

(10) トンネルのしゃへい係数 K_4

トンネルのしゃへい係数 K_4 は表 4.10 によって求める。

表 4.10 トンネルのしゃへい係数 K_4

トンネルの長さ (m) 大地導電率 σ (s/m)	0 ~ 500 m		500 ~ 1000 m		1000 m 以上	
	未	満	未	満	両端 500 m	左記以外の区間
$\sigma \geq 0.06$	1.0		0.800		0.800	0.600
$0.06 > \sigma \geq 0.006$	1.0		0.785		0.785	0.570
$0.006 > \sigma$	1.0		0.775		0.775	0.550

トンネルのしゃへい係数は、トンネルに鉄筋が使用される場合に用い、鉄筋のないトンネルには適用しない。

(11) 高架のしゃへい係数 K_5

高架によるしゃへい係数は表 4.11 によって求める。

表 4.11 高架のしゃへい係数 K_5

高架の長さ (m) 大地導電率 σ (s/m)	0 ~ 500 m		500 ~ 1000 m		1000 m 以上	
	未	満	未	満	両端 500 m	左記以外の区間
$\sigma \geq 0.06$	1.0		0.785		0.785	0.57
$0.06 > \sigma \geq 0.006$	1.0		0.77		0.77	0.54
$0.006 > \sigma$	1.0		0.76		0.76	0.52

(12) レール電流の分流によるしゃへい係数 K_6

レール電流の分流によるしゃへい係数は表 4.12, 表 4.13 による。

表 4.12 レール電流の分流によるしゃへい係数 K_6 (60 Hz)

変電所又はき電区分所 からの距離 (km)	K_6		記 事
	レールもれ抵抗 3 Ω km	レールもれ抵抗 1 Ω km	
0 ~ 1	0.59	0.65	
1 ~ 2	0.75	0.87	
2 ~ 3	0.86	0.97	
3 ~ 4	0.94	1.0	
4 ~ 5	0.98	1.0	

表 4.13 レール電流の分流によるしゃへい係数 K_6

(800 Hz)

変電所又はき電区分所 からの距離 (km)	K_6		記 事
	レールもれ抵抗 $3 \Omega \text{ km}$	レールもれ抵抗 $1 \Omega \text{ km}$	
0 ~ 1	0.74	0.84	
1 ~ 2	0.98	1.0	
2 ~ 3	1.0	1.0	

