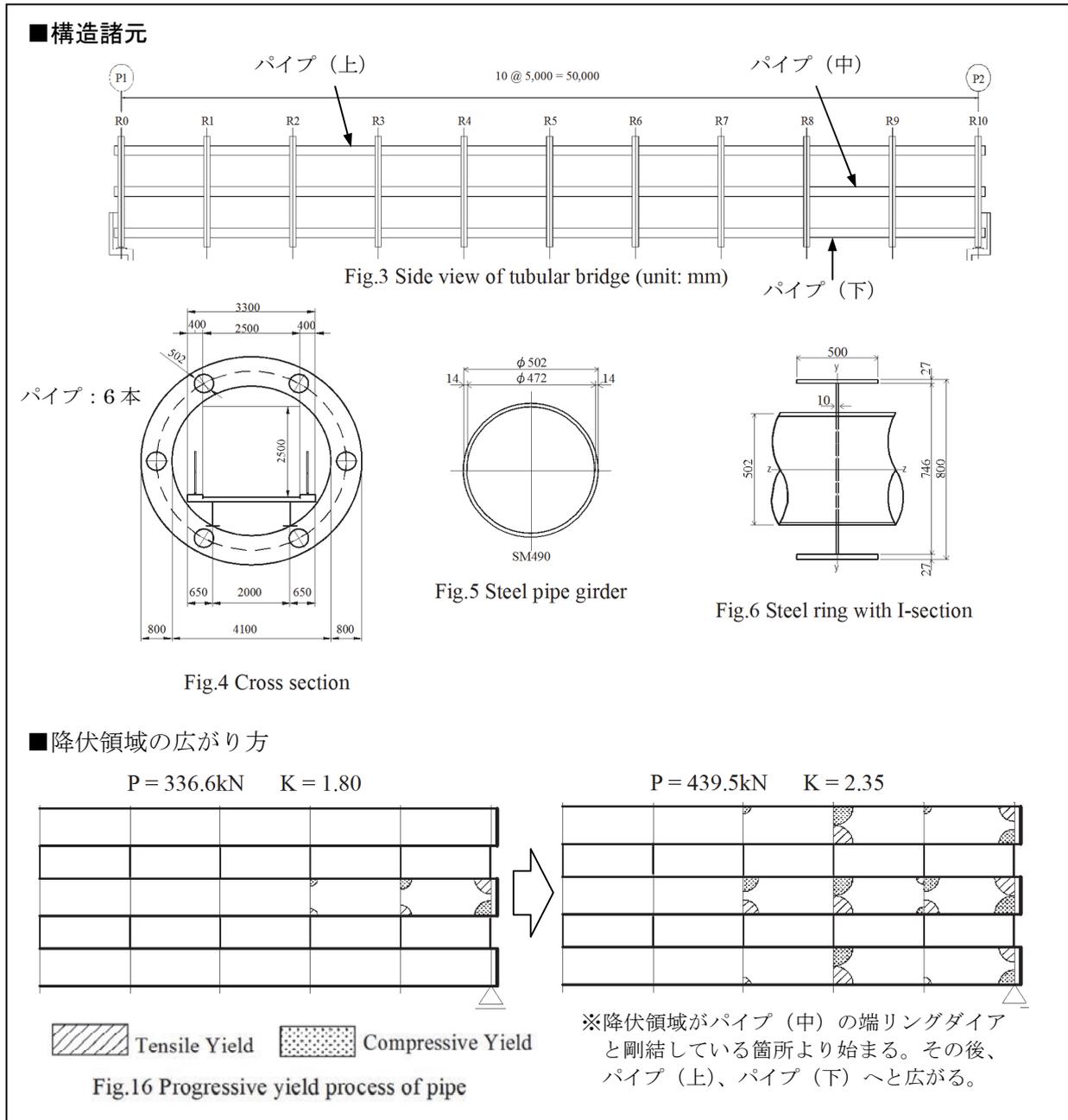
■ 側面図



また、「8. 巻末資料」に示す「鋼管を用いたチューブ橋の静的構造特性と崩壊挙動に関する考察」において、本橋と同様な条件（パイプの本数を6本で検討）の形式で、弾塑性有限変位解析を実施した。

その解析結果を整理すると、以下の通りである。

- ・支間中央において、パイプの位置に限らず、鉛直変位に大きな差がなく同じ挙動を示した。
- ・リングダイア自体は、降伏に至っていないかった。
- ・端部のリングダイアと剛結しているパイプ（中）が最初に降伏し、徐々にその降伏領域が支間中央に働き、同時にパイプ（上）とパイプ（下）にも及ぶ崩壊形態を示していた。パイプの降伏領域は、以下に示す通りである。



弾塑性大変形解析のモデル図および解析結果

弾塑性大変形解析の結果を踏まえて、剛性が高い端部より部分降伏が先行していたことから、結果として本構造は全体座屈に至らず、全体座屈に対する安全性への影響は低いものとする。

