

CSB

Centrifugal Super Boxculvert

設計 施工 資料

全国CSB工業会

序 文

管路建設の省力化、スピード化、安全化、そしてより高度の品質の向上を、という設計者、施工者の要望に応え開発されたCSB（遠心ボックスカルバート）は、長年の高圧遠心振動法によるコンクリート製品製造技術の結集であります。

お陰様をもちましてCSBは、昭和57年7月に販売を開始して以来、日本全国の工事現場にご採用賜り、その性能に対し高い評価を得ております。平成7年12月に一般財団法人土木研究センターの技術審査証明を受けました。

近年は、工事費の縮減が望まれており、基礎コンクリートが不要であることから工期が短縮され、トータルコストが縮減できる製品として、御採用いただいております。

また、地震対策として、各管材に対し継手部の補強及び液状化に対する対応が求められており、CSBは継手部を緊結する事と見かけ比重が大きいことから、これらに対応できる製品です。

CSBに関するこの技術資料が、製品をご利用頂きます皆様に、幾分でもご参考になれば幸いです。

これからもユーザー各位のご意見を取り入れ最良の製品とすべく研鑽を積んで参る所存ですので、今後共宜しくお願い申し上げます。

令和4年10月

目 次

1. C S Bの種類	1
2. C S Bの形状、寸法及び寸法の許容差	2
2. 1 I形	2
(1) I形（標準形）	2
(2) I形-G（グレーチング付）	4
2. 2 III形	6
(1) III形（標準形）	6
(2) III形-G（グレーチング付）	7
(3) III形用集水ます	9
2. 3 IV形	10
2. 4 ペンタ・ボックス	11
2. 5 寸法の許容差	12
3. C S Bの強さ	13
3. 1 試験方法	13
(1) 全長加圧	13
(2) 部分加圧	13
3. 2 外圧試験荷重	14
(1) I形及びIII形	14
(2) IV形	14
4. C S Bの設計	15
4. 1 I形及びIII形の外圧荷重に対する設計	15
(1) ひび割れ試験荷重時に生ずる最大曲げモーメント (M_c)	15
(2) 等分布荷重により生ずる最大曲げモーメント (M)	16
(3) 係数 K_p 、 K_w 、 K_q の値	16
4. 2 IV形の外圧荷重に対する設計	17
(1) ひび割れ試験荷重時に生じる最大曲げモーメント (M_c)	17
(2) 等分布荷重により生ずる最大曲げモーメント (M)	17
4. 3 C S Bの耐荷力及び許容土被り	17
(1) 耐荷力	17
(2) 許容土被り	17
4. 4 ペンタボックスの外圧荷重に対する設計	18
(1) 外圧試験により管体に生じる最大曲げ応力度	18
(2) 等分布荷重により管体に生じる最大引張応力度	19

(3) 管の耐荷力	20
(4) ひび割れ試験強さ	20
4. 5 Hi - CSBの設計	21
(1) 管に作用する外圧力	21
(2) Hi - CSBの耐荷力	22
4. 6 CSBに作用する荷重	23
(1) 埋戻し土による鉛直土圧	23
1) 下水道協会式	23
2) マーストン (Marston) 公式	28
3) 直土圧式	33
(2) 活荷重	33
(3) 道路協会式	34
1) 正の突出型	34
2) 溝型	34
計算例	35
(1) 下水道協会式CSBI形、呼び径600の外圧荷重に対する設計計算	35
(2) 道路協会式 溝型の計算例	36
(3) 道路協会式 正の突出型の計算例	37
(4) Hi - CSBの計算例	39
5. CSBの水理	42
5. 1 平均流速公式	42
5. 2 マニング公式による流量図表	43
5. 3 水理特性曲線	44
6. CSBの施工	46
6. 1 CSBの取扱い	46
6. 2 土工	48
6. 3 布設工	50
6. 4 布設歩掛り	55
6. 5 曲線布設	56
6. 6 マンホールとの接続	62
付録	64

1. CSBの種類

CSB（Centrifugal Super Box Culvert）は、遠心力成形により管と基礎を一体化して現場での施工の省力化、工期短縮化のためにプレキャスト化したもので、しかも遠心製法のため均一な品質で高強度な製品である。

CSBは、使用目的及び自動車荷重（T-25）と土被りに合せて、I形からIV形までをシリーズ化しており、その種類を表1-1に示す。

また、呼び径1200～2000の大口径を軽量化したのものとして、ペンタボックスがあり、高土被りに対する工法として、Hi-CSBが有る。

表1-1 CSBの種類

種類	呼び径	記号	形状	用途
CSB I形	150～1100	CSB I	360°固定型	土被り0mから高土被りまでの管路用として使用。
	250～1100	CSB I-G		
CSB III形	250～600	CSB III	L形側溝形	道路側溝の排水用として、その上部に境界ブロックを設けて使用。
		CSB III-G		
		CSB III-GI		
CSB IV形	200～1100	CSB IV	180°固定形	低土被り（0.5m）から高土被りまでの管路用として使用。
ペンタボックス	1200～2000	CSB F	5角形	低土被りから高土被りにおける、内径1200mm～2000mmまでの管路用として使用。
Hi-CSB	300～1100	Hi-CSB	ひし形	高土被りの管路用として使用。

注) 記号のGはグレーチング付、GIはグレーチング及び雨水ます付を言う。

2. CSBの形状、寸法及び寸法の許容差

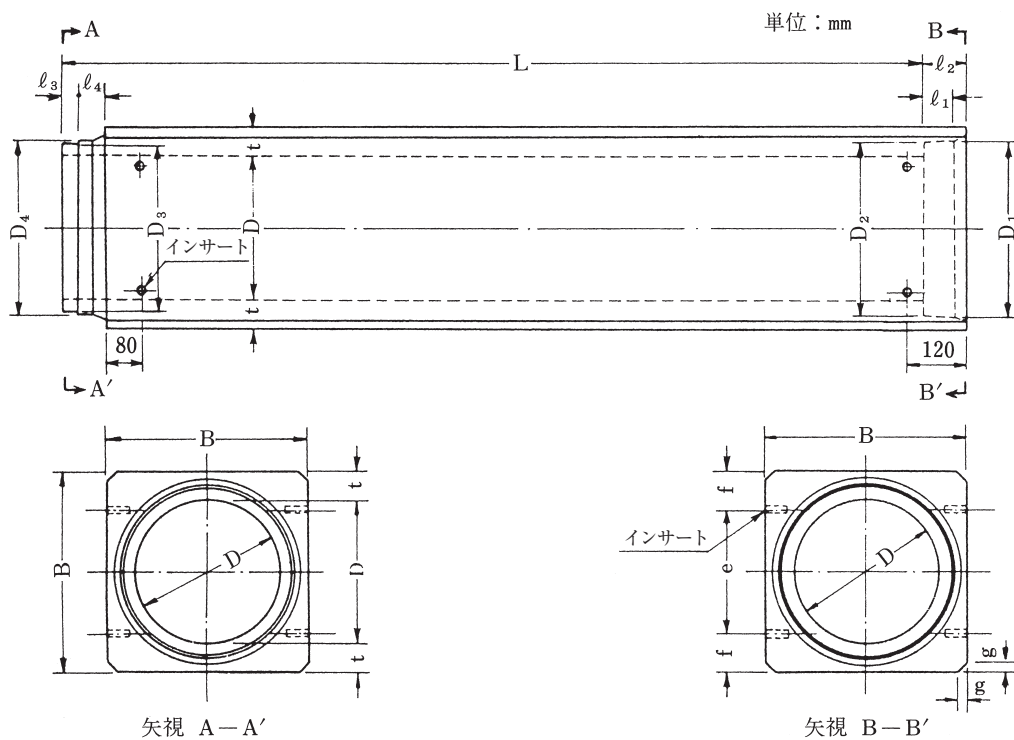
2.1 I形

I形は、B形ヒューム管と同一の継手部寸法で、ゴム輪を用いて接合し、B形ヒューム管とも直接接合が可能である。またI形の上部にグレーチングを設けたI-Gもある。

(1) I形（標準形）

I形の形状、寸法は、図2-1に示す。なお継手に用いるゴム輪は、B形ヒューム管継手用ゴム輪と同じで、Ⅲ形、Ⅳ形にも適用する。その形状、寸法を図2-2に示す。

図2-1 I形の形状、寸法



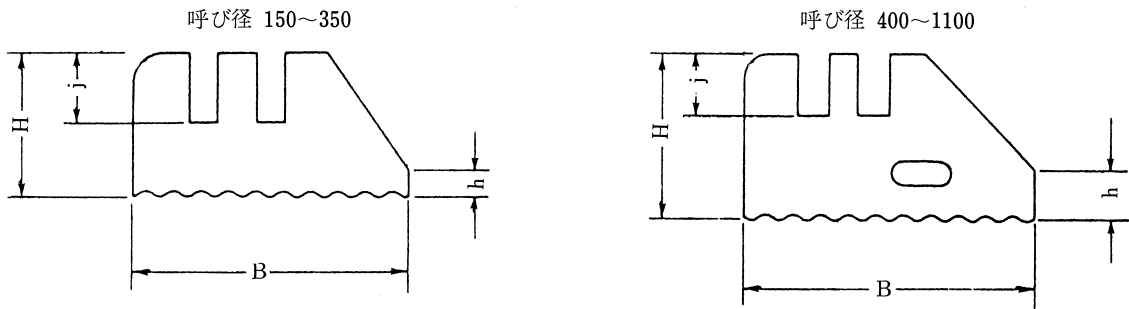
単位：mm

呼び径	内径 D	高さ・幅 B	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	厚さ t	ℓ ₁	ℓ ₂	ℓ ₃	ℓ ₄	e	f	g	有効長 L	参考質量 (kg)
150	150	254	210	206	194	202	52	65	90	32	58	124	65	30	2000	220
200	200	308	262	258	246	254	54	65	90	32	58	178	65	30	2000	301
250	250	362	314	310	298	306	56	65	90	32	58	202	80	30	2400	470
300	300	420	368	364	350	360	60	65	90	36	54	260	80	30	2400	610
350	350	478	422	418	404	414	64	65	90	36	54	308	85	30	2400	766
400	400	540	478	474	460	470	70	70	95	36	59	370	85	30	2400	963
450	450	604	534	530	516	526	77	70	95	36	59	414	95	30	2400	1200
500	500	666	592	588	574	584	83	70	95	36	59	476	95	30	2400	1440
600	600	786	708	704	690	700	93	75	100	36	64	566	110	30	2400	1960
700	700	910	824	820	802	816	105	75	105	40	65	680	115	30	2400	2590
800	800	1032	940	936	918	932	116	80	110	40	70	792	120	30	2400	3270
900	900	1152	1058	1054	1036	1050	126	85	115	40	75	882	135	30	2400	4030
1000	1000	1270	1175	1168	1150	1164	135	96	120	40	80	980	145	30	2400	4830
1100	1100	1400	1286	1282	1260	1276	150	100	125	42	83	1000	200	50	2400	5900

注1. 継手部を緊結する必要がある場合は、緊結金具を用いる。

2. 継手部を緊結しない場合は、下部のインサートを省くことができる。

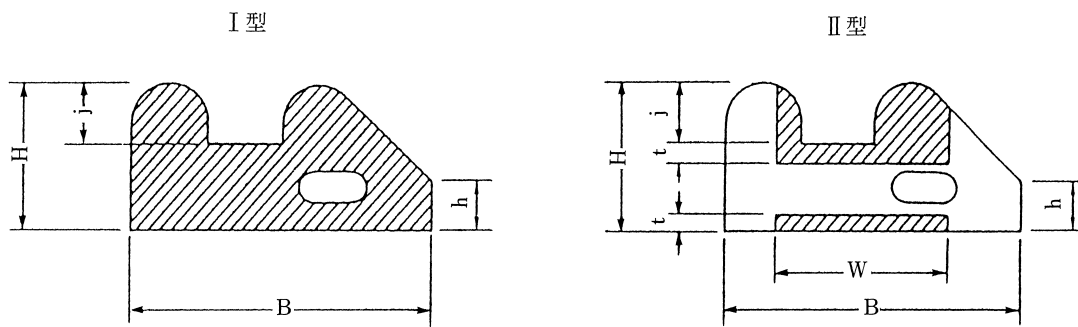
図 2 - 2 継手用ゴム輪の形状、寸法



単位：mm

呼び径	B	H	h	j	長さ
150~ 250	20	10.5	2	5	ゴム輪装着部 周長の85%
300・ 350	22	12.0			
400~ 600	24	15.5	4	6	
700~1000	28		6		
1100	31	18.5	6	5	

水膨張性ゴム輪



単位：mm

呼び径	B	H	h	j	W	t	長さ
150~ 250	20	10.5	2	5	12	1.5	ゴム輪装着部 周長の85%
300・ 350	22	12.0			13		
400~ 600	24	15.5	4	6	14		
700~1000	28				15		
1100	31	18.5	6	15			

注) 斜線部は水膨張部を示す。

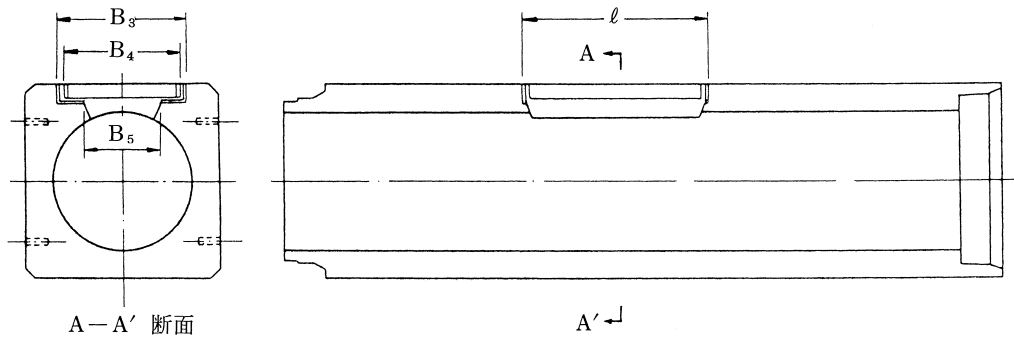
水膨張性ゴム輪は、地下水の高い現場等に使用する。

(2) I形-G (グレーチング付)

I形-Gは、I形にグレーチングを設けたもので、主として道路横断用として用いられ、その場合、グレーチングは、車輛によるはねあがりや騒音等を防止するためボルト固定式を用いる。

I形-Gの形状、寸法を、図2-3に、グレーチング及び受わくの形状、寸法を図2-4に示す。

図2-3 I形-G (グレーチング付) の形状、寸法

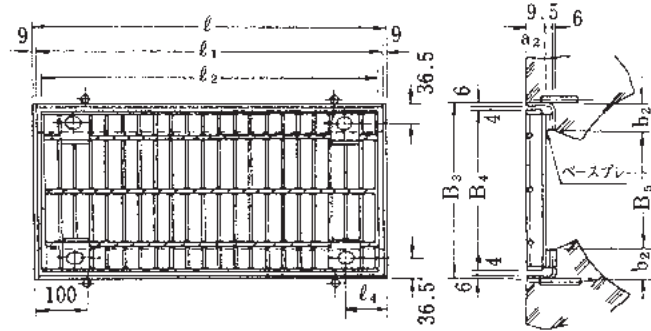


単位：mm

呼び径	B ₃	B ₄	B ₅	ℓ	参考質量 (kg)
250	280	260	160	668	443
300	280	260	160	668	582
350	280	260	160	668	737
400	410	390	290	678	909
450	460	440	340	678	1130
500	460	440	340	678	1370
600	460	440	340	678	1880
700	600	580	480	678	2470
800	600	580	480	678	3170
900	800	780	680	678	3840
1000	800	780	680	678	4640
1100	800	780	680	678	5670

注) 上表以外の寸法は、I形と同じである。

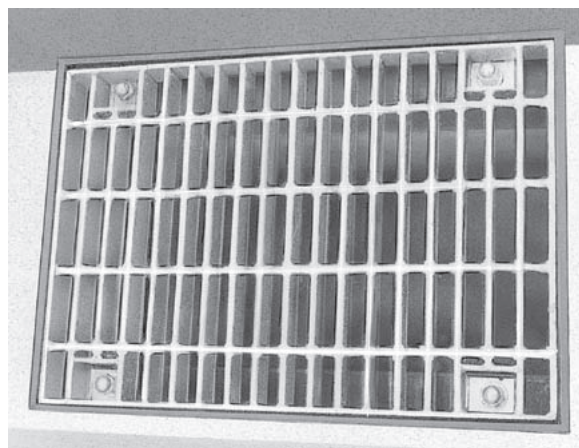
図 2 - 4 グレーチングの形状、寸法



単位：mm

呼び径	B ₃	B ₄	B ₅	a ₂	b ₂	ℓ	ℓ ₁	ℓ ₂	ℓ ₄	参 考		
										型 式	質 量 (kg)	
											グレーチング	受わく
250用	280	260	160	44	60	668	650	635	79	MC44-A型	11.1	10.1
300用	280	260	160	44	60	668	650	635	79	MC44-A型	11.1	10.1
350用	280	260	160	44	60	668	650	635	79	MC44-A型	11.1	10.1
400用	410	390	290	60	60	678	660	642	92	MC60-C型	23.5	13.3
450用	460	440	340	65	60	678	660	642	92	MC65-D型	27.2	14.4
500用	460	440	340	65	60	678	660	642	92	MC65-D型	27.2	14.4
600用	460	440	340	65	60	678	660	642	92	MC65-D型	27.2	14.4
700用	600	580	480	75	60	678	660	642	92	MC75-E型	39.5	17.5
800用	600	580	480	75	60	678	660	642	92	MC75-E型	39.5	17.5
900用	800	780	680	100	60	678	660	642	92	MC100-F型	79.2	22.6
1000用	800	780	680	100	60	678	660	642	92	MC100-F型	79.2	22.6
1100用	800	780	680	100	60	678	660	642	92	MC100-F型	79.2	22.6

注. 自動車荷重T-25（横断用）に耐えるものである。



2.2 Ⅲ形

Ⅲ形は、主として道路側溝等に使用する製品で、標準形のほかに、グレーチングを設けたⅢ形-G、グレーチング及び雨水ますを設けたⅢ形-G Iがある。

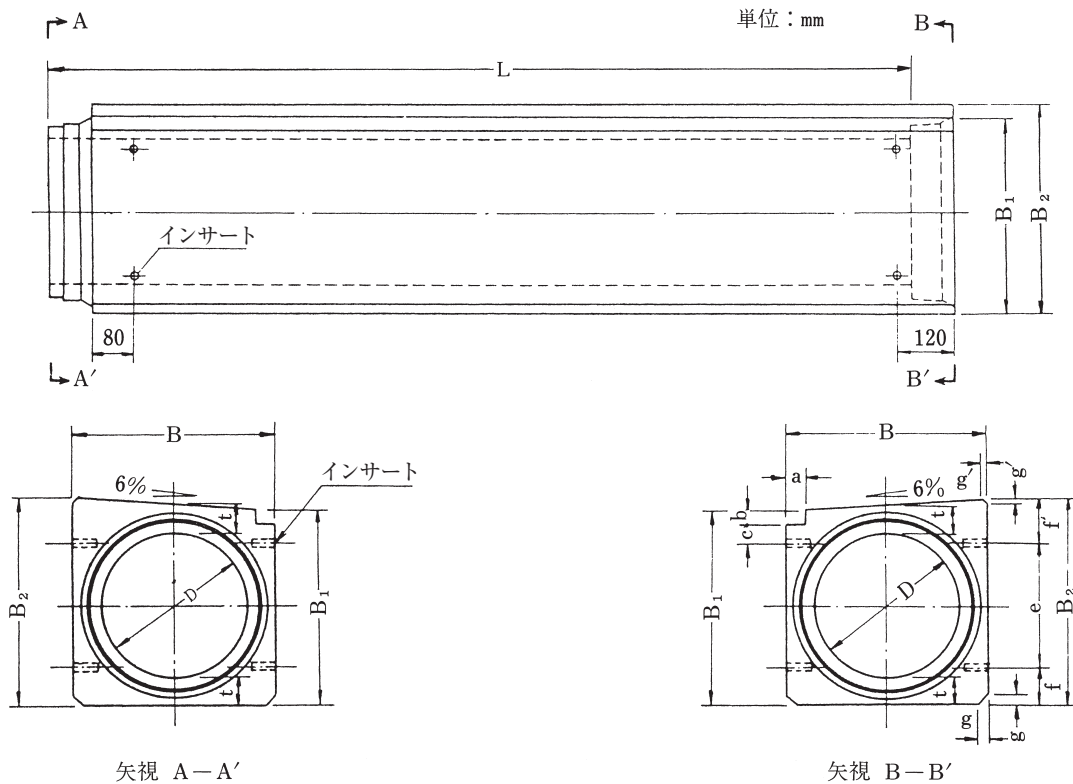
Ⅲ形に接続できるⅢ形用集水ますもある。

Ⅲ形の上部の天端勾配は、国土交通省「土木構造物標準設計」に適合する6%である。

(1) Ⅲ形（標準形）

Ⅲ形の形状、寸法を図2-5に示す。

図2-5 Ⅲ形の形状、寸法



単位：mm

呼び径	内径 D	幅 B	高さ		厚さ t	a	b	c	e	f	f'	g	g'	有効長 L	参考質量 (kg)
			B ₁	B ₂											
250	250	362	353	373	56	32	60	38	175	80	118	30	10	2400	469
300	300	420	410	433	60	40	60	40	230	80	123	30	10	2400	607
350	350	478	465	492	64	38	60	40	280	85	127	30	10	2400	764
400	400	540	526	556	70	40	60	61	320	85	151	30	10	2400	959
450	450	604	588	622	77	44	60	63	370	95	157	30	10	2400	1190
500	500	666	649	686	83	46	60	64	430	95	161	30	10	2400	1430
600	600	786	766	810	93	56	60	66	530	110	170	30	10	2400	1950

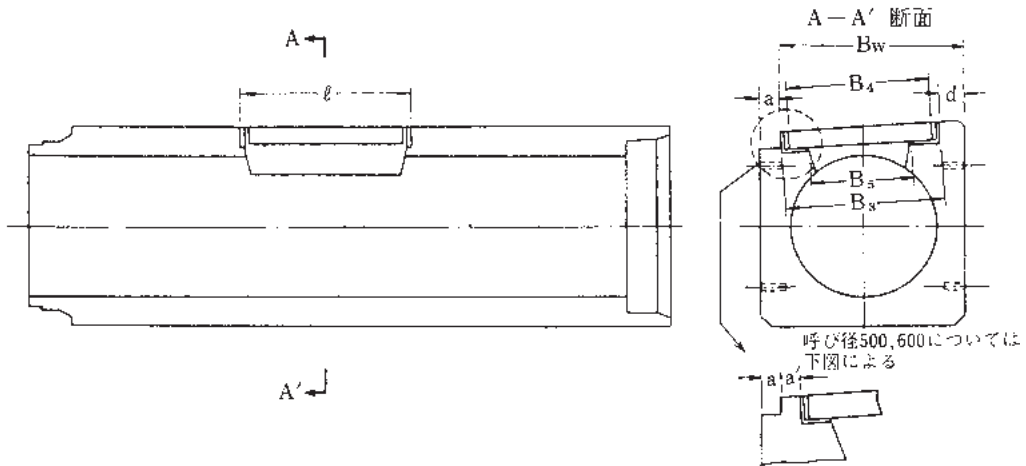
注1. 継手部形状寸法は、I形と同一で、従って上表以外の寸法はI形寸法表による。

2. 継手部を緊結する必要がある場合は、緊結金具を用い、緊結する必要のない場合は、下部インサートを省くことができる。

(2) III形-G (グレーチング付)

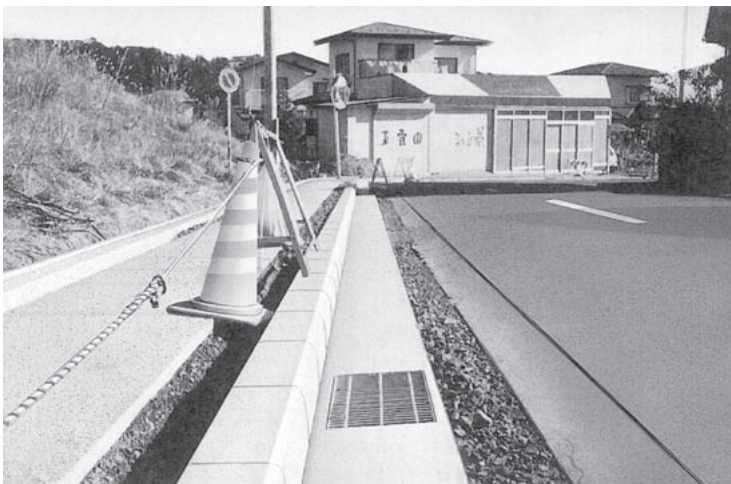
III形-Gの形状、寸法を図2-6に、グレーチングの形状、寸法を図2-7に示す。
 グレーチングの固定は、Sクリップ方式である。(ボルト固定も対応可)

図2-6 III形-Gの形状、寸法



単位：mm

呼び径	a	a'	B ₃	B ₄	B ₅	B _w	d	ℓ	参考質量 (kg)
250	32	-	280	260	160	330	50	668	446
300	40	-	330	310	210	380	50	668	575
350	38	-	380	360	260	440	60	668	720
400	40	-	410	390	290	500	90	678	906
450	44	-	460	440	340	560	100	678	1130
500	46	40	460	440	340	620	120	678	1370
600	56	70	460	440	340	730	200	678	1880



C S B III形の使用例

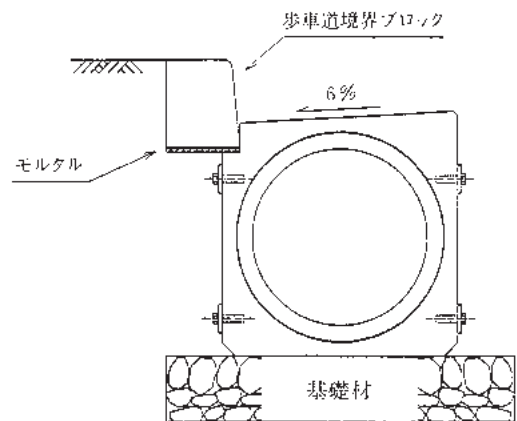
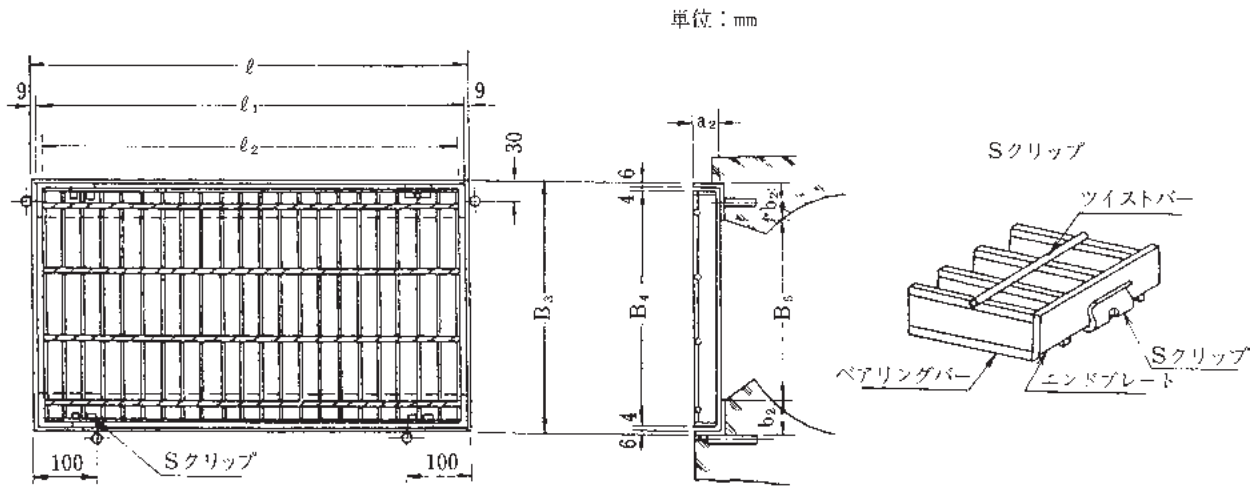


図 2 - 7 グレーチングの形状、寸法



単位：mm

呼び径	B_3	B_4	B_5	a_2	b_2	ℓ	ℓ_1	ℓ_2	参 考		
									型 式	質 量 (kg)	
										グレーチング	受わく
250用	280	260	160	32	60	668	650	635	MS32A型	6.9	7.6
300用	330	310	200	38	60	668	650	635	MS38B型	9.5	8.5
350用	380	360	260	44	60	668	650	635	MS44C型	12.6	10.3
400用	410	390	290	50	60	678	660	642	MS50D型	18.0	10.6
450用	460	440	340	55	60	678	660	642	MS55E型	21.5	11.3
500用	460	440	340	55	60	678	660	642	MS55E型	21.5	11.3
600用	460	440	340	55	60	678	660	642	MS55E型	21.5	11.3

