

土 木 研 究 所 資 料

羽地ダム洪水吐き水理模型実験報告書

昭 和 59 年 2 月

建 設 省 土 木 研 究 所
ダ ム 水 工 研 究 室

Copyright ©1984 fiscal year by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor transland into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。
したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ま え が き

本報告書は沖縄総合開発事務局の依頼により、昭和56年度から58年度に亘って土木研究所において実施した、羽地ダム洪水吐きに関する水理設計ならびに水理模型実験の検討結果をとりまとめたものである。

羽地ダム洪水吐きはロックフィルダム堤体の右岸側隣接位置に配置され、流入は正面越流型および横越流型の自由越流頂形式、導流部は平面湾曲形状の側溝水路ならびにシュート勾配水路、減勢工は堀込み跳水式水平水叩き型によって構成される形状である。

以上の洪水吐きの各部の検討は筑波研究学園都市内の土木研究所ダム水理実験施設内で実施された。

昭和59年2月

建設省土木研究所 ダム水工研究室

主任研究員 中 沢 顕 司

宮 脇 千 晴

目 次

第1章 ダム計画の概要	1
1.1 地 形	3
1.2 地 質	3
1.3 ダムサイトの地形	5
1.4 洪水調節計画	5
第2章 洪水吐きの設計原案	7
第1節 洪水吐きの設計条件	9
第2節 洪水吐きの設計原案形状	9
2.1 洪水吐きの流入部（前庭部）	9
2.2 常用洪水吐き形状	9
2.3 非常用洪水吐き形状	13
2.4 側溝水路部	14
2.5 湾曲部およびシュート部	15
2.6 減 勢 工	15
第3節 水理模型実験	16
3.1 模 型	16
3.2 相 似 律	19
3.3 実 験 内 容	19
3.4 計 測 方 法	20
3.5 実 験 結 果	20
3.5.1 洪水吐きの放流能力および放流量特性	21
3.5.2 洪水吐き前庭部の流況	24
3.5.3 側溝水路の流況	24
3.5.4 湾曲部からシュート部での流況	26
3.5.5 減勢工および下流河道の流況	28
3.5.6 ま と め	30
第3章 洪水吐き改良設計案	71
第1節 改良設計案の主旨	73
第2節 洪水吐きの改良設計案形状	73

第3節 改良設計案による水理模型実験	79
3.1 実験目的	79
3.2 模 型	79
3.3 実験内容	79
3.4 実験結果と検討	81
3.4.1 洪水吐きの放流量特性	81
3.4.2 常用洪水吐きの越流面圧力	84
3.4.3 洪水吐き前庭部の流況	85
3.4.4 側溝水路、湾曲部およびシュート部の流況	86
3.4.5 側溝水路および湾曲部の流況改善策	87
3.4.6 減勢工の流況	89
3.4.7 減勢工の改造案	89
3.4.8 下流河道の流況	92
3.4.9 ま と め	93

第4章 検討結果	183
4.1 洪水吐きの実施設計形状	185
4.2 洪水吐きの放流能力	186
4.3 ダム管理資料	192

おわりに	193
------------	-----

目次	193
第1章 概要	193
1.1 研究の背景	193
1.2 研究の目的	193
1.3 研究の範囲	193
1.4 研究の成果	193
1.5 研究の意義	193
第2章 研究の概要	193
2.1 研究の概要	193
2.2 研究の概要	193
2.3 研究の概要	193
2.4 研究の概要	193
2.5 研究の概要	193
2.6 研究の概要	193
2.7 研究の概要	193
2.8 研究の概要	193
2.9 研究の概要	193
2.10 研究の概要	193
2.11 研究の概要	193
2.12 研究の概要	193
2.13 研究の概要	193
2.14 研究の概要	193
2.15 研究の概要	193
2.16 研究の概要	193
2.17 研究の概要	193
2.18 研究の概要	193
2.19 研究の概要	193
2.20 研究の概要	193
2.21 研究の概要	193
2.22 研究の概要	193
2.23 研究の概要	193
2.24 研究の概要	193
2.25 研究の概要	193
2.26 研究の概要	193
2.27 研究の概要	193
2.28 研究の概要	193
2.29 研究の概要	193
2.30 研究の概要	193
2.31 研究の概要	193
2.32 研究の概要	193
2.33 研究の概要	193
2.34 研究の概要	193
2.35 研究の概要	193
2.36 研究の概要	193
2.37 研究の概要	193
2.38 研究の概要	193
2.39 研究の概要	193
2.40 研究の概要	193
2.41 研究の概要	193
2.42 研究の概要	193
2.43 研究の概要	193
2.44 研究の概要	193
2.45 研究の概要	193
2.46 研究の概要	193
2.47 研究の概要	193
2.48 研究の概要	193
2.49 研究の概要	193
2.50 研究の概要	193
2.51 研究の概要	193
2.52 研究の概要	193
2.53 研究の概要	193
2.54 研究の概要	193
2.55 研究の概要	193
2.56 研究の概要	193
2.57 研究の概要	193
2.58 研究の概要	193
2.59 研究の概要	193
2.60 研究の概要	193
2.61 研究の概要	193
2.62 研究の概要	193
2.63 研究の概要	193
2.64 研究の概要	193
2.65 研究の概要	193
2.66 研究の概要	193
2.67 研究の概要	193
2.68 研究の概要	193
2.69 研究の概要	193
2.70 研究の概要	193
2.71 研究の概要	193
2.72 研究の概要	193
2.73 研究の概要	193
2.74 研究の概要	193
2.75 研究の概要	193
2.76 研究の概要	193
2.77 研究の概要	193
2.78 研究の概要	193
2.79 研究の概要	193
2.80 研究の概要	193
2.81 研究の概要	193
2.82 研究の概要	193
2.83 研究の概要	193
2.84 研究の概要	193
2.85 研究の概要	193
2.86 研究の概要	193
2.87 研究の概要	193
2.88 研究の概要	193
2.89 研究の概要	193
2.90 研究の概要	193
2.91 研究の概要	193
2.92 研究の概要	193
2.93 研究の概要	193
2.94 研究の概要	193
2.95 研究の概要	193
2.96 研究の概要	193
2.97 研究の概要	193
2.98 研究の概要	193
2.99 研究の概要	193
3.00 研究の概要	193

目 次

第1章

図-1. 羽地ダム位置図	3
図-2. 洪水調節計画図	4
図-3. 貯水地容量配分図	4
図-4. 羽地大川計画高水流量配分図	6

第2章

図-5. 洪水吐き平面図(原案)	10
図-6. 洪水吐き越流頂形状図(原案)	11
図-7. 洪水吐き縦横断面図(原案)	12
図-8. 羽地ダム模型製作図	17
図-9. 下流端境界条件	20
図-10. 貯水位と放流量の関係図	21
図-11. 越流頂の流量係数と越流水深の関係図	23
図-12. 洪水吐き前庭部流速測定位置図	32
図-13a~13b 前庭部の流速分布および流向図	33
図-14. 水位測定位置図	35
図-15a~15g 洪水吐き水位縦断面図	36
図-16. 側溝水路内の横断水面形	40
図-17a~17c 湾曲部およびシュート部の横断水面形	41
図-18a~18c 減勢工の水位縦断面図	44
図-19a~19c 下流河道の流向および流速分布図	47
図-20a~20c 下流河道の横断水面形	50

第3章

図-21. 洪水吐き平面図(改良案)	74
図-22. 洪水吐き流入部詳細平面図(改良案)	75
図-23. 洪水吐き越流頂形状図(改良案)	76
図-24. 洪水吐き縦断面図その1(改良案)	77
図-25. 洪水吐き縦断面図その2(改良案)	78
図-26. 貯水位 — 放流量曲線	81

図-27. 越流頂の流量係数と越流水深の関係図	83
図-28. 常用洪水吐きの圧力測定位置と圧力分布図	95
図-29. 前庭部の流速測定位置図	85
図-30. 前庭部の流速分布図	96
図-31. 前庭部の流入流線の流向図	97
図-32. 水位測定位置図	98
図-33a~33f 湾曲部およびシュート部の水位縦断面図	99
図-34a~34c 湾曲部およびシュート部水位横断面図	102
図-35a~35c シュート部屈曲点圧力	105
図-36. 湾曲部シルの設置位置図	87
図-37a~37c 湾曲部およびシュート部の水位縦断面図(改善策Ⅰ案)	107
図-38a~38c 湾曲部およびシュート部の水位横断面図(改善策Ⅰ案)	107
図-39a~39c 湾曲部およびシュート部の水位縦断面図(改善策Ⅱ案)	110
図-40a~40c 湾曲部およびシュート部の水位横断面図(改善策Ⅱ案)	110
図-41a~41c 湾曲部およびシュート部の水位縦断面図(改善策Ⅲ案)	113
図-42a~42c 湾曲部およびシュート部の水位横断面図(改善策Ⅲ案)	113
図-43a~43c 減勢工水位縦断面図(改良原案)	116
図-44a~44c 減勢工水位縦断面図(改造案)	117
図-45. シュートブロック形状図	91
図-46a~46d 減勢工水位縦断面図(シュートブロック案)	122
図-47a~47d 段上りに作用する圧力	126
図-48a~48c 減勢工水位変動サイクル図	130
図-49a~49h 下流河道の流速, 流向, 水位図	132
図-50a~50c 減勢工水位変動サイクル図	131
図-51a~51c 減勢工水位変動サイクル図	131
図-52a~52c 減勢工水位変動サイクル図	131

添付図

図-53	(原案) 図面中(原案) 13-図
図-54	(改良案) 図面中(改良案) 13-図
図-55	(改良案) 図面中(改良案) 13-図
図-56	(改良案) 図面中(改良案) 13-図
図-57	(改良案) 図面中(改良案) 13-図
図-58	(改良案) 図面中(改良案) 13-図
図-59	(改良案) 図面中(改良案) 13-図

目 次

第1章

表-1. ダムおよび貯水池の計画諸元	6
--------------------------	---

第2章

表-2. 洪水吐き模型実験の基本量の縮尺	9
表-3. 貯水位 — 放流量の測定結果	22
表-4a~4c 前庭部の流速測定結果	53
表-5a~5c 側溝水路・導流部・シュート部および減勢工の水位測定結果	54
表-6a~6c 下流河道の水位測定結果	57
表-7a~7c 下流河道の流速測定結果	60

第3章

表-8. 貯水位 — 放流量の測定結果	82
表-9. 常用洪水吐き圧力測定結果	84
表-10. 前庭部の流速分布測定結果	140
表-11a~11c 洪水吐き水位測定結果	141
表-12a~12c シュート部屈曲点圧力測定結果	144
表-13. 湾曲部およびシュート部の水位測定結果（改善策Ⅰ案）	147
表-14. 湾曲部およびシュート部の水位測定結果（改善策Ⅱ案）	148
表-15. 湾曲部およびシュート部の水位測定結果（改善策Ⅲ案）	149
表-16a~16d 減勢工水位測定結果（改造案およびシュートブロック案）	150
表-17a~17d 段上りに作用する圧力測定結果	154
表-18a~18b 下流河道水位測定結果	158
表-19a~19c 下流河道流速測定結果	160

第 1 章 ダム計画の概要

STROMA & CHLOROPLAST

第1章 ダム計画の概要

羽地ダムは沖縄本島河川総合開発事業の一環として、名護市の北部に位置（図-1参照）する名護岳および多野岳に源を発して羽地内海に注ぐ羽地大川の中流部に計画されている多目的ダムである。

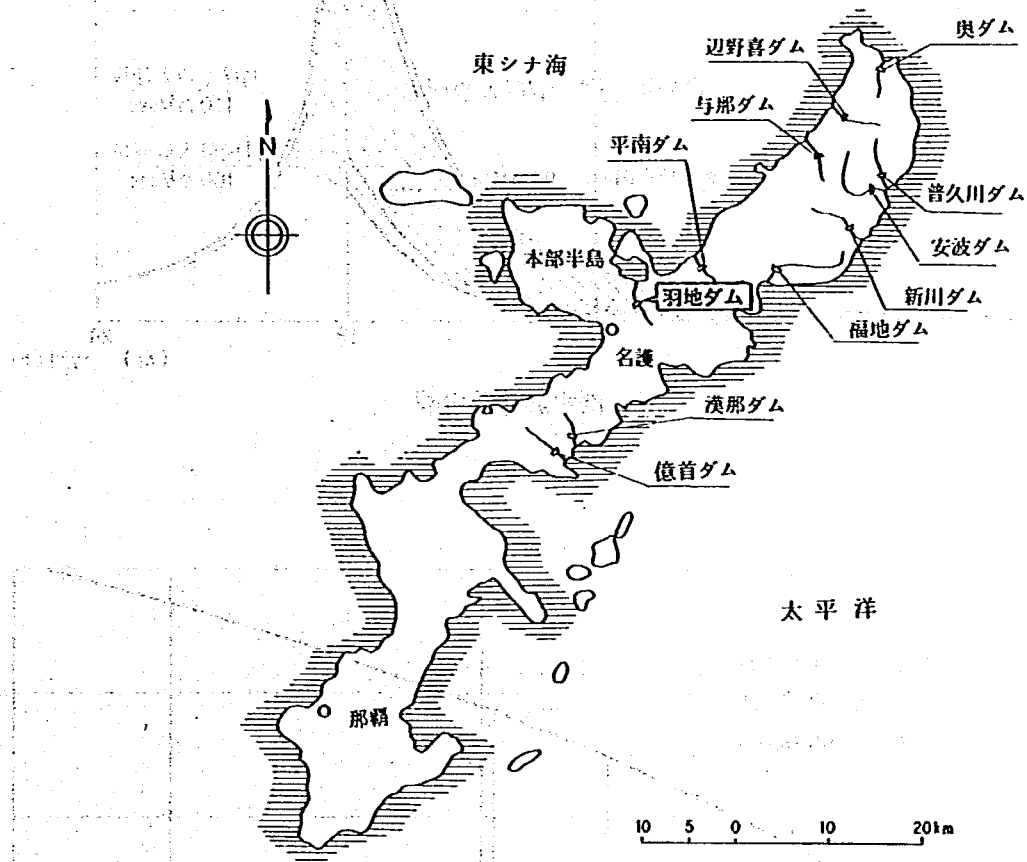


図-1 羽地ダム位置図

1.1 地 形

羽地大川は流域面積 14.2 km²、流路延長 12.3 km、河川の平均河床勾配は 1/100 であり、流路の短い急流河川であるが、流路の上流部で急激に勾配を増し、中流から下流では比較的緩勾配である。

流域の山容は幼年期～壮年期の険しい山岳地形をなし、過去の侵食面と考えられる標高 200～300 m の山頂が連なっている。この山岳地形は河口より約 1.5 km 上流で急に開け、標高 20 m 以下の平野に至っている。山岳部と平野部を分けるのが名護断層と呼ばれる西日本でも有数の断層で、その比高は約 50～100 m に達する。

1.2 地 質

流域の地質は中生代～古生代に属する千枚岩や輝緑凝灰岩およびそれに貫入しているひん岩で構成され

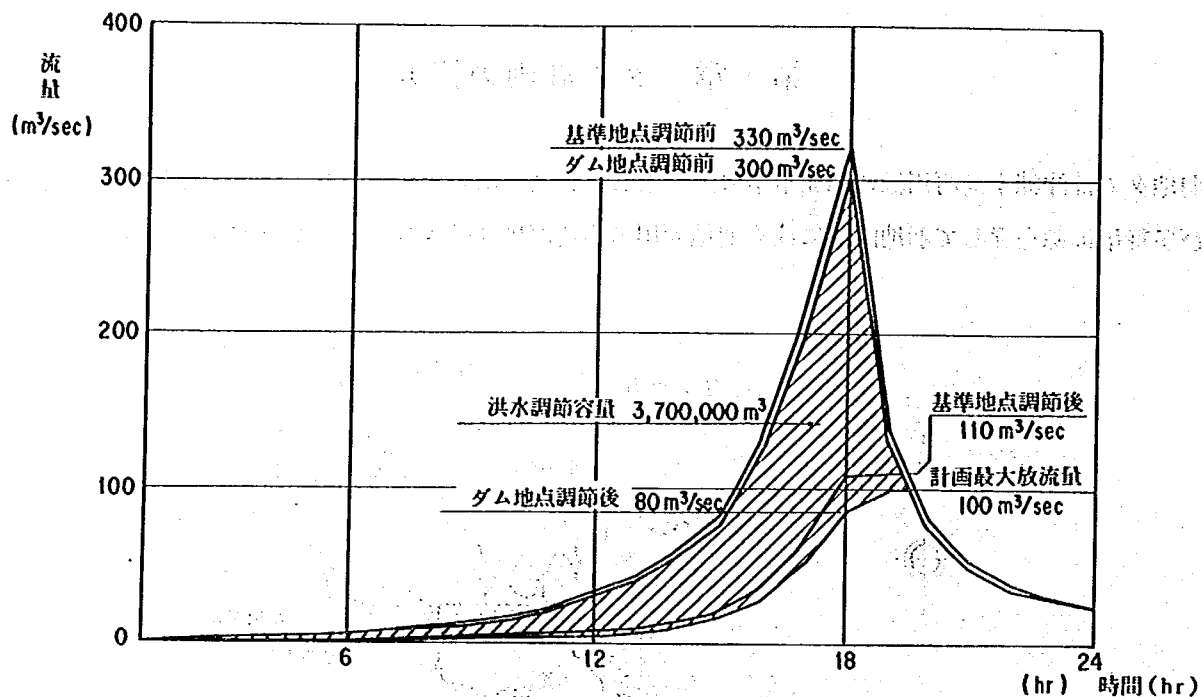


図-2 洪水調節計画図

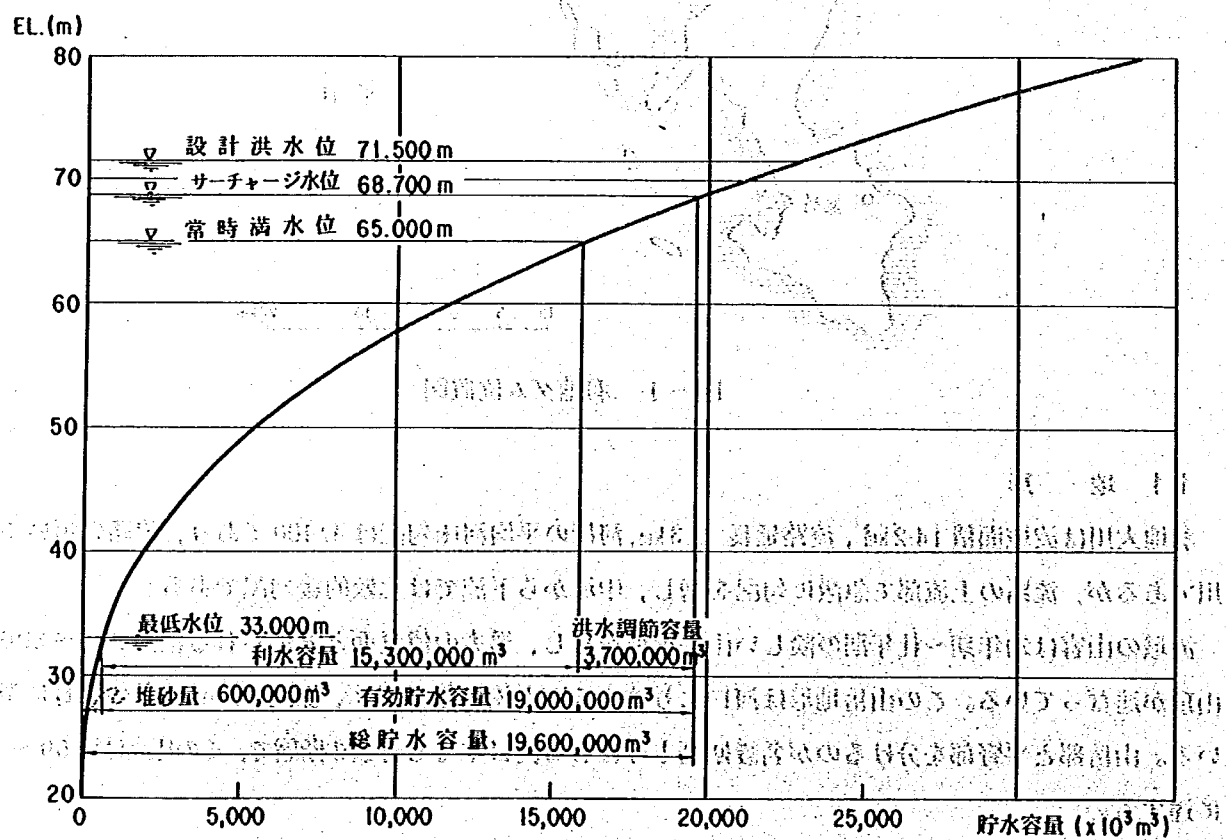


図-3 貯水池容量配分図

ている。

ダムサイトから貯水池中流域には輝緑凝灰岩が分布し、貯水池の中流から上流域には千枚岩が分布している。ひん岩は流域の中流から下流にかけて分布し、岩脈状ないしシート状で貫入している。崖錐や河床砂礫層等の被覆層は薄い、高標高部においては風化が深い。

1.3 ダムサイトの地形

ダムサイトは山岳部と平地部の境界より約1km上流であり、ダムサイトとして考えられる地形上の最下流に位置している。

左右岸の取付け部は両岸とも川側に突き出た張出し尾根であり右岸の尾根は比較的大きく、ダム規模に対して安定しているが、左岸尾根はダム軸の直上流で大きく山側に後退し、また、背面は下流より大きな支川が切れ込んでいるのでかなり細い尾根となっている。

左岸山体は尾根頂が標高100m以下であり、標高75mにおける尾根幅は60～80mと薄く、ダム取付け尾根としては貧弱である。

右岸取付け部の平均斜面勾配は40～45°を示し、計画ダム軸の低位標高部では約50°と急である。左岸側の平均勾配は35～38°であり、右岸に較べてやや緩い。

河床幅は約40mであり、計画ダム軸における地形断面は左・右岸非対称のV字谷である。河床標高は約23mである。

ダムサイトには小さな崩壊地形が数多く認められ、また左岸直上流部には明瞭な地すべり地があり、右岸下流にも鞍部状の地形が認められ、地すべり地と想定される。

1.4 洪水調節計画

以上の地形・地質条件から羽地ダムは中央コア型のロックフィル型式とし、ダム高69.0m 総貯水容量19,800,000 m³で、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい用水および都市用水の供給を目的として計画されている。

洪水調節は、ダム地点における計画高水流量300 m³/sを自然調節を行い最大放流量を100 m³/sとし、基準点の大川橋地点で基本高水流量330 m³/sを110 m³/sに調節する計画である。その洪水調節計画を図-2に示す。この洪水調節容量は2割の余裕を見込むと約3,700,000 m³で貯水池の容量配分は図-3に示すとおりである。

また、ダム設計洪水流量は、200年確率流量、既往最大流量および地域別比流量から求まる流量のうち、最大となる流量はここでは地域別比流量から求まる460 m³/secにフィルダムとしての2割増流量である560 m³/secとした。

羽地大川の計画高水流量配分は図-4に示すとおりである。

以上のダムおよび貯水池の主要諸元は表-1に示す(北部ダム事務所資料参考)。

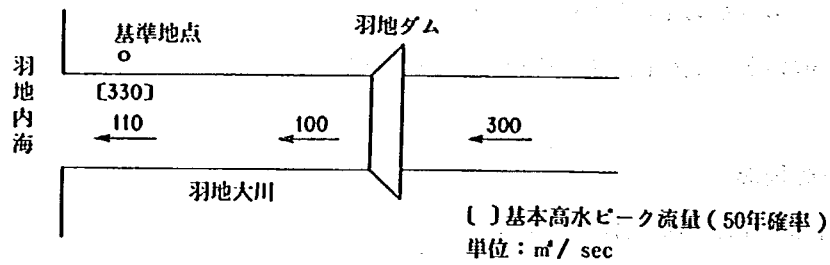


図-4 羽地大川計画高水流量配分図

表-1 ダムおよび貯水池の計画諸元

ダム	河川名 位置 型式 ダム頂標高 ダム頂高 堤頂長	一級河川羽地大川水系羽地大川 沖縄県名護市川上地先 中央コア型ロックフィルダム EL. 74.000m 66.0m 206.0m
貯水池	流域面積 湛水面積 総貯水容量 有効貯水容量 洪水調節容量 常時満水位 サーチャージ水位 設計洪水位	10.9 km^2 1.15 km^2 19,800,000 m^3 19,200,000 m^3 3,600,000 m^3 EL. 65.000m EL. 68.700m EL. 71.500m
放流設備	計画高水流量 ダム設計洪水流量 計画最大放水量 非常用洪水吐 常用洪水吐	300 m^3/s 560 m^3/s 100 m^3/s 自由越流型: 越流頂標高EL. 68.70m 越流幅 36.0m 自由越流型: 越流頂標高EL. 65.00m 越流幅 7.0m

第2章 洪水吐きの設計原案

THE HISTORY OF THE

REIGN OF

CHARLES THE FIRST

BY

JOHN BURNET

OF

SCOTLAND

IN

SEVEN VOLUMES

THE SECOND

AND LAST

VOLUME

1704

LONDON

Printed by J. Streater, at the

Sign of the Sun, in St. Dunstons

Church-yard

1704

第2章 洪水吐きの設計原案

第1節 洪水吐きの設計条件

羽地ダムは中央コア型ロックフィル型式であり、ダムサイトの地形・地質条件から洪水吐きは右岸側山腹をカットして配置するのが最適と考えられ、その設計は次の事項を勘案したものである。

- 1) 洪水吐きの形状は洪水吐きの安全性とともに設置に伴う山腹カット量等の経済性を考慮する。
- 2) 洪水吐きの放流設備はダムの流域面積の大きさから、常用ならびに非常用洪水吐きとも自由越流型式を採用する。
- 3) 常用洪水吐きはクレスト敷高を常時満水位EL.65.000mに一致させ、サーチャージ水位EL.68.700mにおいて計画最大放流量100 m³/sが放流可能とする。
- 4) 非常用洪水吐きはクレスト敷高をサーチャージ水位と一致させたEL.68.700mとし、設計洪水水位EL.71.500mで常用洪水吐きの放流量と合わせてダム設計洪水流量560 m³/sの放流能力を有すること。なお、ダム設計洪水流量は地域別既往最大比流量の係数から求まる洪水量の約2割増の流量である。
- 5) 越流放流水の導流形態はシュート式とし、減勢工は跳水式の水平叩き型とする。

第2節 洪水吐きの設計原案形状

前述の勘案事項により、現場北部ダム事務所で設計された洪水吐きの設計原案形状は、図-5～7に示すとおり、常用洪水吐きは正面越流型、非常用洪水吐きは横越流型で両者の放流水は側溝水路内で直交するように合流し、減勢されながら湾曲導水路と直線の急勾配シュート式水路を経て、減勢工に導流する形状である。

図5～7に示した洪水吐き各部の水理設計条件ならびに形状等の検討結果は以後に記述するとおりである。

2.1 洪水吐きの流入部（前庭部）

常用および非常用洪水吐き前面の地山のカット標高は、前面での流速を4.0 m/sec以下、越流頂と前庭部敷高の高低差をそれぞれの設計越流水深の1/5以上とすることを考慮し、常用洪水吐きに対してはEL.62.000m、非常用洪水吐きに対してはEL.65.000mで水平カットとした。

2.2 常用洪水吐き形状

設計条件から常用洪水吐きの越流頂標高をEL.65.000mとし、越流頂形状はハロルドの標準型を採用した。その必要断面幅は放流量条件から次式によって決定した。

$$Q = C \cdot B \cdot H^{3/2} \dots\dots\dots (1)$$

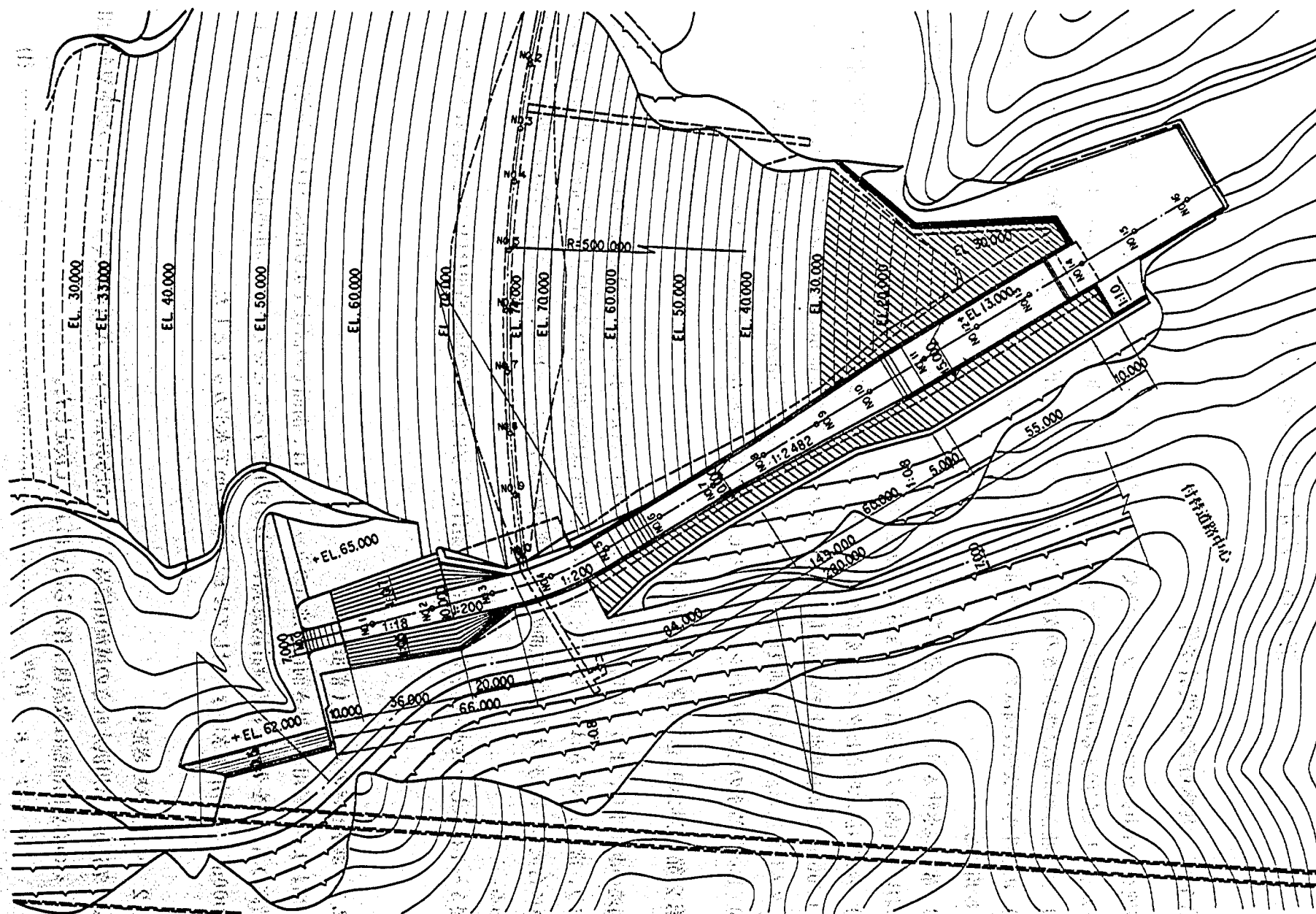
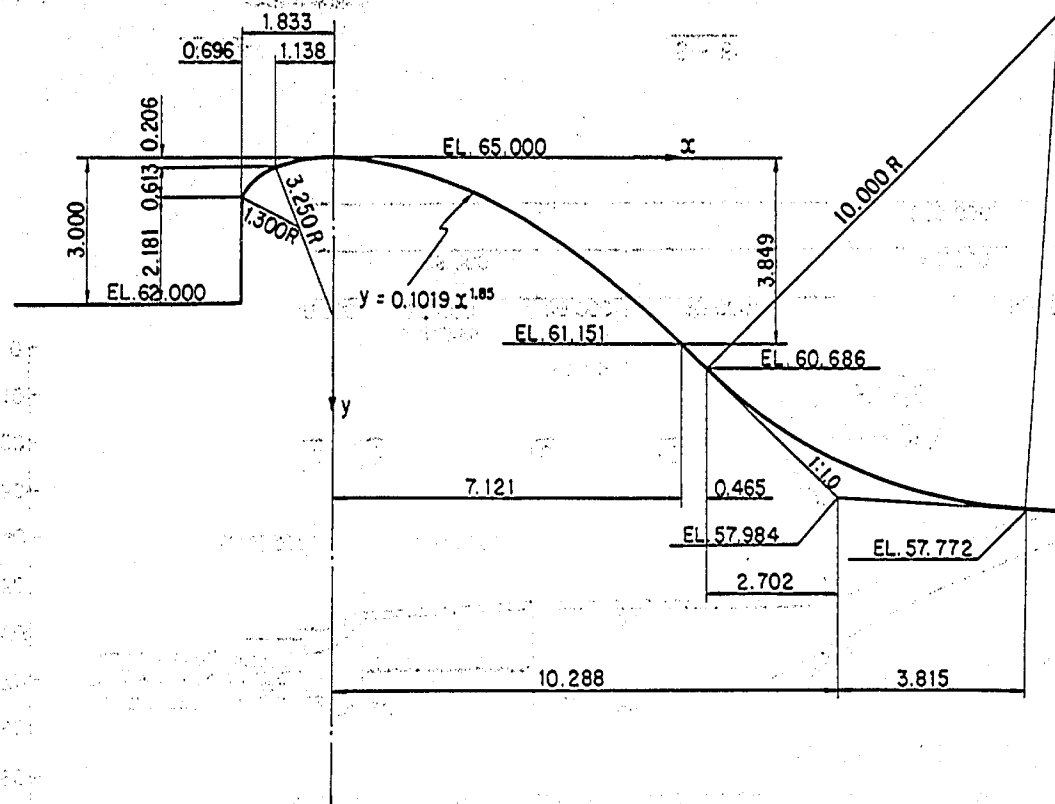
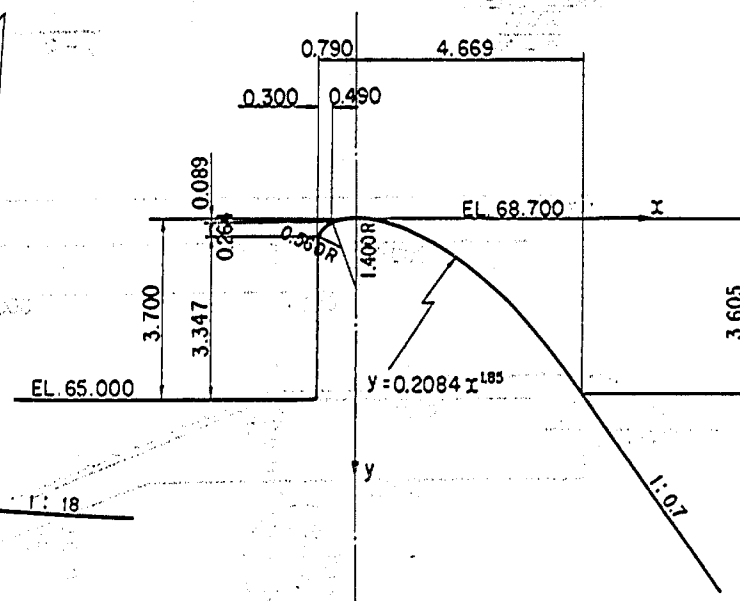


図-5 洪水吐き平面図 (原案)



常用洪水吐き越流頂形状



非常用洪水吐き越流頂形状

図-6 洪水吐き越流頂形状図(原案)

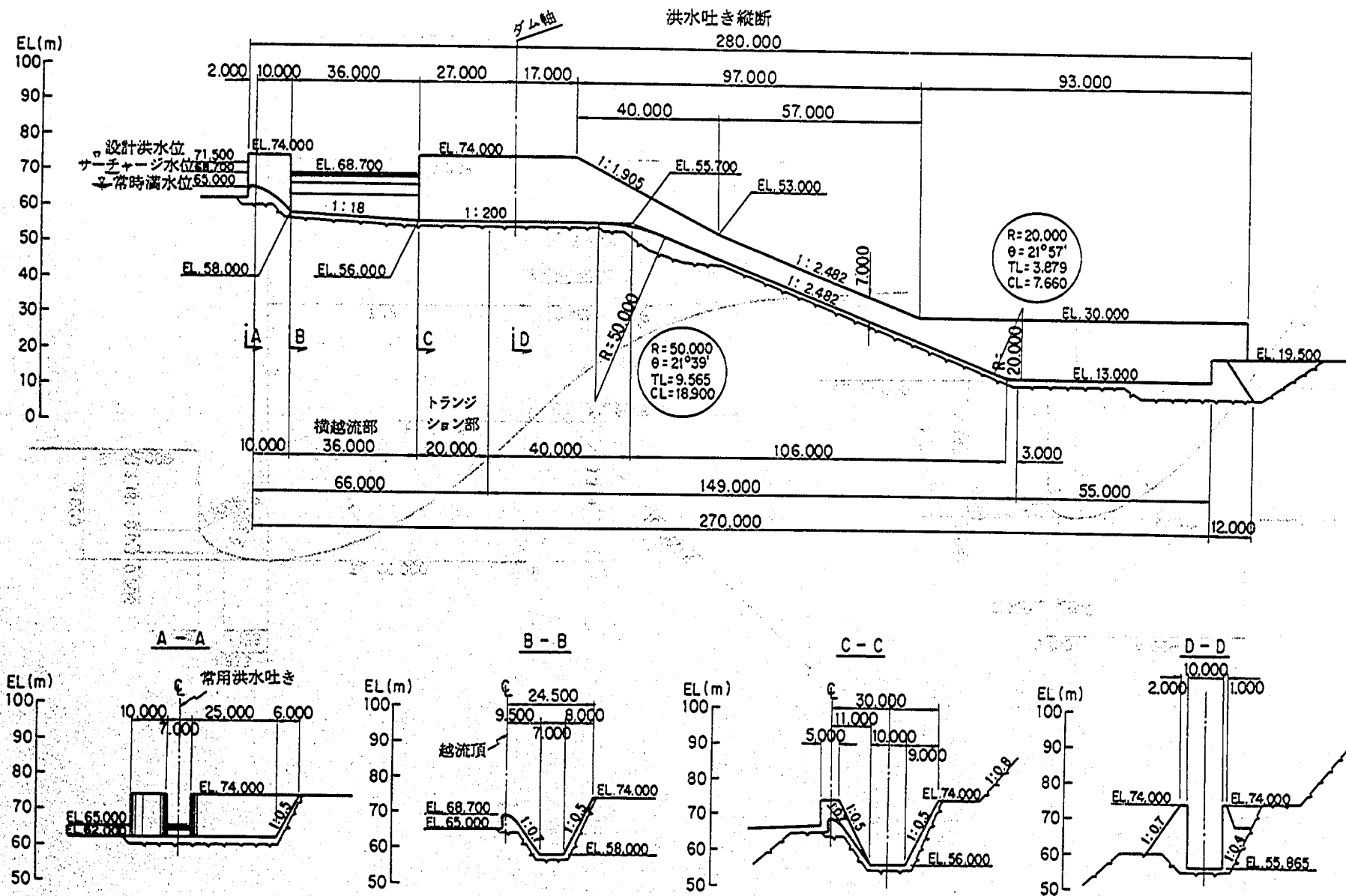


図-7 洪水吐き縦横断面図（原案）

ここに、 Q ：洪水吐きの放流量 (m^3/sec)、 C ：流量係数、 B ：越流幅 (m)

H ：対象越流水深 ($\text{EL. 68.700} - \text{EL. 65.000} = 3.700\text{m}$)

(1)式において、 $C = 2.0$ と仮定し、 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $H = 3.7\text{m}$ を代入し、 B を求めると約 7.0 m の越流幅が必要である。

次に、越流頂形状はそれぞれつぎの方法で求め、その詳細は図6に示すとおりである。

越流頂下流面の曲線式 Y は

$$Y = (0.5/H_d^{0.85}) X^{1.85} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 H_d は設計水頭で $\text{EL. 71.500} - \text{EL. 65.000} = 6.500\text{m}$ である。したがって、 $Y = 0.1019 X^{1.85}$ として与えられる。ただし、下流面曲線は接線勾配が $\tan^{-1} = 45^\circ$ ($\frac{dy}{dx} = 1.0$ になる X の値)になる座標点 ($X \div 7.121$, $Y \div 3.849$)までとし、その点より下流面は $1 : 1.0$ の勾配面である。また、越流頂上流面の各部の寸法は、

$$R_1 = 0.5 \cdot H_d = 0.5 \times 6.5 = 3.250\text{m}$$

$$R_2 = 0.2 \cdot H_d = 1.300\text{m}$$

$$X_1 = 0.282 \cdot H_d = 1.833\text{m}$$

$$X_2 = 0.175 H_d = 1.1375 \div 1.138$$

$$X_3 = X_1 - X_2 = 1.833 - 1.138 = 0.695\text{m}$$

$$E = 0.126 H_d = 0.819\text{m}$$

である。

2.3 非常用洪水吐き形状

非常用洪水吐きは越流頂標高を EL. 68.700m とした横流入式の自由越流型式で、その形状は常用洪水吐きと同様にハロルドの標準越流型が採用された。その必要幅は設計条件から設計水位 EL. 71.500m で常用洪水吐きと合わせて $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ の放流能力が必要である。

今、 EL. 71.500m の貯水位における常用洪水吐きの放流量を(1)式から求めると、 $Q = 2.0 \times 7.0 \times 6.5^{3/2} \div 232 \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。したがって、非常用洪水吐きの放流能力は約 $330 \text{ m}^3/\text{sec}$ あれば満足される。このことから、必要幅 $B = 330 / 2.0 \times 2.8^{3/2} \div 36.0\text{m}$ となる。

また、越流頂の下流面曲線式 Y は、 $H_d = 2.800\text{m}$ を(2)式に代入して $Y = 0.2084 X^{1.85}$ が得られる。この $\frac{dy}{dx}$ の値が 0.7 となる座標点 ($X \div 4.669$, $Y \div 3.605$)より下流面は $1 : 0.7$ の勾配面である。

さらに、越流頂上流面各部の寸法は

$$R_1 = 0.5 H_d = 0.5 \times 2.8 = 1.400\text{m}$$

$$R_2 = 0.2 H_d = 0.560\text{m}$$

$$X_1 = 0.282 H_d = 0.7896 \div 0.790$$

$$X_2 = 0.175 H_d = 0.490\text{m}$$

$$X_3 = X_1 - X_2 = 0.790 - 0.490 = 0.300 \text{ m}$$

$$E = 0.126 H_d = 0.3528 \div 0.353 \text{ m}$$

であり、詳細は図-6に示すとおりである。

2.4 側溝水路部

常用および非常用洪水吐きの合流部となる側溝水路の横断面形状はクレスト側を1:0.7、山腹側を1:0.5の側壁勾配とした台形断面である。水路底面の平面形は後述する水理設計条件から、常用洪水吐き下流端の幅7.0mを非常用洪水吐きの横越流部下流端で、10.0mに漸拡し、それより下流はシュート部始端まで幅10.0m一定である。

また、横越流部下流端の横断面より下流の20m区間の両側壁は、台形断面から長方形断面に修正するトランジション区間である。

次に側溝水路の底面敷高を決めるため、合流部での水面形を試算し、敷高の低い常用洪水吐きが完全越流状態となる敷高について検討を加えた。

設計原案の洪水吐き形状のように、正面越流水と横越流水とが直交する合流状態での適切な水理公式がないため、ここでは設計洪水位には横流入からの総流入量が多く、比エネルギーも高いことから、側溝水路内の流れは横流入水によって支配されるものと判断した。さらに、トランジション区間の終端断面でフルード数 $Fr = 0.8 \sim 0.6$ とし、その水深を基に横流入水路の流れの解析に用いる基礎式によって上流側の水面形を検討した。

まず、側溝水路末端での限界水深 (h_c) は

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}} \quad \text{..... (3)}$$

(3)式に $Q = 560 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $B = 10.0 \text{ m}$ 、 $g = 9.8 \text{ m}/\text{sec}^2$ を代入すると $h_c = 6.840 \text{ m}$ となる。本この値を初期値として、次に示す横流入を考慮して導かれた勝木の式¹⁾を周知のルンゲ・クッタの方法により数値計算を行った。

$$\left(I - \frac{n^2 Q^2}{R^{4/3} A^2} + \frac{Q^2 d}{g A^3} \cdot \frac{dB}{dX} - \frac{P Q q}{g A^2} \right) - \left(1 - \frac{Q^2 T}{g A^3} \right) \frac{dd}{dX} = 0 \quad \text{..... (4)}$$

ここに、 I :水路勾配、 Q :流量、 n :マニングの粗度係数、 R :径深、 A :流水断面積、 d :水深、 g :重力加速度、 B :水路底幅、 X :水路上流端からの距離、 P :係数 $\equiv 2$ 、 q :単位幅当り横流入量、 T :水面幅である。

ただし、(4)式で dX をあまり大きくとると計算結果と実験値との誤差が大きくなるので $dX = 0.05 L$ (L は水路全長)程度とする。

水路勾配を1:18とし、(4)式で求めた側溝水路始端断面(常用クレスト頂より下流10m)での水深は約9.0mとなった。そこで、側溝水路の上流端標高をEL.58.000mとし、横越流頂下流端標高はEL.56.000m

とした。

また、常用洪水吐きと側溝水路との接続は圧力上昇を防ぐため図-6に示す半径 $R = 10.0\text{ m}$ のバケットカーブを挿入した。

2.5 湾曲部およびシュート部

湾曲部は側溝水路部下流端標高 E.L. 56.000 m からシュート部始端標高 E.L. 55.7000 m まで水路底勾配を 1 : 200 とした平面湾曲の長方形開水路であり、その水路幅は 10.0 m である。

洪水吐きからの流れをフィルダム堤体の下流河道の河芯に向けるため、湾曲部に挿入した円弧は、図 5 に示すようにトランジション終端断面の堤体側延長線上に水路中心点からの距離で半径 $R = 100\text{ m}$ 、中心角 $\theta = 17^\circ$ 、水路中心線の長さ $CL = 29.671\text{ m}$ である。この円弧の下流端から減勢工までは直線水路である。

シュート部は縦断勾配を 1 : 2.482 とした直線長方形開水路であり、水路幅は減勢工幅を 15.0 m で設計したことにより、減勢工の水平水叩き始端より上流側 60 m 区間は 10.0 m から 15.0 m に拡幅されている。

この拡幅角度 θ はつぎに示す式で判定したものである。柴田²⁾によれば射流水路で外壁が鉛直の場合の水路拡幅角度 θ は(5)式より小さければ流れを均等に拡散できるとされている。

$$\tan \theta = \frac{1}{3Fr} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 Fr は拡大水路始点のフルード数で $Fr = v/\sqrt{gh}$ 、 v は拡大水路始点の流速 (m/sec)、 h は拡大水路始点の水深 (m)、また、 $v = C\sqrt{2gh}$ 、 H は拡大水路始点と貯水位との標高差 (m)、 C は損失水頭係数 ($C = 0.95$) で、 $H = 71.500 - 39.184 = 32.316\text{ m}$ 、 $g = 9.8\text{ m/sec}^2$ を代入すると $v = 23.91\text{ m/sec}$ である。

しかるに、 $h = Q/vB$ であるから、 $Q = 560\text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $B = 10.0\text{ m}$ と v を代入すると $h = 2.34\text{ m}$ から、 Fr は約 4.99 が得られる。

この Fr を(5)式に代入すると $\tan \theta = 3.8^\circ$ であり、設計角度 θ は判定角度より小さいことがわかる。

湾曲部とシュート部との接続は流れを底面から剥離させないため、図 7 に示すように半径 $R = 50.0\text{ m}$ 、中心角 $\theta = 21^\circ 39'$ 、 $CL = 18.9\text{ m}$ の円弧ですりつけた。

また、湾曲部側壁の高さは、フィルダム堤体天端高に合わせて E.L. 74.000 m とし、シュート部始端での水面高は約 6 m 程度であることから、余裕高を見込んで、シュート部での側壁の鉛直高さを 7.0 m とした。

2.6 減勢工

減勢工の規模選定における対象流量はここでは $355\text{ m}^3/\text{sec}$ とし、おおその規模を以下の方法で検討した。 $355\text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時の貯水位は設計条件および(1)式より、 $355 - 100 = 2.0 \times (7.0 + 36.0) \times H^{3/2}$ から $H = 2.064\text{ m}$ であるから、貯水位は E.L. 68.700 m + 2.064 m = E.L. 70.764 m である。

2) 柴田道生著、実用水工学とその計算例、現代社 1975

また、減勢工の水平水叩き標高は、基礎岩盤と下流水位条件を考え、EL.13.000mとした。さらに、減勢工内の単位幅流量を小さく（一般的に単位幅流量が30 m³/sec以下では減勢が容易）するため、減勢工の幅をB=15.0mとした場合、

1) 水叩き始端水深 h_1 は

$$v_1 = C \sqrt{2gH} \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 v_1 は水叩き始端流速、 C は損失水頭係数（ $C=0.95$ ）、 H は貯水位と水叩きとの標高差（70.764 - 13.000 = 57.764m）である。

(6)式にこれらの値を代入すると $v_1 \div 31.97$ m/sec が得られ、 $h_1 = Q/v_1 B = 335/31.97 \times 15 \div 0.740$ m となる。

2) 減勢池内の対応水深 h_2 は

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1+8Fr^2} - 1) \quad \dots\dots\dots (7)$$

(7)式におけるフルード数 Fr は $Fr = v_1/\sqrt{gh_1} = 31.97/\sqrt{9.8 \times 0.74} = 11.872$ であるから h_2 を求めると $h_2 \div 12.06$ m が得られる。

3) 水平水叩き減勢池内の必要跳水長 L は $L = 4.5 \times 12.06 = 54.3$ m である。ここでは $L = 55.0$ m を採用した。

4) 掘込み深さ

跳水を安定させるのに効果があるエンドシルの高さ（ W ）は

$$\frac{W}{h_1} = \frac{(1+2Fr^2)\sqrt{1+8Fr^2} - (1+5Fr^2)}{1+4Fr^2 - \sqrt{1+8Fr^2}} - \frac{3}{2} Fr^{2/3} \quad \dots\dots\dots (8)$$

ここに、 W はシル高、 Fr は跳水前のフルード数である。

(8)式に、これまでの $h_1 = 0.740$ m、 $Fr = 11.872$ を代入して W を求めると $W \div 6.5$ m となる。

第3節 水理模型実験

洪水吐きの原案設計形状における水理機能および放流能力等の検討は水理模型実験により行うものとし、実験は土木研究所のダム水理実験施設棟内（高さ10m×幅50m×長さ100m）で実施したものである。

本実験は洪水吐きの放流能力および原案形状の水理特性を把握し、実施設計案を示すことを目的として実施するものである。

3.1 模 型

洪水吐き全体模型は越流水深および設置場所等から縮率を実物の1/31.25の幾何的に相似な模型として製作した。

模型の製作範囲は図-8および写真-1,2に示すように、貯水池流入部の掘削地形形状を含め、ダム軸

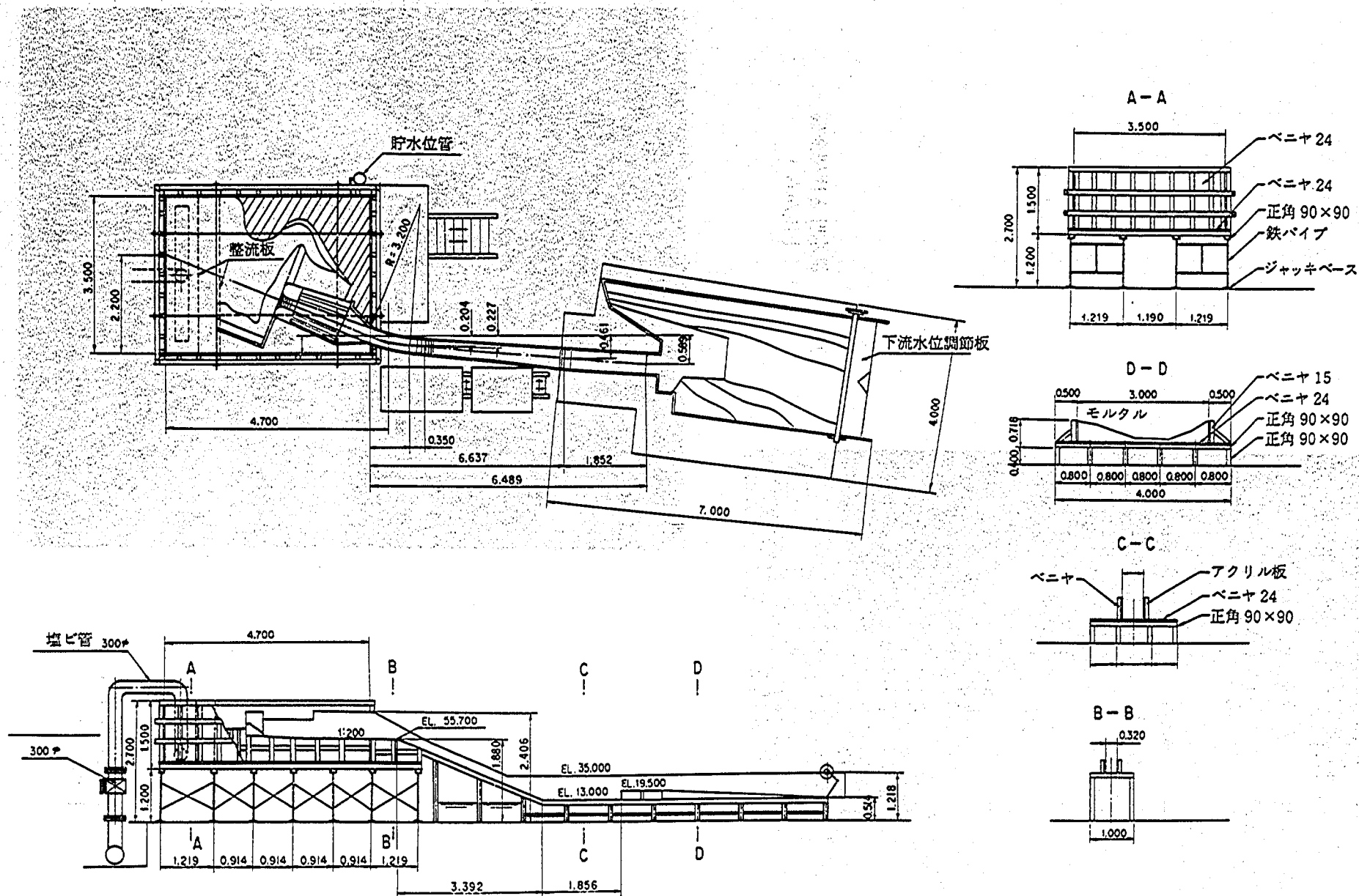


図 - 8 羽地ダム模型製作図

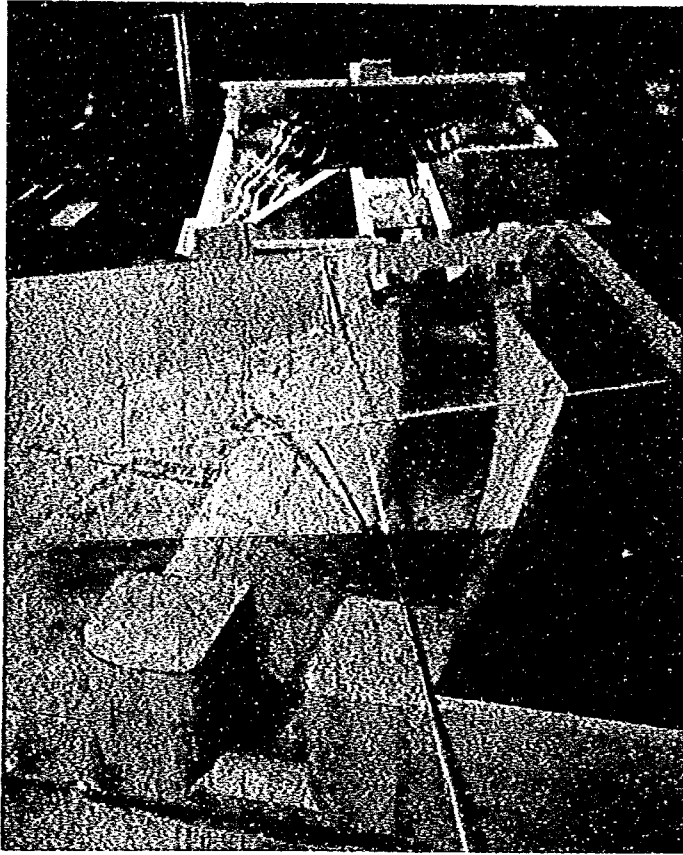


写真-1 洪水吐き模型全景
(上流から)

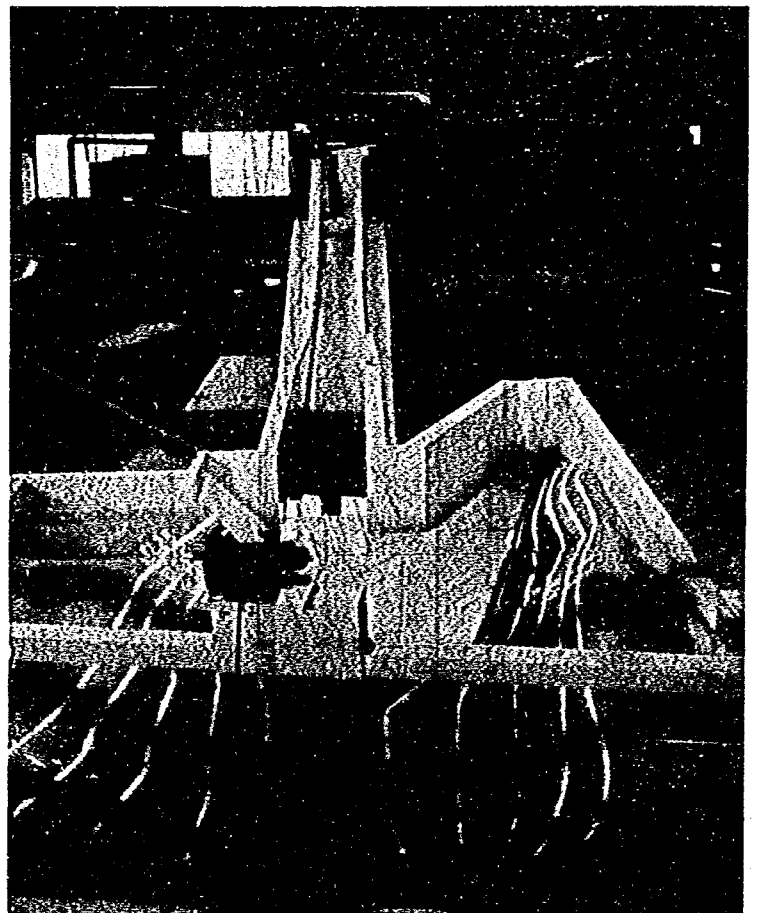


写真-2 洪水吐き模型全景
(下流から)

より上流側は 50m (実物値), 下流側は減勢工の下流河道地形形状を含めて約 400m 区間とした。

模型の製作は貯水池, 流入部, 側溝水路部, 湾曲部, シュート部および減勢工の各部は製作方法や難易度により, ラワン合板, 杉正角およびラワン平割材を主材料とした木工加工で, 河道地形はモルタル整形とし, 仕上げ精度は各断面幅に対して $\pm 1\text{mm}$ 以内で仕上げ, 木製表面は油性調合ペイント 2~3 回塗装とした。また, 湾曲部, シュート部および減勢工の側壁は片側を透明アクリル製とし, 流況を可視できる構造となっている。

3.2 相似律

実物と模型との力学的相似は慣性力と重力とが卓越した流れであるので, 本実験はフルードの相似則に従うものとした。したがって, その基本量の縮率は表-2 に示すとおりである。

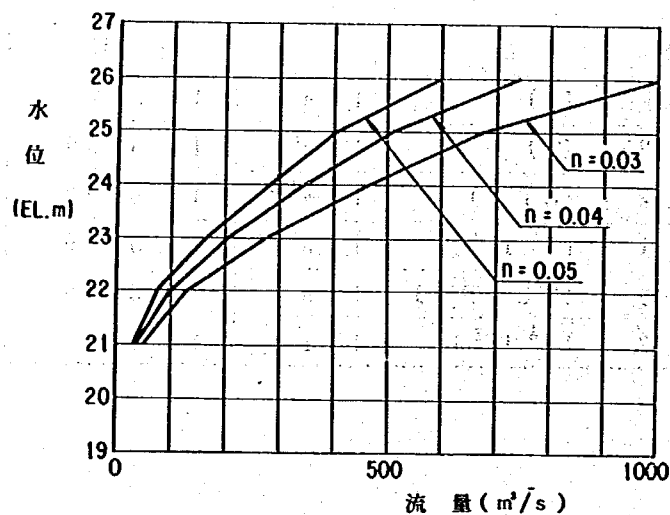
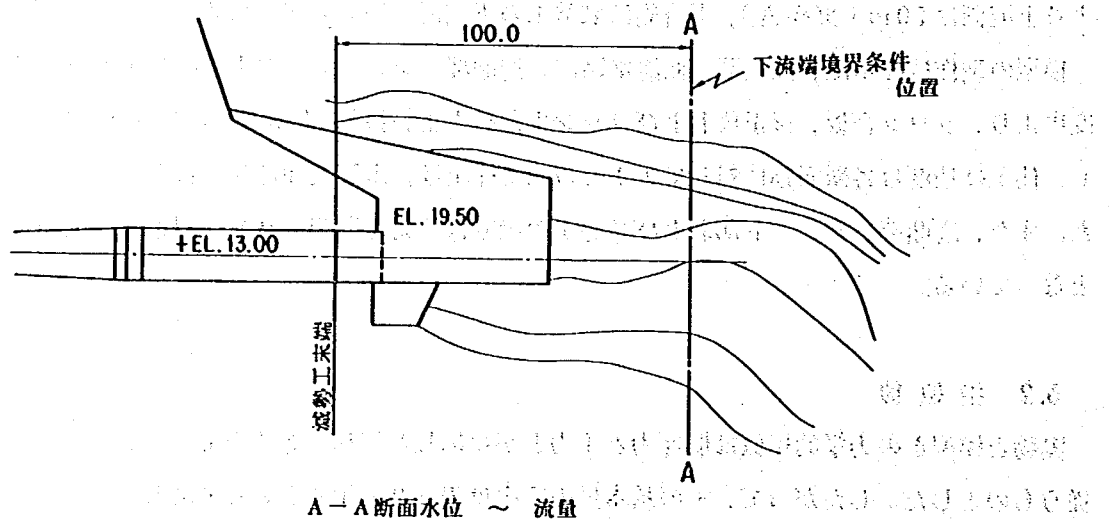
表-2 洪水吐き模型実験の基本量の縮尺

