

第8章 排水工

主な関係図書

図 書 名	発行年月	発 行
道路土工構造物技術基準・同解説	H29.3	(公社) 日本道路協会
道路土工要綱(平成21年度版)	H21.6	(社) 日本道路協会
道路土工 カルバート工指針(平成21年度版)	H22.3	//
道路土工 盛土工指針(平成22年度版)	H22.4	//
道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)	H21.6	//
国土交通省制定 土木構造物標準設計 第1巻(側こう類・暗きょ類)	H12.9	(社) 全日本建設技術協会
国土交通省制定 土木構造物標準設計 第1巻(側こう類・暗きょ類)解説書	H12.9	//
下水道施設計画・設計指針と解説(前編・後編)	R1.9	(社) 日本下水道協会
茨城県中小河川の計画手引書(案) 水理公式集		茨城県土木部河川課 (社) 土木学会

8-1 概 説

排水は、道路を建設・維持管理するうえで重要要素のひとつであり、道路の計画・設計・施工・維持管理の各段階において、現地の自然条件、地形条件を十分に把握し、適切に対応しなければならない。

ここでは、道路土工要綱や茨城県中小河川の計画手引書(案)をもとに、道路排水施設の考え方を記載した。詳細については、上記関係図書を参考に十分な検討を行うこと。

8-2 排水の目的

道路排水の目的は、降雨等により路面または隣接地から道路の各部に流入する地表水や地下水等による路体の弱化や法面等の崩落を防いだり、路面の水たまりによる交通の停滞やスリップ事故等を防止し、円滑な走行性を確保することである。

8-3 排水施設の計画

排水施設を計画するに当たっては、気象・地形・流末等の調査を十分に実施し、排水が合理的・機能的に行えるとともに、施工性及び将来の維持管理面についても考慮しなければならない。

(1) 排水の勾配

- ① 排水構造物の勾配はなるべく0.3%以上にすることが望ましいが素掘りでなく十分な平滑面を持っている(二次製品、現場打等)場合は、0.2%程度までゆるくしてよい。
- ② 0.2%未満あるいは逆勾配の場合は可変断面を用いて勾配を確保すること。(有効深さ1.0mを超えた二次製品があるため、これを使用することも検討する)
- ③ 可変断面の有効深さが深くなりすぎる場合、または、可変断面を使用する区間が長くなり

維持管理面あるいは経済性から考えて不利となる場合は、ヒューム管等による暗渠構造とし、下水計画の考え方を参考に検討する。

暗渠の設計にあたっては、次のことを考慮する。

- 暗渠の勾配は0.5%以上を標準とする。
- 全区間にわたって、0.5%以上取れない場合は、上流側を0.8%、中流部0.5%、下流側0.2%とする。
- マンホールは、排水管の清掃及び点検のため、排水管の方向または管径の変化する箇所及び排水管の合流箇所に設けるものとする。設置間隔は、管径により以下を参考とする。

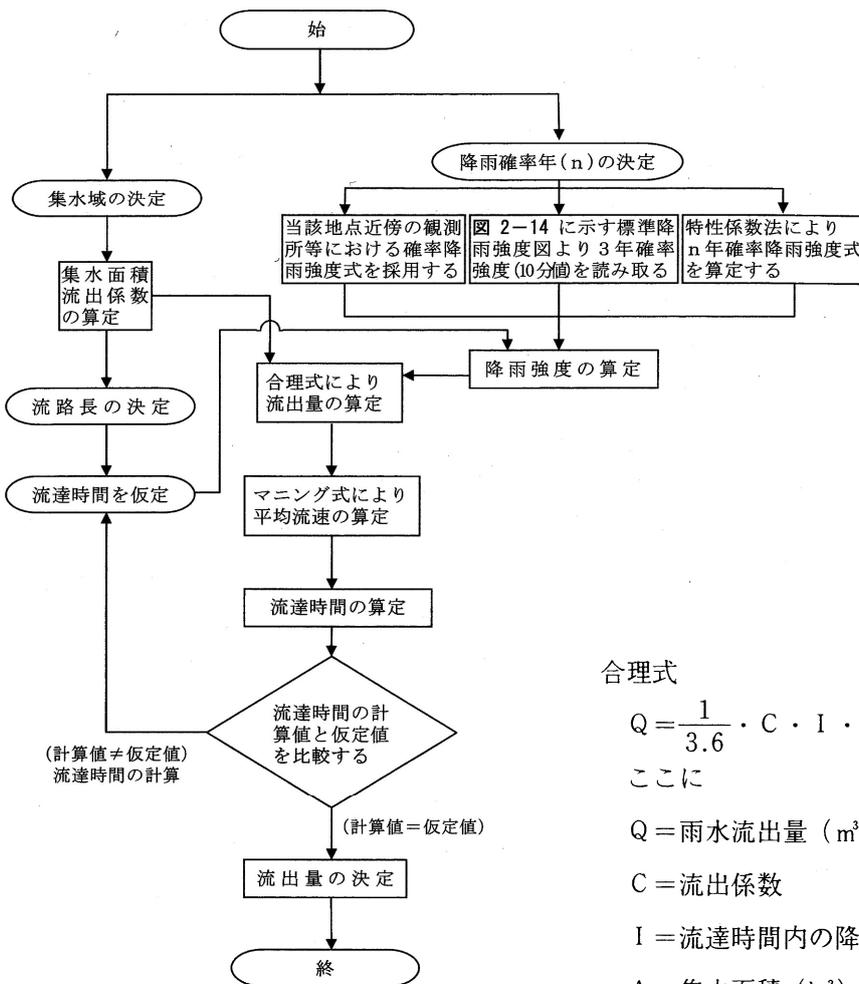
表 8-3-1 管径と最大間隔

管きよ径 (mm)	600 以下	1,000 以下	1,500 以下	1,650 以上
最大間隔 (m)	75	100	150	200

出典：道路土工要綱 P160

(2) 排水施設の断面

- 排水施設の断面を決める場合には、その排水施設で処理しなければならない流量（雨水流出量）を知る必要がある。この算定には一般的に合理式（ラショナル式）を用いて計算するのが望ましい。その算定手順の例として図 8-3-1 にフローチャートを示す。



合理式

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot C \cdot I \cdot A$$

ここに

Q = 雨水流出量 (m³/sec)

C = 流出係数

I = 流達時間内の降雨強度 (mm/h)

A = 集水面積 (km²)

図 8-3-1 流量算定フローチャート

出典：道路土工要綱 P127

a. 集水面積

集水面積は、地形条件や周辺排水施設の整備状況をもとに決定する必要がある。集水面積も表面排水施設の目的によって、

- ①道路敷地内のみの場合
- ②道路敷地内及び隣接するのり面または平地双方の場合
- ③隣接する沢等の比較的大規模な隣接地の場合

に分けられ、路側の側溝等は、①、②に該当し、カルバートのような横断排水施設は③に該当する。

b. 流出係数

流出係数は表 8-3-2、表 8-3-3 及び表 8-3-4 による。

表 8-3-2 地表面の工種別基礎流出係数（路面排水施設）

地表面の種類		流出係数
路面	舗砂	0.70~0.95
	利装道	0.30~0.70
路肩, のり面等	細粒土	0.40~0.65
	粗粒土	0.10~0.30
	硬岩	0.70~0.85
	軟岩	0.50~0.75
砂質土の芝生	勾配 0~2%	0.05~0.10
	" 2~7%	0.10~0.15
	" 7%以上	0.15~0.20
粘性土の芝生	勾配 0~2%	0.13~0.17
	" 2~7%	0.18~0.22
	" 7%以上	0.25~0.35
屋根 間地 芝, 樹林の多い公園 勾配の緩い山地 勾配の急な山地		0.75~0.95
		0.20~0.40
		0.10~0.25
		0.20~0.40
		0.40~0.60
田, 水面 畑		0.70~0.80
		0.10~0.30

出典：道路土工要綱 P134

表 8-3-3 用途地域別平均流出係数（路面排水施設）

敷地内に間地が非常に少ない商業地域及び類似の住宅地域	0.80
浸透面の屋外作業場等の間地を若干もつ工場地域及び若干庭がある住宅地域	0.65
住宅公園団地等の中層住宅団地及び1戸建て住宅の多い地域	0.50
庭園を多く持つ高級住宅地域及び畑地等が割合残っている郊外地域	0.35

出典：道路土工要綱 P134

表 8-3-4 流出係数（ボックスカルバート）

路面及び法面	0.70～1.0	市 街	0.60～0.90
急峻の山地	0.75～0.90	森林地帯	0.20～0.40
緩い山地	0.70～0.80	山地河川流域	0.75～0.85
起伏ある土地及び樹林	0.50～0.75	平地小河川流域	0.45～0.75
平坦な耕地	0.45～0.60	半分以上平地の大河川流域	0.50～0.75
たん水した水田	0.70～0.80		

出典：道路土工要綱 P134

c. 流達時間

流達時間は、集水区域の最遠点から排水施設に達するまでの時間（流入時間）と管渠などを流れて計画地点に達するまでの時間（流下時間）に分けられる。

流入時間は、地表の状況、勾配、集水区域の大きさ、形状そのほか多くの要素に左右されるが、一般に過去の経験から斜面長に応じて、山地で 15～30 分、切土面で 3～5 分、都市域で 5 分等の値をとって十分とされている。

なお、流入時間の算出方式については「道路土工要綱」の資料-5を参照すること。

また、流下時間は雨水流出量を求めようとする地点で、それからの上流の側溝、管渠などの最長延長をそれらの平均流速（後述するマンシング式で算出）で割ったもので近似される。

d. 降雨確率年

排水施設の計画基準の目安として、道路区分による選定基準を表 8-3-5 に、排水施設別の採用降雨確率年の標準を表 8-3-6 に示す。

表 8-3-5 道路区分による選定基準

計画 交通量 (台/日)	道路の 種 別			
	高速自動車国道 及び 自動車専用道路	一般国道	都道府県道	市町村道
10,000 以上	A	A	A	A
10,000～4,000	A	A, B	A, B	A, B
4,000～ 500	A, B	B	B	B, C
500 未満	—	—	C	C