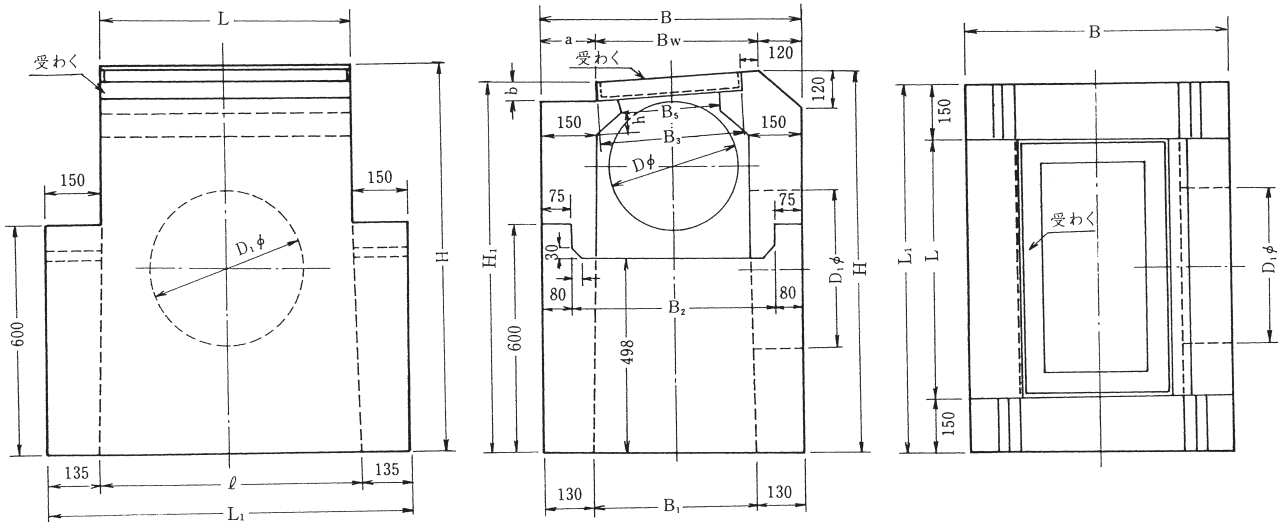
注. 自動車荷重T-25（縦断用）に耐えるものである。

(3) III形用集水ます

C S B III形の集水ますとして、呼び径250~450の形状、寸法を図2-8に示す。

図2-8 III形集水ますの形状、寸法

単位：mm

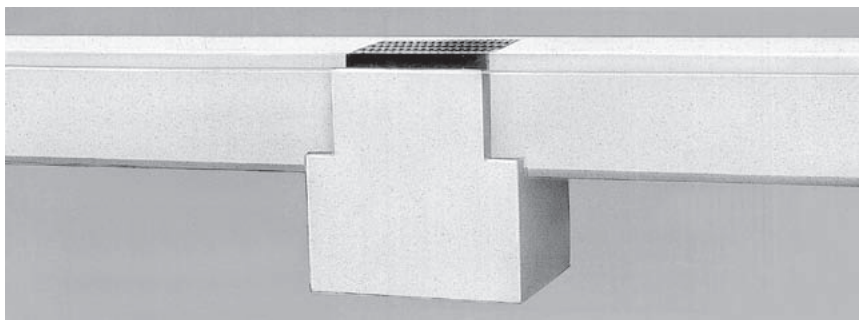


単位：mm

呼び名	内径 D	取付管用 孔 D ₁	B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₅	B _w	a	b	d	e ₁	e ₂	e ₃	e ₄	H	H ₁	H ₂	L	L ₁	ℓ	H ₃	L ₂	L ₃	L ₄	h _x	参考質量 (kg)
250用	250	366	580	320	420	280	160	320	140	70	40	67	73	50	60	881	861	66	668	968	698	150	968	1168	520	100	650
300用	300	420	630	370	470	330	210	370	140	70	40	67	73	50	60	941	918	70	668	968	698	150	968	1168	570	100	700
350用	350	474	688	428	528	380	260	430	138	70	50	70	85	70	70	1000	973	74	668	968	698	150	968	1168	628	100	750
400用	400	530	750	490	590	410	290	490	140	70	80	70	110	100	125	1064	1034	80	678	978	708	150	978	1178	690	100	820
450用	450	586	814	554	654	460	340	550	140	70	90	80	125	110	140	1130	1096	87	678	978	708	150	978	1178	714	100	890

注1. 取付管用の径は取付管によって変わる。

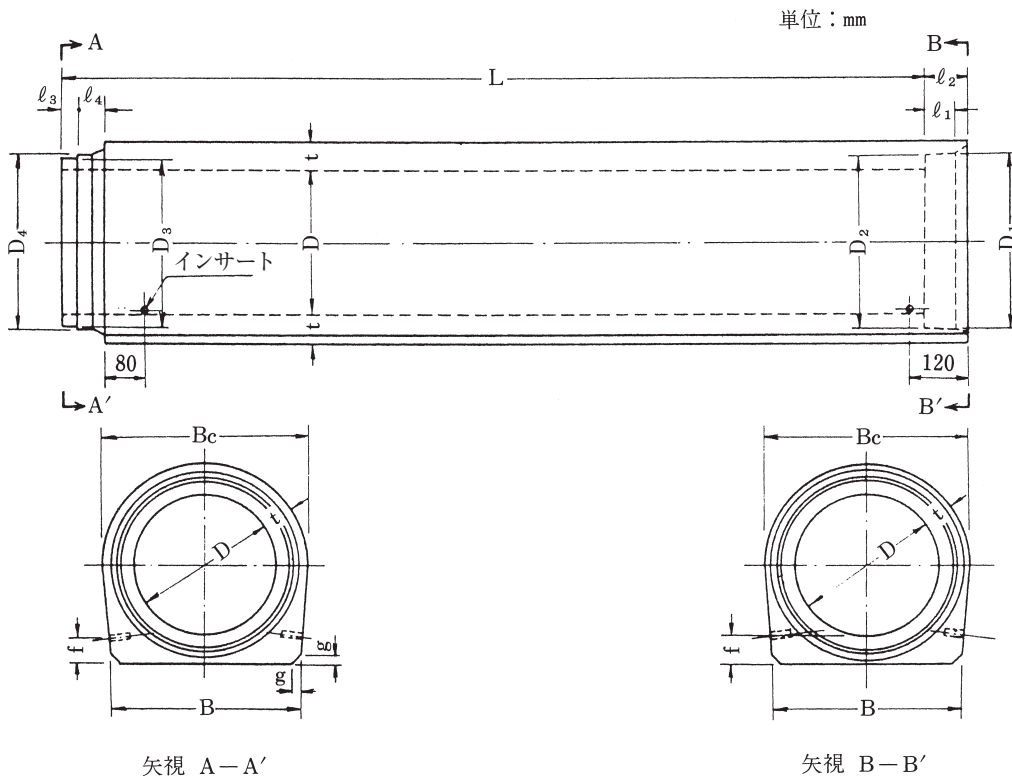
2. 取付管用の削孔は、どちらの側壁に対しても行うことができる。



2.3 IV形

IV形は、ヒューム管の下部を180° コンクリートで巻立てたものと同様の製品である。その形状、寸法を図2-9に示す。

図2-9 IV形の形状、寸法



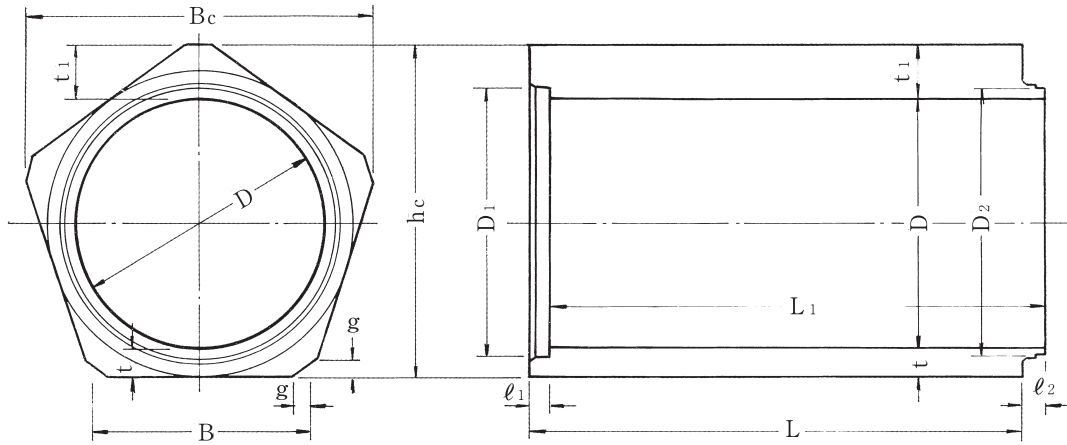
単位：mm

呼び径	内径 D	幅		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	厚さ t	ℓ ₁	ℓ ₂	ℓ ₃	ℓ ₄	f	g	有効長 L	参考質量 (kg)
		B	Bc													
200	200	280	314	262	258	246	254	56	65	90	32	58	65	15	2000	258
250	250	330	364	314	310	298	306	56	65	90	32	58	80	15	2400	381
300	300	380	424	368	364	350	360	60	65	90	36	54	80	20	2400	484
350	350	440	482	422	418	404	414	64	65	90	36	54	85	20	2400	605
400	400	500	546	478	474	460	470	70	70	95	36	59	85	25	2400	759
450	450	560	610	534	530	516	526	77	70	95	36	59	95	25	2400	940
500	500	620	674	592	588	574	584	83	70	95	36	59	95	30	2400	1130
600	600	730	796	708	704	690	700	93	75	100	36	64	110	30	2400	1520
700	700	840	920	824	820	802	816	105	75	105	40	65	115	30	2400	1990
800	800	960	1044	940	936	918	932	116	80	110	40	70	120	30	2400	2530
900	900	1070	1166	1058	1054	1036	1050	126	85	115	40	75	135	40	2400	3090
1000	1000	1180	1284	1172	1168	1150	1164	135	96	120	40	80	145	40	2400	3690
1100	1100	1300	1416	1286	1282	1260	1276	150	100	125	42	83	200	40	2400	4510

2.4 ペンタ・ボックス

ペンタ・ボックスは、大口径の軽量化のために開発されたもので、その形状寸法を図2-10に示す。

図2-10 ペンタ・ボックスの形状寸法



単位：mm

呼び径	内径 D	厚さ t	t_1	B	hc	B_c	g	D_1	D_2	l_1	l_2	有効長 L	L_1	参考質量 (kg)
1200	1200	140	268	1075	1608	1690	80	1314	1288	95	90	2300	2295	4800
1350	1350	160	310	1213	1820	1914	80	1474	1448	95	90	2300	2295	6200
1500	1500	175	346	1344	2021	2125	80	1632	1598	120	115	2300	2295	7500
1650	1650	190	383	1475	2223	2337	80	1792	1758	120	115	2300	2295	9000
1800	1800	210	425	1613	2435	2560	80	1950	1916	120	115	2300	2295	10800
2000	2000	230	473	1787	2703	2842	80	2164	2130	120	115	2300	2295	13200

2.5 寸法の許容差

C S Bの寸法の許容差を表2-1に示す。

表2-1 許容差

I形及びⅢ形

単位：mm

呼び径	D	D ₁	D ₃	B	B ₁	B ₂	t	ℓ ₂	ℓ ₃	有効長
150～250	±3	±2		±3			+3 -2	±5	±4	+10 -5
300～600	±4						±5			
700～900		+3 -2	±5			+6 -3				
1000・1100	±6									

注. B₁、B₂はⅢ形に適用する許容差である。

グレーチング取付部、雨水ます部、集水ます

単位：mm

呼び径	グレーチング取付部		雨水ます部		集水ます
	ℓ・ℓ ₂ ・B ₃ ・B ₄		B ₅	I ₁ ・I ₂ ・B ₆ ・B ₇	B・B ₁ ・H
250～600	±3		±3	±3	±5
700～1100	±4		±3	-	-

Ⅳ形

単位：mm

呼び径	D	D ₁	D ₃	B	B _c	t	ℓ ₂	ℓ ₃	L
150～250	±3	±2		±3		+3 -2	±5	±4	+10 -5
300～600	±4					±5			
700～900		+3 -2	±5		+6 -3			±5	
1000・1100	±6								

ペンタボックス

呼び径	内径 D	D ₁	D ₂	厚さ t	ℓ ₁	ℓ ₂	L
1200～1350	±6	+3, -2		+6, -3	±2		+10 -5
1500～1800	±8	±3	±2	+8, -4			
2000	±10			+10, -5			

3. CSBの強さ

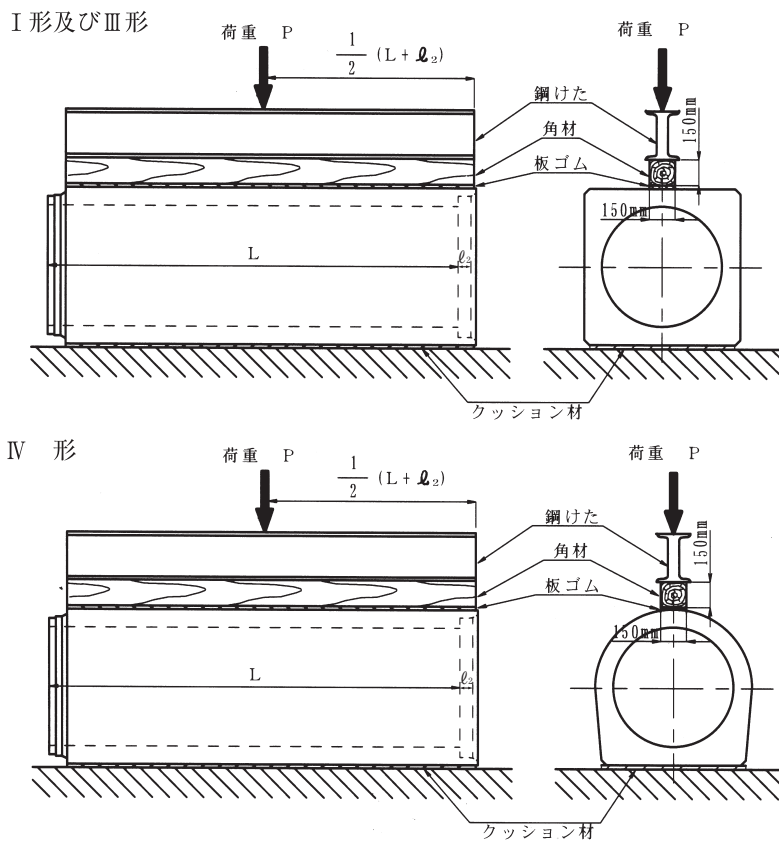
CSBの強さは、図3-1又は図3-2に示す方法で外圧試験を行い、表3-1、表3-2に示す外圧試験荷重に耐えるものである。

外圧試験方法の全長加圧は、溝埋設又は、盛土下に埋設され、等分布荷重の作用する場合の強さに対する試験で、部分加圧は、自動車（T-25）の後輪一輪が直接載荷される場合に対する強さ試験である。CSBの用途に対応して試験する。

3.1 試験方法

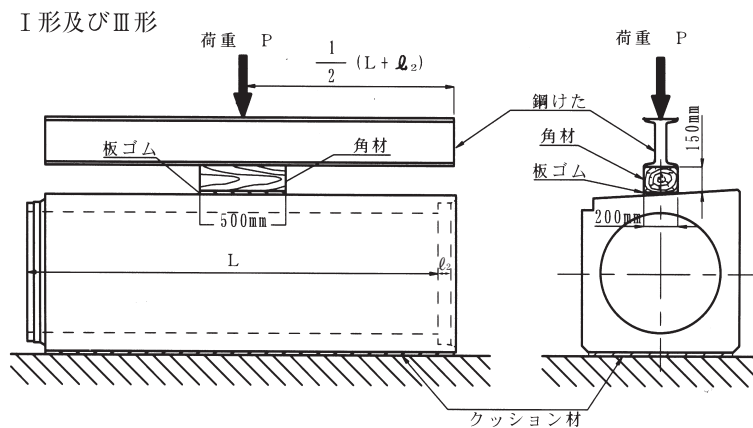
(1) 全長加圧

図3-1 全長加圧の試験方法



(2) 部分加圧

図3-2 部分加圧の試験方法



3.2 外圧試験荷重

(1) I形及びⅢ形

表3-1 I形及びⅢ形の外圧試験荷重

呼び径	全長加圧 kN/m		部分加圧 kN	
	ひび割れ	破 壊	ひび割れ	破 壊
150	72	108	117	234
200	74	111		
250	76	114		
300	78	117		
350	80	120		
400	85	128		
450	88	132		
500	91	137		
600	101	152		
700	110	165		
800	118	177		
900	126	189		
1000	133	200		
1100	139	209		

注. ひび割れとは、CSBに荷重をかけて幅0.05mmのひび割れが生じた時の荷重をいい、破壊とは試験機の示す最大荷重をいう。

(2) IV形

表3-2 IV形の外圧試験荷重

呼び径	全長加圧 kN/m	
	ひび割れ	破 壊
200	70	105
250	72	108
300	74	111
350	76	114
400	81	122
450	84	126
500	87	131
600	95	143
700	104	156
800	112	168
900	120	180
1000	126	189
1100	132	198

注. ひび割れとは、CSBに荷重をかけて幅0.05mmのひび割れが生じた時の荷重をいい、破壊とは試験機の示す最大荷重をいう。

4. CSBの設計

CSBの強さは、試験荷重によって規定されており、CSBはその試験荷重に耐えるように設計する。

外圧試験を行った場合、CSBには試験荷重とその自重により、曲げモーメントが発生する。したがってCSBの設計にあたっては、外圧試験時の最大曲げモーメントを求め、この曲げモーメントに対して安全な抵抗曲げモーメントになるようコンクリートの強度及び鉄筋量を決定する。

CSBの外圧荷重に対する設計では、ひび割れ試験荷重時の曲げモーメントと埋設後に生じる曲げモーメントとを比較し、使用の可否を判定すればよい。

以下にCSBの外圧荷重に対する設計について記し、ひび割れ抵抗曲げモーメントについては付録4に掲載する。

4.1 I形及び皿形の外圧荷重に対する設計

(1) ひび割れ試験荷重時に生じる最大曲げモーメント (M_c)

$$M_c = K_p \cdot P_c \cdot r + K_w \cdot W \cdot r \quad \dots\dots\dots (4-1)$$

ここに P_c : ひび割れ試験荷重 (kN/m)

W : 自重 (kN/m)

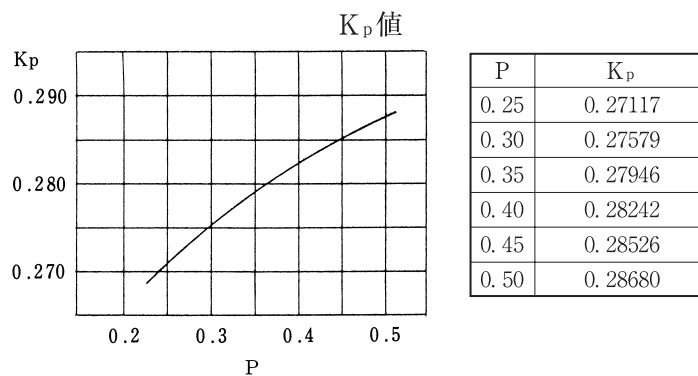
r : $(D + t) / 2$ (m)

D : 内径 (m)

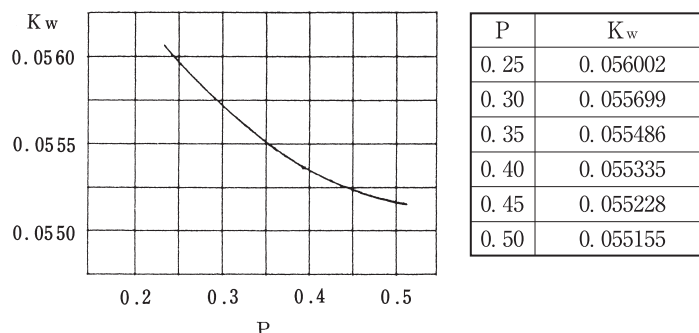
t : 厚さ (m)

K_p 、 K_w : 係数 (図4-1及び表4-1参照)

図4-1 Pに対する K_p 、 K_w 値



K_w値



ここに P : t/r

M_cは、ひび割れ試験荷重時の曲げモーメントであるが、実際にはCSBにひび割れが生じないことを保証する曲げモーメントでもあり、ひび割れ保証モーメントである。

(2) 等分布荷重により生ずる最大曲げモーメント (M)

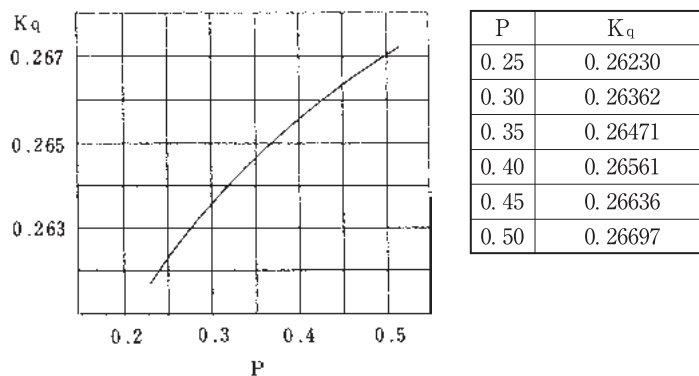
埋設されたCSBに作用する外圧荷重は複雑な分布荷重であるが、これを等分布荷重として扱う。従って等分布荷重により生ずる最大曲げモーメントは式(4-2)より求める。

$$M = K_q \cdot q \cdot r^2 \dots\dots\dots (4-2)$$

ここに K_q : 係数 (図4-2及び表4-1参照)

q : 等分布荷重 (kN/m²)

図4-2 Pに対するK_q値



(3) 係数 K_p、K_w、K_q の値

表4-1 係数 K_p、K_w、K_q の値

呼び径	D (mm)	t (mm)	r (mm)	P	K _p	K _w	K _q
150	150	52	101	0.515	0.2874	0.0551	0.2670
200	200	54	127	0.425	0.2841	0.0552	0.2659
250	250	56	153	0.366	0.2808	0.0554	0.2649
300	300	60	180	0.333	0.2786	0.0555	0.2643
350	350	64	207	0.309	0.2767	0.0557	0.2637
400	400	70	235	0.298	0.2758	0.0557	0.2634
450	450	77	263.5	0.292	0.2753	0.0557	0.2633
500	500	83	291.5	0.285	0.2747	0.0558	0.2631
600	600	93	346.5	0.268	0.2732	0.0559	0.2627
700	700	105	402.5	0.261	0.2725	0.0559	0.2625
800	800	116	458	0.253	0.2718	0.0560	0.2623
900	900	126	513	0.246	0.2711	0.0560	0.2621
1000	1000	135	567.5	0.238	0.2703	0.0561	0.2619
1100	1100	150	625	0.240	0.2705	0.0561	0.2619

4.2 IV形の外圧荷重に対する設計

(1) ひび割れ試験荷重時に生じる最大曲げモーメント (M_c)

IV形の外圧試験状態では、荷重と曲げモーメントの関係は120° 固定支承に対する集中線荷重とほぼ一致することを確認しているため次式とする。

$$M_c = 0.206 P_c \cdot r + 0.019 W' \cdot r \dots\dots\dots (4-3)$$

ここに W' : 基礎部の重量を控除した自重 (kN/m)

(2) 等分布荷重により生ずる最大曲げモーメント (M)

現場施工の180° コンクリート基礎における発生モーメントを用いるので次式とする。

$$M = 0.220 q \cdot r^2 \dots\dots\dots (4-4)$$

4.3 CSBの耐荷力及び許容土被り

(1) 耐荷力

埋設されたCSBに作用する荷重は、一般に等分布するものとして考えているので、CSBはどの程度の等分布荷重に耐えるかを求める。

この場合は、 $M_c = M$ とにおいて耐荷力 q を式 (4-5) 又は式 (4-6) より求める。

a) I形及びⅢ形

$$q = \frac{K_p \cdot P_c \cdot r + K_w \cdot W \cdot r}{K_q \cdot r^2} \dots\dots\dots (4-5)$$

ここに q : 耐荷力 (最大等分布荷重) (kN/m²)

b) IV形

$$q = \frac{0.206 P_c \cdot r + 0.019 W \cdot r}{0.220 r^2} \dots\dots\dots (4-6)$$

式 (4-5) 及び式 (4-6) では、CSB埋設後の自重及びCSB内の水重による曲げモーメントは土の側圧 (主働土圧) による曲げモーメントを相殺すると考えている。式 (4-5) 及び (4-6) より求められるCSB耐荷力を付録1.に示す。

(2) 許容土被り

許容土被りは、CSBの耐荷力に安全率を考慮した許容等分布荷重より、4.6「CSBに作用する荷重」の諸式に対応した土被りを求め付録3.に示す。

$$P_a = q / S \dots\dots\dots (4-7)$$

ここに P_a : 許容等分布荷重 (kN/m²)

q : 耐荷力 (kN/m²)

S : 安全率

4.4 ペンタボックスの外圧荷重に対する設計

(1) 外圧試験により管体に生じる最大曲げ応力度

5角形管に図4-3に示すように、管頂に集中荷重を加えて試験を行った場合、最大引張応力度は通常管底に生じ、その値は次の式により求められる。

$$a \cdot \sigma_{pd} = k_w \cdot \rho \cdot r + k_p \cdot P / r \dots\dots\dots (4-8)$$

ここに、 σ_{pd} ：ひび割れ試験時に管底に生じる最大引張応力度

ρ ：管の単位体積重量

P ：外圧試験荷重

r ：管壁の中心半径 = $(D + t_1) / 2$

D ：管の内径

t_1 ：管壁の厚さ（最小部）

a ：実質管の荷重試験におけるひび割れ強度に対する係数 = 1.3

k_w 、 k_p ：係数

$$k_w = 15.398 + 0.2927 / R_k^2 - 4.648 R_s - 0.1021 R_s / R_k^2 \dots\dots (4-9)$$

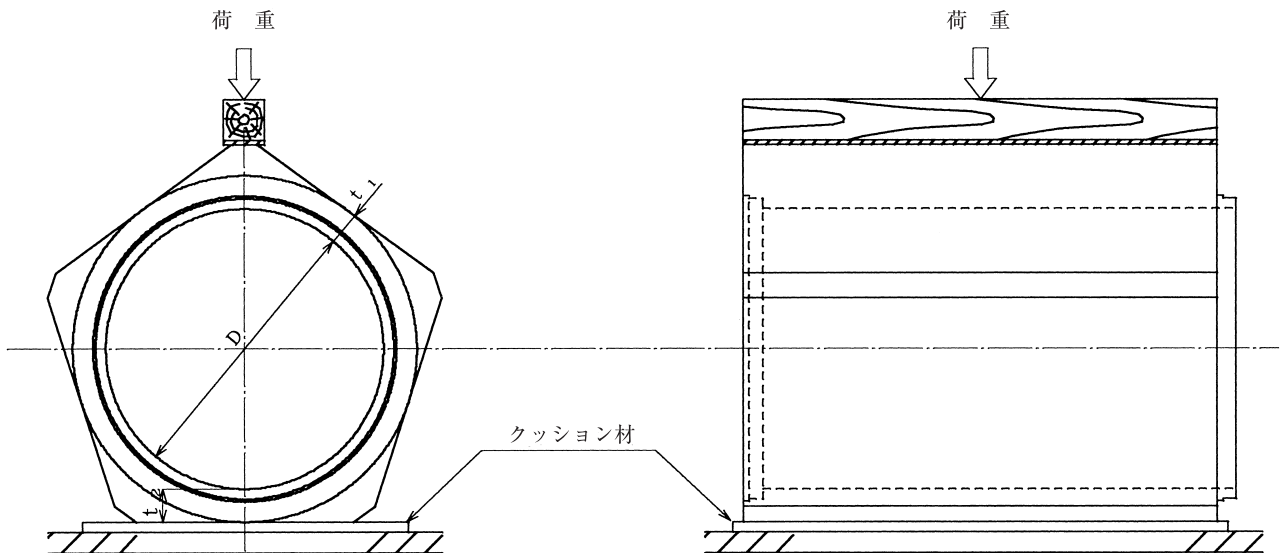
$$k_p = 3.664 + 0.4249 / R_k^2 - 0.329 R_s - 0.149 / R_k^2 \dots\dots\dots (4-10)$$

