

言

義

土木學會誌 第十卷第五號 大正十三年十月

堤防内の暗渠に於ける縦斷面の計算法

(第十卷第一號所載)

著者 會員 工學士 鈴木 雅 次

第十卷第一號及び第二號に記述せし暗渠の計算法に就て知人より直接種々の出問ありしに鑑み次の數項に就て討議せんとす。

(1) 新構造暗渠と舊構造暗渠との工費上の差異如何に

前2回の論文の標題が「何々の計算法」と記せしが爲め、とかく數式を主眼とせる論文の様に思考せられしは止むを得ざる所なれども著者の考は横斷面を主とせし舊構造に屬する河川暗渠と縦斷面に重きを置ける新構造河川暗渠、との間に於ける構造上の實際問題として彼の論文を書きしにあり、但し夫れにしては構造上の記事を餘り省略し過ぎたるの感ありしが爲め、此標題の如き出疑あるは當然なるを以て今茲に實例に就て答へんとす。

第十卷第一號に述べし實例暗渠に於て、若し第二號の訂正の如く、暗渠上の荷重横幅を暗渠基礎の幅員と等しく15尺に假定し、又地杭の反力分布の状況を等布なりとして設計を進むるならば縦鐵筋に於て第一號のものより稍々其數量を増加し結局、中央50尺の甲部と稱する所に於て徑1吋の丸鋼を74本入れ、其前後の所謂乙部にては44本を要す其他の構造は大差なし。

又第一號の論文に於て縦斷面に就て論じながら最後に其横斷面の略圖のみを掲げて暗渠全體の縦斷面其他の横構造を示す設計圖の無きは手落なりとの注意ありしを以て本文には附圖第一として實例暗渠設計圖を更めて添付する事とせり。

此暗渠は利根川第二期改修工事に於ける、滑川塚樋、並に新川塚樋の原設計にして之に依つて總工事を見積れば、勞力費10,704圓20錢、材料費21,868圓80錢即ち合計32,573圓となる。

而して新構造式を採用せるが爲めに舊構造式暗渠に比し新に加算すべき部分は暗渠底部混凝土の厚さに於て舊構造ならば16吋なるべきものが新構造にては更に8吋増して24吋となる、従つて混凝土の容積5坪を増すべし、次に懸案の縦鐵筋として徑1吋の丸鋼2,488貫並に其附屬の横鐵筋徑1/2吋丸鋼と結束用20番鐵線等150貫等を新に要する事となれり、此等を金額に見積れば材料勞力費、合せて2,344圓即ち總工費に比し僅に7%の増加を示すに過ぎず、如斯き僅少なる工費の増加を以て爾來河川附帶暗渠の最も危険とせし横龜裂に依る破壊の原因を全々一掃し得るに至りしが故に、新構造が舊構造に比して其實際上の價值は著しきものと言ふべきなり。

(2) 新構造暗渠の竣功後に於ける效果如何に

此出問は實際問題として最も肝要なることに屬するが故に今茲に實例に就て竣功後果して安全なるや否やを記さん。

舊構造式の河川附帶暗渠にして破壊せる實例の調査材料は多く之を有すれども、之に反して新構造式に屬する暗渠にして破損せしものは昨年震災のため破壊せる暗渠を除き殆ど其例を聞かず、例へば著者が直接又は間接に關係を有せし利根川第二期並に小貝川に於て、新構造暗渠21箇に就て竣功後の結果を見るに別表に示すが如く何れも安全にして危険なる横龜裂を生ぜしもの無し、此表の中、藤藏塚樋と稱する暗渠は新構造式の先驅とも稱すべきものにして大正七年三月其原設計は著者に依つて作成せられ大正八年一月六日に起工し工費6,967圓餘を以て同年八月四日に竣功せし渠徑1.5尺の土管鐵筋混凝土卷の暗渠にして之が建設位置の地盤は最も柔弱なりしが今日に至るも能く安全に保たれ些の横龜裂を認めず、次に滑川塚樋、新川塚樋の原設計も亦附圖第一實例暗渠設計圖の如く大正七年四月に作成し同年十月に起工し、前者は工費33,116圓餘を以て八年十二月に竣功し、後者は工費35,851圓餘を以て九年三月に竣功せしものなるが其後の調査に於て何れも異状なきものなり、其他、新川、佐原、今、布湖、船戸、根本川、金江津、淵生、飯島、小堀、四谷、豊田、神之浦、布鎌、安西、神崎、境川、八間川、北間文間、取手仲町、豊田仲、中谷津、等の暗渠は皆な新構造式に屬すべきものなるが震災の被害を除き何れも安全なるものなり。