基本量	次	元	縮 尺
長さ・水深	[L]	$1:n$	$1:31.25$
時 間	[T]	$1:n^{1/2}$	$1:5.590$
流 速	[LT ⁻¹]	$1:n^{1/2}$	$1:5.590$
流 量	[L ³ T ⁻¹]	$1:n^{5/2}$	$1:5459$
圧 力	[ML ⁻¹ T ⁻²]	$1:n$	$1:31.25$
流量係数	[L ^{1/2} T ⁻¹]	$1:1$	$1:1$

3.3 実験内容

本実験での実験内容は下記に示す項目について実施したものである。

- 1) 前庭部の流速分布と流向を調査するとともに流況観察を実施する。この場合, 洪水吐きからの放流量は $100\text{ m}^3/\text{sec}$, $355\text{ m}^3/\text{sec}$ および $560\text{ m}^3/\text{sec}$ の 3 ケースについて実施する。
- 2) 常用洪水吐きおよび非常用洪水吐きの貯水位と放流量の関係を測定し, 放流能力を調査するとともに放流特性を明らかにする。
- 3) 側溝水路, 湾曲部およびシュート部での流況, 水面形を調査し, 問題があれば対策を講じ, 流況の改善を図る。この場合の対象流量は 1) 項と同様に 3 ケースについて実施する。
- 4) 減勢工の減勢機能を調査し, 適性な規模, 形状について検討を加える。この場合の対象流量は 1) 項と同様に 3 ケースについて実施する。
- 5) 減勢工の下流河道内の流況, 流速分布を調査し, 2 次減勢工の必要性について検討する。この場合, 下流水位は粗度係数 $n=0.03$, $n=0.04$, $n=0.05$ の 3 ケースについて図-9 に示す境界条件断面の中央部における現地河道の不等流計算 (図-9 参照) 結果によって設定する。



図－9 下流端境界条件（減勢工下流 100m の水位～流量曲線）

3.4 計測方法

本実験における水理諸量の計測はつぎに示す方法で実施したものである。

- 1) 貯水位は水槽外に設置した連通管内の水面高を 1/10 mm まで直読できるポイントゲージで計測した。
- 2) 越流面、側溝水路部、湾曲部、シュート部、減勢工および下流河道の水面形はスケールまたはポイントゲージで計測した。
- 3) 流速はデジタル型小型プロベラ流速計（ $\pm 1.5\%$ / FS）により計測した。
- 4) 流況観察は目視によるスケッチ、写真およびビデオ撮影を実施した。

3.5 実験結果

実験内容に示した本実験での測定結果ならびに資料の解析結果を要約すればつぎのとおりである。

3.5.1 洪水吐きの放流能力および放流特性

常用洪水吐きおよび非常用洪水吐きの貯水位 — 放流量の関係は表-3, および図-10に示す結果が得られた。この表中に示す流量係数は測定結果に基づき(1)式によって算出し, 越流水深との関係を図化したのが図-11である。

また, 表中には常用および非常用洪水吐き, それぞれの単独放流と同時放流での3ケースを示すものである。

これらの結果から, つぎのことが判明した。

1) サーチャージ水位 E.L. 68.700m における常用洪水吐き単独放流時の放流量は約 100 m^3/sec であり, 計画放流量に一致しており, 計画放流量条件を満足している。また, この時の流量係数は $C=1.98$ で設計時の $C=2.0$ に近似している。また, この時の流入部の流況は写真-3に示すようにピアの縮流の影響が若干あるが流れはスムーズである。

2) 設計洪水水位 E.L. 71.500m における常用洪水吐きと非常用洪水吐きを合わせた放流量は, 606 m^3/sec の放流が可能であり, ダム設計洪水流量 560 m^3/sec に対して約 8% の余裕を持っていることが確かめられた。これは, 解析結果で明らかのように, E.L. 71.500m 付近の貯水位では流量係数が計画時の $C=2.0$ を約 5% 上廻っているためである。このとき常用洪水吐きは写真-4に示すように, 完全越流の状態であることが確かめられた。

3) サーチャージ水位から設計洪水水位までの常用および非常用洪水吐き, それぞれの放流能力は前者が約 153 m^3/sec , 後者が約 353 m^3/sec であり, このことから 560 m^3/sec を満足させる最も経済的な越流幅は非常用洪水吐きの幅を約 1 割減じたものであるといえる。

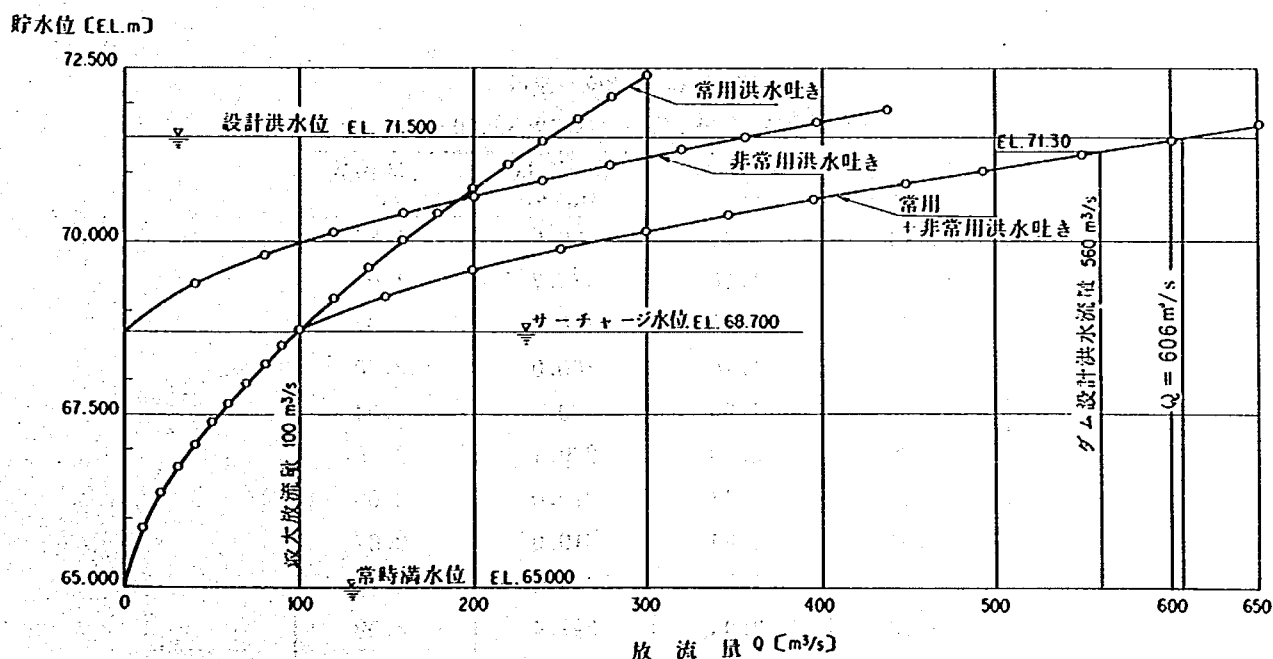


図-10 貯水位と放流量の関係図

表-3 貯水位と放流量の測定結果

洪水吐き水位～流量
(常用+非常用洪水吐き)

貯水位 (EL. m)	放流量 (m ³ /s)
65.87	10.4
66.38	20.7
66.75	30.6
67.09	40.4
67.40	49.7
67.67	59.0
67.96	69.3
68.24	80.8
68.49	90.6
68.68	99.4
69.19	149.3
69.57	200.0
69.89	250.0
70.15	299.0
70.38	347.0
70.62	395.5
70.85	448.9
71.05	493.0
71.26	550.0
71.46	601.0
71.70	651.9

常用洪水吐き水位～流量
越流頂標高 EL.65.00 m, 越流幅 7.00 m

貯水位 (EL. m)	越流水頭 (m)	放流量 (m ³ /s)	流量係数 c
65.87	0.87	10.4	1.83
66.38	1.38	20.7	1.83
66.75	1.75	30.6	1.91
67.09	2.09	40.4	1.91
67.40	2.40	49.7	1.91
67.67	2.67	59.0	1.93
67.96	2.96	69.3	1.95
68.24	3.24	80.8	1.98
68.49	3.49	90.6	1.98
68.68	3.68	99.4	2.01
69.17	4.17	120.1	2.02
69.62	4.62	139.8	2.01
70.01	5.01	159.4	2.03
70.41	5.41	180.2	2.05
70.75	5.75	199.3	2.06
71.11	6.11	219.5	2.08
71.45	6.45	239.7	2.09
71.78	6.78	259.9	2.10
72.10	7.10	280.1	2.11
72.41	7.41	300.3	2.13

非常用洪水吐き水位～流量
越流頂標高 EL.68.70 m, 越流幅 36.00 m

貯水位 (EL. m)	越流水頭 (m)	放流量 (m ³ /s)	流量係数 c
69.41	0.71	39.9	1.86
69.80	1.10	79.7	1.93
70.12	1.42	120.1	1.97
70.40	1.70	160.0	2.00
70.66	1.96	200.4	2.04
70.89	2.19	239.1	2.05
71.12	2.42	279.0	2.06
71.34	2.64	319.9	2.07
71.52	2.82	356.5	2.10
71.73	3.03	397.4	2.09
71.93	3.23	438.4	2.10

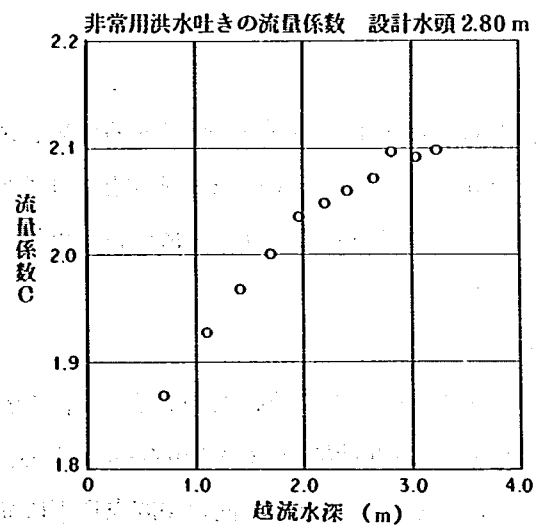
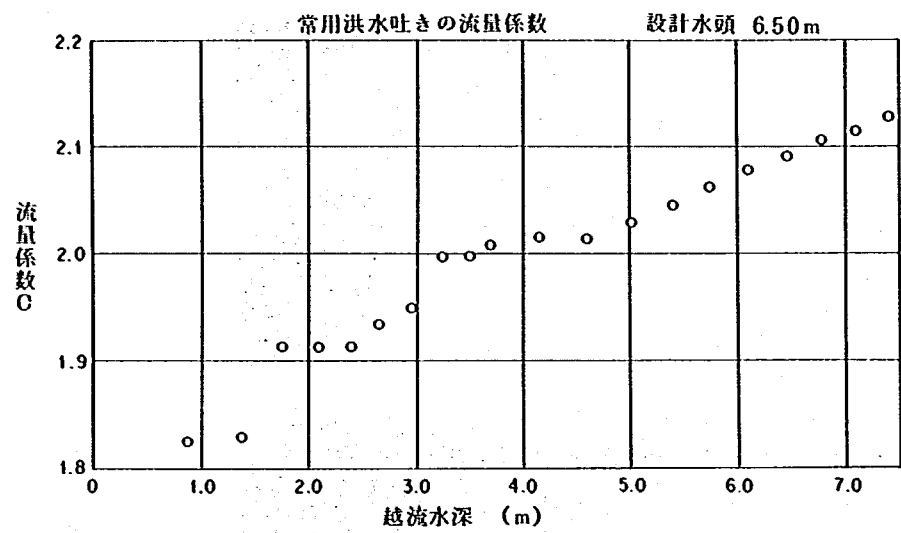


図-11 越流頂の流量係数と越流水深の関係図

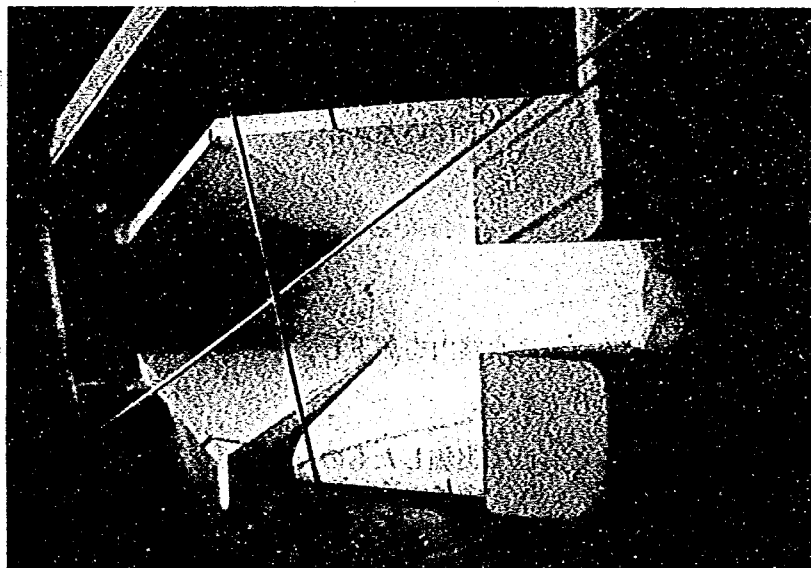
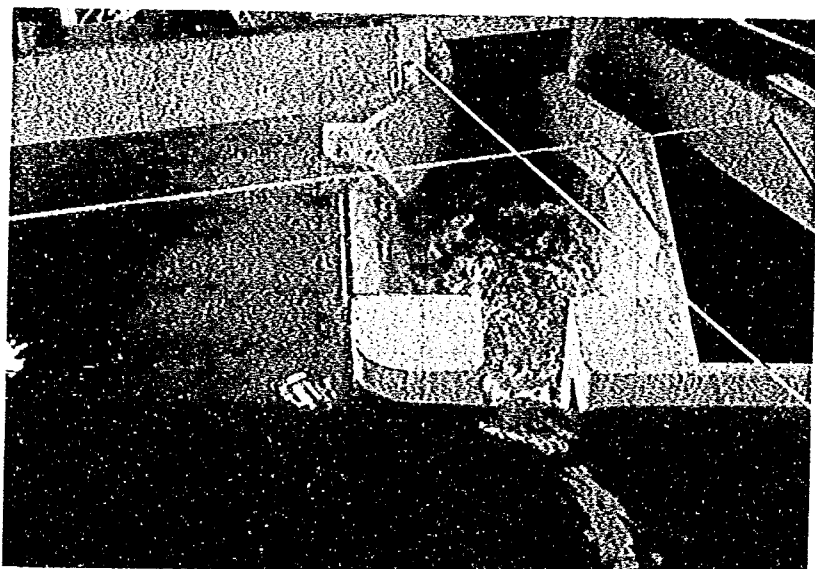


写真-3 洪水吐き流入部流況
($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)



写真－４ 洪水吐き流入部流況
($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

3.5.2 洪水吐き前庭部の流況

常用および非常用洪水吐き前庭部の掘削敷高ならびに形状の適性を検証するため、図－12に示す前庭部 20 測点の流速と流向の測定結果は図－13a～13b および表－4 a～4 c に示すとおりであった。この場合、流速測定の対象流量は $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $355 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ の 3 ケースについて実施し、また、図－13b に示した各測点の流向は表面付近の流向を示すものである。

これらの測定結果からつぎのことが判明した。

1) 各放流条件下で最大流速を示す位置は常用洪水吐き呑口の測点 No7 であり、その最大値は $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時で $2.3 \text{ m}/\text{sec}$ 、 $355 \text{ m}^3/\text{sec}$ で $3.4 \text{ m}/\text{sec}$ 、 $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ で $4.1 \text{ m}/\text{sec}$ である。この最大値を示す位置は表－4 a～4 c に示すようにいずれも B 測点すなわち水深方向の中間点以下に発生している。また、非常用洪水吐き前庭部での最大流速値は測点 No 15 で約 $2.4 \text{ m}/\text{sec}$ であった。しかし、底面付近の流速はいずれの場合も $1 \text{ m}/\text{sec}$ 以下であり、掘削地形は原案で問題がないものと考えられる。

2) フィルダム上流面での最大流速は No 18 測点で $0.9 \text{ m}/\text{sec}$ 程度であることから、ロック盛立面に対する洗掘等に対しては十分安全であると思われる。

3) 図－13 b に示すように、越流頂前面における貯水池表面付近の流向は常用洪水吐きに対しては直角に流入し、非常用洪水吐きに対してはほぼ 45° の流線で流入している。

3.5.3 側溝水路の流況

1) 計画最大放流量 $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ の場合

この放流量時の常用洪水吐きからの流れは射流で側溝水路内を流下し、そのときの水路内の水位および流況は図－15a、表－5 a、写真－5 に示すとおりである。

なお、水位の測定断面は図－14に示す①～⑨の各測点で実施したものである。



写真-5 側溝水路内流況 ($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

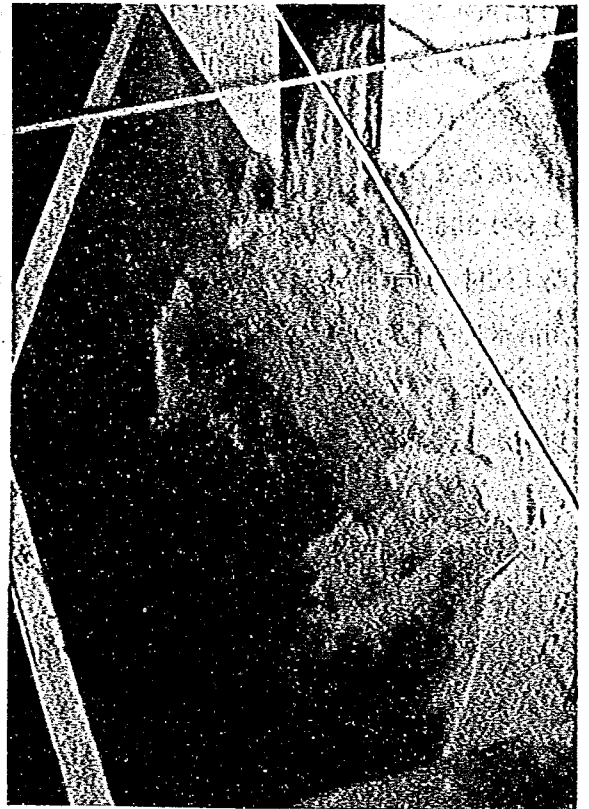


写真-6 側溝水路内流況 ($Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$)

2) 減勢工設計対象流量 $355 \text{ m}^3/\text{sec}$ の場合

この放流量時の貯水位は E.L. 70.42 m で常用洪水吐きからほぼ $170 \text{ m}^3/\text{sec}$, 非常用洪水吐きからはほぼ $185 \text{ m}^3/\text{sec}$ が放流されその放流比率は約 1 : 1 となっている。この時の流況は写真-6 に示すように常用洪水吐きの流れに非常用洪水吐きからの流れが徐々に合流し、側溝水路内で合流による減勢は行われているが流れは射流である。しかし、図-15b~15d および表-5b に示すようにこの水路内での水面形は合流中間点の横断No 5 付近では右岸側が高くなっているが非常用洪水吐き下流端横断No 7 以後では横断水面形はほぼ均等高となる。この水面形の最高点は横断No 5 の右岸斜面でのはい上がりで約 E.L. 64.9 m である。

3) ダム設計洪水量 $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ の場合

この放流時の貯水位は E.L. 71.30 m で常用洪水吐きからほぼ $240 \text{ m}^3/\text{s}$, 非常用洪水吐きからはほぼ

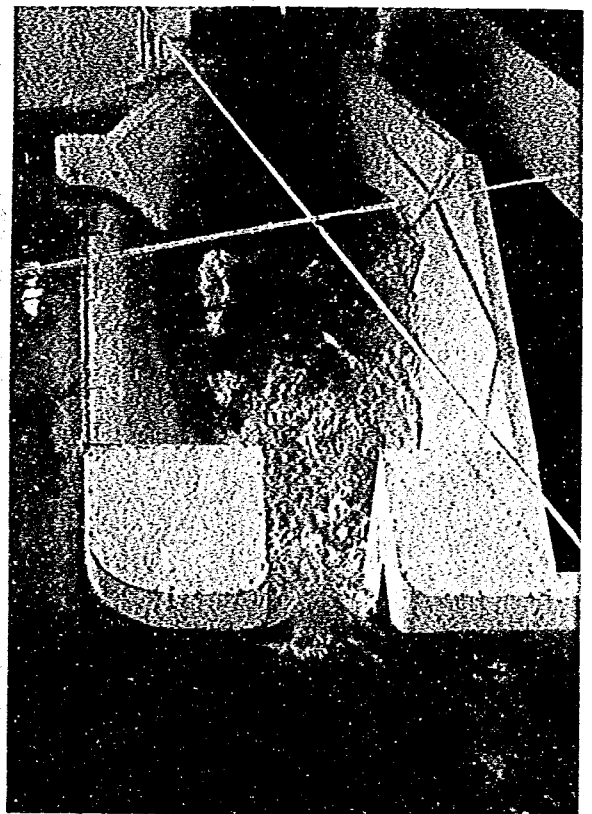


写真-7 側溝水路内流況 ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

320 m³/sec で、その放流比率は 1 : 1.5 となっている。側溝水路内の流況は写真－7 に示すように、絞り込んだトランジション終端断面でのセキ上げ効果により、側溝水路内の水位が上昇し、両洪水吐きからの流れが直交状態で合流することによる減勢効果も高まり、水路内の流れは常流で反時計回りのゆるやかならせん流となっている。したがって、図－15e～15g および図－16、表－5c の水面形の測定結果にも示すとおり 355 m³/sec 放流時に比べ水路内左右岸の水面差は小さくなっている。この場合の最高水位は側溝水路末端付近の横断No 7 の右岸で E.L. 68.4m 程度であり、水路内の水位変動は 2m 程度である。また、常用洪水吐き下流の跳水始端横断No 3 での最高水位は左岸の E.L. 65.3m 程度であるので、常用洪水吐きは完全越流状態であることが判る。

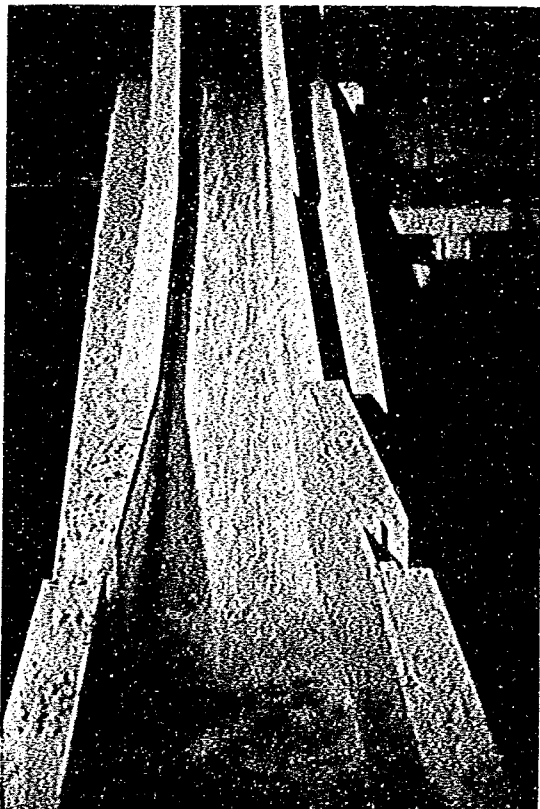
以上から、側溝水路部の側壁天端高さ E.L. 74.00m は十分余裕があることが判った。

3.5.4 湾曲部からシュート部での流況

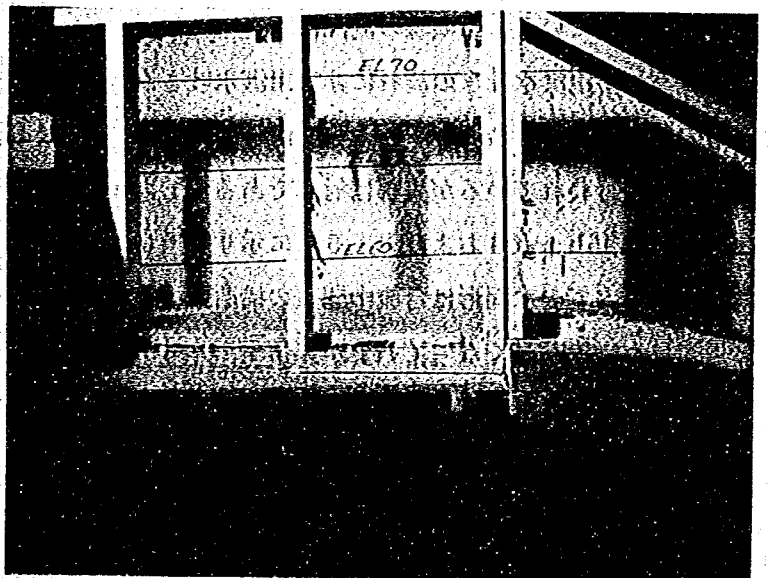
1) 計画最大放流量 100 m³/sec の場合

この場合は前述の如く、正面越流型の常用洪水吐きだけからの放流であるため、写真－8 および写真－9 に示すように湾曲部（シュート部も含む）での流れは射流である。このため、湾曲部では遠心力が働き右岸導流壁沿いの水位が高く、湾曲部終端では右岸寄りの流れとなり衝撃波が発生し、この衝撃波の影響がシュート部末端付近では逆に主流を左岸寄りにしている。また、図－17a および表－5a に示す水面形の

測定結果から、湾曲部における左右の水面差が最高となる位置は横断測線No12付近（湾曲部終端付近）でその差は 2m 程度である。



写真－8 湾曲部およびシュート部の流況
($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)



写真－9 湾曲部及びシュート部流況
($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

2) 減勢工設計対象流量 $355 \text{ m}^3/\text{sec}$ の場合

このケースでは側溝水路の項で述べたように、湾曲部入口での横断水面はほぼ均等であり、また横流入による減勢効果も若干期待でき湾曲部でのフルード数が小さくなるため図-17b、表-5bおよび写真-10、11に示すようにシュート部末端までの流れは比較的均等流となっている。また、遠心力による水面差が発生する地点はやはり湾曲部終端付近であるが、その差は約0.6m程度である。

3) ダム設計洪水流量 $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ の場合

このケースでは写真-12、13に示すように側溝水路内の減勢効果が $355 \text{ m}^3/\text{sec}$ のケースよりさらに大きく湾曲部の流れが常流となるため、 $355 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時と同様に比較的均等流が得られるケースである。

図-17cおよび表-5cに示す水面形の測定結果から湾曲部の横断No10~No13区間は遠心力によって右岸上がりの傾斜水面となっている。この区間で左右岸の水位差が最大となる断面はNo10断面で、その差は1m程度である。また図-15e~15gで明らかなように、導流水路内の縦断水面形は側溝水路部を頂点としてエネルギー勾配に等しい水面勾配となっている。したがって、計画導流壁形状で高さに最も余裕が少なくなる断面は図-7に示したシュート部の勾配変化点付近で、天端標高EL.53.0mに対しては約2mの余裕があることが判った。ただし、実物ダムでは洪水吐きからの流れにはかなりの空気が混入され、模型実験結果より実物の水位はさらに上昇することが予想されるのでこの程度の余裕は必要と考えられる。

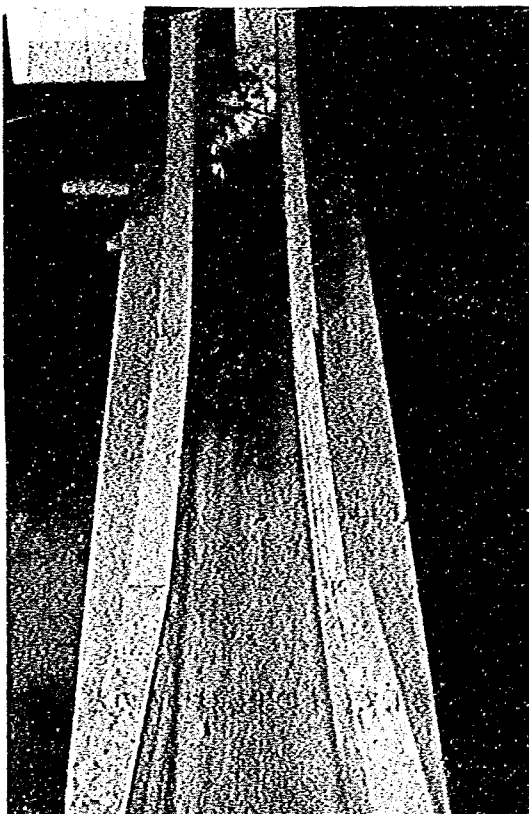


写真-10 湾曲部及びシュート部流況
($Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$)

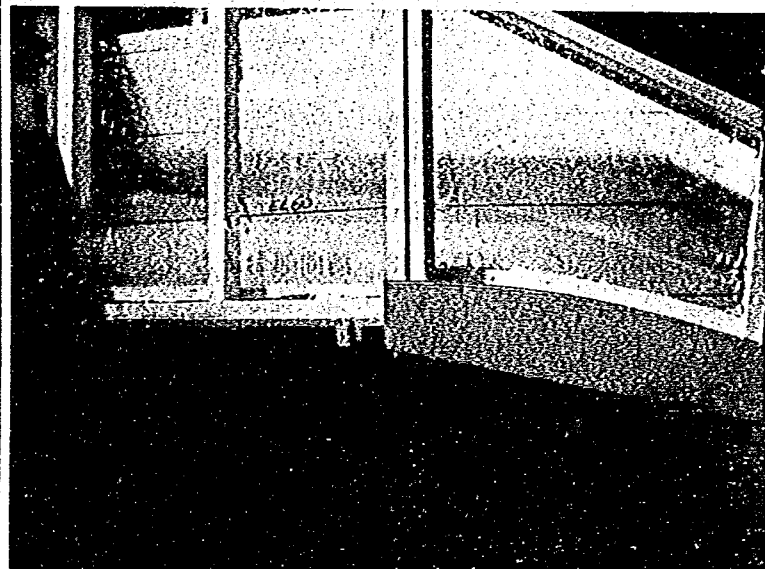
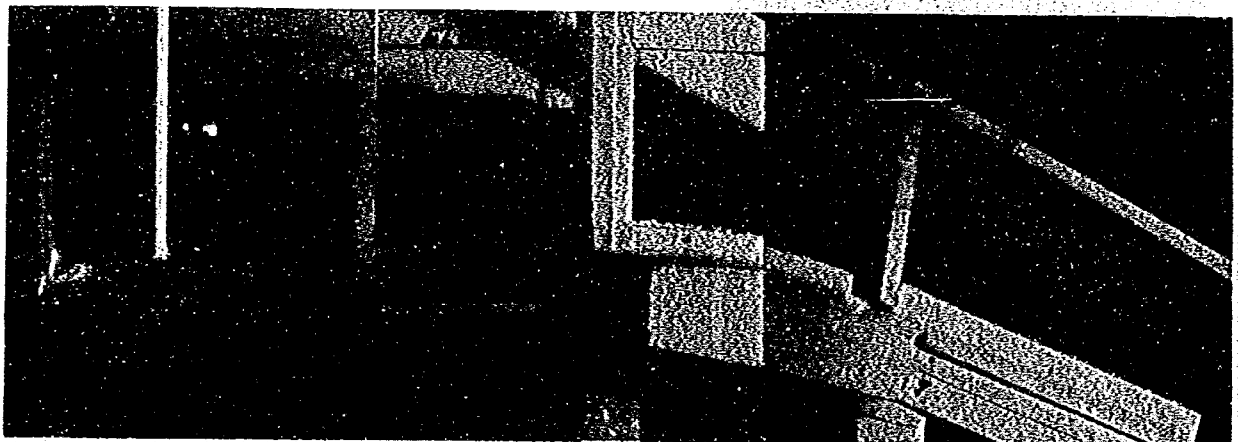


写真-11 湾曲部及びシュート部流況
($Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$)



写真－12 湾曲部およびシュート部の流況 ($Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$)



写真－13 湾曲部およびシュート部の流況 ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

3.5.5 減勢工および下流河道の流況

減勢工形状は前述のように、水叩き面を 6.5 m 掘り込んだ跳水式減勢工で、その規模はつぎのとおりである。

水叩き面標高：EL. 13.00 m

減勢工の長さ：55.0 m

掘込み深さ： 6.5 m

側壁の天端標高：E.L. 30.00 m

この減勢工規模に対する水理実験は図-9に示したように河道の粗度係数3種 ($n = 0.03$, $n = 0.04$, $n = 0.05$) の等流計算結果に基づき、同図に示すA-A横断の河芯で各放流条件ごとに3種の水位を設定して行い、流況写真-14~22に示す河道内の流れの状況判断から $n = 0.04$ を平均値として検討したものである。

1) 計画最大放流量 100 m³/sec

このケースの減勢池内の流況および水面形の測定結果は図-18a、表-5a、写真-23~25に示し、河道実験における3種の粗度係数ごとの流速、流向および水面形の測定結果と流況は図-19a~20c、表-6a~7cならびに写真-14~16に示すとおりである。減勢池内の流況は写真-23~25で明らかなように、前項で述べた衝撃波の影響が残存し、主流は減勢池の左岸沿いに突入している。しかし、減勢池内は主流の傾きによる平面渦の発生までには至らず、段上りのかなり手前で跳水現象が終了し、その後は水面変動もほとんどなく、常流で河道に流下している。また、下流水位3種での減勢工内の流況はほとんど変化なく、河道内の流速の最大値は減勢工直下流の測点R-1で、その値は $n = 0.03$ で 4.7 m/sec, $n = 0.04$ で 2.8 m/sec, $n = 0.05$ で 3.6 m/sec である。

2) 減勢工設計対象流量 355 m³/sec

このケースでの減勢池内の流況および水面形の測定結果は図-18b、表-5b、写真-26~28に示すとおりである。

流況写真で明らかなように、この流量ではシュート部からの流れはほぼ均等に減勢工に導流され跳水の始端はシュート面上にかかり、跳水状態は流入フルード数が大きいため波面変動が激しい。しかし、水平水叩き始端から下流 30 m 程度までは底面沿いに速い潜流が存在するが、段上り前面ではほとんど減勢され、段上り下流では均等な流れとなっている。

減勢工内の最高水位は水平水叩き始端から下流 25 m 付近の波面変動区間に生じ、その高さは E.L. 28.0 m 程度に達している。

また、下流河道の水位、流速および流況は図-19a~20c、表-6a~7c、写真-17~19に示すとおりである。河道の最大流速は減勢工中心線の延長線上の測点Na 15~18で $n = 0.03$ のケースでは 10.8 m/sec 程度、 $n = 0.04$ のケースでは 7.5 m/sec ~ 5.5 m/sec 程度、 $n = 0.05$ のケースでは 6.5 m/sec ~ 4.5 m/sec 程度である。減勢工の直下流の左岸側は死水領域となるため反時計回りのゆるやかな渦流が発生している。

3) ダム設計洪水流量 560 m³/sec

このケースでの減勢池内の流況および水面形は図-18c、表-5c、写真-29~31に示すとおりである。シュートからの高速流が潜流となり段上り前面付近まで残存し、段上りによる背水効果でローラ渦を形成する状態と段上り前面ではい上り、そのまま下流河道へ向う状態が交互に繰返されている。

この両者の比率が時間的に変動するための減勢池内は非常に不安定な流況を呈している。この流況の変化時に背水と高速流とが衝突する地点で水面が急激に盛上がり（写真-31参照）この地点で水叩き内の最

高水位は瞬間的に E.L. 32.0m 程度となる。この原因としては流入フルード数 ($Fr \approx 8.0$) から算出される跳水後の対応水深 ($\approx 19.0\text{m}$) に比べ原設計案では約 4～5m 水深が不足しているためと考えられる。

同様に下流河道の水面形、流速および流況は図-19a～20c、表-6a～7c、写真-20～21 に示すとおりである。

河道内の最大流速は $355\text{ m}^3/\text{sec}$ のケースと同様な測点と線上で、 $n=0.03$ のケースでは $10.5\text{m}/\text{sec} \sim 9.5\text{m}/\text{sec}$ 、 $n=0.04$ のケースでは $7.5\text{ m}/\text{sec} \sim 5.0\text{m}/\text{sec}$ 、 $n=0.05$ のケースでは $6.5\text{m}/\text{sec} \sim 4.5\text{ m}/\text{sec}$ 程度である。また、減勢工直下流の左岸側の渦流は $355\text{ m}^3/\text{sec}$ のケースよりさらに発達し、主流を右岸側へ寄せている。そこで、減勢池内の流況改善の手段として、試験的に側溝水路末端に写真-32 に示すように高さ 3.0m のブロックを配列した結果を写真-33～38 に示す。この結果、ブロックにより強制跳水が生じる流量以上では側溝水路内の流況は改善されるが、減勢池内の流況改善にはほとんど効果が期待できないことが判った。

3.5.6 ま と め

以上述べてきた洪水吐き原案形状での検討結果および問題点を整理し、まとめるとつぎのことが明らかとなった。

1) 洪水吐き原案形状はサーチャージ水位 E.L. 68.70m で計画最大放流量 $100\text{ m}^3/\text{sec}$ の放流が可能で、設計洪水水位 E.L. 71.50m ではダム設計洪水流量の $560\text{ m}^3/\text{sec}$ の約 8% 増の $606\text{ m}^3/\text{sec}$ の放流能力を持つことが確かめられた。また、常用および非常用洪水吐きとも完全越流状態であり、越流頂敷高および側溝水路形状は適切である。

2) 洪水吐き前庭部における流速の最大値は $560\text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時の約 $4.0\text{ m}/\text{sec}$ であることから、前庭部の掘削形状は原案で適切と判断できる。また、フィルダム上流面上の最大流速は約 $0.9\text{ m}/\text{sec}$ であり、洗掘等の恐れはないものと考えられる。

3) 側溝水路は原案の形状でダム設計洪水流量 $560\text{ m}^3/\text{sec}$ を流下可能である。したがって、側溝水路部の規模、敷高および勾配については計画を満足しているといえるが、トランジション区間の施工あるいは縮小断面でのセキ上げ効果が期待できない流量以下での流れが射流となり、導流部以後に悪影響を及ぼしているので改善の余地があると考ええる。

4) 湾曲部およびシュート部の側壁高は原案の高さで問題がなく、ダム設計洪水流量 $560\text{ m}^3/\text{sec}$ を流下可能であるが、湾曲部に生じる偏流の影響によりシュート部での流れが均等流にならず衝撃波の発生の原因となっている。また、シュート部の拡幅形状は流れの剥離もなく、流れもスムーズに拡幅されているので原案でよい。

5) 減勢工は原案の規模と形状で、放流量が $355\text{ m}^3/\text{sec}$ までは十分減勢効果を期待できるが、ダム設計洪水流量 $560\text{ m}^3/\text{sec}$ に対しては水位変動が激しく、計画導流壁高 E.L. 30.0m を越波する。

6) 減勢工下流河道は計画最大放流量が $100\text{ m}^3/\text{sec}$ 程度では下流端水位の違いによる流況の変化はほとんどなく、流速もいずれのケースでも $5\text{ m}/\text{sec}$ 以下に収まっている。

放流量が $355 \text{ m}^3/\text{sec}$ および $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ のケースでは下流端水位の違いによる流況の変化が大きくなり、流速値も $10 \text{ m}/\text{sec}$ 程度となることから河床洗掘が予想される。

また、両ケースとも減勢工直下の左岸側は死水域となり渦流が発達するので転石や砂礫のローリングによる洗掘が心配される。

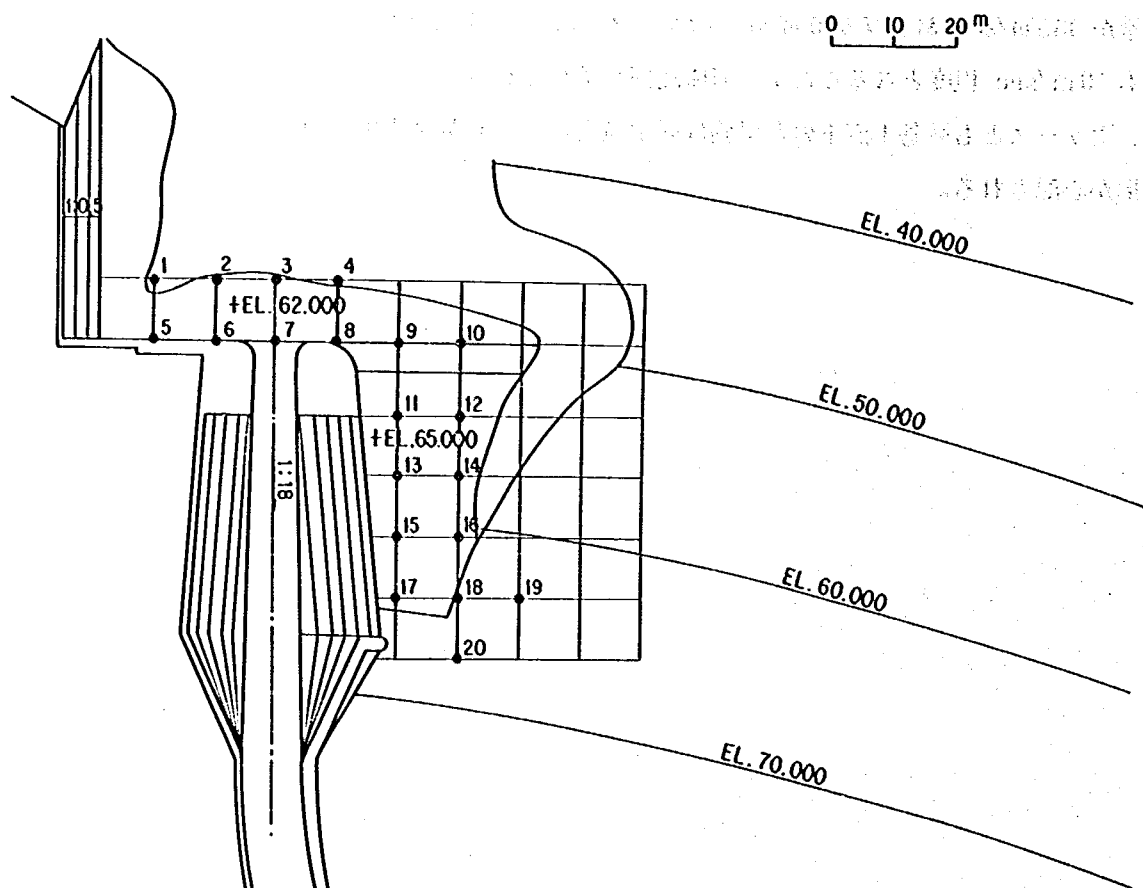


図-12 洪水吐き前庭部流速測定位置図

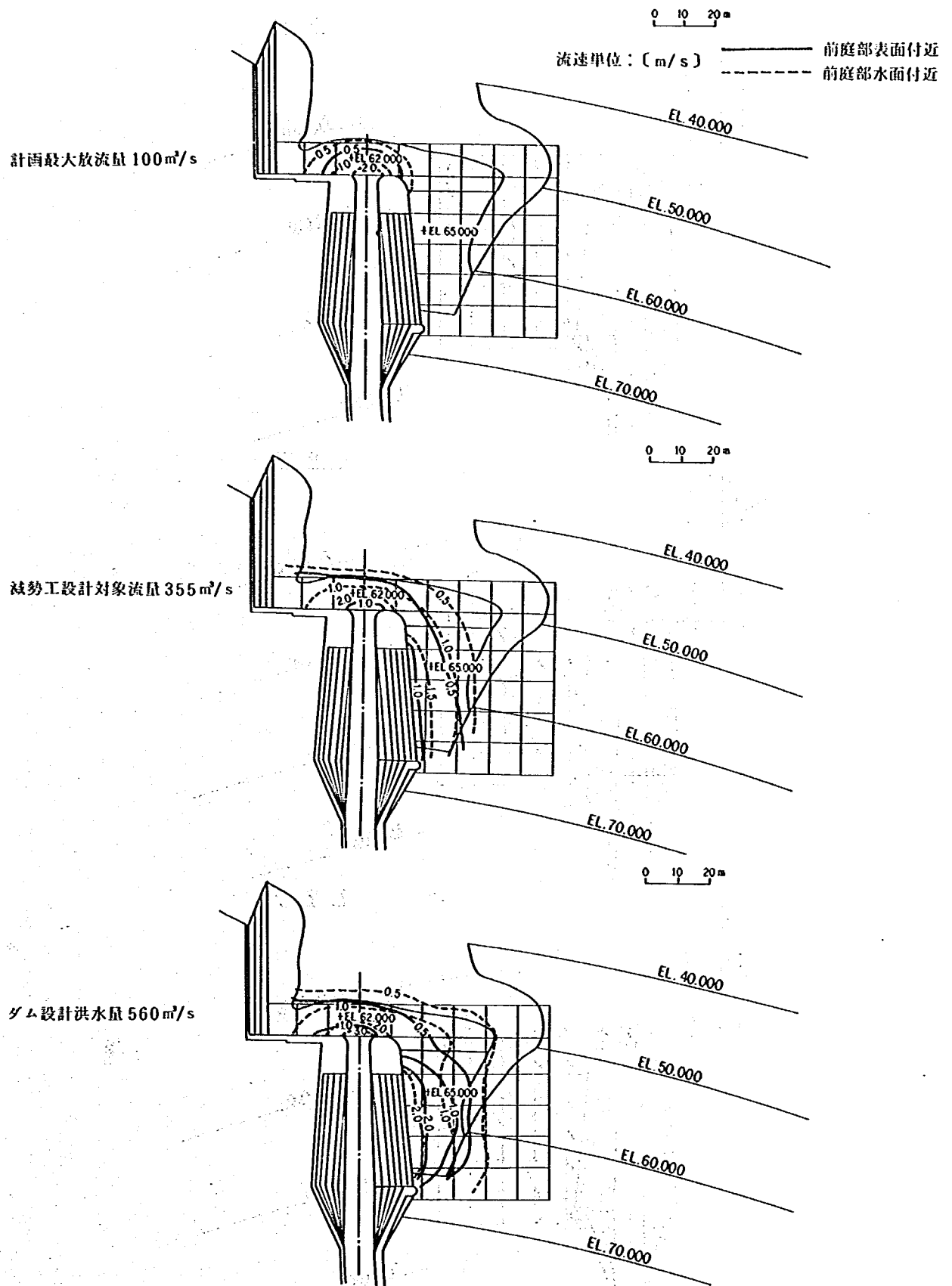


図-13a 前庭部の流速分布図

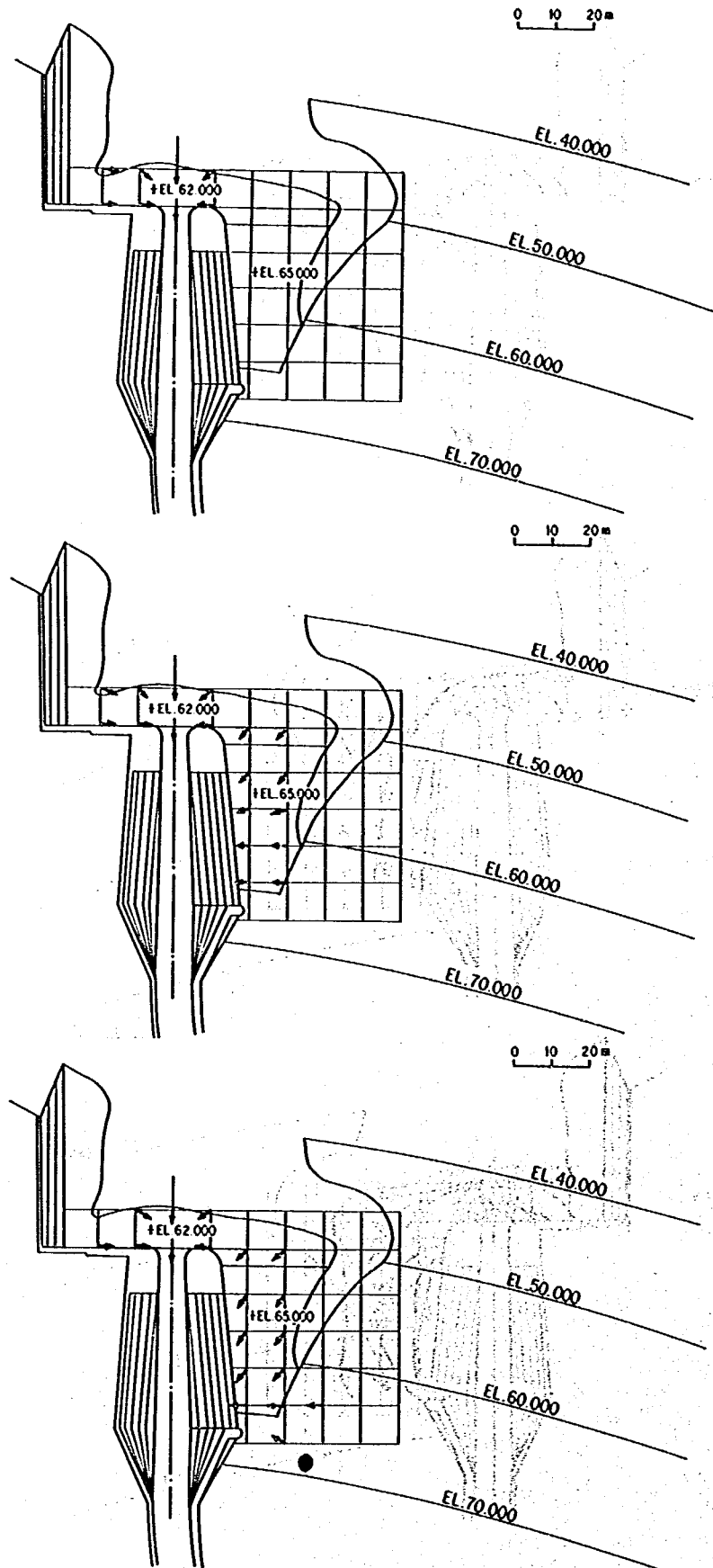


図-13b 前庭部の流向

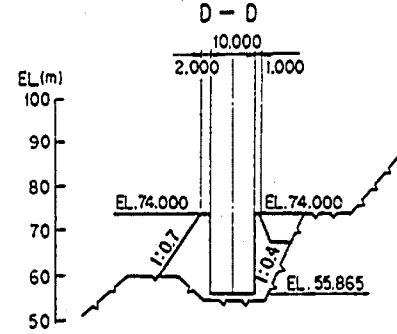
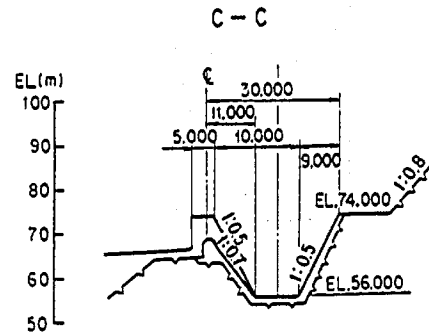
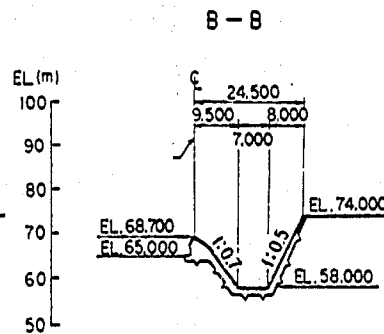
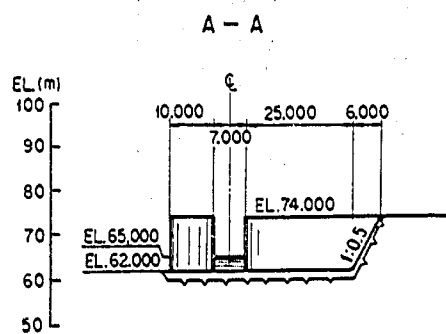
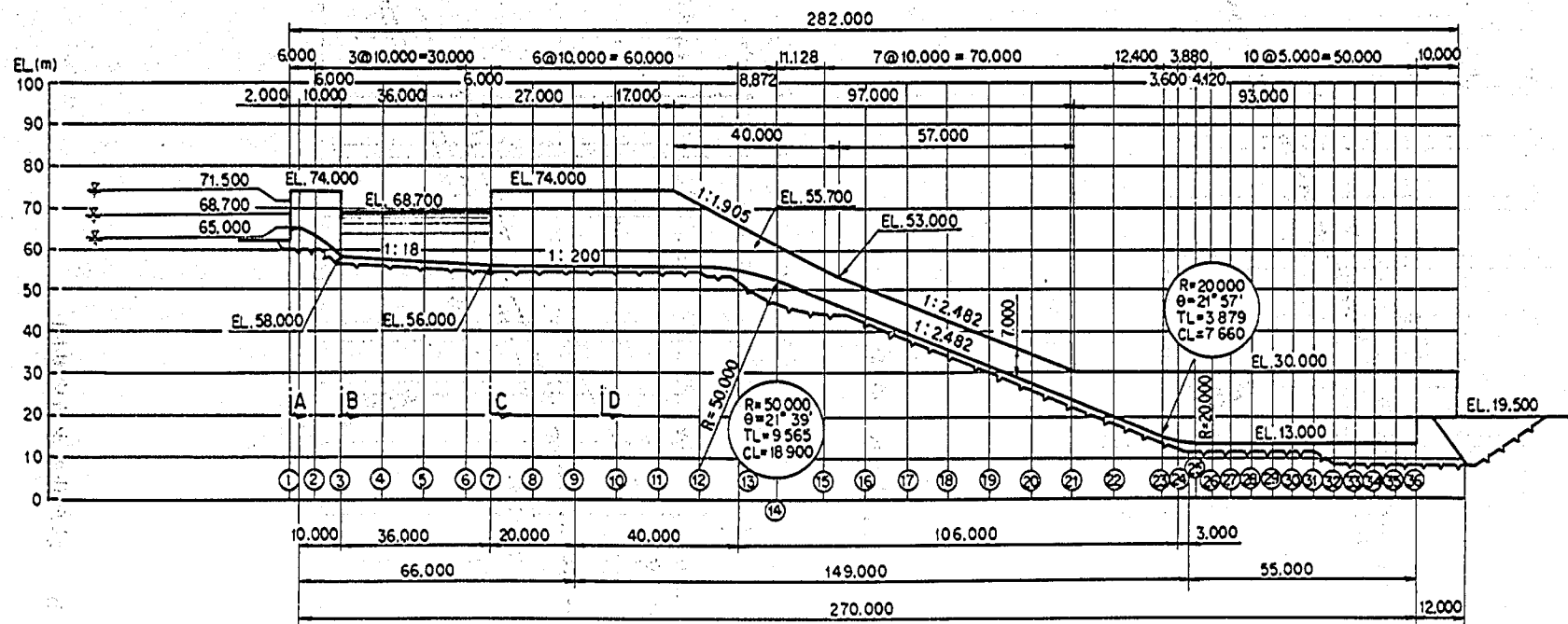
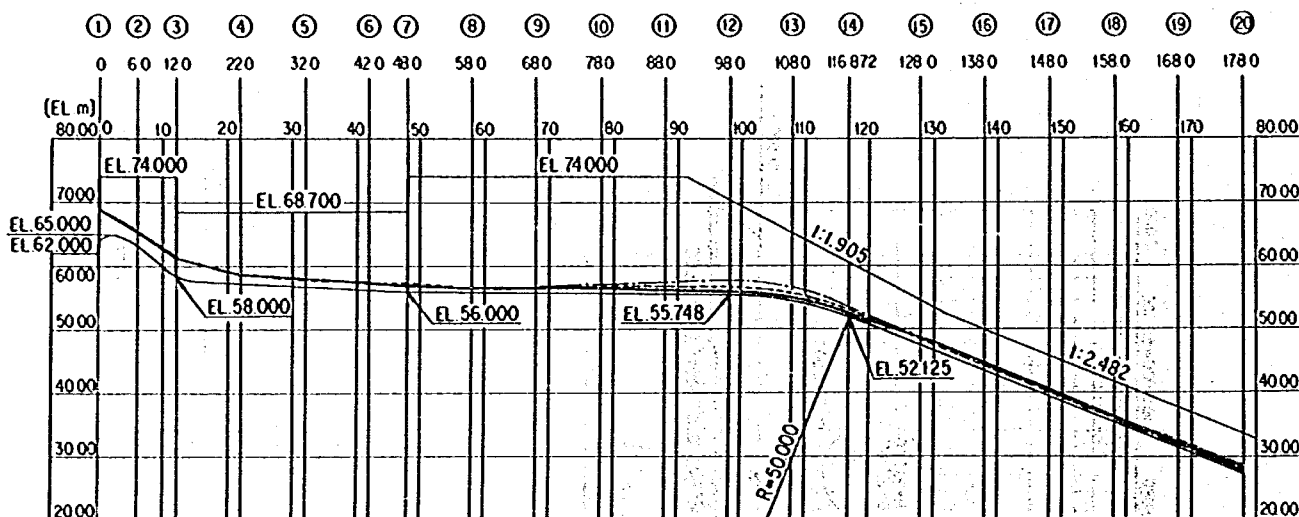


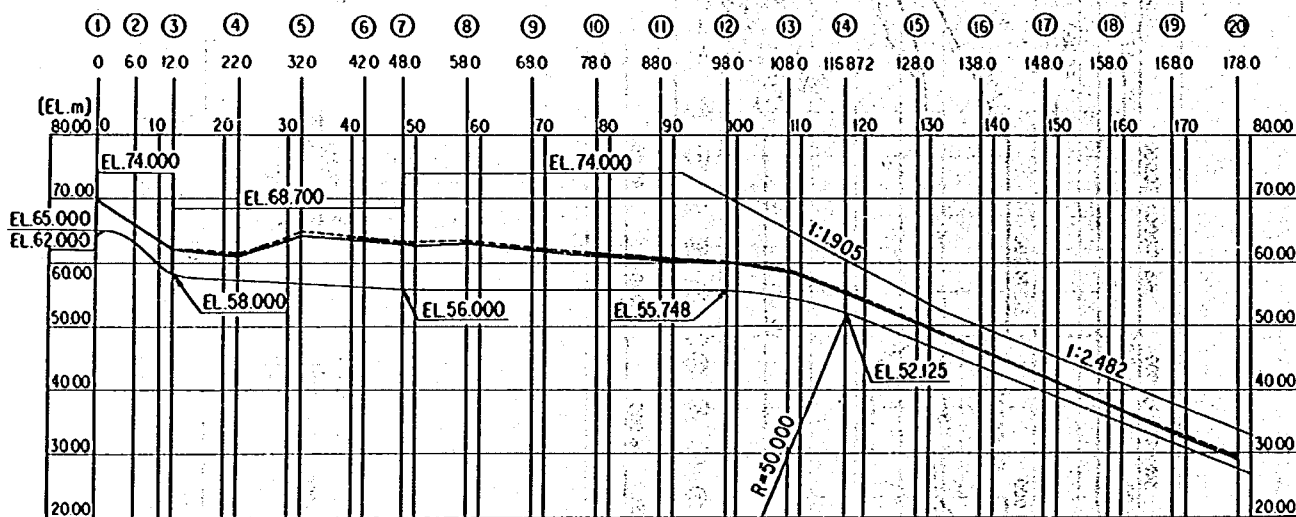
图-14 水位测定位置图



凡例

放流量	$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位	WL 68.71m
——	左岸
-----	中央
.....	右岸
— — — — —	平均水位

図 - 15 a 洪水吐き水位縦断面図



凡例

放流量	$Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位	WL 70.42m
測線	右岸側壁沿
-----	最大水位
——	平均水位