(13) 静電誘導電圧 V_s と静電誘導電流 I_s

裸通信線又はしゃへい層のない通信ケーブルに生ずる静電誘導電圧 V_s は、単線の場合を図 4.21 に示し、複線の場合を図 4.22 に示す。

また、静電誘導電流 I_s については図 4.23 に示す。

架空地線等による静電しゃへい係数 k を表 4.14 に示す。

図 4.21 静電誘導電圧 V_s

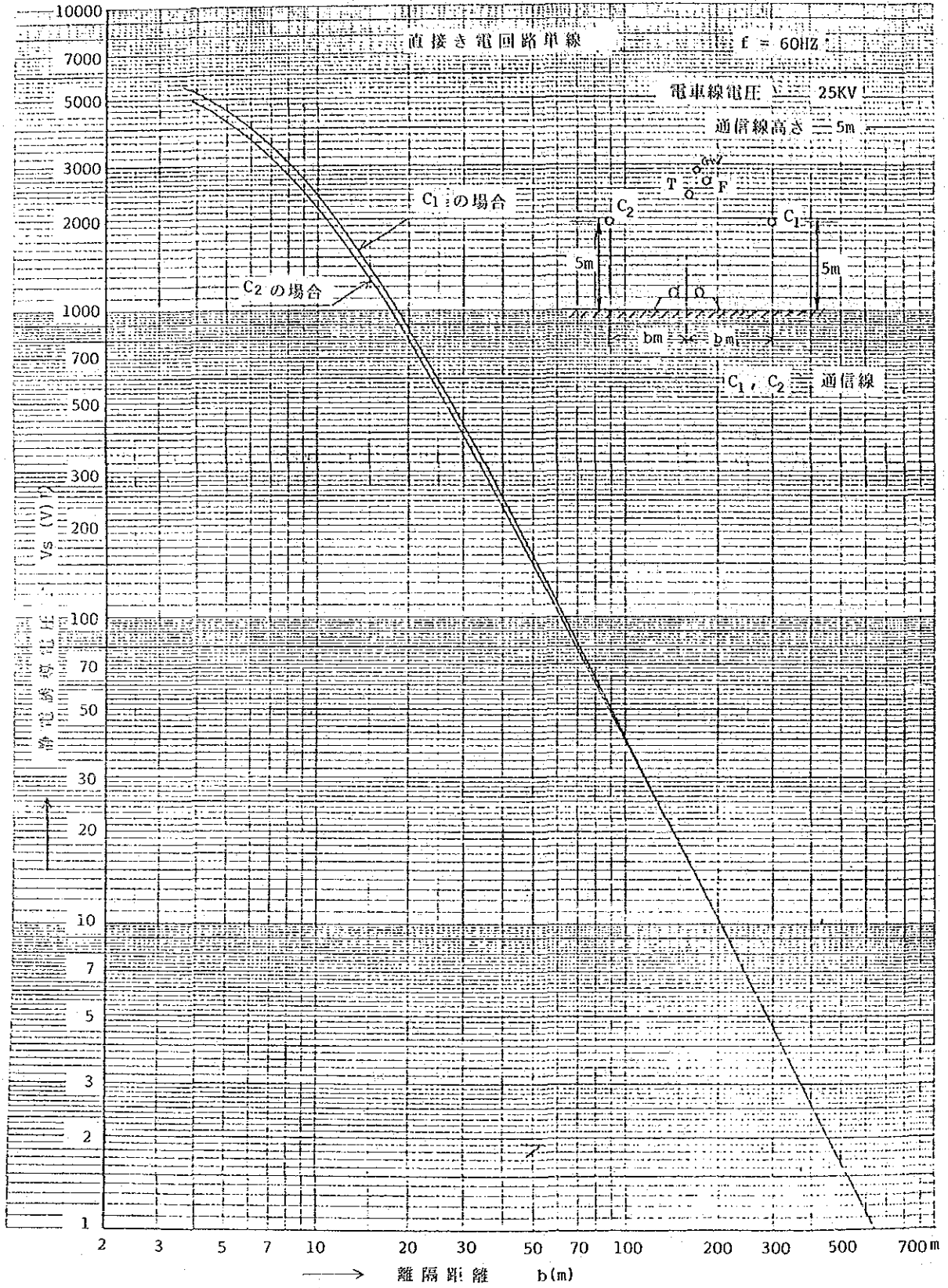


图 4.22 静電誘導電圧 V_s

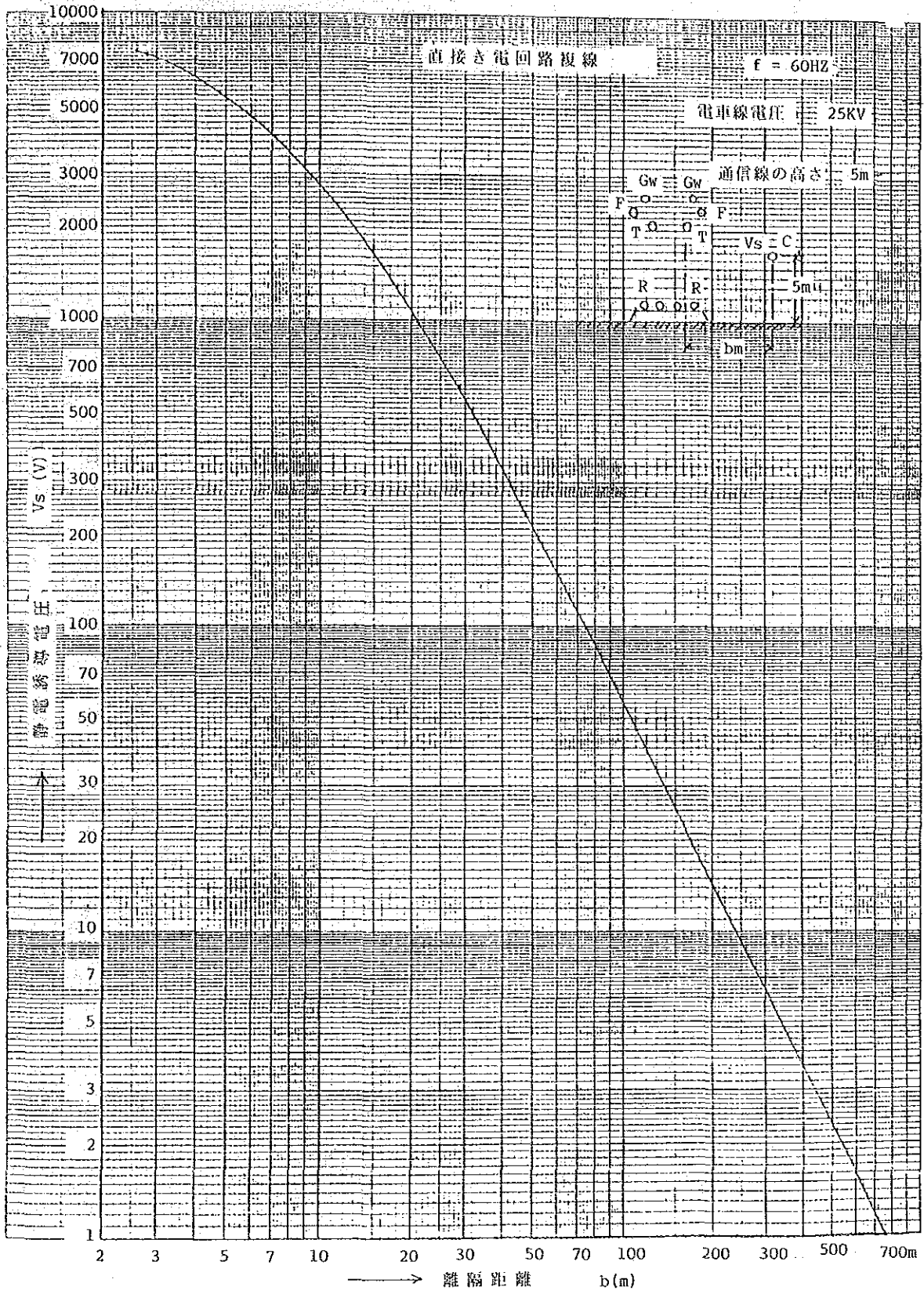


図 4.23 静電誘導電流 I_s