利根川第二期改修工事に於て大正七年初めて此新構造暗渠を採用せし後、荒川下流、江戸川渡良瀬、利根川第三期等に於ても漸次此様式を採用せられしが其結

果は良好なりと言ふ。

(3) 反力式を直線とせず二次の曲線としては如何に

是亦興味ある問題なるが、實際設計用の計算として最も貴ぶべきは、計算の簡單なること、次に原式は如何に複雑にても可なれど最後の簡易式と其原式との間の關係明瞭にして、若し其間の差異を知らんとせば之が算出可能なるべきこと等なり。

而して、著者が第二號に於て述べしが如く、反力を表はすに直線式を以てするならば、以上の要件は最も都合よく満足せられて遺憾なきが故に設計の實用としては、曲線を以てするより遙に勝るものありと信ず、但し直線式を以てするも曲線式を以てするも何れも新構造の様式採用後の問題にして事枝葉に屬し必ずしも直線式を固守するものにあらず、要は舊來の如く横断面に重きを置くよりも寧ろ縦断面の構造を主として設計すれば可なるべし。

(4) 沈下反力定數の差異より起る影響如何に

著者は前に彈性式を記したれども此等の數式自身は論文の目的にあらず單に簡易式を説明するの經路として之を掲げたるに過ぎざるが爲め沈下反力定數に就ても深く之に觸れず、唯だ一例として C が $30\#/ \text{cm}^2$ なる場合を第二號に於て述べたり如しく $30\#/ \text{cm}^2$ と假定せるには相當の根據なきにあらざれども、實際 C の數値を設計の當初に於て適當に定むるは甚だ困難なることなり、従つて簡易式は C に關係なく計算し得るが如く作り置くの要あるべし。

然れども今假に C の價を種々に變じ例へば $100\#/ \text{cm}^2, 60\#/ \text{cm}^2, 30\#/ \text{cm}^2, 10\#/ \text{cm}^2$ 等となし其結果彎曲率、剪應力は如何に變化するかを述べん、之に用ゐんとする暗渠は本文の實例暗渠(附圖第一參照)即ち滑川、新川、兩杖樋の原設計に示す構造寸法に依る、即ち

$$l_1 = 60' = 720''$$

$$l_2 = 50' = 600''$$

$$l = 110' = 1320''$$

$$\beta = 15' = 180''$$

$$h = 18' = 216''$$

$$\rho = 100\# \div 12^3 = 0.058\# / (\text{cm})^3$$

$$E = 3,000,000\# / \text{cm}^2$$

$$J = 17,000,000(\text{cm})^4$$

にして此中 E と J との計算方法は前號のものと同様なり、又此等の數値を用ひて彎曲率、剪應力等の式を算出する方法も第二號と大體同様なるを以て本文にては唯その結果のみを記さん。