図 - 15 b 洪水吐き水位縦断面図

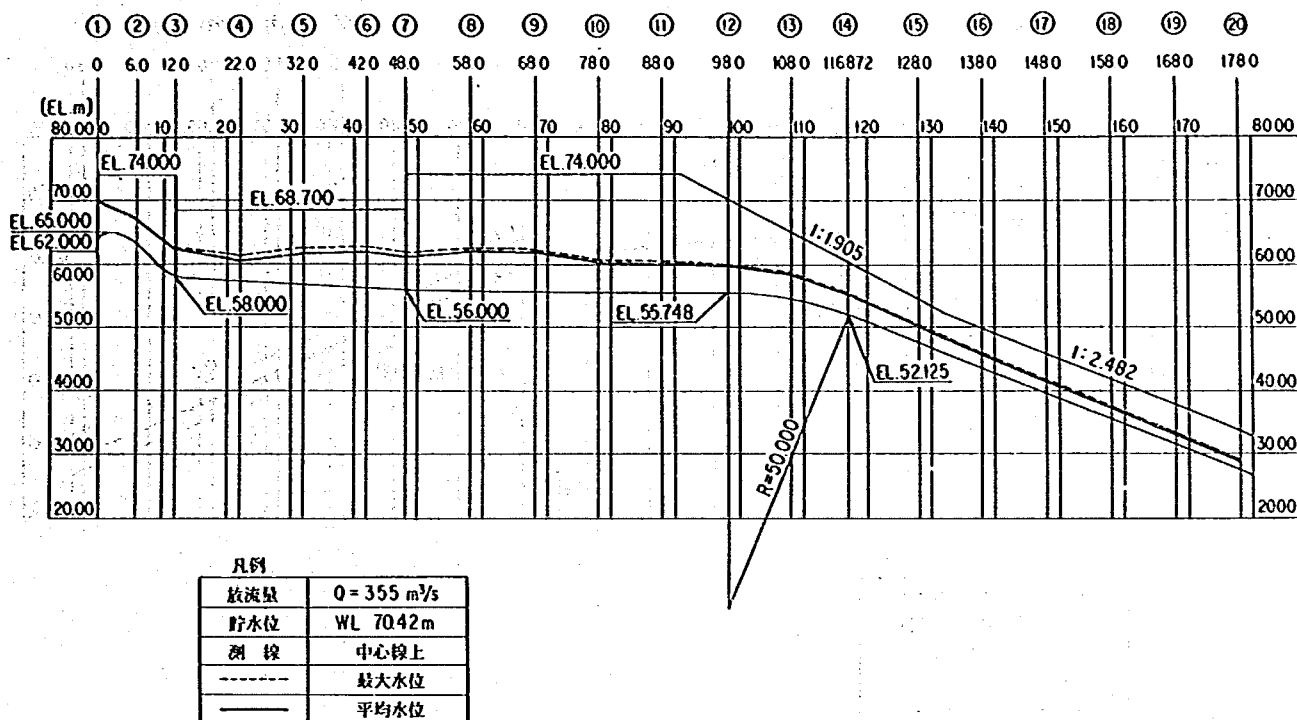


図 - 15 c 洪水吐き水位縦断面図

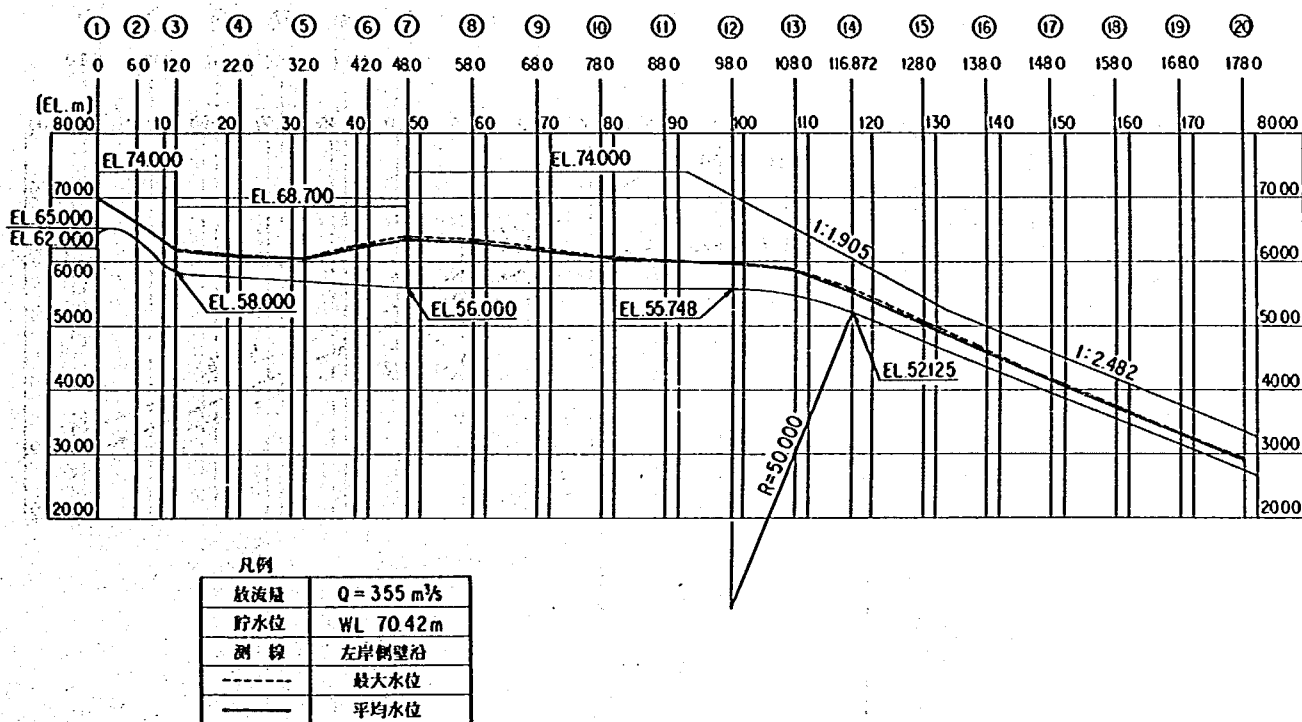


図 - 15 d 洪水吐き水位縦断面図

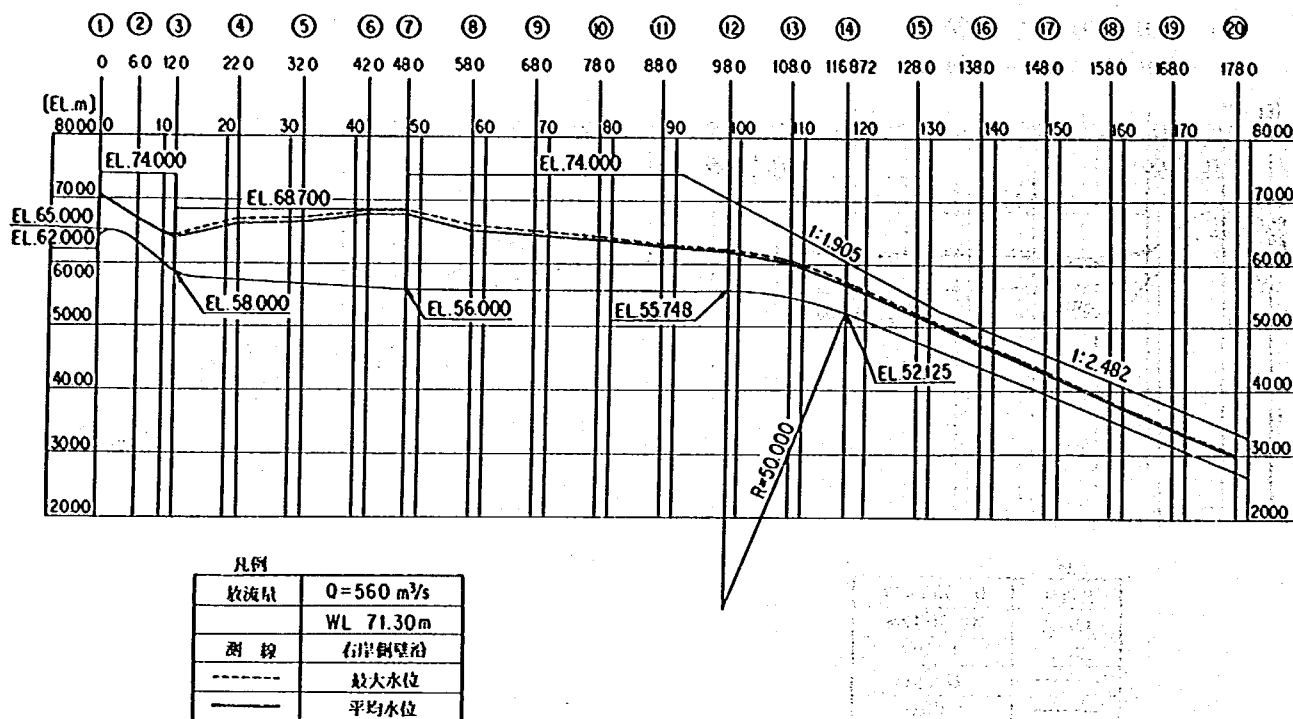


图-15e 洪水吐き水位縦断面図

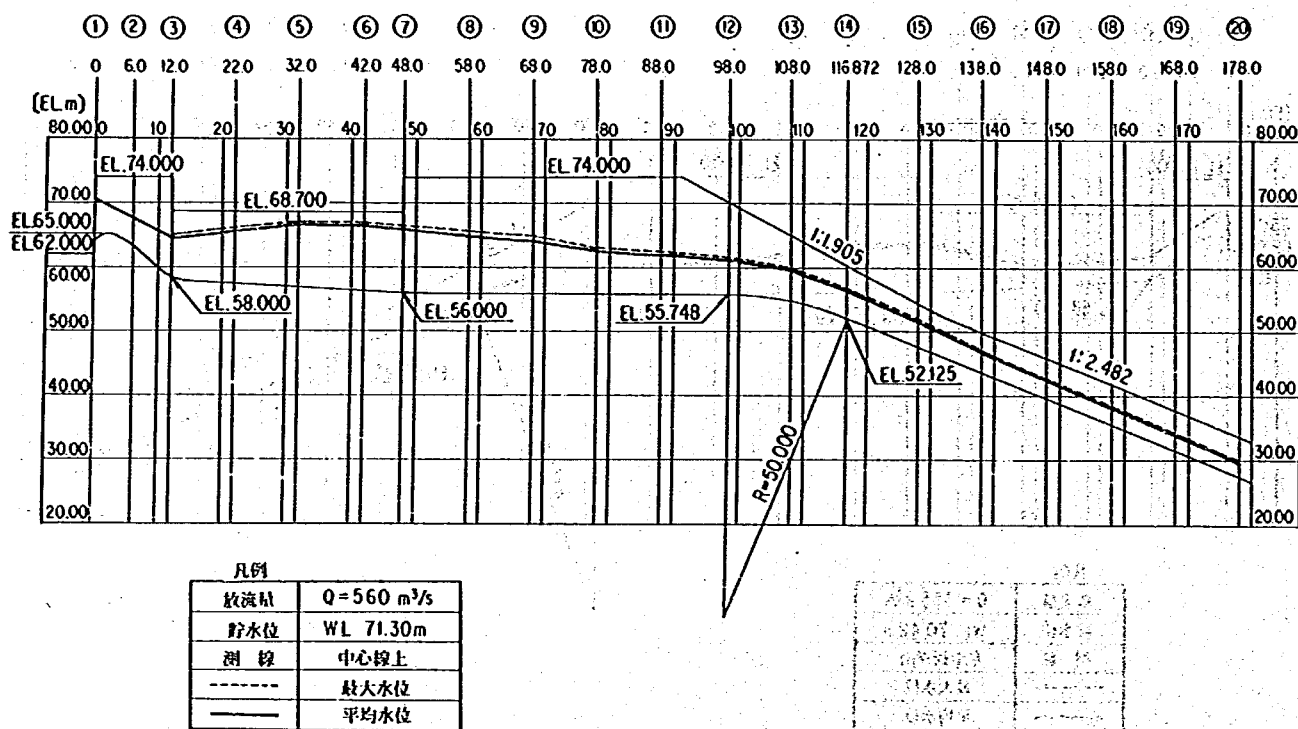


图-15f 洪水吐き水位縦断面図

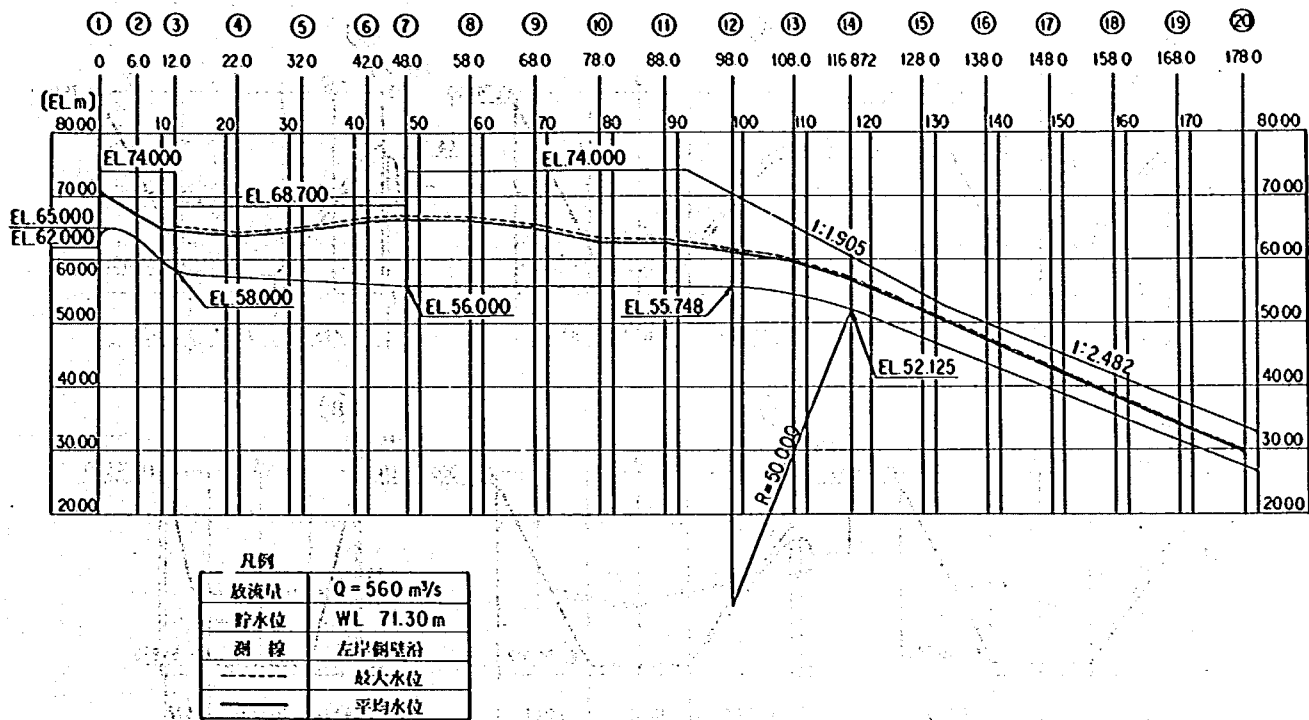
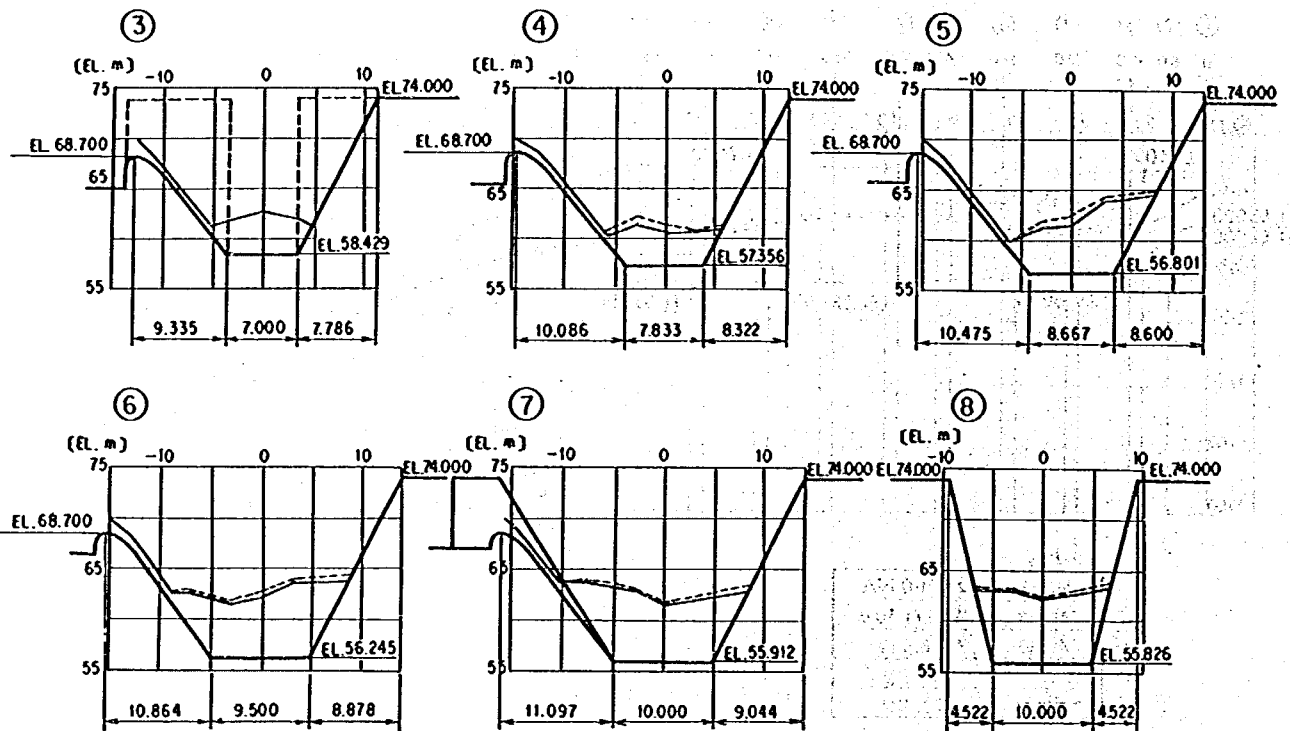
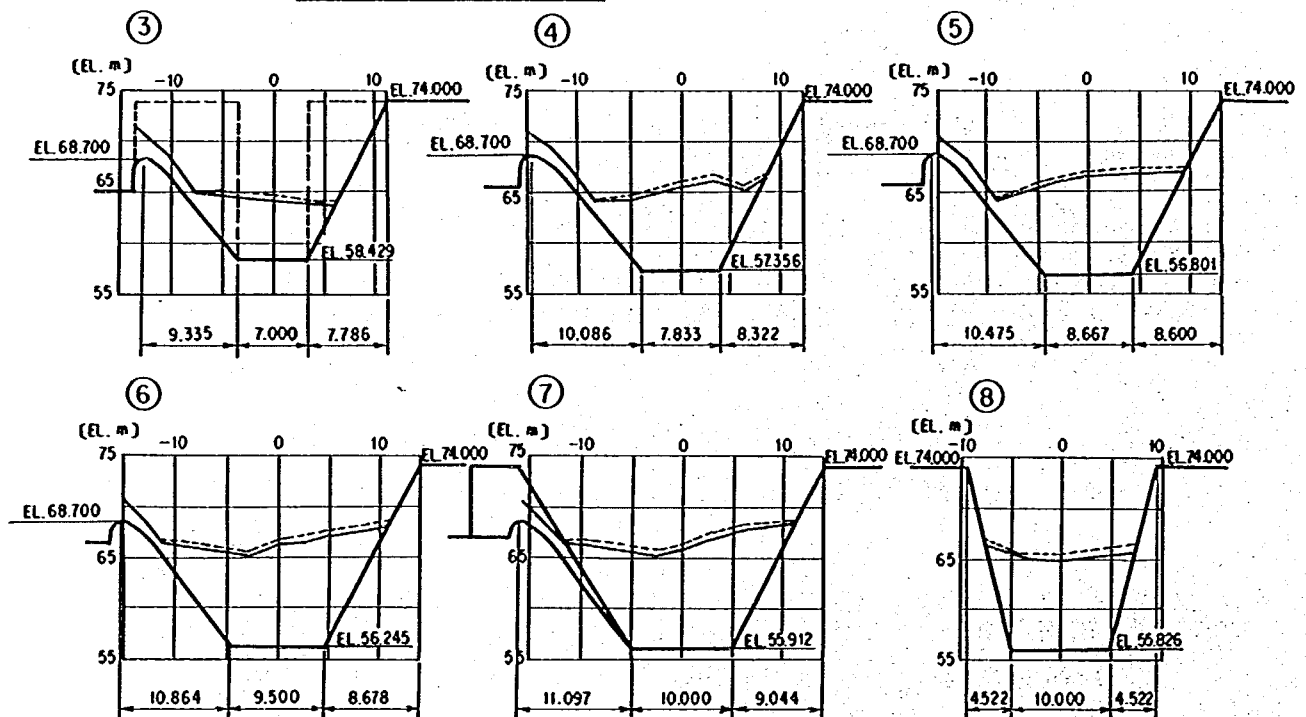


図-15 g 洪水吐き水位縦断面図



凡例

放流量	$Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位	WL. 70.42m
-----	最高水位
—————	平均水位



凡例

放流量	$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位	WL. 71.30m
-----	最高水位
—————	平均水位

図-16 側溝水路内の横断水面形

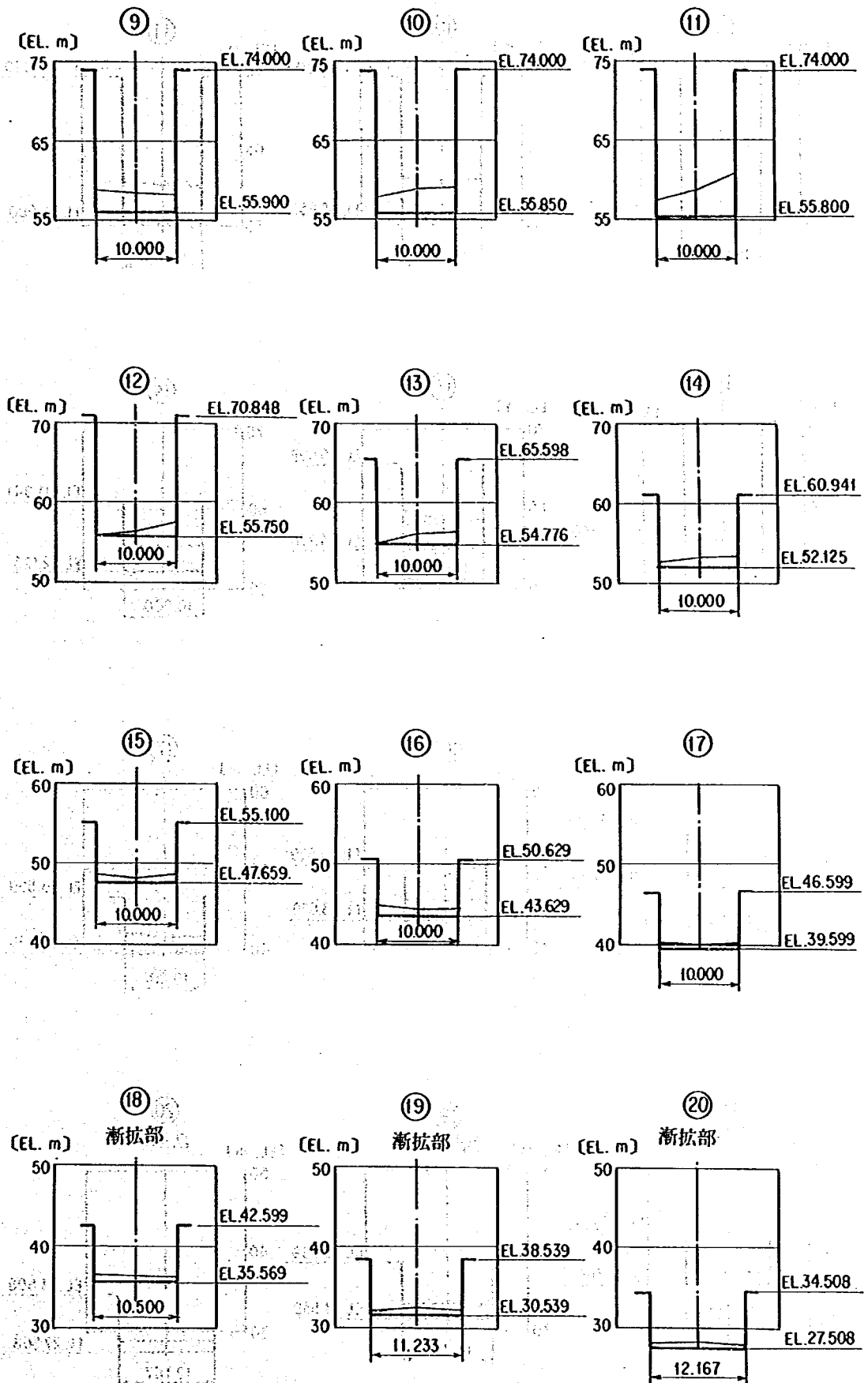


図-17 a 湾曲部及びシュート部の横断水面形 ($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

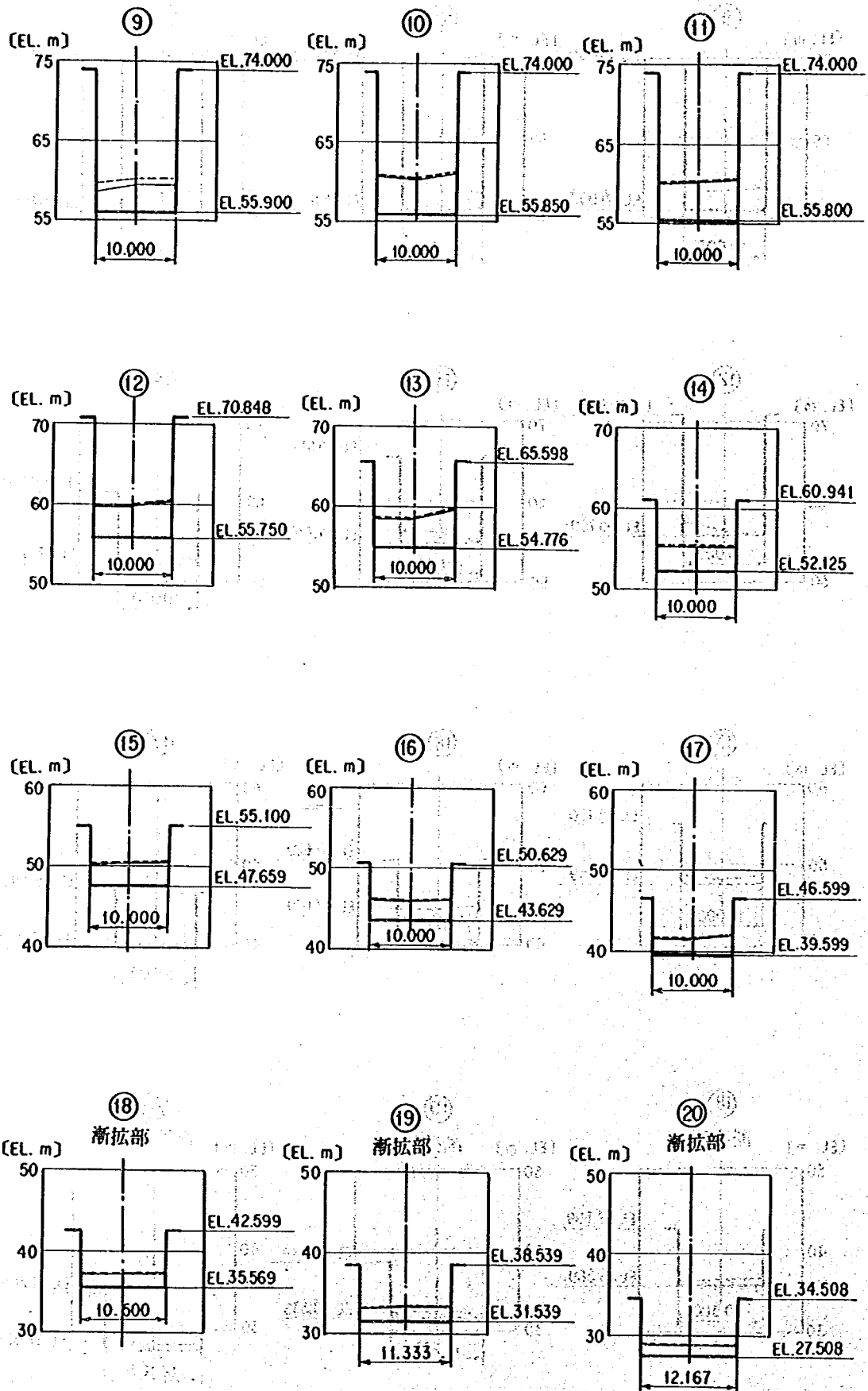


図-17b 湾曲部及びシュート部の横断水面形 ($Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$)

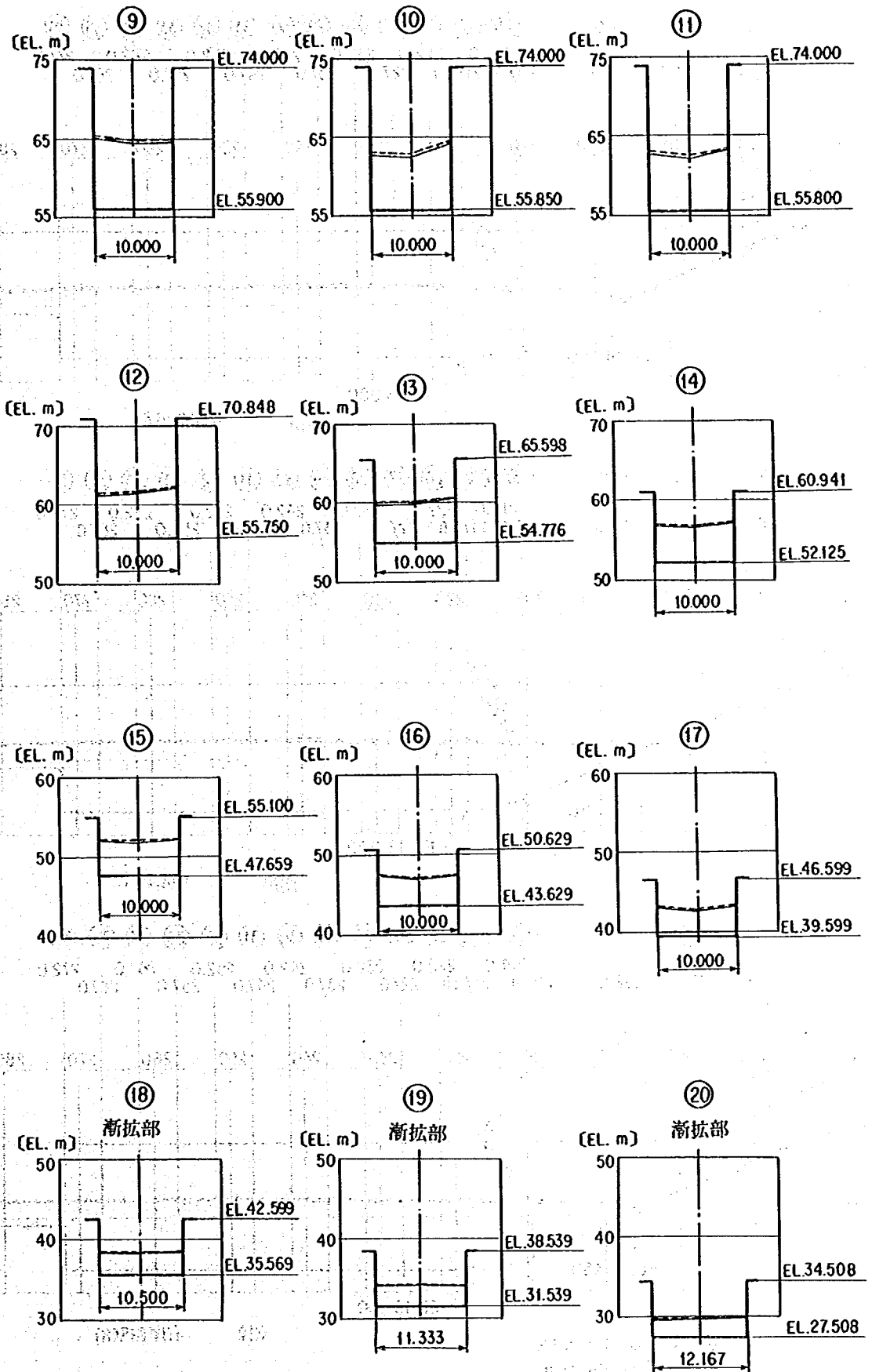
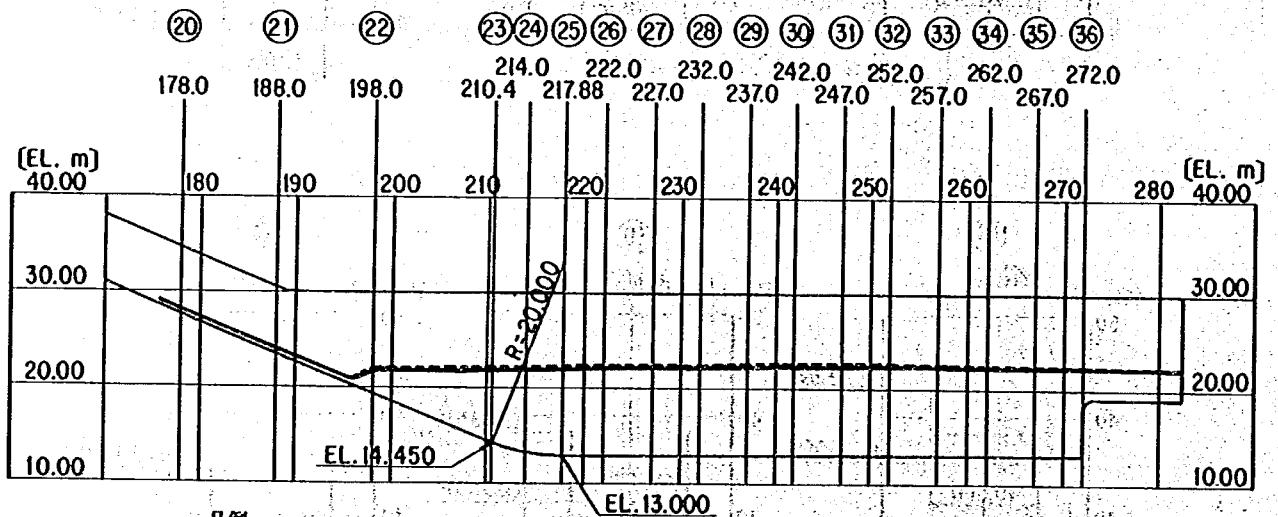
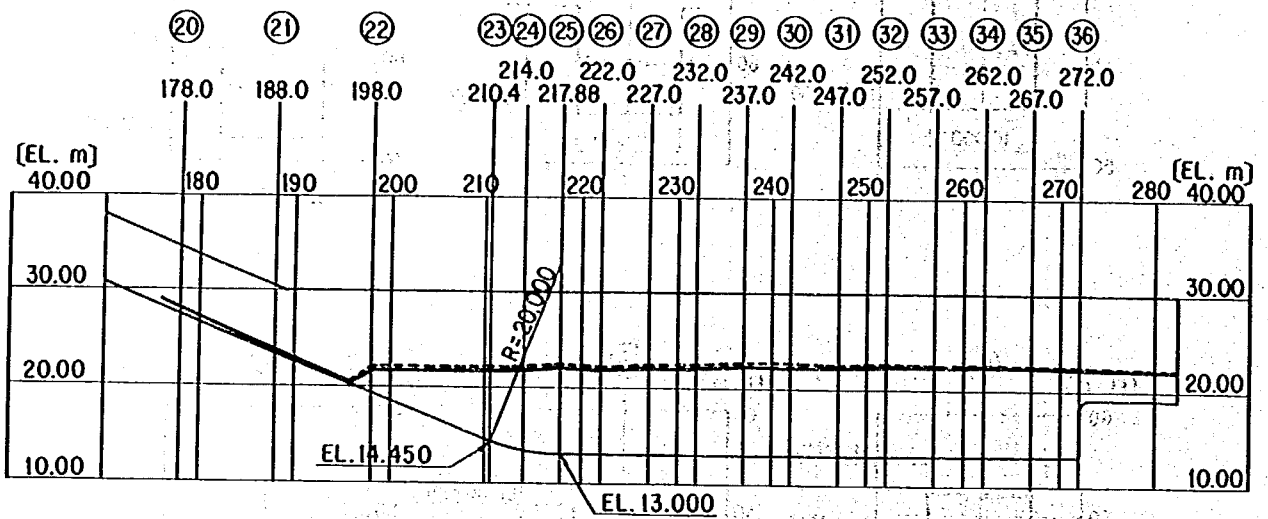
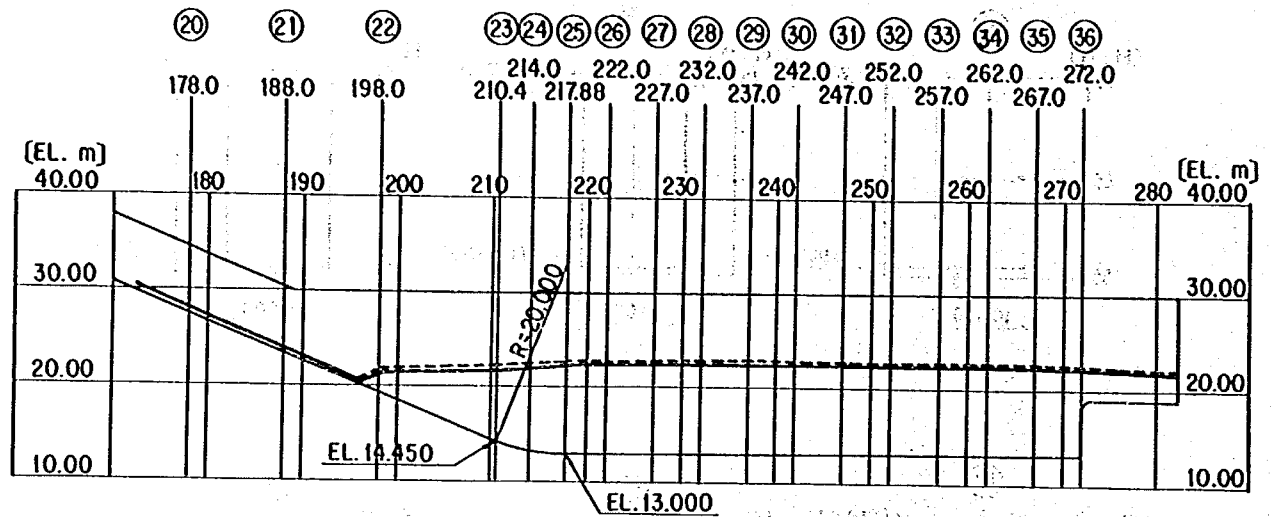


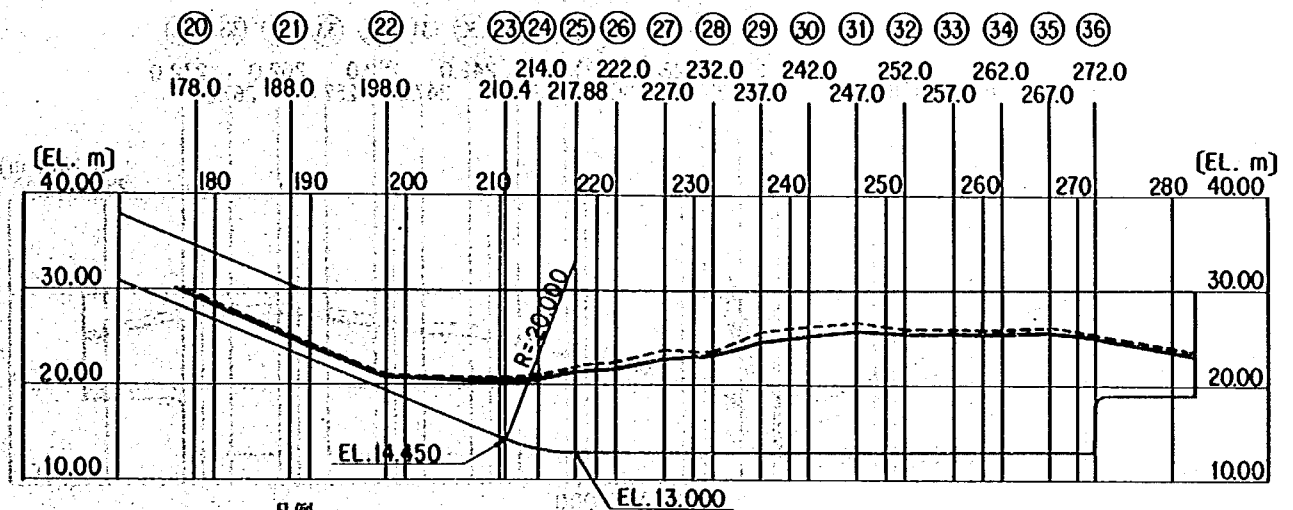
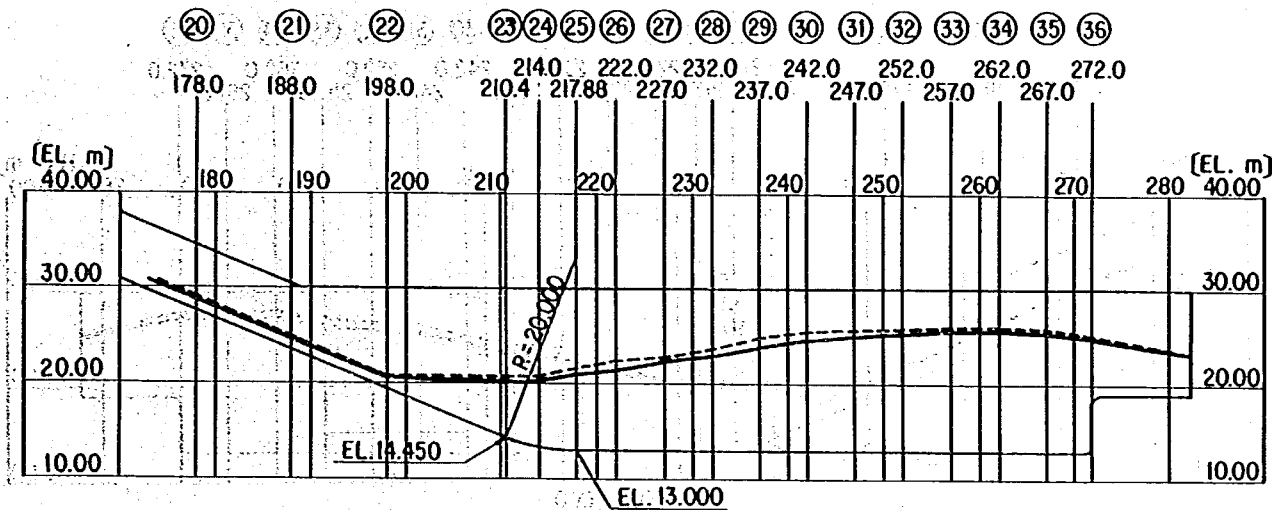
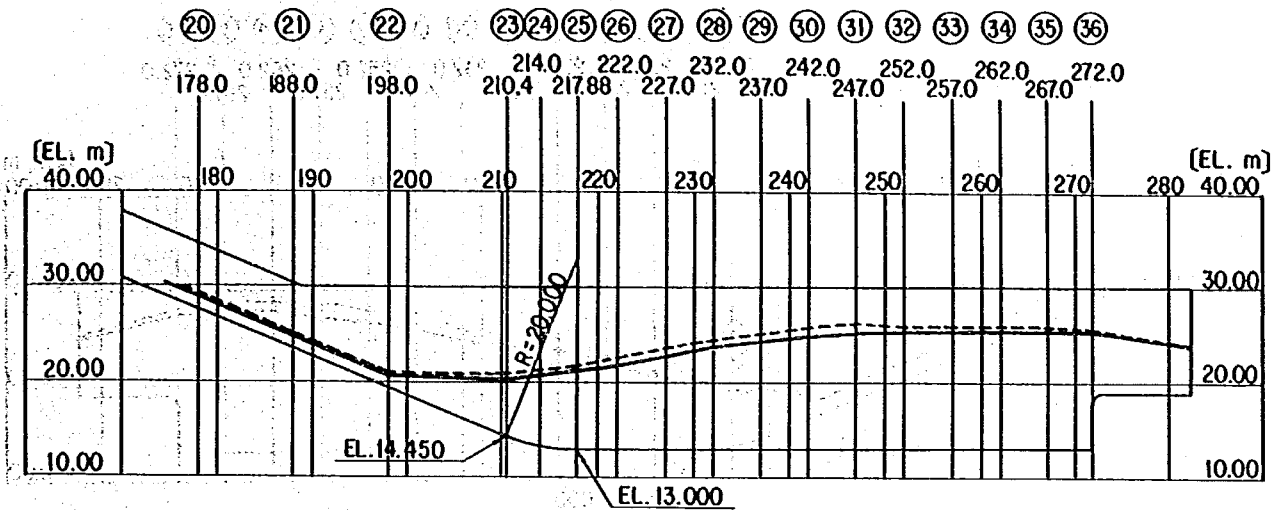
図-17c 湾曲部及びシュート部の横断水面形 ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)



凡例

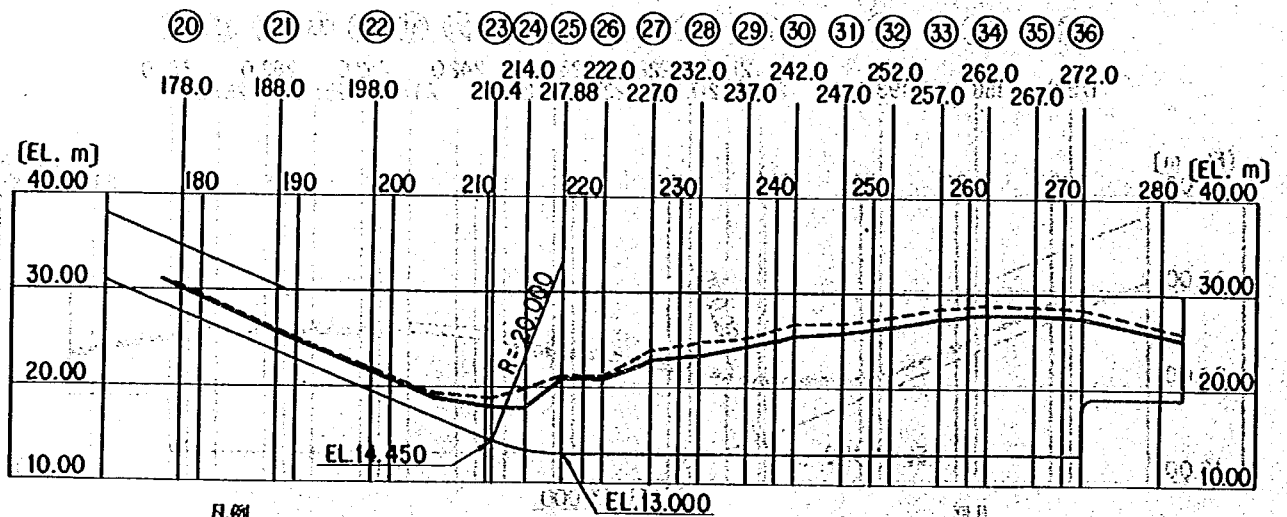
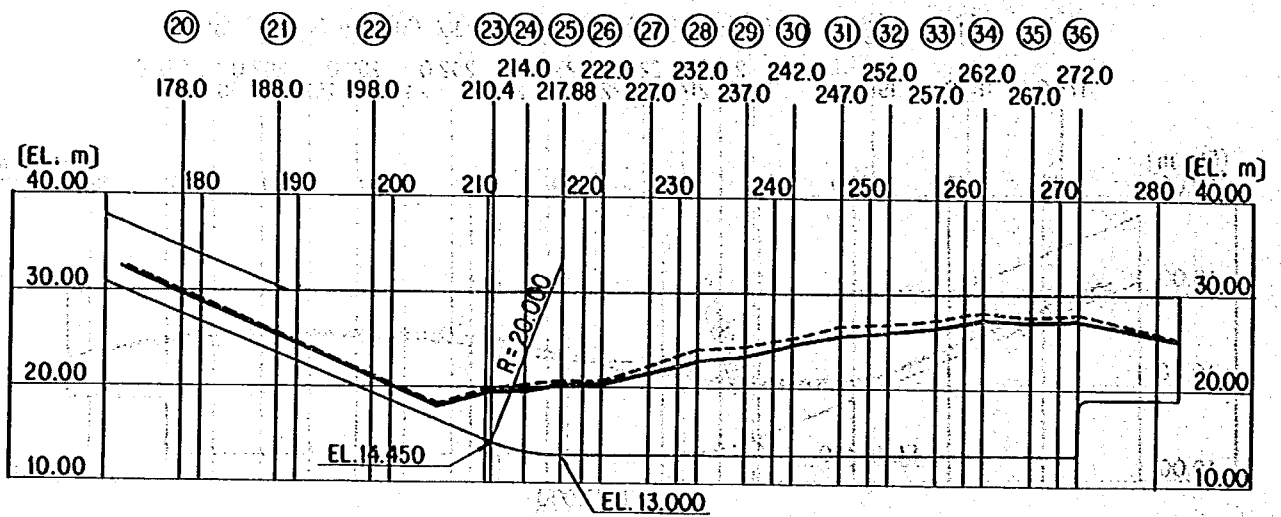
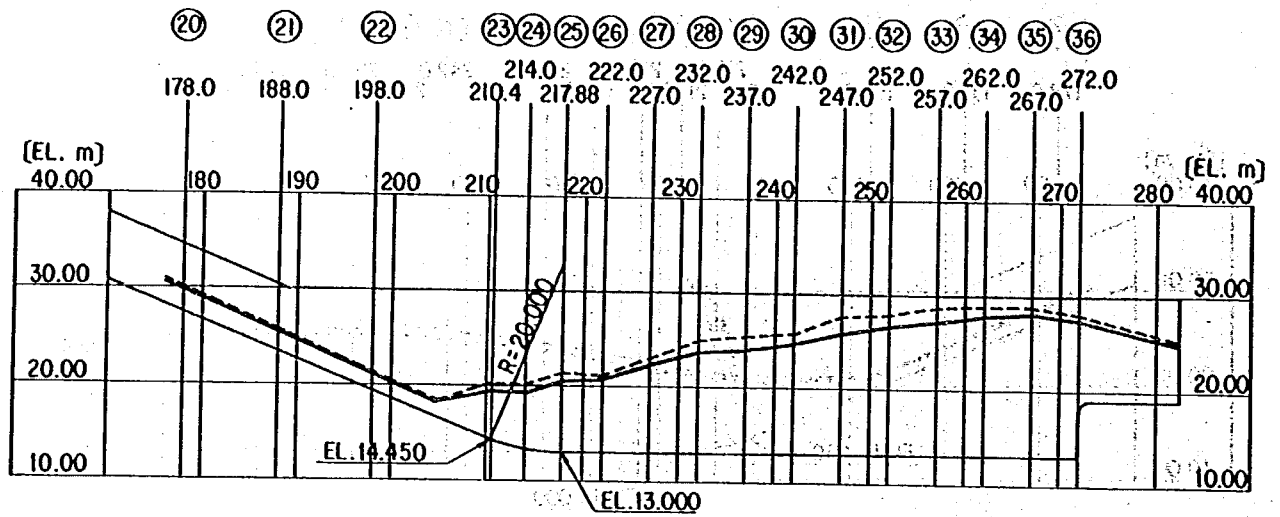
放流量 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$
 貯水位 WL. 68.71 m
 - - - 最高水位
 ——— 平均水位

図-18a 減勢工の水位縦断面図



凡例
 放流量 $Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$
 貯水位 WL. 70.42 m
 - - - 最高水位
 — 平均水位

図-18b 減勢工の水位縦断面図



凡例

放流量 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$
 貯水位 WL. 71.30 m
 - - - 最高水位
 ——— 平均水位

測線

右岸側壁沿

図-18c 減勢工の水位縦断面図

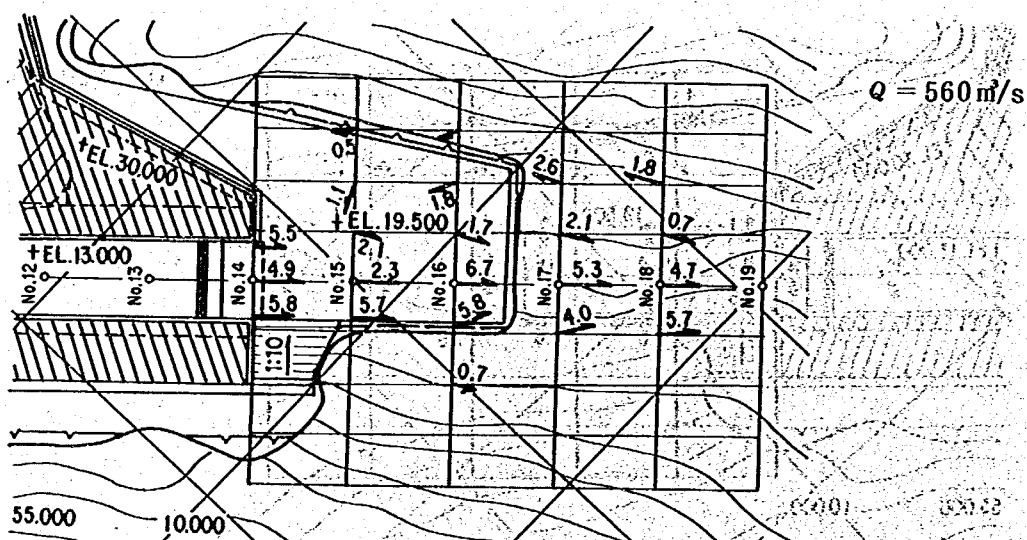
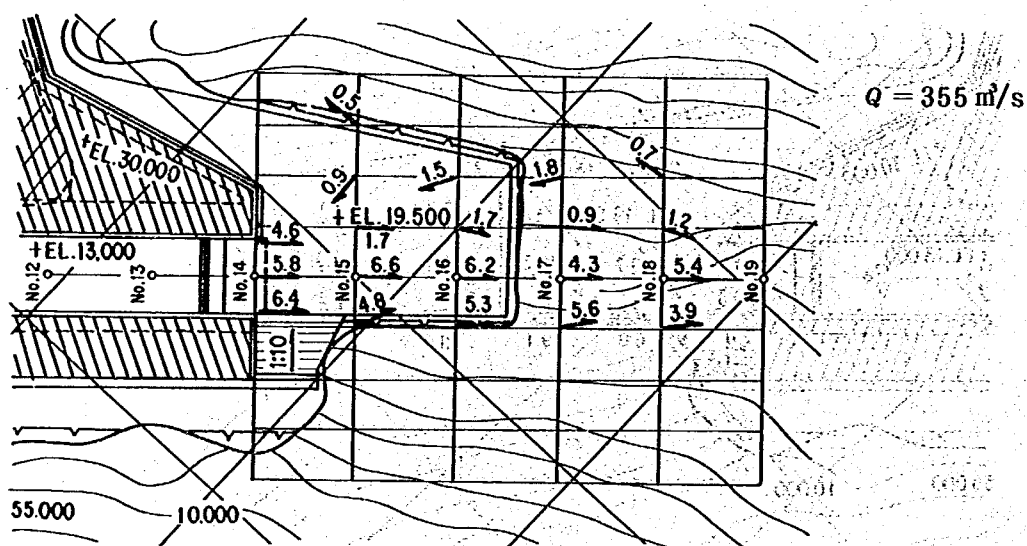
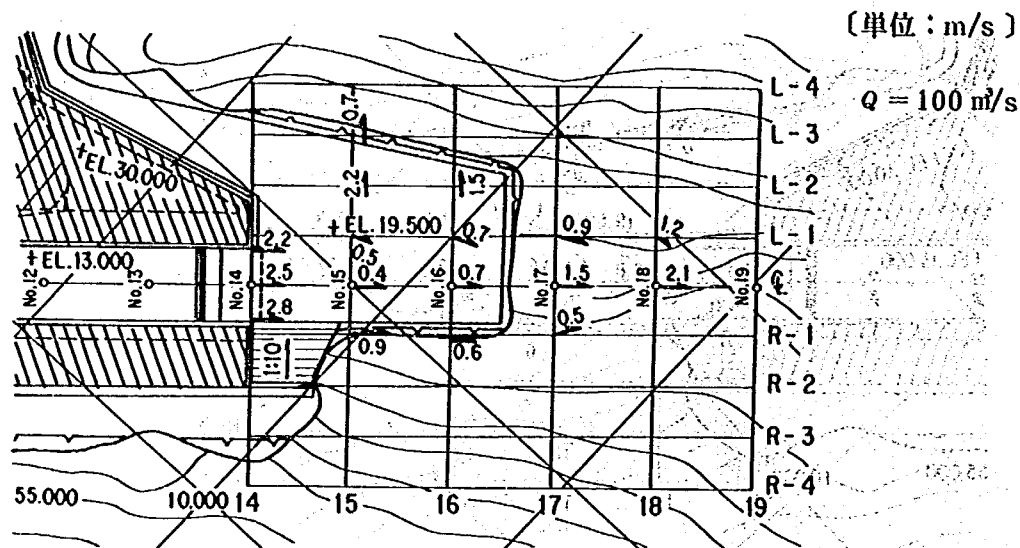
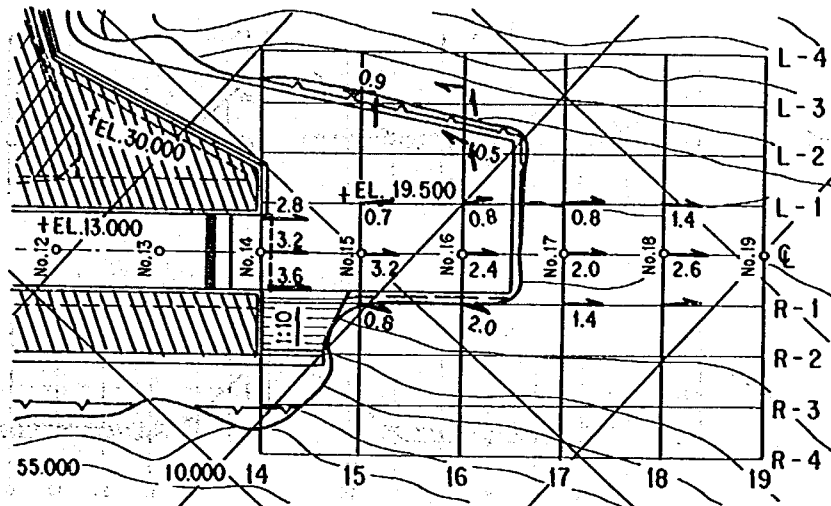


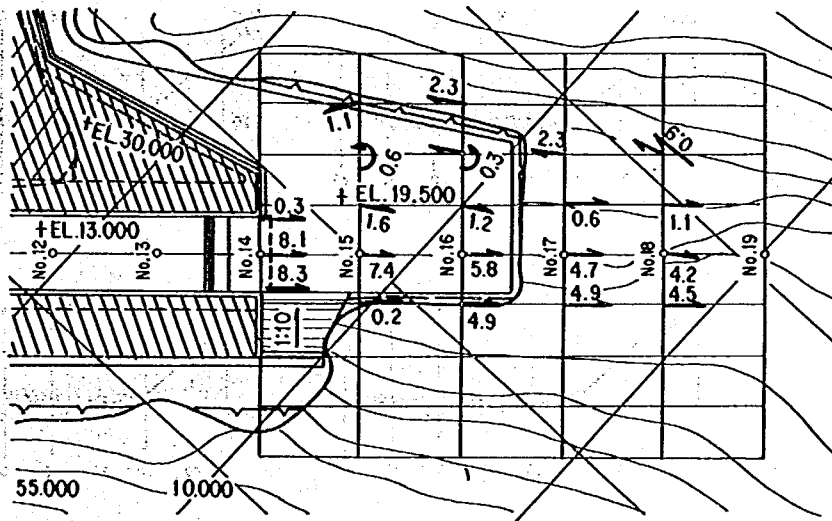
図-19b 下流河道の流向および流速分布図 ($n = 0.04$)

(単位 : m/s)

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$



$Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$



$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

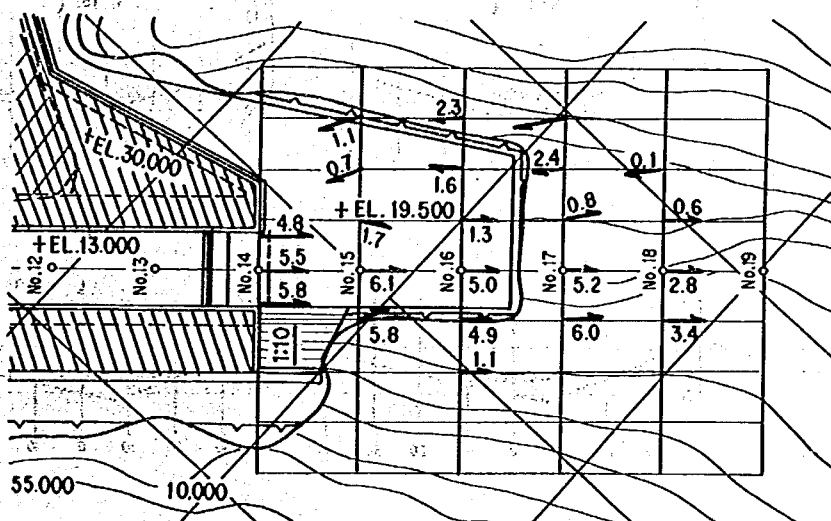


図 - 19 c 下流河道の流向および流速分布図 ($n = 0.05$)