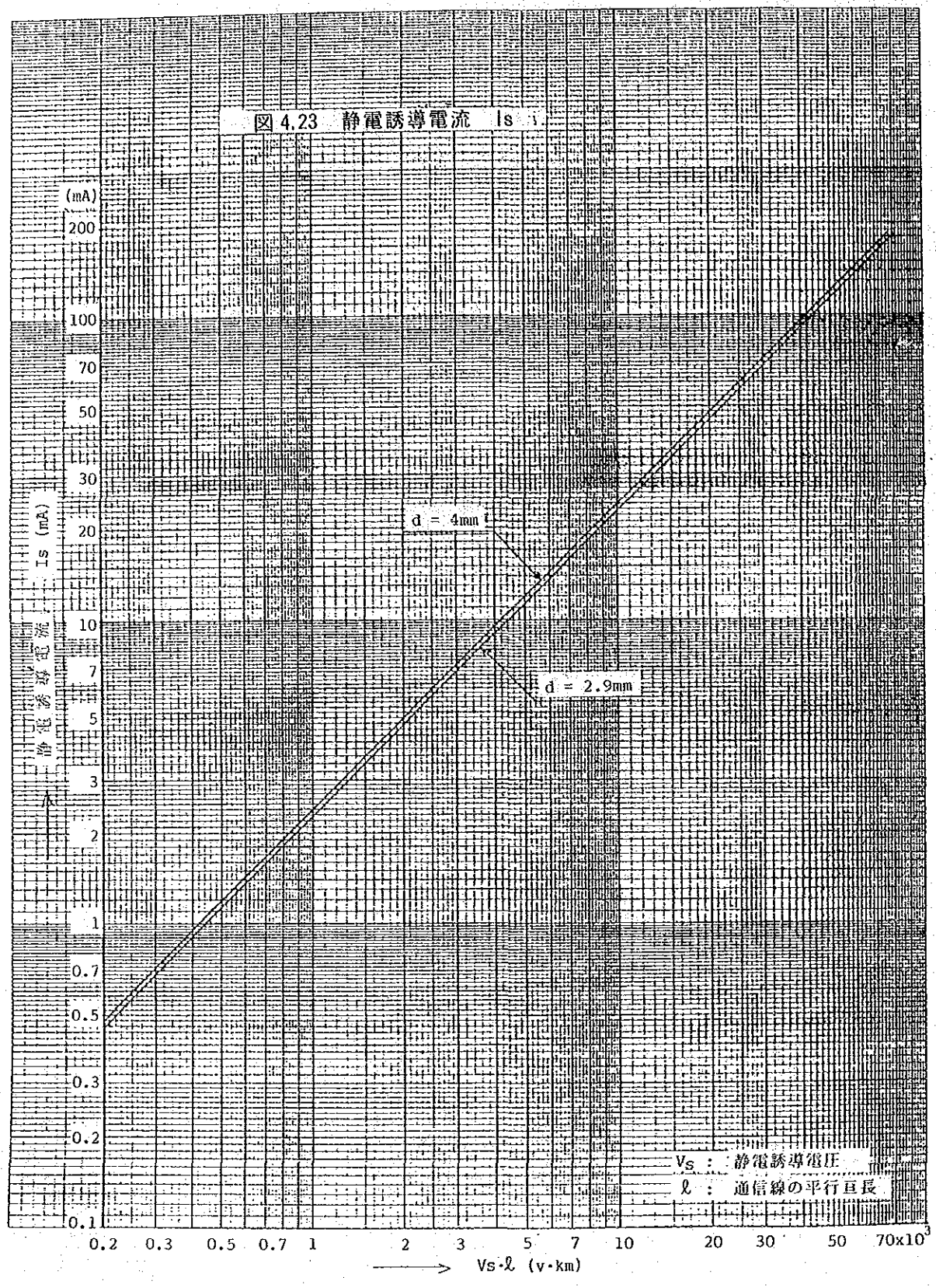
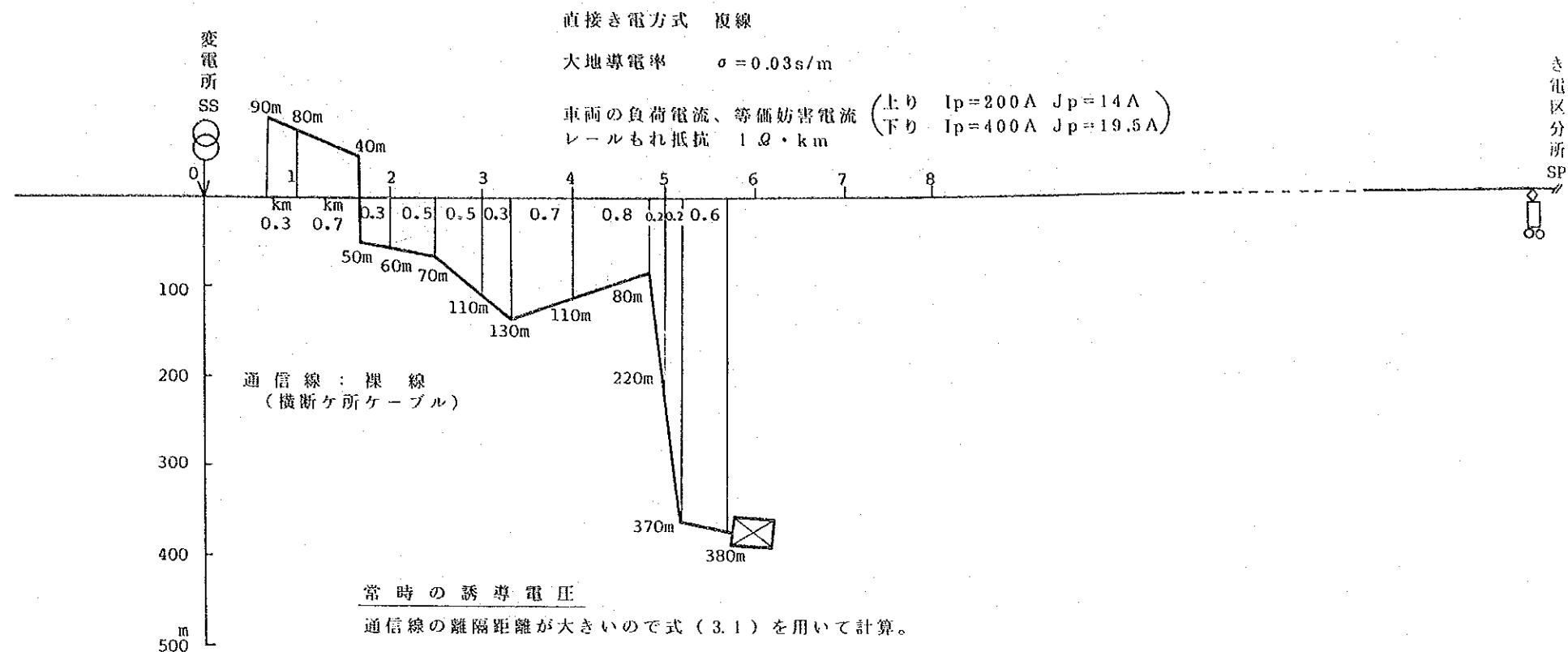


表 4.14 架空地線その他による静電誘導しやへい係数 k

種 別	遮 蔽 係 数	備 考
電車線路に設置する架空地線 1条	0.7	
” 2条	0.6	
” 3条	0.5	
通信線路に設置する架空地線 1条	0.7	架渉位置に関係するので標準値を示す。
” 2条	0.6	
” 3条	0.5	
” 4条	0.4	
電車線と通信線路の間にある樹木 または建物	0.7	
通信線路の近くにある樹木又は建物	0.7	