ここに、 R_k ：管厚比 = t_1 / D

R_s ：底厚比 = t_2 / t_1

t_2 ：管底の厚さ（最小部）

図4-3 ペンタボックスの試験方法



(2) 等分布荷重により管体に生じる最大引張応力度

5角形管に鉛直方向の等分布荷重が作用したときの、管に生じる最大応力度は式(4-11)により求められる。

$$\sigma_{qd} = k_q \cdot q \quad \dots\dots\dots (4-11)$$

ここに、 σ_{qd} ：等分布荷重により管底に生じる最大引張応力度

q ：管の上部2辺に作用する鉛直等分布荷重

r ：管壁の中心半径・ $(D + t_1) / 2$

D ：管の内径

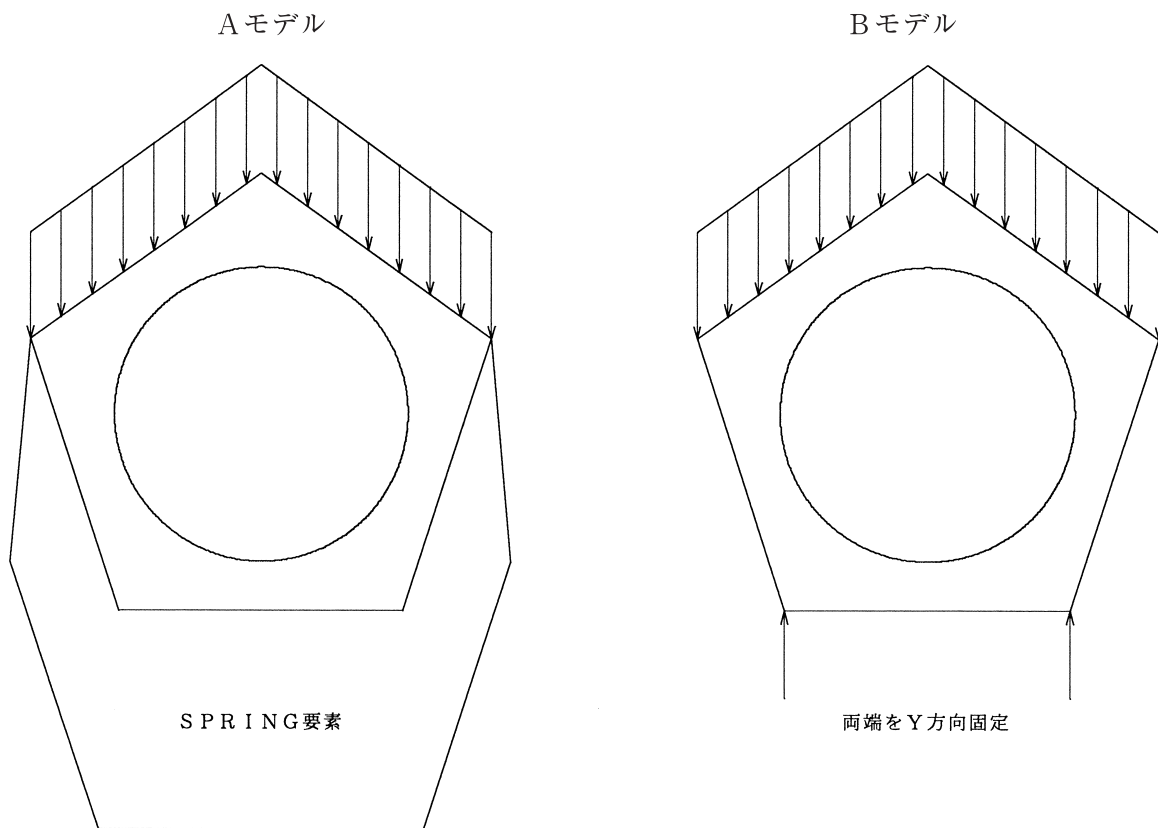
t_1 ：管壁の厚さ(最小部)

k_p ：係数(k_{qA} または k_{qB})

$$k_{qA} = 5.513 + 0.5186/R_k^2 - 1.733R_s - 0.1735R_s/R_k^2 \quad \dots\dots (4-12)$$

$$k_{qB} = -1.959 + 0.2848/R_k^2 + 3.459R_s - 0.0849R_s/R_k^2 \quad \dots (4-13)$$

図4-4 ペンタボックスの検討モデル



(注) 一般的にはAモデルとし、強固な基礎を施工した場合および破壊時の検討をする場合は、Bモデルとして計算する。

(3) 管の耐荷力

5 角形管の耐えられる鉛直等分布荷重は、(4-8) 式と (4-11) 式の P および q をひび割れが発生する時の荷重とし、両式が等しいとして次のように求められる。

$$q_c = \frac{k_w \cdot \rho \cdot r + k_p \cdot P_c / r}{k_q} \dots\dots\dots (4-14)$$

ここに、 q_c : ひび割れが生じるときの等分布荷重 (耐荷力)

P_c : ひび割れ試験荷重

ρ : 管の単位体積重量

r : 管壁の中心半径 = $(D + t_1) / 2$

D : 管の内径

t_1 : 管壁の厚さ (最小部)

k_w 、 k_p 、 k_q : それぞれ (4-9)、(4-10)、(4-12) および (4-13) による係数

コンクリートの曲げ強度 (σ_{bt}) から耐荷力を求める場合には、次のようになる。

$$q_c = \frac{\sigma_{bt} \cdot a}{k_q} \dots\dots\dots (4-15)$$

ここに、 σ_{bt} : コンクリートの曲げ引張強度

a : 実質管の荷重試験におけるひび割れ強度に対する係数

遠心力締め固めコンクリート管では、通常 $\sigma_{bt} = 5.0 \text{ N/mm}^2$ 、 $a = 1.2 \sim 1.5$ であり 5 角形管の場合 $a = 1.3$ 程度が適当のようである。

(4) ひび割れ試験強さ

5 角形管の外圧試験を行った場合、最初にひび割れが発生する荷重は、(4-8) 式と管の曲げ引張強度から、次式により求める。計算結果は付録1. に示す。

$$P_c = \frac{\sigma_{bt} \cdot a - k_w \cdot \rho \cdot r}{k_p / r} \dots\dots\dots (4-16)$$

ここに、 P_c : ひび割れ試験荷重

σ_{bt} : コンクリートの曲げ引張強度

a : ひび割れ発生に対する係数

ρ : 管の単位体積重量

r : 管壁の中心半径 = $(D + t_1) / 2$

D : 管の内径

t_1 : 管壁の強さ (最小部)

k_w 、 k_p : (4-9)、(4-10) 式による係数

4.5 Hi-C S Bの設計

ヒューム管の様な円形管を埋設した場合、管体には曲げモーメントが生じ、それが大きい場合はひび割れが発生する。

管体に曲げモーメントが生じる原因は、鉛直荷重とその反力及び水平土圧の大きさや作用範囲に差があるため、この荷重が管全周に均等に作用すると、曲げモーメントは発生せず、管体には圧縮応力のみが作用するため曲げモーメントによるひび割れは発生しない。

この様なことから、管体に曲げモーメントを生じさせないための工法として開発したのが、Hi-C S B（以下管という）である。

(1) 管に作用する外圧力

図4-5において、鉛直荷重 p_v について考えると、 p_v は面に垂直な分力 p_1 と面に沿った分力 p_2 となり、 p_1 が管に作用する荷重となる。

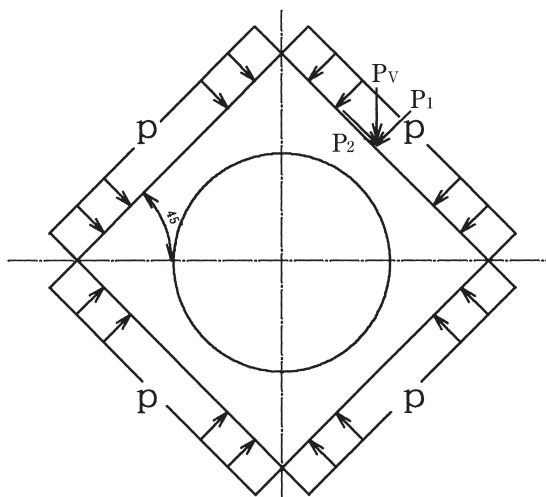
その大きさは次式により求められる。

$$P_1 = P_2 = \frac{P_v}{\cos 45^\circ} \dots\dots\dots (4-17)$$

水平土圧も同様に考えられるので、鉛直土圧と水平土圧によりC S Bの外面に垂直に作用する荷重を p とすると、その値は次のようになる。

$$p = \frac{P_v + P_h}{\cos 45^\circ} = \frac{P_v + P_h}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (4-18)$$

図4-5



外周に均等な外圧力の作用する円形管に生じる応力は、圧縮応力で次式により求めることが出来る。

$$\sigma_c = \frac{C}{t} \dots\dots\dots (4-19)$$

$$C = p \cdot r_o = p \frac{D_o}{2} = p \frac{B}{2} \dots\dots\dots (4-20)$$

- ここに、 σ_c : 圧縮応力度 N/mm²
 t : 管の厚さ mm
 p : 外圧力 N/mm²
 r_o : 管の外半径 mm
 D_o : 管の外径 mm
 B : C S Bの外幅 mm

(2) H i - C S Bの耐荷力

耐荷力は、管に作用する外圧力と応力度の関係より、(4-21)式により求められる。

$$p = \frac{2 \cdot t \cdot \sigma_{ca}}{B} \dots\dots\dots (4-21)$$

$$p = \frac{P_v + P_h}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (4-22)$$

$$\sigma_c = \frac{B (P_v + P_h)}{2^{3/2} \cdot t} \leq \sigma_{ca} \dots\dots\dots (4-23)$$

- ここに、 P : 耐外圧力 N/mm²
 t : 管厚 mm
 σ_{ca} : 許容圧縮応力度 N/mm²
 p_v : 鉛直土圧 N/mm²
 p_h : 水平土圧 N/mm²

4.6 CSBに作用する荷重

埋設されたCSBに作用する荷重(P)は、埋戻し土による鉛直土圧(P_e)及び活荷重(P_L)とする。

$$P = P_e + P_L \dots\dots\dots (4-24)$$

ここに P_e :埋戻し土による鉛直土圧(kN/m²)

P_L :活荷重(kN/m²)

(1) 埋戻し土による鉛直土圧

下水道用鉄筋コンクリート管(JSWAS A-1)では、埋戻し土による鉛直土圧の算定式として、一般に下水道協会式、マーストン溝型式あるいは直土圧式が用いられており、これらのCSBに関する計算式を示す。

1) 下水道協会式

CSBは、すでにコンクリート基礎が一体化されており、施工には砂基礎や碎石基礎が用いられるのでここでは砂基礎として考える。又土被りが小さい場合は、 $H \leq H_1$ となる可能性があるので計算の簡便な直土圧(γH)を用いるものとし、ここでは $H > H_1$ について考え、CSBに関する計算式のみを掲げる。

a) 矢板引抜きを行わない場合

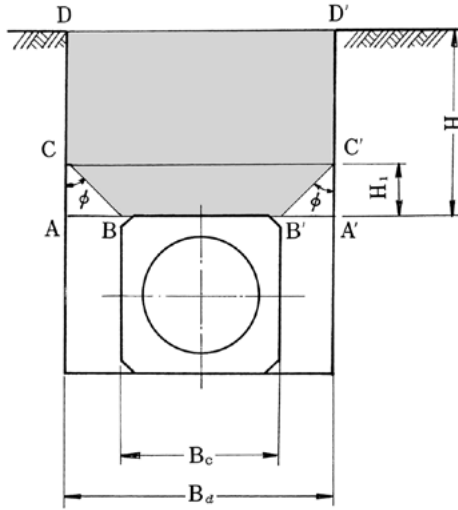
i) CSBI形

砂基礎、 $H > H_1$

埋設管は図4-6に示す状態にある。この場合、埋設管に作用する土圧に寄与する土荷重は、BCDD'C'B'(黒部)の埋戻し土の荷重から、溝壁と埋戻し土の間に生ずる上向きの摩擦力を引いたものである。

この土荷重について埋設管と管側部埋戻し土との分担比率を考慮し、埋設管にかかる鉛直土圧 P_e (kN/m²)は式(4-25)で求める。

図 4 - 6 I 形の埋設状態



$$P_e = a \frac{1}{B_c} \gamma B_d \{ C_{dH_1} (B_c + H_1 \tan \phi) \psi_2 + (C_d - C_{dH_1}) B_d \psi_3 \} \dots \dots (4-25)$$

ただし、

$$H_1 = \frac{B_d - B_c}{2 \tan \phi} \quad (m)$$

$$C_d = \frac{1 - \exp(-2K\mu H/B_d)}{2K\mu}$$

$$C_{dH_1} = \frac{1 - \exp(-2K\mu H_1/B_d)}{2K\mu}$$

$$\psi_2 = \frac{A_2}{A_2 + H_1 \tan \phi / (K_{01} B_c)}$$

$$A_2 = \frac{1}{K_{02}} + \frac{B_c}{E_g}$$

$$K_{01} = \frac{E_0}{0.3} \left(\frac{B_c}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left(\frac{H_1 \tan \phi}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$\psi_3 = \frac{A_3}{A_3 + (B_d - B_c) / (K_{01} B_c)}$$

$$A_3 = \frac{1}{K_{02}} + \frac{B_c}{E_g}$$

$$K_{01} = \frac{E_0}{0.3} \left(\frac{B_c}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left(\frac{B_d - B_c}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

ここに、

H : 土被り (m)

B_d : 掘削溝幅 (m)

B_c : C S B外幅 (m)

ϕ : 埋戻し土の内部摩擦角 (度)

a : 補正係数 (= 1.1)

γ : 埋戻し土の単位体積質量 (kN/m³)

K : 埋戻し土の主働土圧係数 (= $\tan^2(45^\circ - \phi/2)$)

μ : 溝壁と埋戻し土の摩擦係数 (= $\tan \delta$)

δ : 溝壁と埋戻し土の摩擦角 (度)

素掘り、木矢板 $\delta = \phi$

鋼矢板 $\delta = 0.54\phi$

E_g : 直径30cmの剛体円板による平板載荷試験から求められる埋戻し土の変形係数 (kN/m²)

E_o : 直径30cmの剛体円板による平板載荷試験から求められる地盤の変形係数 (kN/m²)

ψ_2 、 ψ_3 : 土圧分担係数

K_{01} : 管下部基礎地盤の反力係数 (kN/m²)

K_{02} : 管側部下部地盤の反力係数 (kN/m²)

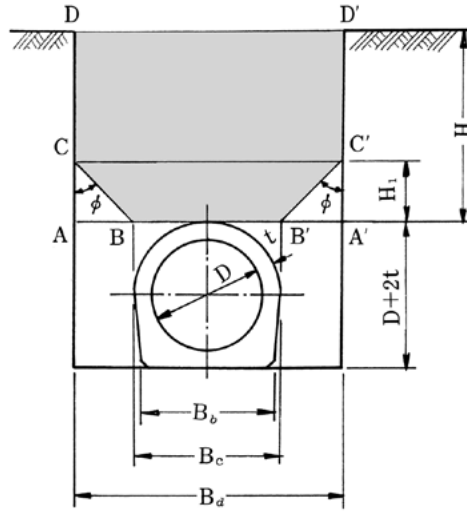
ii C S B IV形

砂基礎、 $H > H_1$

埋設管は図4-7に示す状態にある。この場合、埋設管に作用する土圧に寄与する土荷重は、BCDD'C'B' (黒部) の埋戻し土の荷重から、溝壁と埋戻し土の間に生ずる上向きの摩擦力を引いたものである。

この土荷重について埋設管と管側部埋戻し土との分担比率を考慮し、埋設管にかかる鉛直土圧 P_e (kN/m²) は式(4-26)で求める。

図 4 - 7 IV形の埋設状態



$$P_e = a \frac{1}{B_c} \gamma B_d \{ C_{dH} (B_c + H_1 \tan \phi) \psi_2 + (C_d - C_{dH}) B_d \psi_3 \} \dots \dots (4-26)$$

ただし、

$$H_1 = \frac{B_d - B_c}{2 \tan \phi} \quad (m)$$

$$C_d = \frac{1 - \exp(-2K\mu H / B_d)}{2K\mu}$$

$$C_{dH} = \frac{1 - \exp(-2K\mu H_1 / B_d)}{2K\mu}$$

$$\psi_2 = \frac{A_2}{A_2 + H_1 \tan \phi / (K_{01} B_b)}$$

$$A_2 = \frac{1}{K_{02}} + \frac{D + 2t}{E_g}$$

$$K_{01} = \frac{E_0}{0.3} \left(\frac{B_b}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left(\frac{H_1 \tan \phi}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$\psi_3 = \frac{A_3}{A_3 + (B_d - B_c) / (K_{01} B_b)}$$

$$A_3 = \frac{1}{K_{02}} + \frac{D + 2t}{E_g}$$

$$K_{01} = \frac{E_0}{0.3} \left(\frac{B_b}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left(\frac{B_d - B_c}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

b) 矢板引抜きを行う場合

砂基礎、 $H > H_1$

埋戻しを行ったときの管の埋設状態は、図4-6に同じである。この状態で矢板の引抜きを行うと図4-8に示すゆるみ域（黒で示す部分）にゆるみが生じる。このゆるみ現象は、ゆるみ境界線の位置によって図に示すように二つの場合が考えられ、管頂レベルにおける矢板とゆるみ境界線との距離「ゆるみ幅 B_e 」は、それぞれ次の式で表される。

この場合の B_e は、 B_{e1} と B_{e2} のうち小さい方の値をとる。

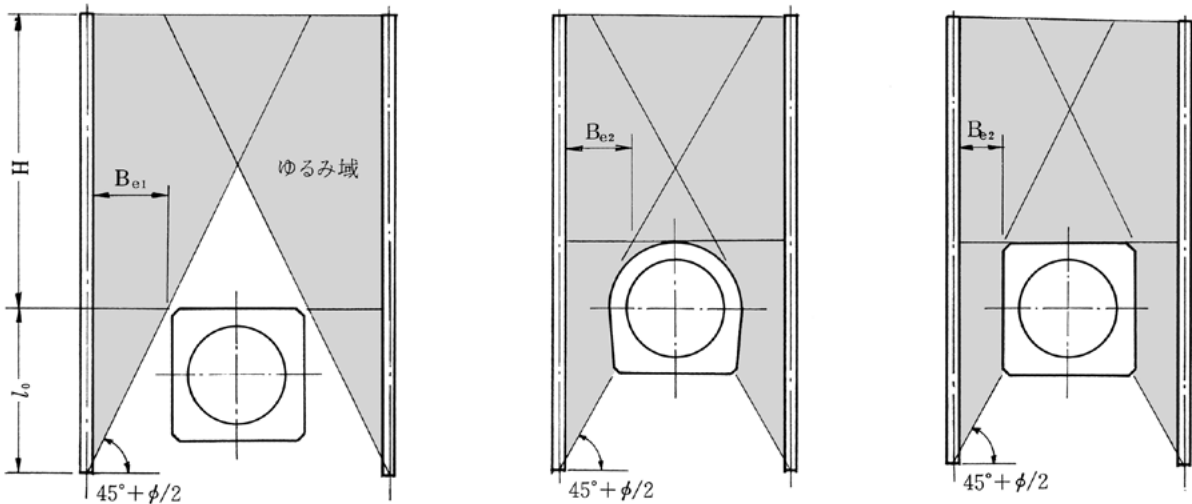
$$B_{e1} = l_0 \tan(45^\circ - \phi/2) \dots\dots\dots (I, IV形)$$

$$B_{e2} = \frac{B_d - B_c}{2} \dots\dots\dots (I形)$$

$$B_{e2} = \frac{B_d - B_c \tan\{(45^\circ + \phi/2)/2\}}{2} \dots\dots\dots (IV形)$$

注、IV形の B_c は $D + 2t$ とする。

図4-8 ゆるみ幅 B_e



(a) ゆるみ境界線が管に接しない場合

(b) ゆるみ境界線が管に接する場合

① $B_e \leq \frac{B_d - B_c}{2}$ の場合

$$P_e = \alpha \gamma H B_d / \{B_c + \xi (B_d - B_c - B_e)\} \dots\dots\dots (4-27)$$

② $B_e > \frac{B_d - B_c}{2}$ の場合

$$P_e = \alpha \gamma H B_d / \{B_d - B_e - (1 - \xi) (B_d - B_c)^2 / 4 B_e\} \dots\dots\dots (4-28)$$

ただし、

$$\xi = \frac{q_2}{q_1}$$

$$q_1 = \frac{\gamma \{ H_1 (B_c + H_1 \tan \phi) \psi_2 + (H - H_1) B_d \psi_3 \}}{B_c}$$

$$q_2 = \frac{\gamma \{ H_1 B_d - H_1 (B_c + H_1 \tan \phi) \psi_2 + (H - H_1) B_d (1 - \psi_3) \}}{B_d - B_c}$$

他の記号は a) に同じである。

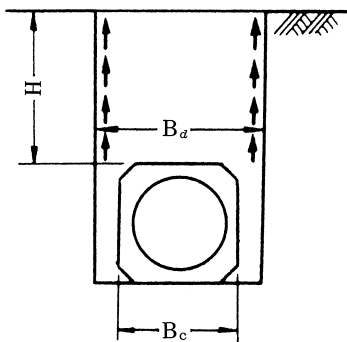
2) マーストン (Marston) 公式

土圧算定式として、最も広く用いられているもので、鉛直土圧は、埋設管直上または、掘削溝の直上の土柱の重量に、これらの隣接する土柱との間の摩擦せん断力を加味して求める。

摩擦せん断力は、これらの土柱の相対的沈下によって決まるわけで、これには、水平土圧が関与する。マーストンの式では、この水平土圧にランキン理論を採用している。

a) 溝形 (素掘工法に適用)

図 4-9 溝形



$$P_e = C_d \cdot \gamma \frac{B_d^2}{B_c} \dots\dots\dots (4-29)$$

$$C_d = \frac{1 - e^{-\alpha'H}}{2K\mu'}$$

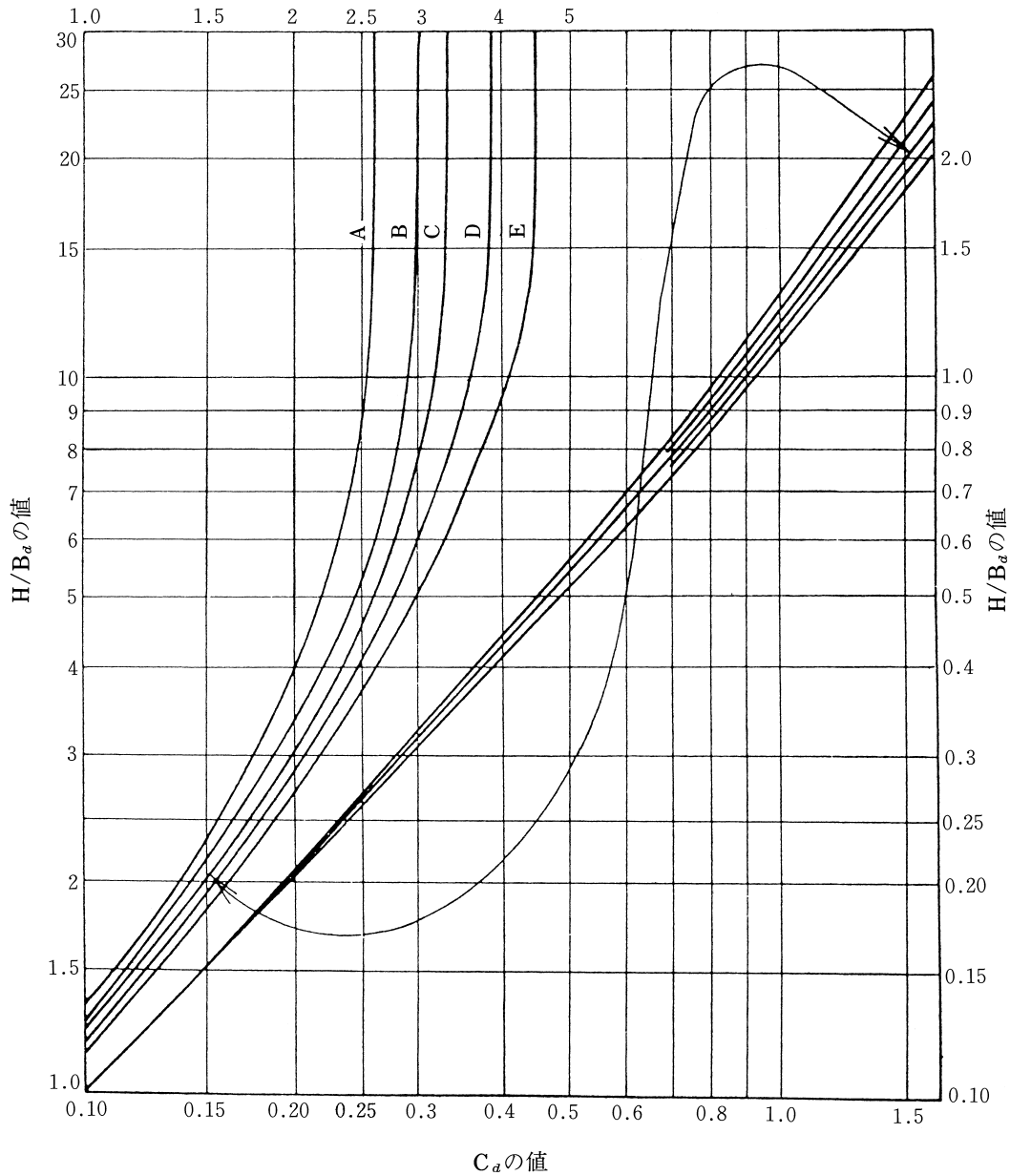
$$\alpha' = \frac{2K\mu'}{B_d}$$

- ここに P_e : 鉛直土圧 (kN/m²)
 γ : 埋戻し土の単位重量 (kN/m³)
 B_d : 溝の掘削幅 (m)
 B_c : C S B 幅 (m)
 μ' : 埋戻し土と溝側面との摩擦係数 = $\tan \phi'$
 μ : 埋戻し土の内部摩擦係数 = $\tan \phi$
 (通常 $\mu' = \mu$ とする)
 K : $\frac{\sqrt{\mu'^2 + 1} - \mu'}{\sqrt{\mu'^2 + 1} + \mu'}$
 H : 土被り (m)
 e : 自然対数の底

図4-6が最も一般的に行われている溝形の埋設形式である。掘削面に法こう配があるときの B_d の値は、一般にはCSB頂部での掘削幅を採用する。

C_d は図4-10より求めることができる。

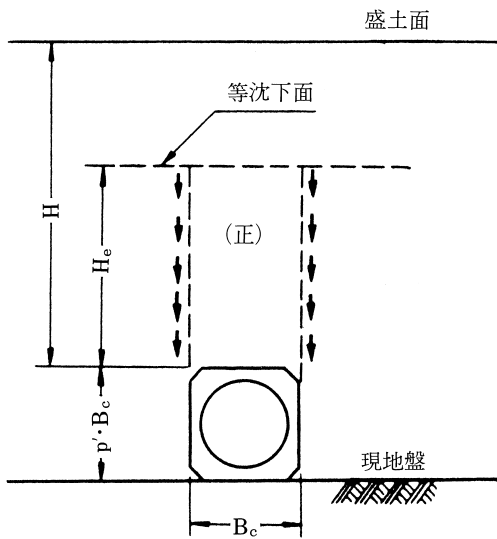
図4-10 マーストン公式・溝形の場合 H/B_d に対する C_d の値



A	$K \mu$ および $K \mu'$	= 0.1924	砂
B	〃	= 0.165	砂、砂利、混合
C	〃	= 0.150	水分の多い表土
D	〃	= 0.130	粘土
E	〃	= 0.110	水分の多い粘度

b) 正の突出形 (盛土工法に適用)

図 4-11 盛土



$$P_e = C_c \cdot \gamma \cdot B_c \dots\dots\dots (4-30)$$

$H \leq H_e$ のとき

$$C_c = \frac{e^{\beta H} - 1}{2K\mu}$$

$H > H_e$ のとき

$$C_c = \frac{e^{\beta H_e} - 1}{2K\mu} + \left(\frac{H}{B_c} - \frac{H_e}{B_c} \right) e^{\beta H_e}$$

$$\beta = \frac{2K\mu}{B_c}$$

現地盤にCSBを据え付け、この上に盛土を施していくような場合が、代表的な正の突出形の例で、式(4-30)の運用には等沈下面の位置 H_e を知る必要がある。このためには、突出比、すなわち管が現地盤より突出している割合と、沈下比すなわち管直上の土柱の隣接土柱の相対的沈下の関係を知り、次式を解くことになる。

$$e^{\beta H_e} - 2K\mu \frac{H_e}{B_c} = 2K\mu \delta \cdot p' + 1 \dots\dots\dots (4-31)$$

ここに H_e : 等沈下面の位置 (m)

δ : 沈下比

p' : 突出比

突出比はともかく、沈下比の決定はむずかしく、現在では広く設計に用いてきた経験値を採用している。

剛性管で普通地盤の場合、沈下比 δ は0.5~0.8程度に採るのが一般的であるとされているので、式(4-31)の計算の繁雑をさける意味で、代表的なものとして、 $\delta \cdot p' = 0.7$ の場合と、 $\delta \cdot p' = 0.5$ の場合の2通りについて、 H_e と C_c の計算値を表4-2に示す。

表 4-2 正の突出形の場合の H_e および C_c

$H \leq H_e$	$H > H_e$	
	$\delta \cdot p' = 0.7$	$\delta \cdot p' = 0.5$
$C_c = \frac{e^{0.3848 \frac{H}{B_c}} - 1}{0.3848}$	$H_e \doteq 1.70 B_c$ $C_c = 1.924 \frac{H}{B_c} - 0.869$	$H_e \doteq 1.46 B_c$ $C_c = 1.754 \frac{H}{B_c} - 0.602$