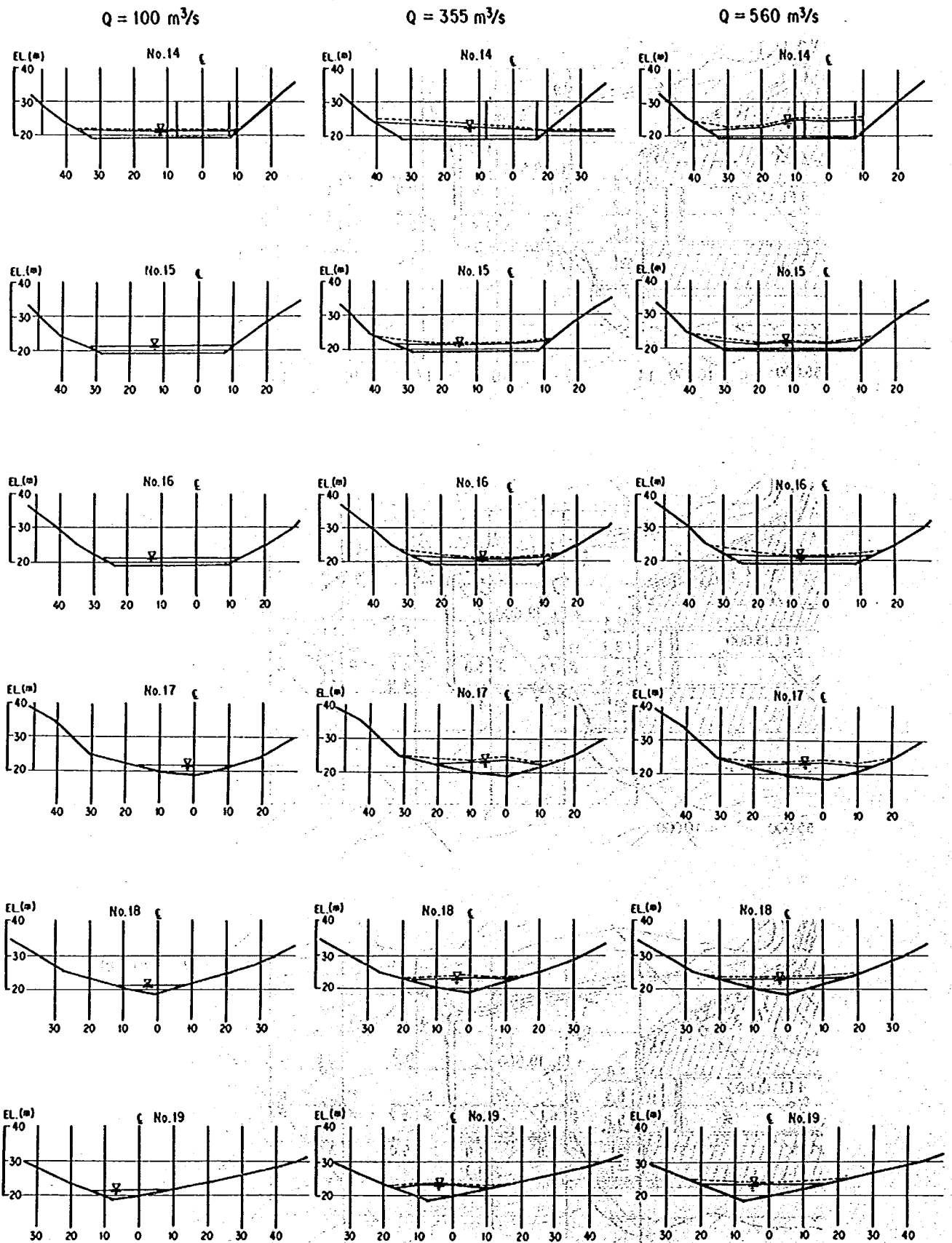


図-20 a 下流河道の横断水面形 ($n = 0.03$)

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

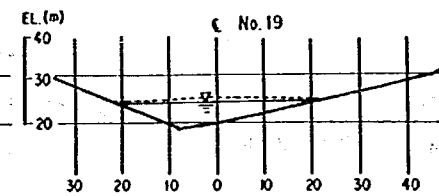
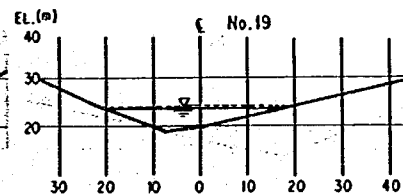
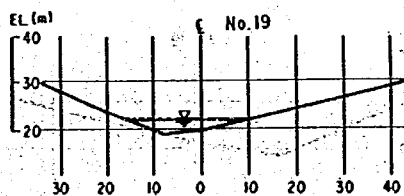
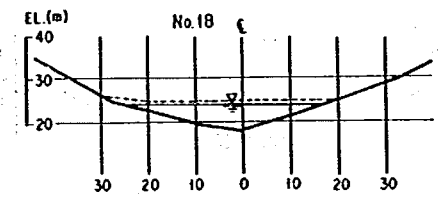
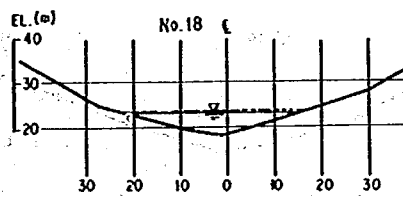
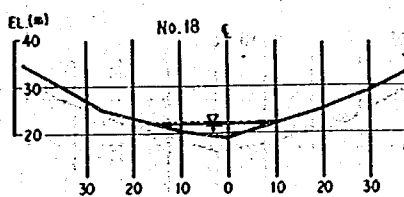
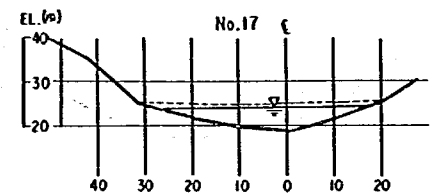
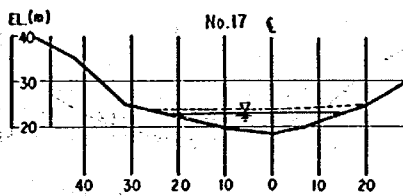
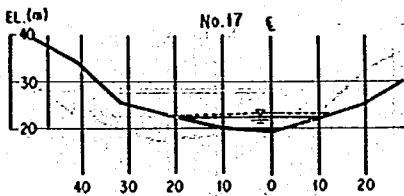
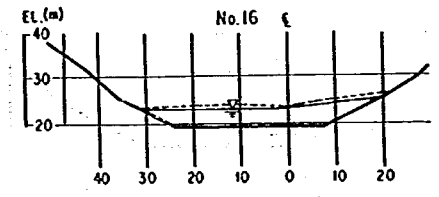
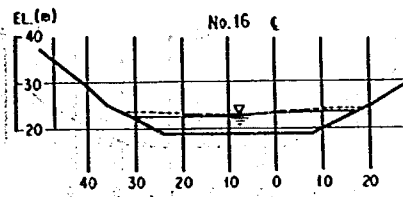
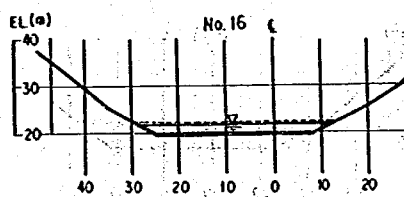
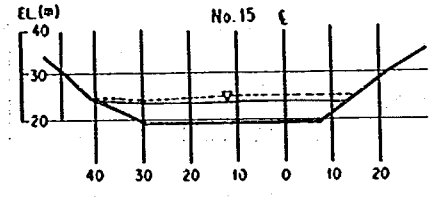
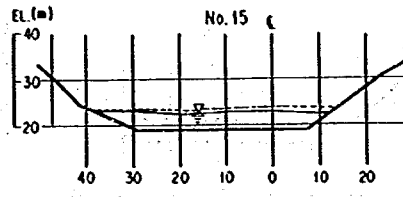
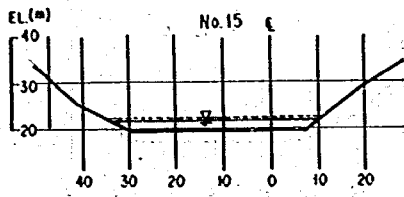
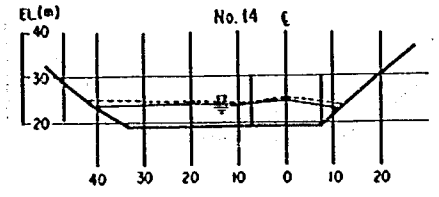
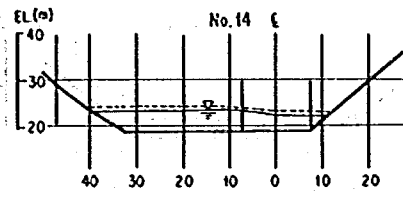
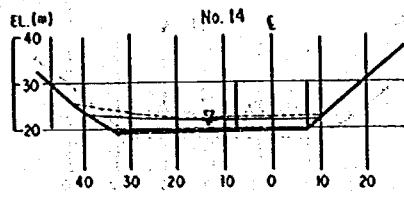


図 20 b 下流河道の横断水面形 ($n = 0.04$)

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

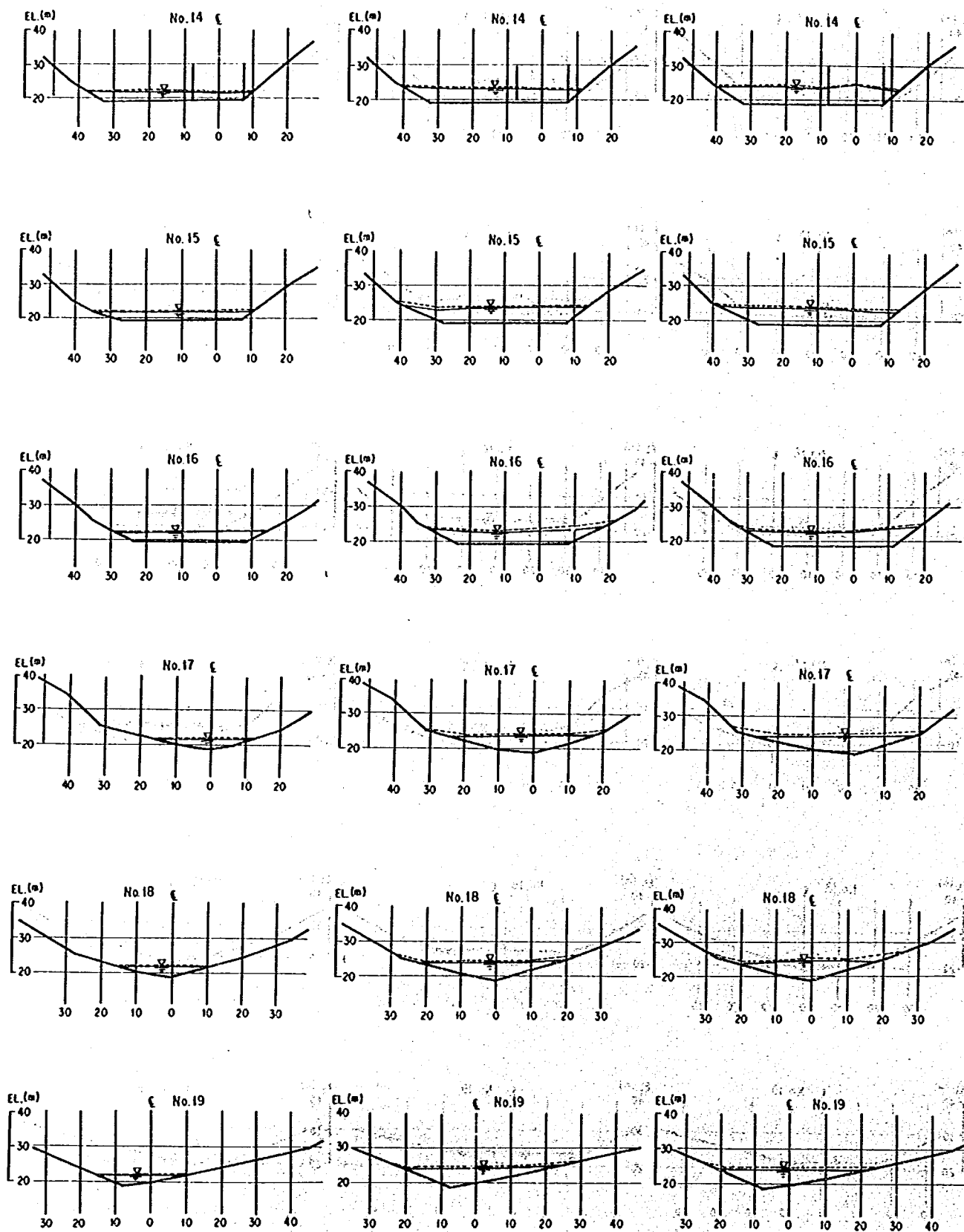
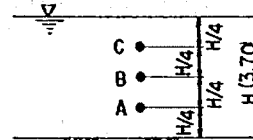


図-20c 下流河道の横断水面形 ($n = 0.05$)

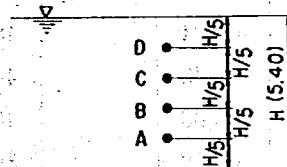
表-4 a 前庭部の流速
測定結果
($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)



(単位: m/s)

位置 測点	A	B	C
1	0.35	0.35	1.60
2	0.38	0.40	0.67
3	0.47	0.51	0.51
4	0.36	0.36	2.05
5	0.35	0.35	2.24
6	0.44	0.43	1.10
7	0.42	2.39	2.01
8	0.50	0.51	0.52
9	0.35	0.35	1.19
10			
11	0.35		1.55

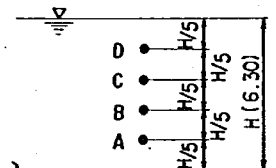
表-4 b 前庭部の流速
測定結果
($Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$)



(単位: m/s)

位置 測点	A	B	C	D
1	0.42	0.39	0.45	0.72
2	0.51	0.58	0.67	0.74
3	0.76	0.68	0.68	0.67
4	0.45	0.52	0.41	0.47
5	0.37	0.37	0.41	0.78
6	0.68	0.74	0.71	0.74
7	0.55	3.37	2.70	2.68
8	0.42	0.35	0.35	2.10
9	0.37	0.38	0.39	0.99
10	0.38	0.37	0.42	0.71
11	0.69	0.75		0.76
12	0.42	0.42		0.70
13	0.50	0.89		0.94
14	0.56	0.56		0.51
15	0.39	1.07		1.19
16	0.55	0.60		0.72
17	0.78			1.34
18	0.63			0.61
19				
20				

表-4 c 前庭部の流速
測定結果
($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)



(単位: m/s)

位置 測点	A	B	C	D
1	0.48	0.43	0.56	0.83
2	0.57	0.51	0.85	0.89
3	0.49	0.93	0.89	0.86
4	0.38	0.38	0.42	0.61
5	0.36	0.38	0.38	0.60
6	1.00	0.97	0.87	0.87
7	1.00	4.05	3.61	3.19
8	0.36	0.35	0.36	0.98
9	0.37	0.36	0.35	1.55
10	0.38	0.35	0.35	0.86
11	1.14	1.28		1.05
12	0.63	0.65		0.61
13	0.91	1.54		1.66
14	0.90	0.79		0.81
15	0.74	2.41		1.95
16	0.95	1.01		1.03
17	1.40			2.02
18	0.90			0.86
19	0.36			0.47
20				0.65

表-5 a 側溝水路。導流部。シュート部及び減勢工の水位測定結果

($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.04$)

単位 (EL.m)

番号	L 2		L 1		C 0		R 1		R 2	
	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均
1				68.78		68.78		68.78		
2				65.13		65.13		65.09		
3				60.81		60.97		60.85		
4				58.75		58.72		58.78		
5				58.22		58.00		58.06		
6				57.38		57.44		57.35		
7				56.84		57.06		56.81		
8				56.81		56.50		56.69		
9				56.81		56.59		56.78		
10				56.41		56.81		56.88		
11				56.13		56.78		57.63		
12				55.91		56.57		57.82		
13				54.93		56.05		56.49		
14				52.54		53.20		53.38		
15				48.87		48.31		48.56		
16				44.78		44.25		44.40		
17				40.40		40.03		40.09		
18				36.25		36.12		36.03		
19				32.19		32.31		31.88		
20				28.10		28.10		27.82		
21				23.98		24.10		23.79		
22			21.91	21.37	22.04	21.65	22.13	21.65		
23			22.23	21.79	22.17	21.78	22.17	21.76		
24			22.46	21.98	22.09	21.79	22.15	21.78		
25			22.59	22.25	22.34	22.06	22.41	22.06		
26			22.56	22.16	22.28	22.02	22.16	21.92		
27			22.84	22.47	22.31	22.06	22.66	22.16		
28			22.66	22.34	22.40	22.19	22.47	22.13		
29			22.88	22.42	22.56	22.28	22.59	22.20		
30			22.63	22.30	22.50	22.22	22.75	22.34		
31			22.53	22.41	22.59	22.36	22.44	22.27		
32			22.63	22.45	22.47	22.36	22.53	22.30		
33			22.63	22.48	22.47	22.30	22.44	22.34		
34			22.59	22.39	22.41	22.27	22.33	22.42		
35			22.53	22.36	22.38	22.29	22.50	22.30		
36			22.41	22.20	22.34	22.23	22.38	22.20		

表-5 b 側溝水路。導流部。シュート部及び減勢工の水位測定結果

($Q=355 \text{ m}^3/\text{s}$, $n=0.04$)

単位 (EL.m)

番 号	L 2		L 1		C 0		R 1		R 2	
	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大	平 均
1				69.91		69.88		69.91		
2				66.25		67.25		65.97		
3				61.66		62.53		61.97		
4	61.00	60.80	62.10	61.52	61.44	60.64	60.97	60.78	61.35	61.00
5	60.63	60.42	61.72	61.39	62.69	61.64	64.35	63.91	64.88	64.30
6	63.00	62.77	61.75	61.60	62.69	62.11	63.97	65.56	64.25	63.86
7	64.00	63.56	63.28	62.97	61.81	61.34	62.28	62.00	63.22	62.83
8	63.41	63.14	63.28	63.09	62.56	62.36	63.00	62.66	63.59	63.08
9			62.22	61.83	62.31	62.06	62.47	62.08		
10			60.84	60.56	60.56	60.38	61.34	61.16		
11			60.22	59.98	60.50	60.36	60.72	60.53		
12			59.94	59.75	59.88	59.74	60.44	60.18		
13			58.71	58.50	58.58	58.41	58.93	58.60		
14			55.54	55.32	55.48	55.29	55.66	55.45		
15			50.37	50.29	50.31	50.21	50.68	50.54		
16			46.15	46.03	45.81	45.75	46.25	46.12		
17			41.78	41.62	41.65	41.56	42.15	42.05		
18			37.31	37.19	37.25	37.22	37.44	37.31		
19			33.03	32.92	33.19	33.14	33.35	33.28		
20			29.04	28.91	28.94	28.88	29.22	29.13		
21			24.94	24.76	24.66	24.60	24.82	24.74		
22			20.79	20.65	20.66	20.54	20.82	20.73		
23			20.92	20.28	20.76	20.18	20.70	20.22		
24			21.28	20.59	20.81	20.18	21.15	20.51		
25			21.88	21.17	21.63	20.98	22.03	21.41		
26			22.75	21.60	22.47	21.45	22.47	21.61		
27			23.63	22.67	22.81	22.23	23.84	22.84		
28			24.53	23.75	23.63	22.97	23.56	23.02		
29			25.16	24.20	24.97	23.83	25.69	24.56		
30			25.81	24.89	25.56	24.56	26.25	25.14		
31			26.19	25.34	25.03	25.06	26.59	25.63		
32			25.94	25.34	25.88	25.34	26.03	25.44		
33			25.94	25.47	26.00	25.52	25.94	25.45		
34			25.97	25.42	25.94	25.58	25.94	25.45		
35			25.88	25.36	25.84	25.28	26.06	25.48		
36			25.53	25.25	25.06	24.88	25.41	25.03		

表-5 c 側溝水路。導流部。シュート部及び減勢工の水位測定結果

($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.04$)

単位 (EL. m)

番号	L 2		L 1		C 0		R 1		R 2	
	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均
1				70.78		70.69		70.63		
2				66.94		67.53		66.91		
3			65.31	64.86	64.81	64.45	64.19	64.06		
4	64.25	63.83	65.35	64.95	66.19	65.66	66.75	66.16	65.97	65.31
5	65.19	64.88	66.50	66.00	67.06	66.60	67.16	66.72	67.47	67.08
6	66.60	66.05	65.60	65.14	66.81	66.47	67.06	66.60	67.88	67.31
7	66.97	66.42	65.88	65.33	66.34	65.95	67.59	67.13	68.38	67.98
8	66.66	66.19	65.41	65.06	65.56	64.94	65.72	65.33	66.34	65.64
9			65.50	65.03	64.75	64.44	65.06	64.58		
10			63.25	62.75	62.91	62.50	64.47	64.09		
11			63.19	62.64	62.44	62.16	63.09	62.92		
12			61.54	61.22	61.54	61.36	62.32	62.08		
13			60.11	59.74	60.02	59.77	60.58	60.35		
14			57.16	56.93	56.73	56.46	57.23	57.01		
15			52.24	52.04	52.03	51.84	52.21	51.95		
16			47.59	47.40	47.03	46.92	47.50	47.29		
17			43.25	43.01	42.59	42.42	43.22	43.05		
18			38.56	38.42	38.37	38.22	38.56	38.44		
19			34.35	34.17	34.19	34.08	34.25	34.13		
20			29.85	29.74	29.79	29.64	30.13	30.04		
21			25.48	25.33	25.48	25.38	25.73	25.46		
22			21.35	21.15	21.04	20.91	21.76	21.57		
23			20.23	19.45	19.92	19.45	18.86	17.93		
24			20.03	19.12	20.31	19.54	19.87	17.75		
25			21.28	20.41	20.63	20.11	21.28	20.70		
26			21.06	20.58	20.66	20.36	21.06	20.70		
27			23.06	22.38	22.31	21.50	23.88	22.78		
28			24.88	23.52	24.06	22.94	24.66	23.36		
29			25.38	23.92	24.31	23.30	25.19	24.31		
30			25.88	24.64	25.28	24.50	26.63	25.34		
31			27.44	25.78	26.53	25.52	26.69	25.67		
32			27.93	26.53	26.69	25.91	27.41	26.25		
33			28.56	27.16	27.31	26.53	28.25	27.08		
34			28.88	27.78	28.09	27.33	28.56	27.63		
35			28.88	27.94	27.63	27.08	28.56	27.63		
36			28.09	27.23	27.94	27.23	28.25	27.47		

表-6 a 下流河道の水位測定結果

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

下流端境界条件

$n = 0.03$

$H = 21.63 \text{ (EL. m)}$

(EL. m)

測点 測線No	L-4	L-3	L-2	L-1	Δ	R-1	R-2	R-3	R-4
14			21.69 21.85	21.53 21.69	21.66 21.75				
15				21.47					
16				21.53					
17				21.69					
18				21.51					
19				21.63					

$Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$

下流端境界条件

$n = 0.03$

$H = 23.417 \text{ (EL. m)}$

(EL. m)

測点 測線No	L-4	L-3	L-2	L-1	Δ	R-1	R-2	R-3	R-4
14				22.94 23.41	22.63 23.10	21.85 22.00	22.00 22.31	22.00 22.31	
15		21.85 22.31	21.49 21.85	21.69 22.00	21.53 21.69	22.00 22.31			
16			21.85 22.00	21.85 22.16	21.53 21.85	21.69 21.85			
17				22.94 23.40	23.72 24.35	22.31 22.78			
18				22.91 23.23	23.54 23.85	23.07 23.23			
19				23.54 23.69	23.41 23.85	22.76 23.23			

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

下流端境界条件

$n = 0.03$

$H = 24.445 \text{ (EL. m)}$

(EL. m)

測点 測線No	L-4	L-3	L-2	L-1	Δ	R-1	R-2	R-3	R-4
14		22.16 22.31	22.00 22.31	24.35 25.44	24.66 25.28	24.81 25.44			
15			21.38 21.85	21.85 22.16	21.38 21.85	22.94 23.41		21.38 21.85	
16			21.85 22.63	21.38 21.85	21.06 21.53	21.22 21.69			
17			23.25 24.03	23.25 23.88	23.72 24.66	22.47 23.41			
18			23.69 24.32	23.38 24.01	23.54 24.01	23.54 23.85			
19				23.85 24.63	23.63 24.32	23.54 24.01			

上段：平均水位

下段：最高水位

表-6 b 下流河道の水位測定結果

 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ 下流端境界条件 $n = 0.04$ $H = 22.028 \text{ (EL. m)}$ (EL. m)

測点 測線No	L-4	L-3	L-2	L-1	Q	R-1	R-2	R-3	R-4
14		22.25 22.35	21.78 21.97	21.88 22.19	21.78 22.22	21.66 22.31			
15		21.78 22.06	21.85 22.03	21.78 22.00	21.88 22.10	21.75 22.00			
16			21.88 22.06	21.88 22.03	21.88 22.06	21.91 21.94			
17				21.97 22.10	21.97 22.10	21.94 22.10			
18				21.85 22.00	21.79 22.00	22.85 22.13			
19				22.00 22.10	22.00 22.16	21.82 22.10			

 $Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$ 下流端境界条件 $n = 0.04$ $H = 24.026 \text{ (EL. m)}$ (EL. m)

測点 測線No	L-4	L-3	L-2	L-1	Q	R-1	R-2	R-3	R-4
14	23.41 23.66	23.53 23.91	23.50 23.78	23.69 23.97	23.03 23.47	22.69 23.38			
15	23.47 23.90	23.66 23.88	23.22 23.85	23.44 23.75	23.31 23.85	22.97 23.72			
16		23.28 23.85	23.41 23.78	23.41 23.75	23.44 23.69	23.63 23.78	23.88 24.97		
17		23.56 24.16	23.47 24.00	23.41 24.03	23.56 24.03	23.56 24.10	23.60 24.88		
18			24.10 24.29	24.16 24.32	23.76 23.98	23.79 24.16	23.60 24.10		
19			24.07 24.63	24.07 24.54	24.16 24.48	24.16 24.54			

 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$ 下流端境界条件 $n = 0.04$ $H = 25.224 \text{ (EL. m)}$ (EL. m)

測点 測線No	L-4	L-3	L-2	L-1	Q	R-1	R-2	R-3	R-4
14	23.94 25.13	24.19 24.66	24.00 24.47	24.13 24.56	24.31 25.16	22.63 23.72			
15	24.19 24.97	23.88 24.19	24.03 24.50	24.03 24.97	23.72 24.97	23.47 24.66			
16		23.28 24.22	23.16 23.72	23.28 23.94	23.16 23.81	24.19 24.94	24.66 25.60		
17			24.19 25.22	23.97 24.50	23.88 24.63	24.19 24.85	23.88 24.35	24.19 25.03	
18		24.79 26.67	24.51 24.98	24.44 25.04	24.79 25.10	24.16 24.94	24.00 24.79		
19		24.63 25.10	24.60 25.16	24.63 25.10	24.60 25.23	24.57 24.98	24.48 24.79		

上段：平均水位

下段：最高水位

表-6 c 下流河道の水位測定結果

 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ 下流端境界条件 $n = 0.05$ $H = 22.253 \text{ (EL. m)}$ (EL. m)

測点 測線No.	L-4	L-3	L-2	L-1	④	R-1	R-2	R-3	R-4
14		22.06 22.16	22.06 22.16	22.06 22.16	22.03 22.16	21.94 22.06			
15		22.10 22.16	22.00 22.16	22.03 22.16	22.00 22.16	22.00 22.10			
16			22.00 22.06	22.13 22.16	22.10 22.16	22.10 22.15			
17				22.10 22.16	22.10 22.16	22.10 22.15			
18				22.26 22.29	22.13 22.29				
19					22.26 22.29	22.23 22.29			

 $Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$ 下流端境界条件 $n = 0.05$ $H = 24.595 \text{ (EL. m)}$ (EL. m)

測点 測線No.	L-4	L-3	L-2	L-1	④	R-1	R-2	R-3	R-4
14		23.81 24.03	23.72 23.88	23.97 24.19	23.25 23.72	22.78 23.41			
15		23.63 24.03	23.72 23.97	23.72 24.03	23.72 24.35	23.88 24.19			
16		23.56 24.03	23.41 23.72	23.41 23.72	23.88 24.35	24.03 24.35			
17			23.72 24.19	23.88 24.35	23.88 24.35	23.56 23.88			
18			24.01 24.32	24.16 24.63	24.32 24.63	24.01 24.32			
19			24.48 24.79	24.63 24.94	24.60 25.10	24.48 24.63			

 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$ 下流端境界条件 $n = 0.05$ $H = 25.811 \text{ (EL. m)}$ (EL. m)

測点 測線No.	L-4	L-3	L-2	L-1	④	R-1	R-2	R-3	R-4
14	23.97 24.19	23.97 24.10	24.19 24.35	23.78 24.10	24.19 25.22	22.63 23.25			
15		23.47 23.81	23.88 24.35	23.47 23.88	23.16 23.88	23.25 23.88			
16		23.56 24.19	23.10 23.72	23.10 23.56	23.41 23.88	23.72 24.50			
17			23.88 24.60	24.03 24.50	24.35 25.13	24.19 24.66			
18			24.00 24.32	24.63 24.85	24.79 25.26	24.32 24.79			
19			24.63 25.10	24.79 25.26	24.48 24.94				

上段：平均水位
下段：最高水位

表-7 a 下流河道の流速測定結果

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$
 $n = 0.03$
 $H = 21.63$

(単位: m/s)

測点 測線No	L-3	L-2	L-1	℄	R-1
14			3.41	3.91	4.68
15	1.15	0.39	1.08	3.83	
16		0.61	1.26	3.61	2.63
17			1.14	2.86	1.21
18			2.76	3.72	

$Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$
 $n = 0.03$
 $H = 23.42$

(単位: m/s)

測点 測線No	L-3	L-2	L-1	℄	R-1
14			8.141	8.457	9.262
15	0.501	0.643	3.546	10.729	6.048
16		2.359	4.695	10.281	9.131
17		2.221	4.260	9.874	9.311
18			2.127	8.902	5.594

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$
 $n = 0.03$
 $H = 24.45$

(単位: m/s)

測点 測線No	L-3	L-2	L-1	℄	R-1
14			8.745	8.300	9.616
15	4.527	0.775	8.359	10.430	7.638
16		0.629	1.464	9.832	
17		1.194	8.951	10.617	9.821
18			1.378	8.109	8.596

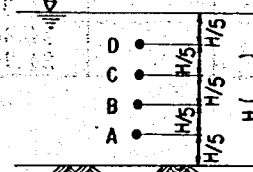


表-7 b 下流河道の流速測定結果

 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ $n = 0.04$ (単位: m/s) $H = 22.03$

測点 測線No		L-3	L-2	L-1	Δ	R-1
14	A			2.151	2.501	2.751
	B					
	C					
	D					
15	A	0.915	0.376	0.535	2.226	0.733
	B					
	C					
	D					
16	A	0.628	0.714	0.709	1.509	1.688
	B					
	C					
	D					
17	A			0.510	1.515	0.945
	B					
	C					
	D					
18	A			1.160	2.074	
	B					
	C					
	D					

 $Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$ $n = 0.04$ (単位: m/s) $H = 24.03$

測点 測線No		L-3	L-2	L-1	Δ	R-1
14	A			4.598	5.766	6.362
	B			5.760	6.308	6.273
	C					
	D					
15	A	0.477	6.872	1.736	6.576	4.820
	B		1.288	0.775	6.376	
	C					
	D					
16	A		1.506	1.746	6.222	5.316
	B		1.353	1.192	6.019	5.079
	C					
	D					
17	A		1.762	0.872	4.348	5.649
	B			0.882	5.767	
	C					
	D					
18	A		0.666	1.191	5.351	3.914
	B			1.431	5.713	
	C				4.977	
	D					

 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$ $n = 0.04$ (単位: m/s) $H = 25.22$

測点 測線No		L-1	L-2	L-3	Δ	R-1
14	A			5.546	4.865	5.852
	B			6.306	5.434	5.547
	C			5.500	4.538	4.713
	D			0.806	0.647	0.701
15	A	0.505	1.129	2.103	7.297	5.753
	B	0.723	1.564	1.496	7.502	
	C	0.499	1.227	1.025	4.519	
	D					
16	A		1.763	1.714	6.704	5.815
	B		1.824	1.711	6.971	6.321
	C		1.456	1.195	4.435	
	D		1.856			
17	A		2.552	2.072	5.283	6.035
	B			1.101	6.387	6.354
	C			1.573	6.343	
	D				2.679	
18	A		1.769	0.695	4.725	5.700
	B			1.005	5.231	
	C			1.832	6.166	
	D				5.037	

表-7c 下流河道の流速測定結果

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

$n = 0.05$

(単位: m/s) $H = 22.25$

測点 測線No	L-3	L-2	L-1	Q	R-1
14			2.75	3.20	3.57
15	0.87	0.39	0.72	3.19	0.84
16		0.50	0.79	2.44	2.03
17			0.81	1.97	1.43
18			1.85	2.64	

$Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$

$n = 0.05$

(単位: m/s) $H = 24.60$

測点 測線No	L-3	L-2	L-1	Q	R-1
14			6.346	8.144	8.252
15	1.087	0.576	1.607	7.437	6.238
16	0.838	0.534	1.032	8.283	
17		0.913	1.041	6.745	
18	2.327	2.330	1.196	5.813	4.917
19		1.634	1.642	5.675	5.112
20		1.421	1.466	6.754	
21		2.322	0.606	4.689	4.874
22			0.793	5.265	3.768
23			1.077	5.843	
24		0.905	1.097	4.175	4.538
25			2.359	5.119	
26				4.625	

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

$n = 0.05$

(単位: m/s) $H = 25.81$

測点 測線No	L-3	L-2	L-1	Q	R-1	R-2
14			4.816	5.460	5.760	
15			5.689	6.482	6.450	
16			5.719	5.766	5.803	
17	1.146	0.664	1.656	6.122	5.770	
18	1.572	0.738	0.985	6.254	4.297	
19	1.364	0.863	0.931	6.200	0.826	
20			0.929	2.401		
21	2.282	1.596	1.274	4.961	4.880	1.054
22		1.714	1.459	5.485	5.489	
23		1.279	1.570	5.526	4.910	
24				3.204		
25		2.429	0.793	5.171	6.038	
26		1.755	0.751	5.913	4.966	
27			1.179	5.959		
28		1.019	0.561	2.849	3.396	
29			0.660	3.028	3.387	
30			0.835	2.990		
31				2.996		

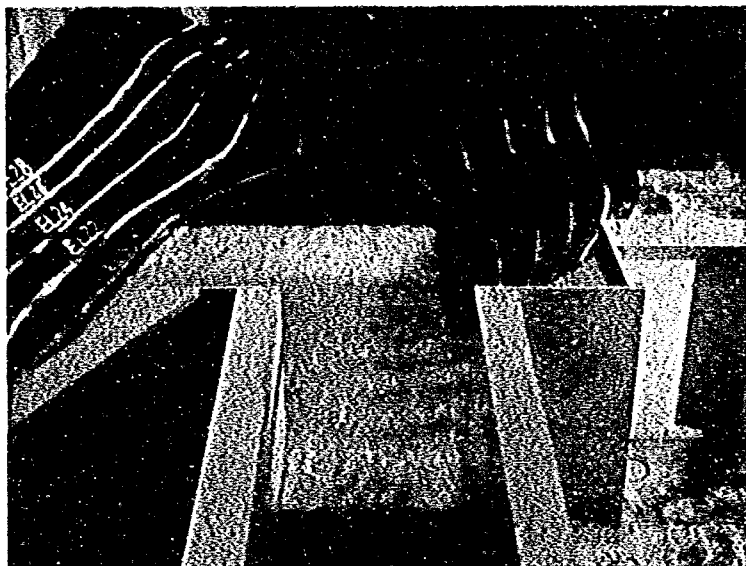


写真-14 下流河道の流況

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{sec}$

$n = 0.03$

下流端水位：EL. 21.63m



写真-15 下流河道の流況

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{sec}$

$n = 0.04$

下流端水位：EL. 22.03m

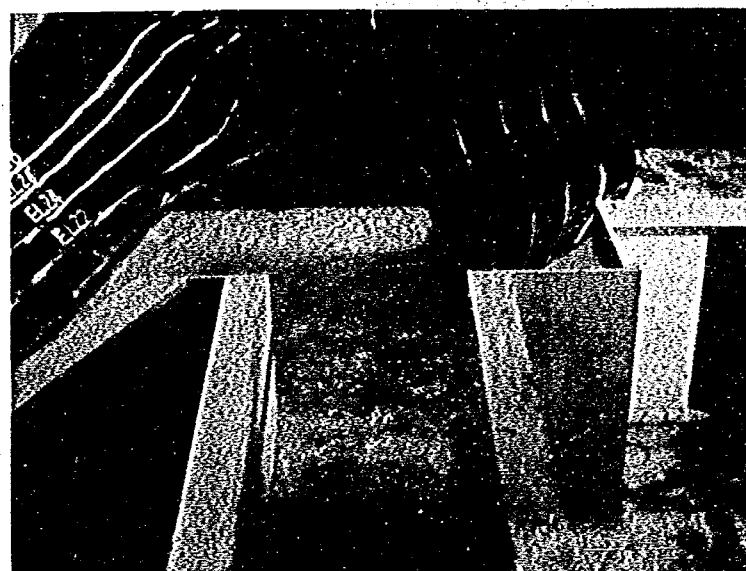


写真-16 下流河道の流況

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{sec}$

$n = 0.05$

下流端水位：EL. 22.25m



写真-17 下流河道の流況
 $Q = 355 \text{ m}^3/\text{sec}$
 $n = 0.03$
 下流端水位：EL.23.42m

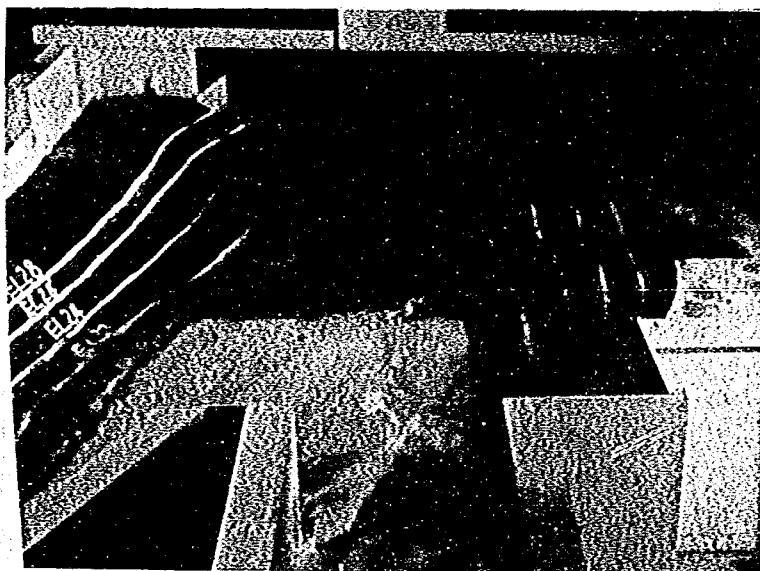


写真-18 下流河道の流況
 $Q = 355 \text{ m}^3/\text{sec}$
 $n = 0.04$
 下流端水位：EL.24.03m

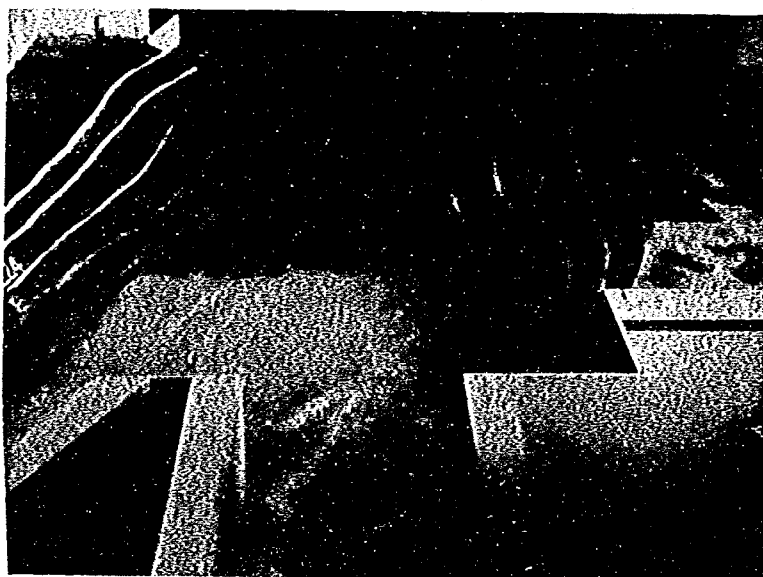


写真-19 下流河道の流況
 $Q = 355 \text{ m}^3/\text{sec}$
 $n = 0.05$
 下流端水位：EL.24.60m



写真 - 20 下流河道の流況

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{sec}$

$n = 0.03$

下流端水位：EL. 24.45m



写真 - 21 下流河道の流況

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{sec}$

$n = 0.04$

下流端水位：EL. 25.22m

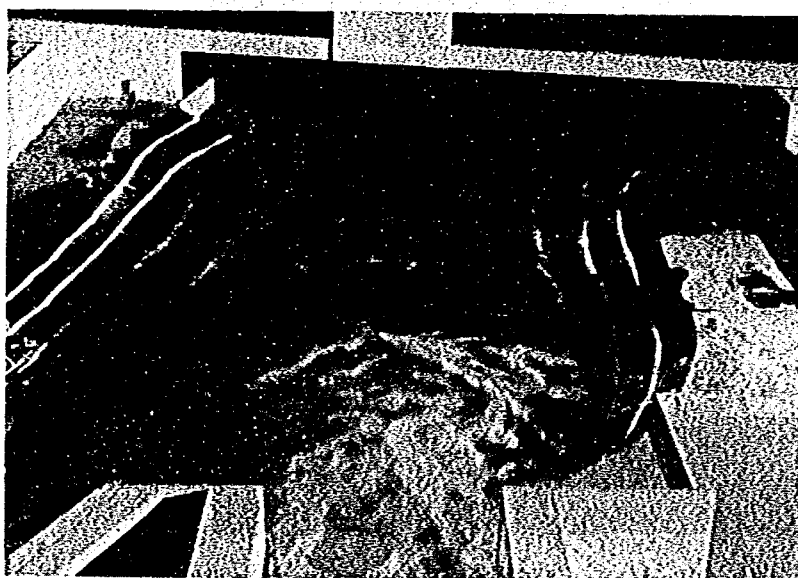


写真 - 22 下流河道の流況

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{sec}$

$n = 0.05$

下流端水位：EL. 25.81m

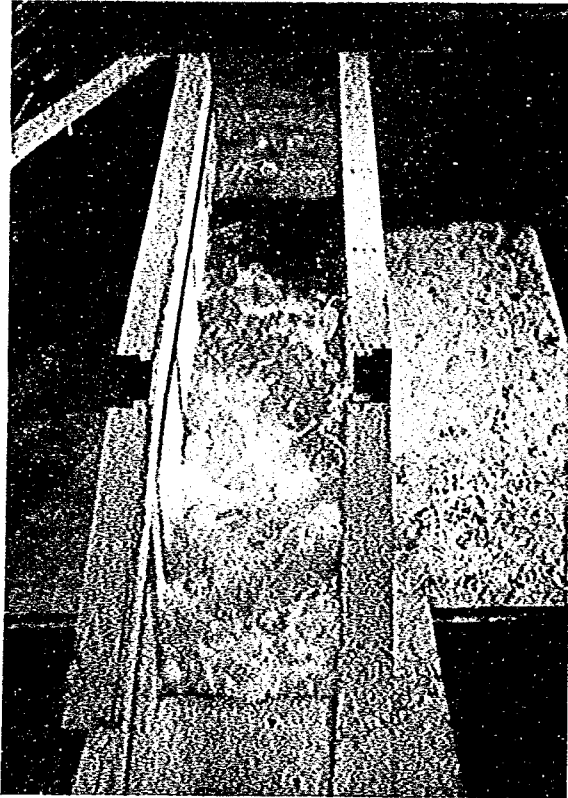


写真 - 23 減勢池内の流況 ($Q = 100 \text{ m}^3/\text{sec}$,
下流端水位 E.L. 22.03m, $n = 0.04$)

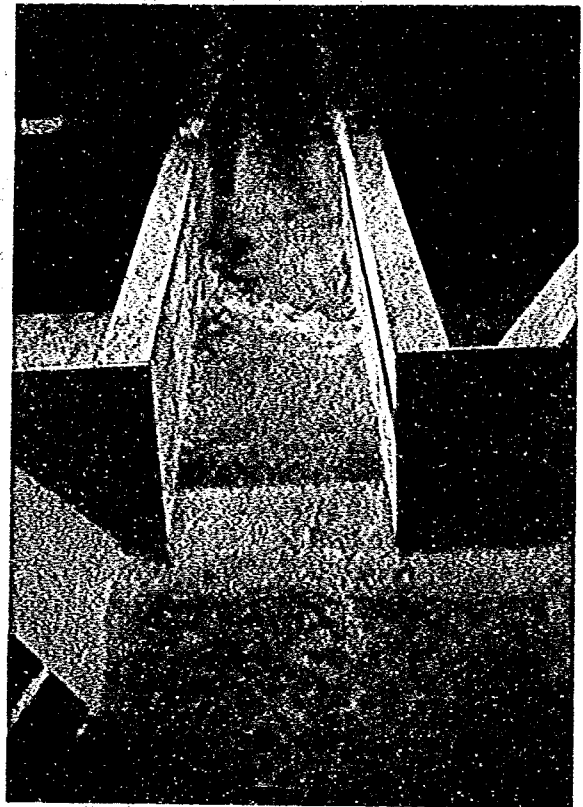


写真 - 24 減勢池内の流況 ($Q = 100 \text{ m}^3/\text{sec}$,
下流端水位 E.L. 22.03m, $n = 0.04$)

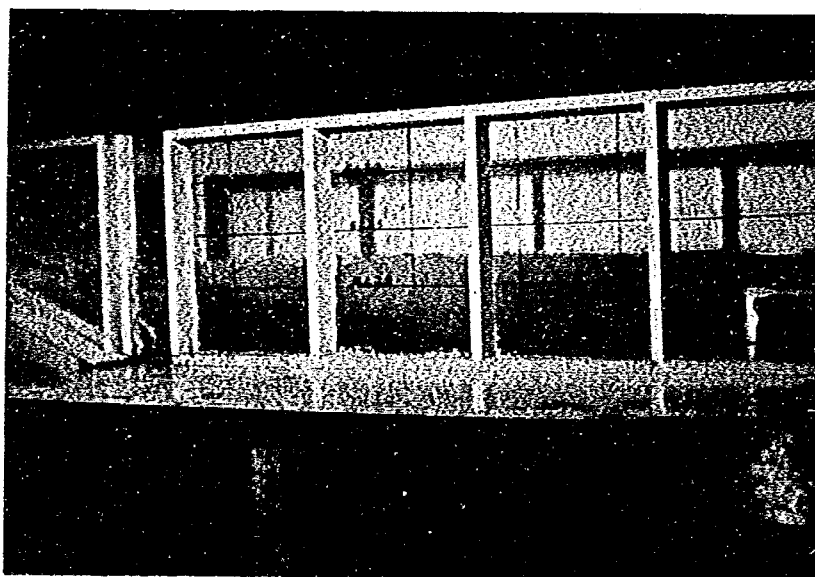


写真 - 25 減勢池内の流況 ($Q = 100 \text{ m}^3/\text{sec}$, 下流端水位 E.L. 22.03m, $n = 0.04$)

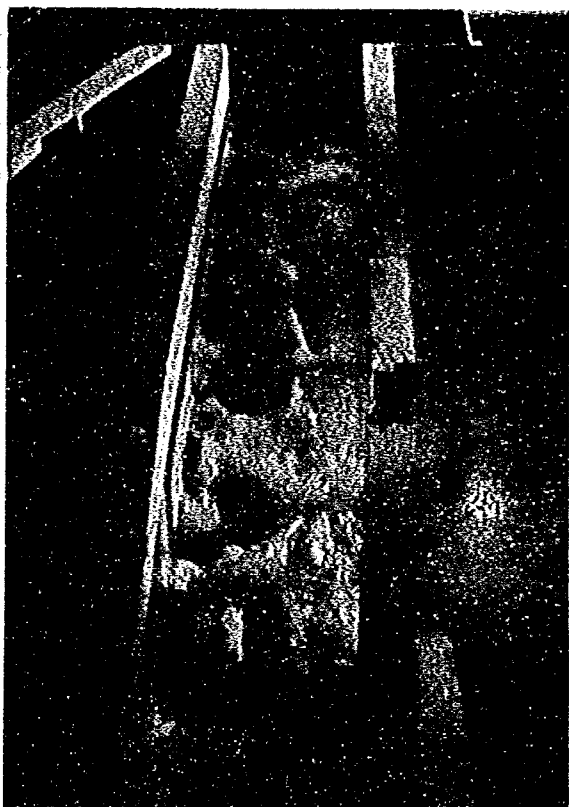


写真-26 減勢池内の流況 ($Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$,
下流端水位 E.L. 24.03m, $n = 0.04$)

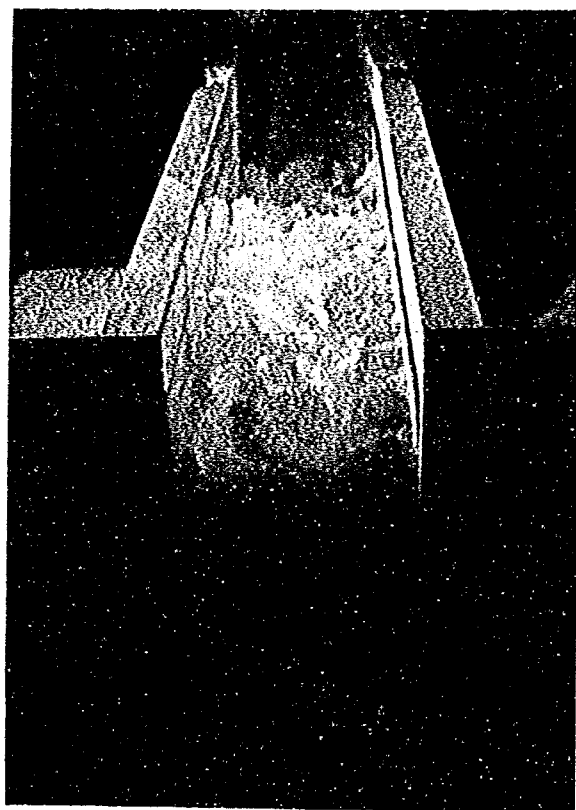


写真-27 減勢池内の流況 ($Q = 355 \text{ m}^3/\text{sec}$,
下流端水位 E.L. 24.03m, $n = 0.04$)

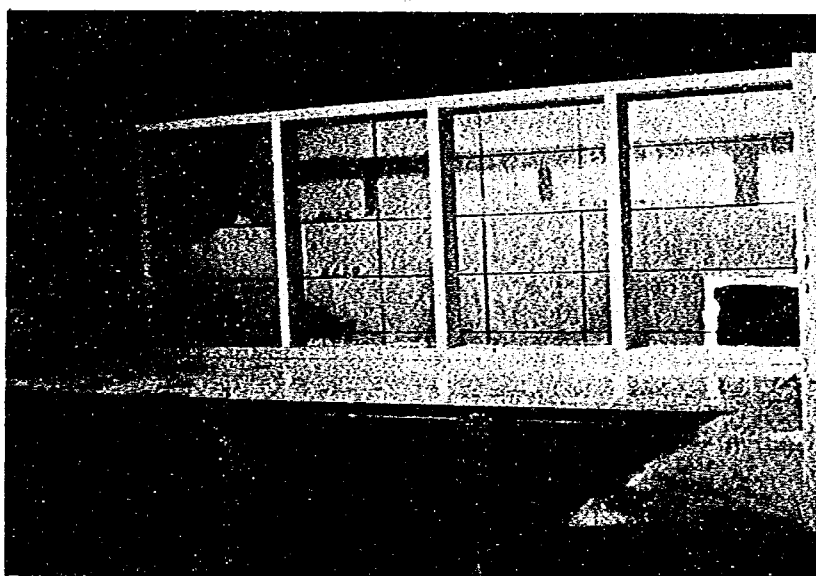


写真-28 減勢池内の流況 ($Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$, 下流端水位 E.L. 24.03m, $n = 0.04$)

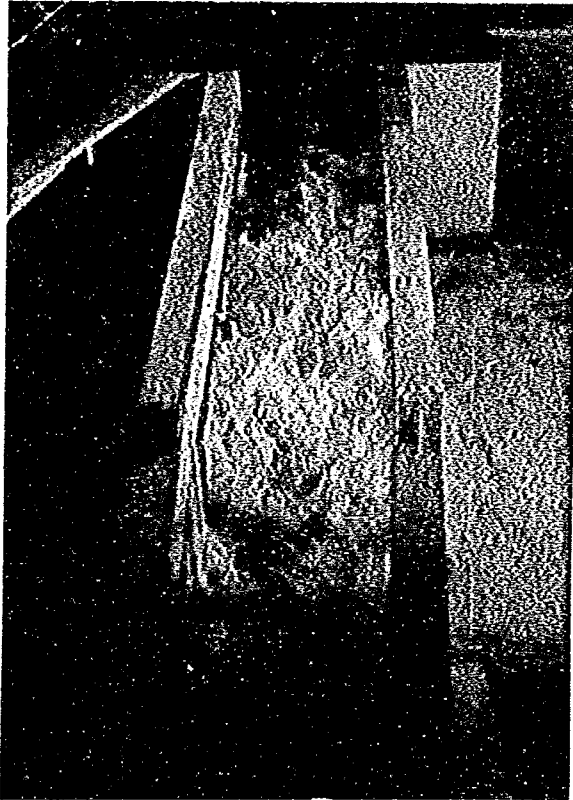


写真-29 減勢池内の流況 ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$,
下流端水位 E.L. 25.22m, $n = 0.04$)

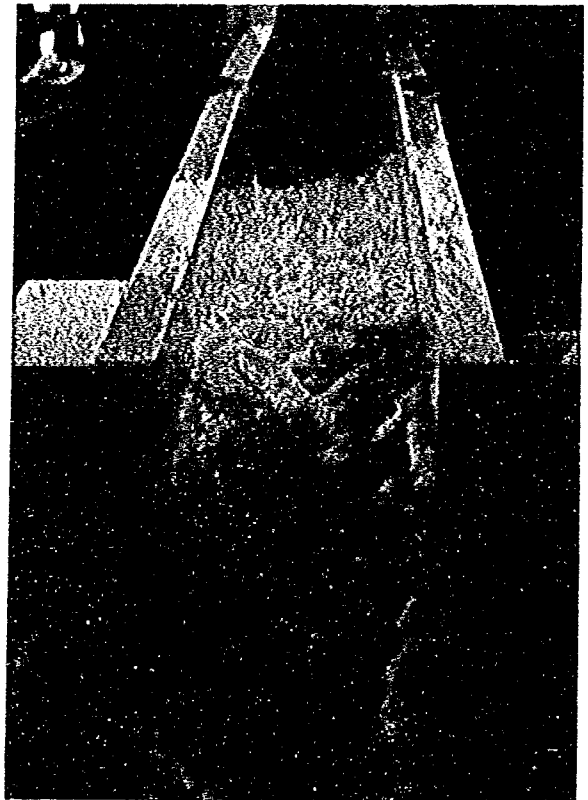


写真-30 減勢池内の流況 ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$,
下流端水位 E.L. 25.22m, $n = 0.04$)

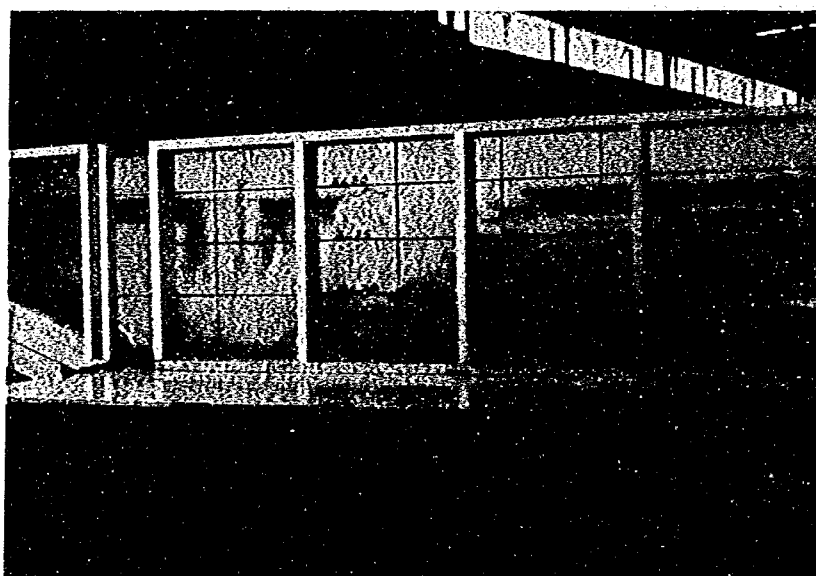


写真-31 減勢池内の流況 ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, 下流端水位 E.L. 25.22m, $n = 0.04$)

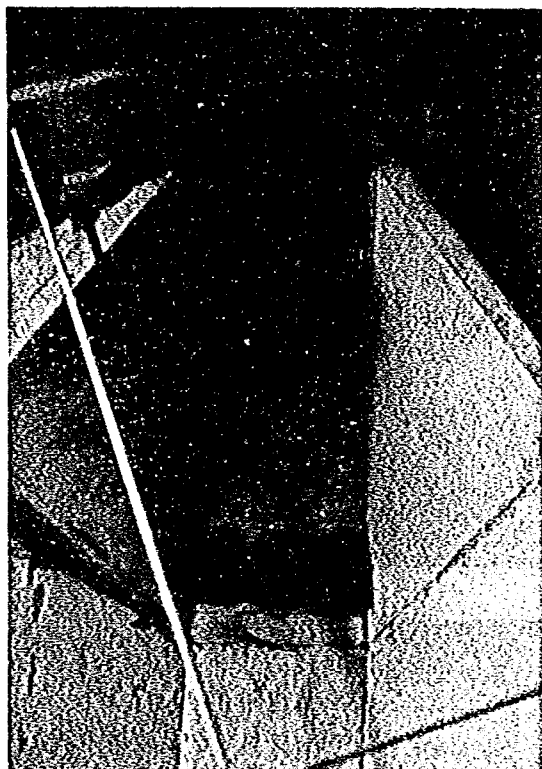


写真-32 側溝水路，導流部
ブロック位置（高さ 3.0 m）



写真-33 ブロック設置後の流況
($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

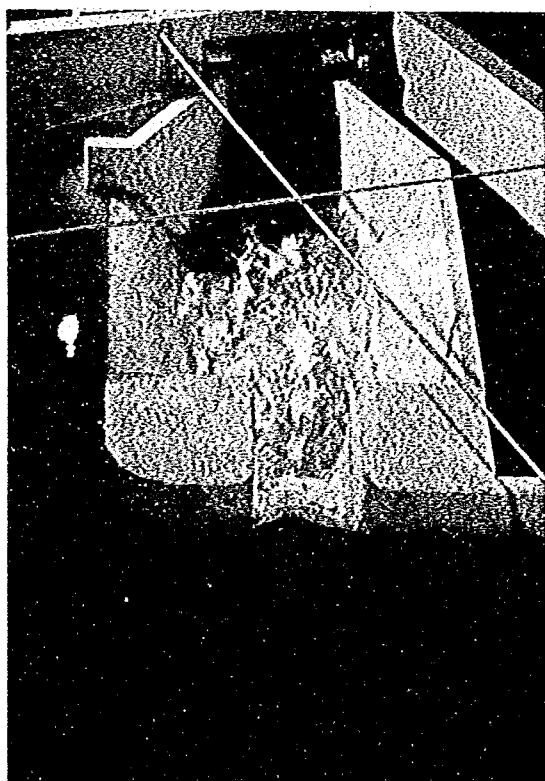


写真-34 ブロック設置後の流況
($Q = 335 \text{ m}^3/\text{s}$)