$C=100\#|n|o''$ の場合

$$L=326$$

$$M=-478,000,000\{(0.0037e^{\xi}-0.0614e^{-\xi})\cos\xi-(-0.0022e^{\xi}+0.0634e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \geq 0$ なる時

$$=+478,000,000\{(0.0587e^{\xi}-0.001e^{-\xi})\cos\xi-(0.0646e^{\xi}-0.001e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \leq 0$ なる時

$$Q=-1,470,000\{(0.0059e^{\xi}-0.002e^{-\xi})\cos\xi-(0.0015e^{\xi}-0.125e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \geq 0$ なる時

$$=-1,470,000\{(0.0059e^{\xi}-0.002e^{-\xi})\cos\xi+0.123e^{\xi}\sin\xi\}$$

$\xi \leq 0$ なる時

$C=60\#|n|o''$ の場合

$$L=371$$

$$M=-372,000,000\{(0.0136e^{\xi}-0.113e^{-\xi})\cos\xi-(-0.0052e^{\xi}+0.122e^{\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \geq 0$ なる時

$$=+372,000,000\{(0.105e^{\xi}-0.005e^{-\xi})\cos\xi-(0.123e^{\xi}-0.0035e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \leq 0$ なる時

$$Q=-1,000,000\{(0.0188e^{\xi}-0.0085e^{-\xi})\cos\xi-(0.0084e^{\xi}-0.235e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \geq 0$ なる時

$$=-1,000,000\{(0.0188e^{\xi}-0.0085e^{-\xi})\cos\xi-(-0.228e^{\xi}+0.0015e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \leq 0$ なる時

$C=30\#|n|o''$ の場合

$$L=441$$

$$M=-263,000,000\{(0.0604e^{\xi}-0.2518e^{-\xi})\cos\xi-(-0.01e^{\xi}+0.2938e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \geq 0$ なる時

$$=+263,000,000\{(0.221e^{\xi}-0.0296e^{-\xi})\cos\xi-(0.2914e^{\xi}-0.0124e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \leq 0$ なる時

$$Q=-595,000\{(0.0704e^{\xi}-0.042e^{-\xi})\cos\xi-(0.0504e^{\xi}-0.5456e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \geq 0$ なる時

$$=-595,000\{(0.0704e^{\xi}-0.042e^{-\xi})\cos\xi-(-0.5124e^{\xi}+0.0172e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \leq 0$ なる時

$C=10\#/\eta/\sigma''$ の場合

$$L=580$$

$$M=-151,000,000\{(0.414e^{\xi}-0.856e^{-\xi})\cos\xi-(0.0388e^{\xi}+1.132e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \geq 0$ なる時

$$=+151,000,000\{(0.696e^{\xi}-0.254e^{-\xi})\cos\xi-(1.071e^{\xi}-0.0224e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \leq 0$ なる時

$$Q=-261,000\{(0.375e^{\xi}-0.277e^{-\xi})\cos\xi-(0.453e^{\xi}-1.988e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \geq 0$ なる時

$$=-261,000\{(0.375e^{\xi}-0.277e^{-\xi})\cos\xi-(-1.767e^{\xi}+0.232e^{-\xi})\sin\xi\}$$

$\xi \leq 0$ なる時

又此等の弾性式と對照するために此暗渠の簡易式をも附記せん。

$$M=26.8(42x^3-3,000x^2-15,000x+3,000,000)$$

$x \geq 0$ なる時

$$=26.8(-31.9x^3-3,000x^2-15,000x+3,000,000)$$

$x \leq 0$ なる時

$$Q=2.23(126x^2-6,000x-15,000)$$

$x \geq 0$ なる時

$$=2.23(-95.8x^2-6,000x-15,000)$$

$x \leq 0$ なる時

第二表 沈下反力定數と彎曲率との表

$x \setminus C$	100 $\#/\eta/\sigma''$	60 $\#/\eta/\sigma''$	30 $\#/\eta/\sigma''$	10 $\#/\eta/\sigma''$	摘要 (簡易式)
	0 ($\eta\#$)	0 ($\eta\#$)	0 ($\eta\#$)	0 ($\eta\#$)	0 ($\eta\#$)
+50					
+40	2,400,000	3,300,000	4,500,000	6,500,000	7,800,000
+30	8,100,000	11,500,000	16,000,000	21,600,000	26,200,000
+20	15,800,000	21,900,000	30,200,000	40,500,000	49,300,000
+10	23,900,000	32,000,000	43,400,000	57,700,000	69,400,000
0	27,700,000	36,800,000	50,200,000	66,700,000	80,400,000
-10	25,300,000	34,600,000	47,300,000	63,700,000	77,200,000
-20	18,200,000	26,400,000	37,300,000	51,500,000	63,200,000
-30	11,000,000	17,100,000	24,700,000	34,700,000	43,100,000
-40	5,300,000	8,600,000	12,600,000	18,100,000	22,500,000
-50	1,400,000	2,600,000	3,700,000	5,100,000	6,400,000