剛性管の場合、正の突出形では $K\mu = 0.1924$ に採るのが普通で、表 4-2 もこの値によつた。

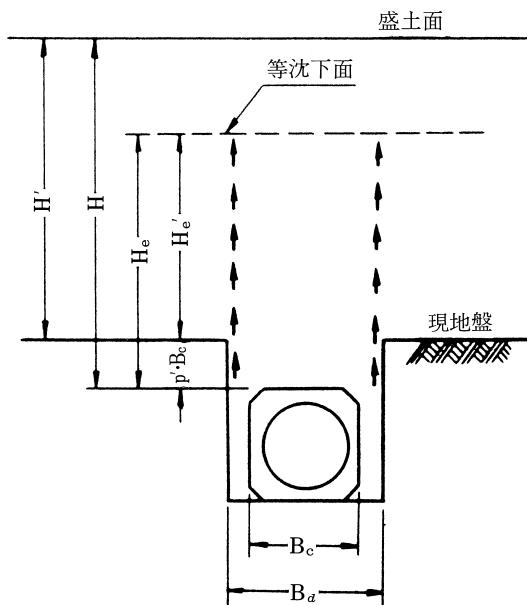
溝を掘削し、CSBを埋設する場合でも溝の掘削幅を拡げてゆくと、ある幅のところまで溝形の土圧でなく、正の突出形の土圧が働くようになる。この幅を転移幅といい、掘削幅の拡がりにともない溝形の土圧は、正の突出形の土圧に等しくなるまで増加する。

したがって、広い溝を掘削したときは、溝形の土圧と正の突出形の土圧とのどちらが作用するかを判別する必要がある。この場合、式(4-29)と式(4-30)の両方を計算し、そのうちの小さい方の値を、管にかかる鉛直土圧として採用すればよい。

$k\mu = 0.1924$ $\delta p' = 0.7$ を用い、式(4-30)により計算した土圧を付録 2 に示す。

c) 負の突出形

図 4-12 負の突出形



$$P_e = C_n \cdot \gamma \frac{B_d^2}{B_c} \dots\dots\dots (4-32)$$

$H \leq H_e$ のとき

$$C_n = \frac{1 - e^{-\alpha H}}{2K\mu}$$

$H > H_e$ のとき

$$C_n = \frac{1 - e^{-\alpha H_e}}{2K\mu} + \left(\frac{H}{B_d} - \frac{H_e}{B_d} \right) e^{-\alpha H_e}$$

$$\alpha = \frac{2K\mu}{B_d}$$

これは、浅い溝の中に、管頂が現地盤高以下になるよう、CSBを埋設し、溝内には圧縮されやすい土をもどし、あとは、通常の盛土を行い、摩擦せん断力の方向を上向きにして、土圧を軽減させる埋設形式である。

負の突出形の場合の等沈下面の決定は、正の突出形の場合よりもさらに複雑である。

$$\left\{ \left(\frac{H'}{B_d} - \frac{H_e'}{B_d} \right) - \frac{1}{2K\mu} \right\} \frac{1 - e^{-\alpha H_e'}}{2K\mu} - \frac{H_e'}{B_d} \left\{ \left(\frac{H'}{B_d} - \frac{H_e'}{B_d} \right) + \frac{1}{2} \frac{H_e'}{B_d} - \frac{1}{2K\mu} \right\}$$

$$= \frac{2}{3} \delta P' \left\{ \frac{1 - e^{-\alpha H_e'}}{2K\mu} + \left(\frac{H'}{B_d} - \frac{H_e'}{B_d} \right) e^{-\alpha H_e'} \right\} \dots\dots\dots (4-33)$$

ここに $H = H' + p'B_d$ 、 $H_e = H_e' + p'B_d$

沈下比 δ は、正の突出形の場合と反対に、負の値となるわけで、経験的な数値として -0.3 を用いることが多い。 $K\mu$ の値は、通常 0.130 を用いる。

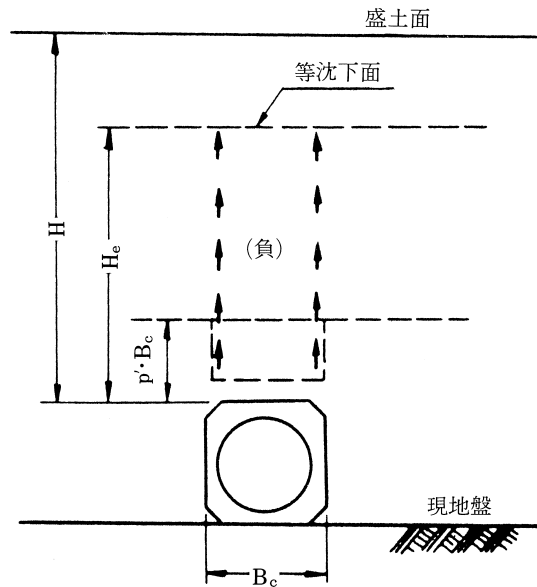
表 4-3 は、 $\delta = -0.3$ 、 $K\mu = 0.130$ で計算したものである。

表 4 - 3 突出比 (P') と H の範囲及び C_n の算定式

p'	H の範囲	C _n の算定式
0.5	$H > 2.00 B_d$	$C_n = 0.71 \frac{H}{B_d} + 0.14$
1.0	$H > 3.03 B_d$	$C_n = 0.58 \frac{H}{B_d} + 0.34$
1.5	$H > 3.89 B_d$	$C_n = 0.48 \frac{H}{B_d} + 0.58$
2.0	$H > 4.82 B_d$	$C_n = 0.40 \frac{H}{B_d} + 0.82$

d) 不完全溝形

図 4 - 13 不完全溝形



これは、最初ある高さまで盛土をし、これを締固めたのち、管の直上に溝を掘削して、そこにゆるい圧縮されやすい土を埋もどす。その後、計画高まで盛土を施す方法である。

$$P_e = C_n \cdot \gamma \cdot B_c \dots\dots\dots (4-34)$$

図 4 - 13 からわかるように、C_n の計算は、負の突出形の場合と全く同様で、表 4 - 3 の B_d の代わりに B_c を置いて C_n を求め、これを式 (4 - 34) に代入すれば鉛直土圧を得ることができる。

3) 直土圧式

土被りの小さい場合は、土圧による影響も少ないので直土圧式（4-35）により求めるのが簡単である。

$$P_e = \gamma \cdot H \dots\dots\dots (4-35)$$

ここに P_e : 鉛直土圧 (kN/m²)
 γ : 土の単位重量 (kN/m³)
 H : 土被り (m)

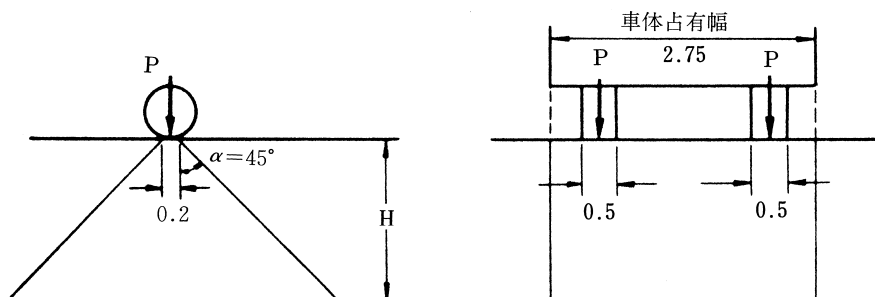
(2) 活荷重

活荷重については、種々の車輛や施工機械が考えられ、又この荷重が地中に伝わる状態や衝撃の程度、埋戻し土の土質、土被り、路面の凹凸あるいは車輛の通過速度などによって異なる。ここでは自動車荷重（T-25）について考え、一般には、自動車の車体占有幅に於ける後輪について求める。

1) 自動車荷重

自動車荷重は、道路土工の「カルバート工指針」（日本道路協会）による。自動車荷重及び輪荷重の分布を図4-14に、算定式を式（4-36）に示す。

図4-14 自動車荷重



$$P_L = \frac{2P(1+i)\beta}{2.75(2H+0.2)} \dots\dots\dots (4-36)$$

ここに P_L : トラック荷重による荷重強度 (kN/m²)
 P : 後輪1輪の荷重 (= 100kN)
 H : 土被り (m)
 i : 衝撃係数 (表4-4)
 β : 断面力の低減係数 (= 0.9)

表4-4 衝撃係数

H (m)	4.0未満	4.0以上
i	0.3	0

CSBはボックス又はアーチ形状のため、衝撃係数はボックスカルバートのものを用いることとした。但し、 P_L が10kN/m²以下については10kN/m²とする。

(3) 道路協会式

1) 正の突出型

これは、日本道路協会で採用されている正の突出型の式である。

$$P_e = C_c \cdot \gamma \cdot B_c \dots\dots\dots (4-37)$$

$H \leq H_e$ のとき

$$C_c = \frac{\exp\left(K \cdot \frac{H}{B_c}\right) - 1}{K}$$

$H > H_e$ のとき

$$C_c = \frac{\exp\left(K \cdot \frac{H_e}{B_c}\right) - 1}{K} + \left(\frac{H - H_e}{B_c}\right) \exp\left(K \cdot \frac{H_e}{B_c}\right)$$

ここに、 K ：定数（砂質土0.4 粘性土0.8）

現地盤にCSBを据え付け、この上に盛土を施していくような場合が、代表的な正の突出型の例で、式（4-37）の運用には等沈下面の位置 H_e を知る必要がある。このためには、突出比、すなわち管が現地盤より突出している割合と、沈下比すなわち管直上の土柱と隣接土柱の相対的沈下の関係を知り、次式を解くことになる。

$$\exp\left(K \cdot \frac{H_e}{B_c}\right) - K \cdot \frac{H_e}{B_c} = K \cdot r_{sd} \cdot \bar{p} + 1 \dots\dots\dots (4-38)$$

ここに、 r_{sd} ：沈下比

\bar{p} ：突出比

2) 溝型

これは、日本道路協会で採用されている溝型の式である。

$$P_e = \gamma \cdot H \dots\dots\dots (4-39)$$

ここに、 P_e ：鉛直土圧 (kN/m²)

γ ：土の単位重量 (kN/m³)

H ：土被り (m)

計算例

(1) 下水道協会式（矢板引抜きを行う場合）

C S B I 形、呼び径600の外圧荷重に対する設計計算

1) 管種

C S B I 形、呼び径600、外幅 $B_c = 0.786\text{m}$

ひび割れ試験荷重 $P_c = 101\text{kN/m}$

2) 計算条件

埋設形式 溝形（矢板工法）

土被り $H = 6.0\text{m}$

掘削幅 $B_d = 1.55\text{m}$ （表 6 - 1 参照）

土の単位重量 $\gamma = 18\text{kN/m}^3$

内部摩擦角 $\phi = 35^\circ$

土圧計算式 下水道協会式（矢板引抜きを行う場合）

埋戻し土変形係数 $E_g = 10000\text{kN/m}^2$

基礎地盤係数 $E_o = 5000\text{kN/m}^2$

管頂から矢板先端までの長さ $l_o = 5.0\text{m}$

活荷重 自動車（T-25）

3) 計算結果

i) C S B に作用する土圧

下水道協会式の矢板引抜きを行う場合について考え、

$$B_{e1} = l_o \tan(45 - \phi/2) = 2.603$$

$$B_{e2} = \frac{B_d - B_c}{2} = 0.382$$

$B_{e1} > B_{e2}$ となり、 $B_e = B_{e2} = 0.382$ から ① $B_e \leq \frac{B_d - B_c}{2}$ の場合となり、

式（4-27）を用いて計算する。

$$P_e = a \gamma H B_d / \{B_c + \xi (B_d - B_c - B_e)\} = 178.53\text{kN/m}^2$$

ii) 活荷重

自動車（T-25）について考え、式（4-36）を用いて計算する。

$$P_L = \frac{2P(1+i)\beta}{2.75(2H+0.2)} = 5.365\text{kN/m}^2 \quad \text{但し、} 10\text{kN/m}^2 \text{以下であるので } P_L = 10\text{kN/m}^2 \text{とする。}$$

P：後輪1輪の荷重（=100kN）

H：土被り（=6.0m）

i：衝撃係数（表4-4より=0）

β ：断面力の低減係数（=0.9）

iii) C S B に作用する荷重

$$q = P_e + P_L = 178.53 + 10.0 = 188.53 \text{ kN/m}^2$$

iv) C S B に発生する最大曲げモーメント

荷重によって C S B に発生する最大曲げモーメントは式 (4-2) により計算する。

係数 K_q は表 4-1 より求める。

$$M = K_q \cdot q \cdot r^2 = 0.2627 \times 188.53 \times 0.3465^2 = 5.946 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

v) C S B のひび割れ保証曲げモーメント

C S B のひび割れ保証曲げモーメントは、式 (4-1) より計算する。

$$M_c = K_p \cdot P_c \cdot r + K_w \cdot W \cdot r = 9.719 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

vi) 安全率

安全率は次式より求める。

$$S = M_c / M = 9.719 / 5.946 \approx 1.63 \text{ で十分安全である。}$$

(2) 道路協会式 溝型の計算例

C S B I 形、呼び径600の外圧荷重に対する設計計算

1) 管種

C S B I 形、呼び径600、外幅 $B_c = 0.786 \text{ m}$

ひび割れ試験荷重 $P_c = 101 \text{ kN/m}$

2) 計算条件

埋設形式 溝型 (素掘工法)

土被り $H = 6.0 \text{ m}$

土の単位重量 $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$

活荷重 自動車 (T-25)

3) 計算結果

i) C S B に作用する土圧

式 (4-35) を用いて計算する。

$$P_e = \gamma \cdot H = 108 \text{ kN/m}^2$$

ii) 活荷重

自動車 (T-25) について考え、式 (4-36) を用いて計算する。

$$P_L = \frac{2P(1+i)\beta}{2.75(2H+0.2)} = 5.37 \text{ kN/m}^2$$

但し、 10.0 kN/m^2 以下であるので $P_L = 10.0 \text{ kN/m}^2$ とする。

P : 後輪 1 輪の荷重 (=100kN)

H : 土被り (=6.0m)

i : 衝撃係数 (表 4-4 より = 0)

β : 断面力の低減係数 (=0.9)

iii) C S B に作用する荷重

$$q = P_e + P_L = 108.0 + 10.0 = 118.0 \text{ kN/m}^2$$

iv) C S B に発生する最大曲げモーメント

荷重によって C S B に発生する最大曲げモーメントは式 (4-2) により計算する。

係数 K_q は表 4-1 より求める。

$$M = K_q \cdot q \cdot r^2 = 0.2627 \times 118.0 \times 0.3465^2 = 3.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

v) C S B のひび割れ保証曲げモーメント

C S B のひび割れ保証曲げモーメントは、式 (4-1) より計算する。

$$M_c = K_p \cdot P_c \cdot r + K_w \cdot W \cdot r = 9.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

vi) 安全率

安全率は次式より求める。

$$F = M_c / M = 9.72 / 3.72 \approx 2.61 \text{ で安全である。}$$

(3) 道路協会式 正の突出型の計算例

C S B I 形、呼び径600の外圧荷重に対する設計計算

1) 管種

C S B I 形、呼び径600、外幅 $B_c = 0.786 \text{ m}$

ひび割れ試験荷重 $P_c = 101 \text{ kN/m}$

2) 計算条件

埋設形式	盛土
土被り	$H = 6.0 \text{ m}$
土の単位重量	$\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$
土質	砂質土 ($K = 0.4$)
沈下比	$r_{sd} = 0.7$
突出比	$P' = 1.0$
活荷重	自動車 (T-25)

3) 計算結果

i) C S Bに作用する土圧

式(4-38)を用いて、等沈下面の位置 H_e を求める。

$$H_e = 1.308\text{m}$$

$H > H_e$ となり、

$$C_c = \frac{\exp\left(K \cdot \frac{H_e}{B_c}\right) - 1}{K} + \left(\frac{H - H_e}{B_c}\right) \exp\left(K \cdot \frac{H_e}{B_c}\right) = 13.978$$

となり、式(4-37)を用いて計算する。

$$P_e = C_c \cdot \gamma \cdot B_c = 197.77\text{kN/m}^2$$

ii) 活荷重

自動車(T-25)について考え、式(4-36)を用いて計算する。

$$P_L = \frac{2P(1+i)\beta}{2.75(2H+0.2)} = 5.37\text{kN/m}^2$$

但し、 10.0kN/m^2 以下であるので $P_L = 10.0\text{kN/m}^2$ とする。

P : 後輪1輪の荷重 (=100kN)

H : 土被り (=6.0m)

i : 衝撃係数 (表4-4より=0)

β : 断面力の低減係数 (=0.9)

iii) C S Bに作用する荷重

$$P = P_e + P_L = 197.77 + 10.0 = 207.77\text{kN/m}^2$$

iv) C S Bに発生する最大曲げモーメント

荷重によってC S Bに発生する最大曲げモーメントは式(4-2)により計算する。

係数 K_q は表4-1より求める。

$$M = K_q \cdot q \cdot r^2 = 0.2627 \times 207.77 \times 0.3465^2 = 6.55\text{kN}\cdot\text{m}$$

v) C S Bのひび割れ保証曲げモーメント

C S Bのひび割れ保証曲げモーメントは、式(4-1)より計算する。

$$M_c = K_p \cdot P_c \cdot r + K_w \cdot W \cdot r = 9.72\text{kN}\cdot\text{m}$$

vi) 安全率

安全率は次式より求める。

$$S = M_c/M = 9.72/6.55 \approx 1.48 \text{で安全である。}$$

(4) Hi - CSBの計算例

1) 計算条件

管 種：Hi - CSB
呼び径：1100
土かぶり：H = 50.0m
埋め戻し土の内部摩擦角： $\phi = 30^\circ$
埋め戻し土の単位体積重量： $\gamma = 18\text{kN/m}^3$
沈下比： $\delta = 0.7$
突出比： $p' = 1$
活荷重：T - 25

2) 管にかかる荷重

i) 鉛直土圧

マーストンの正の突出形で計算する。

$$P_e = C_e \cdot \gamma \cdot B_c$$

$H \leq H_e$ のとき、

$$C_e = \frac{e^{\beta H} - 1}{2K\mu} \dots\dots\dots \text{①}$$

$H > H_e$ のとき、

$$C_e = \frac{e^{\beta H_e} - 1}{2K\mu} + \left(\frac{H}{B_c} - \frac{H_e}{B_c} \right) e^{\beta H_e} \dots\dots\dots \text{②}$$

ここに、 p_e ：鉛直土圧 kN/m^2
 H ：土かぶり $H = 50.0\text{m}$
 ϕ ：埋め戻し土の内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$
 μ ：埋め戻し土の摩擦係数
 $\mu = \tan \phi = \tan 30^\circ = 0.5774$
 B_c ：同じ呼び径のヒューム管外径 m
 H_e ：等沈下面 m

H_e は次式により求める。

$$e^{\beta H_e} - 2K\mu \frac{H_e}{B_c} = 2K\mu \cdot \delta \cdot p' + 1$$

ここに、 δ : 沈下比

p' : 突出比

この式を用いて H_e を求めると、

$H_e = 2.1689\text{m} < H$ よって②式を採用する。

$$\mu' = \mu = \tan \phi = \tan 30^\circ = 0.5774$$

$$k = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu} = \frac{\sqrt{0.5774^2 + 1} - 0.5774}{\sqrt{0.5774^2 + 1} + 0.5774} = 0.3333$$

$$\beta = \frac{2K\mu}{B_c} = \frac{2 \times 0.3333 \times 0.5774}{1.276} = 0.3016$$

$$C_e = \frac{e^{\beta H_e} - 1}{2K\mu} + \left(\frac{H - H_e}{B_c} \right) \cdot e^{\beta H_e}$$

$$= \frac{e^{0.3016 \times 2.1689} - 1}{2 \times 0.3333 \times 0.5774} + \left(\frac{50.0 - 2.1689}{1.276} \right) \times e^{0.3016 \times 2.1689} = 74.51$$

$$P_e = C_e \cdot \gamma \cdot B = 74.51 \times 18 \times 1.276 = 1711.33 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 P_e : 鉛直土圧 kN/m^2

C_e : 土圧係数

γ : 埋め戻し土の単位重量 $\gamma = 18\text{kN/m}^3$

B_c : 同じ呼び径のヒューム管外径 m

ii) 活荷重

$$P_L = \frac{2P(1+i)\beta}{2.75(2H+0.2)}$$

$$= \frac{2 \times 100 \times (1+0) \times 0.9}{2.75 \times (2 \times 50.0 + 0.2)} = 0.653 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 P_L : 活荷重 kN/m^2

P : 後輪 1 輪の荷重 $P = 100\text{kN}$

H : 土かぶり $H = 50.0\text{m}$

i : 衝撃率

$H < 4.0\text{m}$ のとき、 $i = 0.3$

$H \geq 4.0\text{m}$ のとき、 $i = 0$

ただし、 $P_L < 10\text{kN/m}^2$ の場合は $P_L = 10\text{kN/m}^2$ とする。

この場合 $P_L = 0.653\text{kN/m}^2 < 10\text{kN/m}^2$ なので、 $P_L = 10\text{kN/m}^2$ とする。

iii) 鉛直荷重合計

$$P_v = P_e + P_L = 1711.33 + 10.0 = 1721.33 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 P_v : 鉛直荷重合計 kN/m^2

iv) 水平土圧

$$P_h = k \cdot \gamma \cdot H = 0.33333 \times 18 \times 50.0 = 300.0$$

$$k = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = 0.33333$$

ここに、 P_h ：水平土圧 kN/m^2

k ：土圧係数

V) Hi-CSBに作用する外圧

$$p = \frac{P_v + P_h}{\sqrt{2}} = \frac{1721.33 + 300.0}{1.41421} = 1429.30 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 p ：Hi-CSBに作用する外圧 kN/m^2

3) 管に作用する応力

$$\sigma_c = \frac{C}{t} = \frac{1000.51}{0.15} = 6670 \text{ kN/m}^2 = 6.67 \text{ N/mm}^2$$

$$C = \frac{B}{2} \cdot p = \frac{1.40}{2} \times 1429.30 = 1000.51$$

ここに、 σ_c ：管に作用する応力 N/mm^2

C ：管に作用する圧縮力 kN/m

p ：Hi-CSBに作用する外圧 $p = 1429.30 \text{ kN/m}^2$

B ：CSBの外幅 $B = 1.40 \text{ m}$

この作用応力がHi-CSBのコンクリート許容圧縮応力度より小さければ安全である。

4) 計算結果

CSBのコンクリートは、ヒューム管と同じく遠心力製法によっているため、強度の高い高品質のコンクリートで管体の圧縮強度は 40 N/mm^2 以上を有する。 40 N/mm^2 の強度をもつコンクリートの許容圧縮応力度は、 14 N/mm^2 である（コンクリート標準示方書－構造性能照査編（2002年制定）p.243参照）。

以上より、管体に作用する圧縮応力度は $\sigma_c = 6.67 \text{ N/mm}^2$ であり、管体コンクリートの許容圧縮度 $\sigma_{ca} = 14 \text{ N/mm}^2$ に対して十分安全である。

5. CSBの水理

CSBの内面は、円形で、しかも仕上り状態もヒューム管と同じであるのでヒューム管と同様に考える。

5.1 平均流速公式

水理設計にあたって最も多く採用されている円形管の平均流速公式にはヘーゼン・ウィリアム公式とマニング公式及びクッター公式であるが、その計算の対象となる流れの領域によって適用精度があり、これらの適用範囲を明確に区別することが困難である。

一般的に

上水道管の計算にはヘーゼン・ウィリアムス公式

下水道管の計算にはマニング公式及びクッター公式

が広く用いられている。

(1) ヘーゼン・ウィリアムス (Hazen & Williams) 公式

$$V = 0.84935 C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots (5-1)$$

ここに V : 平均流速……………(m/sec)

C : 流速係数……………(=130)

I : 動水こう配

R : 径 深……………(m)

(2) クッター (Kutter) 公式

$$V = C \sqrt{R \cdot I} \dots\dots\dots (5-2)$$

$$C = \frac{\frac{1}{n} + 23 + \frac{0.00155}{I}}{I + (23 + \frac{0.00155}{I}) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

ここに V : 平均流速……………(m/sec)

n : 粗度係数……………(=0.013)

I : 動水こう配

R : 径 深……………(m)

(3) マニング (Manning) 公式

$$V = C \cdot R^{\frac{1}{2}} \cdot I^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \sqrt{R \cdot I} = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (5-3)$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

ここに V : 平均流速……………(m/sec)
 n : 粗度係数……………(= 0.013)
 I : 動水こう配
 R : 径 深……………(m)

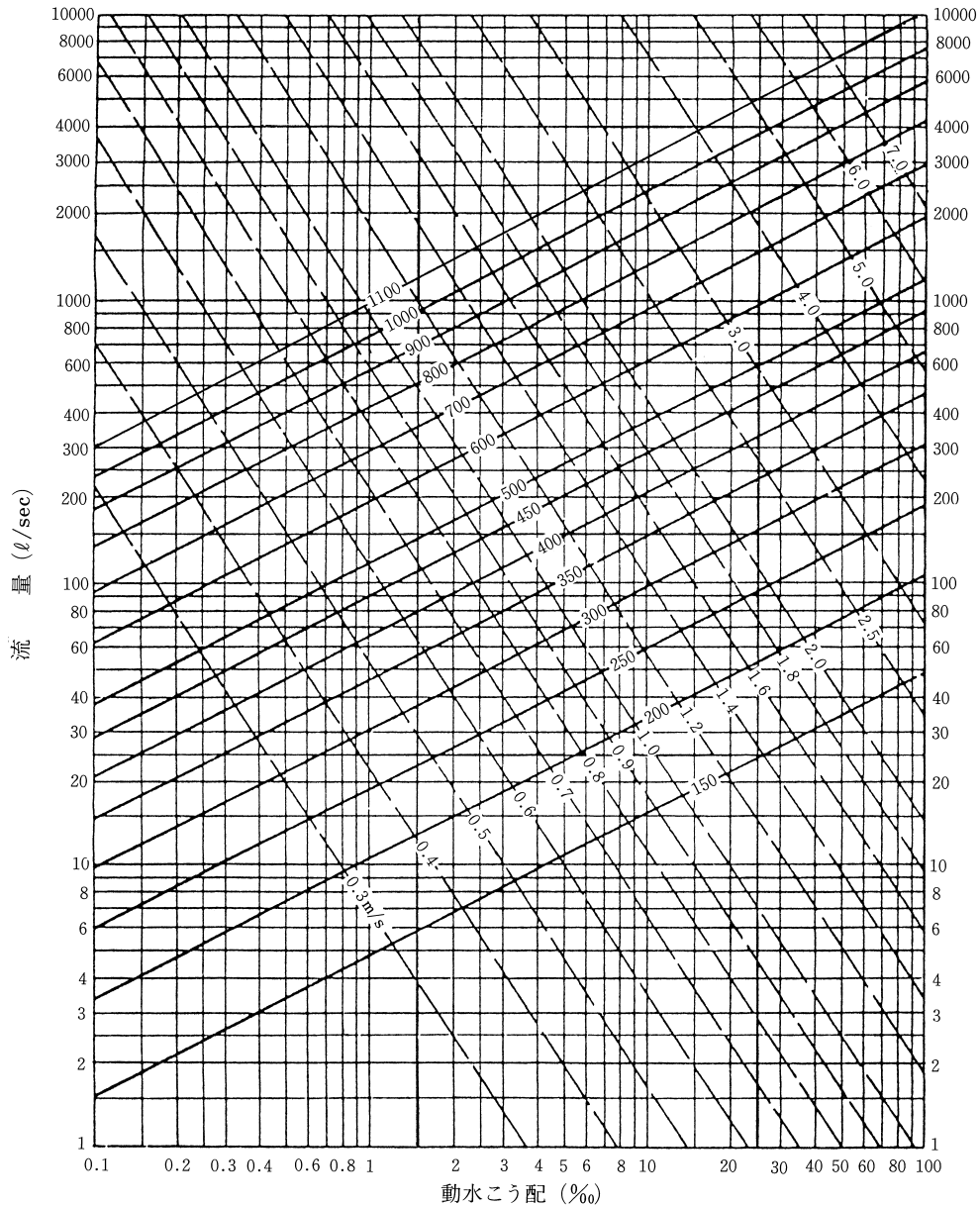
粗度係数 n の値はクッター公式の n と同一の値を用いるのが普通である。

5.2 マニング公式による流量図表

$$Q = A \cdot V = A \times \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (5-4)$$

ここに A : 流水断面積 (m²)
 n = 0.013

図 6 - 1 マニング公式による流量図表

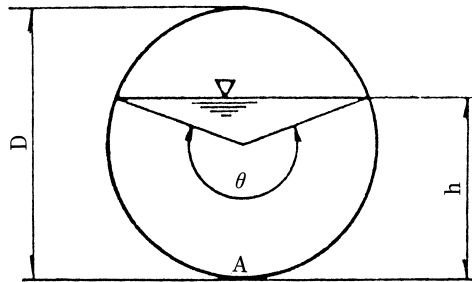


5.3 水理特性曲線

管きよの流量、流速は、その水深の程度に応じて変化し、円形管では半流の場合と満流の場合とは両者の流速は等しく、その中間の水深では流速は常にこれより増加する。図5-3は Manning 公式による水理特性曲線である。参考のため流水断面諸係数を表5-1に示す。

流速は水深81%のとき最大となり、流量は、水深93%のとき最大となるので、満流時における設計は、十分余裕のあるものとなる。

図5-2 円形管



流水断面積

$$A = \frac{1}{8} (\theta - \sin \theta) D^2 \quad (\text{m}^2) \quad \dots\dots\dots (5-5)$$