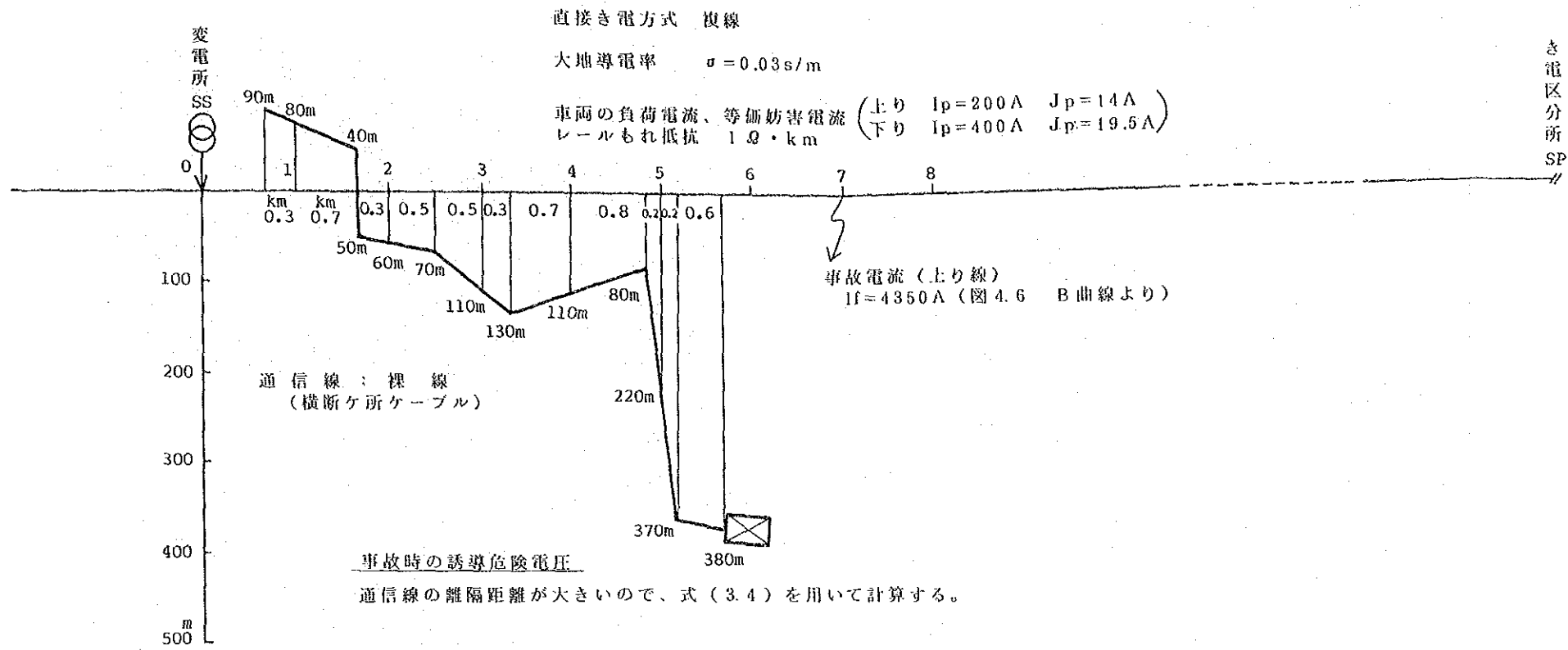
5. 予 算 計 算 例

誘導予測計算における計算例 (1) - 1



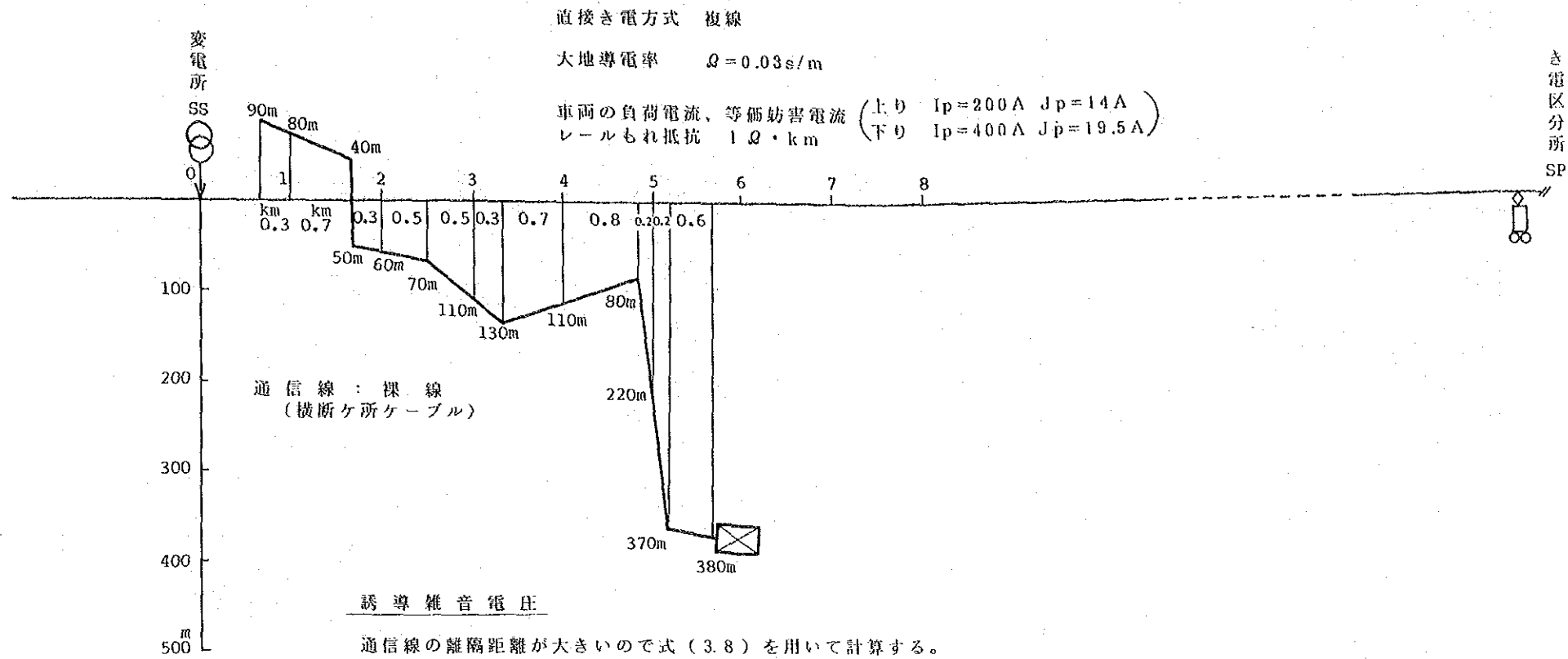
離隔距離	b (m)	90	80	40	0	50	60	70	110	130	110	80	220	370	380	
平均離隔距離	b_m (m)	85	60	20	25	55	65	90	120	120	95	150	295	375		
平行長	l (km)	0.3	0.7	0	0	0.3	0.5		0.3	0.7	0.8	0.2	0.2	0.6		
M_{60}	($\mu\text{H}/\text{km}$)	385	450	660	615	465	435	380	322	322	367	283	170	133		図 4. 4
$M_{60} \cdot l$	(μH)	116	315	0	0	140	218	190	97	225	294	57	34	80		
$1 - n$		0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362		表 4. 4 図 4. 8
上り I_p	(A)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
下り I_p	(A)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400		
上り $\omega_{60} M_{60} I_p (1-n) \cdot l \times 10^{-6}$		3.17	8.60	0	0	3.82	5.95	5.19	2.65	6.14	8.02	1.56	0.93	2.18		式(3.1)
下り $\omega_{60} M_{60} I_p (1-n) \cdot l \times 10^{-6}$		6.33	17.20	0	0	7.64	11.90	10.37	5.30	12.28	16.05	3.11	1.86	4.37		式(3.1)
$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		表 4.6、表 4.8、表 4.9 表 4.10、表 4.11
K_6		0.65	0.87	0.87	0.87	0.87	0.97	0.97	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		表 4.12
上り $V_m(\text{上}) = \omega_{60} \cdot M_{60} I_p (1-n) \cdot l \cdot K_6 \times 10^{-6}$		2.06	7.48	0	0	3.32	5.77	5.03	2.65	6.14	8.02	1.56	0.93	2.18		式(3.1) 合計 45.14V
下り $V_m(\text{下}) = \omega_{60} \cdot M_{60} I_p (1-n) \cdot l \cdot K_6 \times 10^{-6}$		4.11	14.96	0	0	6.65	11.54	10.06	5.30	12.28	16.05	3.11	1.86	4.37		式(3.1) 合計 90.29V
上・下合計 $V_m = V_m(\text{上}) + V_m(\text{下})$																上、下線合計 $V_m = 135.4\text{V}$