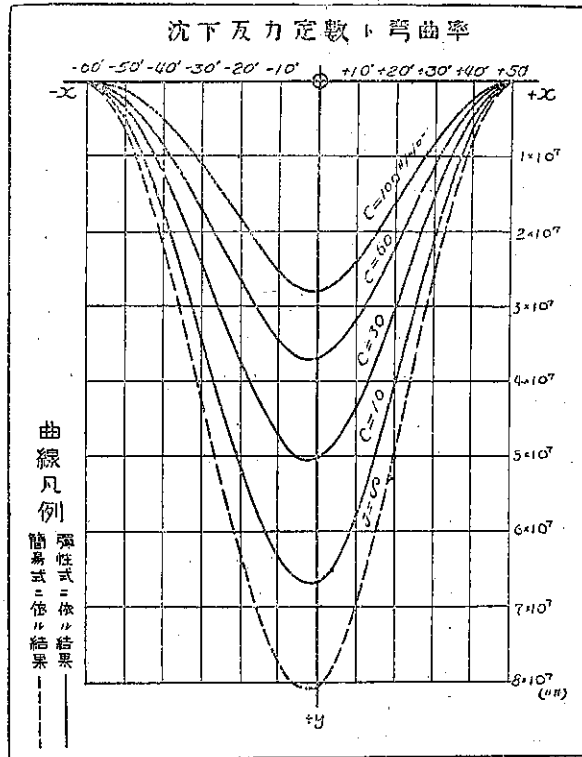
-60 0 0 0 0 0

第三表 沈下反力定數と剪應力表

$x \setminus C$	100 # / 〃 / 〃	60 # / 〃 / 〃	30 # / 〃 / 〃	10 # / 〃 / 〃	摘要 (簡易式)
+50	0	0	0	0	0
	#	#	#	#	#
+40	-37,000	-51,000	-71,000	-98,000	-118,000
+30	-60,000	-81,000	-112,000	-151,000	-183,000
+20	-68,000	-90,000	-120,000	-158,000	-190,000
+10	-54,000	-69,000	-90,000	-117,000	+138,000
0	-6,000	-10,000	-17,000	-26,000	-33,000
-10	+44,000	+50,000	+60,000	+71,000	+78,000
-20	+59,000	+75,000	+99,000	+127,000	+149,000
-30	+56,000	+77,000	+108,000	+145,000	+176,000
-40	+43,000	+62,000	+92,000	+129,000	+161,000
-50	+25,000	+35,000	+55,000	+81,000	+100,000
-60	0	0	0	0	0