流水潤辺長

$$P = \frac{1}{2} \theta \cdot D \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots (5-6)$$

径 深

$$R = \frac{A}{P} = \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right) \frac{D}{4} \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots (5-7)$$

流水深さ

$$h = \frac{D}{2} \left(1 - \cos \frac{\theta}{2}\right) \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots (5-8)$$

図 5 - 3 水理特性曲線

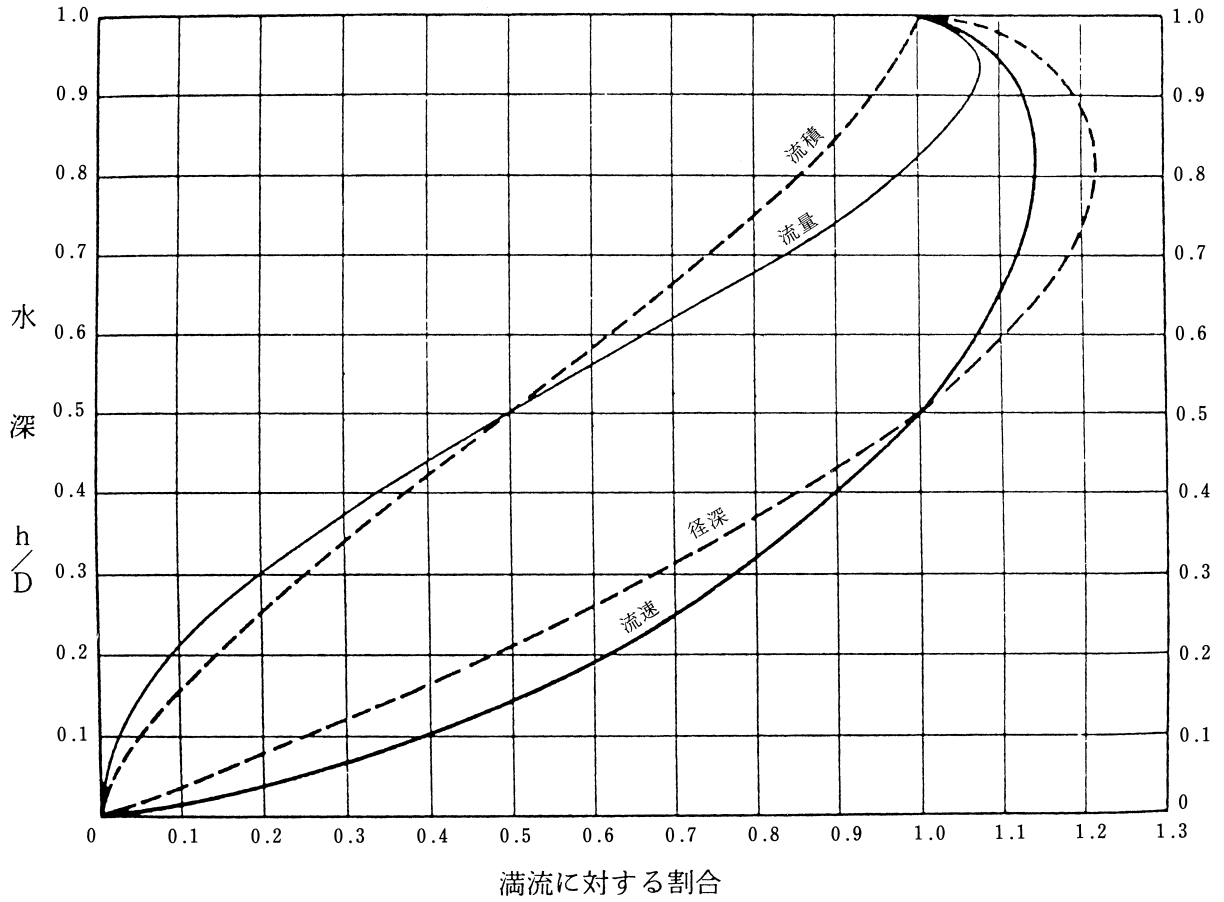


表 5 - 1 流水断面諸係数

$\frac{h}{D}$	θ (度)	θ (rad)	$\sin \theta$	流水断面比	径深比	流速比	流量比
1.0	360.0	6.2832	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.95	308.3	5.3811	-0.7846	0.9813	1.1460	1.0950	1.0745
0.90	286.3	4.9962	-0.9600	0.9479	1.1920	1.1243	1.0657
0.85	268.9	4.6924	-0.9998	0.9059	1.2132	1.1374	1.0304
0.80	253.7	4.4286	-0.9600	0.8577	1.2168	1.1397	0.9775
0.70	227.2	3.9646	-0.7332	0.7476	1.1848	1.1197	0.8371
0.60	203.1	3.5443	-0.3919	0.6264	1.1040	1.0724	0.6718
0.50	180.0	3.1416	0.0000	0.5000	1.0000	1.0000	0.5000
0.40	156.9	2.7389	0.3919	0.3736	0.8568	0.9019	0.3370
0.30	132.8	2.3186	0.7332	0.2524	0.6836	0.7759	0.1958
0.20	106.3	1.8546	0.9600	0.1424	0.4824	0.6148	0.0876
0.15	91.1	1.5899	0.9998	0.0940	0.3712	0.5163	0.0485
0.10	73.7	1.2870	0.9600	0.521	0.2540	0.4008	0.0209
0.05	51.7	0.9021	0.7846	0.0187	0.1304	0.2569	0.0048

6. CSBの施工

(1) 施工の要点

施工に当たって個々の製品を計画路線に沿って所定の位置に正しく、安全に、早く布設し設計に基づいた管路の機能を十分に発揮させるのが施工の最終目的であることはいうまでもない。

CSBは、プレキャスト製品として十分品質管理のできる工場で製造され、厳重な検査を経て出荷されているので、その品質は十分保証できる製品であるが、設計に当たっては必ず基礎の構造や掘削及び埋めもどしの条件が含まれているので、設計に定められたそれらの条件に適合するように忠実な施工がなされなくてはならない。

(2) 埋設工法

CSBはおもに排水管路の土かぶりの大きい個所や道路横断及び側溝などに利用されることが多い。したがってCSBの埋設方法は一般的に開削工法によるものである。

6.1 CSBの取扱い

(1) 輸送

1) 輸送に先立ち、車の運搬経路及び荷おろし場所の調査を行っておくのがよい。

2) 積込に際しては、有害なきずの有無を確認し、輸送中最も安定した状態がかつ荷おろしにも便利のように積込むのがよい。

3) ゴム輪はCSBに取付けないで輸送するのが原則とするが、注文者の要求や特別な理由のために接着剤などによって取りつけて運搬する必要がある場合にはゴム輪の外面に広幅のシールテープなどで被覆し、又積みおろしの際に切断したり、損傷したりすることのないように注意する。

(2) 荷おろし及び保管

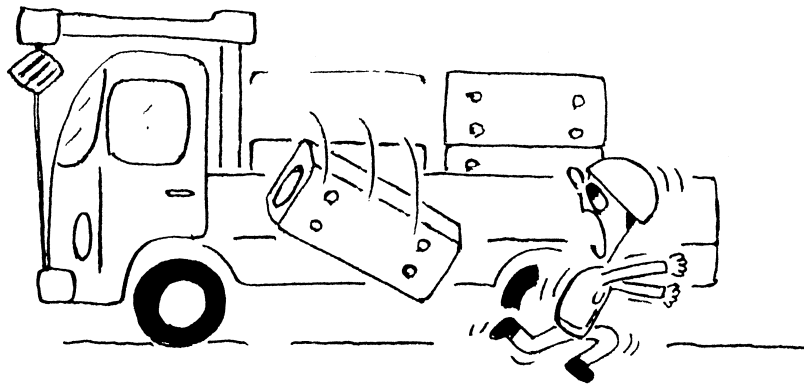
1) 荷おろしはクレーンなどの荷役機械によるのが安全であり、重量に適合したものを選定し、機械の性能をよく点検してから作業を始める。

荷おろしには、吊り金具を用いて行うが、いずれの場合も受口・挿口には接しないように下ろさなければならない。

2) どのような場合でも大きな衝撃を与えることは禁物で、CSBを硬い地面に直接落下させるような事は避ける。又段積みする場合には台木を敷き落下しないように整理して置く。

3) 寒冷地において冬期、CSBの外表面が霜などで凍結している場合、特に滑り易くなっているので、トラック車上からおろす場合は、作業に十分注意が必要である。

4) 住宅地等の周辺で保管する場合は十分な安全対策を講ずる。



5) 現場でゴム輪を管体に取り付けたまま大気中に放置しておくことは禁物である。

ゴム輪はCSBに取り付けるまでは原則として室内の暗所で温度の低いところに保管し、又折れ曲がったり、ねじれた状態は避けなくてはならない。

また、緊結用金具(プレート、ワッシャー、ボルト)滑剤などは、現場に放置しておいて盗難にあうことのないよう倉庫などに保管する。

6.2 土工

(1) 掘削

1) 掘削幅は、施工条件、地下埋設物の有無、作業の安全確保、付近建築物に与える影響などについて検討し、施工可能な最小幅とすることが望ましい。

CSBの外幅は、ヒューム管B形の外径（ソケット部）より数cm小さく、しかもコンクリート基礎等の型枠作業も必要ないので、CSBの標準掘削幅は、日本下水道協会の「下水道用管(剛性管)に係わる土圧調査報告書S63」にもとづき、表6-1とする。

表6-1 CSBの標準掘削幅

単位：mm

呼び径	掘削幅	
	A 矢板引抜きを行わない場合	B 矢板引抜きを行う場合
150	750	950
200	800	1000
250	850	1050
300	900	1100
350	950	1150
400	1050	1250
450	1100	1300
500	1150	1350
600	1350	1550
700	1450	1650
800	1600	1800
900	1750	1950
1000	1850	2050
1100	2050	2250

注) この掘削幅は、CSB I形、Ⅲ形、Ⅳ形に適用する。

- 掘削底面はCSBの据付の難易に影響するので、設計に従って正確に仕上げる必要がある。
- 素掘りで掘削を行う場合、法面の崩壊を防ぐために地盤の土質と掘削深さに応じて適当なこう配をつけるのが一般的であるが、土圧はCSB天端の掘削幅によって左右されるので、CSB天端まではなるべく鉛直とするのが望ましい。
- 軟弱地盤や、湧水が激しく法面の崩壊又は地すべりの生ずる危険のある場合は、矢板等を用いて土留をする必要がある。

(2) 水替え

掘削を行う場合には、地下水位又は湧水の状況に適応した排水用堅型ポンプ、セルフプライミングポンプ、水中ポンプ等の排水用機器を準備し、湧水量及び土質によってはウェルポイント工法を採用し、排水に万全を期する。

掘削による踏荒しによっては、基礎地盤を軟弱にするおそれのある場合は、十分水替えを行った後に作業を始めなくてはならない。また、湧水量に応じた大きさの排水路を溝端に設けると排水の効果がよい。

(3) 埋戻し

- 1) 埋戻しは、接合及び据付けが完了したならば、なるべく速やかに行うのが望ましい。
- 2) 埋戻し土は、砂又は良質土を使用する。
- 3) 埋戻し作業に際しては、CSB及び継手に有害な荷重や衝撃を与えないようにCSBの両側より均等に埋戻すこと。
- 4) ブルドーザーなどの土木機械によって埋戻しを行う場合は、CSBの上に直接機体が乗るようなことはさける。
- 5) 矢板を使用した場合は、矢板引抜きにより埋戻し土と原地盤の間の縁が切れ、一時的に土圧が増加するので、矢板を引き抜く時期は完全に埋戻した後ではなく、埋戻しを溝壁の崩壊や両側地盤の地割れを生じない程度までに止め、矢板を引き抜いた後に埋戻しを完成させるのが望ましい。

(4) 基礎の種類

1) 土基礎（直接基礎）

地盤の極めてよい場所で、CSBの底面が直接地盤に密着するように原地盤を掘削して床付けするものである。

2) 砂又は砂利（碎石）基礎

砂又は砂利（碎石）を敷き、底面が万遍無く密着するように平に締固めて、CSBを支持するものである。

基礎厚は最小150～250mmとするのが望ましい。表6-2に各呼び径における輪荷重直接載荷の場合の最小基礎厚さを示す。

CSBの据付地盤が岩盤の場合は、必ずこの型式の基礎とする必要があり、この場合の基礎厚は前記より多少厚めにするのが安全である。

なお、管底に流水があって、基礎の洗掘されるおそれのある場合や、地下水位が高く、地震による砂の流動化が予測される所では砂利（碎石）基礎とするのがよい。

3) 布打ち基礎（べた基礎）

軟弱地盤で、支持層が極めて深く、くいの打ち込みが不経済となるような場合は、コンクリート基礎を打設し、据付け地盤の沈下を防止する方法である。なお、この方法はCSBの据付けも容易であるという利点があり軟弱地盤でない箇所にも用いるとよい。

コンクリートの基礎厚は最小150～200mmとするのが望ましい。

(5) 基礎の施工

- 1) 砂又は砂利（碎石）基礎を行う場合には、設計上の基礎条件を満足するように十分密実に締め固める必要がある。
- 2) 布打ち基礎を行う場合には、作業能率のみを考えて、水セメント比の大きいコンクリートは使用してはならない。

表 6 - 2 C S B の最小碎石基礎厚さ

呼び径	碎石基礎厚さ h_x (mm)	
	$4 \leq N < 8$	$8 \leq N$
150	250	150
200		
250		
300		
350		
400	200	
450		
500	150	
600		
700		
800		
900		
1000		
1100		

注： N値が4未満の軟弱な箇所に布設する場合は、その層を除去し、良質土と置換するなどの補助工法を検討する必要がある。

6.3 布設工

(1) C S B の配置、吊りおろし及び据付け

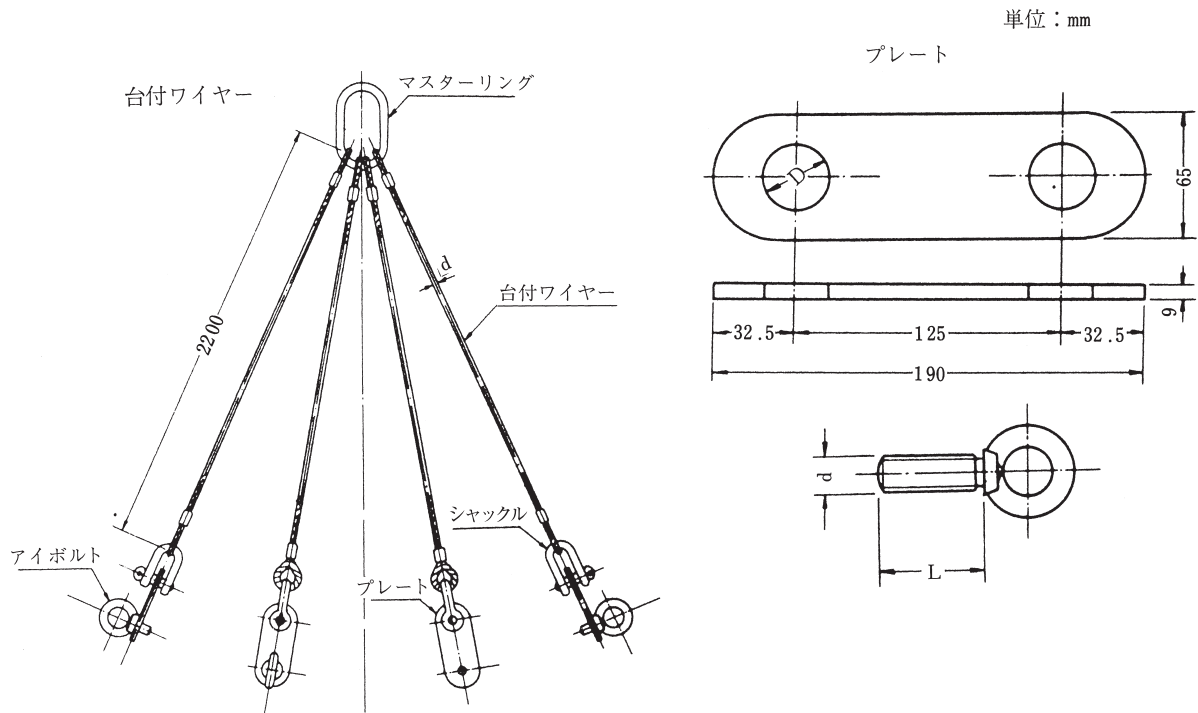
- 1) C S B は、布設現場の状況をよく検討して、布設作業中土木機械によって損傷を受けないように注意し、作業の手順に最も便利なように配置するのがよい。
- 2) 継手部は必ず若干の隙間が生じ、いわゆる継手のびがおこるので、長い管路ではこれを含めた施工延長を考慮して配管するのが望ましい。
- 3) C S B を吊りおろす前には、基盤の仕上がり、据付け高さ及びこう配を確かめ、吊りおろした後で修正を行うことのないようにしなければならない。
- 4) C S B を掘削溝中に吊りおろす方法は、布設現場の状況及び工事の規模によって最も適合したものを選定すべきであるが、一般的には、C S B 側面に設置されている埋込みナットとワイヤ先端の吊具ボルトを緊結しトラッククレーンなどを用いて吊り込み、その管軸線と管路線とが正しく一致するように布設する。この場合表 6 - 3 に示すようなトラッククレーンが用いられる。

表 6 - 3 トラッククレーンの大きさ

I 形及びⅢ形		IV 形	
呼び径	クレーン能力	呼び径	クレーン能力
150~ 450	4.9 t	200~ 500	4.9 t
500~1100	16 t	600~1100	16 t

- 5) CSBの吊り上げには、インサート4ヶ所を用いて行う。(付録5参照)
 吊り上げに用いる吊り金具の形状寸法の一例を図6-1に示す。

図6-1 吊り金具の形状寸法(例)



単位：mm

呼び径	プレート	台付ワイヤー	シャックル径	アイボルト	
	D	d		d	L
150	18	9	9	16	27
200					
250					
300					
350					
400					
450					
500					
600					
700					
800					
900	22	14	16	20	30
1000					
1100					



6) C S Bの布設は、水替えの便のため、なるべく布設基盤の低い方より高い方に向かって進んだ方が能率的である。

(2) 接 合

C S Bはゴム輪によって接合する継手形式で水密性に優れているが次の事に十分注意して行う。

- a. ゴム輪は使用する前に、きず、老化の有無及び寸法の適否を確かめなければならない。
- b. ゴム輪の取付けは、まず挿し口を清掃点検した後、所定の位置に円周各部の緊張度がほぼ等しくなるように調整しながら取付ける。
- c. 接合作業直前は、受口内面及びゴム輪の滑動面をさらに点検清掃し、はけ又は新しいウエスなどを用いて滑材を均等に塗布する。
- d. 接合は、インサートに専用吊り金具を用いて吊り、接合しようとするC S Bの挿し口を静かに既設のC S Bの受口に近づけ、軸心を合わせながら挿し口の上端を受口内面の上端につけ、引き続き引き込み及び吊りおろしを連携よく行うことによって比較的容易に接合できる。
- e. 継手のさし込みは、レバブロックなどの引き込み器具を用い、ワイヤーロープをかけてC S Bの外側から操作し引き込む方法が一般的である。ワイヤーロープの控えは数本離れた既設のC S Bにとる。呼び径700以下の場合と、人が管の中に入って作業できる呼び径800以上について、接合方法の一例を図6-2(a), (b)に示す。

図 6 - 2 C S B 接合方法の一例

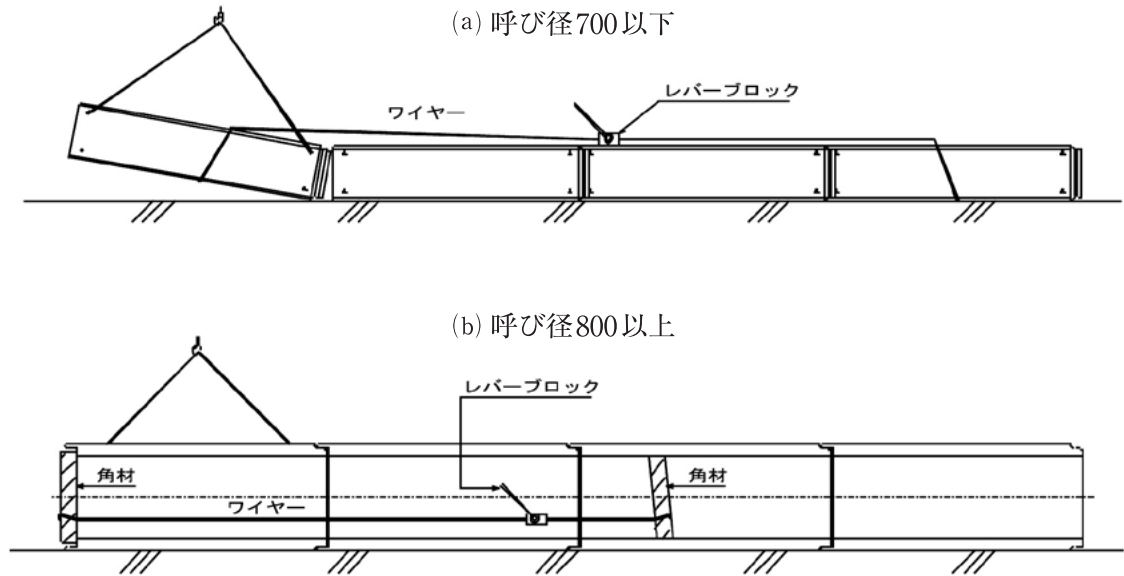


表 6 - 4 に示すようなレバーブロック及びワイヤーロープが一般に用いられる。

表 6 - 4 接合器具の能力

呼び径	レバーブロック 能力 (t)	ワイヤーロープ 径 (mm)
150~ 400	2	9
450~ 800	3	12
900~1100	5	16

f. 接合には滑材を使用し、地下水位の高い所では止水滑材を用いるのがよい。その継手 1ヶ所当りの標準使用量は表 6 - 5 の通りである。

表 6 - 5 滑材の標準使用量 (単位: g)

呼び径	標準使用量	呼び径	標準使用量
150	35	700	115
200	40	800	140
250	45	900	160
300	50	1000	180
350	55	1100	200
400	60		
450	65		
500	80		
600	100		

g. 接合及び据付けが完了したならば、継手がただしく挿入されたか否かを確認しなければならない。もし不确实と認めたらば、継手を離脱させて継手部及びゴム輪を点検し、原因を調査して異常がなければ再び同じ手順でやり直さなければならない。

継手の許容拔出量を表 6 - 6 に示す。

表 6 - 6 許容拔出量

単位：mm

呼 び 径	許容拔出量
150	11~16
200	11~16
250	11~16
300	10~15
350	10~15
400	11~17
450	11~17
500	11~17
600	13~20
700	12~18
800	13~20
900	15~23
1000	18~28
1100	19~29

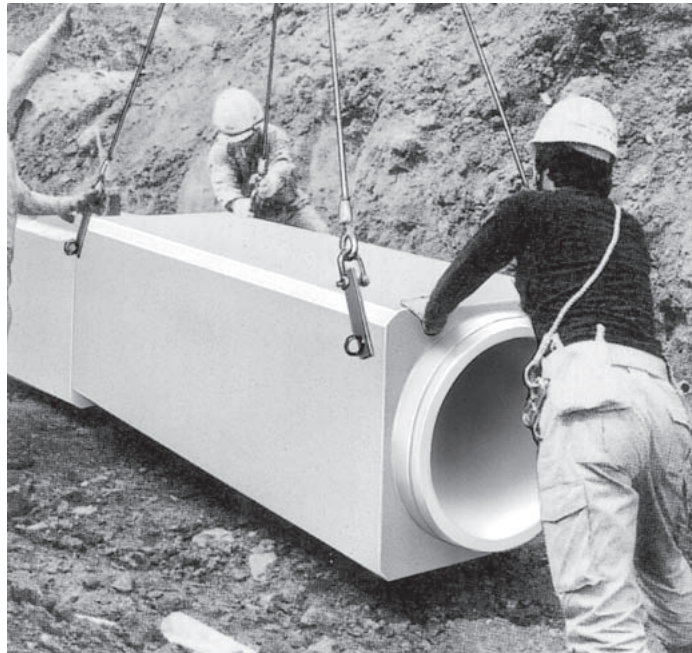
注. 上記の値は最大拔出量 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ 程度としているが、地盤沈下のおそれのある場合はなるべく小さく、上限はかなり良地盤の場合とする。

h. 完全に接合が終了した後、吊りこみ装置をはずし、継手が動かないように左右を固定して、引き込み装置をゆるめる。

i. CSBは緊結金具を用いるのを原則とし、特に道路横断用、車両直載箇所など、離脱防止を目的に緊結する場合は、CSBI形及びⅢ形については上下左右の両側8ヶ所をⅣ形については下部側面の4ヶ所を緊結金具を用いて緊結する。緊結金具及び緊結方法については付録5.に示す。

j. 全タイプともB形ヒューム管と同一継手寸法で、ゴム輪も全く同じものを使用して接合するので、全タイプともB形ヒューム管と接合可能だけでなく、各タイプ相互にもすべて接合できる特色がある。

緊結する場合は、付録5.に示す緊結金具を用いればよい。



6.4 布設歩掛り

CSBの布設歩掛りは、工事現場の状況、土工の進捗及び施工機械の種類や能力などの各種の条件によりかなり大きな差がある。関東地建「プレキャスト化設計要領（案）街渠縦断管」（平成6年7月）の敷設歩掛りを参考として作成したものを表6-7に示す。

呼び径150～200については実績等を考慮して定めている。

表6-7 CSBの布設歩掛り表

単位：10m当り

呼 び 径	世 話 役 (人)	特殊作業員 (人)	普通作業員 (人)	トラッククレーンの 運転日数(日)	諸雑費	トラッククレーンの規格					
						I形、III形	IV形				
150	0.17	0.33	0.33	0.18	労務費 の1%	4.9t吊					
200	0.17	0.34	0.34	0.19			4.9t吊				
250	0.18	0.34	0.34	0.19				4.9t吊			
300	0.18	0.36	0.36	0.20					4.9t吊		
350	0.18	0.36	0.54	0.20						4.9t吊	
400	0.19	0.37	0.56	0.20							4.9t吊
450	0.19	0.39	0.58	0.21		16t吊					
500	0.20	0.40	0.59	0.22			16t吊				
600	0.21	0.42	0.84	0.23				16t吊			
700	0.22	0.44	0.88	0.24					16t吊		
800	0.23	0.46	0.92	0.25						16t吊	
900	0.24	0.48	0.97	0.26							16t吊
1000	0.26	0.52	1.03	0.28	16t吊						
1100	0.27	0.54	1.08	0.29		16t吊					

注1. 本歩掛りは、運搬距離20m程度の小運搬、CSBの接合、据付作業であり、床掘、基礎、埋戻し、水替等は含まない。

注2. 吊りおろし、据付け作業は使用する機械により左右されますが、上表に示すクレーンを使用して、連続して作業出来る場合です。

注3. 諸雑費は、滑材及びレバブロック等の費用であり、労務費の合計に上表の諸雑費率を乗じた金額を上限として計上する。ただし、管切断費用及び管損失費用は含まない。

6.5 曲線布設

C S Bの曲線布設に当っては、平面曲線か縦断面曲線か確認の上検討する必要がある。ここでは平面曲線についてのべる。

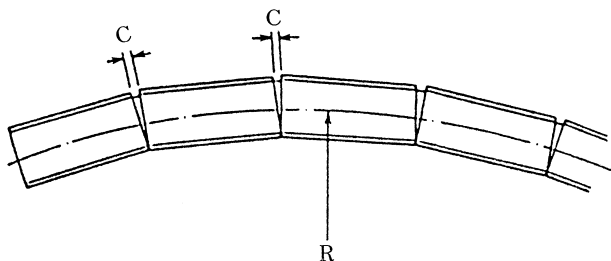
(1) C S Bの継手箇所を少しずつ曲げながら、曲線布設をする場合

各継手を均等に曲げ一箇所当りの曲げ角度は出来るだけ小さくするのが望ましい。

1) 定尺C S Bを用いて曲線布設する場合の許容曲げ角度（1箇所当り）と曲率半径

許容曲げ角度を最大曲げ角度の $\frac{1}{2}$ とした場合の曲率半径（R）、外側の隙間（C）を図6-3に示す。

図6-3 C S Bの曲率半径と隙間



呼 び 径	許容曲げ角度	曲率半径 R (m)	外側隙間 C (mm)
150	4° 25'	26	20
200	3° 30'	39	19
250	2° 55'	47	18
300	2° 25'	57	18
350	2° 05'	66	17
400	2° 05'	66	20
450	1° 50'	75	19
500	1° 40'	83	19
600	1° 40'	83	23
700	1° 15'	110	20
800	1° 20'	104	24
900	1° 15'	111	25
1000	1° 20'	104	30
1100	1° 15'	111	31