制限値 60V を超過する。
 (60Hz のしゃへい係数が 0.44 のしゃへいケーブルを用いると、
 $V_m = 59.6\text{V}$ となる。)



離隔距離	b (m)	90	80	40	0	50	60	70	110	130	110	80	220	370 380	
平均離隔距離	b _m (m)	85	60	20	25	55	65	90	120	120	95	150	295	375	
平行長	ℓ (km)	0.3	0.7	0	0	0.3	0.5	0.5	0.3	0.7	0.8	0.2	0.2	0.6	
M ₆₀	(μH/km)	385	450	660	615	465	435	380	322	322	367	283	170	133	図 4.4
M ₆₀ · ℓ	(μH)	116	315	0	0	140	218	190	97	225	294	57	34	80	
1 - n		0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362	表 4.4 図 4.8
事故電流 I _F	(A)	4350	4350	4350	4350	4350	4350	4350	4350	4350	4350	4350	4350	4350	図 4.6 (B 曲線)
$\omega_{60} M_{60} I_F (1-n) \ell \times 10^{-6}$		68.9	187.0	0	0	83.1	129.4	112.8	57.6	133.6	174.5	33.8	20.2	47.5	式 (3.4)
K ₁ · K ₂ · K ₃ · K ₄ · K ₅		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	表 4.6、表 4.8、 表 4.9、表 4.10、表 4.11
K ₆		0.65	0.87	0.87	0.87	0.87	0.97	0.97	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	表 4.12
V _F = $\omega_{60} M_{60} I_F (1-n) \ell \cdot K_6 \times 10^{-6}$		44.8	162.6	0	0	72.3	125.5	109.4	57.6	133.6	174.5	33.8	20.2	47.5	式 (3.4) 合計 981.9 V

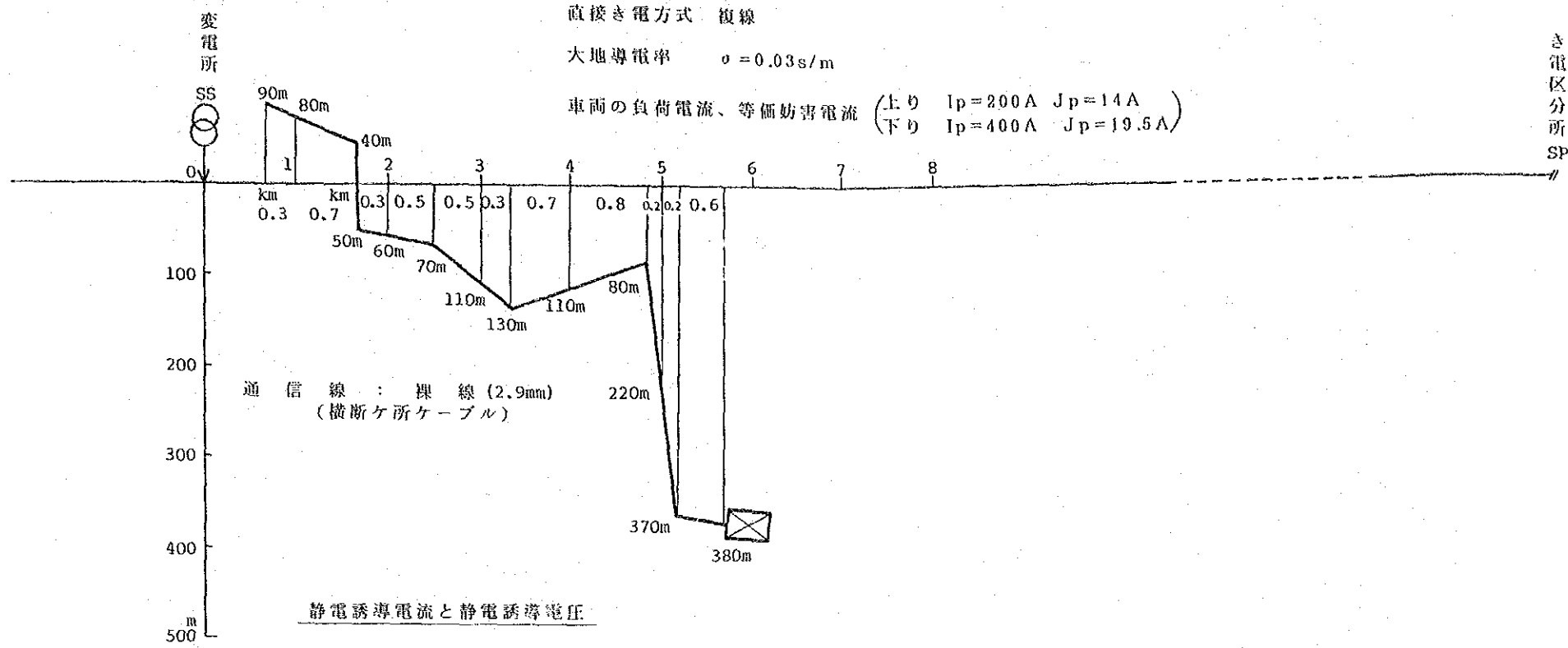
制限値 430V を超過する。
 (60Hz のしゃへい係数が 0.43 のしゃへいケーブルを用いると、
 $V_F = 422.2V$ となる。)