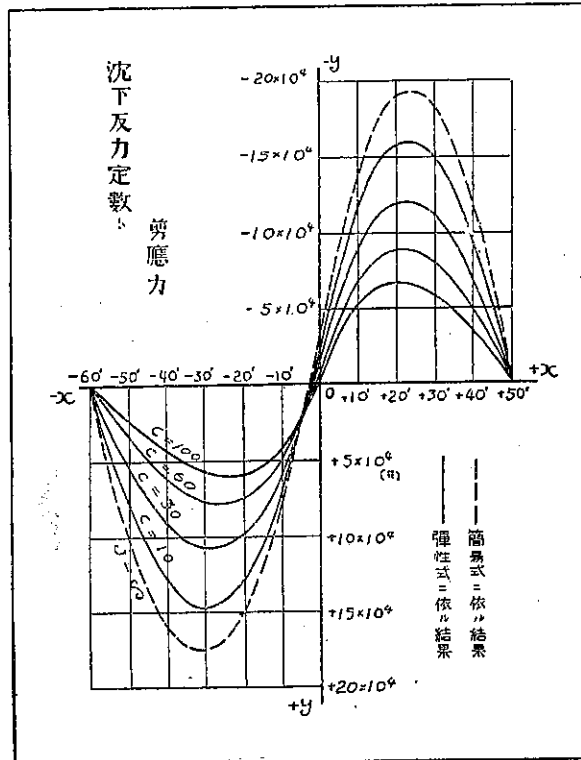
彈性式の中の δ は嘗て述べし如く ω を時にて表はしたるものを L にて除したるものなり、即ち以上列記せる諸式に依つて ω の任意の所に於ける彎曲率と剪應力とを算出し得るが故に今10呎毎の彎曲率と剪應力とを計算し其結果を集め之を表となし第二表及第三表或は之を曲線圖表(第一圖及第二圖)として點附せり。

此等の表並に圖表に依つて明かなるが如く C の増大するに従つて彎曲率も剪應力も共に其數値を低減す、之に反し C の減少するに従ひ其結果は増加するを知れり。



即ち地盤の強固なる所ほど彎曲率と剪應力との値は小さく柔弱なる地盤ほど大きくなり遂に簡易式より算出せし値に次第に近づく、

例へば C が $100\#/\text{cm}^2$ なる時の最大彎曲率は簡易式の最大彎曲率より略6.6割小なるに反し C が $10\#/\text{cm}^2$ なる場合は僅に1.7割減なるに過ぎず故に地盤強固