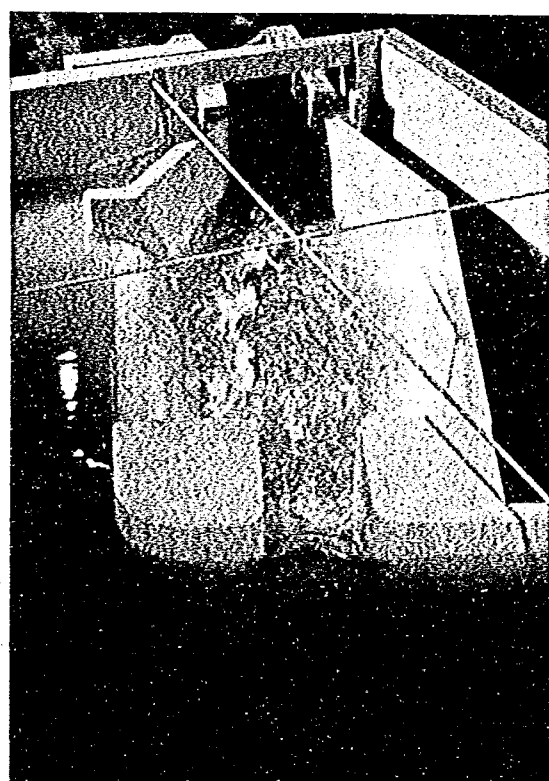


写真-35 ブロック設置後の流況
($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

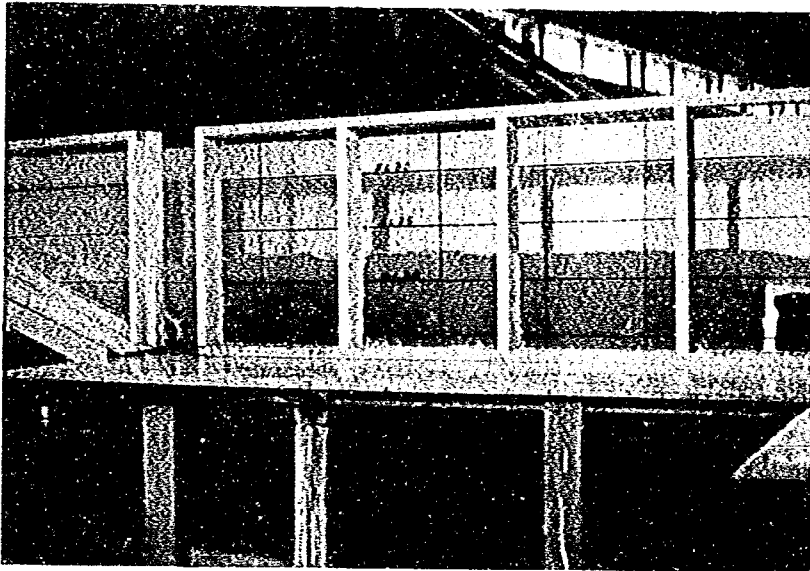


写真-36

ブロック設置後の流況

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.04$

下流端水位 EL. 22.03m

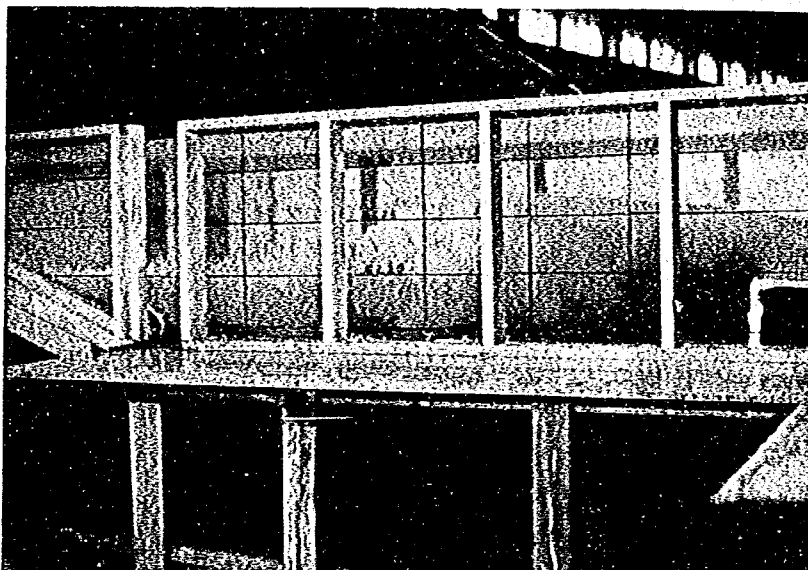


写真-37

ブロック設置後の流況

$Q = 355 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.04$

下流端水位 EL. 24.03m

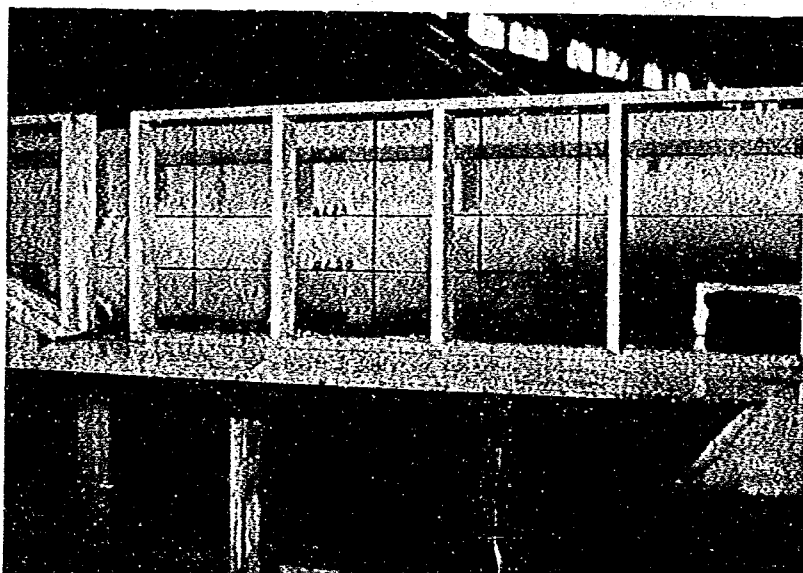


写真-38

ブロック設置後の流況

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.04$

下流端水位 EL. 25.22m

第3章 洪水吐き改良設計案

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

第3章 洪水吐き改良設計案

ここでは、前年度の検討結果と現地の施工性、経済性等を踏まえて洪水吐き原案形状の改良設計を実施し、再度全体模型実験により詳細な検討を加えた。

第1節 改良設計案の主旨

洪水吐きの改良設計にあたってはつぎに示す事項を勘案して決定したものである。

- 1) 洪水吐きの水理設計条件は原案と同条件とする。
- 2) 洪水吐き設置に係わる山腹の掘削量を軽減するため、その設置位置を原案より最大限に貯水池側に寄せ、シュート部より下流は原案と同位置とする。
- 3) 越流部の基本設計形状は原案と同様とし、設計水頭が小さいことを考慮して、常用および非常用洪水吐きとも、越流頂下流側は標準形状とするが、上流側は単一円弧形状とする。また、前年度実験より、ダム設計洪水流量に対しては約8%の余裕があるので、非常用洪水吐きの径間幅を原案の36mより33mに変更、常用については原案と同様に径間幅 $B = 7.0$ mとする。
- 4) 側溝水路部の複雑なトランジション区間の紋り形状を円柱紋り形状とする。
- 5) 湾曲部はシュート部始端を基線とし、中心線での半径を110 m、中心角を20度として洪水吐きを貯水池側に振る。
- 6) シュート面の勾配を端数を切り上げた1 : 2.5 とする。

第2節 洪水吐きの改良設計案形状

前述した設計主旨を盛り込んだ洪水吐きの改良案設計形状は図-21~25に示すとおりであるが、それらの詳細はつぎに示すとおりである。

- 1) 洪水吐き前庭部の掘削敷高は常用に対してE L. 62.00 m、非常用に対してはE L. 65.00 mで原案と同様である。
- 2) 常用洪水吐きの縦断面形状は図-23に示すように、原案との変更点は越流頂より上流面形状を標準複合円弧形状に近似した $R = 1.5$ mの単一円弧とし、側溝水路とのすりつけバケット形状は落下高が小さくある放流量から背圧が期待できるので省略した。また、常用洪水吐き両側の導流ピアの長さは越流頂より下流10.272 mとし、呑口部の隅取円は $R = 1.5$ mに一致させ正面での円弧どうしの接続を容易にした。
- 3) 非常用洪水吐きの縦断面形状は図-23に示すように、常用と同様な主旨で上流面を $R = 0.8$ mの単一円弧を採用し、越流径間幅は流下距離方向に33m径間とした。また、堤体下流面は原案と同じく1 : 0.7勾配である。
- 4) 側溝水路は常用ピア終端から非常用洪水吐き最下流端までを7.0 mから10.0 mに拡幅し、その下流端標高E L. 55.40 区間は勾配1 : 12.692の勾配水路とした。

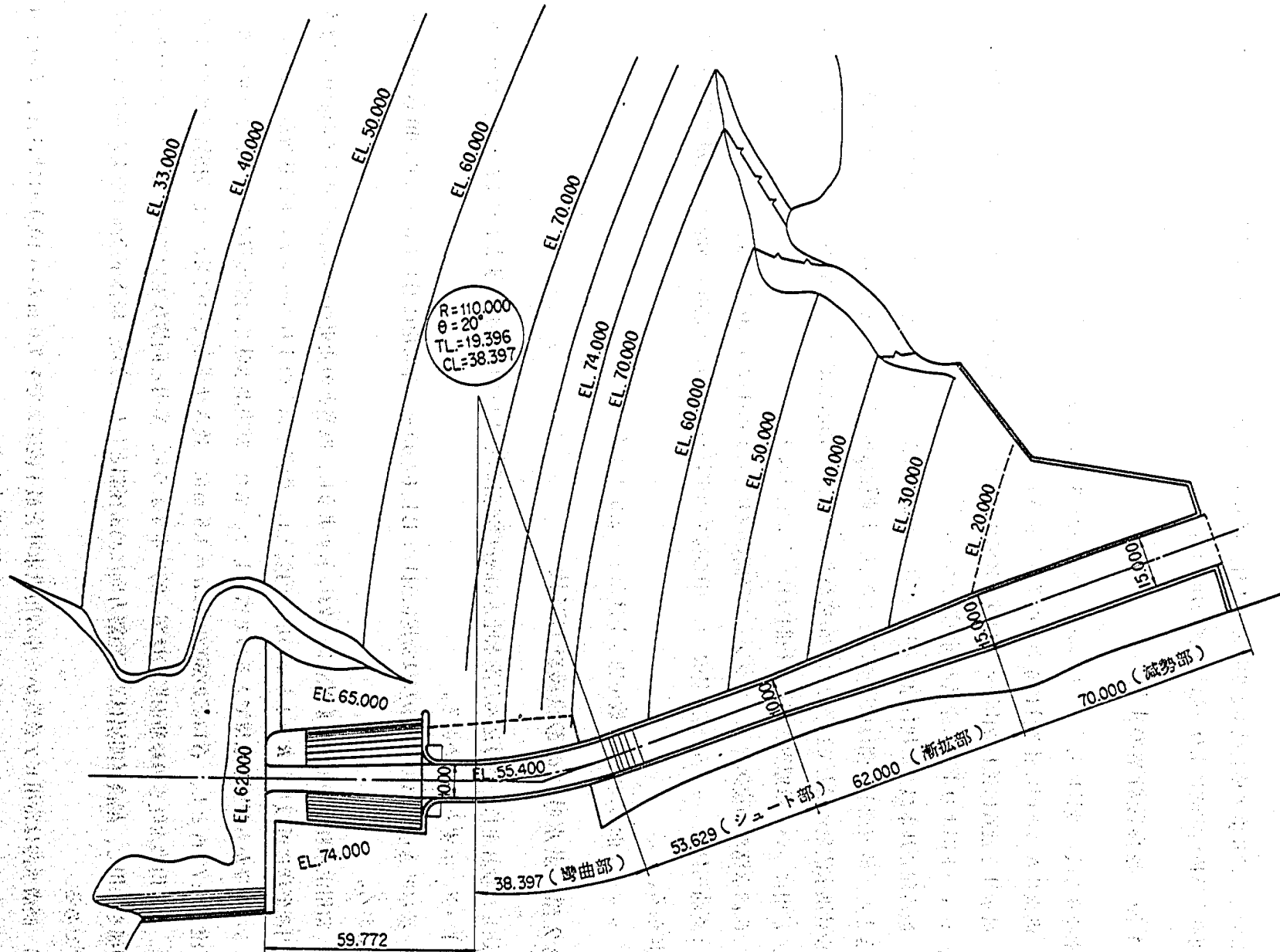


図-21 羽地ダム洪水吐き平面図

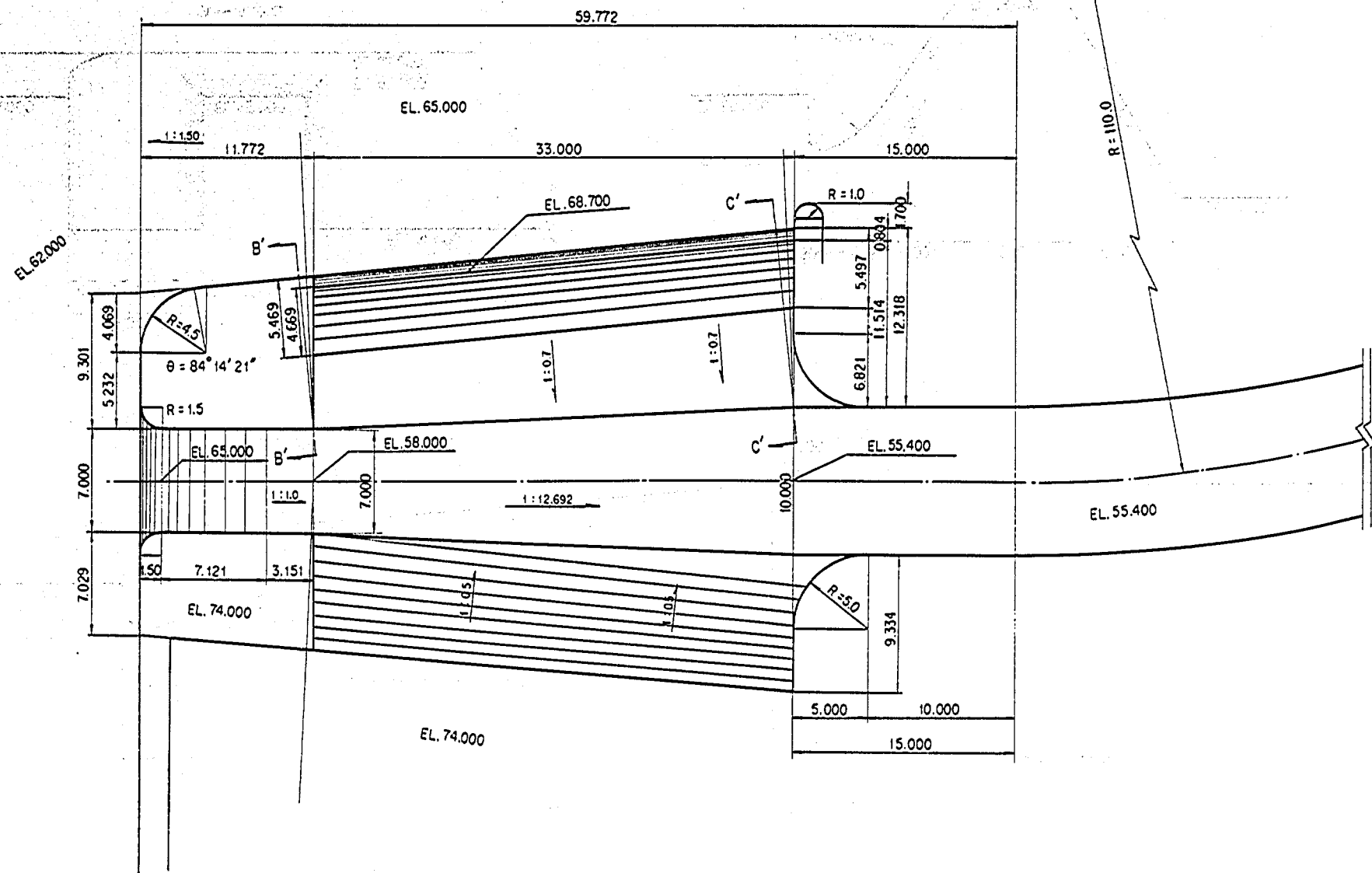


図-22 羽地ダム洪水吐き平面詳細図

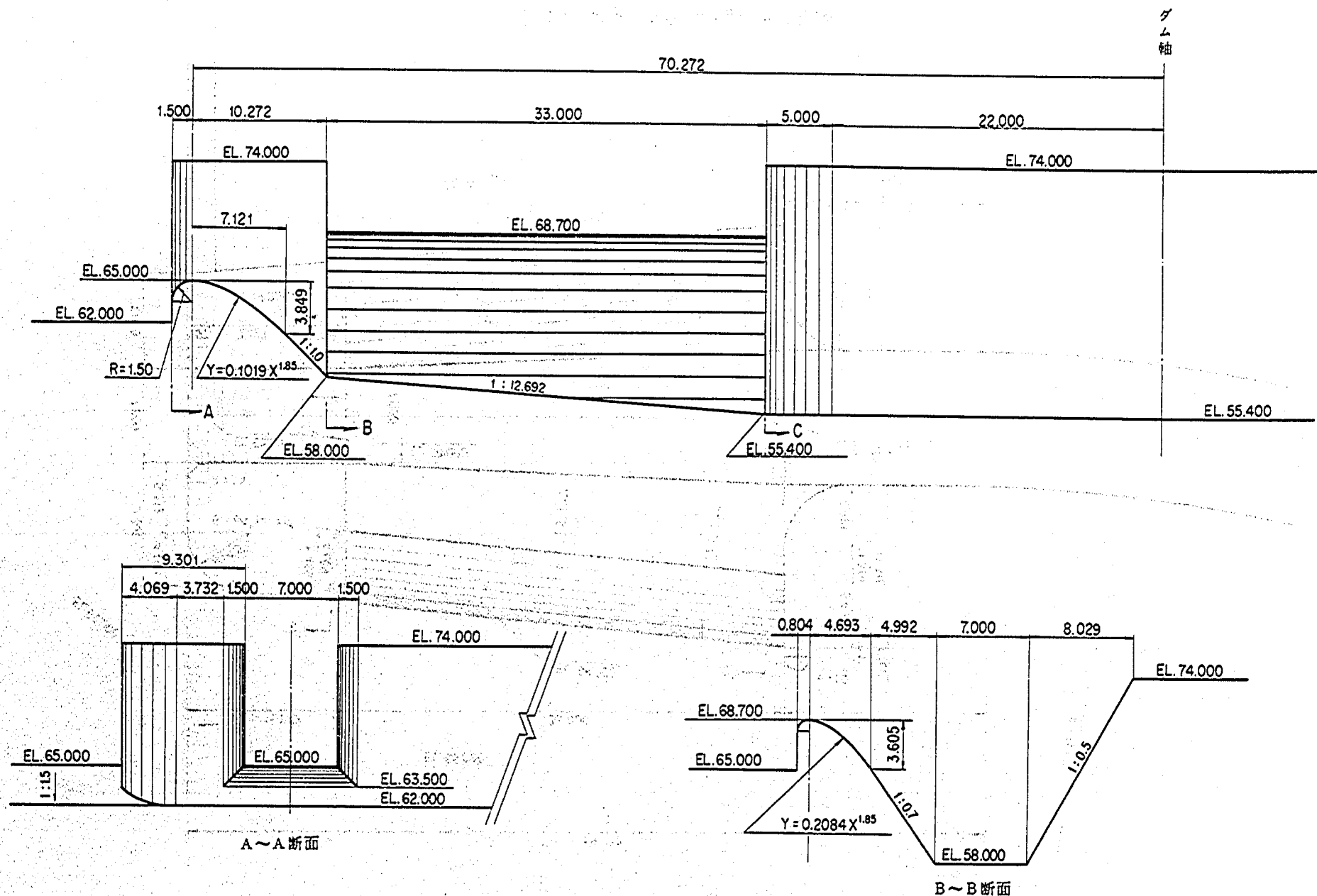
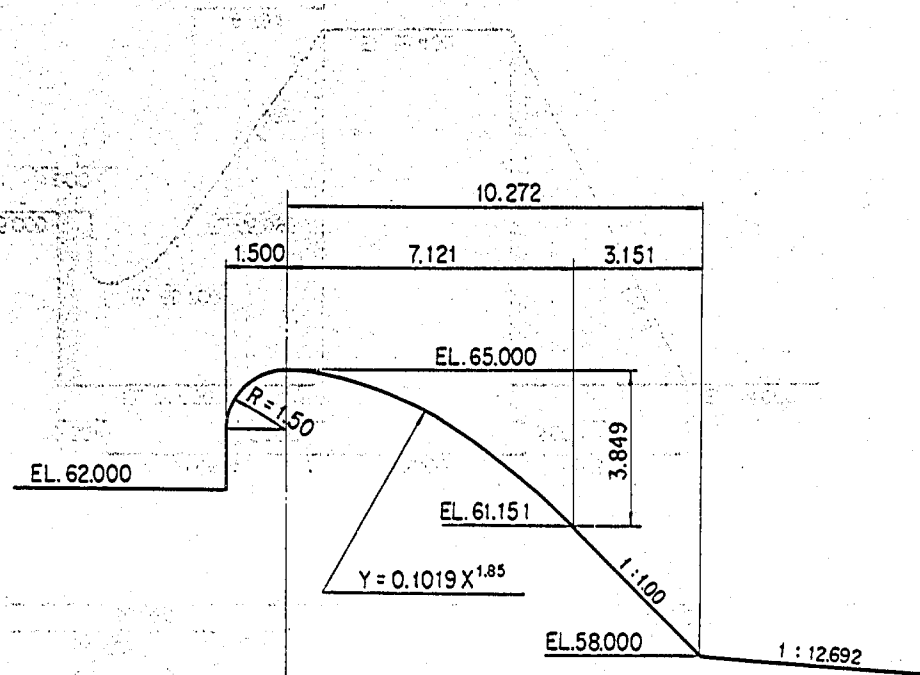


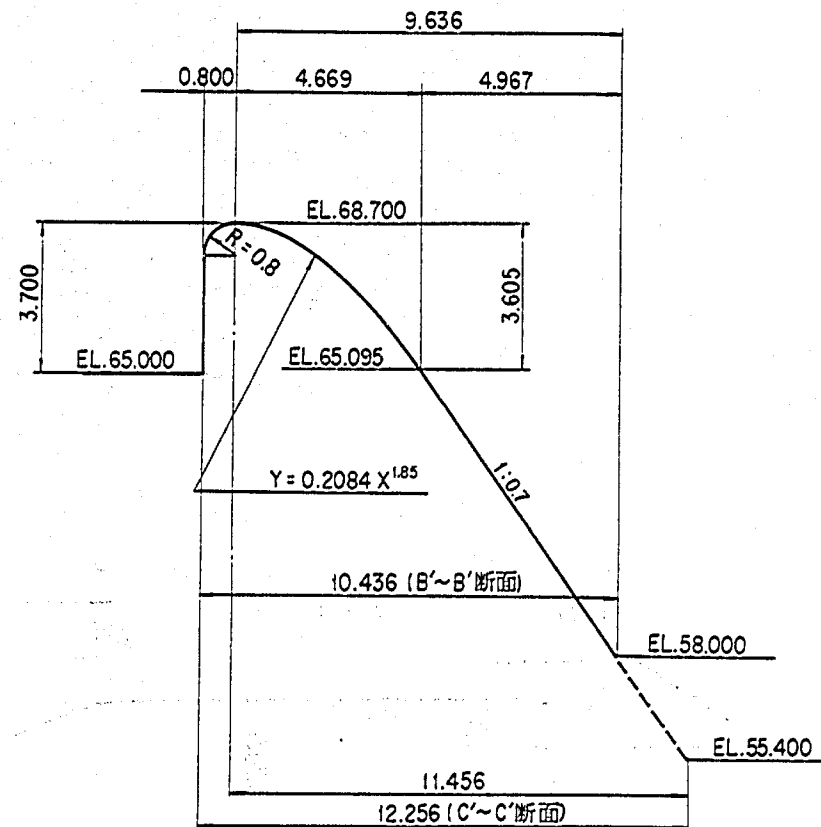
図-23 羽地ダム洪水吐き縦断図その1



常用洪水吐き越流部形状

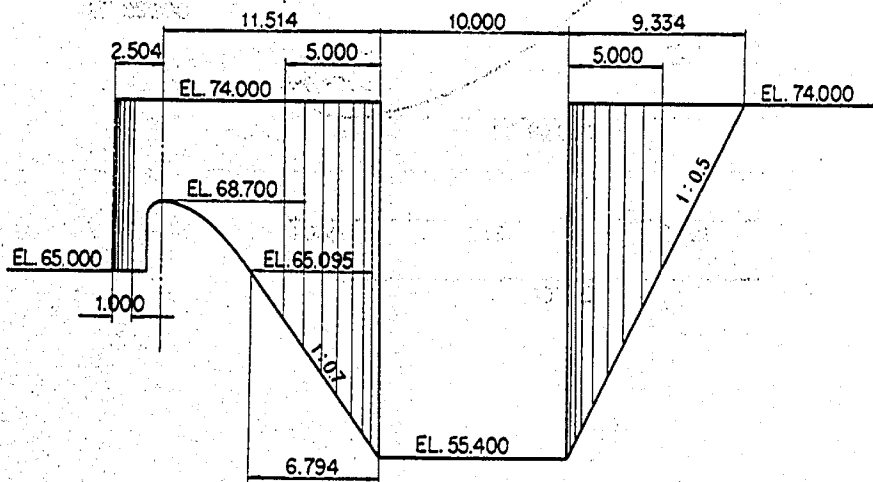
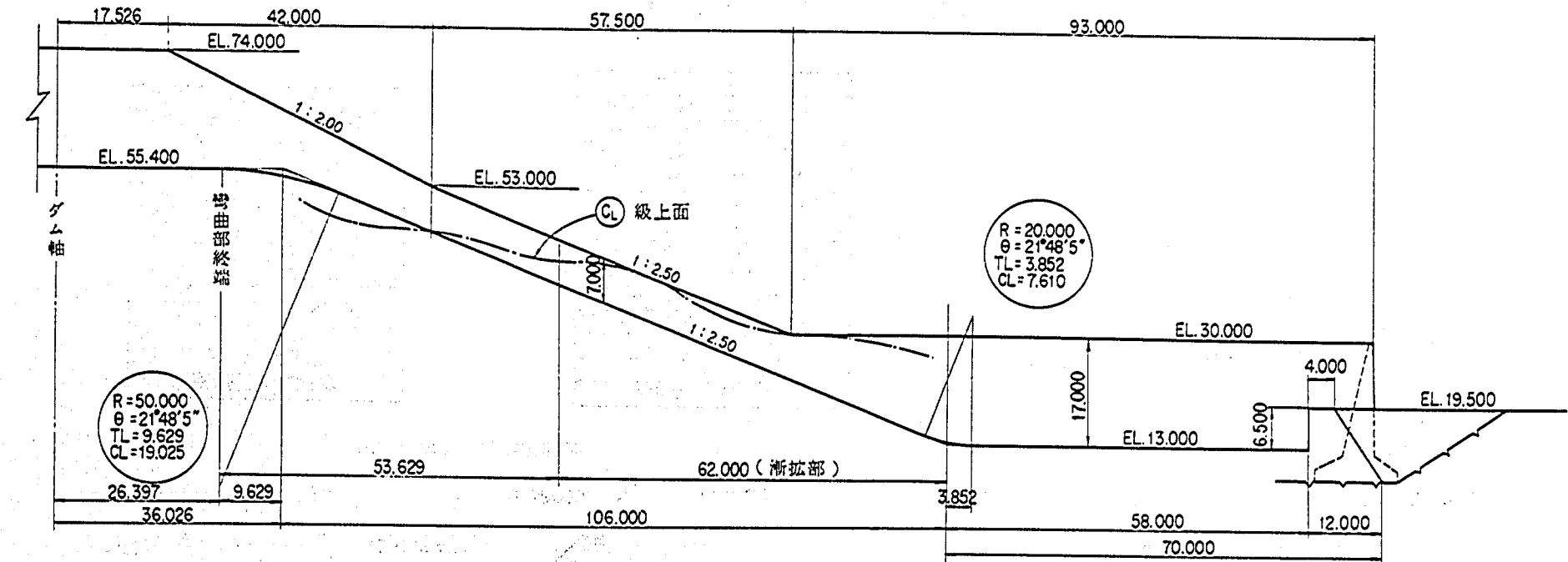
越流部下流直面座標			
$y = 0.1019 x^{1.85}$			
x		y	
実物	模型	実物	模型
1.0 m	3.2 cm	0.102m	0.33cm
2.0	6.4	0.367	1.17
3.0	9.6	0.778	2.49
4.0	12.8	1.324	4.24
5.0	16.0	2.001	6.40
6.0	19.2	2.804	8.97
7.0	22.4	3.729	11.93
7.121	22.78	3.849	12.32
10.272	32.87	7.000	22.40

越流部下流曲面座標			
$y = 0.2084 x^{1.85}$			
x		y	
実物	模型	実物	模型
1.0 m	3.2 cm	0.208m	0.67cm
1.5	4.8	0.441	1.41
2.0	6.4	0.751	2.40
2.5	8.0	1.135	3.63
3.0	9.6	1.591	5.09
3.5	11.2	2.116	6.77
4.0	12.8	2.708	8.67
4.669	14.94	3.605	11.54
9.636	30.84	10.700	34.24
11.456	36.66	13.300	42.56



非常用洪水吐き越流部形状

図-24 羽地ダム洪水吐き部分詳細図



(C ~ C 断面)

図-25 羽地ダム洪水吐き縦断図その2

また、下流端の断面紋りは両側に $R = 5.0 \text{ m}$ の $1/4$ 円の鉛直円柱形状である。

5) 湾曲部は直線区間と湾曲区間で構成され幅 10 m 、底面敷高 $E L. 55.40 \text{ m}$ の水平勾配の長方形開水路形状で、それぞれの長さは中心線上で前者が 10.0 m 、後者が $C L = 38.397 \text{ m}$ である。また、側壁の高さはダム軸より下流 17.526 m までダム天端高に合わせて $E L. 74.00 \text{ m}$ とした。

6) シュート部の平面形状は原案とほぼ同様で、ダム軸より 80.026 m までは幅 10.0 m 、その点から減勢工の水平水叩き始端までの 62.0 m 区間はシュート幅を 10.0 m から 15.0 m に拡げる漸拡区間である。また、シュート部の水路勾配は $1 : 2.5$ とし、上流側に $R = 50.0 \text{ m}$ 、下流側に $R = 20.0 \text{ m}$ のそれぞれのすりつけ円弧を挿入し、側壁高はダム軸から 17.526 m から 42.0 m 区間 $1 : 2.0$ の勾配で、その終端から鉛直高で 7.0 m とした。

7) 減勢工は原案でダム設計洪水放流時の流況が悪化したが掘込み敷高は基礎岩盤との関係で $E L. 13.00 \text{ m}$ より深くできないので、ここでは掘込み式による強制跳水の水叩き長さについて検討を加えるため、水平水叩き長さ $L = 58.00 \text{ m}$ 、側壁の天端標高を $E L. 30.00 \text{ m}$ とした。

第3節 改良設計案による水理模型実験

3.1 実験目的

本実験は原案洪水吐きをさらに合理的に改良設計された洪水吐き形状の放流能力および水理機能を調査し、改良点があればさらに検討を加え、実施設計案としての洪水吐きの最適形状および規模を示すことを目的とする。

3.2 模 型

改良設計案形状の模型は原案模型の貯水池水槽および下流河道地形を除いて原案と同様な方法と手段により縮尺 $= 1/31.25$ の木製加工で製作したものである。

模型は規定の位置にセットした後写真-39~41に示すように表面を合成樹脂塗料で滑らかに仕上げ塗装を施した。

3.3 実験内容

本実験における実験値と実物との相似律および水理量の計測方法等については全く原案実験と同様であるので省略し、実施項目について述べるとつぎに示すとおりである。

1) 常用および非常用洪水吐きの貯水位-放流量の関係を調査し、放流能力を調査するとともに放流特性を明らかにする。この場合、両者それぞれの単独放流と両者の同時放流について実施する。また、常用洪水吐きの縦断中心線上の圧力分布についても調査する。

2) 貯水池内の流況、流速等を調査し、洪水吐き前庭部の掘削形状の可否およびフィル堤体への影響を検討する。この場合の対象流量は計画最大放流量 $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、計画高水流量 $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、ダム設計洪水流量 $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ の3ケースとする。

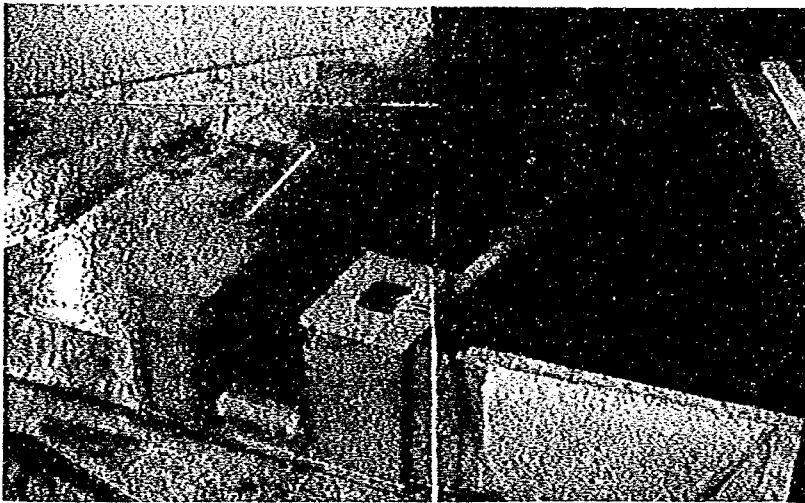


写真-39
洪水吐き流入部

写真-40
シュート部, 減勢工

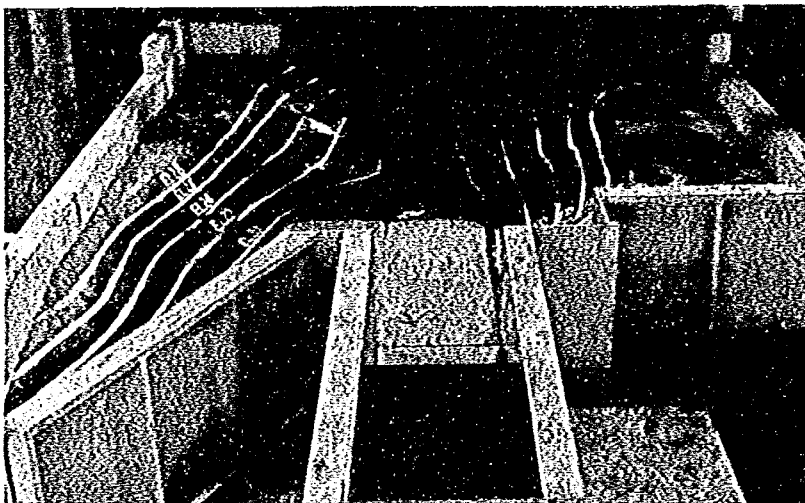
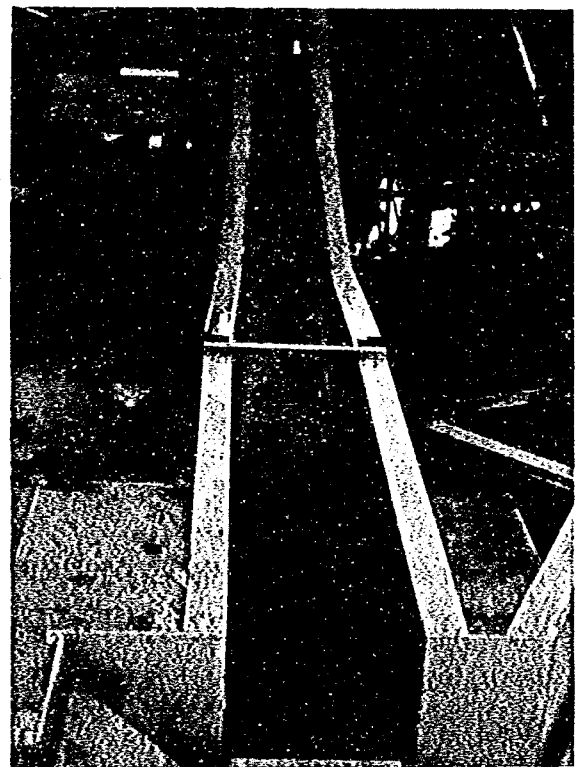


写真-41
下流河道

3) 側溝水路での流況および水位測定を実施し、問題点があれば対策を講じ流況の改善を図る。対象流量は(2)項と同様な3ケースとする。

4) 湾曲部、シュート部についても(3)項と同様な調査を行うとともに、シュート部の上下流に設置したすりつけ円弧上の圧力分布についても調査する。この場合も対象流量は(2)項と同様な3ケースとする。

5) 減勢工の減勢機能を調査し、適正な規模、形状を求めるとともに、下流河道内の流況、流速測定を実施し、護岸、護床工等の必要性について検討する。この場合も対象流量は3ケースとする。

また、下流河道の境界条件としては前年の水理実験結果と等流計算結果の平均値である $n = 0.04$ における下流水位を採用し、さらに、下流水位を与えない場合についても検証するものとする。

3.4 実験結果と検討

3.4.1 洪水吐きの放流量特性

洪水吐き改良設計案形状における流況ならびに貯水位～放流量の調査結果は図-26および表-8に示しておりであった。表-8に示す流量係数は前述の(1)式を用いて算出したものである。これらの実験結果から次のことが明らかになった。

- 1) 常用洪水吐きの測定結果を原案の標準型での測定結果と比較するとほとんど変わらず放流量 $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ の放流が可能である。
- 2) 設計洪水水位 E.L. 71.50 m で常用洪水吐きと非常用洪水吐きを合わせて $580 \text{ m}^3/\text{sec}$ の放流能力があり、設計条件に対して約 3.5% の余裕を持っている。しかし、それぞれの単独の同水位における放流量は常用で $242 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、非常用で $330 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり、両者の合計は $572 \text{ m}^3/\text{sec}$ となっている。この差は両実験での接近流速分布の差と考える。

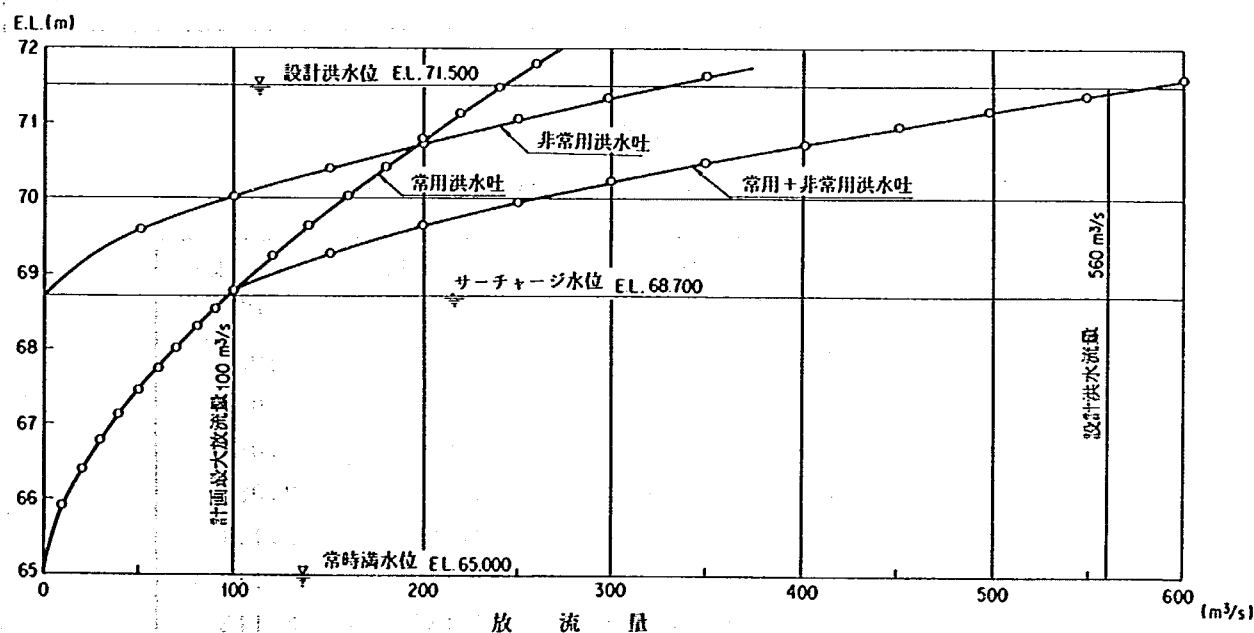


図-26 貯水位～放流量曲線

表-8 貯水位-放流量の測定結果

常用+非常用洪水吐き

常用洪水吐き

越流頂標高 E.L. 65.00 m 越流幅 7.00 m

貯水位 (EL.m)	放流量 (m^3/s)
65.919	9.8
66.388	20.2
66.756	30.0
67.116	39.9
67.438	50.2
67.719	60.1
67.006	69.9
68.284	80.8
68.525	90.6
68.759	100.5
69.253	150.1
69.619	199.3
69.938	250.0
70.219	299.7
70.469	348.8
70.713	400.7
70.950	450.4
71.166	497.9
71.375	547.6
71.397	600.0

貯水位 (EL.m)	越流水頭 (m)	放流量 (m^3/s)	流量係数 c	(9)式による c'
65.919	0.919	9.8	1.594	1.764
66.388	1.388	20.2	1.765	1.808
66.756	1.756	30.0	1.844	1.839
67.116	2.116	39.9	1.850	1.867
67.438	2.438	50.2	1.885	1.890
67.719	2.719	60.1	1.913	1.909
68.006	3.006	69.9	1.915	1.927
68.284	3.284	80.8	1.940	1.944
68.525	3.525	90.6	1.956	1.958
68.759	3.759	100.5	1.969	1.971
69.222	4.222	120.7	1.987	1.995
69.628	4.628	139.8	2.005	2.015
70.028	5.028	160.0	2.027	2.033
70.416	5.416	180.2	2.042	2.050
70.769	5.769	199.3	2.054	2.065
71.125	6.125	219.5	2.068	2.080
71.475	6.475	240.2	2.083	2.094
71.788	6.788	259.9	2.099	2.107

非常用洪水吐き

越流頂標高 E.L. 68.70 m 越流幅 33.00 m

貯水位 (E.m)	越流水頭 (m)	放流量 (m^3/s)	放流係数 c	(10)式による c'
69.572	0.872	50.2	1.869	1.883
70.016	1.316	99.9	2.005	1.985
70.394	1.694	150.1	2.063	2.049
70.738	2.038	199.3	2.075	2.089
71.056	2.356	250.6	2.100	2.111
71.341	2.641	298.1	2.105	2.118
71.616	2.916	349.9	2.130	2.113

3) 両洪水吐きの流量係数は越流水深に比例して増加し、設計水位 (= E.L. 71.50 m) 付近では両者ともに流量係数は $C = 2.1$ 程度である。

これらの越流水深と流量係数の関係を図化したのが図-27であり、両者の関係を最小自乗法により求めるとつぎのとおりである。

常用洪水吐きについては

$$C' = 0.000631 H^3 - 0.011952 H^2 + 0.115418 H + 0.166654 \dots\dots\dots (9)$$

ここに、 H は越流頂標高 E.L. 65.00 m を基準とする越流深 (m) で H の適用範囲は $1.5 \text{ m} < H$ である。

非常用洪水吐きについては

$$C' = -0.0727 H^2 + 0.38818 H + 1.59967 \dots\dots\dots (10)$$

ここに、 H は越流頂標高 E.L. 68.70 m を基準とする越水深 (m)

(9)式および(10)式に実験値での H を代入し C' の値を求め、先の(1)式によって放流量を求めた結果を表-8に示す。この結果、実験値との最大の差は越流水深の小さい適用範囲外の $H \approx 0.9 \text{ m}$ の場合を除外すれば $H \approx 1.4 \text{ m}$ の 2.3% で、その他の H では実験値との差は全て 1% 以内に納まっていることから、実際上の放流量を推定するには十分適用できるものと考えられる。

4) 両洪水吐きの自由越流堤は後述する常用の圧力分布と流況観察結果からダム設計洪水流量 $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以下では完全越流状態であることが確認できる (写真-48参照)。

5) 流況観察結果では非常用洪水吐き上流側ピアのコーナーが角形のため、流入形状損失によって水面の盛上りがわずかに見られるが問題にな

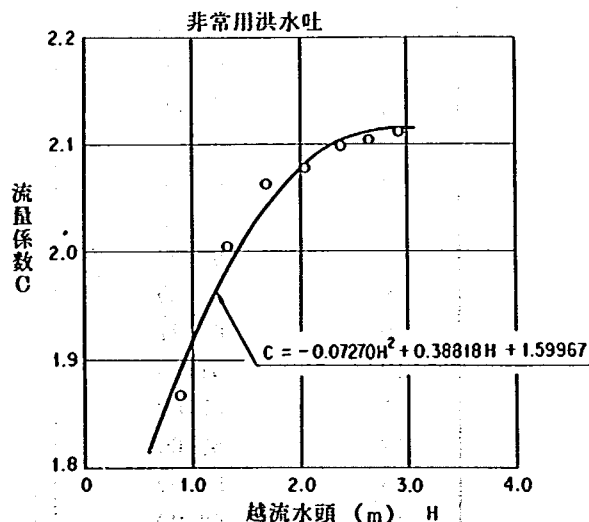
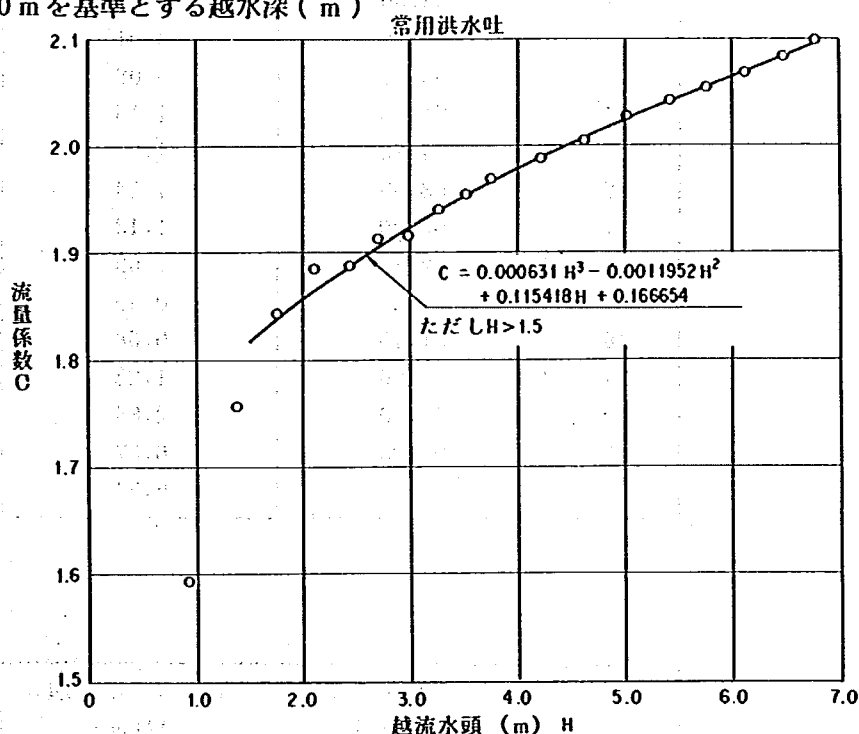


図-27 越流頂の流量係数と越流水深の関係図

るほど流況は悪くない。

3.4.2 常用洪水吐きの越流面圧力

常用洪水吐きの越流面の圧力は図-28に示す中央縦断測線の各位置で放流量が $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ および $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ の2ケースについて測定したものである。また、圧力の測定結果は同図および表-9に示すとおりで、

表-9 常用洪水吐き圧力測定結果

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測点位置標高 (E.L. m)	圧 力 水 頭 (水柱m)	ピエゾ水頭 (E.L. m)
1	63.50	4.98	68.48
2	64.56	3.01	67.57
3	65.00	3.08	68.08
4	64.63	1.16	65.79
5	64.22	1.28	65.50
6	63.68	1.14	64.82
7	63.00	1.13	64.13
8	62.20	1.09	63.29
9	61.27	0.45	61.72
10	61.15	0.68	61.83
11	60.00	1.22	61.22
12	59.00	2.84	61.84
13	58.00	6.67	64.67
14	58.00	6.54	64.54

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測点位置標高 (E.L. m)	圧 力 水 頭 (水柱m)	ピエゾ水頭 (E.L. m)
1	63.50	7.56	71.06
2	64.56	4.16	68.72
3	65.00	1.13	66.13
4	64.63	1.43	66.06
5	64.22	1.11	65.33
6	63.68	1.12	64.80
7	63.00	1.35	64.35
8	62.20	1.93	64.13
9	61.27	2.21	63.48
10	61.15	4.24	65.39
11	60.00	6.58	66.58
12	59.00	8.41	67.41
13	58.00	9.47	67.47
14	58.00	10.05	68.05

図中の圧力は各測点の平均圧力水頭を表わすもので、測点No13およびNo14は勾配変化点のわずかな上下流面の両勾配面に鉛直に埋設したピエゾ管の圧力である。これらの測定結果から明らかなように、各測点の圧力は両ケースともすべて正圧である。

また、100 m³/sec 放流のケースでは測点No10、560 m³/sec 放流では測点No 8 より下流で圧力が上昇傾向を示しているが、前者では勾配変化点で流れが急変するための圧力上昇で、後者は跳水現象による静水圧分布と考えられる。

3.4.3 洪水吐き前庭部の流況

原案と同様に前庭部の図-29に示す各測点で前述の放流条件3 ケースでの流速分布と流向の測定を実施した。測定結果は図-30、31および表-10に示すとおりであり、測定結果は原案と同位置の常用洪水吐き呑口前面の中央測点No 7 の水深方向B測点でいずれの放流条件でも流速が最大値となり、その値は100 m³/sec 放流時で0.5 m/sec、300 m³/sec 放流時で3.6 m/sec、560 m³/sec 放流時で5.3 m/sec、フィル堤体面上の測点No18~20での最大流速値は0.8 m/sec程度である。また、その他の測点の流速値は1.5m/sec以下におさまっている。これらの結果から常用洪水吐きの最大流速値は原案に比べ放流量が大きいケースで

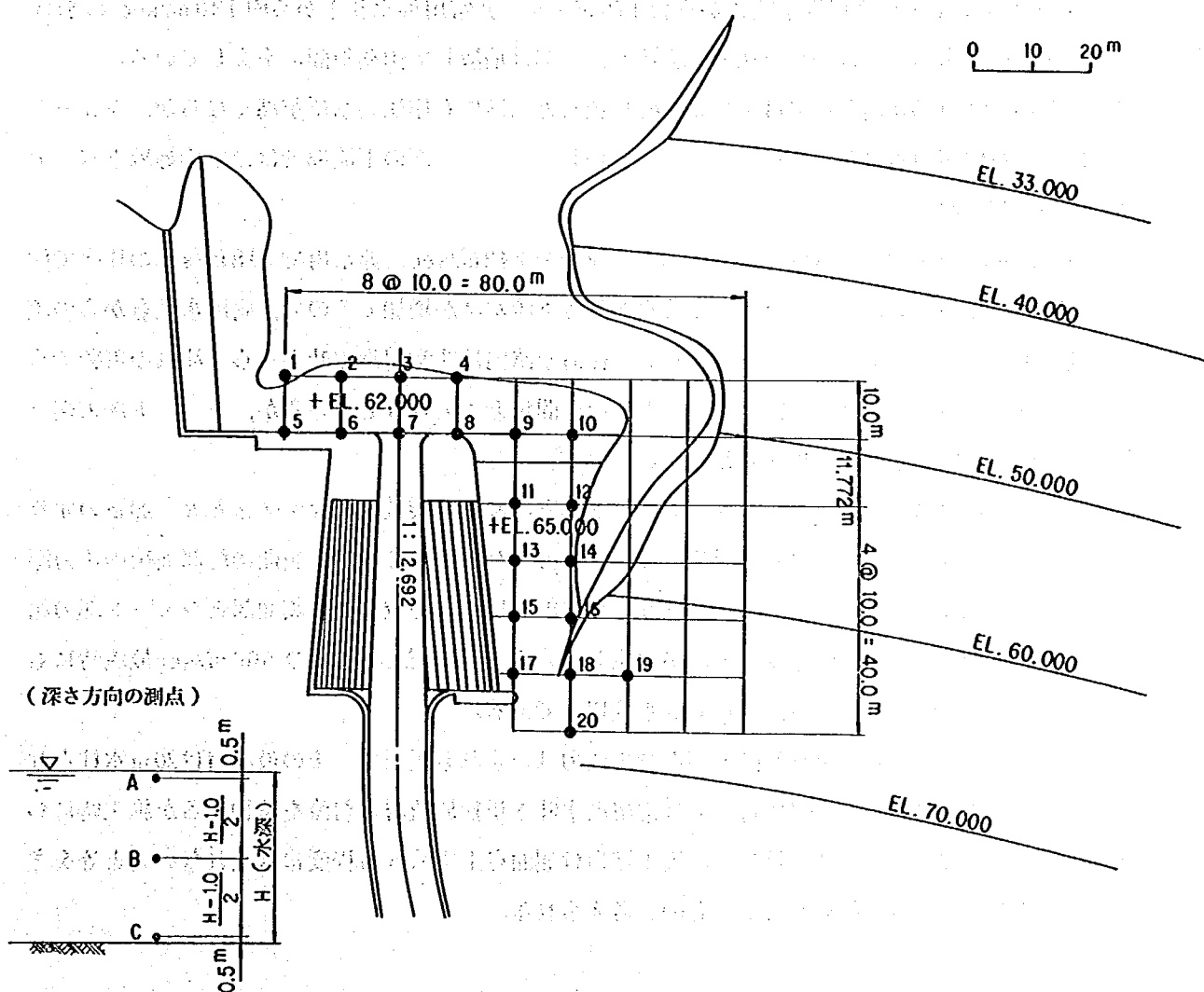


図-29 前庭部の流速測定位置図

若干大々くなっているがフィル堤体上の流速値は原案とほとんど同程度である。このことから、改良設計案での洪水吐きの配置位置および前庭部の掘削断面形状で問題がないものと判断できる。

3.4.4 側溝水路、湾曲部およびシュート部の流況

側溝水路、湾曲部およびシュート部での各放流量時の流況および縦横断面での水面形の測定結果は図-33 a~34 c, 表-11 a~11 c, 写真-42~50に示すとおりである。図-33 a~33 f までは縦断水面形図-34 a~34 c までは横断水面形を表わしている。これらの水面形の測定断面の断面Noと測定位置の関係は図-32に示すとおりである。

これらの流況観察および測定結果からつぎのことが明らかとなった。

(1) 常用洪水吐き単独放流の $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流では、クレストからの流れは射流となり、湾曲部で遠心力が働くため横断水面形は右岸側が高い水面勾配となるが、シュート部中間点(測点No17断面)付近から下流の流れはほぼ均等流となっている。(写真-43参照)。

改良設計案では原案に比べ湾曲部の曲率半径を大きくし、湾曲部の水路勾配を水平としたことによってシュート部始端における偏流の影響はかなり改善されている。(写真-8と43参照)

(2) 放流量 $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ では常用洪水吐きから約 $170 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、非常用洪水吐きから約 $130 \text{ m}^3/\text{sec}$ の放流量比率であるが、側溝水路内ではほぼ直交状態で合流し、一部は飛散して山側斜面に衝突している。

図-34 bから明らかなように湾曲部では $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時と同様に右岸側の水位が高くなるが、シュート部の上流では逆に左岸側の水位が高くなっている。しかし、シュート部の下流部ではほぼ均等流となっている(写真-45~47参照)。

(3) 放流量 $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ では両洪水吐きからの流量は常用で $242 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、非常用で $318 \text{ m}^3/\text{sec}$ の比率で側溝水路末端の断面紋りの効果によってセキ上げ背水が効き下流水深が増加するので、両洪水吐きからの流れは填流拡散による減勢効果が期待できる。しかし、側溝水路内は非常用洪水吐きからの流れの影響でらせん流状態となり、この回転流れの影響がシュート部の中間付近まで残存しているが、シュート部末端ではほぼ均等流となっている(写真-48~50参照)。

(4) 設計原案では湾曲部とシュート部およびシュート部と減勢工の接続部に $R=50 \text{ m}$ と $R=20 \text{ m}$ のすりつけ円弧を挿入してあったが、本実験では円弧を設けずに行った。この2ヶ所の屈曲接続部前後の圧力測定結果は図-35 a~35 c および表-12 a~12 c に示すとおりで、 $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時に湾曲部とシュート部の屈折点直下流の測点No 4 で 0.6 m 水柱程度の負圧が発生している。 $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ および $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時にも同測点で負圧が発生しているが、その値は 0.1 m 水柱以下である。

また、シュート部と減勢工の屈曲点前後の測点での圧力はいずれも正圧で、その最高値は 20 m 水柱となっている。これらの結果から、上流側に対しては常用洪水吐き単独放流時の射流を緩和するか施工時にわずかな面取りを入れる方法、下流側に対しては施工継目は屈曲点上下流 5 m 程度には入れないこと等を考慮すればすりつけカーブを設けなくともよいものと考えられる。

3.4.5 側溝水路および湾曲部の流況改善策

これまで述べてきたように、洪水吐きの改良設計案での問題点としては側溝水路部および湾曲部に若干の流況改善の余地があることが判った。これらの問題点と改善手段を整理するとつぎのことがいえる。

1) 放流量 $300\text{ m}^3/\text{sec}$ 程度以下の側溝水路内の流況を改善する。この場合、あわせて常用洪水吐き単独放流における導水路内の射流を常流状態とし、シュート部の流れをより均等化する。

2) 1)項の改善策として、側溝水路内で合流時に飛散しない程度の下流水深が得られるシルを設けせき上げを行う。このシル高はダム設計洪水流量 $560\text{ m}^3/\text{sec}$ に対し、常用洪水吐きが完全越流状態を保つ高さとする。

3) 各放流条件に対して湾曲部およびシュート部の流れが均一になるようにシルの位置と向きを決める。

そこで、ダム設計洪水流量 $560\text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時に常用洪水吐きが完全越流状態を維持できるシル高を検討したところ、シル高は 2 m が

限度であることが判明したので、シル高を 2 m として以下の検討を行った。

①改善第1案

図-36に示す位置にシルを設けた。この場合の放流量3ケースでの湾曲部およびシュート上流部の水面形の測定結果は図-37 a~38 c、表-13に示すとおりである。

流況写真-51~59に示すように $100\text{ m}^3/\text{sec}$ および $300\text{ m}^3/\text{sec}$ 放流ではシル設置の効果が見られ、湾曲部およびシュート上流部の流れはほぼ均一となり、シル前面での流れは射流から常流状態で $300\text{ m}^3/\text{sec}$ 合流時の水脈の飛散もなくなっている。しかし、放流量が $560\text{ m}^3/\text{sec}$ のケースでは流況写真-59

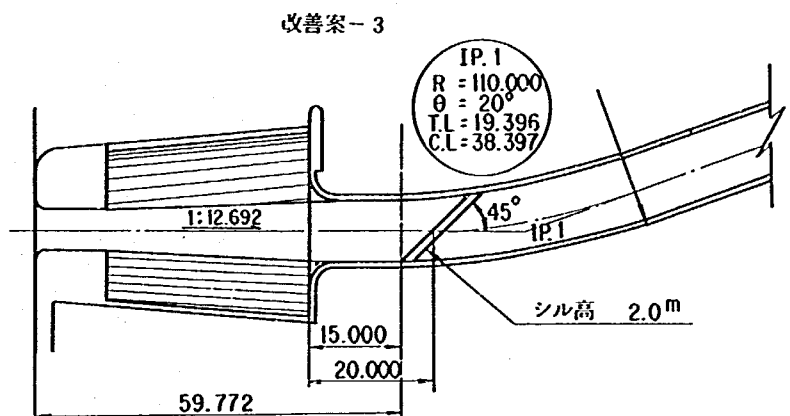
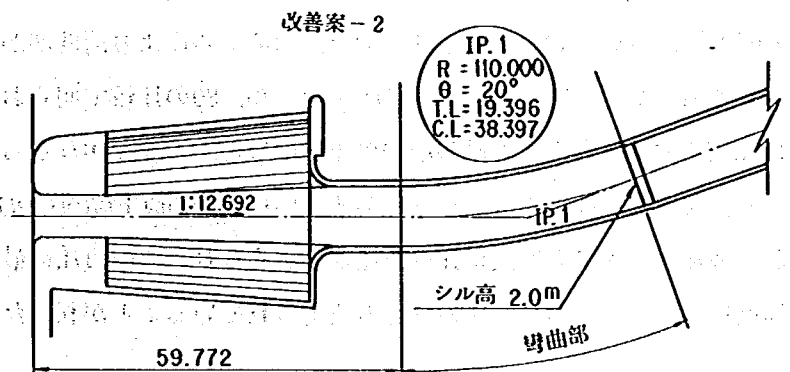
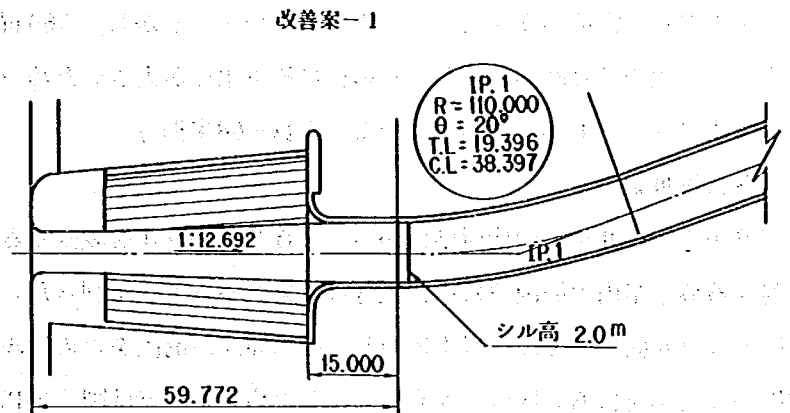


図-36 導流部シルの設置位置図

に示すように、シル前面で水脈が盛り上がり湾曲部およびシュート部に偏流が見られ水面変動も大きくなり、この変動がシュート部まで残っている。

②改善策Ⅱ案

このケースは図-36に示すように湾曲部下流端にシルを受けた場合で、Ⅰ案と同様な測定結果は図-39a~40c、表-14に示すとおりである。

流況写真-60~68と図-39a~39cに示すように、側溝水路内の流況はいずれの放流ケースでも安定した流況が得られる。湾曲部では流況写真-57~60および図-40a~40bに示すように放流量が $100\text{ m}^3/\text{sec}$ と $300\text{ m}^3/\text{sec}$ のケースではシルのせき上げ効果により上流側で跳水による減勢が行われ、流れの支配断面がシル上となり、常流の安定した流れとなっている。しかし、 $560\text{ m}^3/\text{sec}$ のケースでは流れの支配断面がシルより上流側の絞り断面で生じ、その後は流下水深が大きいためシルの効果が無く、湾曲部で生じる偏流がそのままシュート部に向かっている（写真-68参照）

③改善策Ⅲ案

改善策Ⅰ案とⅡ案での検討結果から、高さ2mのシルを設置することによって $300\text{ m}^3/\text{sec}$ 以下の放流量に対する導水路内の流況改善には大きな効果があることが判った。しかし、放流量の支配断面が側溝水路末端の絞り断面となる流量以上に対しては湾曲部の偏流をこのシル高では消去できないが、このシル高は常用の完全越流状態を保つ限界高でもあるため、Ⅲ案では図-36に示す位置に斜めシルを設置した。

これまでと同様に各放流量に対する水面形の測定結果は図-41a~42c、表-15に示すとおりである。これらの図と流況写真-71~77に示すとおり、斜めシルにより湾曲部からシュート部までの流況は最も効果的に改善されている。しかし、流況写真-78、79、80の比較で明らかのように放流量が $560\text{ m}^3/\text{sec}$ のケースでは原案も含めて各案とも減勢池内の流況はほとんど変化がなかった。