注) う回路のない道路については、その道路の重要性等を考慮して、区分を 1 ランク上げてよい。

出典：道路土工要綱 P111

表 8-3-6 排水施設別採用降雨確率年の標準

分 類	排水能力の高さ	降 雨 確 率 年	
		(イ)	(ロ)
A	高 い	3 年	10 年以上(ハ)
B	一 般 的		7 年
C	低 い		5 年

出典：道路土工要綱 P112

- 注 イ) 路面や小規模なのみり面など、一般の道路排水施設に適用する。
- ロ) 長大な自然斜面から流出する水を排除する道路横断排水工、平坦な都市部で内水排除が重要な場所の道路横断排水工など、重要な排水工に適用する。
- ハ) 道路管理上、構造上重要性の高い沢部の盛土等の道路横断排水工については30年程度とするのがよい。

e. 降雨強度式及び適用範囲

降雨強度式及び適用範囲は以下による。

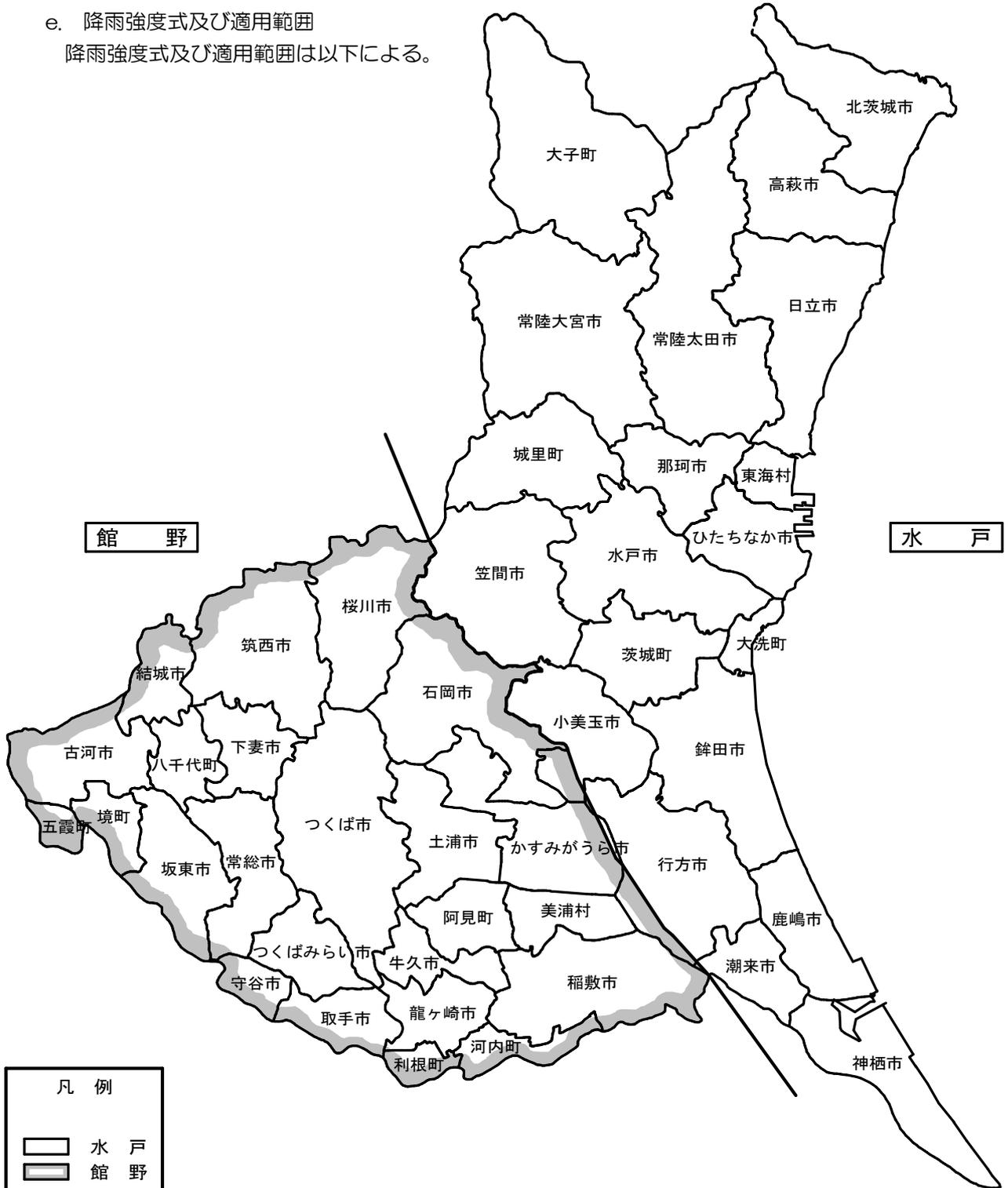


図 8-3-2 降雨強度式適用範囲

表 8-3-7 館野降雨強度式による数値表

単位：mm/hr(ただし日雨量はmm)

確率	降雨強度式 時間(分)	10	20	30	40	60	120	180	240	360	720	1440	日雨量
		1/1.5	$r = \frac{798}{T^{3/4} + 7.88}$	59.10	46.03	38.55	33.55	27.11	18.08	13.99	11.59	8.82	5.43
1/1.9	$r = \frac{923}{T^{3/4} + 8.29}$	66.34	52.01	43.73	38.15	30.92	20.72	16.07	13.33	10.15	6.27	3.81	94.0
1/2	$r = \frac{934}{T^{3/4} + 7.52}$	71.06	55.01	45.92	39.87	32.12	21.34	16.48	13.64	10.36	6.37	3.87	96.0
1/3	$r = \frac{1127}{T^{3/4} + 7.93}$	83.15	64.82	54.32	47.28	38.22	25.51	19.75	16.36	12.44	7.67	4.66	116.0
1/5	$r = \frac{769}{T^{2/3} + 2.77}$	103.71	75.80	61.84	53.11	42.45	28.34	22.16	18.55	14.38	9.23	5.89	142.0
1/8	$r = \frac{908}{T^{2/3} + 3.00}$	118.77	87.51	71.69	61.72	49.49	33.18	25.99	21.78	16.91	10.87	6.94	173.0
1/10	$r = \frac{990}{T^{2/3} + 3.15}$	127.00	94.06	77.25	66.62	53.52	35.98	28.22	23.66	18.38	11.83	7.56	190.0
1/15	$r = \frac{1178}{T^{2/3} + 3.75}$	140.32	105.88	87.81	76.19	61.68	41.90	33.01	27.76	21.63	13.98	8.95	223.0
1/20	$r = \frac{1286}{T^{2/3} + 3.92}$	150.14	113.85	94.66	82.28	66.75	45.46	35.87	30.18	23.54	15.23	9.76	243.0
1/30	$r = \frac{1483}{T^{2/3} + 4.54}$	161.46	124.46	104.39	91.26	74.57	51.30	40.66	34.30	26.84	17.44	11.20	281.0
1/50	$r = \frac{1728}{T^{2/3} + 5.02}$	178.58	139.24	117.53	103.17	84.74	58.73	46.71	39.49	30.97	20.18	12.99	320.0
1/70	$r = \frac{1904}{T^{2/3} + 5.25}$	192.42	150.81	127.65	112.26	92.44	64.29	51.20	43.33	34.03	22.20	14.31	355.0
1/80	$r = \frac{2023}{T^{2/3} + 5.68}$	195.93	154.95	131.83	116.33	96.21	67.33	53.78	45.59	35.88	23.47	15.15	376.0
1/100	$r = \frac{2088}{T^{2/3} + 5.71}$	201.64	159.57	135.80	119.86	99.16	69.42	55.47	47.03	37.01	24.22	15.64	390.0
1/200	$r = \frac{2519}{T^{2/3} + 6.49}$	226.22	181.67	155.92	138.40	115.35	81.63	65.56	55.75	44.04	28.95	18.75	465.0