3-7. 振動の照査（固有値解析）

「3-4. リングダイアの検討」で示した Case-2 のモデルを用いて、振動の照査を行った。

「表 7-1 固有値解析結果一覧」に示すとおり、鉛直方向 1 次(全体 2 次)の振動数は、1.862Hz であった。共振の可能性のある 1.5~2.3Hz の範囲内であり、共振の恐れのある構造であることが判った。

また、「立体横断施設技術基準・同解説 2-13 表-解 3」⁹⁾により鉛直方向の固有振動数(Hz)を算出したところ 1.89Hz(※1)となり、こちらでも共振範囲となっている。

ここで、「歩道橋の設計ガイドライン 5.4 日本における動的解析を用いた照査方法 (J)」¹⁰⁾によると、既往の研究から、軸方向単位長さあたりの死荷重が 20.0kN/m であれば、1 人が共振状態で歩行したとしてもその揺れの感じ方は「少し歩きにくい」領域内ではなく、「振動を感じる」という領域内に収まるため、固有振動数の制限に拘束される必要がないと記されている。

既往研究の対象支間長は 30m~65 m であり、本研究の支間長は 50m で、かつ軸方向単位長さあたりの死荷重は 45kN/m 程度で 20.0kN/m を超えていることから、歩行者への振動の与える影響は低いと判断する。

表 7-1 固有値解析結果一覧

次数	振動数 (Hz)	周期 (sec)	有効質量比 (%)			備考
			橋軸	直角	鉛直	
1	1.817	0.55	0.0	77.4	0.0	橋直 1 次モード
2	1.862	0.54	0.5	0.0	78.0	鉛直 1 次モード
3	3.550	0.28	0.0	1.9	0.0	ねじり 1 次モード
4	4.102	0.24	0.0	0.0	0.0	
5	4.273	0.23	0.6	0.0	0.0	
6	6.446	0.16	0.0	9.3	0.0	
7	6.673	0.15	2.4	0.0	8.7	
8	7.114	0.14	0.0	0.0	0.0	
9	8.411	0.12	75.1	0.0	0.9	橋軸 1 次モード
10	8.911	0.11	0.0	0.0	0.0	
合 計			78.6	88.6	87.6	

X方向；橋軸
 Y方向；橋軸直角
 Z方向；鉛直

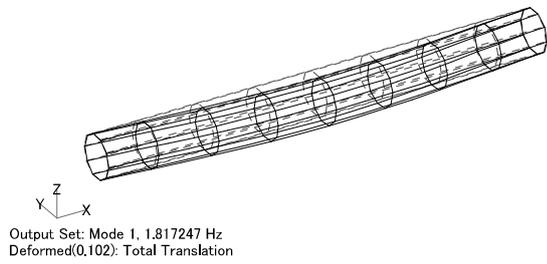
(※1) $f = 5.66 / \sqrt{\delta d} = 5.66 / \sqrt{8.96} = 1.89$ (Hz)

ここに、

f ; 固有振動数 (Hz)

δd ; はりの自重とそれぞれの荷重に対する静的最大たわみ (cm)