また、Ⅲ案で湾曲部とシュート部のすりつけ屈曲点直下流の圧力は図-35bおよび表-12bに示すようにいずれの放流ケースでも原案に比べ負圧が小さくなり、この負圧の最大値は $100\text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時で -0.1 m 水柱程度にとどまっており、圧力状態も改善されていることが判った。



3.4.6 減勢工の流況

減勢工形状は原案と同様に掘込みの水平水叩き跳水式で、その諸元は下記のとおりであるが、湾曲部に改善策Ⅲ案に示した斜めシルを設置してある。

減勢工の諸元

水叩き面標高：E.L. 13.00 m

水平水叩き長：58.00 m

減勢工幅：15.00 m

掘込み深さ：6.50 m

導流壁の高さ：17.00 m（天端標高E.L. 30.00 m）

以上の諸元と斜めシル設置後の減勢工内の流況と水面形の測定結果は写真-75～77，図-43 a～43 cおよび表-11 a～11 cに示すとおりである。

これらの結果から、減勢工内の流況を述べるとつぎのとおりである。

- 1) 流入量が100 m³/secでは跳水が段上り手前30m付近で終り、平面渦も見られずその後は常流のおだやかな流れとなっており、何ら問題がない流況である（写真-81参照）
- 2) 流入量が300 m³/secでは同様に段上り手前約10mで終了し、段上り下流の流れは常流の均等流となっているが、瞬間的にかかなり大きな水面変動が生じる場合がある（写真-82参照）
- 3) 流入量が560 m³/secでは、減勢されない高速潜流が段上り前面まで達しており、減勢池内の水面変動が非常に激しくなっている（写真-83参照）。この水面変動の最高値は表-11 cに示すように、計画導流壁高E.L. 30.00 mより約1 m高くなっている。

以上のように、計画減勢工は流入量が300 m³/sec程度まではほぼ完全減勢に近い満足できる状態であるが、ダム設計洪水流量560 m³/secでは減勢池内の流況が極端に悪くなることが判った。したがって、以後の実験は主に流入量560 m³/secに対して減勢池内の流況が安定する形状について検討を加えた。この場合、掘込み深さについては560 m³/secのケースでも水叩き始端に露出射流が現われていないことと基礎岩盤の掘削量との関係から6.5 mおよび減勢工幅15.0 mは原則として変更しないものとした。

3.4.7 減勢工改造案

(1) 減勢工規模の検討

ここでは、減勢工の水平叩き長さ（ L ）と段上り高（ D ）を変更した次表の実験ケースについて検討を行った。

実 験 ケ ー ス	減 勢 工 諸 元	検 討 流 量
CASE-1	$L = 58.0 \text{ m}$, $D = 6.5 \text{ m}$ バケットカーブあり	560 m ³ /sec
CASE-2	$L = 68.0 \text{ m}$, $D = 6.5 \text{ m}$ バケットカーブなし	560 m ³ /sec
CASE-3	$L = 58.0 \text{ m}$, $D = 8.5 \text{ m}$ バケットカーブなし	560 m ³ /sec

以上の3ケースの検討結果はつぎのとおりである。

1) CASE-1

このケースはシュート部と減勢工との接続部にバケットカーブ ($R = 20.0 \text{ m}$) を設置した場であるが、流況写真-No84 に示すように跳水によるローリング渦がはっきりせず、相変らず水位変動が激しい。減勢池内の水位変動の測定結果は図-44 a および表-16 a に示すとおりで、水位変動は各測点の瞬間的な最高値と平均値を求めたものであるが、バケットカーブ無しの同一条件の実験値に比べ水位変動はむしろ助長され、計画導流壁高 E L. 30.0 m を越波する量も増大している。

したがって、この減勢工では、バケットカーブが減勢効果に寄与するものではないと考えられるので、以後の実験では全てバケットカーブは設置していない。

2) CASE-2

このケースは L を 10 m 長くした場合であるが、流況写真-85 に示すように、跳水の始端が水平水叩き始端にはほぼ一致しており、高速潜流は段上りまで達し、減勢池内の水面変動が激しい。このケースでの減勢池内の水位変動は図-44 b および表-16 b に示すとおりで、やはり計画導流壁高を越波している。

3) CASE-3

このケースは段上りを 2 m 嵩上げて 8.5 m とした場合でその分だけ下流水深が深くなり CASE-1, 2 に比べて減勢池内の流況はやや改善されている (写真-86 参照)。しかし、水位変動の測定結果である図-44 c および表-16 a でも明らかなように、変動幅についてはこれまでのケースと大差なく、最高水位は計画導流壁高を大きく上回る結果となっている。

以上の結果から、減勢池内の水位変動は L を変えてもさほどの効果は期待できず、 D を高くすると流況的には改善されるが、導流壁高が高くなり、掘込みの掘削量も増大することになる。

そこで、 D を変えずに補助構造物を設置することによって、流況の改善を図ったのが次に示すシュートブロック案による実験ケースである。

(2) シュートブロック案

減勢池内の跳水が不安定で水位変動が激しい場合、効果的な減勢を得るひとつの方法として、シュート面の最下流に図-45 に示すようなシュートブロックを設置して射流を分断することによって流れのかく乱を助長し、減勢を増大させる方法がある。

ここでも、この方法を採用した次表に示す3ケースについて検討を加えた。

実 験 ケ ー ス	減 勢 工 諸 元	検 討 流 量
CASE-4	$L = 58.0 \text{ m}$, $D = 6.5 \text{ m}$ シュートブロックあり	$560 \text{ m}^3/\text{sec}$
CASE-5	$L = 63.0 \text{ m}$, $D = 6.5 \text{ m}$ シュートブロックあり	$560 \text{ m}^3/\text{sec}$
CASE-6	$L = 68.0 \text{ m}$, $D = 6.5 \text{ m}$ シュートブロックあり	$560 \text{ m}^3/\text{sec}$

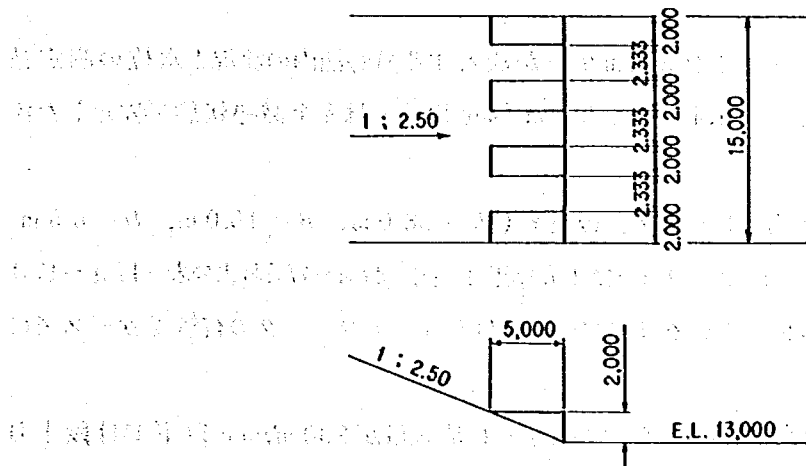


図-45 シュートブロック形状図

これら3ケースの検討結果はつぎに示すとおりであった。

1) CASE-4

このケースは流況写真-87~88および水位変動の測定結果である図-46 a, 表-16 bに示すように, シュートブロックを設置したことにより, 減勢状態がかなり改善され, 水位変動も小さくなり, 最高水位は計画導流壁の高さ以内に納まっている。

2) CASE-5

このケースは流況写真-89~90および図-46 b, 表-16 c で明らかなように, CASE-4 に比べてさらに減勢効果が認められ, 減勢池内の水位変動幅も小さくなっている。

減勢池内の流況は, 跳水始端付近でやや不安定であるが, 段上り下流の流れはほぼ均一な安定した流れとなっている。

3) CASE-6

このケースは, CASE-5 とほとんど同様な減勢状態で, 水位変動の測定結果である図-46 d, 表-16 d に示すように, L を長くしたことにより減勢池内の水位はCASE-5 に比べ全体的に低下し, 最高水位で計画導流壁高E.L. 30.0 m に対して約1 mの余裕が見られる。しかし, 写真-91~92に示すように, 跳水の始端がシュートブロック上となりブロックに対する衝撃が心配される流況である。以上, シュートブロックを設置した各ケースともダム設計洪水流量 $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して効果的な減勢が期待でき, 減勢池内の水位変動も計画導流壁高以下に納まっている。

これらの結果から, 減勢工の適正規模はいずれの場合も採用可能であるが, ここでは, CASE-4 より若干水位変動が少なくシュートブロックへの衝撃圧を考慮して, $L = 63.0 \text{ m}$ で図-45に示したシュートブロック設置案が最良と考えられた。

この場合, 減勢池の導流壁高は17 m程度が必要である。しかし, シュートブロック案での問題点は, すべての放流量に対してシュートブロックが露出することなく, 跳水の巻き込みによって大気をかなり水中に取り込めるが, ブロックの表面は 20 m/s 以上の高速流にさらされるため, かなり損傷を受け, 補修が

利かないことである。

CASE-5 の減勢工形状で $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ および $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ が流入する減勢池内の流況と水位の測定結果は写真-93~94, 図-46c および表-16c に示すように, $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以下では完全減勢状態で安定した流況が得られる。

次に段上りの前面と上面に作用する圧力分について, 改良案 ($L = 58.0 \text{ m}$, $B = 15.0 \text{ m}$, $D = 6.5 \text{ m}$, シュートブロックなし) と CASE-5 の両タイプで調査した結果は, 図-47a~47d および表-17a~17d に示すとおりであった。ただし, CASE-5 のタイプについてはシュートブロックの有無 2 ケースでの $560 \text{ m}^3/\text{sec}$ 流入時だけの測定とした。

これは, 改良案の測定結果である図-47a~47b で明らかなように流入量が $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以下では段上り前面の圧力は静水圧分布とほとんど同じ値であることと, シュートブロック案では前述した流況の改善が確かめられているためである。

図-47d に示したように, CASE-5 のシュートブロックを設置した場合と設置しない場合での比較では段上り前面の圧力は両者でほとんど変わらず, 横断的にはわずかに左岸側の圧力が大きいといえる。また, ここでの平均圧力値と改良案 (図-47c) との比較でも圧力的にはほとんど同じ値である。

図-47d に示した最大圧力値の分布傾向から, 段上りに作用する圧力は, E.L. 30.0 m から各標高を差引いた圧力値で近似できるものと考えられる。したがって, 段上り底面の前面では $\text{E.L. } 30.0 \text{ m} - \text{E.L. } 13.0 = 17 \text{ ton/m}^2$, 段上り天端の前面で $\text{E.L. } 30.0 \text{ m} - \text{E.L. } 19.5 \text{ m} = 10.5 \text{ ton/m}^2$ の範囲である。

段上り上面の圧力は天端コーナー付近を除いては正圧分布となっている。

以上のように, 段上りの圧力測定結果からはシュートブロック設置による圧力の差異は認められなかった。

したがって, CASE-5 のシュートブロックを設置しない場合でも, 減勢池内の流況が多少悪化するものの, シュートブロックの損傷等を考えれば次善の策として採用可能と考えられる。そこで, このケースについて, 減勢池内の水位変動を容量式波高計によって連続測定した結果の代表例が図-48a~48c に示す水位変動のサイクル図である。図中の横軸時間は実物での時間を表わしている。

この図に示す測定横断は図-32と同様で, 断面No35は測定全断面の中で水位変動が最も高くなる断面で, 断面No38は段上り手前 5 m の横断を示す。このサイクル図で明かなように, 平均水位は減勢工の下流に向かって高くなり, No38横断付近で最も高いが, 水位変動高での最高値はNo35横断の右岸側で, その値は計画導流壁高 E.L. 30.0 m を約 2 m 超えている。

しかし, 左岸側についてはサイクル図の越波時間から E.L. 30.0 m を超える越波量はわずかであることが判るが, 左岸導流壁の裏側はロック盛立面であることと実物での空気混入による流積の増大を考慮すると, このケースを採用案とする場合, 導流壁高は E.L. 31.0 m 程度が必要と考える。

3.4.8 下流河道の流況

下流河道の実験は, 減勢工形状を CASE-5 の形状とし, 下流水位は粗度係数を $n = 0.04$ とした等流水位と下流水位を与えない両ケースについて検討した。また, 対象流量は $100 \text{ m}^3/\text{sec}$, $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ および

560 m³/sec の3 ケースである。

以下の下流河道内の水位、流速および流向の測定結果は図-49 a~49 h、表-18 a~18 b および表-19 a~19 c に示すとおりで、その結果から、つぎのことが明らかになった。

1) 流量が 100 m³/sec では、流況写真-95~96 に示すように、下流水位の違いによる流況の差異はほとんどなく、河道内の流れは常流で流下している。

流速は減勢工の中心線が速く、その最大流速は下流水位設定の場合で 2~3 m/sec、下流水位設定しない場合で 3~4 m/sec である。河道の左岸側は減勢工からの流れの死水域となり、ゆるやかな逆流が生じているが、全体的にスムーズな流れである。

2) 流量が 300 m³/sec では、流況写真-97~98 に示すように、下流水位設定の場合の方が減勢工中心線に沿った安定した流況となるが、下流水位設定しない場合は流れは左岸沿いとなる。

河道内の流速の最大値は横断測線 No 2 付近で 6 m/sec 程度である。河道の左岸側は 100 m³/sec のケースと同様に逆流が生じている。

3) 流量が 560 m³/sec では、流況写真-99~100 に示すように、減勢工を出た流れの方向は下流水位設定の場合は減勢工中心線に沿って流下するが、下流水位を設定しない場合は 300 m³/sec 放流時よりさらに左岸沿いを流下する。

河道内の流速の最大値は、下流水位設定の場合は 7 m/sec 以下に納まっているが、下流水位無しの場合では流速値が 1 割程度増加している。

河道内の流況は、射流状態で生じる衝撃波が発生した流れとなっている。また、図-46 d と 49 h に示すように、河道内の横断水面形は下流水位に無関係に変動しており、横断測線 No 2~No 4 は右岸、No 5~No 6 では左岸へのはい上がりが見られる。

3.4.9 ま と め

洪水吐きの改良設計案での検討結果をまとめるとつぎのとおりである。

1) 洪水吐き前庭部の地形掘削形状は、常用洪水吐きに対して E.L. 62.0 m、非常用洪水吐きに対しては E.L. 65.0 m で適切と判断できる。また、洪水吐きの配置位置は改良案位置としても前庭部およびダム堤体上流面に対する影響は全く心配がない。

2) 常用および非常用洪水吐きの放流能力は、図-22~23 に示した形状で計画最大放流量およびダム設計洪水量ともそれぞれサーチャージ水位および設計洪水水位で放流可能である。

この実施案は、原案に比べ洪水吐き形状の施工を簡便にし、非常用洪水吐きの越流幅を 3 m 縮小したものである。また、常用洪水吐き両側の橋脚はコンクリート量が多大であるので軽減可能と考えられる。

3) 側溝水路部は、図-22 に示した絞り形状と水路勾配で設計洪水流量 560 m³/sec 以下を支障なく流下できる。

4) 湾曲部の最大の難点は導流水が湾曲部の外周に集中し、シュート部へ均等に導流できないことであるが、この改善策として湾曲部始端に高さ 2 m の斜めシルを設置することによってほとんど解消できる。また、この斜めシルは側溝水路の 300 m³/sec 以下の流況改善にも有効に働いている。

5) シュート部の導流壁高と形状は、図-25に示す形状で560 m³/sec以下を越水することなく導流可能である。

シュート部の上下流の接続円弧は設置せずとも圧力および流況的に問題にはならない。ただし、上流側については、多少の面取りを入れた方がより安全と考えられる。

また、シュートの拡幅形状は、流線の剥離がなく適切と判断できる。

6) 減勢工は安全性を重視し、 $B = 15.0 \text{ m}$ 、 $L = 63.0 \text{ m}$ 、 $D = 6.5 \text{ m}$ 掘込み敷高EL. 13.0mおよび導流壁天端高EL. 31.0mを実施規模とする。この規模で流入量が300 m³/sec以下では完全減勢が得られ、560 m³/secに対しても左岸側導流壁からの越波はほとんどないものと思われる。

また、段上りに作用する圧力は18ton/m²が設計動水圧と見なせる。

7) 下流河道は、設計最大放流量100 m³/sec以下では河道内の流速値から河床洗掘および側方浸食の心配はほとんどないものと判断される。しかし、大流量では相当の河床洗掘が予想されるが、この対策と手段は現地の状況判断により決定される。

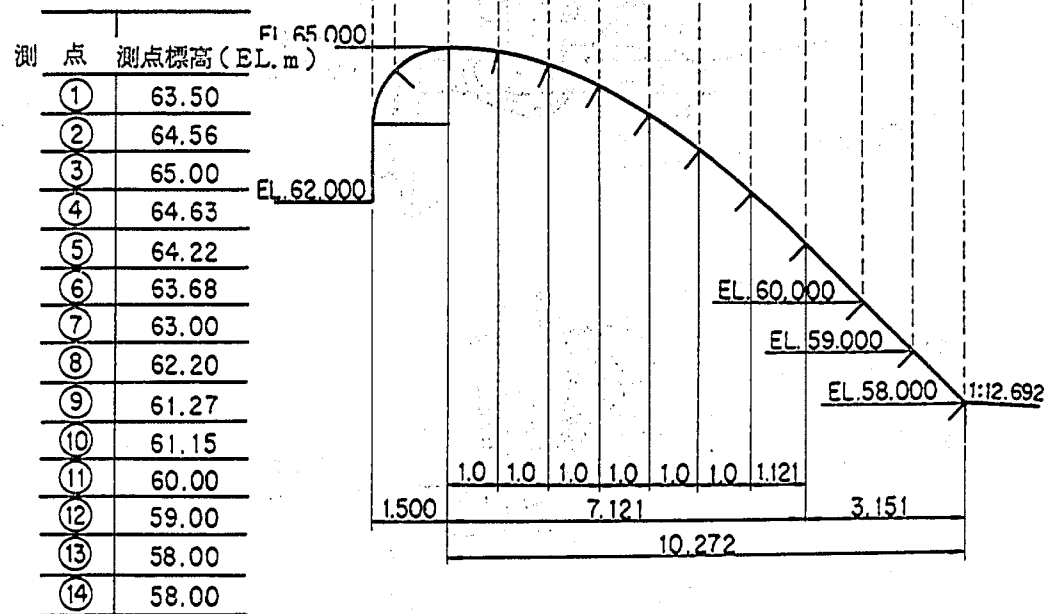
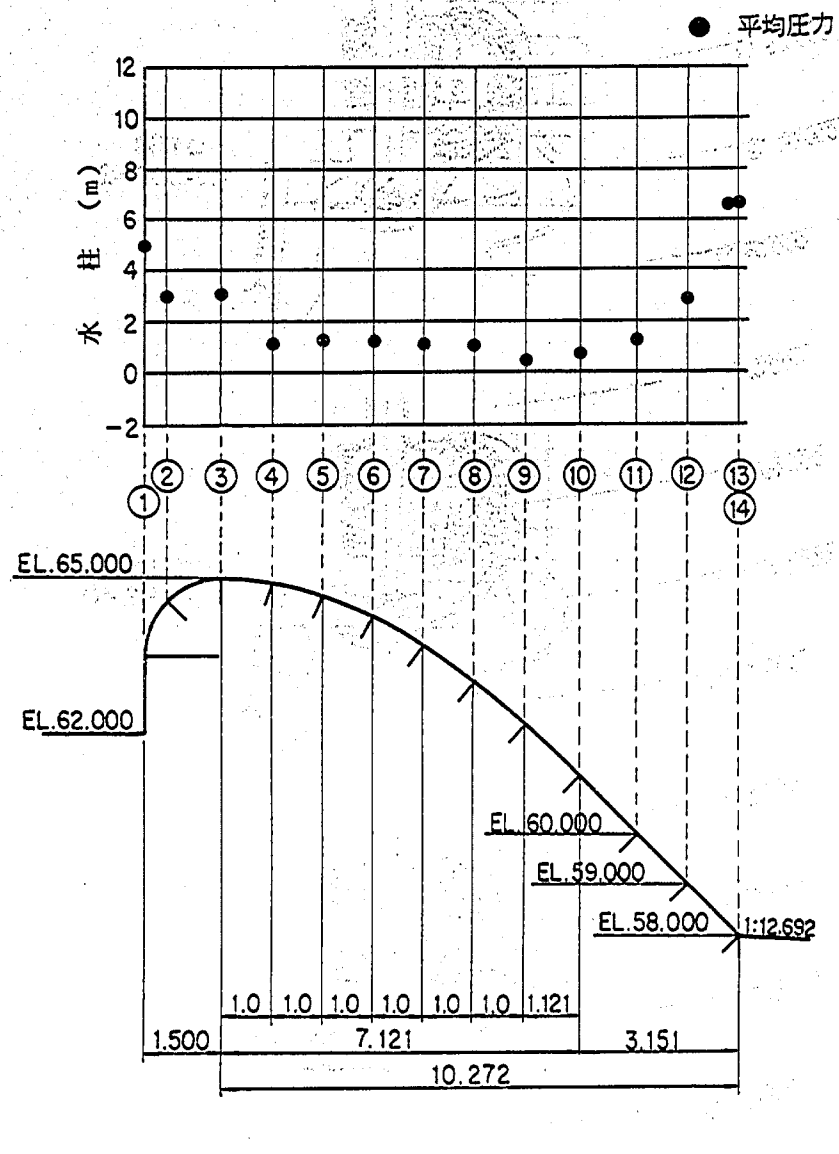


図-28 常用洪水吐きの圧力測定位置と圧力分布図

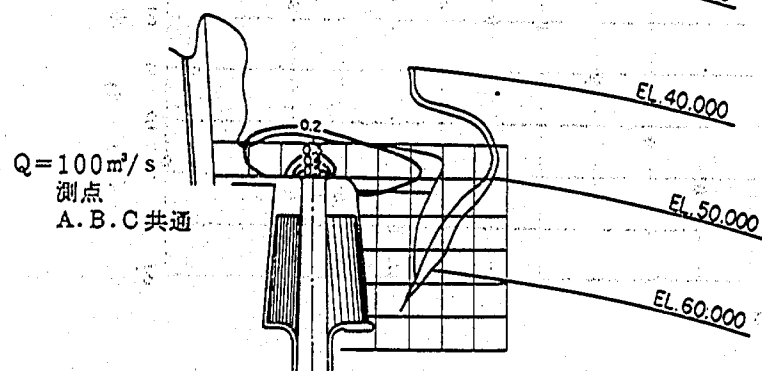
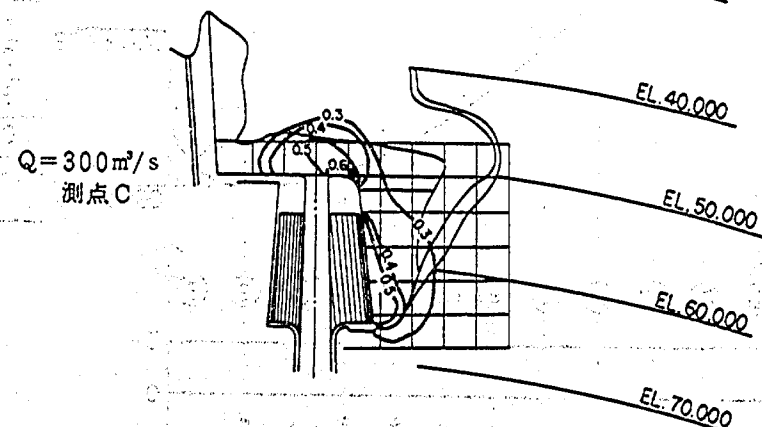
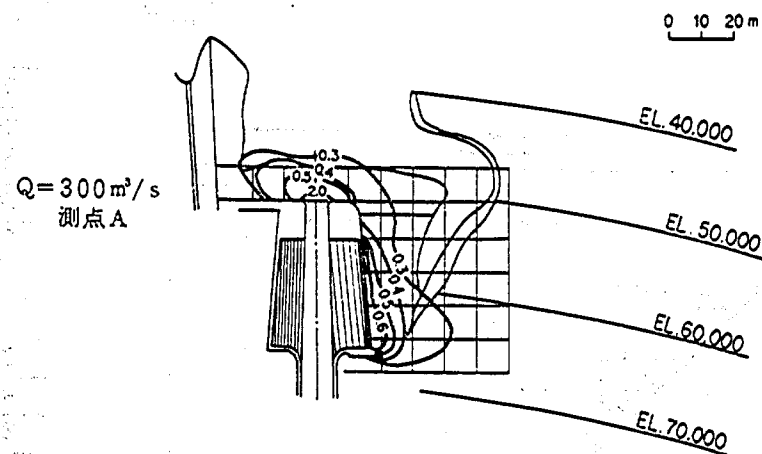
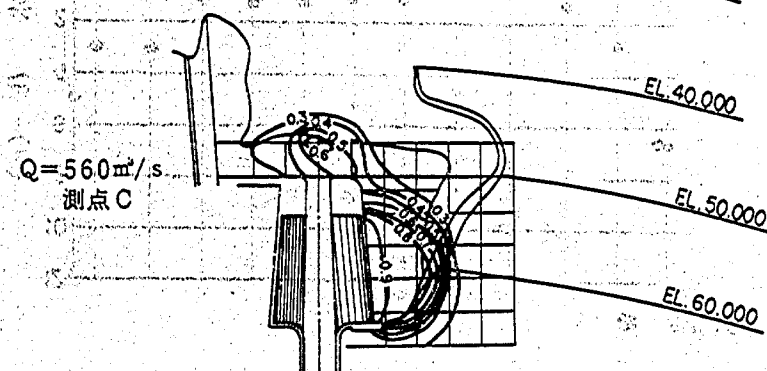
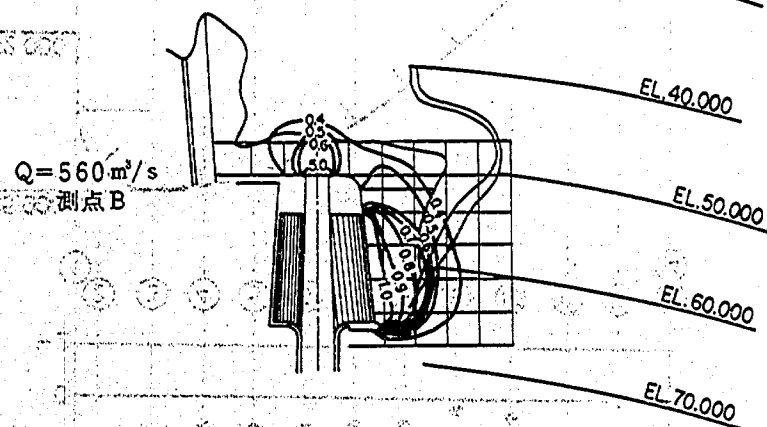
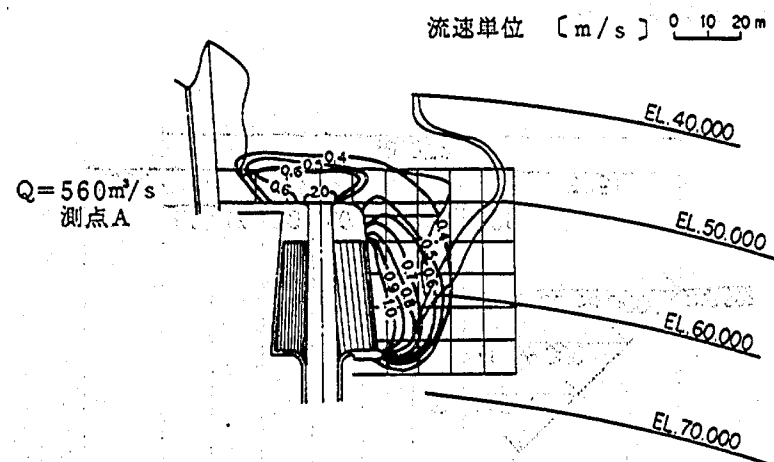


図-30 前庭部の流速分布図

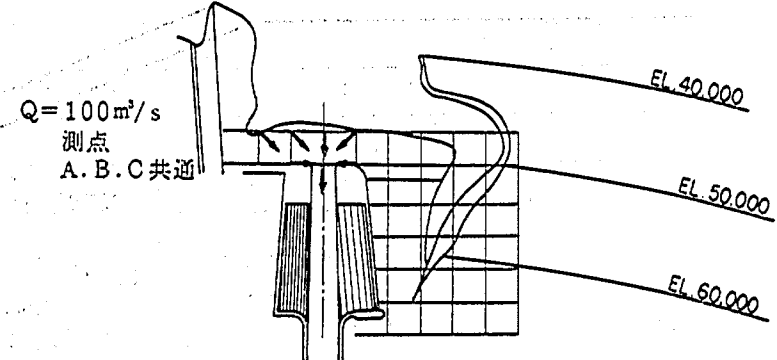
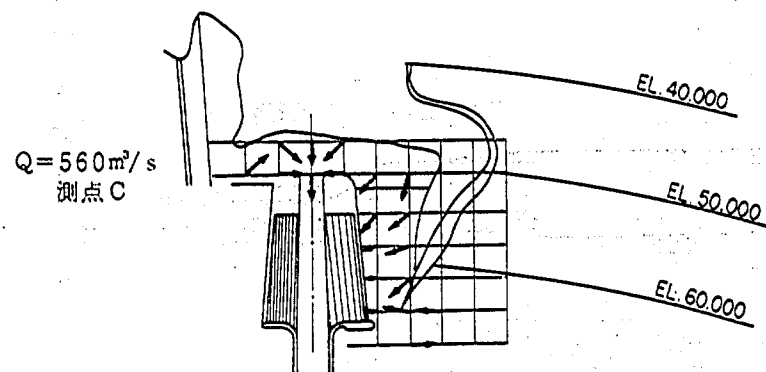
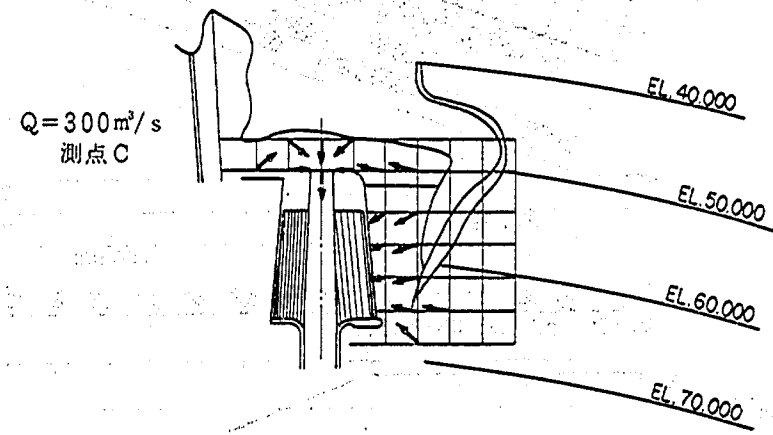
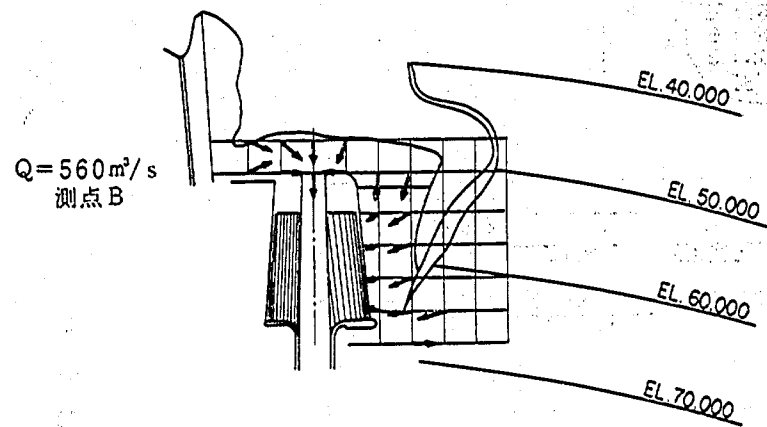
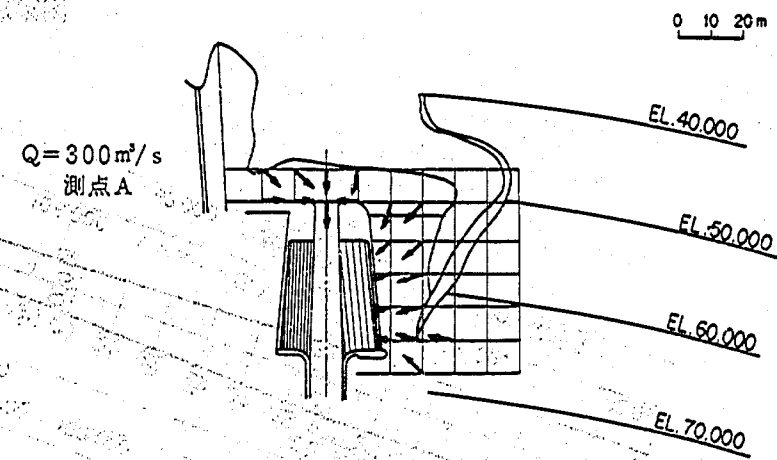
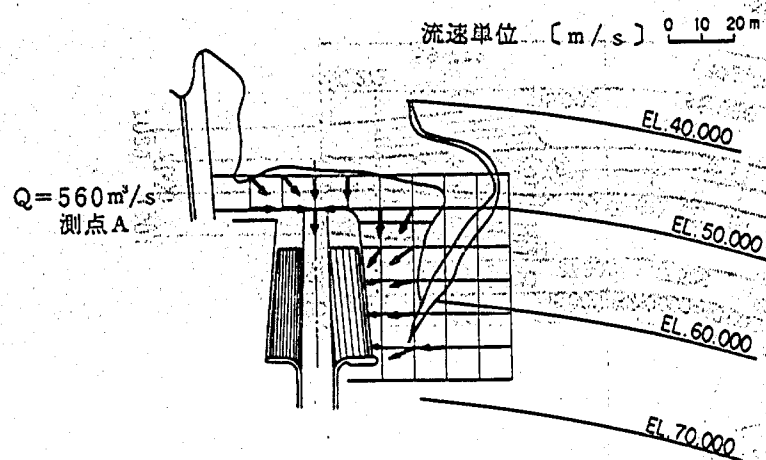


図-31 前庭部の流入流線の流向図

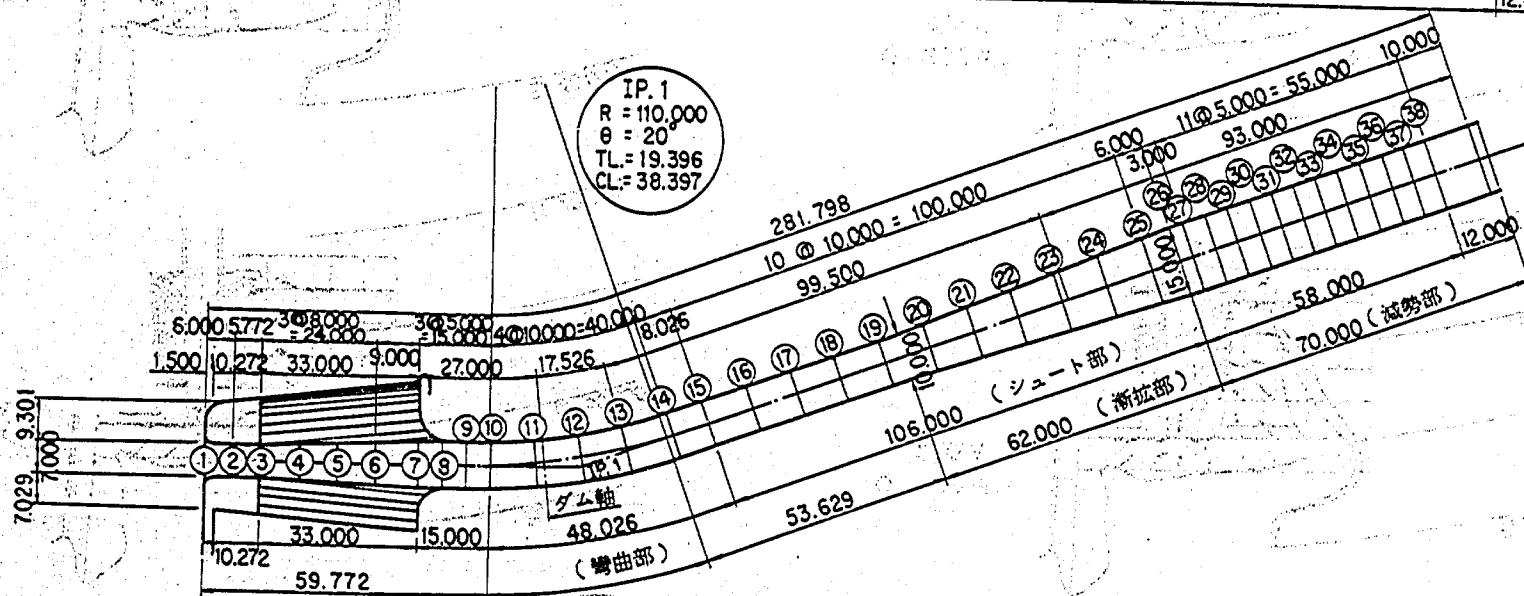
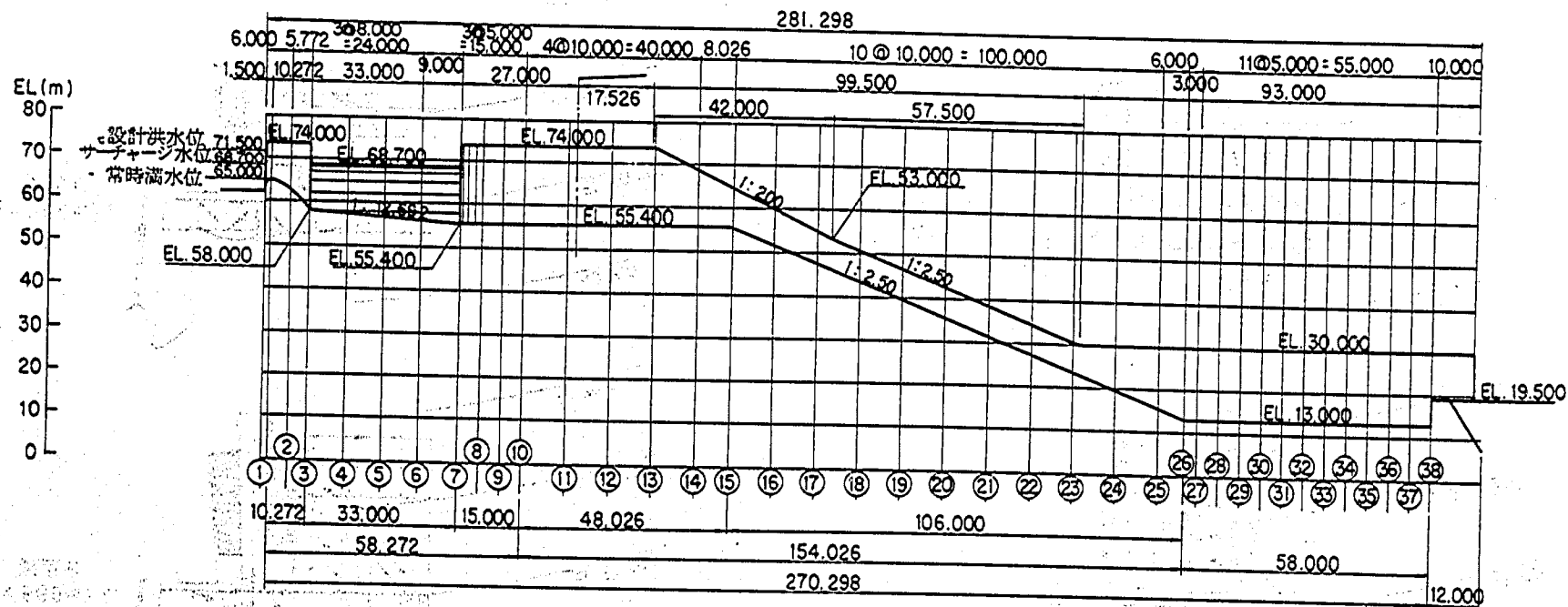


図-32 水位測定位置図

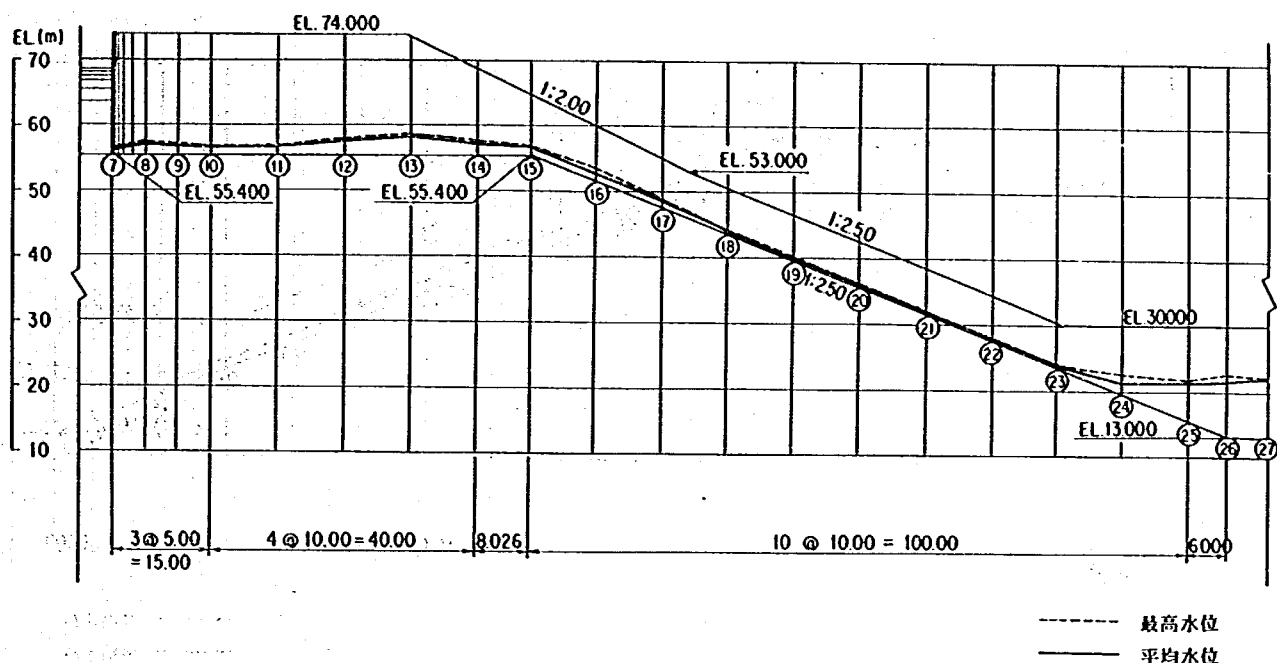


图- 33 a 导水路水位纵断面图 ($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, 右岸侧壁沿)

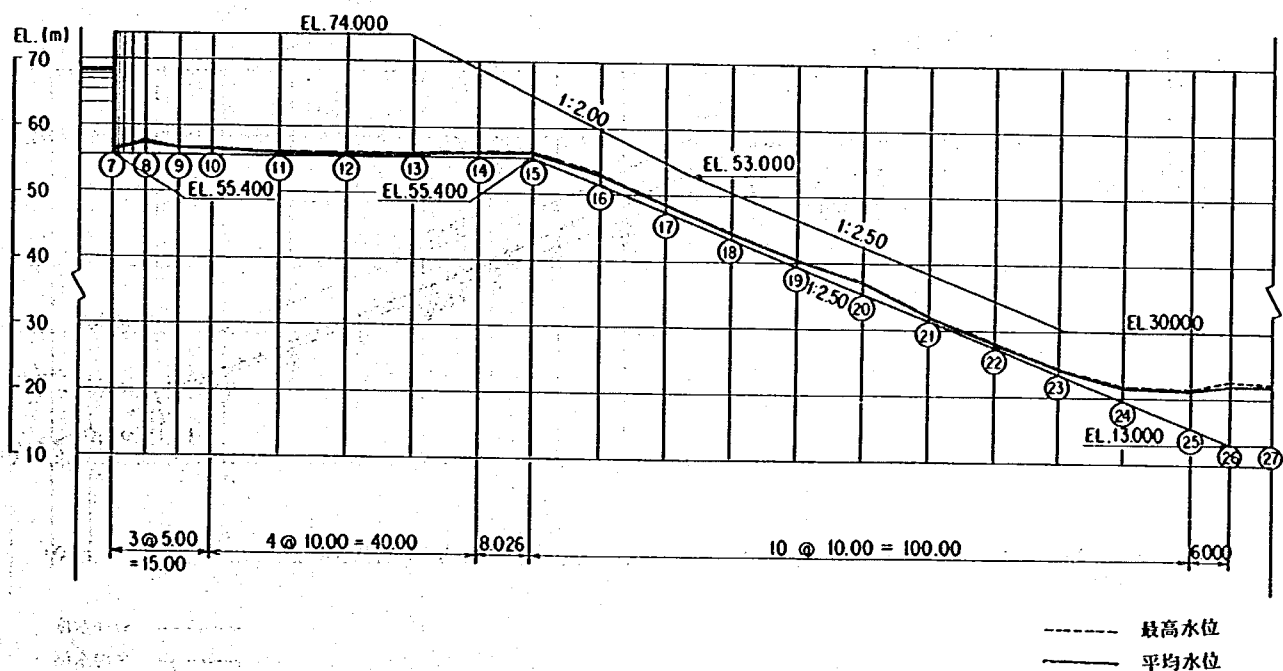


图- 33 b 导水路水位纵断面图 ($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, 右岸侧壁沿)

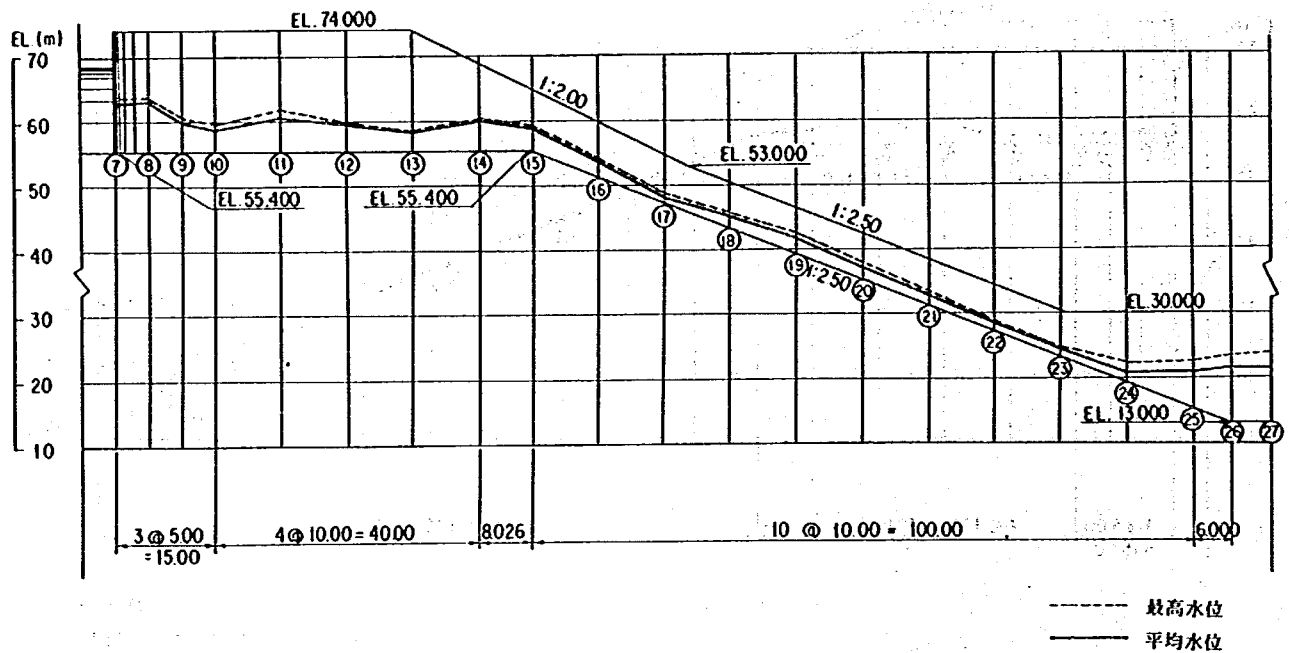


图-33c 导水路水位纵断面图 ($Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, 右岸侧壁沿)

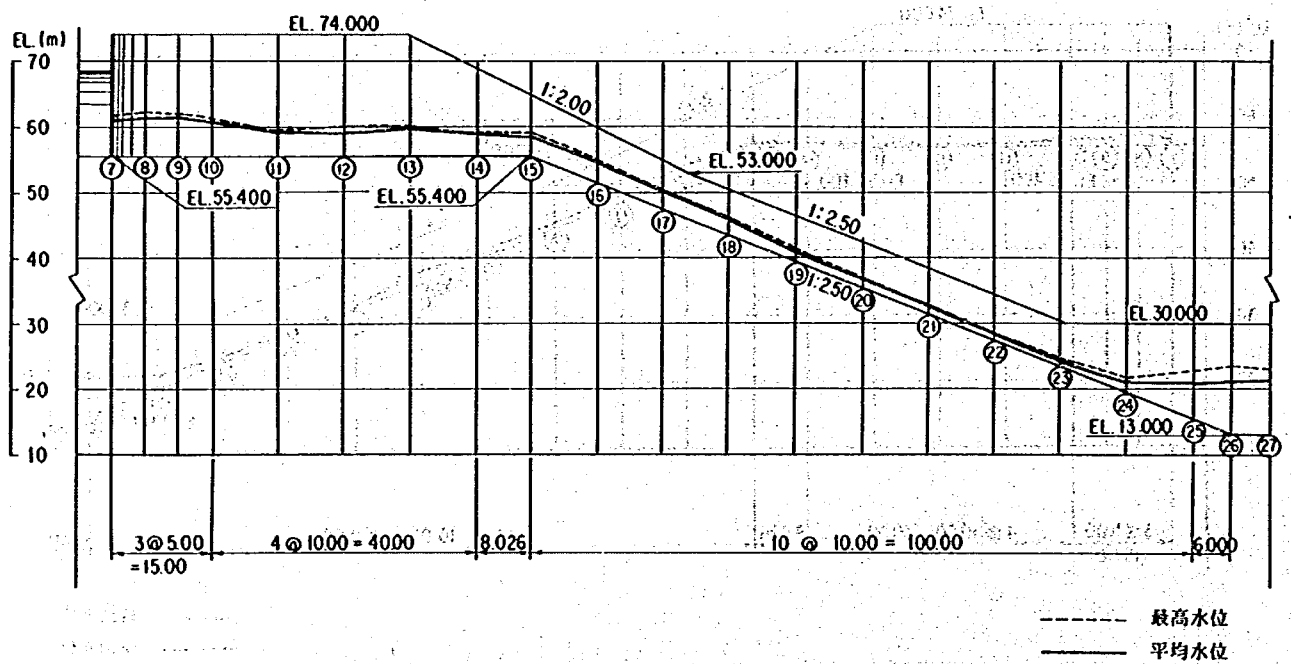


图-33d 导水路水位纵断面图 ($Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, 左岸侧壁沿)

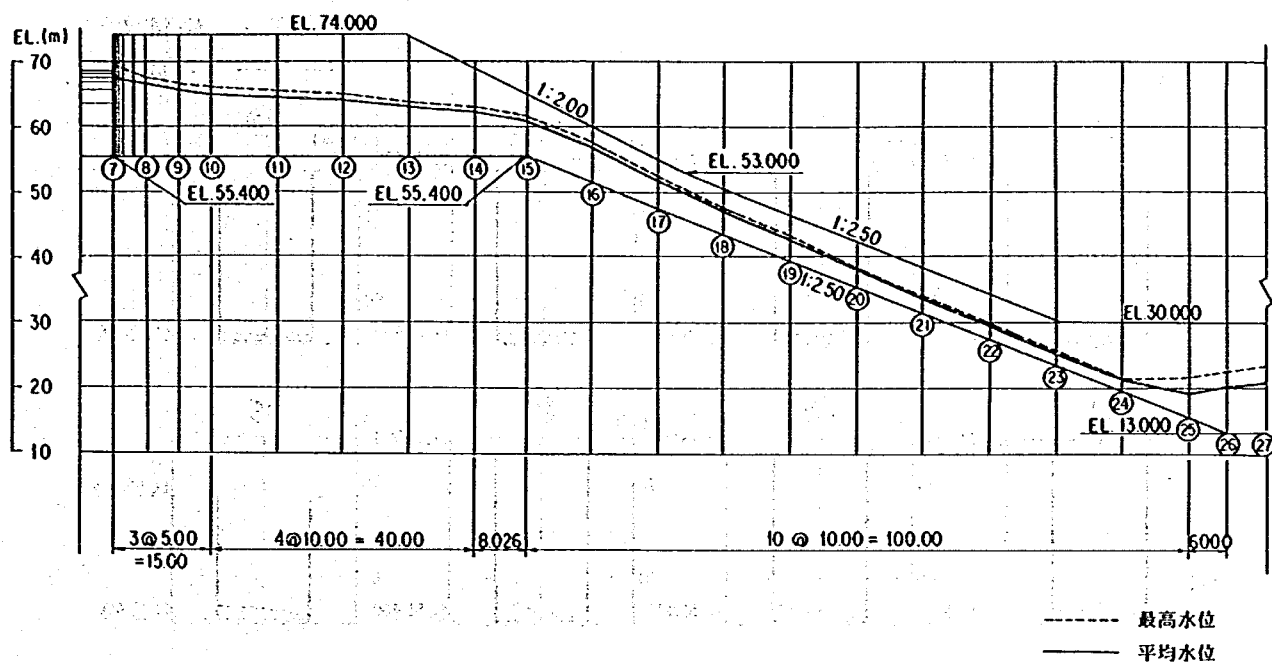


图- 33 e 导水路水位纵断面图 ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, 右岸侧壁沿)

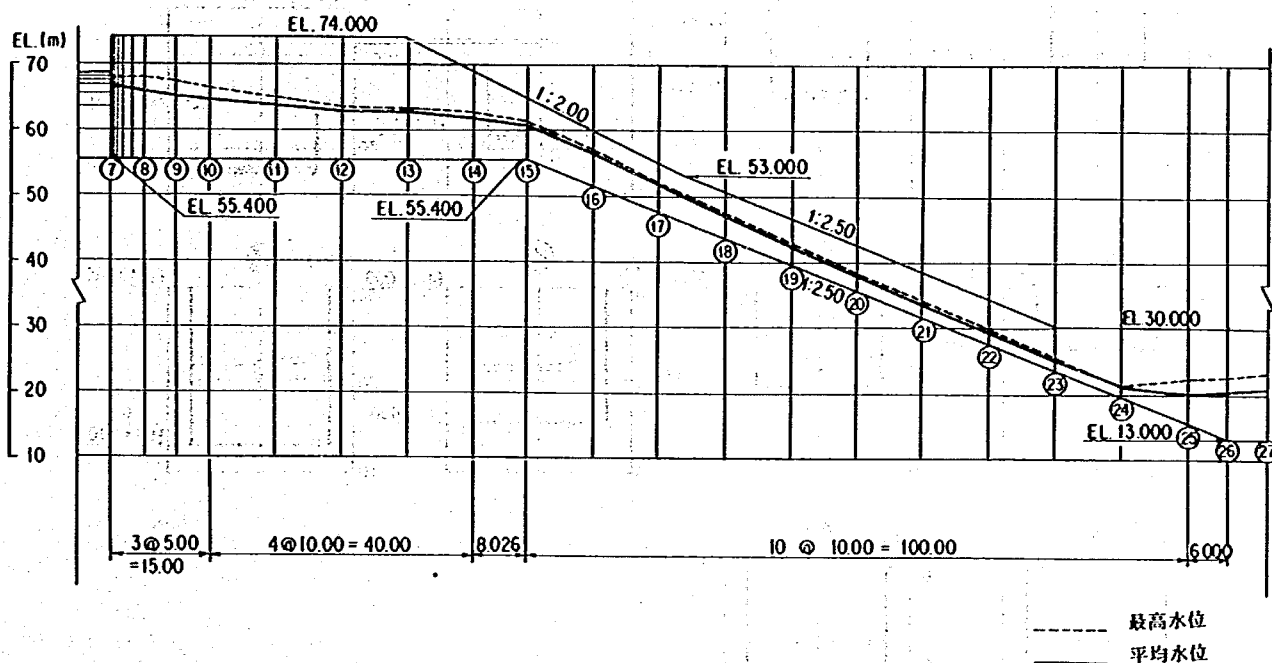


图- 33 f 导水路水位纵断面图 ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, 左岸侧壁沿)