圖 8-3-3 館野降雨強度曲線

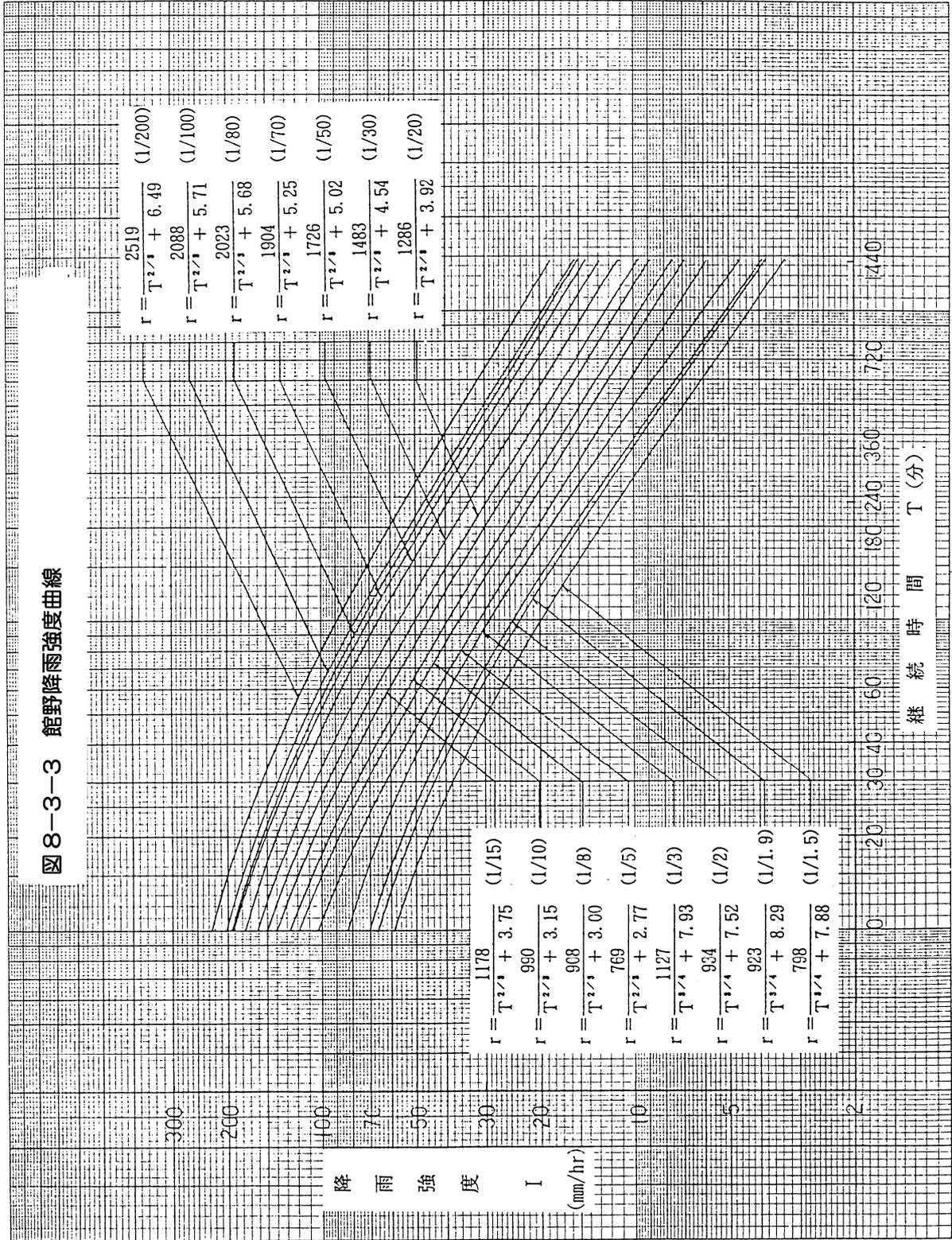
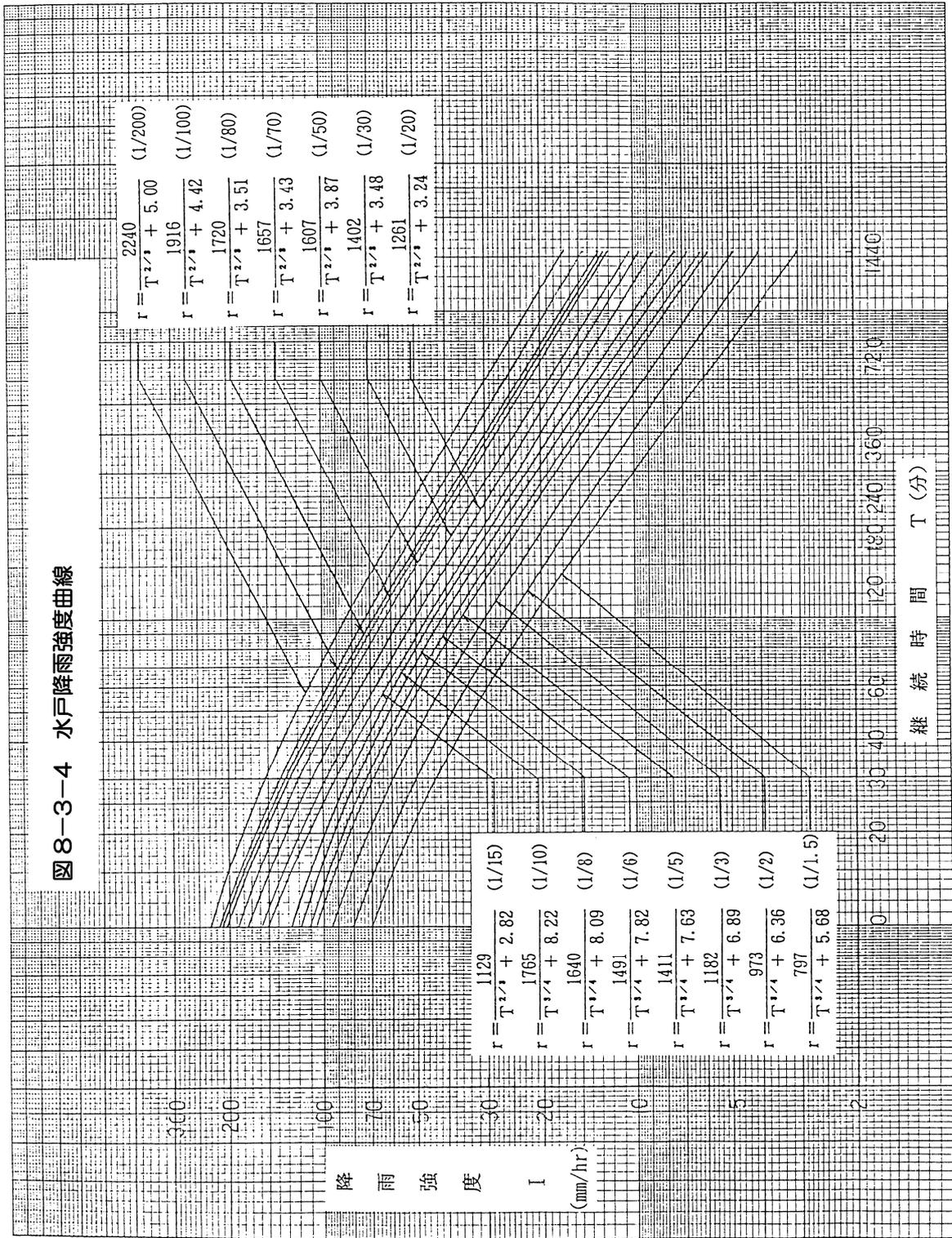


表 8-3-8 水戸降雨強度式による数値表

単位：mm/hr(ただし日雨量はmm)

確 率	時間 (分)		10	20	30	40	60	120	180	240	360	720	1440	日雨量
	降雨強度式													
1/1.5	$r = \frac{797}{T^{3/4} + 5.68}$		70.51	52.65	43.08	36.92	29.26	19.00	14.54	11.96	9.02	5.51	3.33	84.0
1/2	$r = \frac{973}{T^{3/4} + 6.36}$		81.20	61.51	50.73	43.70	34.85	22.83	17.53	14.45	10.93	6.69	4.05	102.0
1/3	$r = \frac{1182}{T^{3/4} + 6.89}$		94.46	72.31	59.97	51.85	41.55	27.40	21.10	17.42	13.20	8.10	4.91	124.0
1/5	$r = \frac{1411}{T^{3/4} + 7.63}$		106.46	82.58	69.00	59.95	48.34	32.15	24.85	20.57	15.63	9.62	5.85	146.0
1/6	$r = \frac{1494}{T^{3/4} + 7.82}$		111.13	86.47	72.39	62.97	50.85	33.90	26.23	21.72	16.51	10.18	6.18	157.0
1/8	$r = \frac{1640}{T^{3/4} + 8.09}$		119.59	93.46	78.44	68.35	55.32	36.98	28.66	23.75	18.07	11.15	6.78	176.0
1/10	$r = \frac{1765}{T^{3/4} + 8.22}$		127.50	99.84	83.89	73.16	59.27	39.68	30.77	25.51	19.42	11.99	7.29	193.0
1/15	$r = \frac{1129}{T^{2/3} + 2.82}$		151.24	110.74	90.42	77.70	62.15	41.53	32.48	27.20	21.09	13.55	8.64	224.0
1/20	$r = \frac{1261}{T^{2/3} + 3.24}$		159.92	118.79	97.71	84.35	67.84	45.68	35.85	30.07	23.38	15.06	9.62	245.0
1/30	$r = \frac{1402}{T^{2/3} + 3.48}$		172.55	129.15	106.65	92.29	74.47	50.35	39.59	33.25	25.87	16.69	10.68	280.0
1/50	$r = \frac{1607}{T^{2/3} + 3.87}$		188.72	142.90	118.72	103.14	83.62	56.91	44.88	37.76	29.45	19.05	12.20	316.0
1/70	$r = \frac{1657}{T^{2/3} + 3.43}$		205.20	153.35	126.53	109.44	88.25	59.61	46.85	39.34	30.61	19.74	12.62	354.0
1/80	$r = \frac{1720}{T^{2/3} + 3.51}$		210.91	158.01	130.54	113.01	91.21	61.70	48.53	40.76	31.73	20.47	13.10	365.0
1/100	$r = \frac{1916}{T^{2/3} + 4.42}$		211.36	162.44	136.02	118.78	96.93	66.56	52.70	44.44	34.76	22.56	14.49	378.0
1/200	$r = \frac{2240}{T^{2/3} + 5.09}$		230.09	179.70	151.80	133.33	109.60	76.04	60.50	51.16	40.15	26.17	16.85	435.0

圖 8-3-4 水戶降雨強度曲線



これにより流出量が決めれば、次に排水施設の断面をいくつか仮定して次の式により排出量を算出し、最も現場に適した断面を採用する。

$$Q=A \times V$$

ここに、 Q：排出量 (m³/sec)
A：通水断面積 (m²)
V：平均流速 (m/sec)

上式における平均流速 V は、次の Manning 式で求める。

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

ここに、 V：平均流速 (m/sec)
n：粗度係数 (sec/m^{1/3})
R：径深 (m) (R=A/P； A：通水断面積、P：潤辺長)
i：水面勾配 (あるいは流路勾配)

- ② 断面を決定するにあたっては次のことも注意するものとする。
- a. 一般に土砂などの堆積による通水断面の縮小を考慮して設計上は、計算で得られた断面積に対して 20% 程度の余裕をみておくことよ。
 - b. 豪雨の際、大量の土砂等が流入する場合は、さらに十分な通水断面を考慮することが望ましい。
 - c. 横断管渠 (本線を横断) については、その計算上の流量に見合った断面を基本とするが、現場条件や維持管理等を考慮し決定すること。

8-4 排水施設的设计

排水施設は、土工要綱、土木構造物標準設計を参考に設計を行うものとする。

ここでは、横断工に設けられるパイプカルバートの基礎工の考え方について記載する。

パイプカルバートの基礎形式の選定にあたっては、**図 8-4-1** 及び **図 8-4-2** より埋設形式を決め、次に **図 8-4-3** ~ **図 8-4-8** により基礎形式を決定する。