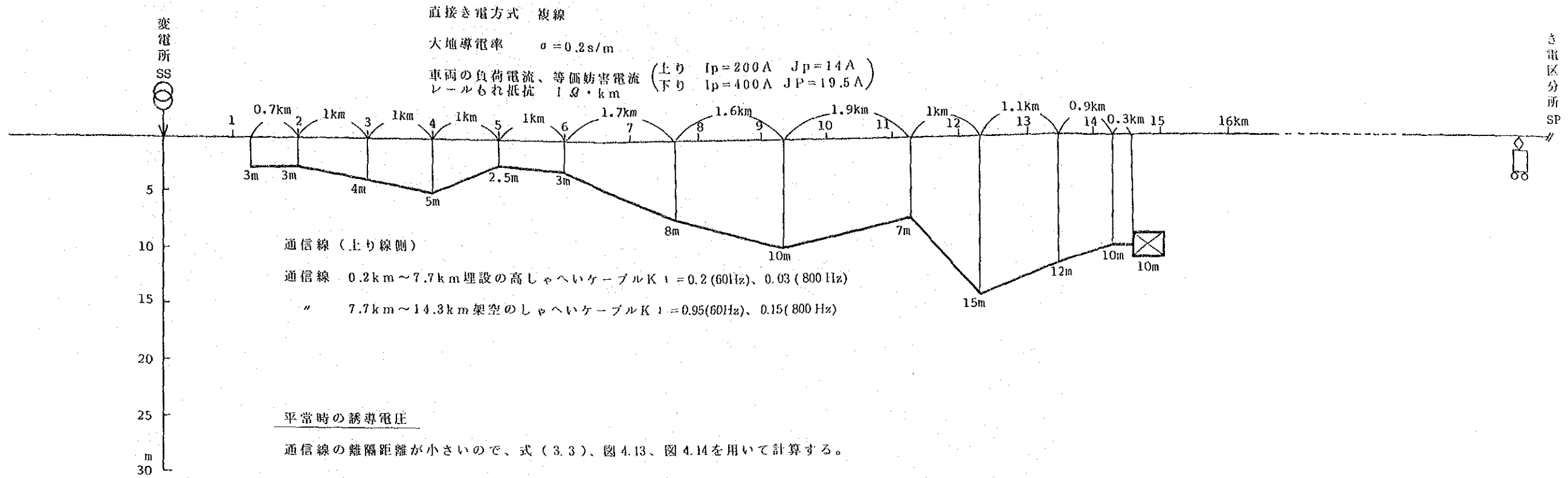
離隔距離	b (m)	90	80	40	0	50	60	70	110	130	110	80	220	370	380	
平均離隔距離	b_m (m)	85	60	20	25	55	65	90	120	120	95	150	295	375		
平行長	l (km)	0.3	0.7	0	0	0.3	0.5	0.5	0.3	0.7	0.8	0.2	0.2	0.6		
M_{800}	($\mu\text{H}/\text{km}$)	161	218	0	0	233	203	153	113	113	146	85	26.8	16.0		図4.5
$M_{800} \cdot l$	(μH)	48.3	152.6	0	0	69.9	101.5	76.5	33.9	79.1	116.8	17.0	5.4	9.6		
$1 - n$		0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	表4.5 図4.8
上り J_p	(A)	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	(裸線の J_p 値は0.73倍する)
下り J_p	(A)	14.23	14.23	14.23	14.23	14.23	14.23	14.23	14.23	14.23	14.23	14.23	14.23	14.23	14.23	(同上)
上り $\omega_{800} M_{800} J_p (1-n) l \cdot \lambda \times 10^{-3}$		4.65	14.70	0	0	6.73	9.78	7.37	3.27	7.62	11.25	1.64	0.52	0.92		式(3.8) 平衡度 $\lambda = \frac{1}{200}$ 表4.7
下り $\omega_{800} M_{800} J_p (1-n) l \cdot \lambda \times 10^{-3}$		6.48	20.47	0	0	9.37	13.61	10.26	4.55	10.61	15.66	2.28	0.72	1.29		式(3.8) 平衡度 $\lambda = \frac{1}{200}$ 表4.7
$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
K_6		0.84	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	表4.13
上り $U_n(f) = \omega_{800} M_{800} J_p (1-n) l \cdot \lambda \cdot K_6 \times 10^{-3}$		3.91	14.70	0	0	6.73	9.78	7.37	3.27	7.62	11.25	1.64	0.52	0.92		式(3.8) 合計 67.71mV
下り $U_n(f) = \omega_{800} M_{800} J_p (1-n) l \cdot \lambda \cdot K_6 \times 10^{-3}$		5.44	20.47	0	0	9.37	13.61	10.26	4.55	10.61	15.66	2.28	0.72	1.29		式(3.8) 合計 94.26mV
$U_n = \sqrt{U_n(f)^2 + U_n(t)^2}$																上下線 合計 $\sqrt{67.71^2 + 94.26^2} = 116.1 \text{ mV}$

制限値 5mVを超過する。
 (800Hzのしゃへい係数が0.01のケーブルを用い平衡度を $\frac{1}{400}$ ($\lambda = 52 \text{ dB}$) とすると、 $U_n = 0.80 \text{ mV}$ となる。)

誘導予測計算における計算例 (1) - 4



離隔距離	b (m)	90	80	40	0	50	60	70	110	130	110	80	220	370	380		
平均離隔距離	b_m (m)	85	60	20	25	55	65	90	120	120	95	150	295	375			
平行長	l (km)	0.3	0.7	0	0	0.3	0.5	0.5	0.3	0.7	0.8	0.2	0.2	0.6			
V_s	(V)	77	150	1050	750	177	128	69	39	39	62	25	6.6	4.1		図4.22	
$V_s \cdot l$	(V·km)	23.1	105	0	0	53.1	64	34.5	11.7	27.3	49.6	5.0	1.3	2.5		$\sum V_s l = 377.1 \text{ (V·km)}$	
静電誘導電圧 $V_s = \frac{\sum V_s l}{\sum l}$ (V)																$V_s = 73.9 \text{ V} (\sum l = 5.1 \text{ km})$制限値以下
$V_s' = V_s \cdot \frac{\sum l'}{\sum l}$ (V)																$V_s' = 72.7 \text{ V} (\sum l' = 5.19 \text{ km})$横断ヶ所のケーブル長90mを加える。
静電誘導電流 I_s (mA)																図4.23 $I_s = 0.85 \text{ mA}$制限値以下



離隔距離	b (m)	3	3	4	5	2.5	3	8	10	7	15	12	10	10	
平均離隔距離	b_m (m)	3.0	3.5	4.5	3.7	2.7	5.5	9.0	8.5	11	13.5	11	10		
平行長	l (km)	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.7	1.6	1.9	1.0	1.1	0.9	0.3		
上り $V_m/A \cdot \text{Km}$	(V/A·Km)	0.077	0.08	0.084	0.078	0.074	0.086	0.111	0.114	0.104	0.097	0.104	0.109		図 4.13
上り $V_m = (V_m/A \cdot \text{Km}) I_p \cdot l$	(V)	10.78	16.0	16.8	15.6	14.8	29.24	35.52	43.32	20.8	21.34	18.72	6.54		$I_p = 200\text{A}$
K_6		0.87	0.97	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		表 4.12
上り $V_m \cdot K_6$	(V)	9.38	15.52	16.8	15.6	14.8	29.24	35.52	43.32	20.8	21.34	18.72	6.54		合計 247.6V
K_1		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95		表 4.6
上り $V_m(H) = V_m \cdot K_1 \cdot K_6$	(V)	1.88	3.10	3.36	3.12	2.96	5.85	33.74	41.15	19.76	20.27	17.78	6.21		上り合計 159.2V
				(20.27)						(138.9)					
下り $V_m/A \cdot \text{Km}$	(V/A·Km)	0.062	0.063	0.066	0.064	0.06	0.067	0.081	0.082	0.078	0.074	0.078	0.08		図 4.14
下り $V_m = (V_m/A \cdot \text{Km}) I_p \cdot l$	(V)	17.36	25.20	26.4	25.6	24.0	45.56	51.84	62.32	31.2	32.56	28.08	9.6		$I_p = 400\text{A}$
下り $V_m \cdot K_6$	(V)	15.10	24.44	26.4	25.6	24.0	45.56	51.84	62.32	31.2	32.56	28.08	9.6		合計 376.7V
K_1		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95		表 4.6
下り $V_m(F) = V_m \cdot K_1 \cdot K_6$	(V)	3.02	4.89	5.28	5.12	4.8	9.11	49.25	59.20	29.64	30.93	26.68	9.12		下り合計 237.0V
上下線合計 $V_m(H) + V_m(F)$				(32.22)						(204.8)					上下線合計 396.2V