注. 上表はI形～IV形まで全タイプに適用できる。

2) 定尺及び短尺CSBによる曲率半径 (R) と外側隙間 (C) との関係

特にⅢ形を使用した道路側溝の場合は、曲率半径がかなり小さくなる場合があるので、この場合は短尺CSBを併用して曲線布設をする。

計画曲率半径に適合する定尺又は短尺CSBの使いわけの早見表として、Ⅲ形についての曲率半径と外側隙間を表6-8に示す。

表6-8 定尺、短尺CSBによる曲率半径と隙間関係

単位：mm

曲率半径 R (m)	8	10	15	20	25	30	40	60	80
呼び径 有効長	定 (1)(2)(3)	定 (1)(2)(3)	定 (1)(2)(3)	定 (1)(2)(3)	定 (1)(2)(3)	定 (1)(2)(3)	定 (1)(2)(3)	定 (1)(2)(3)	定 (1)(2)(3)
250	- - (32) (23)	- - (26) 18	- (27) 17 12	- (20) 13 9	(35) 16 10 7	(29) 13 8 6	(22) 10 6 5	15 7 4 3	11 5 3 2
300	- - - (27)	- - (30) (21)	- (31) (20) 14	- (23) 15 11	- (19) 12 8	(34) 16 10 7	(25) 12 7 5	17 8 5 4	13 6 4 3
350	- - - (31)	- - (34) (24)	- - (23) 16	- (27) 17 12	- (21) 14 10	- 18 11 8	(29) 13 8 6	(19) 9 6 4	14 7 4 3
400	- - - (35)	- - (38) (28)	- (40) (26) 18	- (30) 19 14	- (24) 15 11	- 20 13 9	(33) 15 10 7	(22) 10 6 5	16 7 5 3
450	- - - -	- - - (31)	- - (29) (21)	- (34) (21) 15	- (27) 17 12	- (22) 14 10	(37) 17 11 8	(24) 11 7 5	18 8 5 4
500	- - - -	- - - (34)	- - (33) (23)	- 37 (24) 17	- (30) 19 13	- (25) 16 11	- 18 12 8	(27) 12 8 6	(20) 9 6 4
600	- - - -	- - - (41)	- - (38) (27)	- (44) (28) 20	- (35) 22 16	- (29) 19 13	- 22 14 10	(33) 15 9 7	(24) 11 7 5

注1. 有効長は下表に示す区分である。

単位：mm

呼び径	定尺・短尺CSBの有効長区分			
	定	(1)	(2)	(3)
250~600	2400	1100	700	500

注2. 表中数字は許容曲げ角度以内の外側隙間 (C) を示し、() 数字は最大曲げ角度 $\frac{1}{2}$ 以上の隙間を示す。また-は最大曲げ角度をオーバーする場合である。

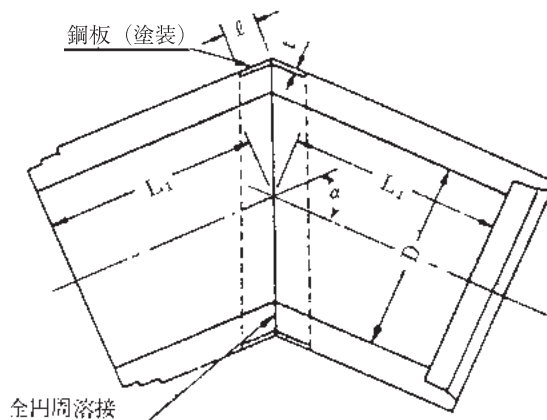
注3. 表6-8はⅢ形以外のタイプにも適用する。

(2) 曲管CSBを用いて、曲線布設をする場合

曲管CSBは図6-4に示すように工場で曲管CSBとして製造したものを使用して曲線布設するものである。

曲管CSBの屈折部は、埋込鋼板胴カラーを全円周溶接している。屈折角度は $11^{\circ}15'$ 、 $22^{\circ}30'$ 及び 45° の三種類を原則とするが、現場の状況により任意角度の製造も可能である。

図6-4 曲管CSB例 (I形)



単位：mm

呼び径	D	屈折角 (α)	L_1	ℓ	t	参考質量(kg)
150	150	11°15'	400	80	4.5	88
200	200					150
250	250					195
300	300					253
350	350					318
400	400					400
450	450	22°30'	500	80	4.5	498
500	500					599
600	600					814
700	700	45°	500	90	6.0	1080
800	800					1360
900	900					1680
1000	1000					2010
1100	1100					2460

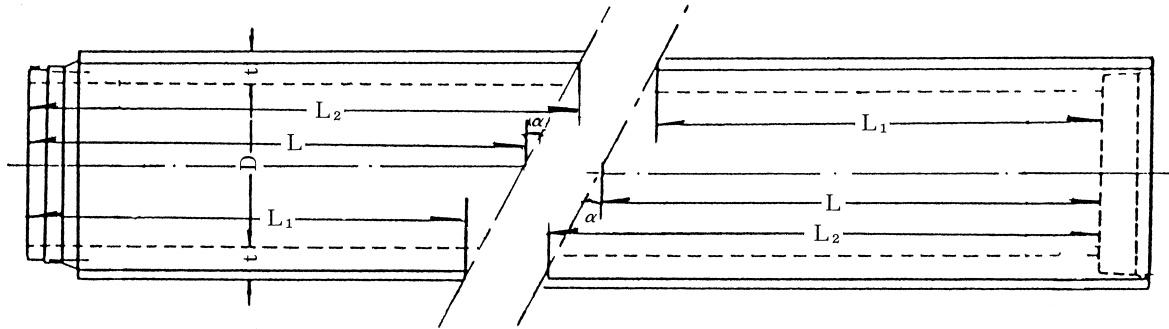
注. L_1 寸法と ℓ 寸法は最小値を示す。

(3) 斜切CSBを用いて曲線布設する場合

斜切CSBは図6-5に示す通りで、あらかじめ工場で斜切製造又は切断したものである。

この場合は、屈折部の継手部は突き合わせするだけで止水性はほとんどないので、突き合わせ面に接着剤を用いるか、内目地幅をあらかじめ設けて、エポキシ樹脂モルタルを充填するなどの補助工法が必要である。

図 6 - 5 曲管用斜切管寸法

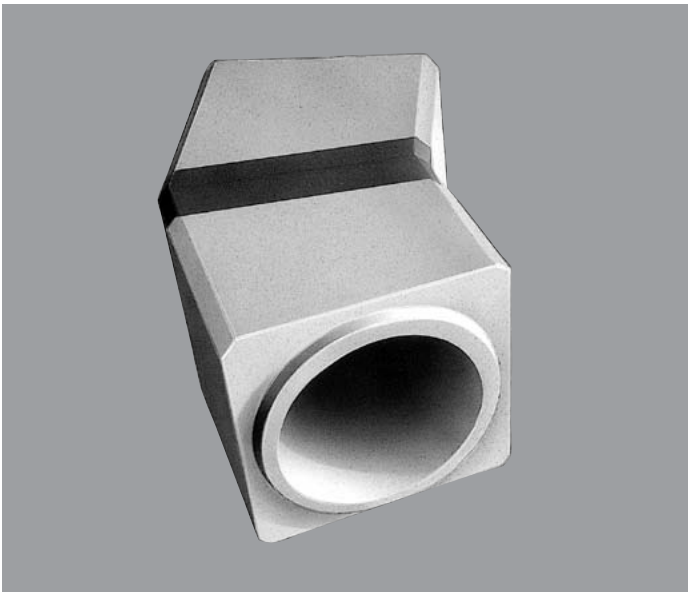


単位：mm

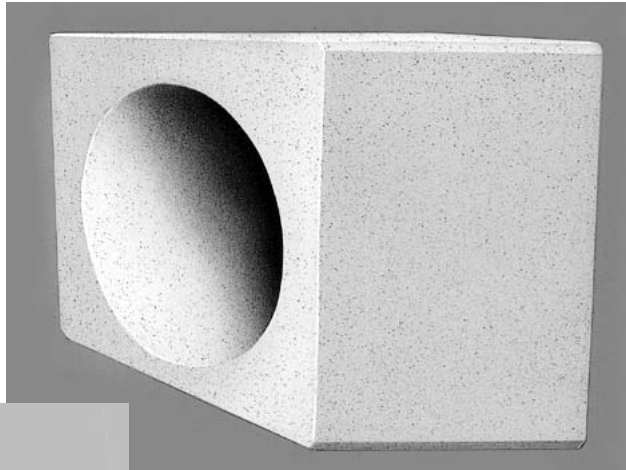
呼び径	D	T	L	$a = 5^{\circ}37'30''$		$a = 11^{\circ}15'$		$a = 22^{\circ}30'$		$a = 45^{\circ}$		参考質量 (kg)	
				L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	○	—C
				150	150	52	1000	993	1007	985	1015		
200	200	54	1000	990	1010	980	1020	959	1041	900	1100	141	160
250	250	56	1200	1188	1212	1175	1225	1148	1252	1075	1325	223	247
300	300	60	1200	1185	1215	1170	1230	1138	1262	1050	1350	289	321
350	350	64	1200	1183	1217	1165	1235	1128	1272	1025	1375	363	403
400	400	70	1200	1180	1220	1160	1240	1117	1283	1000	1400	455	508
450	450	77	1200	1178	1222	1155	1245	1107	1293	975	1425	565	632
500	500	83	1200	1175	1225	1150	1250	1096	1304	950	1450	680	760
600	600	93	1200	1170	1230	1140	1260	1076	1324	900	1500	922	1030
700	700	105	1200	1166	1234	1130	1270	1055	1345	850	1550	1220	1370
800	800	116	1200	1161	1239	1120	1280	1034	1366	800	1600	1540	1750
900	900	126	1200	1156	1244	1110	1290	1014	1386	750	1650	1890	2150
1000	1000	135	1200	1151	1249	1100	1300	993	1407	700	1700	2260	2580
1100	1100	150	1200	1146	1254	1090	1310	972	1428	650	1750	2740	3150



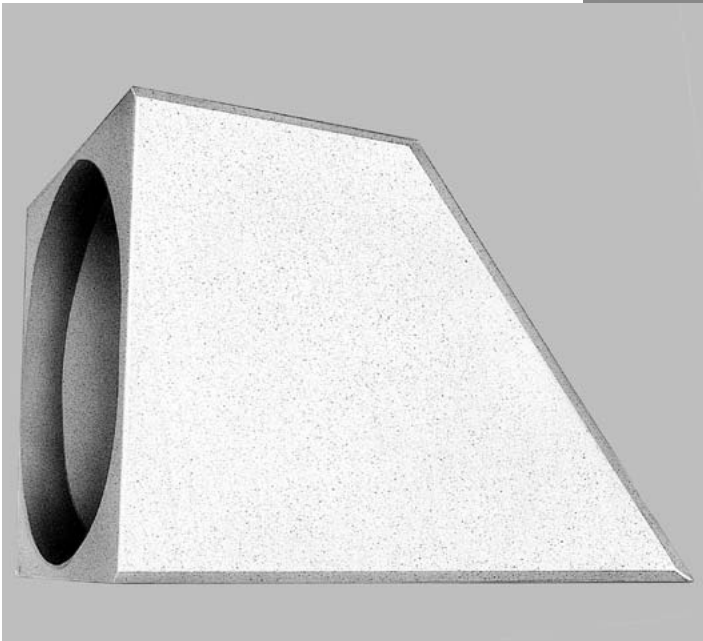
継手箇所を少しずつ曲げて布設



曲管CSB



斜切CSB



斜切CSBを用いた布設

6.6 マンホールとの接続

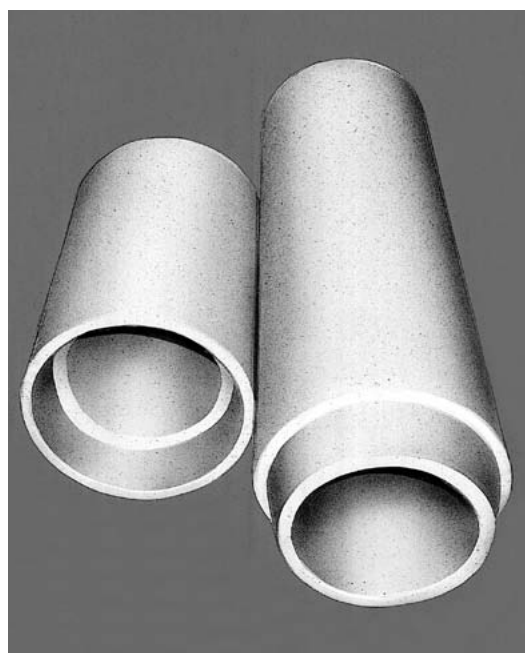
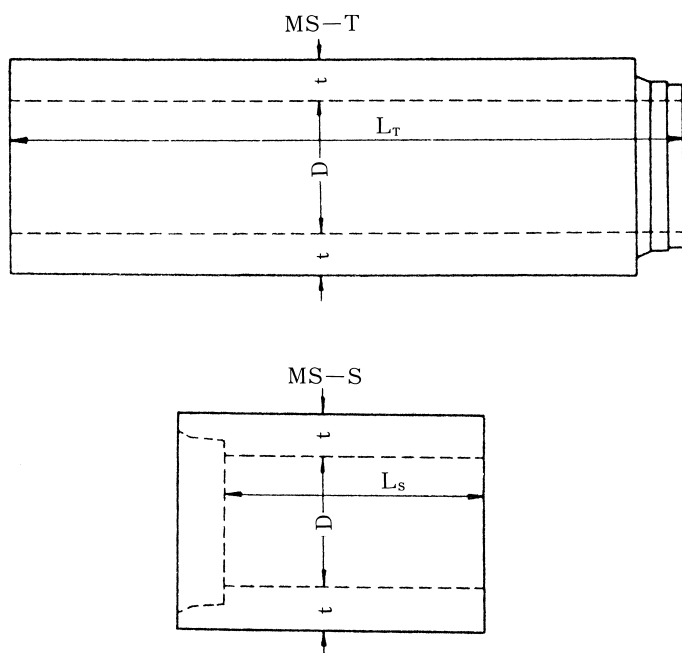
マンホールには、組立マンホールが多く用いられており、すでに円形の取付孔が削孔されている場合、CSBを直接接続するには不都合である。

そのために、CSBマンホール取付用短管を用いてマンホールと接続する。

CSBマンホール取付用短管は、CSBの外圧強さと同等で、継手部の受挿寸法もCSBと同一で、CSB I形、IV形に適用する。

CSBマンホール取付用短管の形状寸法を図6-6に、使用例を図6-7に示す。

図6-6 CSBマンホール取付用短管



CSBマンホール取付用短管の形状寸法

単位：mm

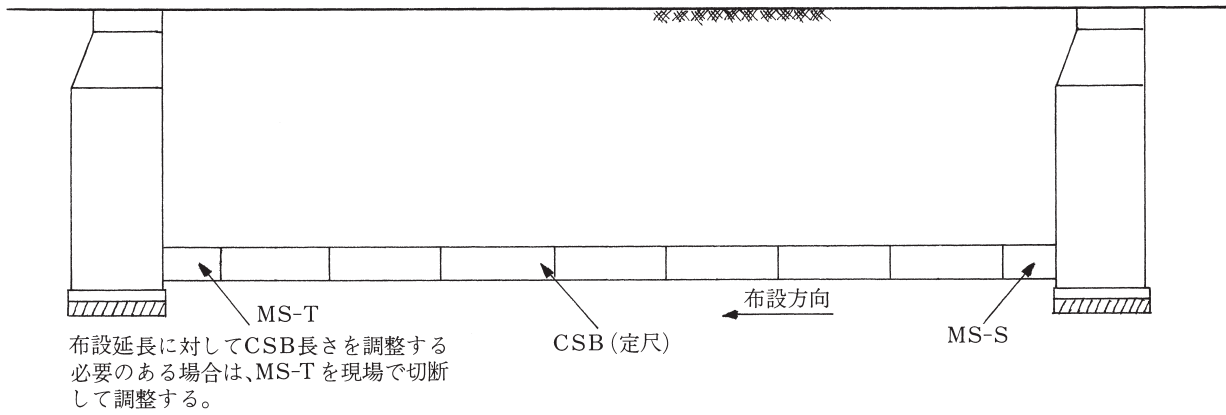
呼び径	D	t	L _T (標準長)	L _S (標準長)	削孔径 (適用径)	参考質量 (kg)		試験荷重 (kN/m)
						MS-T	MS-S	
150	150	52	1200	500	314 (B 200)	93	44	65
200	200	80	1200	500	420 (E 250)	195	97	75
250	250	82	1200	500	474 (E 300)	238	117	75
300	300	85	1400	700	530 (E 350)	336	191	75
350	350	88	1400	700	586 (E 400)	397	225	75
400	400	92	1400	700	644 (E 450)	465	264	80
450	450	95	1400	700	700 (E 500)	533	302	80
500	500	100	1400	700	760 (B 600)	619	349	82
600	600	108	1400	700	886 (B 700)	789	444	90
700	700	130	1400	700	1030 (E 800)	1110	630	98
800	800	140	1400	700	1150 (E 900)	1350	769	104
900	900	150	1400	700	1270 (E 1000)	1620	920	110
1000	1000	155	1400	700	1380 (E 1100)	1840	1040	115
1100	1100	165	1400	700	1460 (E 1200)	2150	1220	118

注. L_T、L_Sの寸法は、型枠で経済的にMS-T及びMS-Sを製造する場合の組合せ長さであり、この長さの中で現場状況に応じてMS-T、MS-Sの長さを任意にかえて製造することができる。

MS-Tの方は布設延長の調整を行う場合があるので、長くしておいた方が実用的であり、上表のL_T及びL_Sの長さは、その標準を示したものであり、必ずしもこの長さにこだわることはない。

削孔径の適用径のBはヒューム管B形、Eは推進管を示す。

図 6 - 7 マンホール取付例



付 録

付 録 1.	C S Bの耐荷力……………65
	(1) I形及びⅢ形
	(2) IV形
	(3) ペンタボックス
付 録 2.	土圧一覧表……………66
	(1) 下水道協会式 (J S W A S A - 1)
	(2) 素堀工法 (溝形マーストン公式)
	(3) 盛土工法 (正の突出形マーストン公式)
	(4) 自動車荷重 (T - 25)
付 録 3.	C S Bの許容土被り……………70
	(1) I形
	(2) IV形
	(3) 管種選定図
付 録 4.	C S Bの対ひび割れ抵抗曲げモーメント (Mr) ……74
	(1) I形及びⅢ形
	(2) IV形
付 録 5.	C S B緊結金具形状寸法……………77
	(1) 緊結金具明細
	(2) 緊結する組合せ
	(3) 各組合せによる緊結金具
付 録 6.	C S Bとコンクリート固定基礎工法との経済性比較 ……81
	(1) 経済性比較の条件
	(2) 施工標準断面
	(3) 直接工事費比較
	(4) 施工日数比較図

付録 1 . CSBの耐荷力

(1) I 形及びⅢ形

呼び径	ひび割れ試験荷重による曲げモーメント						自重による曲げモーメント			計 Mc (kN・m)	耐荷力	
	試験荷重 Pc (kN/m)	厚さ t (m)	管厚中心 半径 r (m)	p = t/r	係数 Kp	曲げ モーメント Kp・Pc・r (kN・m)	自重 W (kN/m)	係数 Kw	曲げモー メント Kw・W・r (kN・m)		係数 Kq	q (kN/m ²)
150	72	0.052	0.1010	0.515	0.2874	2.090	1.08	0.0551	0.006	2.096	0.2670	769.55
200	74	0.054	0.1270	0.425	0.2841	2.670	1.48	0.0552	0.011	2.681	0.2659	625.13
250	76	0.056	0.1530	0.366	0.2808	3.265	1.92	0.0554	0.017	3.282	0.2649	529.27
300	78	0.060	0.1800	0.333	0.2786	3.912	2.49	0.0555	0.025	3.937	0.2643	459.75
350	80	0.064	0.2070	0.309	0.2767	4.582	3.13	0.0557	0.037	4.619	0.2637	408.79
400	85	0.070	0.2350	0.298	0.2758	5.509	3.94	0.0557	0.053	5.562	0.2634	382.37
450	88	0.077	0.2635	0.292	0.2753	6.384	4.90	0.0557	0.073	6.457	0.2633	353.20
500	91	0.083	0.2915	0.285	0.2747	7.287	5.89	0.0558	0.098	7.385	0.2631	330.33
600	101	0.093	0.3465	0.268	0.2732	9.561	8.00	0.0559	0.158	9.719	0.2627	308.14
700	110	0.105	0.4025	0.261	0.2725	12.065	10.59	0.0560	0.244	12.309	0.2625	289.44
800	118	0.116	0.4580	0.253	0.2718	14.689	13.45	0.0560	0.352	15.041	0.2623	273.37
900	126	0.126	0.5130	0.246	0.2711	17.523	16.54	0.0560	0.485	18.008	0.2621	261.07
1000	133	0.135	0.5675	0.238	0.2703	20.402	19.82	0.0561	0.644	21.046	0.2619	249.52
1100	139	0.150	0.6250	0.240	0.2705	23.500	24.19	0.0561	0.863	24.363	0.2619	238.14

- 注1. I形本体部の自重で計算してある。
 2. Mc = Mにおいて、耐荷力を計算したものである。
 3. 耐荷力の係数Kp、Kw、Kqは表4-1による。

(2) IV形

呼び径	ひび割れ試験荷重による曲げモーメント						自重による曲げモーメント			計 Mc (kN・m)	耐荷力	
	試験荷重 Pc (kN/m)	厚さ t (m)	管厚中心 半径 r (m)	p = t/r	係数 Kp	曲げ モーメント Kp・Pc・r (kN・m)	自重 W (kN/m)	係数 Kw	曲げモー メント Kw・W・r (kN・m)		係数 Kq	q (kN/m ²)
200	70	0.056	0.1280	0.438	0.2060	1.846	1.08	0.0190	0.003	1.849	0.2200	512.97
250	72	0.056	0.1530	0.366	0.2060	2.269	1.29	0.0190	0.004	2.273	0.2200	441.36
300	74	0.060	0.1800	0.333	0.2060	2.744	1.63	0.0190	0.006	2.750	0.2200	385.80
350	76	0.064	0.2070	0.309	0.2060	3.241	2.00	0.0190	0.008	3.249	0.2200	344.66
400	81	0.070	0.2350	0.298	0.2060	3.921	2.48	0.0190	0.011	3.932	0.2200	323.63
450	84	0.077	0.2635	0.292	0.2060	4.560	3.06	0.0190	0.015	4.575	0.2200	299.51
500	87	0.083	0.2915	0.285	0.2060	5.224	3.65	0.0190	0.020	5.244	0.2200	280.52
600	95	0.093	0.3465	0.268	0.2060	6.781	4.86	0.0190	0.032	6.813	0.2200	257.93
700	104	0.105	0.4025	0.261	0.2060	8.623	6.37	0.0190	0.049	8.672	0.2200	243.31
800	112	0.116	0.4580	0.253	0.2060	10.567	8.01	0.0190	0.070	10.637	0.2200	230.50
900	120	0.126	0.5130	0.246	0.2060	12.681	9.75	0.0190	0.095	12.776	0.2200	220.67
1000	126	0.135	0.5675	0.238	0.2060	14.730	11.55	0.0190	0.125	14.855	0.2200	209.66
1100	132	0.150	0.6250	0.240	0.2060	16.995	14.14	0.0190	0.168	17.163	0.2200	199.71

注. 自重は基礎の部分を除いた本体部の自重である。

(3) ペンタボックス

呼び径	ひび割れ試験荷重 Pc (kN/m)	管の耐荷力	
		Aモデル qca (kN/m ²)	Bモデル qcb (kN/m ²)
1200	173	223	401
1350	199	229	413
1500	213	223	402
1650	227	218	393
1800	251	223	401
2000	268	217	391

付録 2 . 土圧一覽表

(1) 下水道協会式 (J S W A S A - 1 - 2003)

矢板引抜きを行う場合 適用式 (4 - 11、 4 - 12) (本文 P . 20)

(i) I 形 (Ⅲ形)

埋戻し土 $\gamma = 18\text{kN/m}^3$ 、 $\phi = 30^\circ$ 、埋戻し土 $E_g = 10000\text{kN/m}^2$ 、基礎地盤 $E_o = 10000\text{kN/m}^2$

単位：kN/m²

呼び径	掘削幅 (m)	土かぶり (m)									
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
150	0.95	19.1	45.2	70.9	96.6	122.3	148.0	173.7	199.3	225.0	250.7
200	1.00	17.8	41.2	64.3	87.4	110.5	133.5	156.6	179.6	202.6	225.7
250	1.05	16.9	38.3	59.6	80.8	102.0	123.1	144.3	165.6	176.7	207.9
300	1.10	16.1	35.9	55.6	75.3	94.9	114.6	134.2	153.8	173.5	193.1
350	1.15	15.5	34.1	52.6	71.1	89.5	108.0	126.4	144.9	163.3	181.8
400	1.25	15.1	33.2	51.2	69.2	87.2	105.1	123.1	141.1	159.1	177.0
450	1.30	14.6	31.8	48.9	65.9	83.0	100.0	117.1	134.1	151.2	168.2
500	1.35	14.2	30.7	47.0	63.4	79.7	96.0	112.3	128.7	145.0	161.3
600	1.55	13.9	30.0	46.1	62.2	78.2	94.3	110.4	126.4	142.5	158.5
700	1.65	13.4	28.6	43.7	58.9	74.0	89.1	104.3	119.4	134.5	149.6
800	1.80	13.1	27.9	42.7	57.4	72.1	86.9	101.6	116.3	131.1	145.8
900	1.95	12.9	27.4	41.8	56.3	70.7	85.2	99.6	114.1	128.5	143.0
1000	2.05	12.6	26.6	40.6	54.6	68.6	82.5	96.5	110.5	124.4	138.4
1100	2.25	12.5	26.5	40.5	54.4	68.4	82.3	96.3	110.2	124.2	138.1

単位：kN/m²

呼び径	掘削幅 (m)	土かぶり (m)									
		6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
150	0.95	302.0	353.3	404.6	455.9	507.2	558.5	609.8	661.1	712.4	763.7
200	1.00	271.8	317.8	363.9	410.0	456.1	502.2	548.2	594.3	640.4	686.4
250	1.05	250.2	292.6	334.9	377.2	419.6	461.9	504.3	546.6	589.0	631.3
300	1.10	232.4	271.6	310.9	350.2	389.4	428.7	468.0	507.2	546.5	585.7
350	1.15	218.7	255.6	292.5	329.4	366.3	403.2	440.1	477.0	513.9	550.8
400	1.25	213.0	248.9	284.8	320.8	356.7	392.6	428.6	464.5	500.4	536.4
450	1.30	202.3	236.4	270.5	304.6	338.7	372.8	406.8	440.9	475.0	509.1
500	1.35	194.0	226.6	259.3	292.0	324.6	357.3	389.9	422.6	455.2	487.9
600	1.55	190.7	222.8	254.9	287.0	319.1	351.2	383.3	415.5	447.6	479.7
700	1.65	179.9	210.1	240.4	270.6	300.9	331.1	361.4	391.6	421.9	452.1
800	1.80	175.3	204.8	234.2	263.7	293.2	322.6	352.1	381.6	411.0	440.5
900	1.95	171.8	200.7	229.6	258.5	287.4	316.3	345.1	374.0	402.9	431.8
1000	2.05	166.3	194.3	222.2	250.1	278.1	306.0	333.9	361.9	389.8	417.7
1100	2.25	166.0	193.9	221.8	249.7	277.6	305.5	333.4	361.3	389.2	417.1

(ii) IV形

埋戻し土 $\gamma = 18\text{kN/m}^3$ 、 $\phi = 30^\circ$ 、埋戻し土 $E_g = 10000\text{kN/m}^2$ 、基礎地盤 $E_o = 10000\text{kN/m}^2$ 単位：kN/m²

呼び径	掘削幅 (m)	土かぶり (m)									
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
200	1.00	19.3	43.9	68.2	92.5	116.7	141.0	165.2	189.5	213.7	238.0
250	1.05	18.6	41.6	64.4	87.1	109.8	132.5	155.2	177.9	200.7	223.4
300	1.10	17.9	39.2	60.5	81.7	102.8	124.0	145.2	166.3	187.5	208.7
350	1.15	17.4	37.6	57.7	77.8	97.9	118.0	138.1	158.1	178.2	198.3
400	1.25	17.0	36.7	56.3	76.0	95.6	115.2	134.7	154.1	173.9	193.5
450	1.30	16.6	35.4	54.2	73.0	91.7	110.4	129.2	147.9	166.7	185.4
500	1.35	16.2	34.4	52.4	70.5	88.5	106.6	124.6	142.7	160.7	178.8
600	1.55	15.9	33.8	51.6	69.4	87.2	105.0	122.7	140.5	158.3	176.1
700	1.65	15.5	32.5	49.5	66.4	83.3	100.3	117.2	134.1	151.1	168.0
800	1.80	15.3	31.9	48.5	65.0	81.6	98.2	114.7	131.3	147.9	164.4
900	1.95	15.1	31.4	47.7	64.0	80.3	96.6	112.9	129.2	145.5	161.7
1000	2.05	14.9	30.8	46.6	62.5	78.4	94.2	110.1	126.0	141.8	157.7
1100	2.25	14.7	30.6	46.5	62.3	78.2	94.0	109.9	125.7	141.5	157.4