剛性パイプカルバートの埋設形式は、突出型と溝型との2種類があり、それぞれ次に示す型式をいう。

(a) 突出型

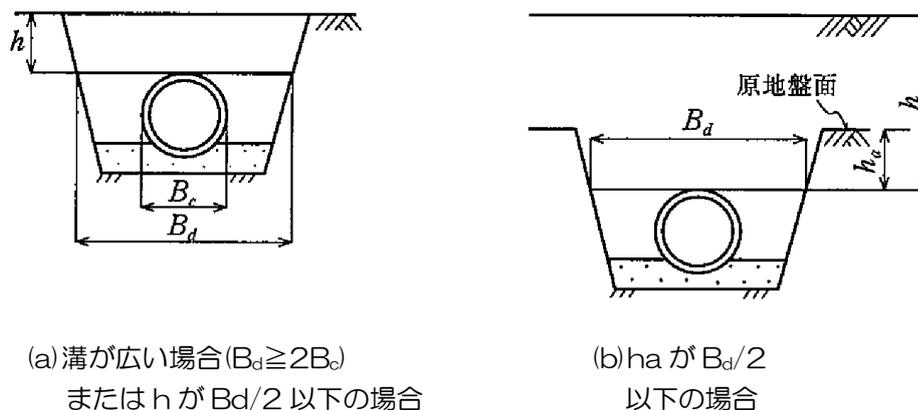
突出型とは、**図 8-4-1 (a)** に示すように、管を直接地盤またはよく締め固められた地盤上に設置し、その上に盛土をする形式をいう。なお、溝を掘って管を埋設しても、**図 8-4-2 (a)** に示すように溝幅が管の外径の2倍以上ある場合や、**図 8-4-2 (b)** に示すように原地盤からの土かぶり h_a が溝幅の $1/2$ 以下の場合、突出型とみなす。

(b) 溝型

溝型とは、**図 8-4-1 (b)** に示すように、原地盤またはよく締め固めた盛土に溝を掘削して埋設する形式であり、プレローディングを行い長期間放置した盛土を掘削して管を設置する場合も溝型とする。



図 8-4-1 埋設形式

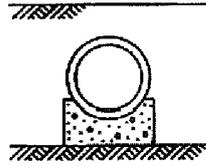


(a) 溝が広い場合 ($B_d \geq 2B_c$)
または h が $B_d/2$ 以下の場合

(b) h_a が $B_d/2$
以下の場合

図 8-4-2 突出型

出典：道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版） P176



- 適用条件
1. 突出型
 2. コンクリート基礎
 3. 砂質土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重: T'荷重

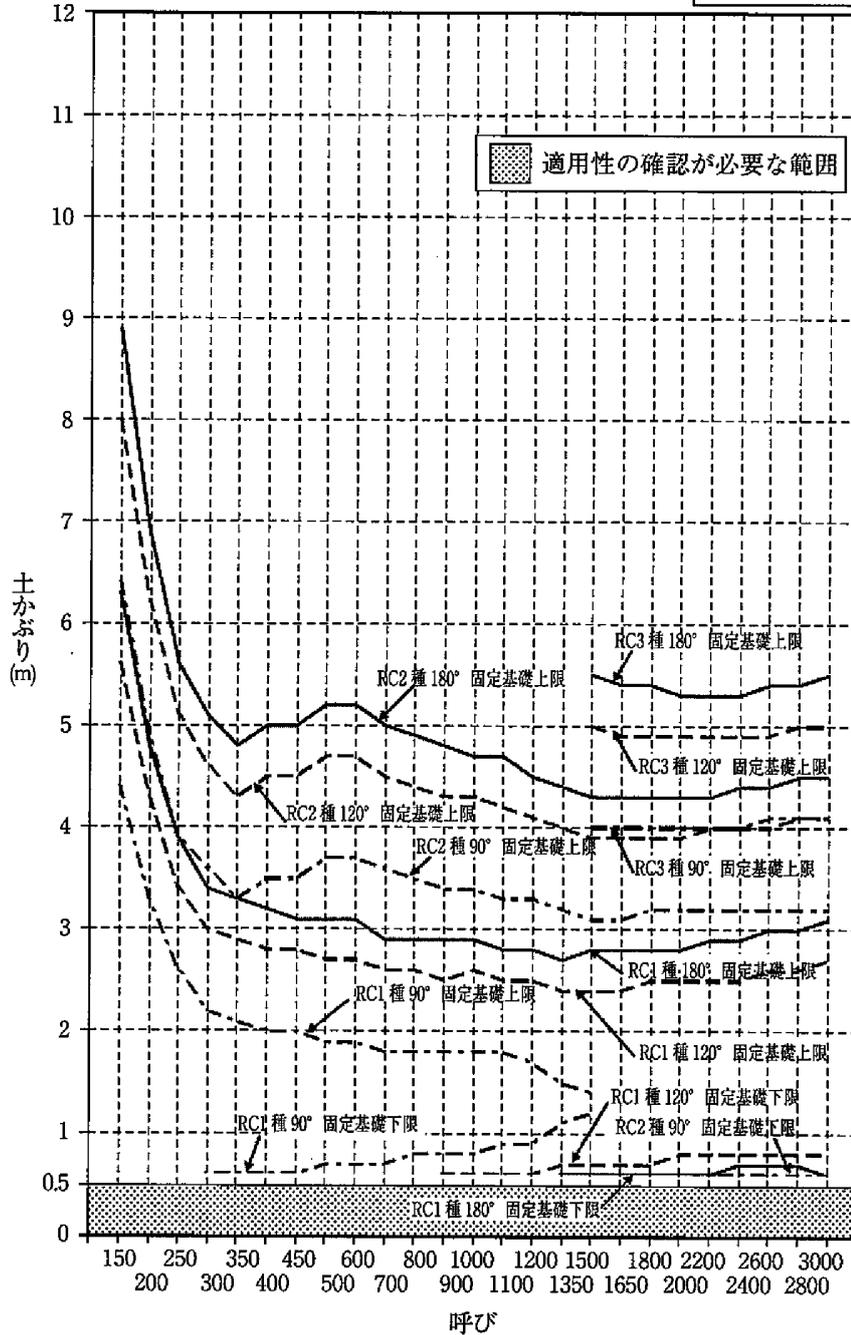
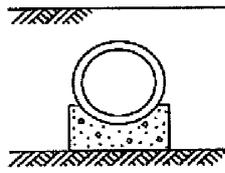


図 8-4-3

出典：道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版） P195



- 適用条件
1. 突出型
 2. コンクリート基礎
 3. 粘性土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重

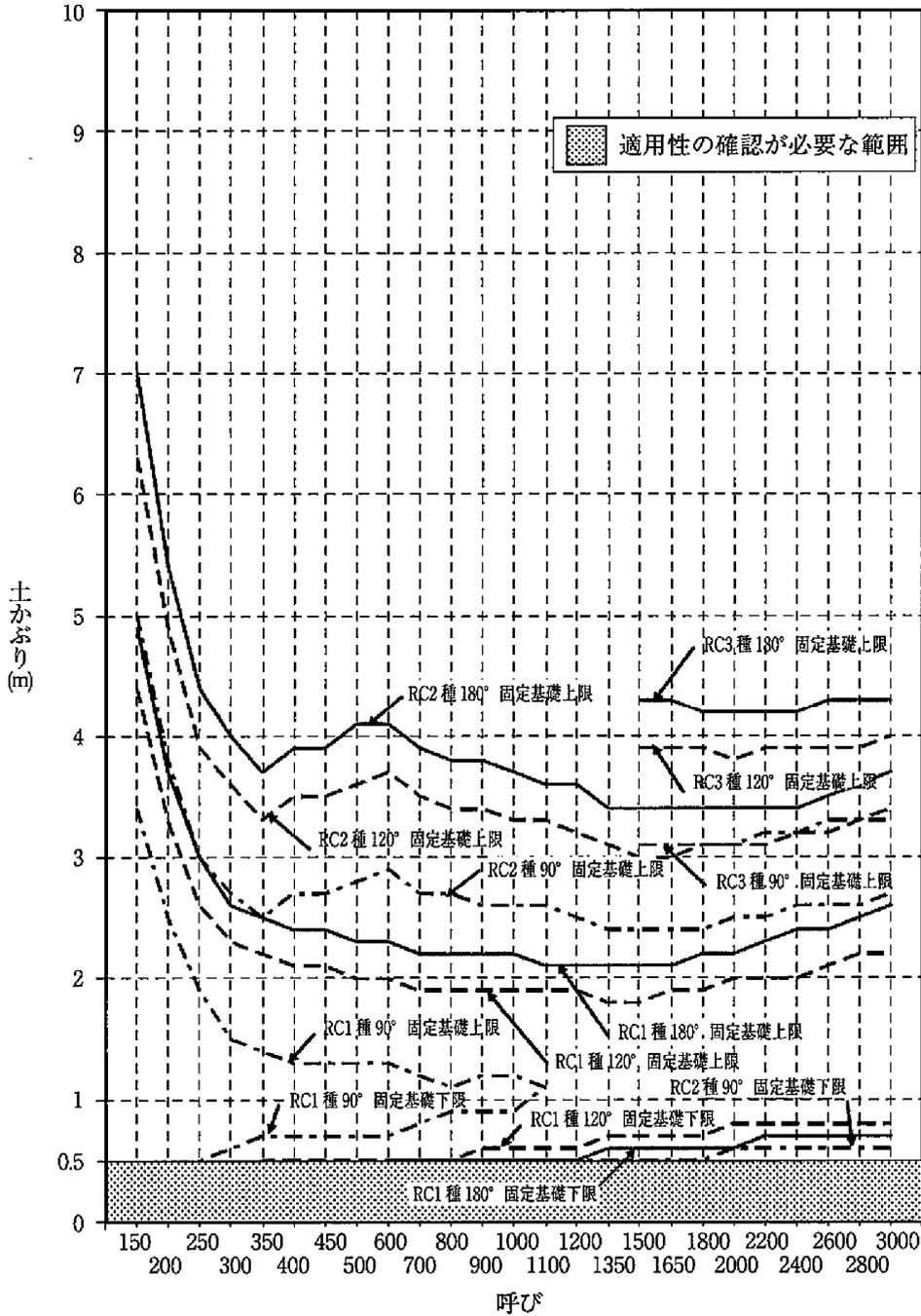
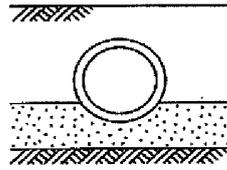


図8-4-4

出典：道路土工 カルバート工指針（平成21年度版）P196



- 適用条件
1. 突出型
 2. 砂・碎石基礎
 3. 砂質土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重