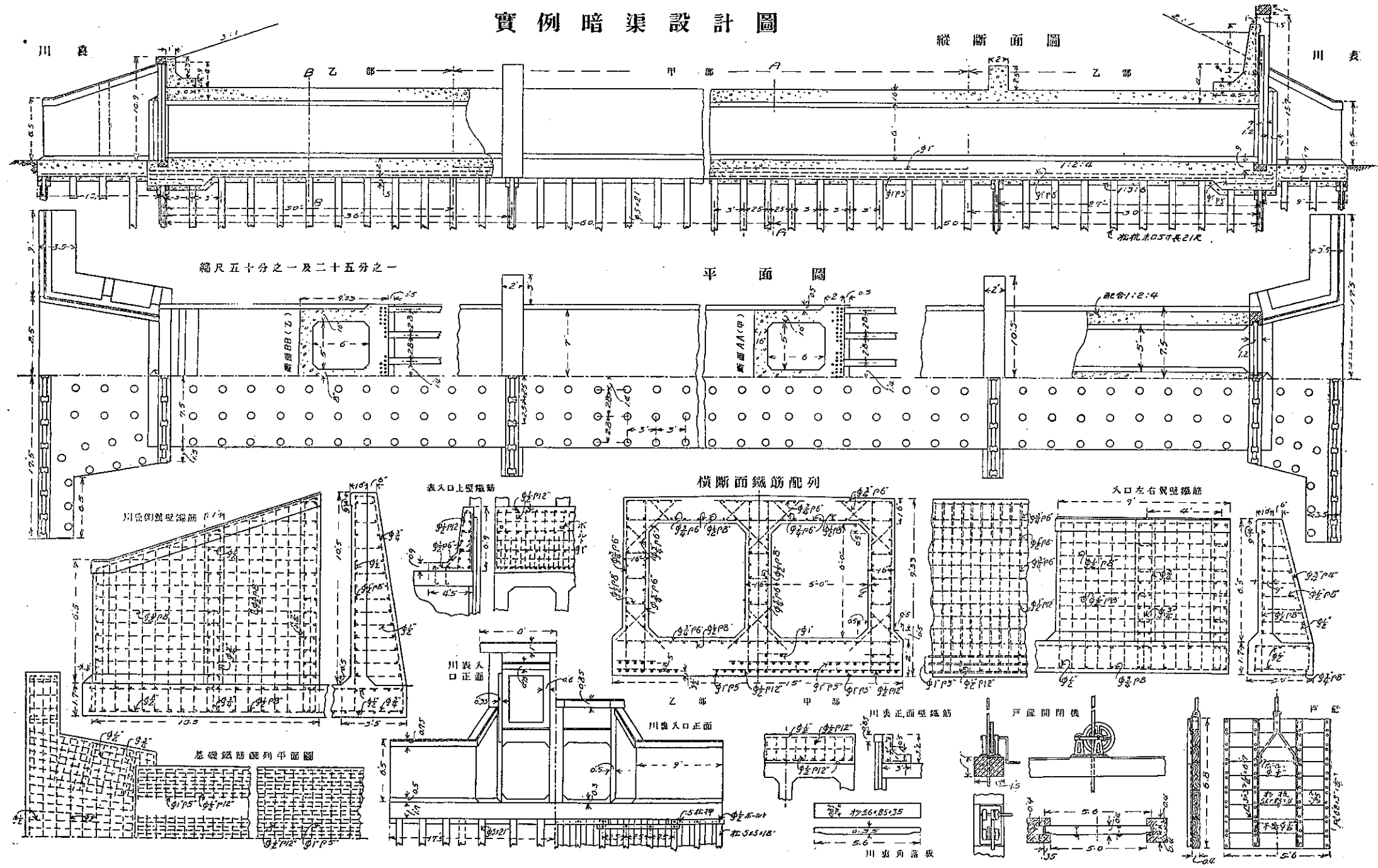
第二圖

なる所に於ては先づ簡易式に依つて暗渠の寸法を設計し之を更に弾性式にて一應檢算し其結果多少暗渠の構造を縮小し得ることあれども一般に河川附近の地盤の如く柔弱なる所に於ては簡易式の計算に依つて設計せしものに甚しき誤差なきものなり。(完)