■ 1次モード



鳥瞰図

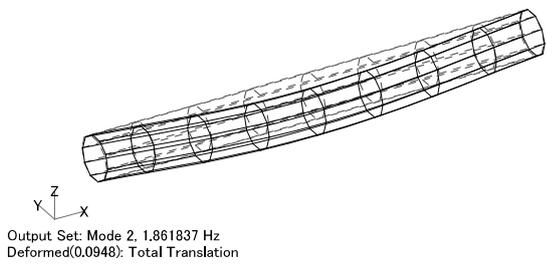


平面図



側面図

■ 2次モード



鳥瞰図

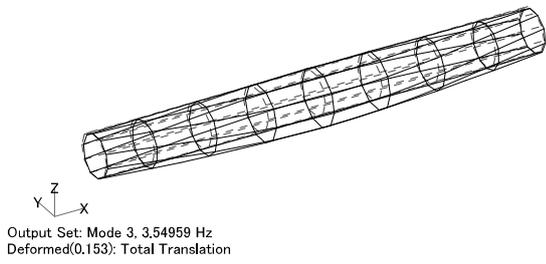


平面図



側面図

■ 3次モード



鳥瞰図

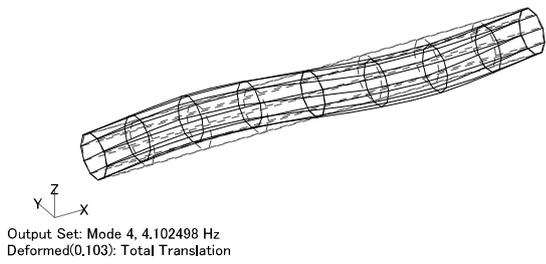


平面図



側面図

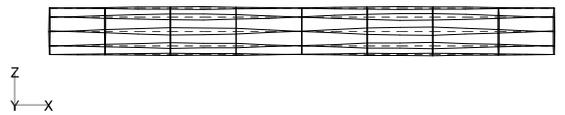
■ 4次モード



鳥瞰図

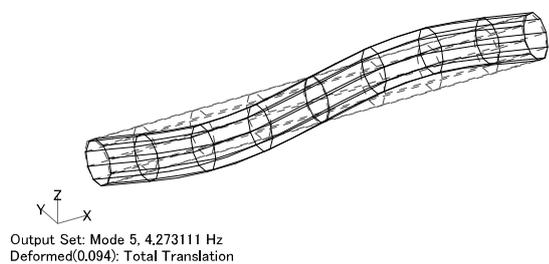


平面図



側面図

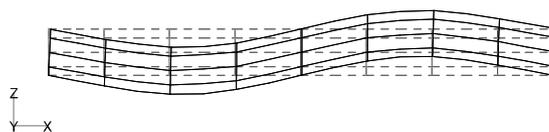
■ 5 次モード



鳥瞰図

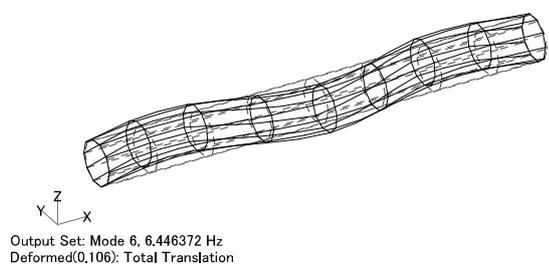


平面図

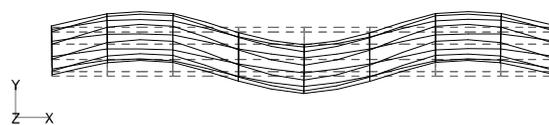


側面図

■ 6 次モード



鳥瞰図

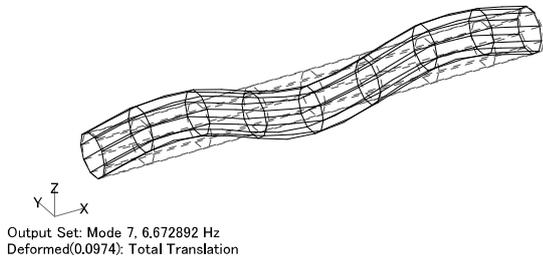


平面図



側面図

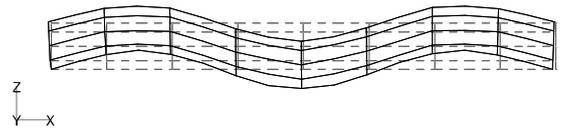
■ 7次モード



鳥瞰図

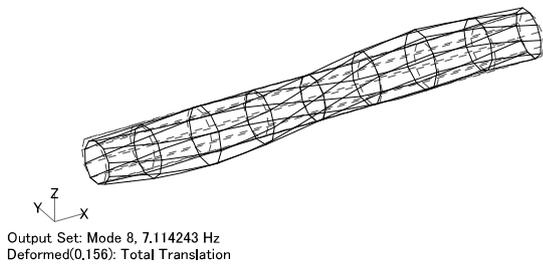


平面図

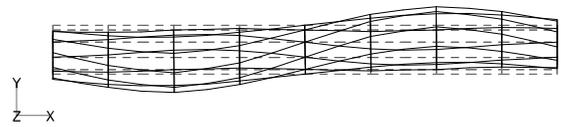


側面図

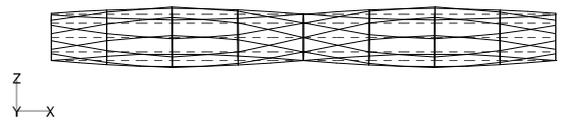
■ 8次モード



鳥瞰図

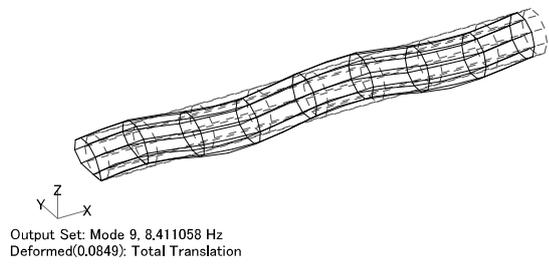


平面図



側面図

■ 9 次モード



鳥瞰図

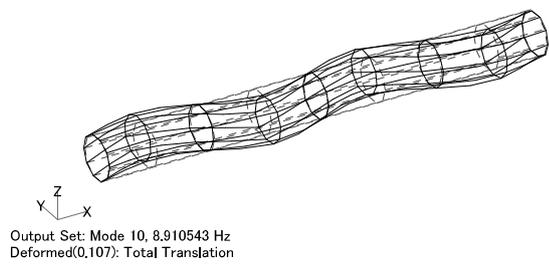


平面図

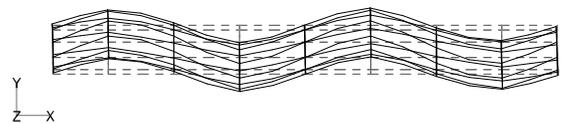


側面図

■ 10 次モード



鳥瞰図



平面図



側面図