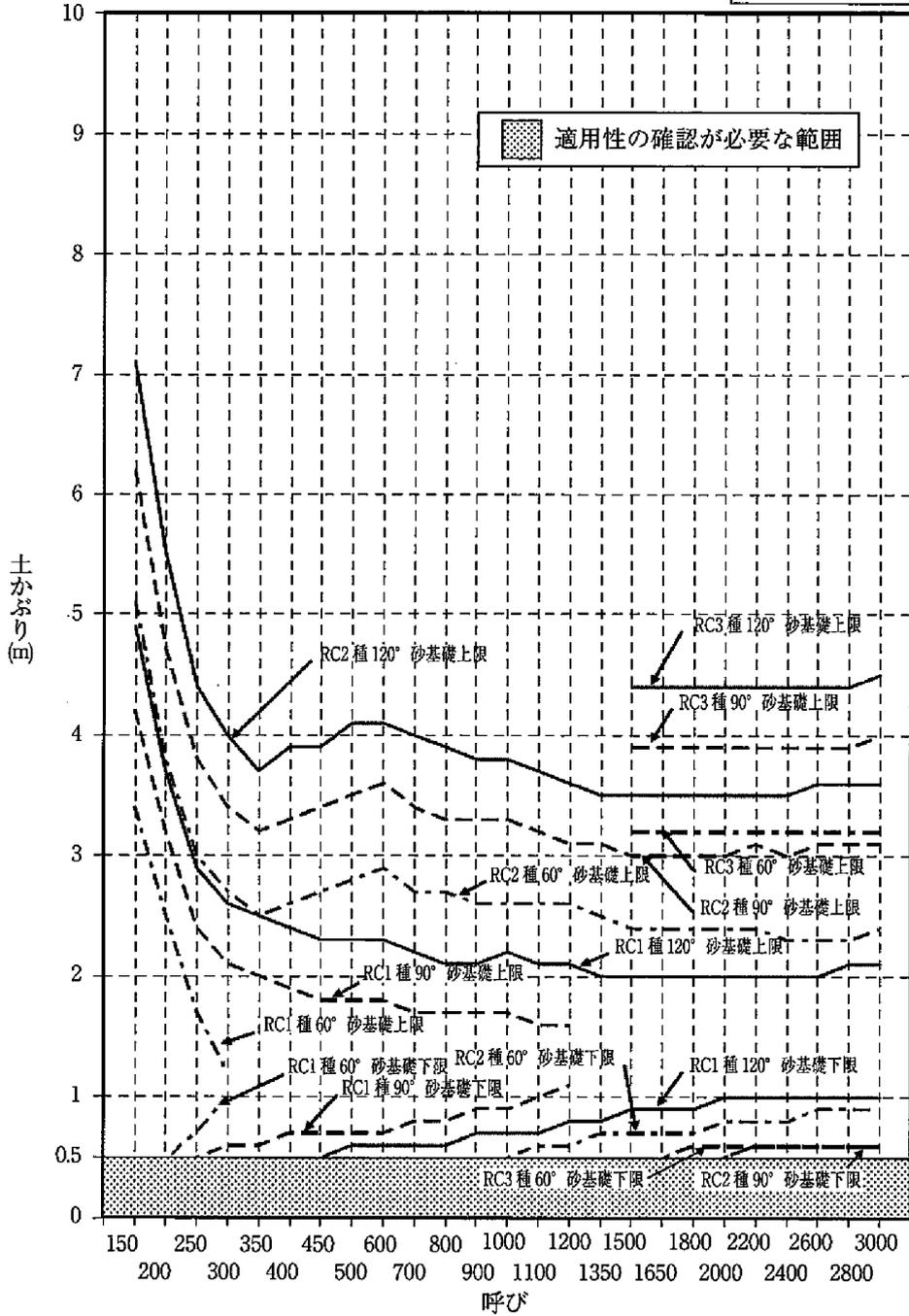
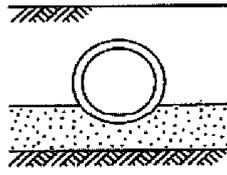


図8-4-5

出典：道路土工 カルバート工指針（平成21年度版）P197



- 適用条件
1. 突出型
 2. 砂・碎石基礎
 3. 粘性土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重

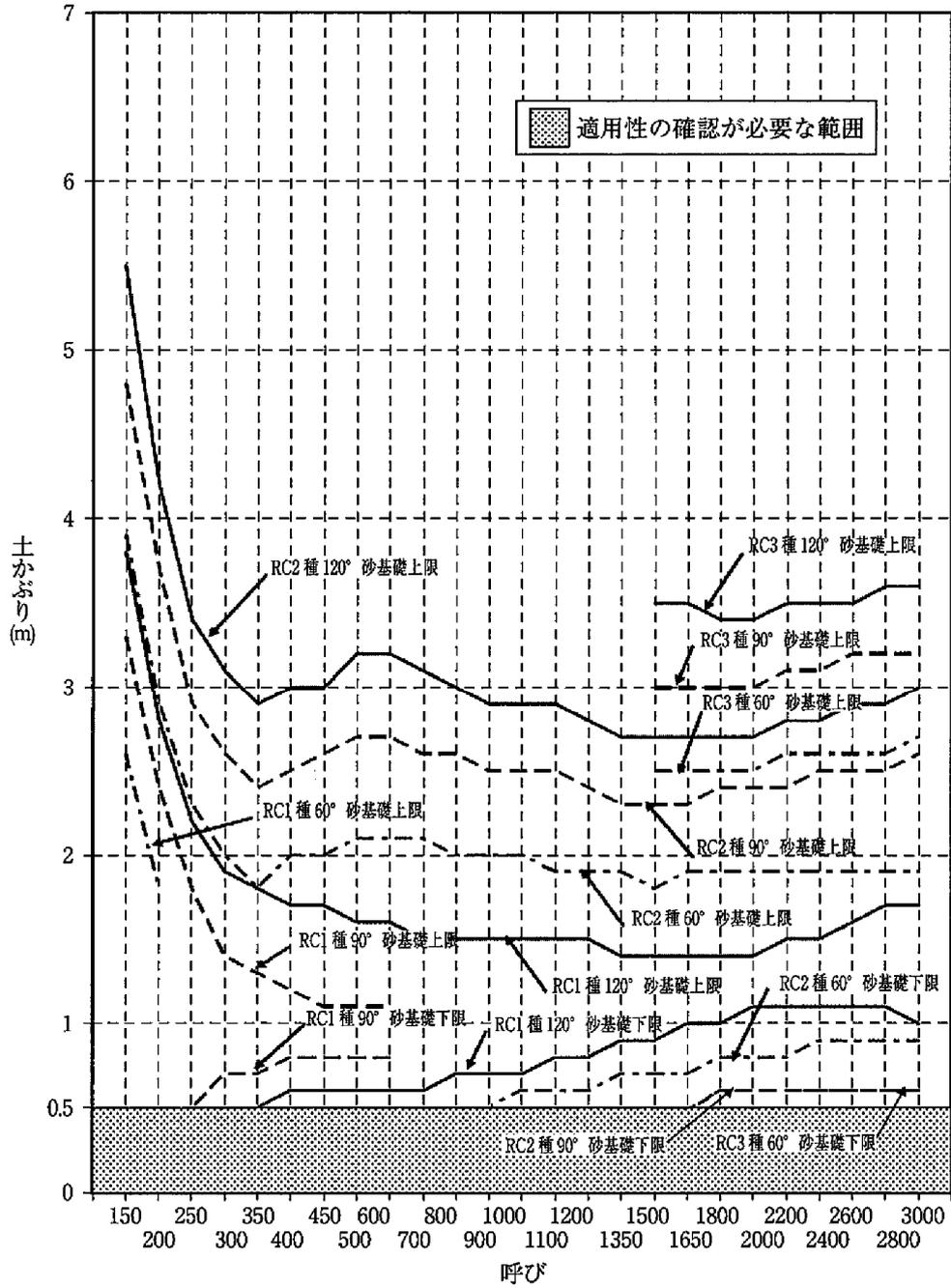
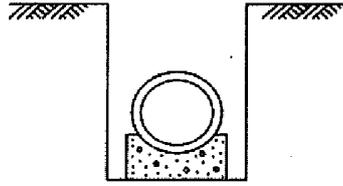


図 8-4-6

出典：道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版） P198



- 適用条件
1. 溝型
 2. コンクリート基礎
 3. 土の単位体積重量 ($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重: T'荷重

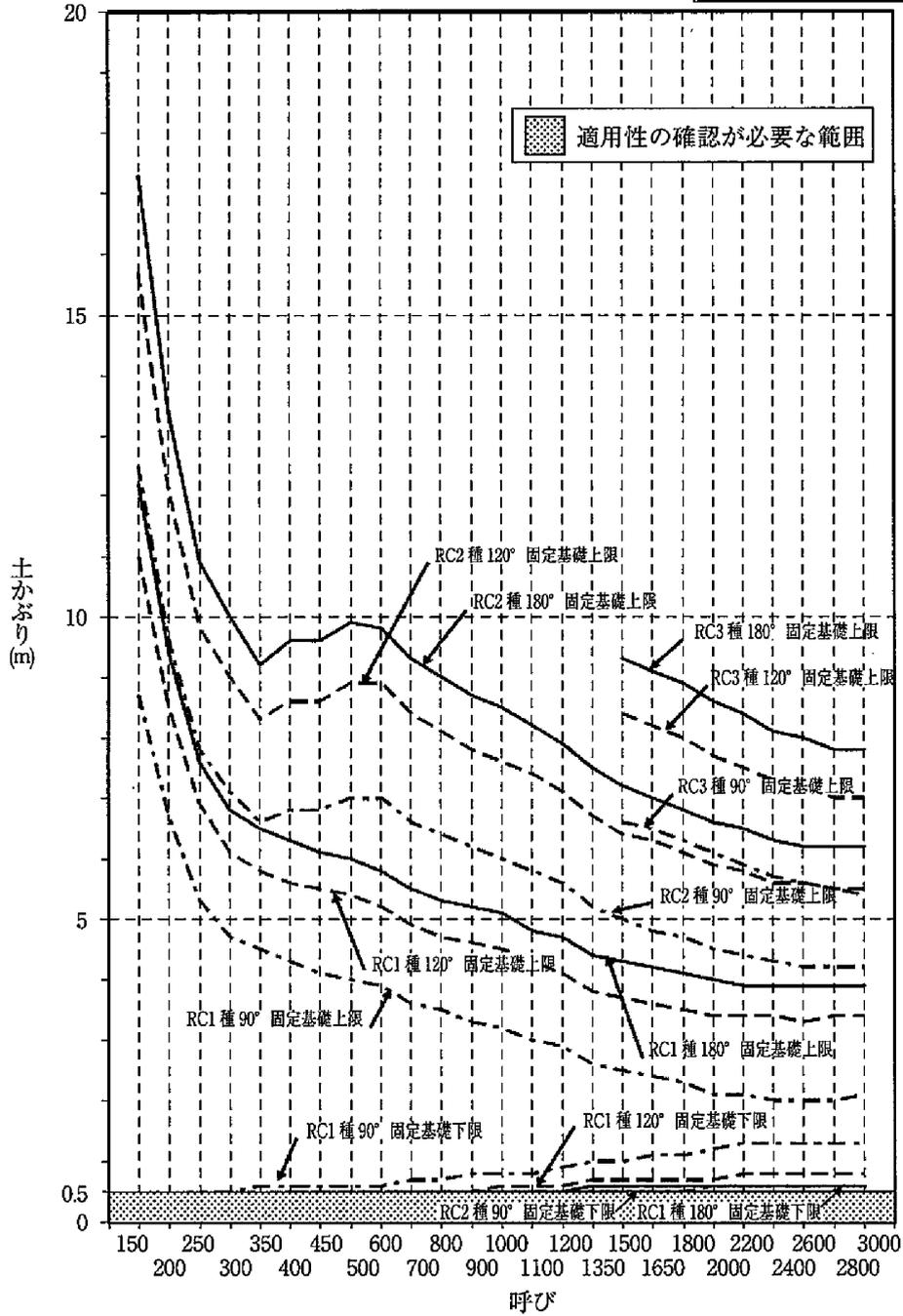
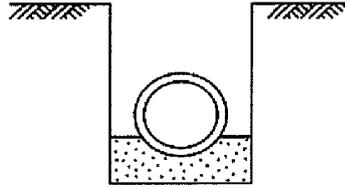