第一表 竣工後異状無き新構造の暗渠實例表

暗渠名稱	築設位置	構造用材		暗渠寸法					工費				竣工年月日		摘要	
		底部	上部	渠數	渠内幅 呎	渠内高 呎	本體長 呎	總長 呎	基礎幅 呎	暗渠水 呎	路伏 呎	越合 呎	計 呎	起 年月日		竣 年月日
藤藏塚樋	茨城縣稻敷郡生坂村	鐵筋混凝土	土管鐵筋混 凝土卷	一聯	圓形	1.5	140.0	150.0	3.4	6,967.473	0	0	6,967.473	8-1-6	8-8-4	藤藏塚樋の原設計
滑川塚樋	千葉縣香取郡滑河町	同	鐵筋混凝土	二聯	5.0	6.0	119.2	144.3	15.2	33,116.761	810.166	0	33,926.927	7-10-16	8-12-31	は新構造暗として
新川塚樋	千葉縣香取郡滑河町	同	同	同	5.0	6.0	122.0	146.8	15.2	35,237.801	614.185	0	35,851.986	7-10-16	9-13-31	最初のものなり。
佐原塚樋	千葉縣香取郡佐原町	同	煉瓦	一聯	7.0	10.6	53.9	82.0	17.3	15,520.857	532.390	0	16,053.247	7-11-16	8-12-20	佐原塚樋と今塚樋
今塚樋	千葉縣香取郡神崎町	同	同	同	5.0	6.0	92.5	112.9	13.0	11,966.472	0	0	11,966.472	8-1-16	8-9-21	とは元來舊構造の
布湖塚樋	千葉縣東葛飾郡布佐町	同	鐵筋混凝土	二聯	2.2 3.8	2.8	110.0	139.0	8.5	13,482.725	4,846.605	3,352.820	21,682.150	8-10-16	10-6-25	暗渠に屬せしむべ
船戸塚樋	千葉縣印旛郡安食町	同	同	一聯	3.2	4.0	96.0	126.5	5.6	12,020.783	120.375	0	12,141.158	8-10-16	9-12-15	きものなれども實
根本川塚樋	千葉縣香取郡津宮村	同	同	同	7.0	10.6	52.0	89.0	11.0	16,536.229	167.090	0	16,703.319	8-6-13	10-3-31	施に際し新構造の
金江津塚樋	茨城縣稻敷郡金江津	同	同	同	5.8	4.5	96.0	133.5	8.4	15,410.095	337.710	0	15,747.805	8-12-16	9-12-15	様式に改められし
淵生塚樋	千葉縣香取郡津宮村	同	同	同	7.0	10.6	52.0	89.0	11.0	16,199.476	293.845	0	16,493.321	8-11-1	9-9-30	ものなり。布湖塚
飯島塚樋	千葉縣香取郡東大戸村	同	同	同	7.0	10.8	54.0	98.3	11.0	19,078.875	141.300	0	19,220.175	8-12-23	9-12-25	樋の工費の中には
小堀塚樋	茨城縣北相馬郡井野村	同	同	同	2.8	3.2	134.0	153.3	5.0	16,295.700	0	0	16,295.700	9-2-19	9-11-30	附屬塚樋の分1,061
四谷塚樋	茨城縣稻敷郡十倉島村	同	土管鐵筋混 凝土卷	同	圓形	2.5	103.0	118.5	4.6	9,387.140	237.010	66.390	9,690.540	9-11-2	10-3-31	同060をも含ませ
豊田塚樋	茨城縣北相馬郡北文間村	同	鐵筋混凝土	四聯	6.0	6.5	65.0	124.3	9.6	22,644.394	0	0	22,644.394	9-11-3	10-5-31	たり。
神之浦塚樋	茨城縣北相馬郡高須村	同	同	一聯	6.0	7.0	102.6	136.6	30.6	43,553.708	3,455.815	0	47,014.523	9-12-1	12-2-15	
布鎌塚樋	千葉縣印旛郡布鎌村	同	同	同	6.0	5.6	112.0	147.3	9.6	22,919.605	2,663.162	0	25,582.767	9-12-16	11-2-15	
安西塚樋	千葉縣印旛郡豊住村	同	同	同	2.8	3.2	104.9	123.2	5.0	18,470.914	1,563.760	0	20,034.674	10-3-1	11-3-31	
神崎塚樋	茨城縣稻敷郡十倉島村	同	同	同	5.0	5.4	93.8	122.5	8.4	20,635.729	0	0	20,635.729	10-3-1	11-3-31	
境川塚樋	千葉縣香取郡高岡村	同	同	同	5.5	7.3	81.5	121.5	8.4	27,472.855	1,220.310	0	28,693.165	10-4-16	11-3-31	
八間川塚樋	千葉縣香取郡佐原町	同	同	二聯	9.0	12.3	44.0	91.2	25.4	43,800.029	0	0	43,800.029	10-10-1	12-3-31	
北文間塚樋	茨城縣北相馬郡北文間	同	同	一聯	4.5	5.6	93.8	120.8	6.5	20,086.013	19,474.591	0	39,560.604	11-12-27	13-3-31	
取手仲町塚樋	茨城縣北相馬郡取手町	同	土管鐵筋混 凝土卷	同	圓形	1.5	88.5	123.0	3.6	8,801.815	70.890	0	8,872.705	12-1-20	12-6-30	
豊田仲塚樋	茨城縣北相馬郡北文間村	同	同	同	圓形	2.0	14.0	21.6	3.0	1,792.319	4,061.228	0	5,853.547	12-2-13	13-3-31	
中谷津塚樋	茨城縣北相馬郡小文間村	同	同	同	圓形	2.0	114.2	130.0	4.2	7,473.090	174.560	0	7,647.650	12-2-16	12-6-30	

附圖第一 實例暗渠設計圖



(此圖係根據設計圖繪製)