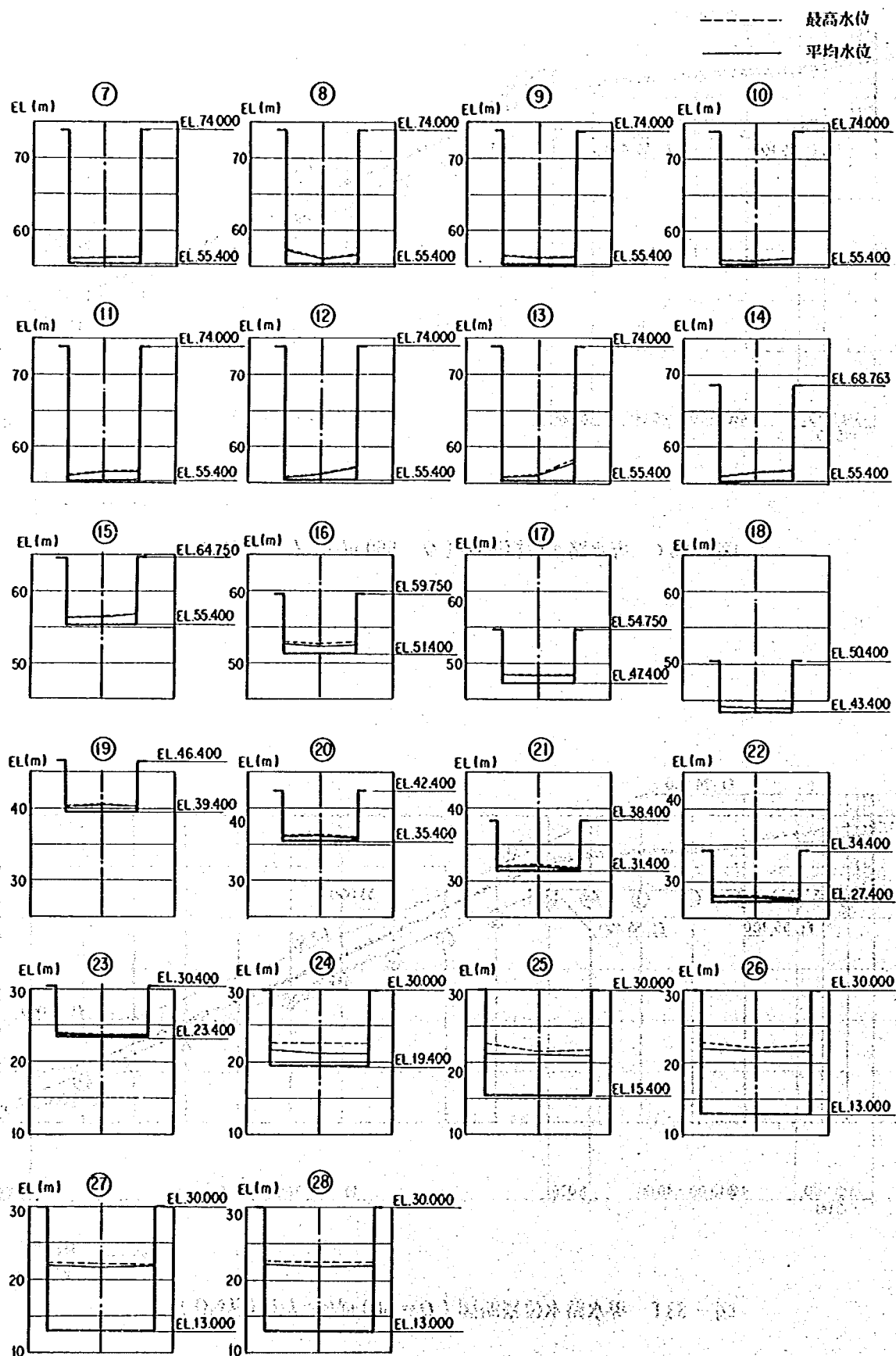


図-34 a 導流部及びシュート部水位横断面図 ($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

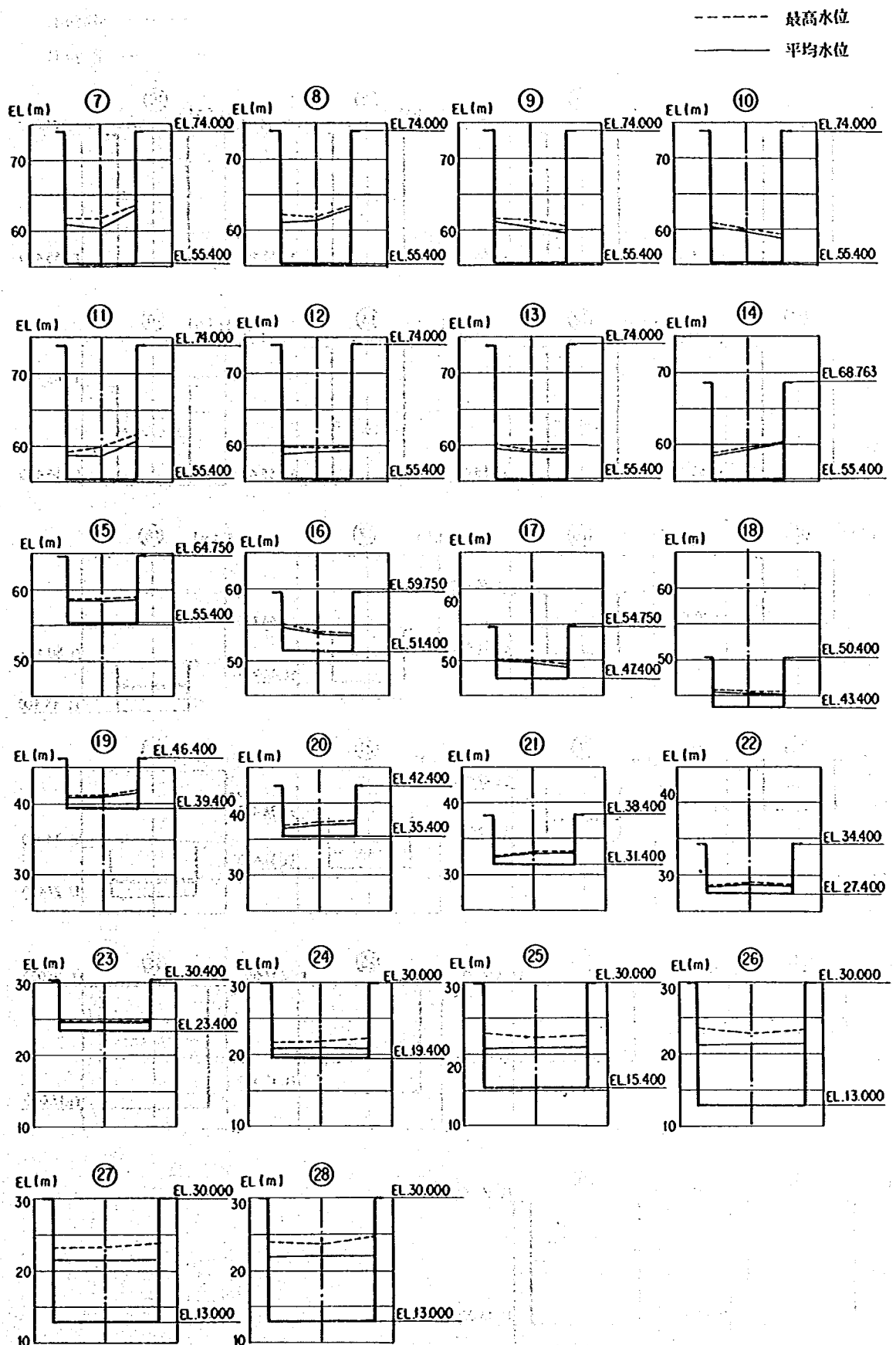


図-34b 導流部及びシュート部水位横断面図 ($Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

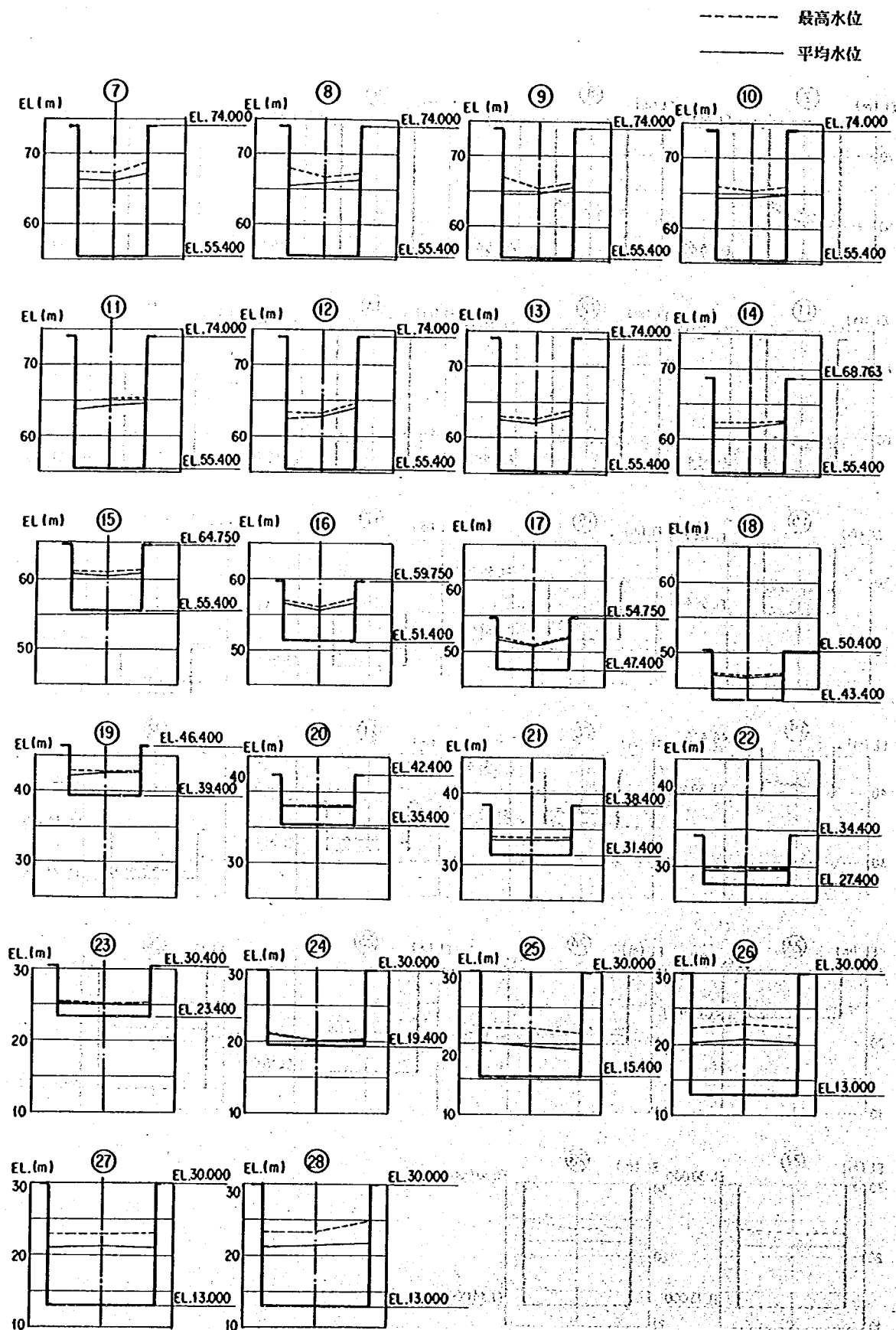


図-34c 導流部及びシユート部水位横断面図 ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

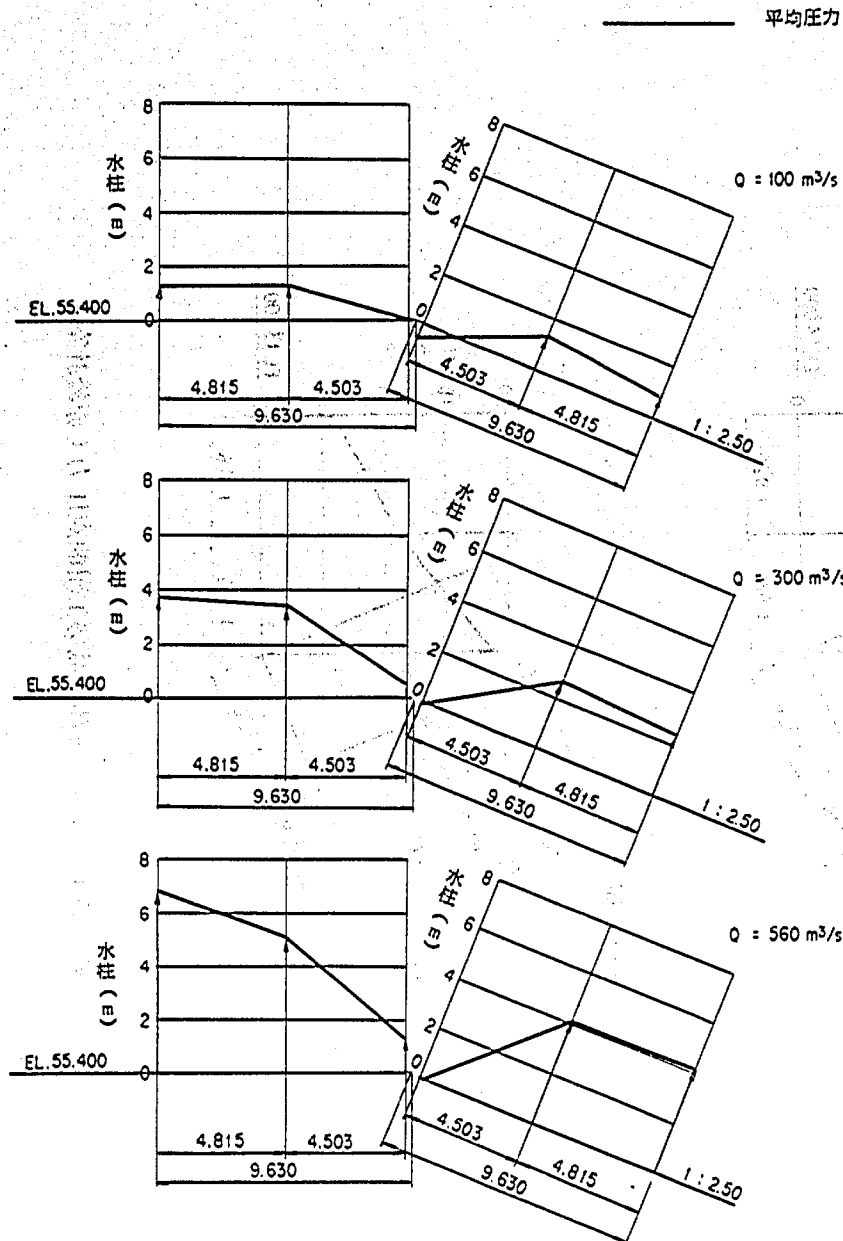


図-35 a 導流部～シュート部屈曲点圧力 (改良設計案)

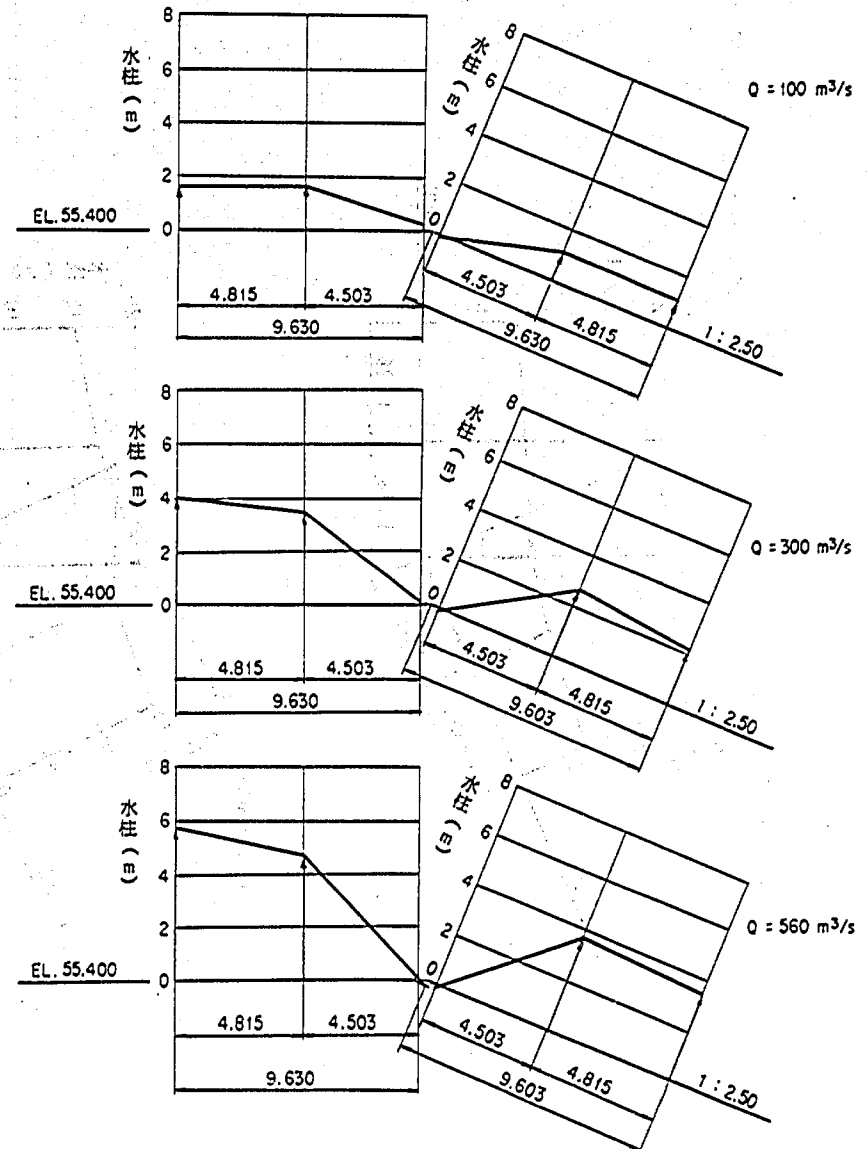


図-35 b 導流部～シュート部屈曲点圧力 (斜めシル案)

—— 平均圧力

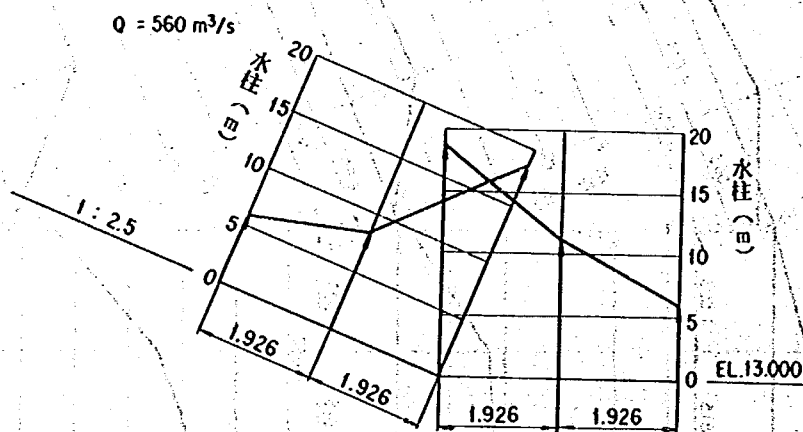
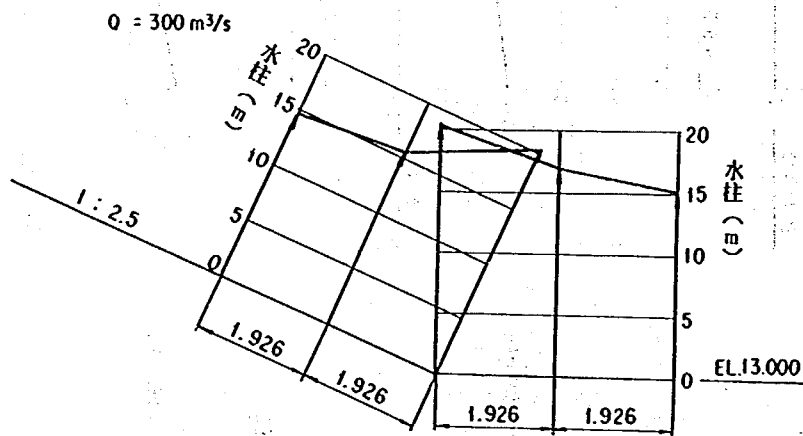
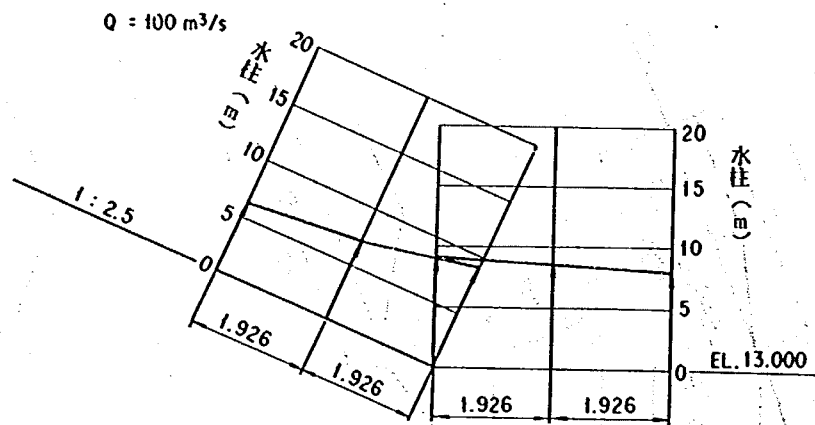


図-35 c シュート部～減勢工屈曲点圧力 (原設計案)

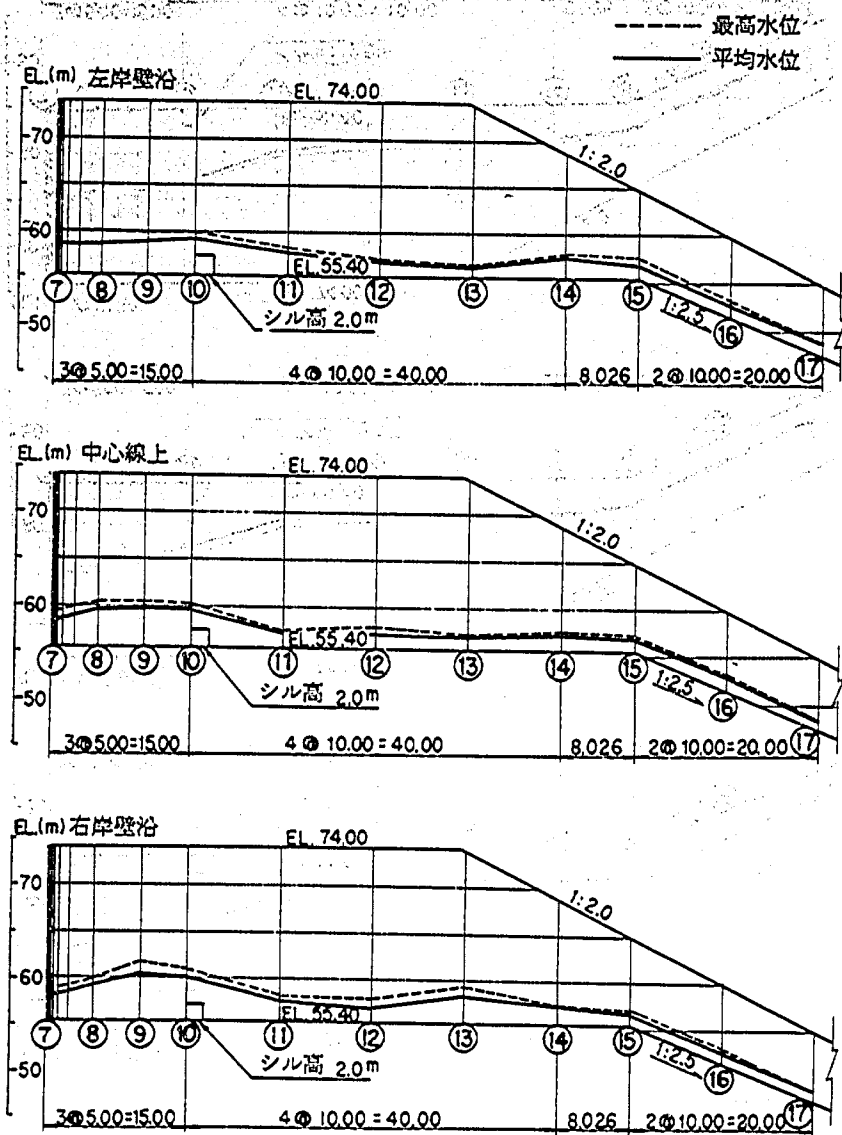


図-37a 導流部水位縦断 (改造案-1, $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$)

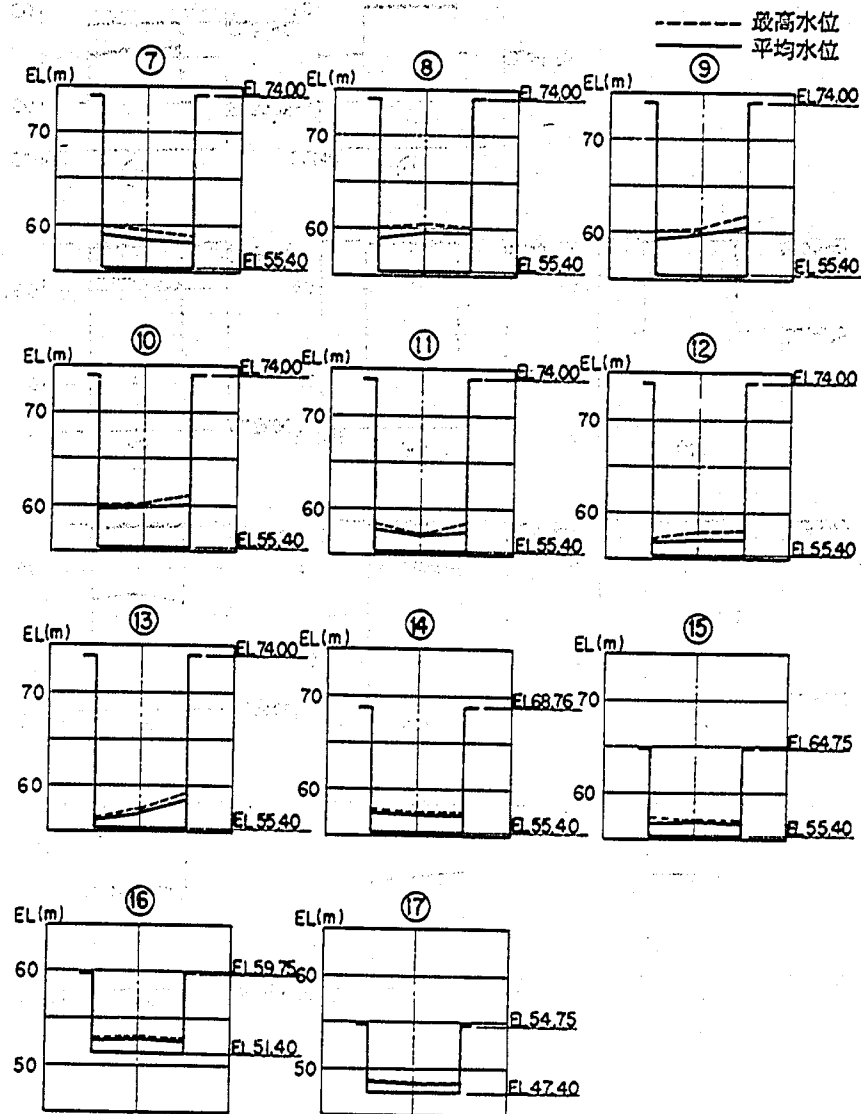


図-38a 導流部水位横断 (改造案-1, $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$)

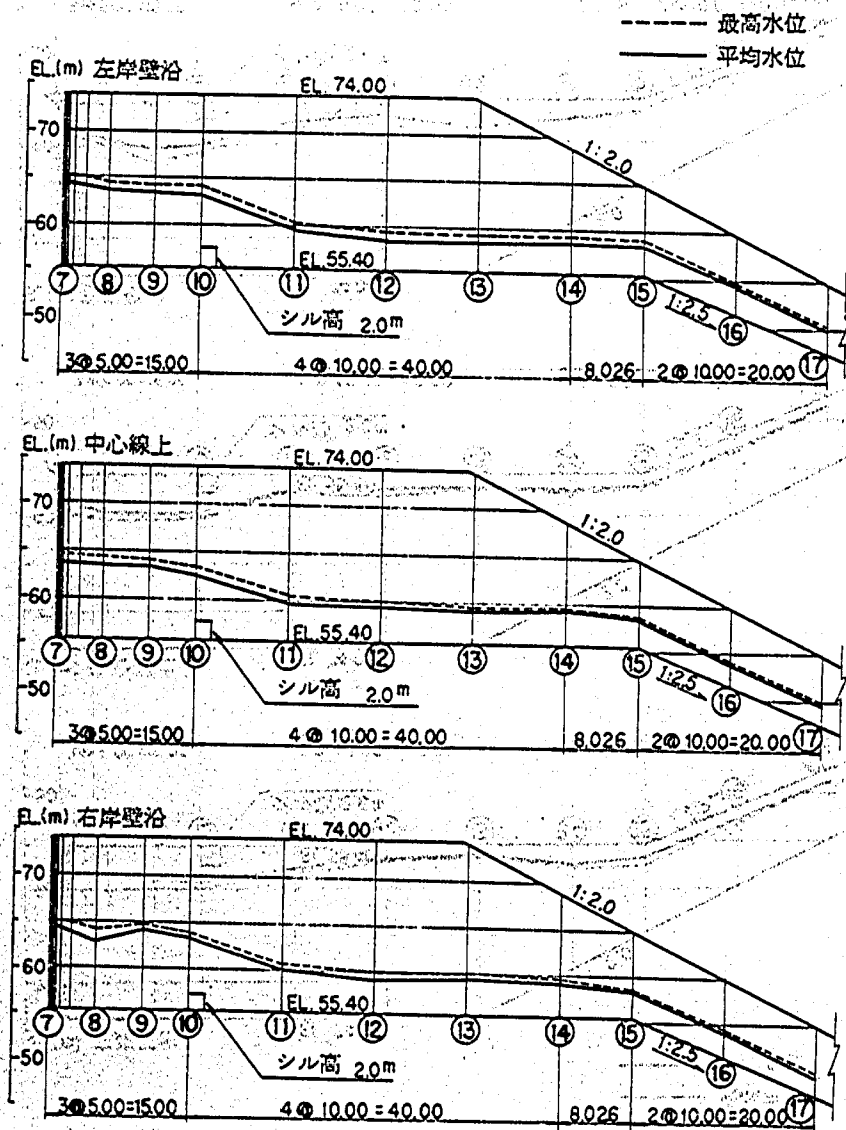


図-37b 導流部水位縦断 (改造案-1, $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

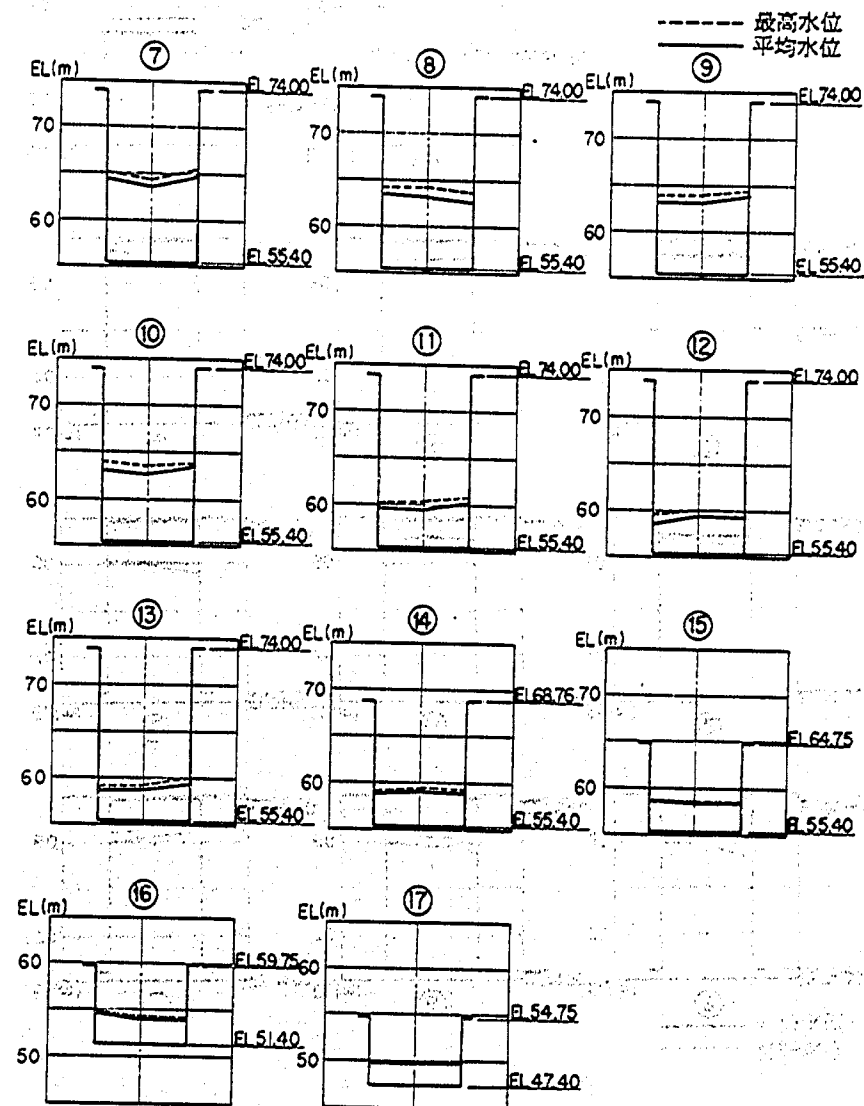


図-38a 導流部水位横断 (改造案-1, $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

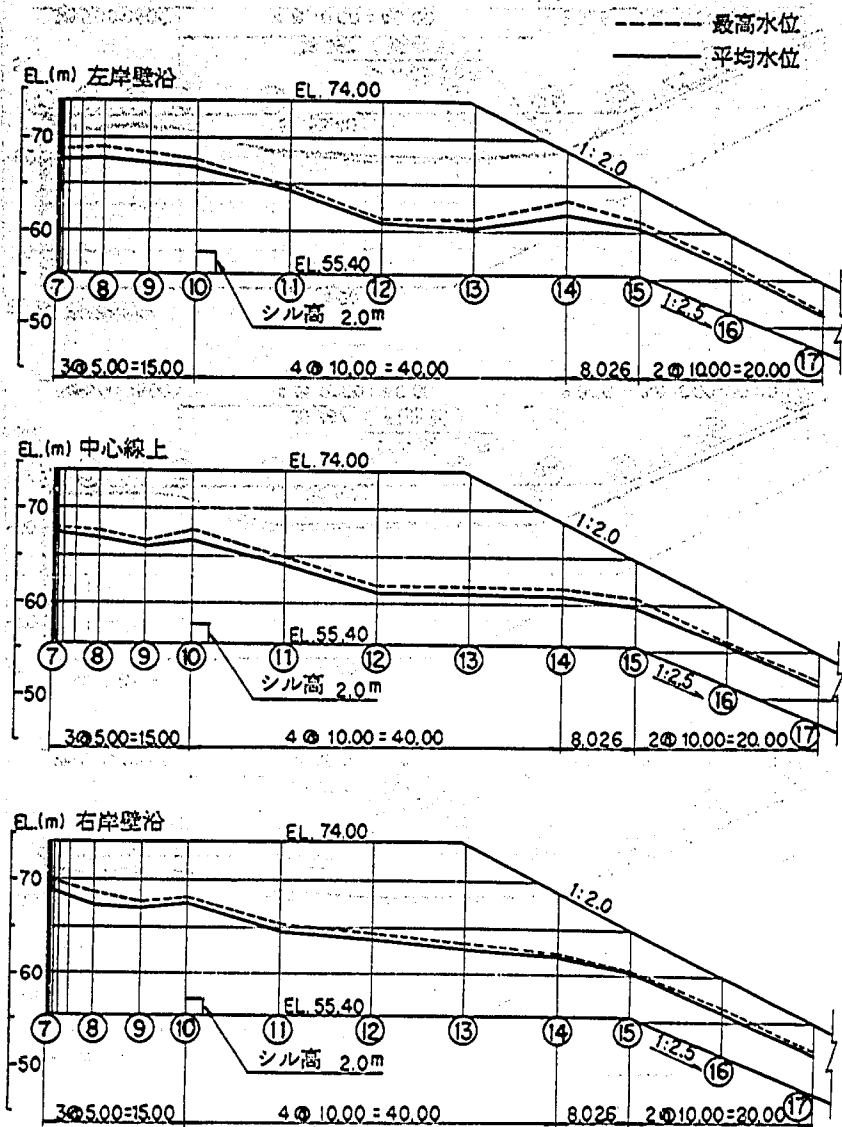


図-37c 導流部水位縦断 (改造案-1, $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

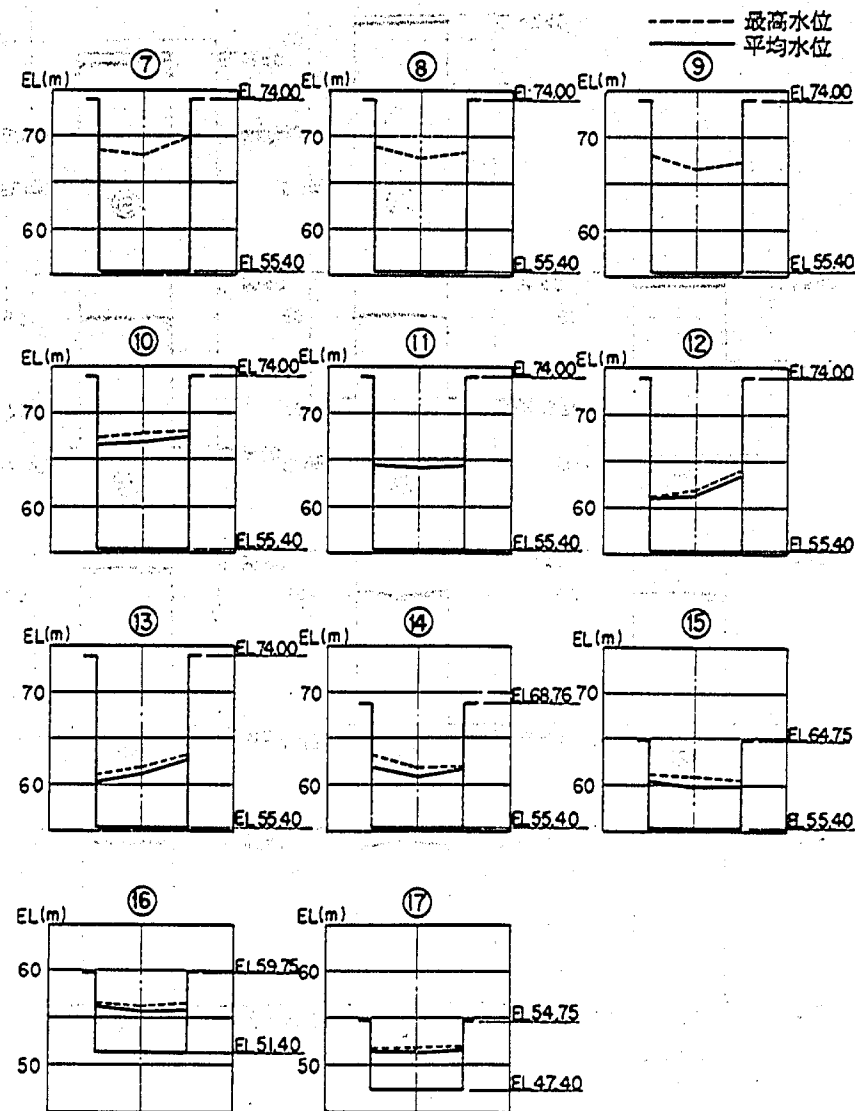


図-38c 導流部水位横断 (改造案-1, $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

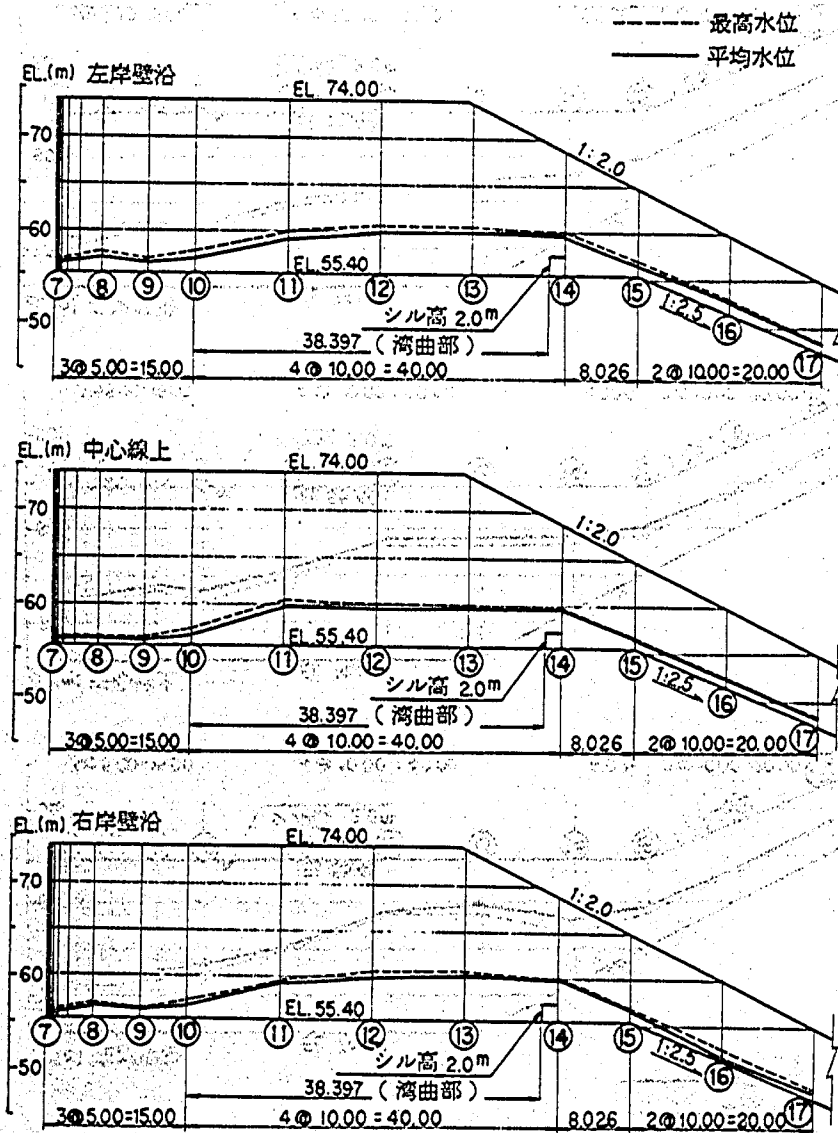


図-39 a 導流部水位縦断 (改造案-2, $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$)

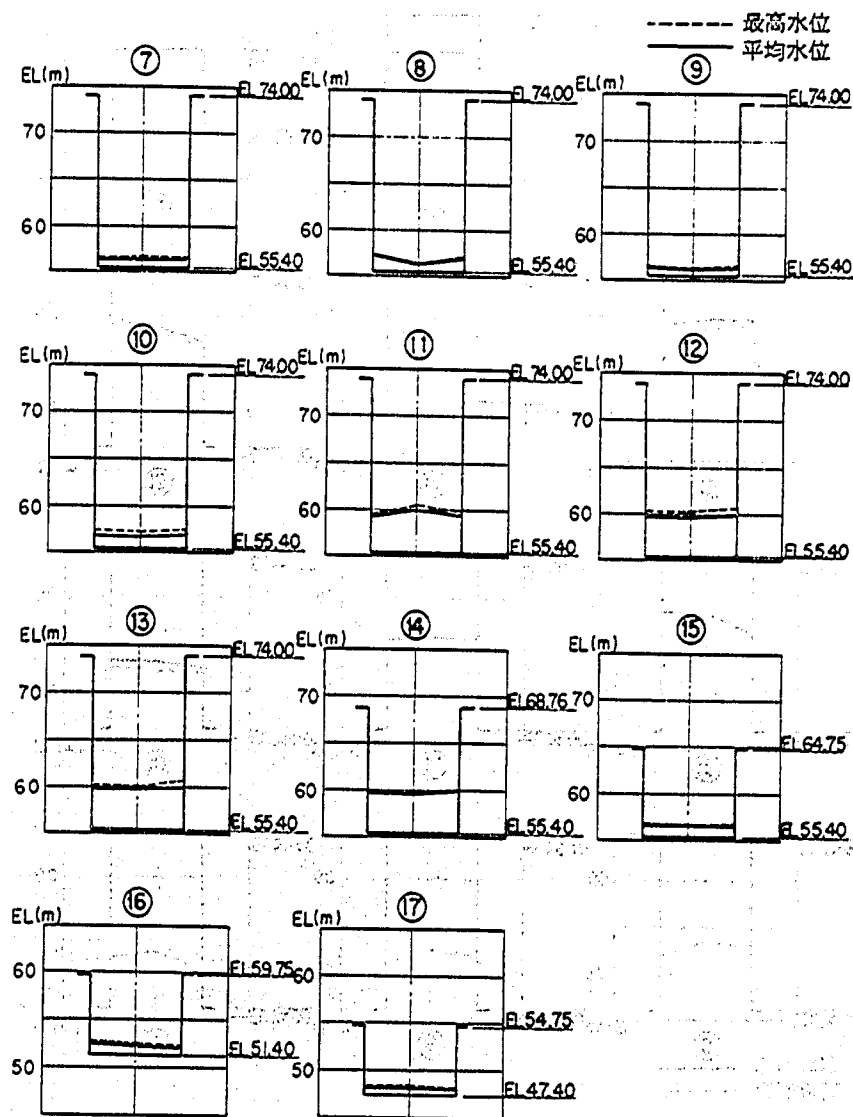


図-40 a 導流部水位横断 (改造案-2, $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$)

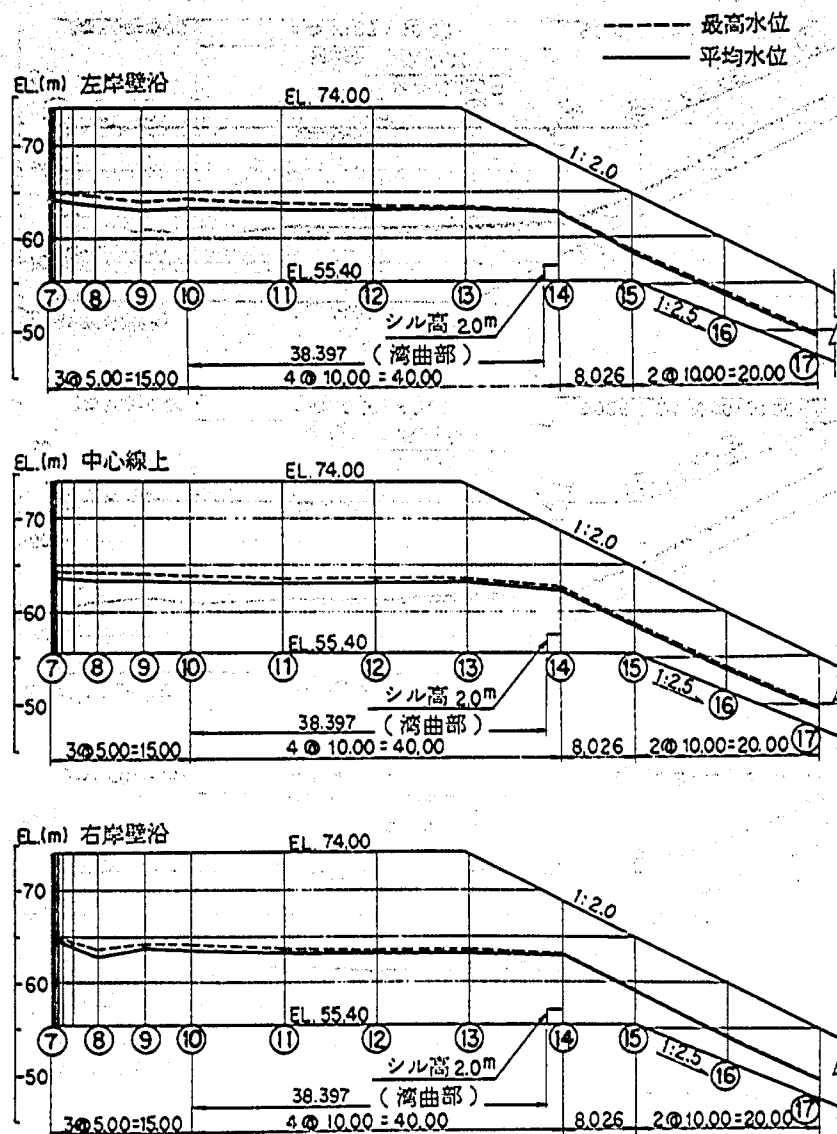


図-39b 導流部水位縦断 (改造案-2, $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

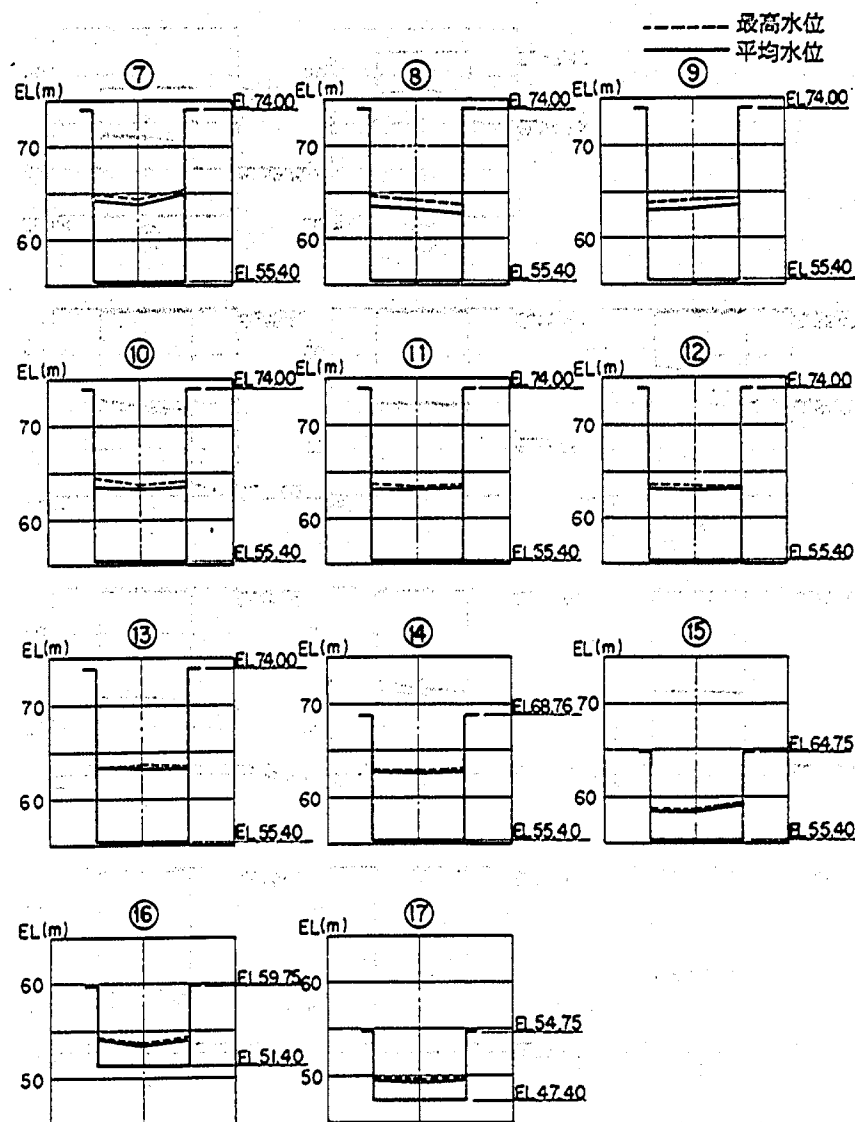


図-40b 導流部水位横断 (改造案-2, $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

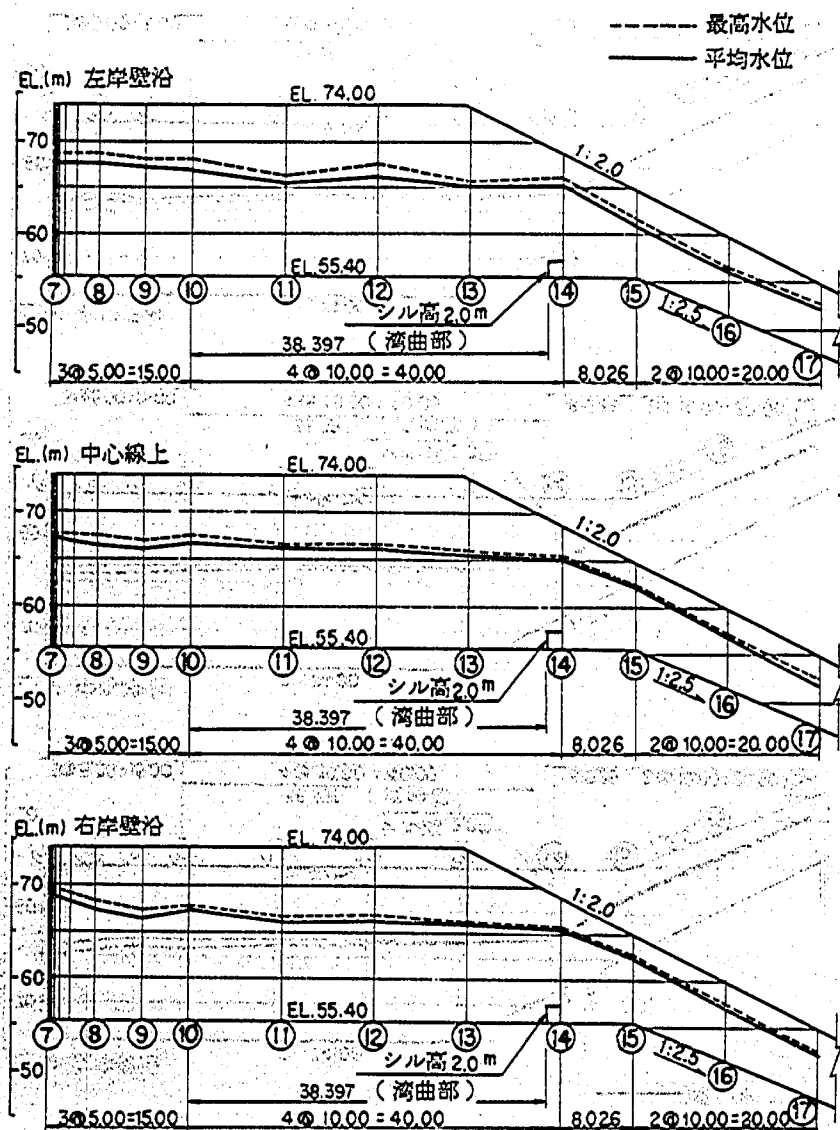


図-39c 導流部水位縦断 (改造案-2, $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

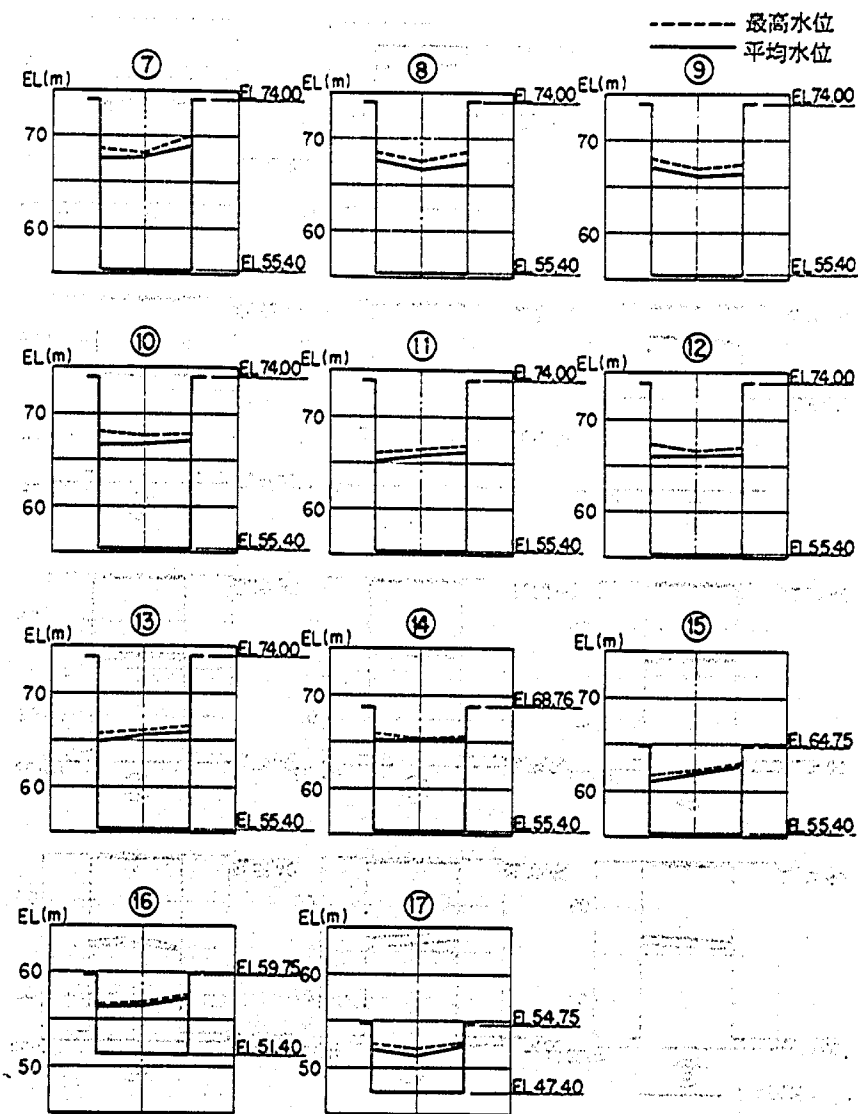


図-40c 導流部水位横断 (改造案-2, $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

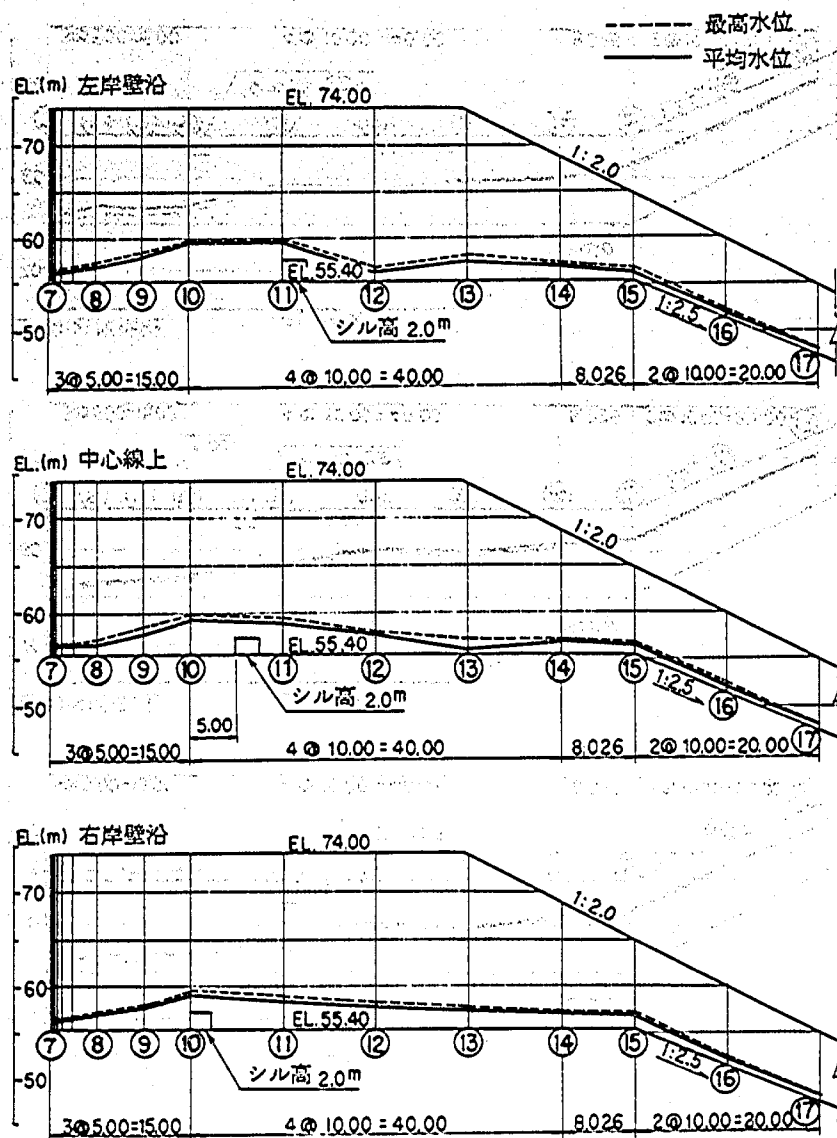


図-41 a 導流部水位縦断 (改造案-3, $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$)

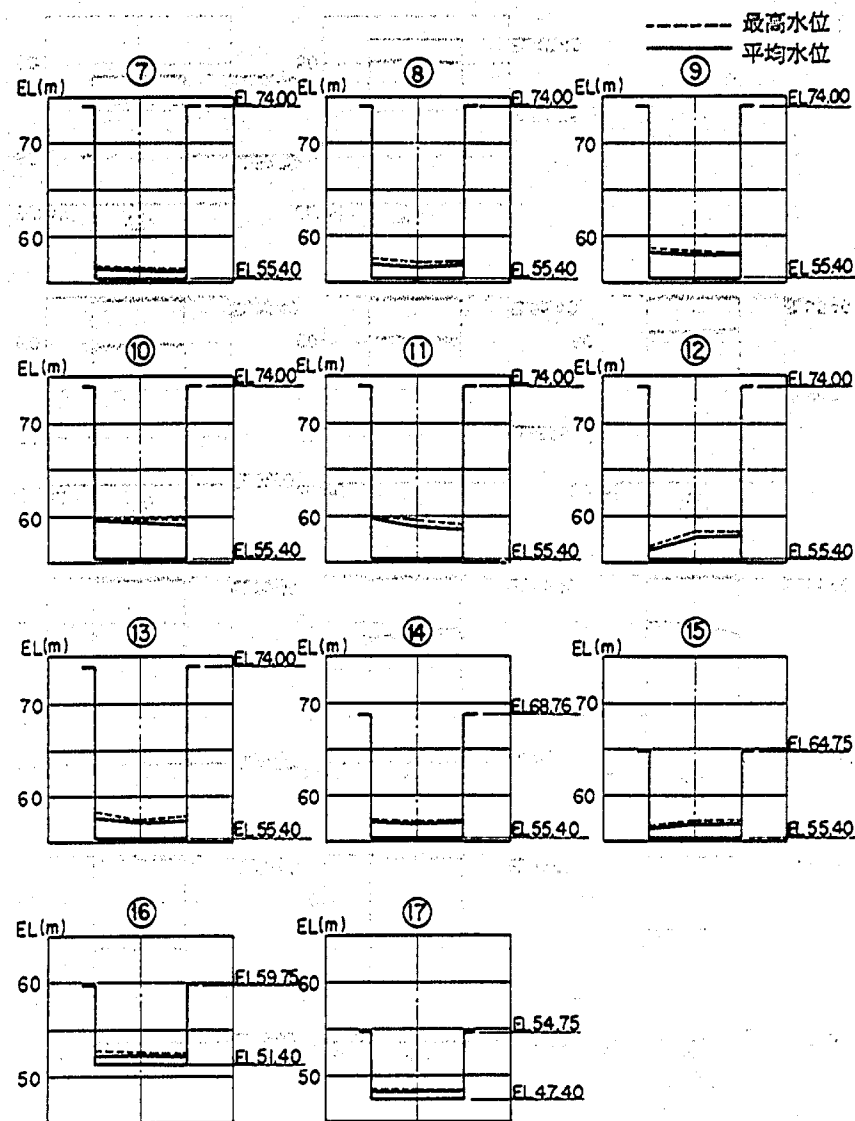


図-42 a 導流部水位横断 (改造案-3, $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$)