図 8-4-7

出典：道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版） P199



- 適用条件
1. 溝型
 2. 砂・碎石基礎
 3. 土の単位体積重量
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重

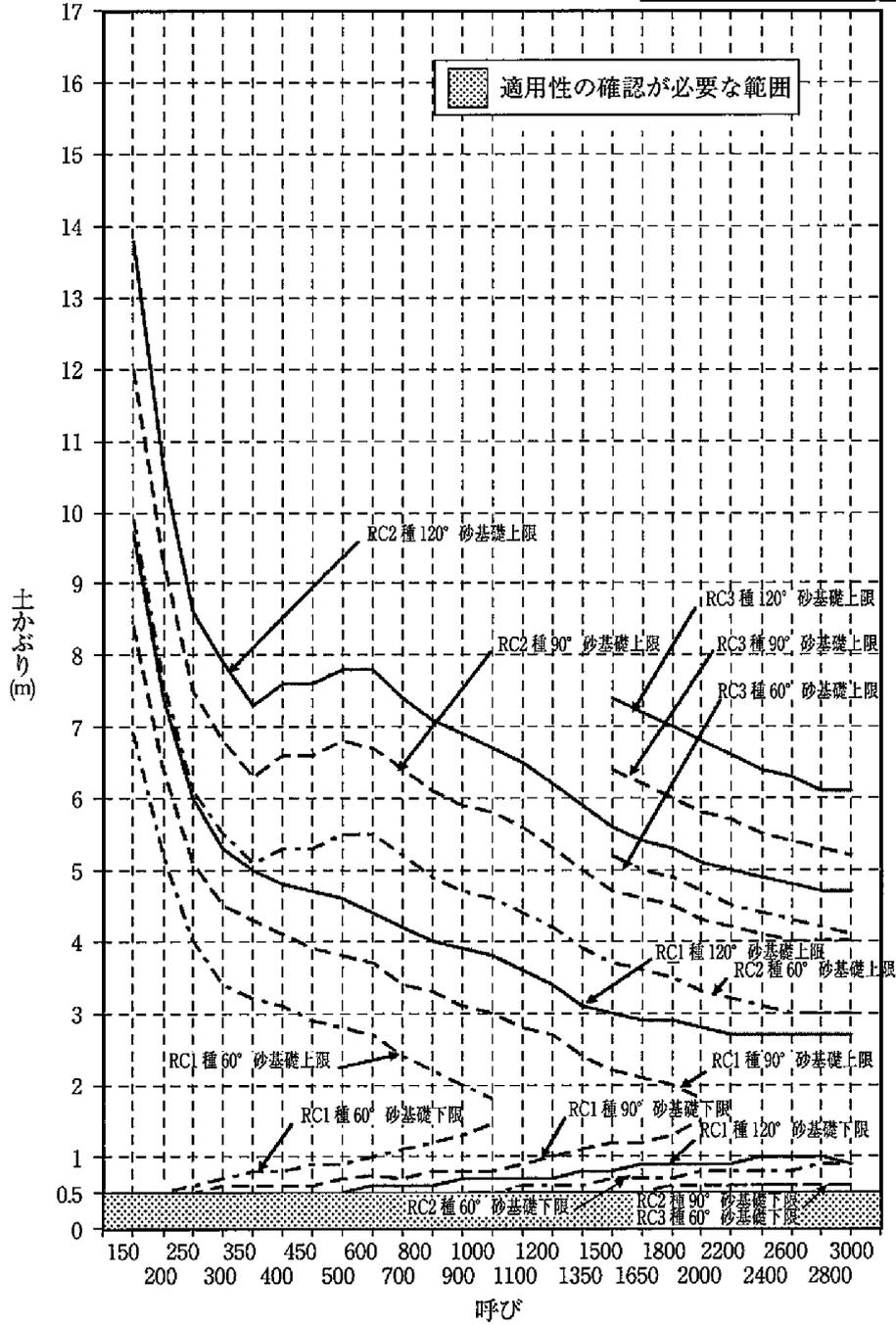
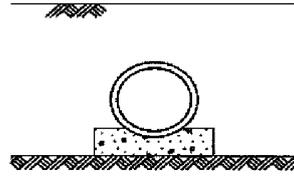


図8-4-8

出典：道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版） P200



- 適用条件
1. 突出型
 2. コンクリート基礎
 3. 砂質土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重

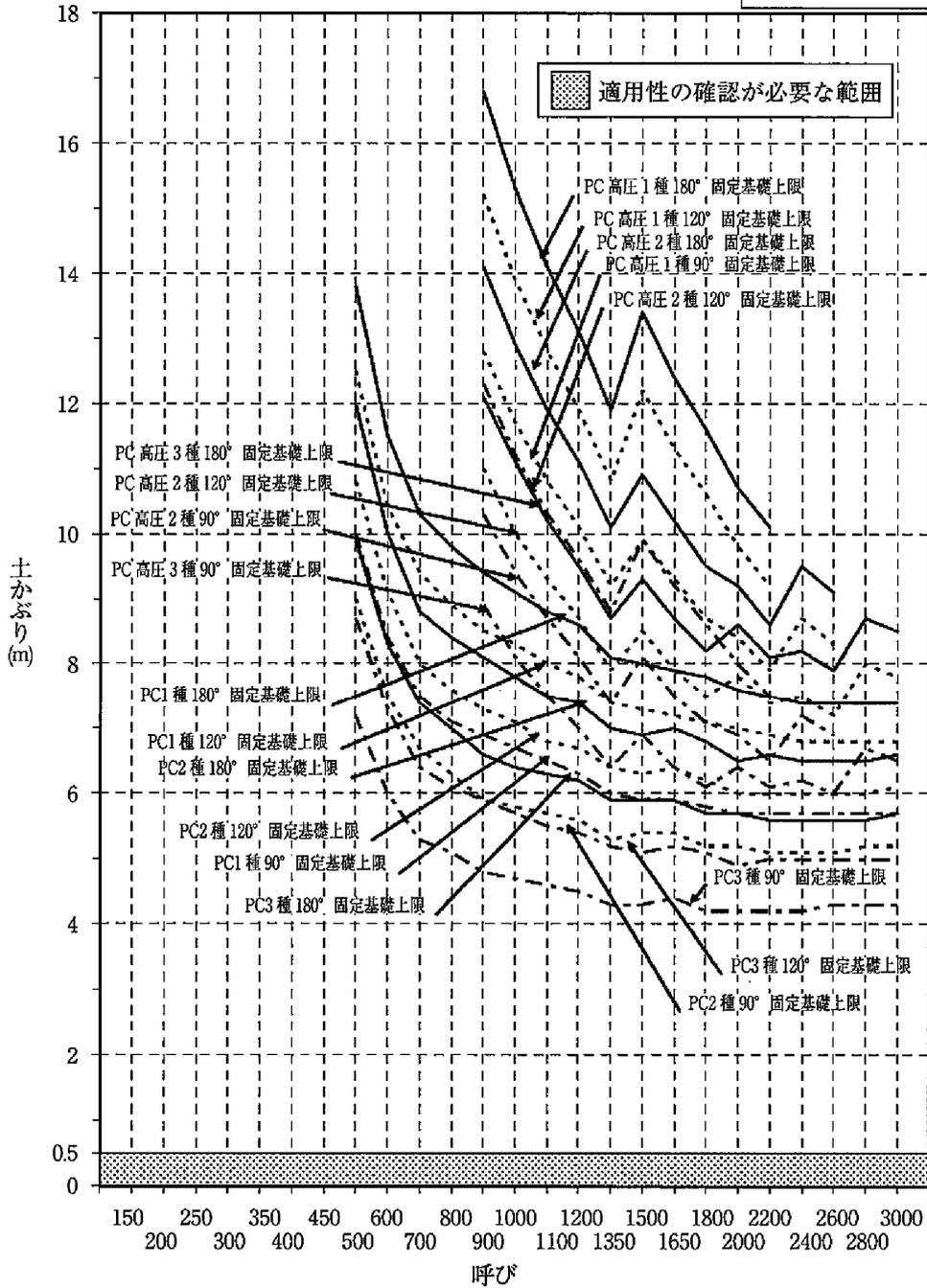
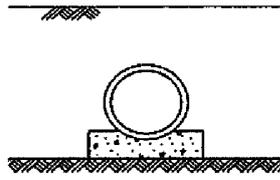