単位：kN/m²

呼び径	掘削幅 (m)	土かぶり (m)									
		6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
200	1.00	286.4	334.9	383.4	431.8	480.3	528.8	577.2	625.7	674.2	722.6
250	1.05	268.8	314.2	359.6	405.0	450.4	495.8	541.2	586.6	632.0	677.4
300	1.10	251.0	293.3	335.6	378.0	420.3	462.6	504.9	547.2	589.6	631.9
350	1.15	238.5	278.6	318.8	358.9	399.1	439.2	479.4	519.5	559.7	599.8
400	1.25	232.7	271.9	311.1	350.2	389.4	428.6	467.8	506.9	546.1	585.3
450	1.30	222.9	260.4	297.8	335.3	372.8	410.2	447.7	485.2	522.7	560.1
500	1.35	214.9	250.9	287.0	323.1	359.2	395.3	431.3	467.4	503.5	539.6
600	1.55	211.6	247.2	282.7	318.3	353.8	389.4	425.0	460.5	496.1	531.6
700	1.65	201.8	235.7	269.5	303.4	337.3	371.1	405.0	438.8	472.7	506.5
800	1.80	197.6	230.7	263.8	296.9	330.0	363.2	396.3	429.4	462.5	495.7
900	1.95	194.3	226.9	259.5	292.0	324.6	357.2	389.7	422.3	454.9	487.4
1000	2.05	189.4	221.1	252.8	284.6	316.3	348.0	379.7	411.5	443.2	474.9
1100	2.25	189.1	220.7	252.4	284.1	315.8	347.4	379.1	410.8	442.4	474.1

(2) 素掘工法 (溝形マーストン公式)

適用式 (4-13) 式 (本文 P. 20)

$$\gamma = 18\text{kN/m}^3, \phi = 30^\circ, K \mu' = 0.1924$$

単位：kN/m²

呼び径	掘削幅 (m)	土かぶり (m)									
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
150	0.80	25.2	45.2	60.9	73.3	83.1	90.8	96.9	101.8	105.6	108.6
200	0.90	23.7	42.9	58.5	71.1	81.4	89.6	96.4	101.8	106.2	109.8
250	1.00	22.7	41.4	56.9	69.7	80.4	89.2	96.4	102.5	107.4	111.6
300	1.10	21.7	39.9	55.2	68.2	79.0	88.2	95.9	102.4	107.9	112.5
350	1.20	20.9	38.8	54.0	67.0	78.1	87.6	95.8	102.7	108.6	113.7
400	1.30	20.2	37.6	52.7	65.7	77.0	86.7	95.1	102.4	108.7	114.1
450	1.40	19.5	36.6	51.4	64.5	75.8	85.7	94.4	102.0	108.6	114.4
500	1.50	19.0	35.8	50.6	63.7	75.2	85.3	94.2	102.1	109.0	115.2
600	1.70	18.4	34.9	49.6	62.8	74.6	85.2	94.6	103.1	110.7	117.4
700	1.90	17.9	34.1	48.7	62.0	74.0	84.9	94.7	103.6	111.7	119.0
800	2.10	17.5	33.5	48.1	61.5	73.7	84.9	95.1	104.4	112.9	120.7
900	2.30	17.2	33.1	47.8	61.2	73.7	85.1	95.6	105.3	114.2	122.5
1000	2.50	17.1	32.9	47.5	61.1	73.7	85.4	96.3	106.3	115.6	124.3
1100	2.70	16.8	32.4	47.0	60.5	73.2	85.0	96.0	106.3	115.9	124.8

単位：kN/m²

呼び径	掘削幅 (m)	土かぶり (m)									
		6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
150	0.80	112.8	115.5	117.1	118.1	118.8	119.2	119.4	119.6	119.7	119.7
200	0.90	115.0	118.5	120.7	122.2	123.2	123.8	124.3	124.5	124.7	124.8
250	1.00	117.8	122.1	125.0	127.0	128.4	129.3	130.0	130.4	130.7	130.9
300	1.10	119.6	124.7	128.3	130.8	132.6	133.9	134.8	135.4	135.9	136.2
350	1.20	121.7	127.5	131.8	134.9	137.1	138.8	140.0	140.9	141.5	142.0
400	1.30	122.9	129.4	134.3	138.0	140.7	142.8	144.3	145.4	146.3	146.9
450	1.40	123.8	131.1	136.6	140.8	144.0	146.4	148.3	149.7	150.8	151.6
500	1.50	125.3	133.2	139.3	144.1	147.8	150.6	152.9	154.6	156.0	157.0
600	1.70	128.9	138.1	145.4	151.3	156.0	159.8	162.8	165.2	167.1	168.7
700	1.90	131.6	141.9	150.3	157.2	162.9	167.6	171.4	174.5	177.1	179.1
800	2.10	134.3	145.7	155.2	163.1	169.7	175.2	179.8	183.7	186.9	189.6
900	2.30	137.0	149.4	159.8	168.7	176.3	182.6	188.1	192.7	196.6	199.9
1000	2.50	139.7	152.9	164.3	174.1	182.5	189.8	196.0	201.3	205.9	209.9
1100	2.70	140.8	154.8	167.0	177.5	186.7	194.6	201.6	207.6	212.8	217.4

(3) 盛土工法 (正の突出形マーストン公式)

適用式 (4-14) (本文 P. 21)

$$\gamma = 18\text{kN/m}^3, \phi = 30^\circ, \delta p' = 0.7$$

単位: kN/m²

呼び径	土かぶり (m)									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
150	13.3	30.7	48.0	65.3	82.6	99.9	117.2	134.5	151.9	169.2
200	12.5	29.8	47.1	64.4	81.7	99.1	116.4	133.7	151.0	168.3
250	11.9	29.0	46.3	63.6	80.9	98.2	115.5	132.8	150.2	167.5
300	11.4	28.0	45.4	62.7	80.0	97.3	114.6	131.9	149.2	166.6
350	11.1	27.1	44.5	61.8	79.1	96.4	113.7	131.0	148.3	165.6
400	10.8	26.2	43.5	60.8	78.1	95.4	112.7	130.1	147.4	164.7
450	10.6	25.2	42.5	59.8	77.1	94.4	111.7	129.0	146.4	163.7
500	10.4	24.4	41.5	58.8	76.1	93.5	110.8	128.1	145.4	162.7
600	10.2	23.2	39.6	56.9	74.3	91.6	108.9	126.2	143.5	160.8
700	10.0	22.4	37.7	55.0	72.3	89.6	106.9	124.3	141.6	158.9
800	9.9	21.8	36.2	53.1	70.4	87.7	105.0	122.3	139.7	157.0
900	9.8	21.4	35.1	51.2	68.5	85.8	103.2	120.5	137.8	155.1
1000	9.7	21.0	34.2	49.5	66.7	84.0	101.3	118.6	135.9	153.2
1100	9.6	20.7	33.4	48.0	64.6	82.0	99.3	116.6	133.9	151.2

単位: kN/m²

呼び径	土かぶり (m)									
	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
150	203.8	238.4	273.1	307.7	342.3	376.9	411.6	446.2	480.8	515.5
200	203.0	237.6	272.2	306.8	341.5	376.1	410.7	445.4	480.0	514.6
250	202.1	236.7	271.4	306.0	340.6	375.3	409.9	444.5	479.1	513.8
300	201.2	235.8	270.4	305.1	339.7	374.3	408.9	443.6	478.2	512.8
350	200.3	234.9	269.5	304.2	338.8	373.4	408.0	442.7	477.3	511.9
400	199.3	233.9	268.6	303.2	337.8	372.4	407.1	441.7	476.3	510.9
450	198.3	232.9	267.6	302.2	336.8	371.4	406.1	440.7	475.3	509.9
500	197.3	232.0	266.6	301.2	335.8	370.5	405.1	439.7	474.4	509.0
600	195.4	230.1	264.7	299.3	334.0	368.6	403.2	437.8	472.5	507.1
700	193.5	228.1	262.8	297.4	332.0	366.6	401.3	435.9	470.5	505.1
800	191.6	226.2	260.9	295.5	330.1	364.7	399.4	434.0	468.6	503.2
900	189.7	224.3	259.0	293.6	328.2	362.8	397.5	432.1	466.7	501.3
1000	187.9	222.5	257.1	291.7	326.4	361.0	395.6	430.3	464.9	499.5
1100	185.8	220.5	255.1	289.7	324.3	359.0	393.6	428.2	462.8	497.5

(4) 自動車荷重 (T-25)

適用式 (4-20) (本文 P. 34)

単位: kN/m²

区分	土かぶり (m)									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
荷重	70.9	38.7	26.6	20.3	16.4	13.7	11.8	10.0	10.0	10.0

付録 3 . CSBの許容土被り

(1) I形

単位：m

呼び径	工法 安全率		素掘工法		盛土工法		道路協会式(正の突出)		道路協会式(溝型)	
	F = 1.0	F = 1.25	F = 1.0	F = 1.25	F = 1.0	F = 1.25	F = 1.0	F = 1.25	F = 1.0	F = 1.25
150	15.0	12.0	50.0	50.0	22.0	17.6	21.8	17.4	42.1	33.6
200	13.6	10.8	50.0	50.0	17.8	14.2	17.6	14.1	34.1	27.2
250	12.5	10.0	50.0	50.0	15.1	12.1	14.9	11.9	28.8	22.9
300	11.7	9.3	50.0	50.0	13.1	10.5	13.0	10.4	24.9	19.8
350	11.0	8.8	50.0	50.0	11.7	9.3	11.5	9.2	22.1	17.6
400	10.6	8.4	50.0	50.0	10.9	8.7	10.8	8.6	20.6	16.4
450	10.3	8.2	50.0	50.0	10.1	8.1	10.0	8.0	19.0	15.1
500	10.0	8.0	50.0	50.0	9.5	7.6	9.4	7.5	17.7	14.1
600	9.5	7.6	50.0	50.0	8.9	7.1	8.8	7.1	16.5	13.1
700	9.5	7.5	50.0	50.0	8.4	6.8	8.3	6.7	15.5	12.3
800	9.2	7.3	50.0	50.0	8.0	6.4	7.9	6.4	14.6	11.5
900	8.9	7.1	50.0	15.5	7.7	6.2	7.6	6.1	13.9	11.0
1000	8.8	7.0	50.0	11.2	7.4	6.0	7.4	5.9	13.2	10.5
1100	8.4	6.7	19.2	9.4	7.2	5.8	7.1	5.7	12.6	10.0

(2) IV形

単位：m

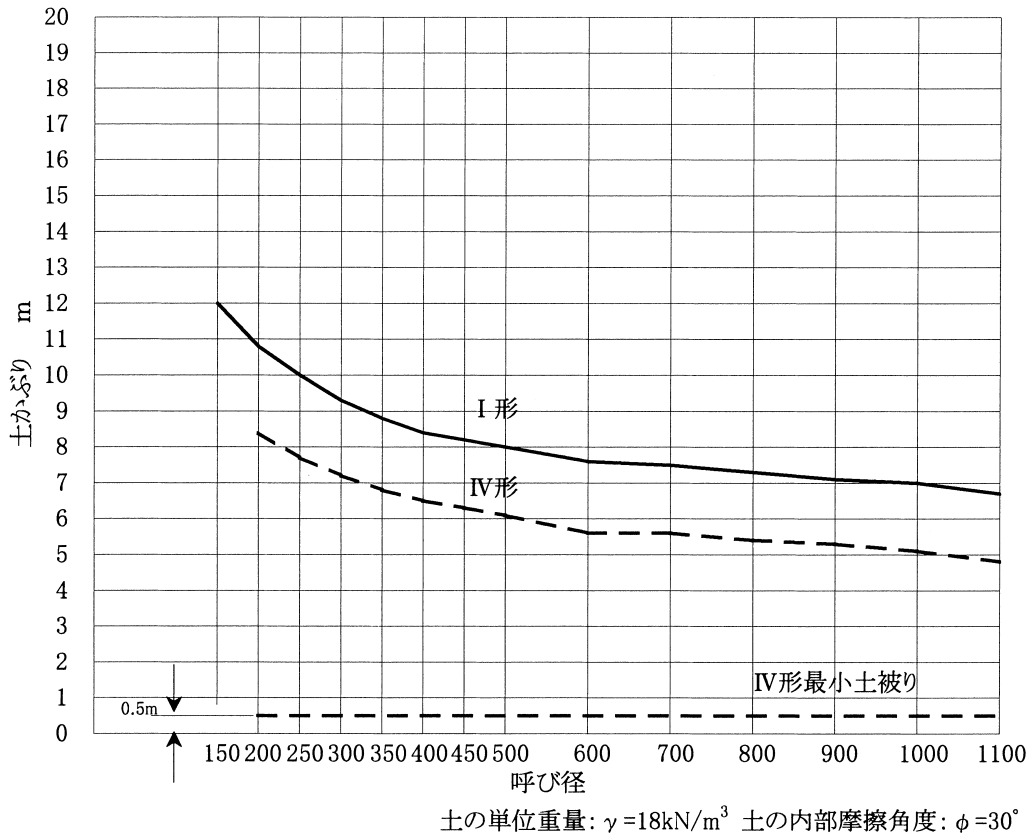
呼び径	工法 安全率		素掘工法		盛土工法		道路協会式(正の突出)		道路協会式(溝型)	
	F = 1.0	F = 1.25	F = 1.0	F = 1.25	F = 1.0	F = 1.25	F = 1.0	F = 1.25	F = 1.0	F = 1.25
200	10.6	8.4	50.0	50.0	14.6	11.7	14.4	11.5	27.9	22.2
250	9.7	7.7	50.0	50.0	12.6	10.0	12.4	9.9	23.9	19.0
300	9.1	7.2	50.0	50.0	11.0	8.8	10.9	8.7	20.8	16.5
350	8.5	6.8	50.0	50.0	9.8	7.8	9.7	7.8	18.5	14.7
400	8.2	6.5	50.0	50.0	9.3	7.4	9.2	7.3	17.4	13.8
450	7.9	6.3	50.0	50.0	8.6	6.9	8.5	6.8	16.0	12.7
500	7.7	6.1	50.0	50.0	8.1	6.4	8.0	6.4	15.0	11.9
600	7.1	5.6	50.0	50.0	7.5	6.0	7.4	5.9	13.7	10.9
700	7.0	5.6	50.0	50.0	7.1	5.7	7.0	5.6	12.9	10.2
800	6.8	5.4	50.0	11.6	6.8	5.5	6.7	5.4	12.2	9.6
900	6.7	5.3	29.6	9.1	6.6	5.3	6.5	5.2	11.7	9.2
1000	6.4	5.1	13.6	7.6	6.3	5.1	6.2	5.0	11.0	8.7
1100	6.1	4.8	10.8	6.8	6.1	4.9	6.0	4.9	10.5	8.3

注. CSB耐荷力(付録1) = 鉛直土圧 + 活荷重として、安全率(F = 1.0、1.25)を考慮して許容土かぶりを算出する。

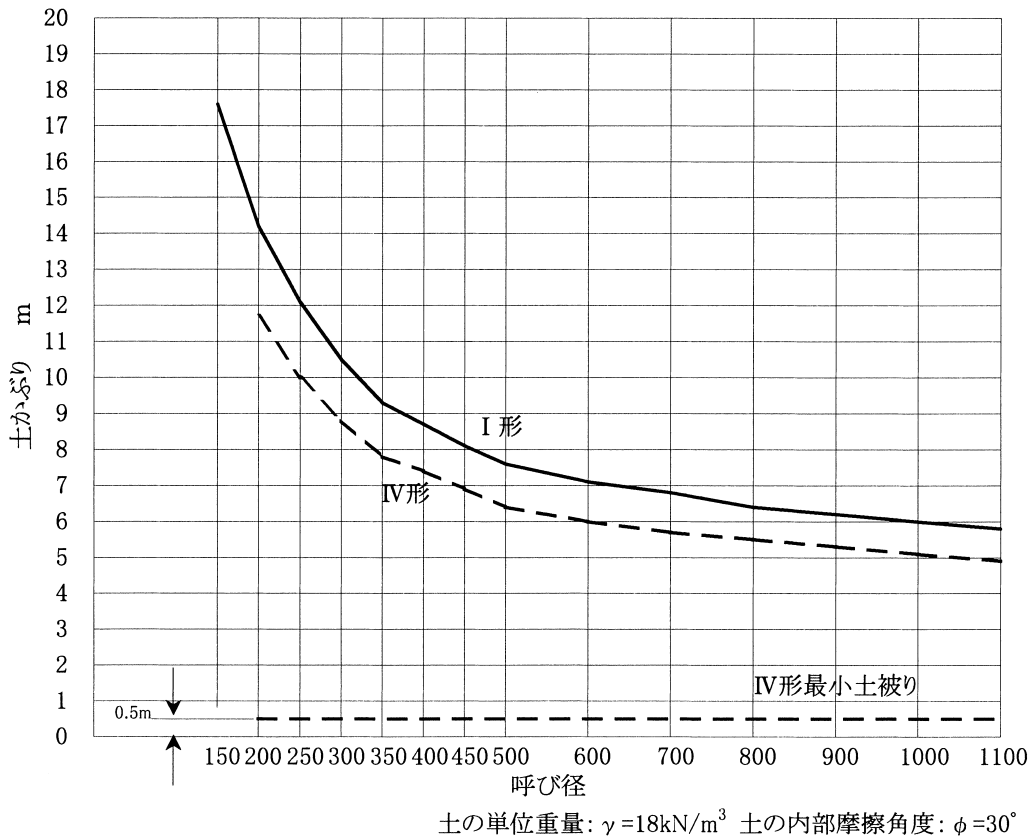
土の単位重量： $\gamma = 18\text{kN/m}^3$ 、土の内部摩擦角度： $\phi = 30^\circ$

(3) 管種選定図

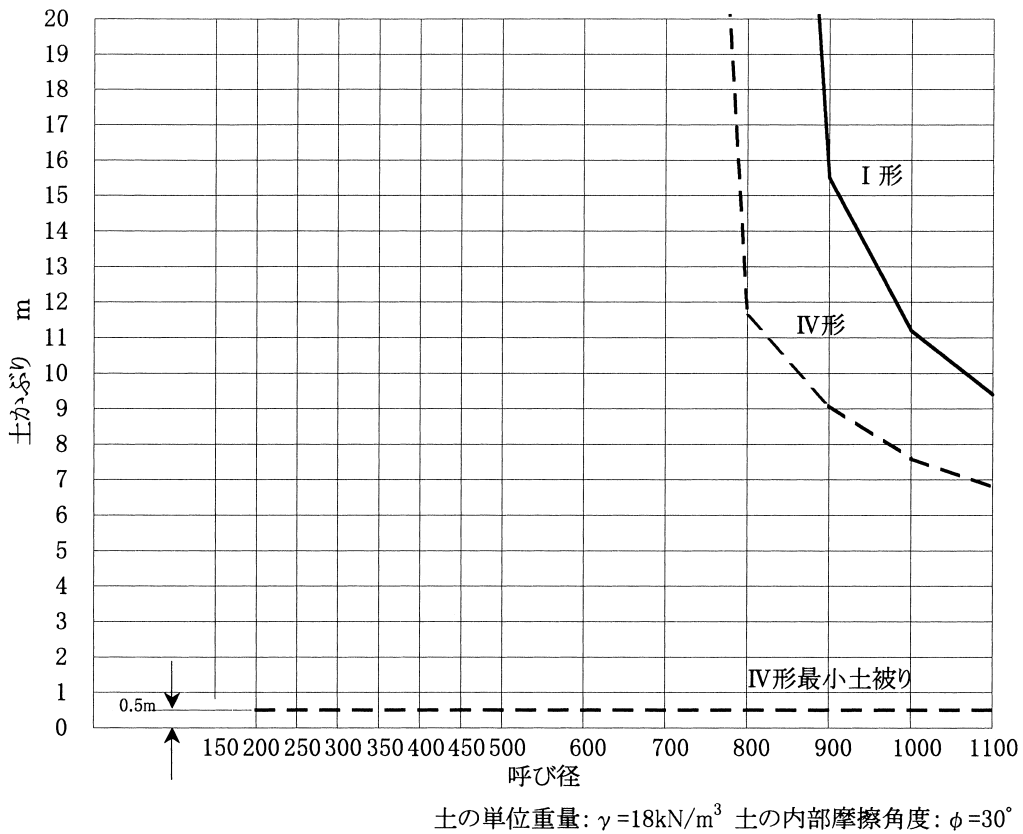
C S B管種選定図 下水道協会式 矢板引き抜き有り
活荷重T-25 安全率1.25以上



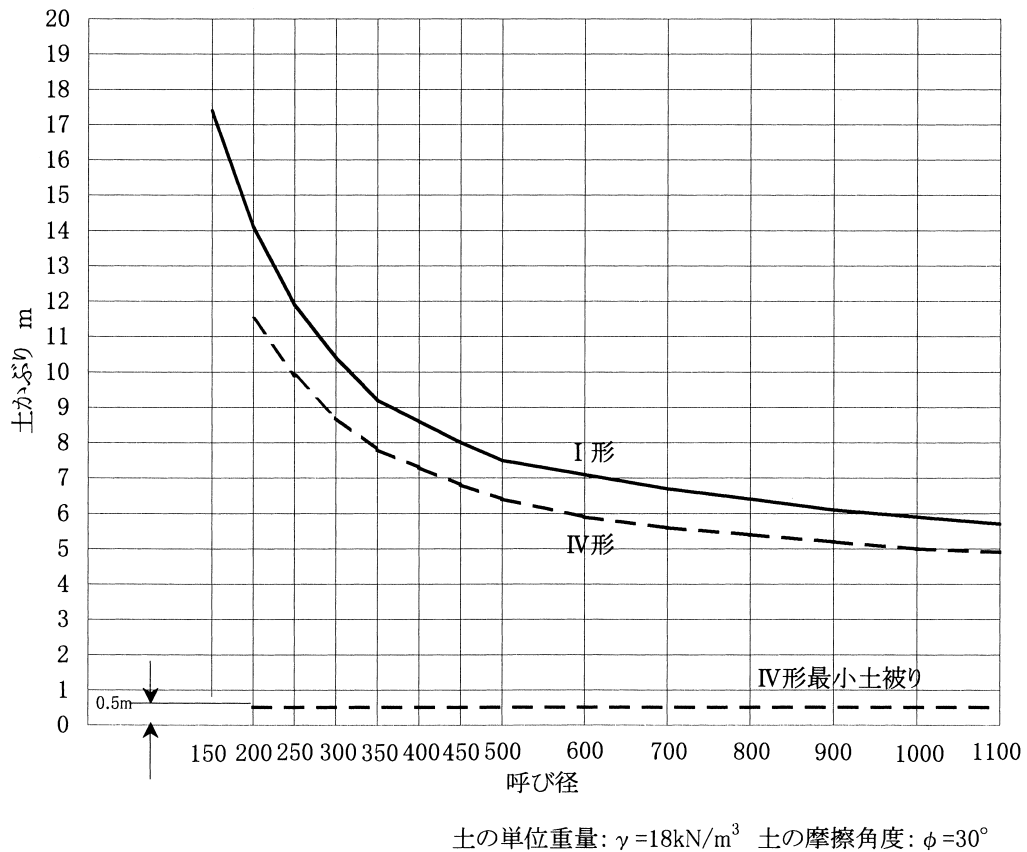
C S B管種選定図 突出型
活荷重T-25 安全率1.25以上



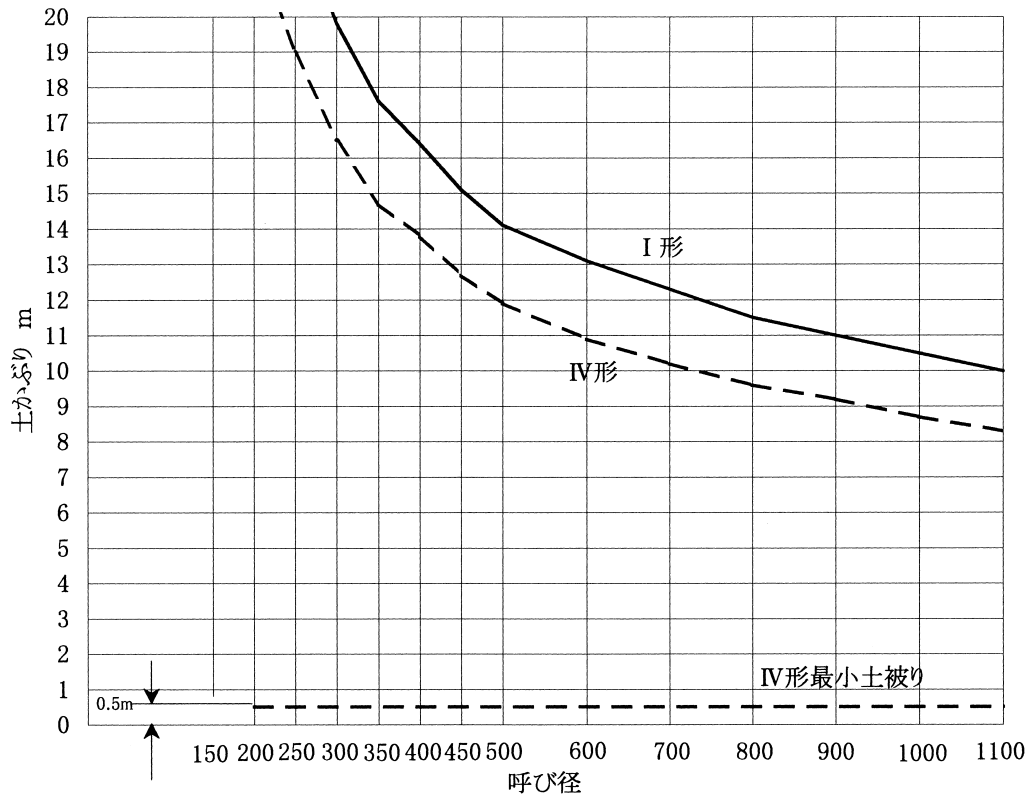
C S B管種選定図 溝型
活荷重T-25 安全率1.25以上



C S B管種選定図 道路協会式 (正の突出型)
活荷重T-25 安全率1.25以上



C S B管種選定図 道路協会式（溝型）
活荷重T-25 安全率1.25以上



土の単位重量: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ 土の摩擦角度: $\phi = 30^\circ$

付録 4 . CSBの対ひび割れ抵抗曲げモーメント (Mr)

(1) I形及びⅢ形

$$M_r = b \cdot d^2 \cdot \sigma_c \cdot e \left\{ 1 + \gamma_1 \frac{d_0}{d} - \frac{k_2}{k_1 \cdot k_3} (1 + r_1)^2 e \right\}$$

ここに

- b : 単位長さ (cm)
 - d : 圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離 (cm)
 - d₀ : 圧縮縁から圧縮鉄筋重心までの距離 (cm)
 - σ_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)
 - e : 鉄筋係数 e = p · f_y / σ_c
 - p : 引張鉄筋比 p = A_s / b · d
 - p' : 圧縮鉄筋比 p' = A_s' / b · d
 - f_y : 引張鉄筋の降伏点 (N/mm²)
 - f'_y : 圧縮鉄筋の降伏点 (N/mm²)
 - γ : γ = A_s' / A_s
 - γ₁ : γ₁ = γ f'_y / f_y
 - A_s : 引張鉄筋断面積 (cm²)
 - A_s' : 圧縮鉄筋断面積 (cm²)
 - k₁ : 圧縮応力分布の圧縮域での平均値と最大応力との比
 - k₂ : 合力の作用位置をあらわす係数
 - k₃ : 圧縮応力の最大値の圧縮強度 σ_cに対する比
- (例) σ_c = 40N/mm² > 28N/mm² の場合
- $$k_1 = 0.85 - \frac{\sigma_c - 28}{7} \times 0.05 = 0.76$$
- $$k_2 = k_1 / 2 = 0.38$$
- $$k_3 = 0.85$$

I形およびⅢ形ひび割れ抵抗モーメント計算値

呼び径	t (cm)	d (cm)	d ₀ (cm)	A _s (cm ²)	A _s ' (cm ²)	e	γ ₁	Mr (kN/m)
150	5.2	3.7	—	1.072	—	0.0446	—	2.378
200	5.4	3.7	—	1.341	—	0.0565	—	2.911
250	5.6	3.9	—	1.608	—	0.0643	—	3.668
300	6.0	4.3	—	1.787	—	0.0648	—	4.503
350	6.4	4.4	—	2.011	—	0.0704	—	5.226
400	7.0	5.0	1.45	1.571	1.57	0.0484	1.00	5.692
450	7.7	5.7	1.95	1.676	1.68	0.0453	1.00	7.274
500	8.3	6.1	1.80	1.795	1.80	0.0457	1.00	7.962
600	9.3	6.8	2.05	2.094	2.09	0.0474	1.00	10.432
700	10.5	7.8	2.25	2.285	2.29	0.0454	1.00	12.909
800	11.6	8.6	2.35	2.618	2.62	0.0469	1.00	16.135
900	12.6	9.1	2.60	2.805	2.81	0.0475	1.00	18.471
1000	13.5	10.0	3.00	3.021	3.02	0.0465	1.00	22.145
1100	15.0	11.3	3.75	3.272	3.27	0.0448	1.00	27.849

注 : σ_c = 40N/mm², f_y = f'_y = 616N/mm²

(2) **N形**

$$M_r = \frac{I}{m(t-X)} \cdot \sigma_{bt}$$

$$X = \frac{t}{1-m} \left[\sqrt{\{m+n(p+p')\}^2 + (1-m)\{m+2n/t \cdot (d \cdot p + d_0 \cdot p')\}} - \{m+n(p+p')\} \right]$$