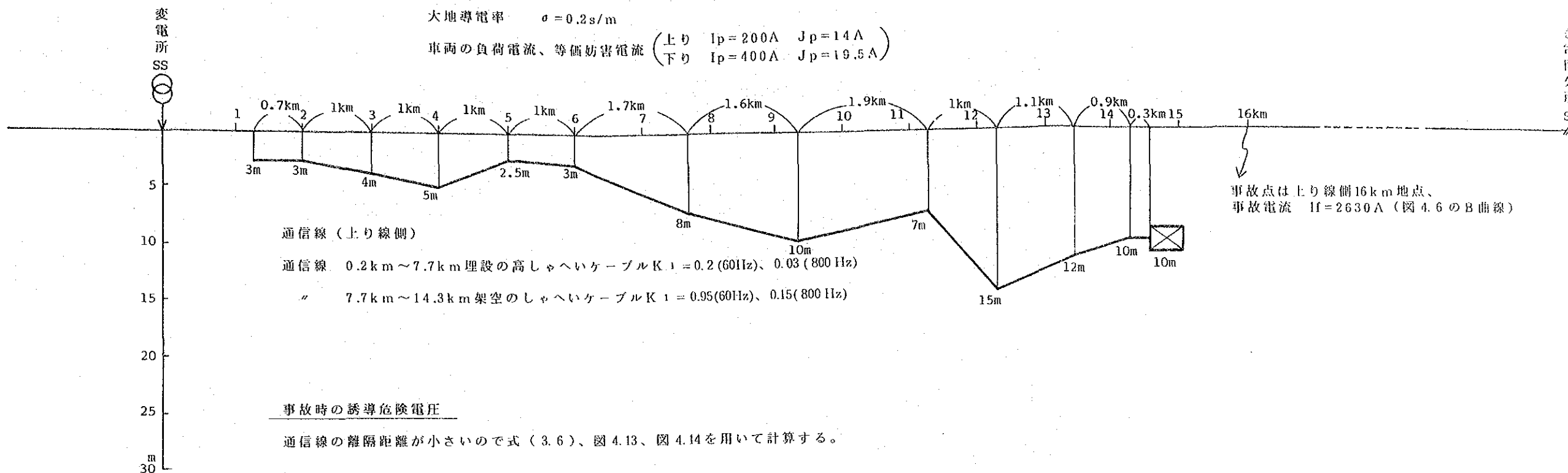
制限値 60V を超過する。
 (60Hzのしゃへい係数が0.096のしゃへいケーブルを用いると、
 $V_m = 59.9\text{V}$ となる。)

直接き電方式 複線

大地導電率 $\sigma = 0.2 \text{ s/m}$

車両の負荷電流、等価妨害電流 (上り $I_p = 200 \text{ A}$ $J_p = 14 \text{ A}$
下り $I_p = 400 \text{ A}$ $J_p = 19.5 \text{ A}$)

き電区分所 SP



事故点は上り線側16 km地点、
事故電流 $I_f = 2630 \text{ A}$ (図 4.6 の B 曲線)

事故時の誘導危険電圧

通信線の離隔距離が小さいので式 (3.6)、図 4.13、図 4.14 を用いて計算する。

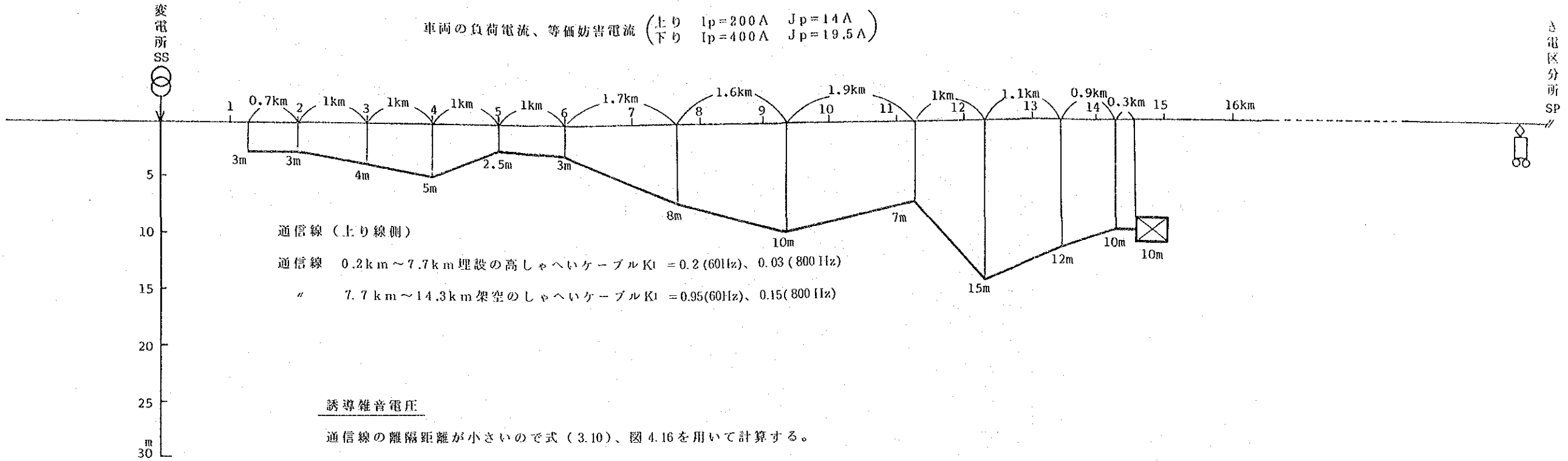
離隔距離	b (m)	3	3	4	5	2.5	3	8	10	7	15	12	10	10	
平均離隔距離	bm (m)	3.0	3.5	4.5	3.7	2.7	5.5	9.0	8.5	11	13.5	11	10		
平行長	ℓ (km)	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.7	1.6	1.9	1.0	1.1	0.9	0.3		
上り $V_m/A \cdot Km$	(V/A·Km)	0.077	0.08	0.084	0.078	0.074	0.086	0.111	0.114	0.104	0.097	0.104	0.109		図 4.13
事故電流 I_f	(A)	2630	2630	2630	2630	2630	2630	2630	2630	2630	2630	2630	2630		図 4.6 の B 曲線
$V_f = (V_m/A \cdot Km) \cdot I_f \cdot \ell$	(V)	141.8	210.4	220.9	205.1	194.6	384.5	467.1	569.7	273.5	280.6	246.2	86.0		(合計 3280V)
$K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		表 4.8、表 4.9、表 4.10 表 4.11
K_1		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95		表 4.6
K_6		0.87	0.97	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		表 4.12
上り $V_{f(L)} = V_f \cdot K_1 \cdot K_6$	(V)	24.7	40.8	44.2	41.0	38.9	76.9	443.7	541.2	259.8	266.6	233.9	81.7		合計 $V_{f(L)} = 2093 \text{ V}$