図 8-4-9

出典：道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版） P201



- 適用条件
1. 突出型
 2. コンクリート基礎
 3. 粘性土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重

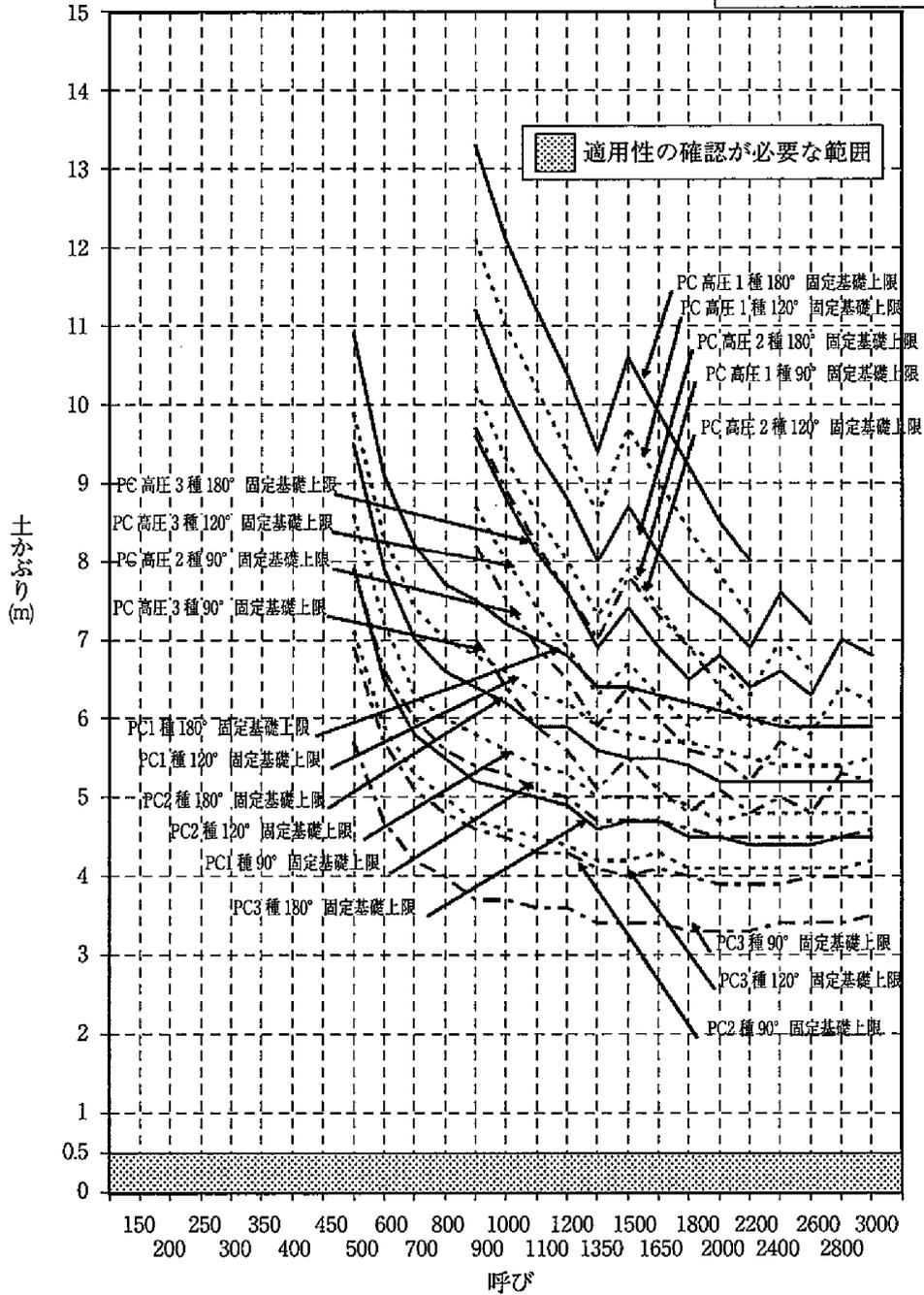
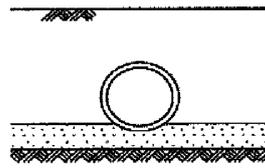


図 8-4-10

出典：道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版）P202



- 適用条件
1. 突出型
 2. 砂・碎石基礎
 3. 砂質土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重

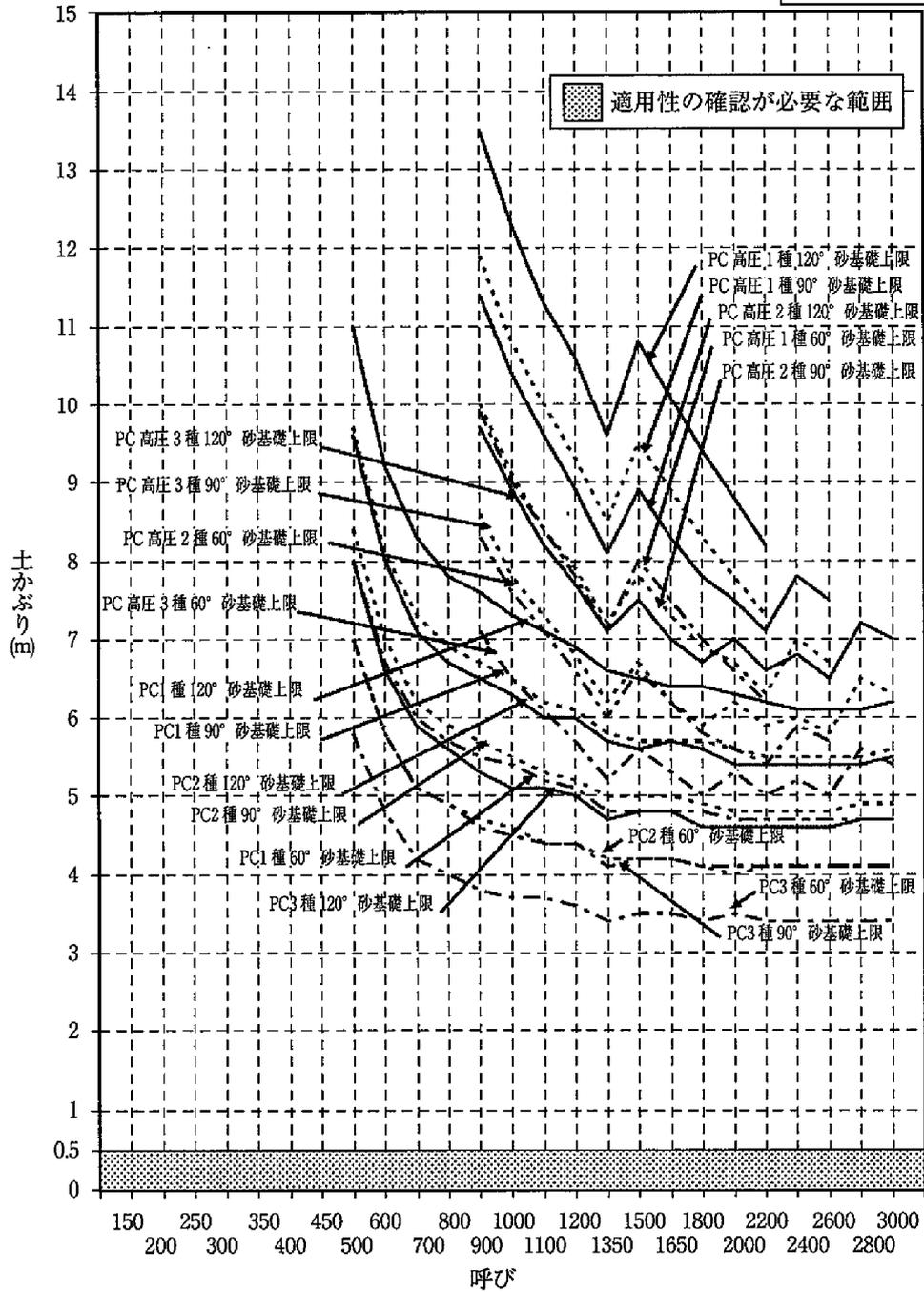
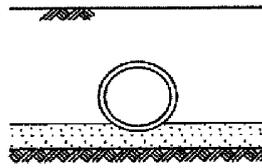


図 8-4-11

出典：道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版） P203



適用条件

1. 突出型
2. 砂・碎石基礎
3. 粘性土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
4. 活荷重：T'荷重