$p = p'$ のとき

$$X = \frac{t}{1-m} \left[\sqrt{(m+2np)^2 + (1-m)(m+2np)} - (m+2np) \right]$$

$p' = 0$ のとき (単鉄筋) は

$$X = \frac{t}{1-m} \left[\sqrt{(m+n \cdot p)^2 + (1-m)(m+2n/t \cdot dp)} - (m+np) \right]$$

$$I = \frac{b}{3} \{X^3 + m(t-X)^3 + 3n \cdot p \cdot t(d-X)^2 + 3n \cdot p' \cdot t(X-d_0)^2\}$$

$p = p'$ のとき

$$I = \frac{b}{3} \left[X^3 + m(t-X)^3 + 3n \cdot p \cdot t \{(d-X)^2 + (X-d_0)^2\} \right]$$

$p = 0$ のとき (単鉄筋) は

$$I = \frac{b}{3} \{X^3 + m(t-X)^3 + 3n \cdot p \cdot t(d-X)^2\}$$

ここに、 X : 中立軸の位置 (cm)

I : 断面二次モーメント (cm⁴)

t : 厚さ (cm)

σ_{bt} : コンクリートの曲げ引張強度 (N/mm²)

b : 単位長さ (cm)

m : $\frac{E_{ct}}{E_{cc}} = \frac{\text{コンクリートの引張ヤング係数}}{\text{コンクリートの圧縮ヤング係数}}$

n : $\frac{E_s}{E_{cc}} = \frac{\text{鉄筋のヤング係数}}{\text{コンクリートの圧縮ヤング係数}}$

p : $\frac{A_s}{bt}$ A_s : 引張鉄筋断面積

p' : $\frac{A_s'}{bt}$ A_s' : 圧縮鉄筋断面積

d : 引張鉄筋の断面図心から圧縮縁までの距離 (cm)

d_0 : 引張及び圧縮鉄筋の断面図心からそれぞれの引張及び圧縮縁までの距離 (cm)

IV形ひび割れ抵抗モーメント計算値

呼び径	t (cm)	d (cm)	d _o (cm)	p	p'	X (cm)	I (cm ⁴)	Mr (kN/m)
200	5.6	3.85	-	0.00205	-	2.350	1023	3.147
250	5.6	3.85	-	0.00205	-	2.350	1023	3.147
300	6.0	4.25	-	0.00206	-	2.521	1262	3.626
350	6.4	4.40	-	0.00209	-	2.686	1527	4.113
400	7.0	5.00	-	0.00211	-	2.942	2006	4.945
450	7.7	5.70	-	0.00204	-	3.239	2679	6.005
500	8.3	6.05	-	0.00202	-	3.489	3349	6.960
600	9.3	6.80	-	0.00208	-	3.911	4715	8.751
700	10.5	7.75	2.25	0.00199	0.00199	4.374	6854	11.189
800	11.6	8.60	2.35	0.00181	0.00181	4.828	9226	13.624
900	12.6	9.10	2.60	0.00181	0.00181	5.241	11790	16.022
1000	13.5	10.00	3.00	0.00186	0.00186	5.624	14530	18.449
1100	15.0	11.25	3.75	0.00168	0.00168	6.254	19853	22.701

注： $\sigma_{bt}=5.0\text{N/mm}^2$ 、 $m=0.5$ 及び $n=7$ として計算した結果である。

付録 5. CSB緊結金具形状寸法

(1) 緊結金具明細

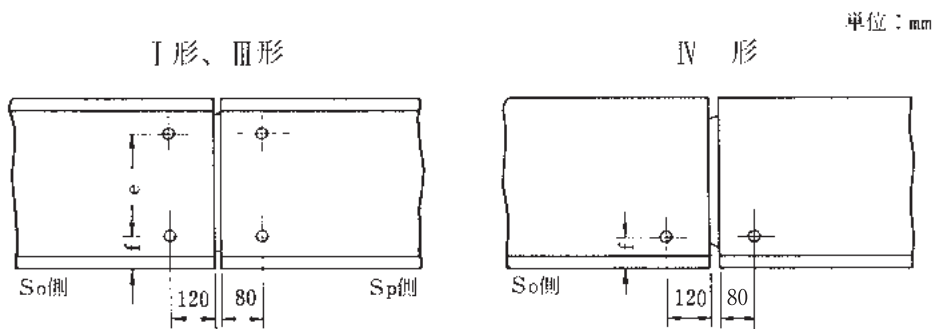
- 1) インサート
- 2) 緊結プレート
- 3) ボルト
- 4) ワッシャー

(2) 緊結する組合せ

ケース 1	同形を緊結する場合
〃 2	I形とIV形を緊結する場合

(3) 各組合せによる緊結金具

- 1) 同形を緊結する場合 (ケース 1)
 - i) インサートの位置



単位：mm

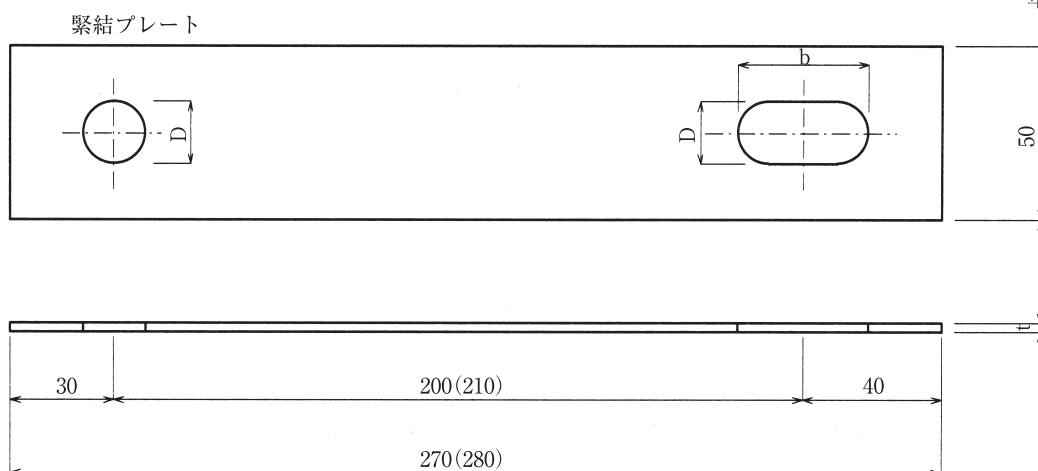
呼び径	I 形		III 形		IV 形
	e	f	e	f	f
150	124	65	-	-	-
200	178	65	-	-	65
250	202	80	170	80	80
300	260	80	230	80	80
350	308	85	280	85	85
400	370	85	320	85	85
450	414	95	370	95	95
500	476	95	430	95	95
600	566	110	530	100	110
700	680	115	-	-	115
800	792	120			120
900	882	135			135
1000	980	145			145
1100	1000	200			200

注1. III形の f'寸法は、高さB₂側の寸法である。

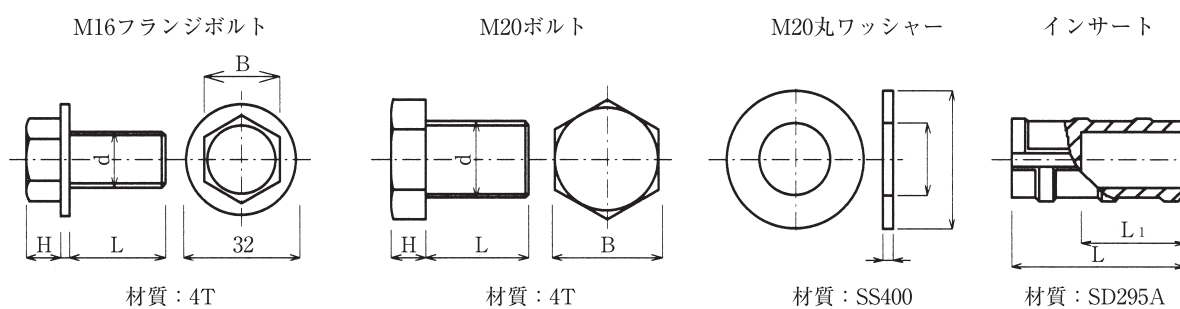
注2. IV形は下部のみインサートがある。

- ii) インサート、緊結プレート、ボルト、ワッシャー
以下のものと同等品とする。

単位：mm



() の数値は呼び径900~1100に適用する。材質：SS400またはNFG



表面はメッキ仕上げとする。

単位：mm

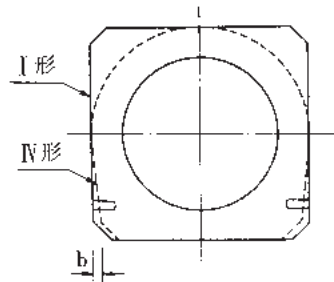
呼び径	緊結プレート			ボルト				インサート			
	D	b	t	B	d	L	H	A	a	L	L ₁
150	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	50	30
200	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	50	30
250	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	50	30
300	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	50	30
350	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	50	30
400	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	50	30
450	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	50	30
500	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	50	30
600	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	75	30
700	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	75	30
800	18	38	3.2	22	M16	28	10	22	M16	100	30
900	22	40	4.5	30	M20	40	13	29	M20	100	40
1000	22	40	4.5	30	M20	40	13	29	M20	100	40
1100	22	40	4.5	30	M20	40	13	29	M20	200	40

注. 材質にNFGを用いる場合には、呼び径150~800用に限り、t=1.8としてよい。

2) I形とIV形を緊結する場合 (ケース2)

i) 緊結する位置

長さ方向の緊結間長さ及び高さ方向間隔もケース1と同じであるが幅方向 (b) は下図に示すように段差が生じる。



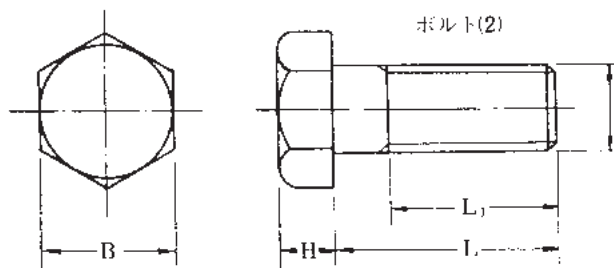
単位: mm

呼び径	b
200	8
250	9
300	13
350	13
400	14
450	16
500	17
600	21
700	27
800	28
900	32
1000	36
1100	36

ii) インサート、緊結プレート、ボルト、ワッシャー

a) インサート及び緊結プレートはケース1と同じでよい。

b) ボルトはIV形のインサートにねじ込む方はボルトを長くする (ボルト(2)) 必要があり、寸法は下表による。



材質: 4T
表面仕上: メッキ仕上げとする

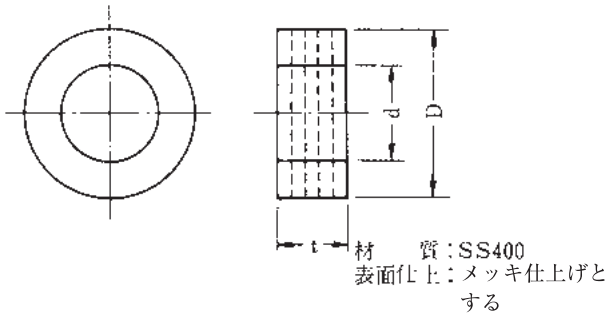
単位: mm

呼び径	B	d	H	ボルト(2)	
				L	L ₁
200~ 500	24	M16	10	40	30
600~ 800	24	M16	10	50	30
900~1100	30	M20	13	65	40

c) ワッシー

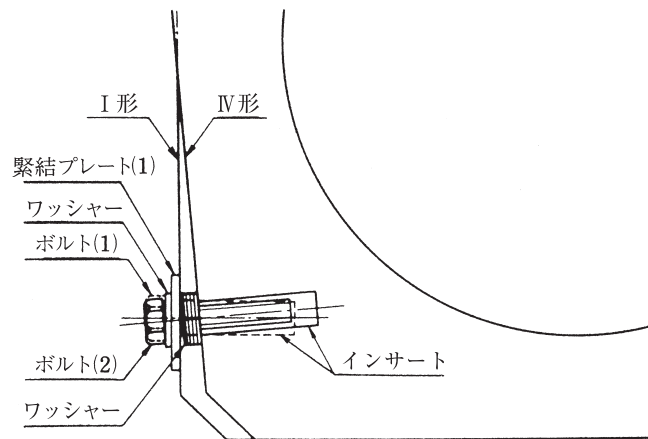
ワッシャーはケース 1 と同様のワッシャーを使う他に I 形と IV 形との幅の差 (b) があるので、IV 形の方に厚いワッシャーを入れる必要がある。

単位：mm



呼び径	D	d	ワッシャー枚数	t
200	40	21	3	7.8
250	40	21	3	7.8
300	40	21	4	13.0
350	40	21	4	13.0
400	40	21	4	13.0
450	40	21	5	15.6
500	40	21	5	15.6
600	40	21	7	20.8
700	40	21	9	26.0
800	40	21	10	28.6
900	40	21	10	31.2
1000	40	21	12	36.4
1100	40	21	12	36.4

iii) I 形と IV 形との緊結金具取付図



付録 6 . CSBとコンクリート固定基礎工法との経済性比較

(1) 経済性比較の条件

1) CSB I形とヒューム管 I種360°コンクリート固定基礎

CSB I形とヒューム管 I種 (360°)

区 分	基 礎	土被り (m)	掘 削 幅
CSB I形	砂又は碎石の基礎	0	表 6 - 1 の CSB 掘削幅 B を用いる
		3 ~ 4	
ヒューム管 1 種	360°コンクリート固定基礎	0	ヒューム管設計施工要覧の資料 3 を用いる
		3 ~ 4	

2) CSB IV形とヒューム管 2種180°コンクリート固定基礎

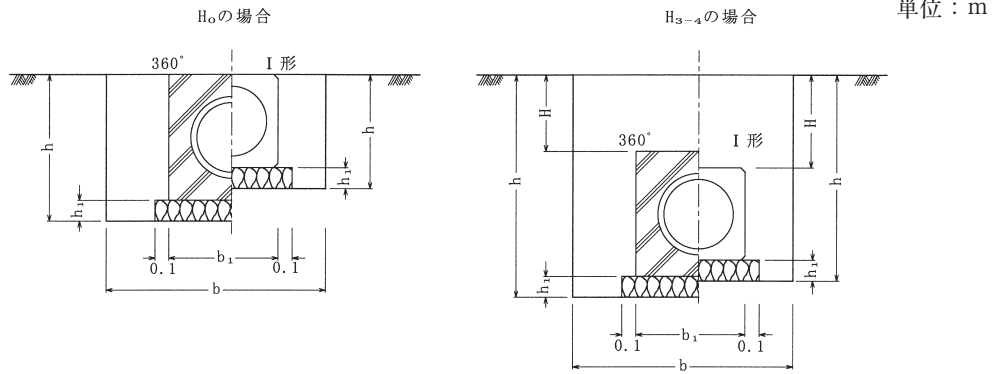
CSB IV形とヒューム管 2種 (180°)

区 分	基 礎	土被り (m)	掘 削 幅
CSB IV形	砂又は碎石の基礎	3	表 6 - 1 の CSB 掘削幅 B を用いる
ヒューム管 2 種	180°コンクリート固定基礎	3	ヒューム管設計施工要覧の資料 3 を用いる

(2) 施工標準断面

施工標準断面は、国土交通省制定「土木構造物標準設計1」に準じ、図に示す。

C S B I 形とヒューム管360°の施工断面図



単位：m

H=0m

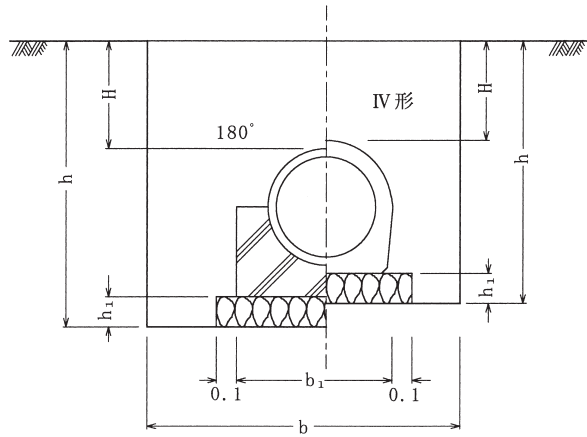
呼び径	土かぶり H(m)	掘削幅 b(m)		掘削深さ h(m)		基礎			
		I 形	360°	I 形	360°	I 形		360°	
						b ₁	h ₁	b ₁	h ₁
150	0	0.95	1.35	0.40	0.56	0.25	0.15	0.41	0.15
200	0	1.00	1.40	0.46	0.61	0.31	0.15	0.46	0.15
250	0	1.05	1.45	0.51	0.67	0.36	0.15	0.52	0.15
300	0	1.10	1.50	0.57	0.71	0.42	0.15	0.56	0.15
350	0	1.15	1.55	0.63	0.77	0.48	0.15	0.62	0.15
400	0	1.25	1.68	0.69	0.93	0.54	0.15	0.78	0.15
450	0	1.30	1.74	0.75	0.99	0.60	0.15	0.84	0.15
500	0	1.35	1.80	0.82	1.05	0.67	0.15	0.90	0.15
600	0	1.55	1.90	0.94	1.20	0.79	0.15	1.00	0.20
700	0	1.65	2.22	1.06	1.42	0.91	0.15	1.22	0.20
800	0	1.80	2.34	1.18	1.54	1.03	0.15	1.34	0.20
900	0	1.95	2.46	1.30	1.66	1.15	0.15	1.46	0.20
1000	0	2.05	2.58	1.42	1.78	1.27	0.15	1.58	0.20
1100	0	2.25	2.78	1.55	1.88	1.40	0.15	1.68	0.20

H=3~4m

呼び径	土かぶり H(m)	掘削幅 b(m)		掘削深さ h(m)		基礎			
		I 形	360°	I 形	360°	I 形		360°	
						b ₁	h ₁	b ₁	h ₁
150	3.0	0.95	1.35	3.40	3.56	0.25	0.15	0.41	0.15
200	3.0	1.00	1.40	3.46	3.61	0.31	0.15	0.46	0.15
250	3.5	1.05	1.45	4.01	4.17	0.36	0.15	0.52	0.15
300	3.5	1.10	1.50	4.07	4.21	0.42	0.15	0.56	0.15
350	3.5	1.15	1.55	4.13	4.27	0.48	0.15	0.62	0.15
400	3.5	1.25	1.68	4.19	4.43	0.54	0.15	0.78	0.15
450	3.5	1.30	1.74	4.25	4.49	0.60	0.15	0.84	0.15
500	3.5	1.35	1.80	4.32	4.55	0.67	0.15	0.90	0.15
600	3.5	1.55	1.90	4.44	4.70	0.79	0.15	1.00	0.20
700	4.0	1.65	2.22	5.06	5.42	0.91	0.15	1.22	0.20
800	4.0	1.80	2.34	5.18	5.54	1.03	0.15	1.34	0.20
900	4.0	1.95	2.46	5.30	5.66	1.15	0.15	1.46	0.20
1000	4.0	2.05	2.58	5.42	5.78	1.27	0.15	1.58	0.20
1100	4.0	2.25	2.78	5.55	5.88	1.40	0.15	1.68	0.20

図付 6 - 2 C S B IV形とヒューム管180°の施工断面図

単位：m



H=3m

呼び径	土かぶり H(m)	掘削幅 b(m)		掘削深さ h(m)		基礎			
		IV形	180°	IV形	180°	IV形		180°	
						b ₁	h ₁	b ₁	h ₁
200	3.0	1.00	1.40	3.46	3.51	0.28	0.15	0.50	0.15
250	3.0	1.05	1.45	3.51	3.56	0.33	0.15	0.55	0.15
300	3.0	1.10	1.50	3.57	3.61	0.38	0.15	0.60	0.15
350	3.0	1.15	1.55	3.63	3.67	0.44	0.15	0.65	0.15
400	3.0	1.25	1.60	3.69	3.78	0.50	0.15	0.70	0.15
450	3.0	1.30	1.65	3.75	3.83	0.56	0.15	0.75	0.15
500	3.0	1.35	1.70	3.82	3.89	0.62	0.15	0.80	0.15
600	3.0	1.55	1.80	3.94	4.00	0.73	0.15	0.90	0.15
700	3.0	1.65	2.05	4.06	4.17	0.84	0.15	1.05	0.15
800	3.0	1.80	2.20	4.18	4.29	0.96	0.15	1.20	0.15
900	3.0	1.90	2.35	4.30	4.41	1.07	0.15	1.35	0.15
1000	3.0	2.05	2.45	4.42	4.57	1.18	0.15	1.45	0.20
1100	3.0	2.25	2.70	4.55	4.73	1.30	0.15	1.60	0.20

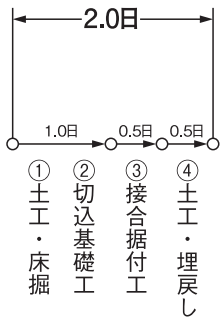
(3) 直接工事費比較

C S Bとヒューム管の布設に当たっての管材料、基礎材料、布設費及び土工費についての直接工事費の比較を表す。

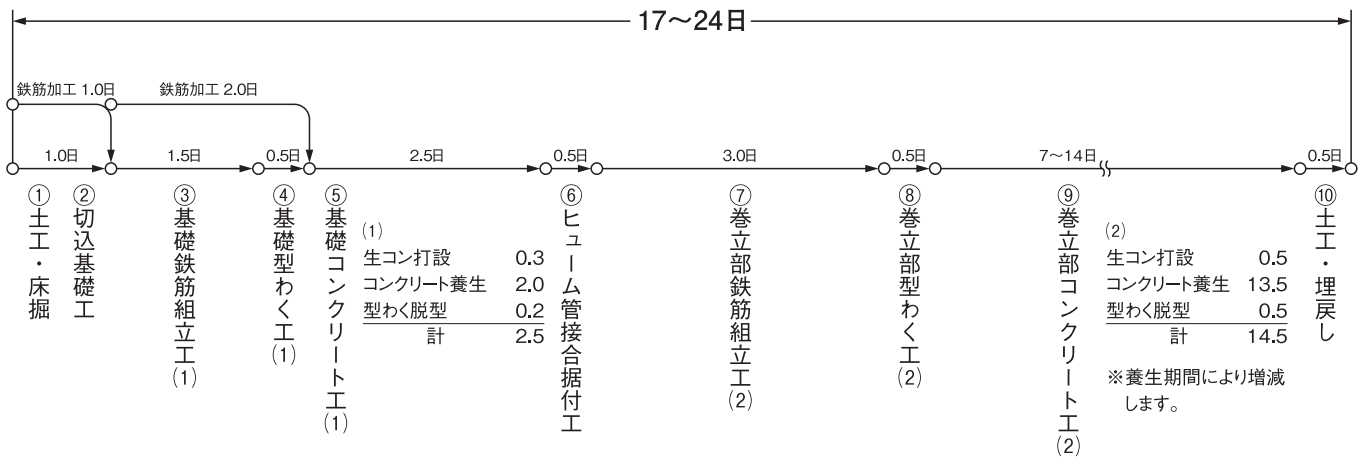
数量については1) C S B I形とヒューム管1種-360°及び2) C S B IV形とヒューム管2種-180°に示す。価格及び単価についてはそれぞれの場所に適応した値を入れて計算比較する。

(4) 施工日数比較図 (敷設延長10m 当り)

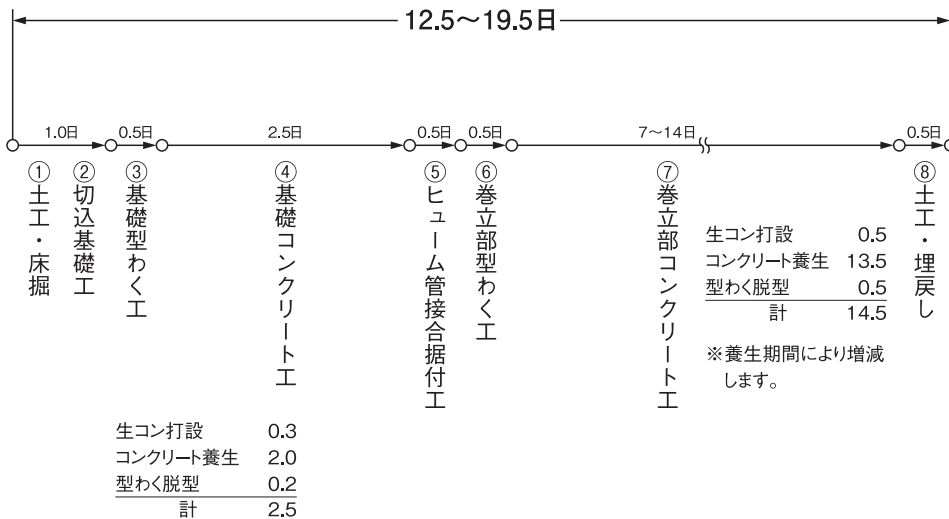
■CSB I 形、Ⅲ形、Ⅳ形



■外圧管 1 種—360° 巻立



■外圧管 2 種—180°





建設技術審査証明書

建技審証第0514号

技術名称 遠心成形高強度パイプカルバート 「CSB」

(開発の趣旨)

管水路の施工にあたり、管補強のために現場での型枠及び鉄筋の組立やコンクリート打設等の必要がなく、施工が簡易で工期を短縮し経済的かつ安全に構築でき、しかも遠心成形で高品質の高強度なパイプカルバートを提供する。

(開発目標)

以下の特性を有する遠心成形高強度パイプカルバートを開発する。

(1) 強度特性

従来のヒューム管よりひび割れ強さが大きく、補強することなくヒューム管より浅埋設および深埋設使用が可能である。

(2) 継手性能

ヒューム管のB形と接合が出来、継手部がヒューム管B形と同程度の水密性、曲げ性能を有していること。

(3) 施工性

現場におけるコンクリート工事等の必要性が無く、工期短縮、作業の安全性が得られること。

一般財団法人土木研究センターの建設技術審査証明事業実施要領に基づき、依頼のあった標記の技術について下記のとおり証明する。

2005年12月6日

2010年12月6日 更新

2015年12月6日 更新

2020年12月6日 更新

建設技術審査証明事業実施機関

一般財団法人 土木研究センター
理事長 常田賢一

記

1. 審査証明の結果

上記の開発の趣旨、開発目標に照らして審査した結果、遠心成形高強度パイプカルバート「CSB」は次の性能を有することが確認された。

(1) 強度特性

従来のヒューム管よりひび割れ強さが大きいため、現場において補強等を行うことなくヒューム管以上の浅埋設および深埋設使用が可能である。

(2) 継手性能

ヒューム管B形と接合が可能で、継手部はヒューム管B形と同等の水密性、曲げ性能を有している。

(3) 施工性

現場におけるコンクリート工事等が無く、施工が簡単で工期の短縮がはかれ、また、安全につり下げ施工できる。

2. 審査証明の前提

(1) 本審査証明は、依頼者からの試験データ等の資料を基に審査し、確認したものである。

(2) 「CSB」の製造は、工場における適切な品質管理のもとに行われるものとする。

(3) 「CSB」を用いた管路の施工は、適切な施工管理のもとに行われるものとする。

3. 審査証明の範囲

外圧管で地中に埋設される排水管として使用する範囲とする。

4. 審査証明の詳細

建設技術審査証明報告書

5. 審査証明の有効期限

2025年12月5日

6. 審査証明の依頼者

中川ヒューム管工業株式会社

所在地：茨城県土浦市真鍋一丁目16番11号

CSB設計施工資料

昭和59年4月 発行
昭和60年9月 発行
昭和61年10月 発行
昭和63年8月 発行
平成3年9月 発行
平成6年3月 発行
平成7年3月 発行
平成8年6月 発行
平成9年5月 発行
平成9年11月 発行
平成10年10月 発行
平成11年4月 発行
平成13年10月 発行
平成16年7月 発行
平成18年1月 発行
平成19年4月 発行
平成20年10月 発行
平成22年5月 発行
平成24年6月 発行
平成27年2月 発行
平成30年4月 発行
令和4年10月 発行

編集 中川ヒューム管工業株式会社 技術営業部

〒300-0051 茨城県土浦市真鍋1-16-11 延増第3ビル8階

TEL 029-821-3611

FAX 029-821-3620

非売品 禁止不許転載

全国CSB工業会

會澤高圧コンクリート株式会社
旭コンクリート工業株式会社
SMCプレコンクリート株式会社
株式会社キクノ
九州中川ヒューム管工業株式会社
九州ベルテクス株式会社
セキヤヒューム株式会社
中央コンクリート工業株式会社
東京コンクリート工業株式会社
中川ヒューム管工業株式会社
中川ヒューム管山陽株式会社
日本ヒューム株式会社
播磨コンクリート工業株式会社
藤村クレスト株式会社
前田製管株式会社
株式会社牧港ヒューム管工業所

■CSBの資料請求・お問い合わせは……

連絡窓口／全国CSB工業会 事務局

〒300-0051 土浦市真鍋1-16-11 延増第3ビル8階(中川ヒューム管工業株式会社内)

TEL. (029)821-3611 FAX. (029)821-3620

又は下記へ