制限値 430 V を超過する。
(60 Hz のしゃへい係数が 0.13 のしゃへいケーブルを用いると、
 $V_f = 423 \text{ V}$ となる。)

直接き電方式 複線

大地導電率 $\sigma = 0.2 \text{ s/m}$

車両の負荷電流、等価妨害電流 (上り $I_p = 200 \text{ A}$ $J_p = 14 \text{ A}$
下り $I_p = 400 \text{ A}$ $J_p = 19.5 \text{ A}$)



離隔距離	b (m)	3	3	4	5	2.5	3	8	10	7	15	12	10	10	
平均離隔距離	b_m (m)	3.0	3.5	4.5	3.7	2.7	5.5	9.0	8.5	11	13.5	11	10		
平行長	l (km)	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.7	1.6	1.9	1.0	1.1	0.9	0.3		
上り $V_n/A \cdot Km$	(V/A·Km)	0.61	0.65	0.71	0.66	0.58	0.74	1.10	1.12	1.0	0.9	1.0	1.04		図 4.15
上り $V_n = (V_n/A \cdot Km) \cdot J_p \cdot l$	(V)	5.98	9.1	9.94	9.24	8.12	17.61	24.64	29.79	14.0	13.86	12.6	4.37		$J_p = 14 \text{ A}$ (合計 159.3V)
K_1		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		表 4.6
K_6		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		表 4.13
上り $U_n(t) = V_n \cdot K_1 \cdot K_6 \cdot l \times 10^3$	(mV)	0.896	1.37	1.49	1.39	1.22	2.64	18.48	22.34	10.5	10.4	9.45	3.28		表 4.7 平衡度 $\lambda = \frac{1}{200}$
				(9.01)						(74.45)					合計 $U_n(t) = 83.46 \text{ mV}$
下り $V_n/A \cdot Km$	(V/A·Km)	0.43	0.45	0.48	0.46	0.41	0.5	0.71	0.72	0.66	0.62	0.66	0.69		図 4.16
下り $V_n = (V_n/A \cdot Km) \cdot J_p \cdot l$	(V)	5.87	8.78	9.36	8.97	8.00	16.58	22.15	26.68	12.87	13.30	11.58	4.04		$J_p = 19.5 \text{ A}$ (合計 148.2V)
K_1		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		表 4.6
K_6		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		表 4.13
下り $U_n(f) = V_n \cdot K_1 \cdot K_6 \cdot l \times 10^3$	(mV)	0.880	1.32	1.40	1.35	1.20	2.49	16.61	20.01	9.65	9.97	8.69	3.03		表 4.7 平衡度 $\lambda = \frac{1}{200}$
				(8.64)						(67.96)					合計 $U_n(f) = 76.6 \text{ mV}$
上下線合計	$U_n = \sqrt{U_n(t)^2 + U_n(f)^2}$														上下線合計 $U_n = 113.3 \text{ mV}$

合計 $U_n(t) = 83.46 \text{ mV}$

合計 $U_n(f) = 76.6 \text{ mV}$

制限値 1 mV を超過する。
(800 Hz におけるしゃへい係数を 0.01 とし、
平衡度 $\lambda = \frac{1}{3000}$ (69.5 dB) する
と、 $U_n = 0.73 \text{ mV}$ となる。

6. 誘導対策

通信線に対する誘導予測計算の結果、制限値を超過する場合は、制限値以下となるよう適切な誘導支障の対策を行う必要がある。

誘導対策としては、起誘導側のき電回路側で行う場合と、被誘導側の通信側で行う場合とがある。

直接き電方式の場合

(1) き電回路側で行う対策方法

- (i) き電回路の近傍にしゃへい線をもうけて、しゃへい線のしゃへい効果により誘導電圧、誘導雑音電圧を軽減させる。
- (ii) き電回路のレールの大地漏れ抵抗を大きくしてレール電流の大地への漏れを少なくし、誘導電圧を軽減させる。
(この場合は、レールの対地電圧が上昇する)
- (iii) き電回路に流れる高調波電流を少なくするため、機関車にフィルタ等を用い、等価妨害電流を軽減させる。

(2) 通信側で行う対策方法

- (i) 裸通信線の場合は、平衡度の良好な、静電および電磁しゃへいを有するケーブルに変更する。
- (ii) しゃへい層のないケーブルや、しゃへい効果の少ないケーブルはしゃへい効果の大きい高しゃへいケーブルに変更する。
- (iii) 絶縁線輪、汙波排流線輪、アレスタ等の誘導軽減機器を用いて誘導電圧を軽減させる。
- (iv) 通信線路に接続される機器（例えば電話交換機）の平衡度が悪い場合には、N型線輪等を用いて平衡度を向上させて誘導雑音電圧を軽減させる。
- (v) 離隔距離を大きくするように通信線のルートを変更する。
- (vi) 対地帰路回路を用いる通信線（電信回線）等はメタリック回路に変更する。
- (vii) 通信方式を変更して、搬送化、PCM化等にする。

等の対策方法がある。

直接き電方式における通信誘導の予測計算方法

— GWの接続のない場合 — <技術情報提供支援教材>

昭和63年9月30日発行

©国際協力事業団 1988

企画・発行

国際協力事業団

国際協力総合研修所

〒162 東京都新宿区市谷本村町10番5号

国際協力センタービル

電話東京(03)269-2357

著作・執筆

電気技術開発㈱

制作協力

東日本旅客鉄道㈱

財国際協力サービス・センター

JICA