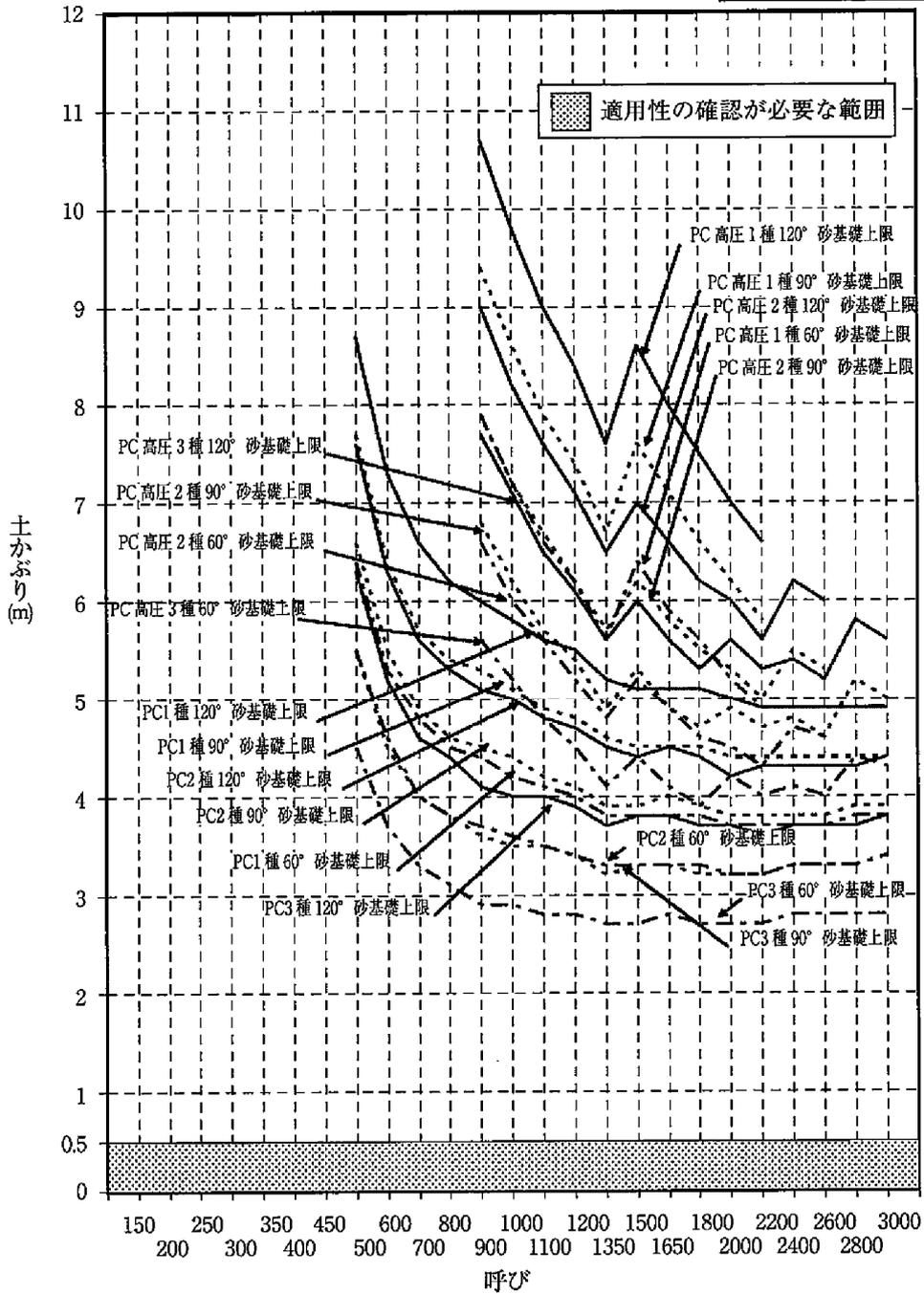
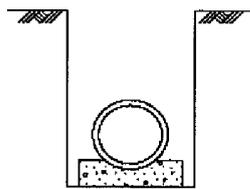


図 8-4-12

出典：道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版） P204



- 適用条件
1. 溝型
 2. コンクリート基礎
 3. 土の単位体積重量
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重

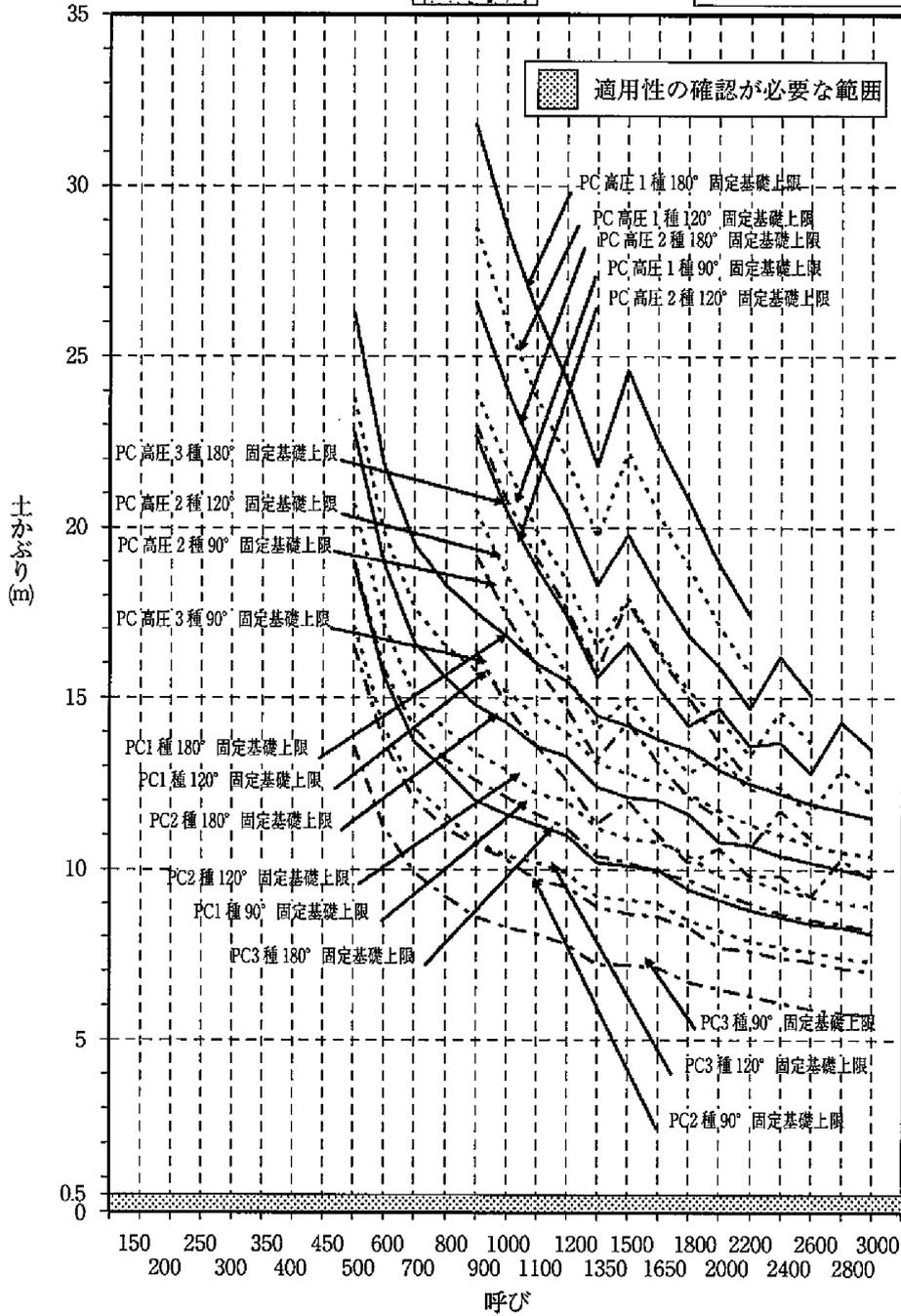
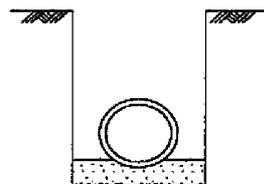


図8-4-13

出典：道路土工 カルバート工指針（平成21年度版）P205



- 適用条件
1. 溝型
 2. 砂・碎石基礎
 3. 土の単位体積重量
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重: T' 荷重

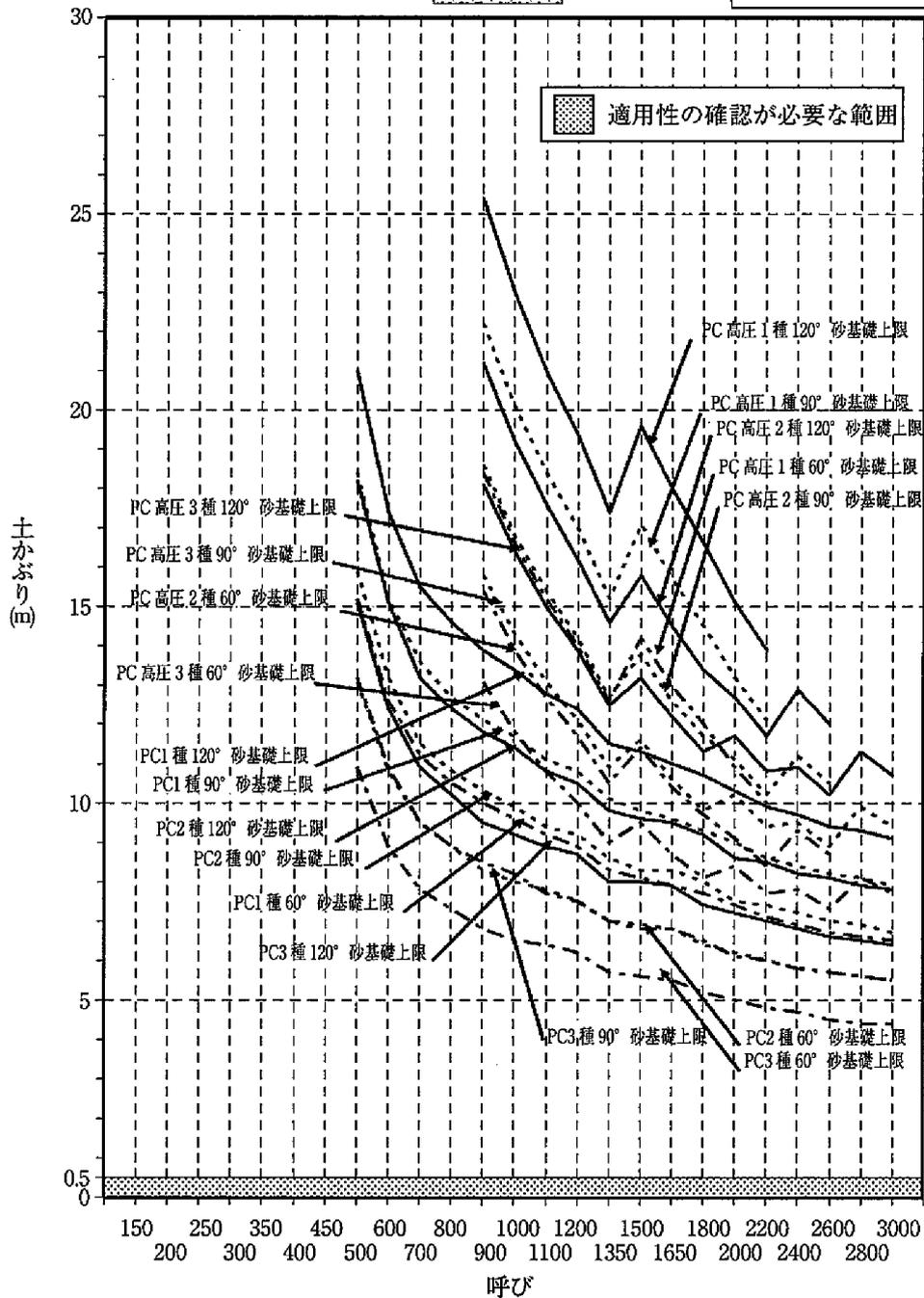


図 8-4-14

出典：道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版） P206