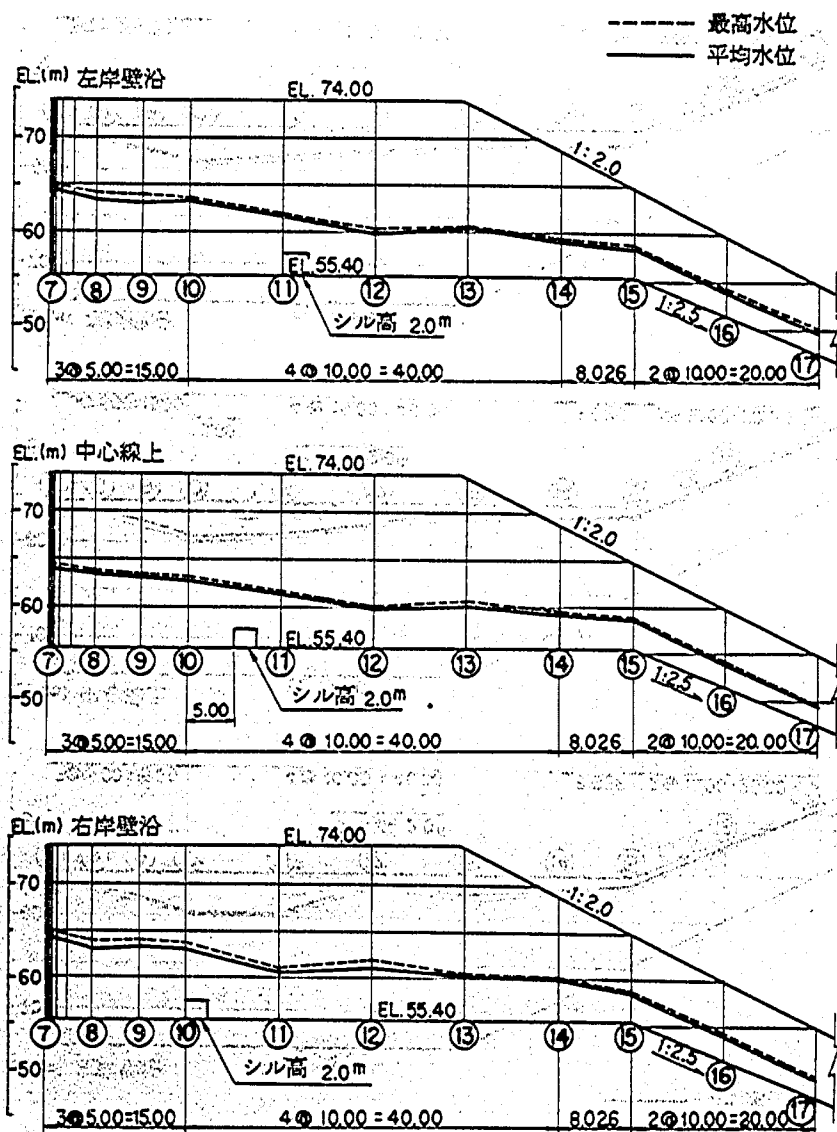


図-41b 導流部水位縦断 (改造案-3, $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

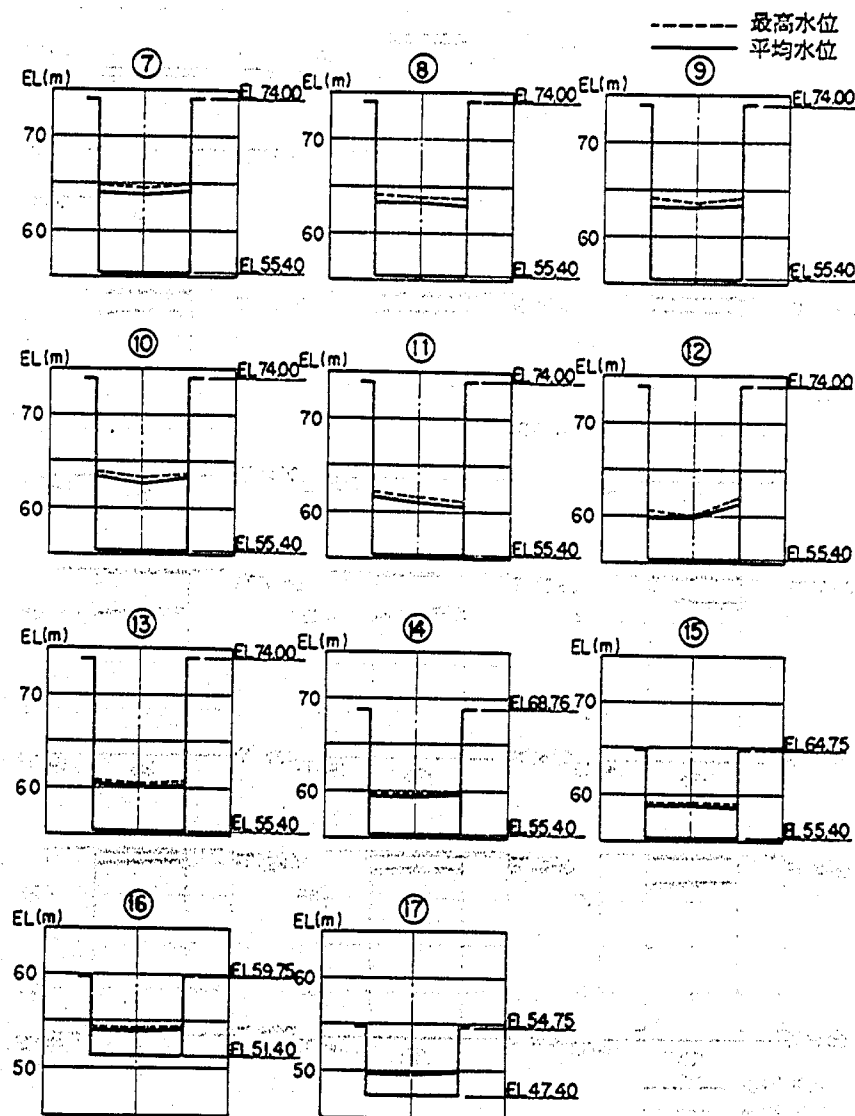


図-42b 導流部水位横断 (改造案-3, $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

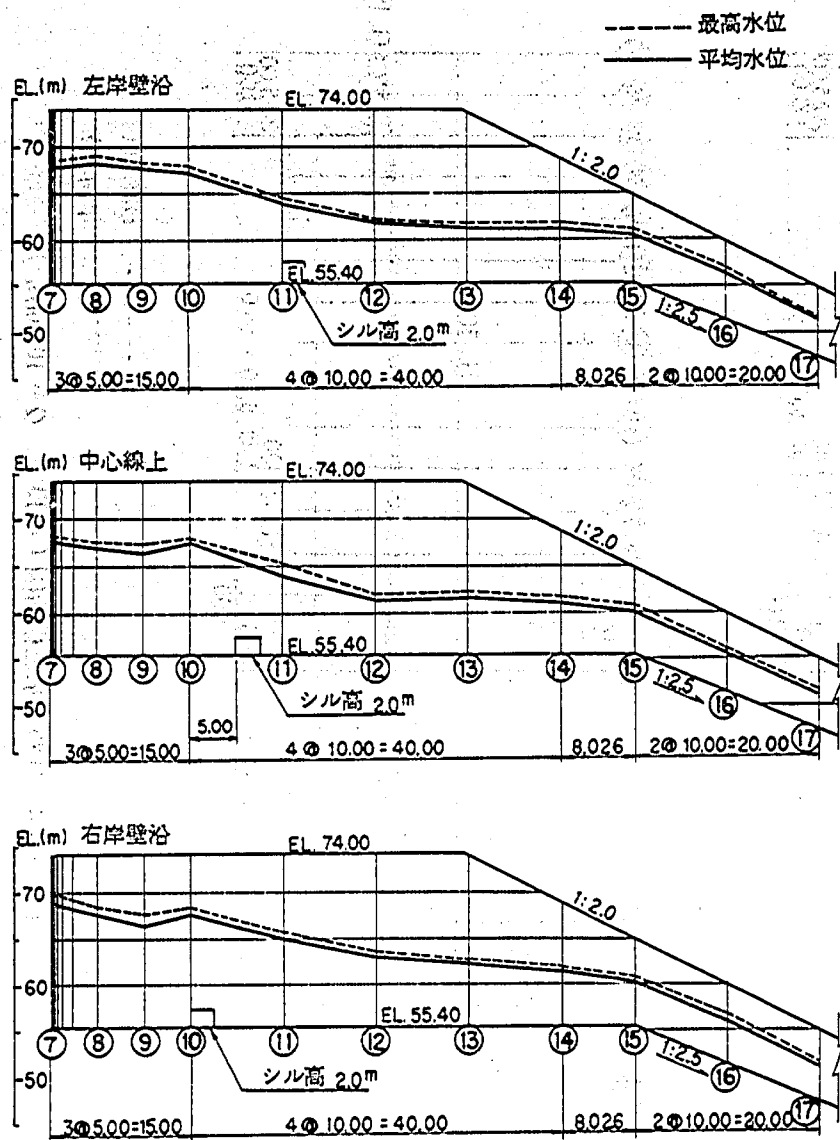


図-41c 導流部水位縦断 (改造案-3, $Q=560 \text{ m}^3/\text{s}$)

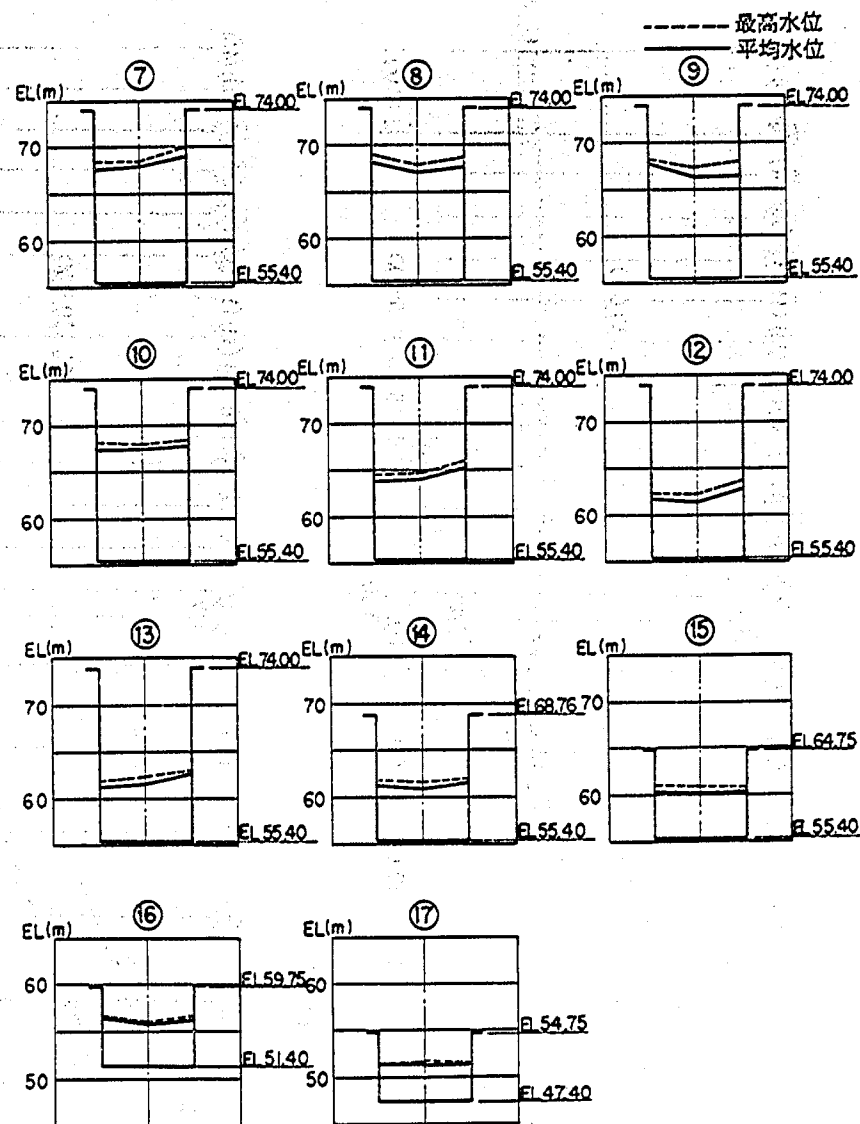
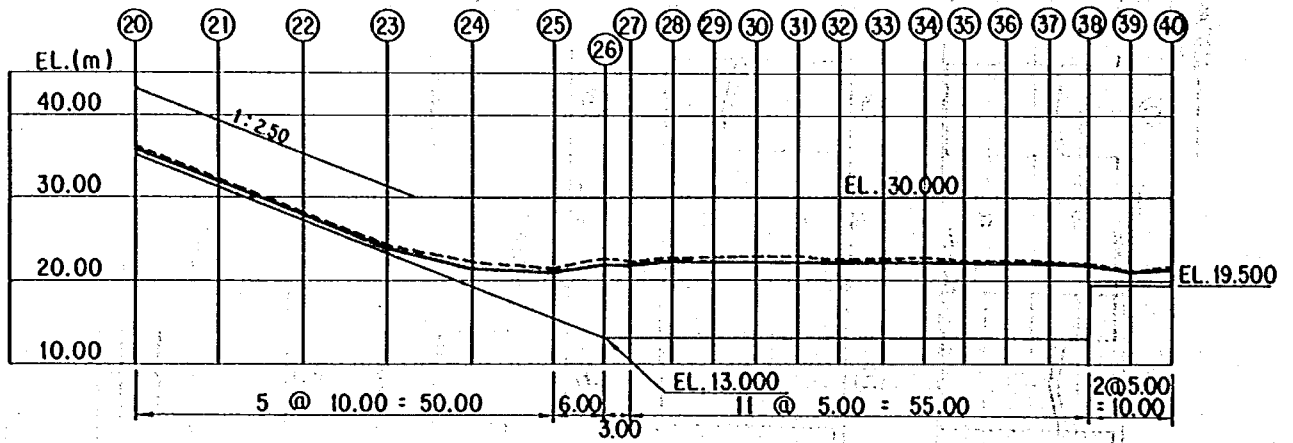
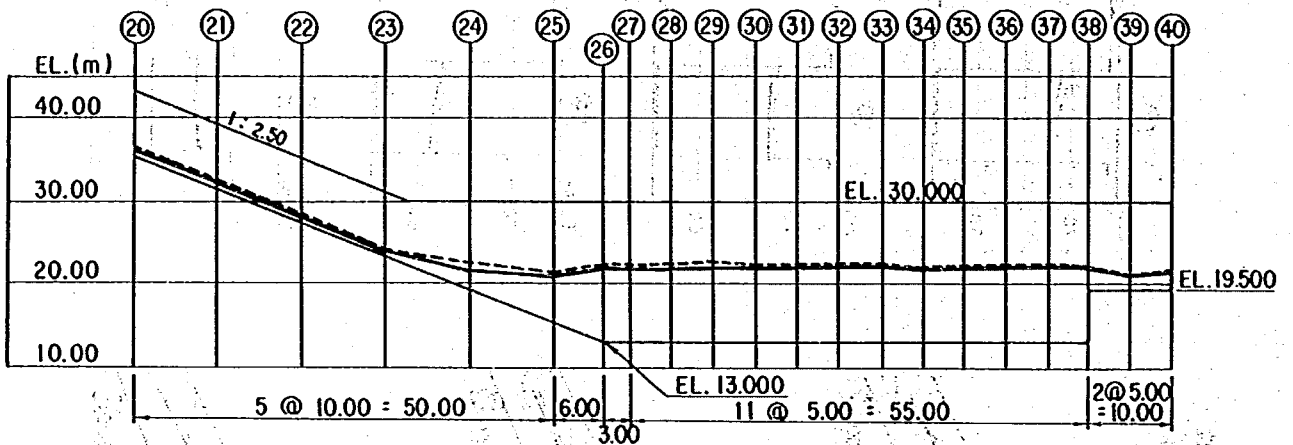


図-42c 導流部水位横断 (改造案-3, $Q=560 \text{ m}^3/\text{s}$)

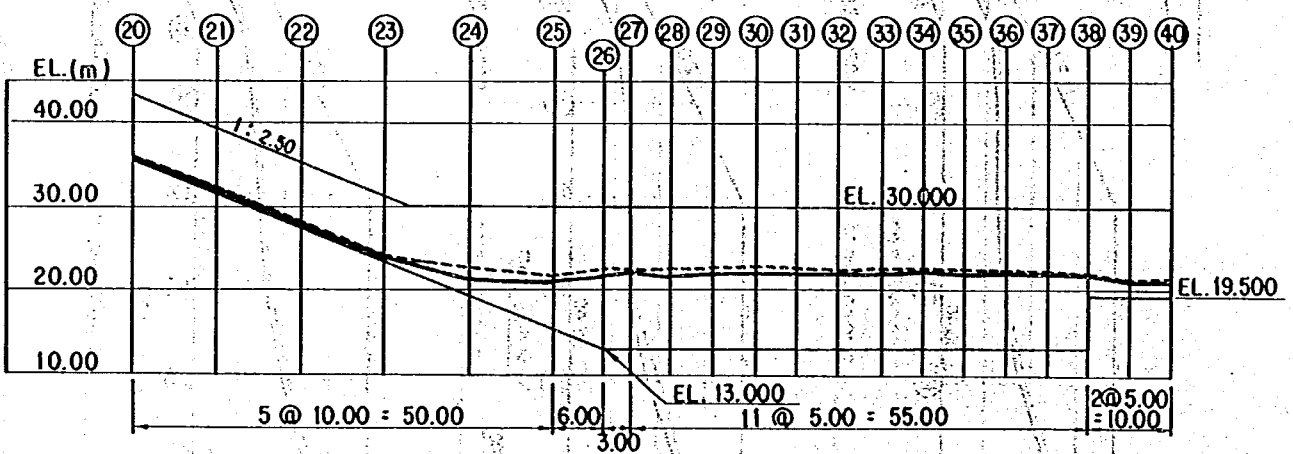
左岸壁沿



中心線上



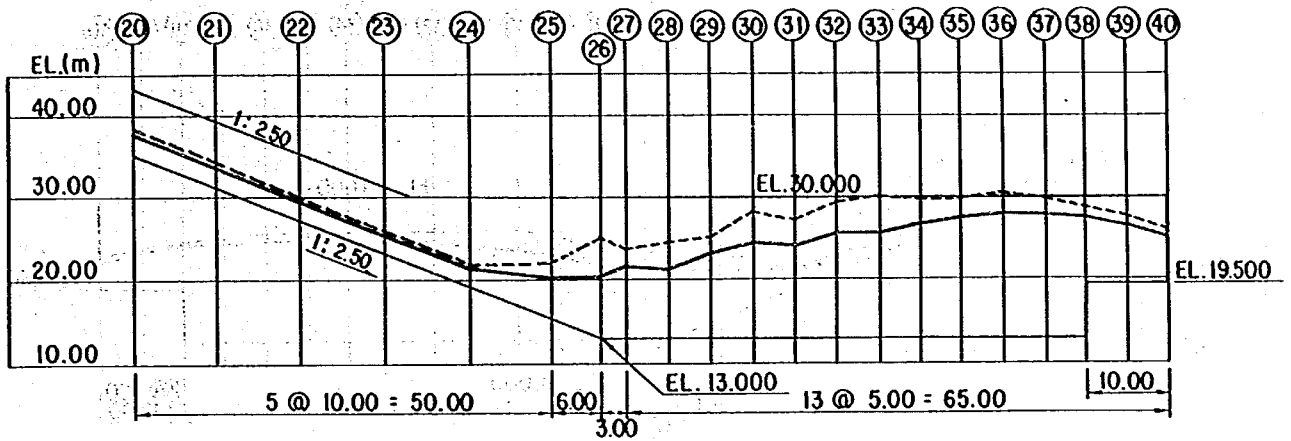
右岸壁沿



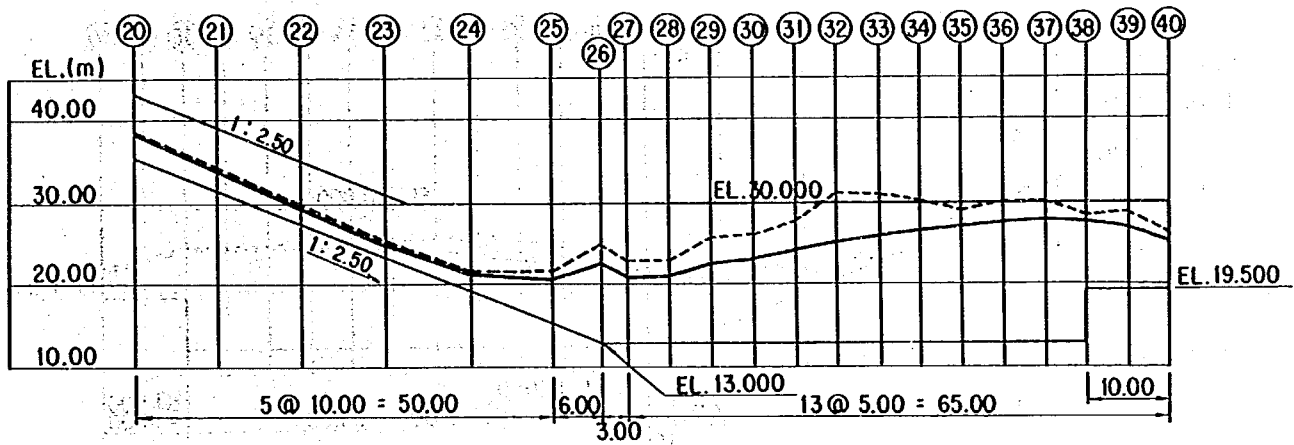
----- 最高水位
——— 平均水位

图-43 a 減勢工水位縦断図 (改良案, $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

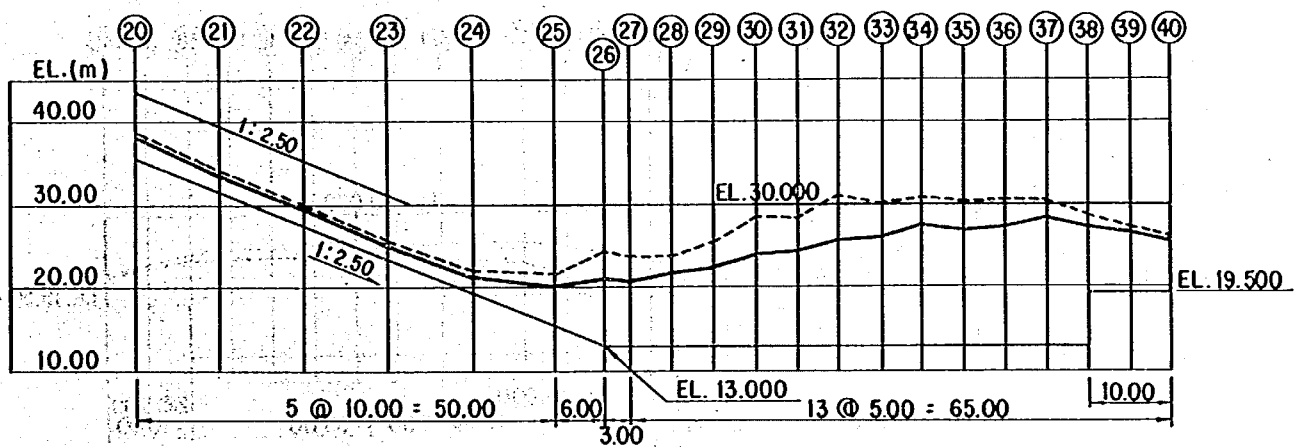
左岸壁沿



中心線上



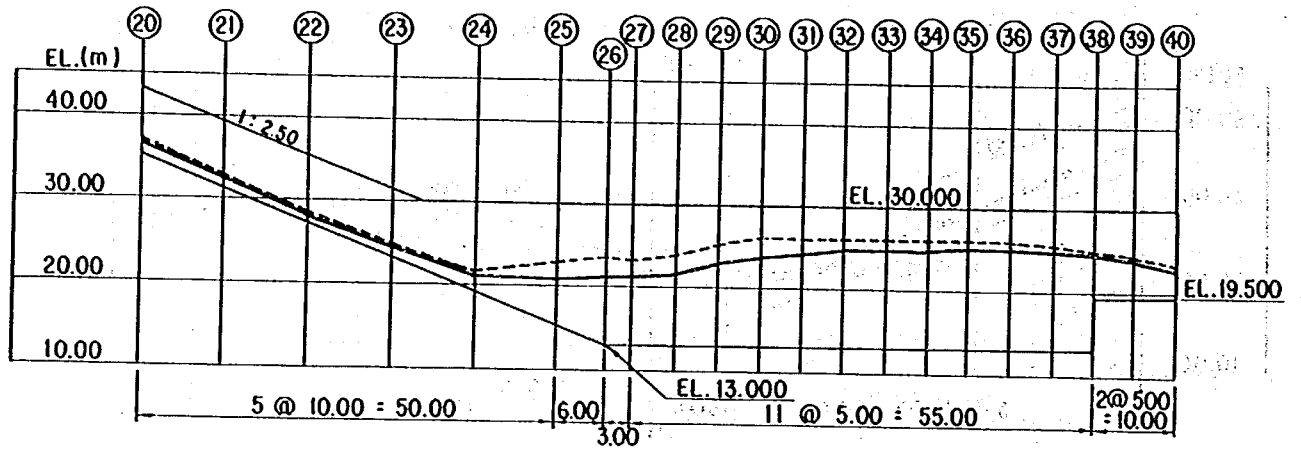
右岸壁沿



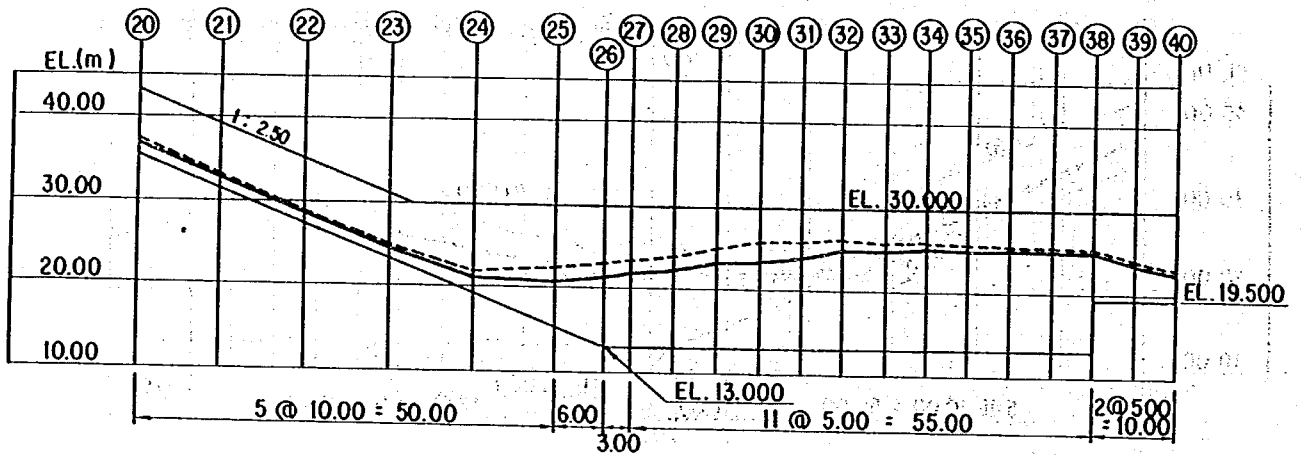
----- 最高水位
 ————— 平均水位

図-44 a 減勢工水位縦断図 (バケットカーブあり, $D = 6.5\text{m}$, $L = 58\text{m}$, $Q = 560\text{ m}^3/\text{s}$)

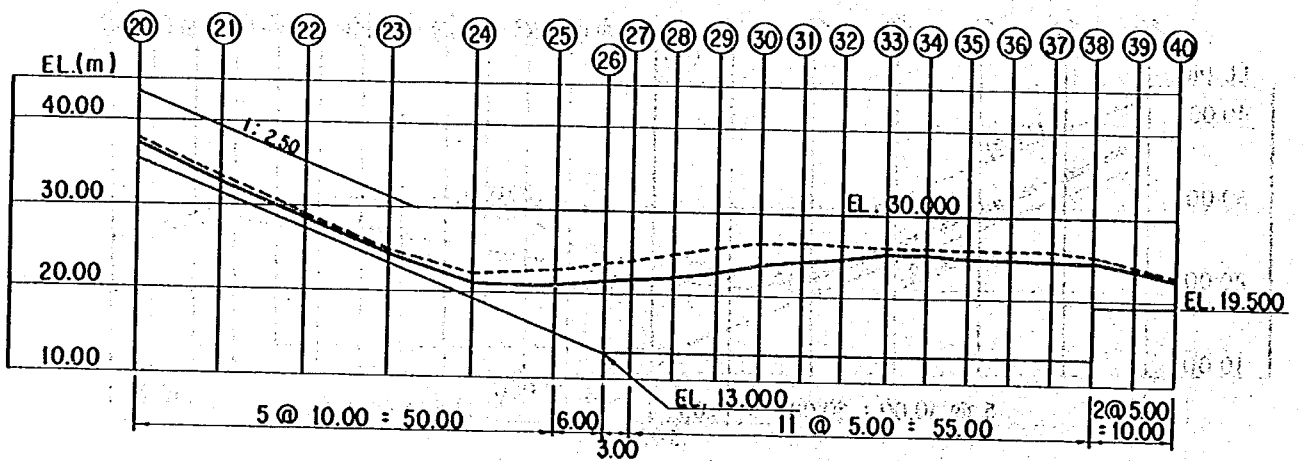
左岸壁沿



中心線上



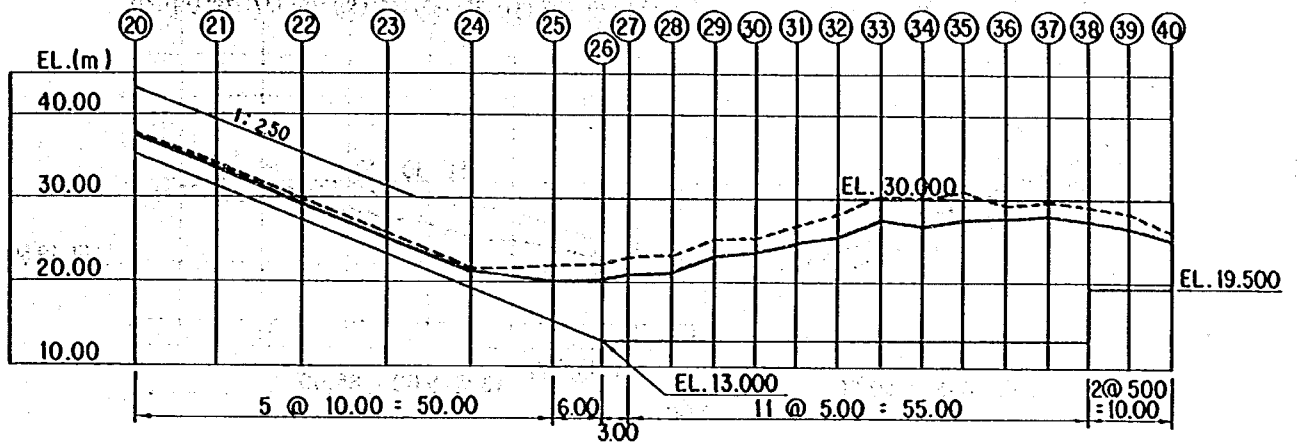
右岸壁沿



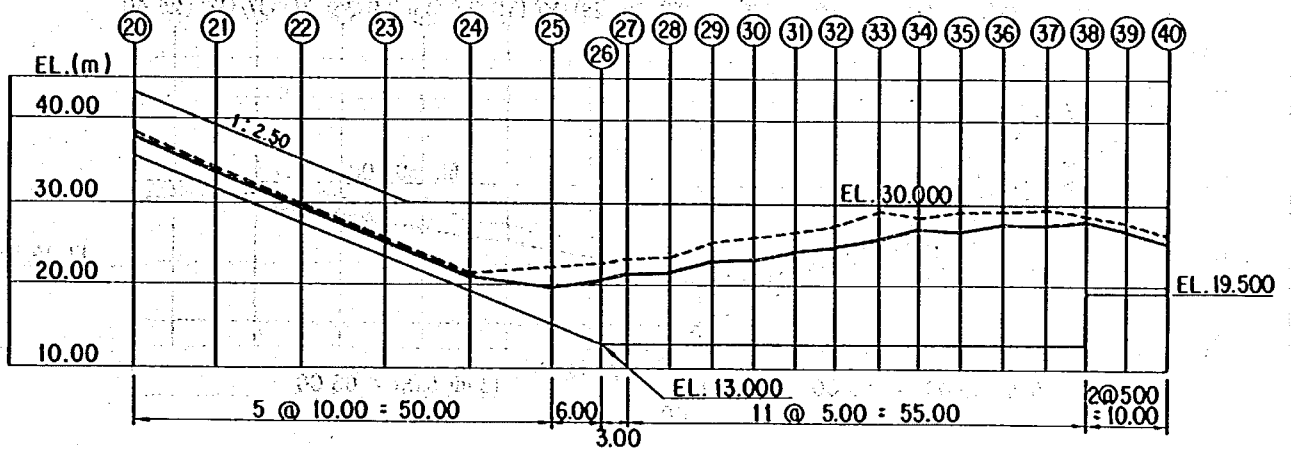
----- 最高水位
 ———— 平均水位

圖-43b 減勢工水位縱斷圖(改良案, $Q=300 \text{ m}^3/\text{s}$)

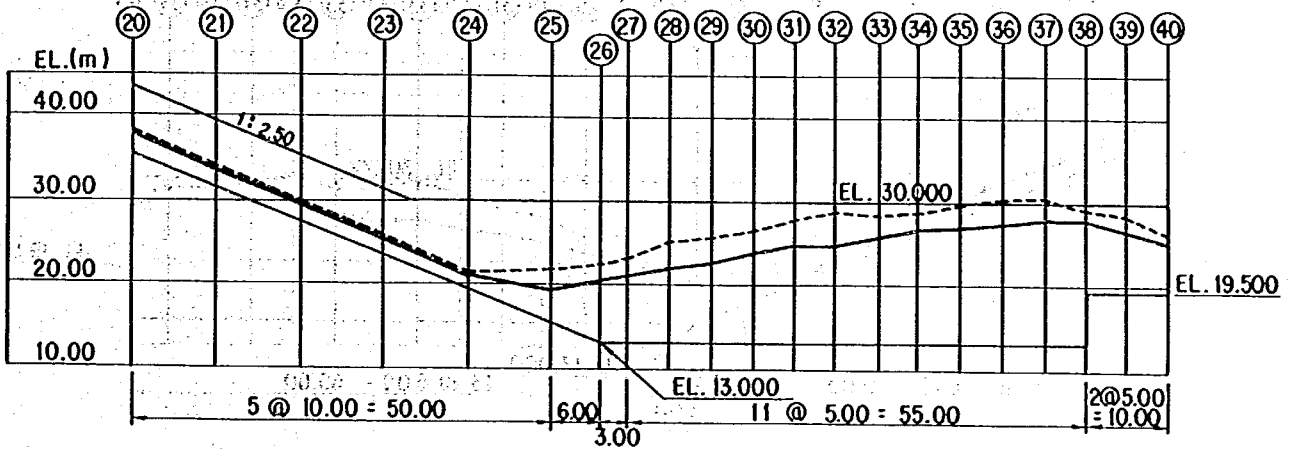
左岸壁沿



中心線上



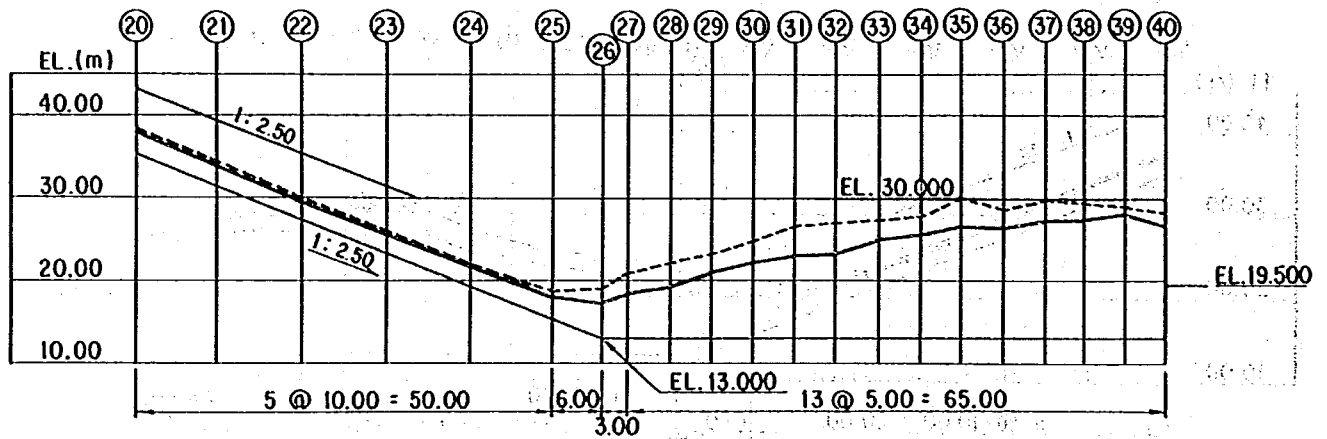
右岸壁沿



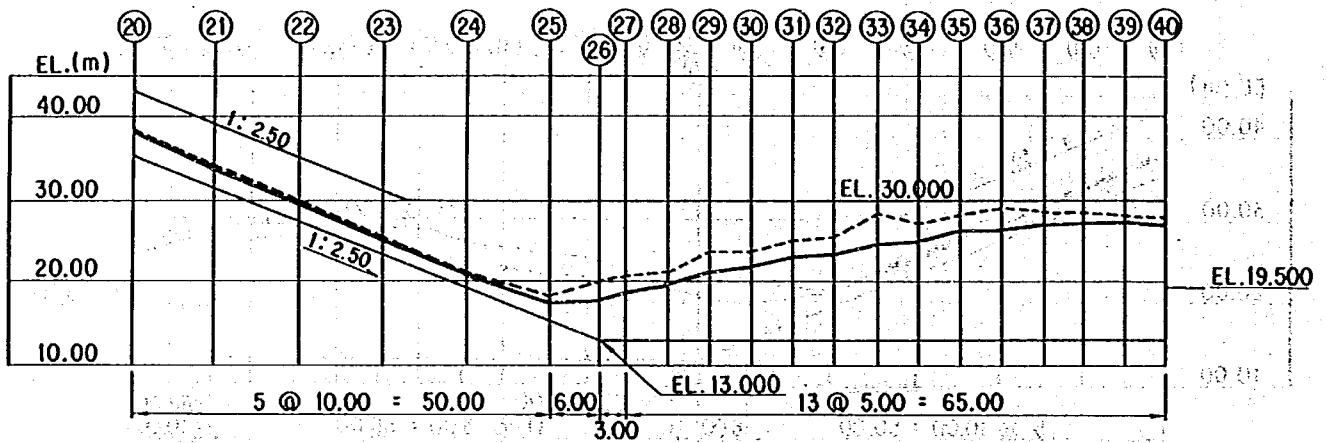
----- 最高水位
——— 平均水位

图-43c 減勢工水位縦断面图 (改良案, $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

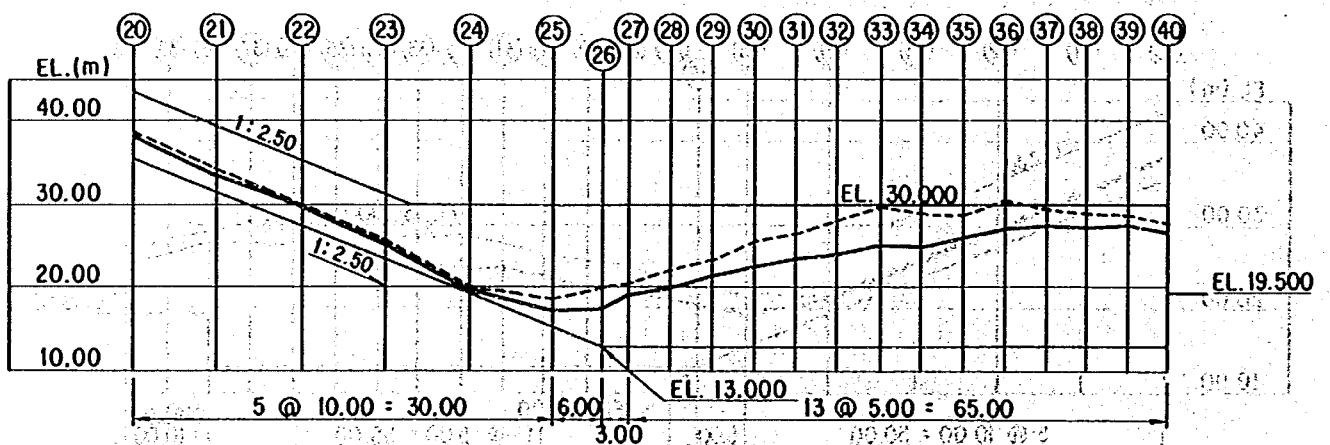
左岸壁沿



中心線上



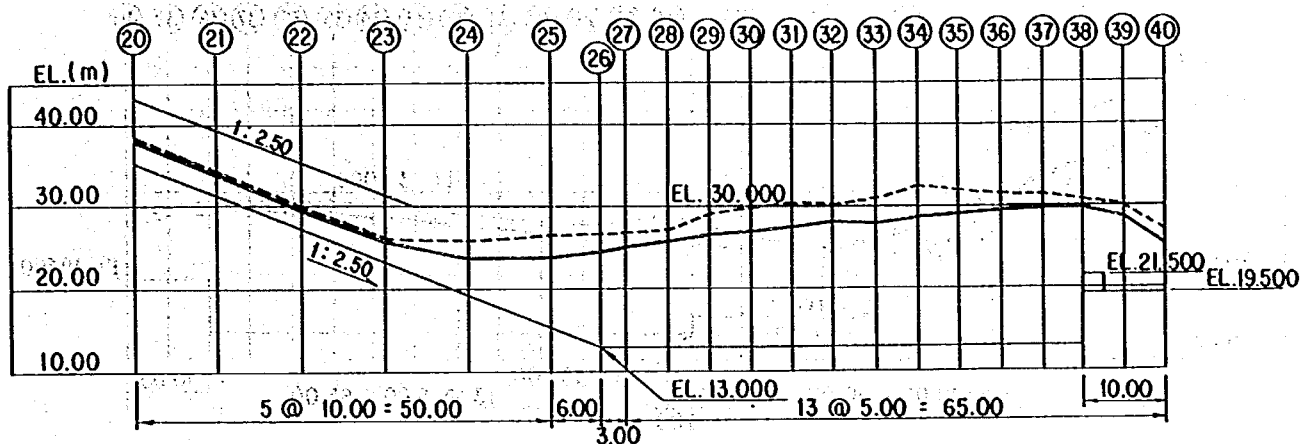
右岸壁沿



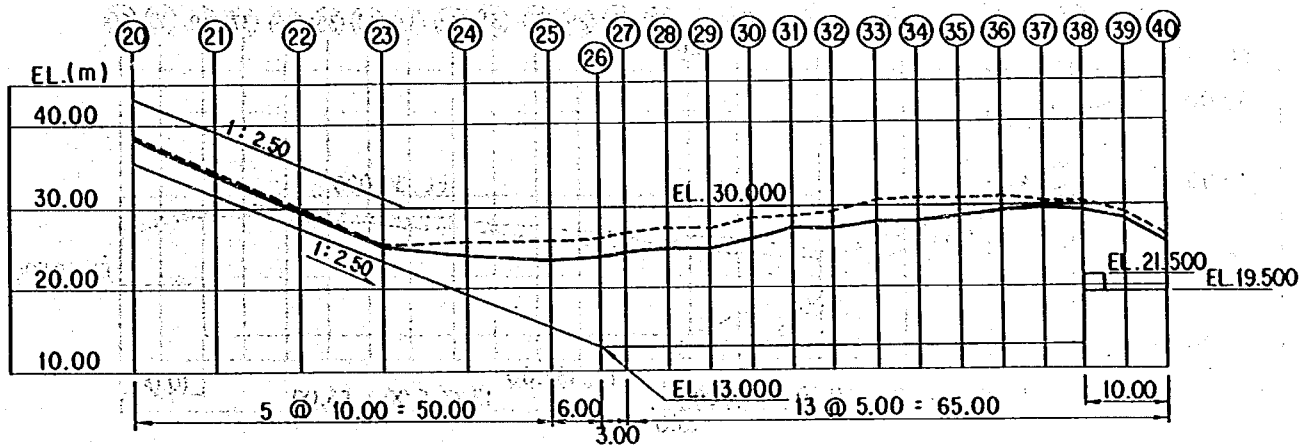
----- 最高水位
————— 平均水位

图-44b 減勢工水位縦断図 ($D=6.5\text{m}$, $L=68\text{m}$, $Q=560\text{m}^3/\text{s}$)

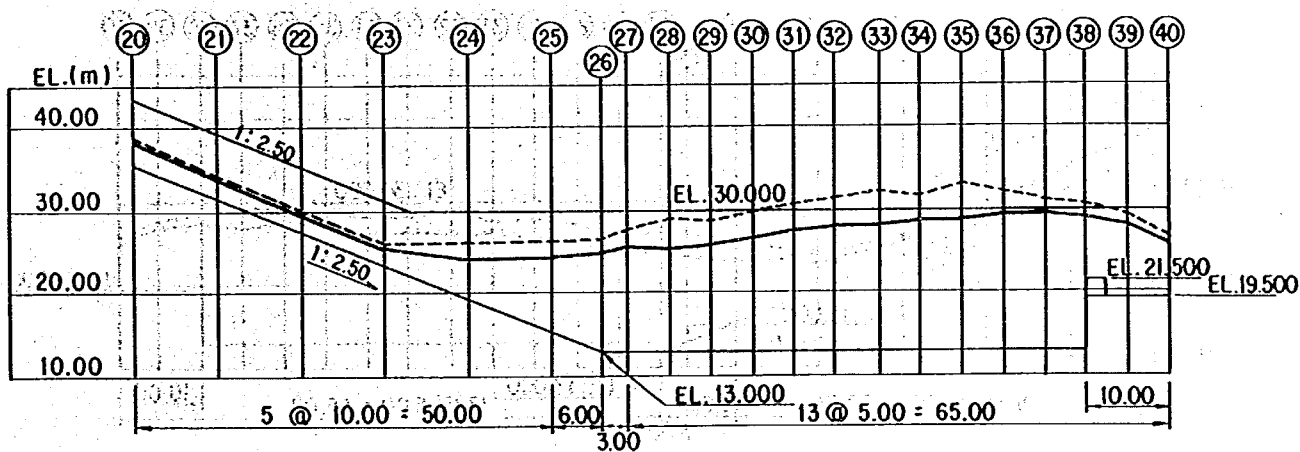
左岸壁沿



中心線上



右岸壁沿



----- 最高水位
——— 平均水位

图-44 c 减势工水位纵断面图 ($D=8.5\text{m}$, $L=58\text{m}$, $Q=560\text{m}^3/\text{s}$)

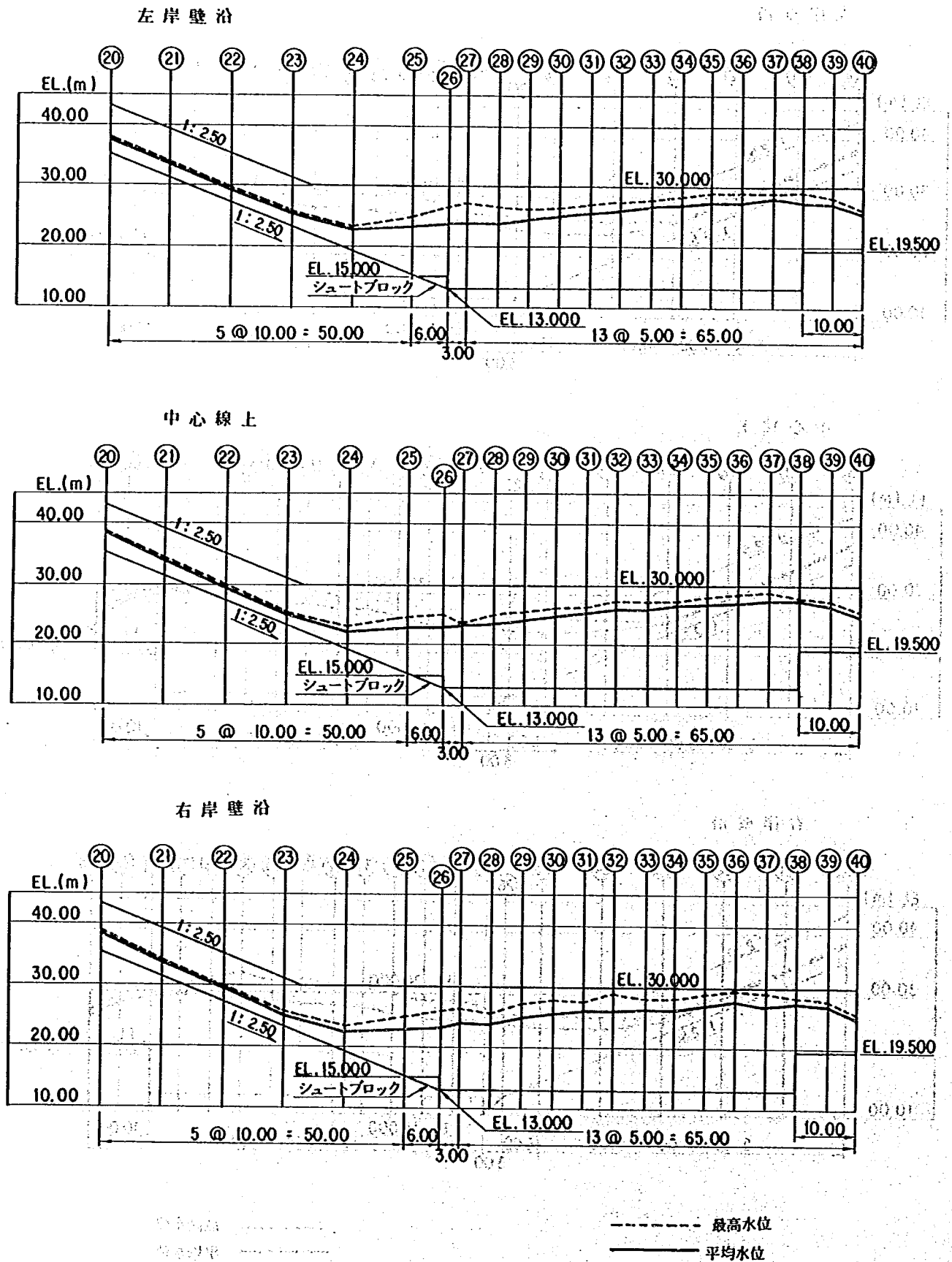
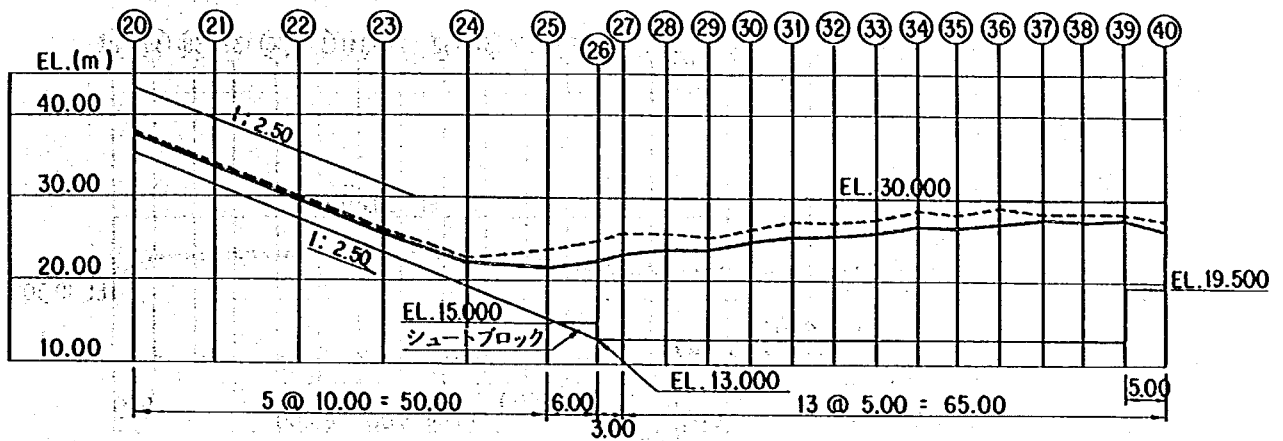
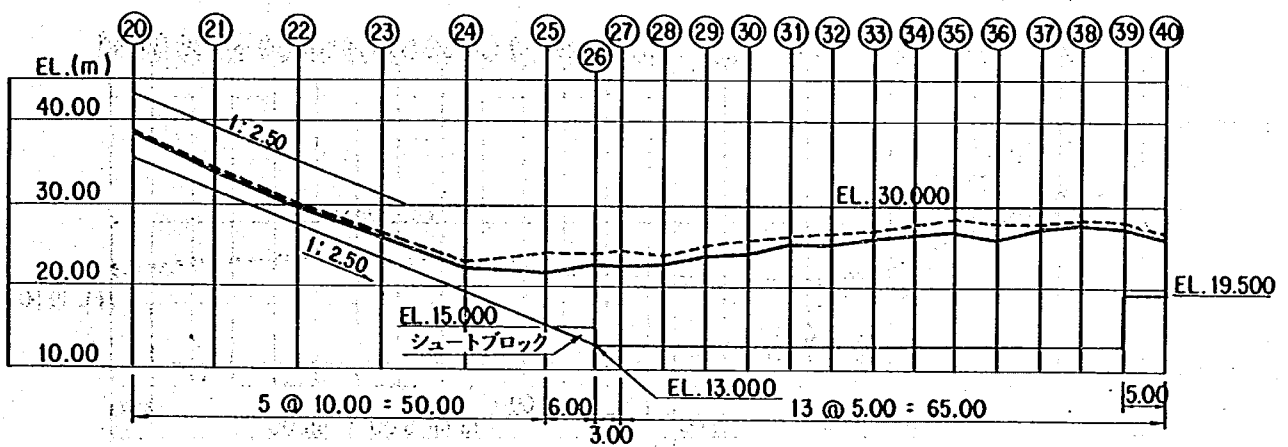


図-46 a 減勢工水位縦断面図(シュートブロック, $D=6.5\text{ m}$, $L=58\text{ m}$, $Q=560\text{ m}^3/\text{s}$)

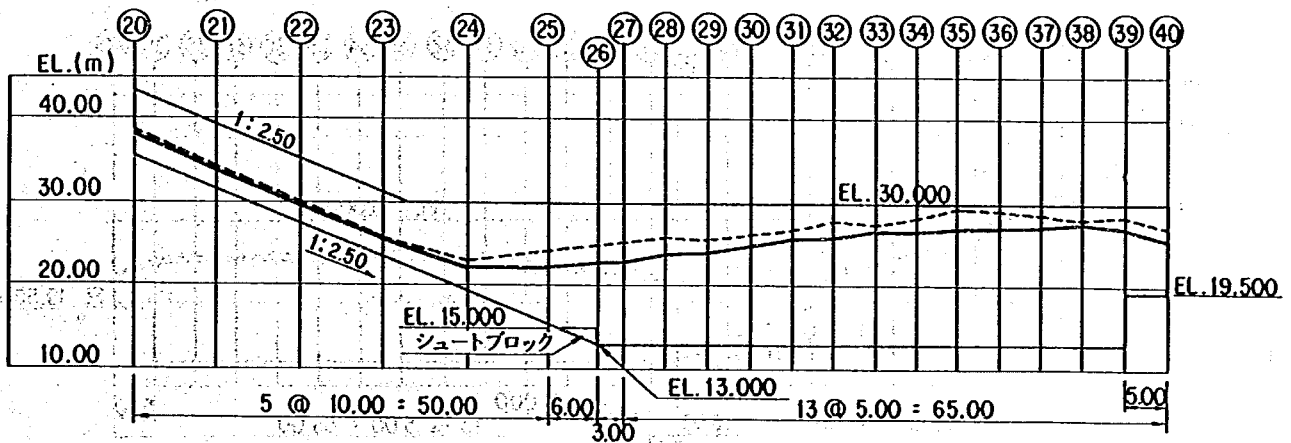
左岸壁沿



中心線上



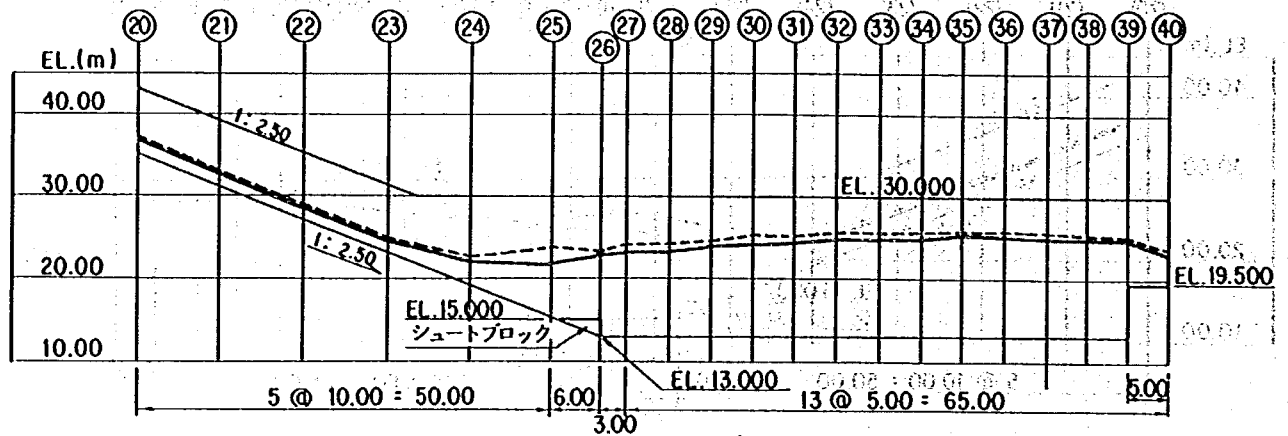
右岸壁沿



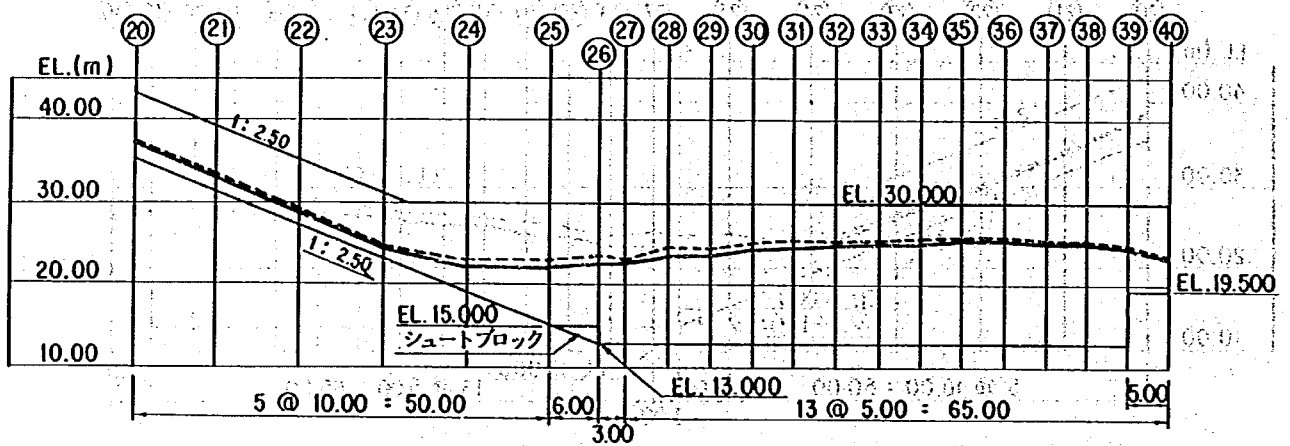
----- 最高水位
 ————— 平均水位

図-46b 減勢工水位縦断図 (シュートブロック, $D=6.5\text{ m}$, $L=63\text{ m}$, $Q=560\text{ m}^3/\text{s}$)

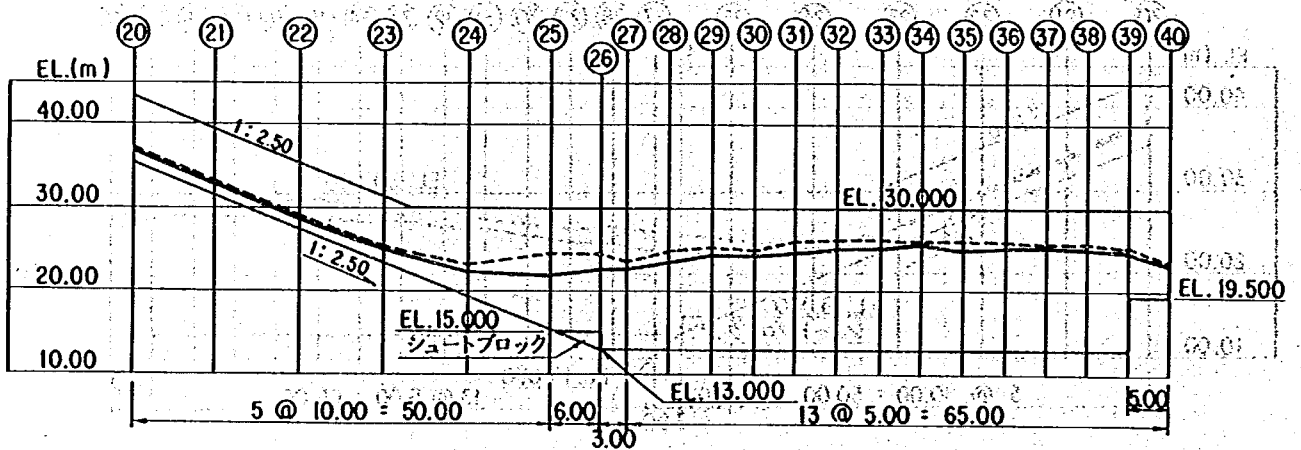
左岸壁沿



中心線上



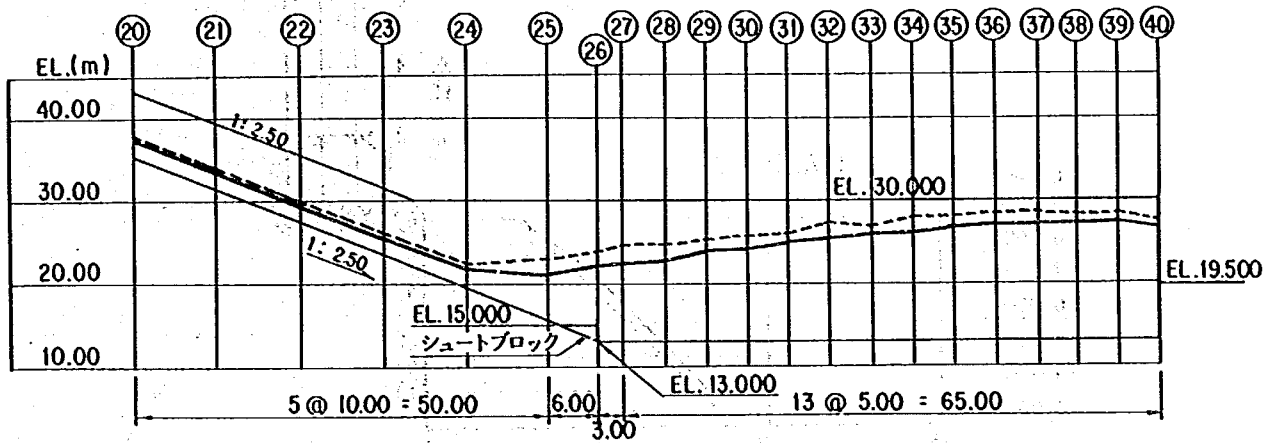
右岸壁沿



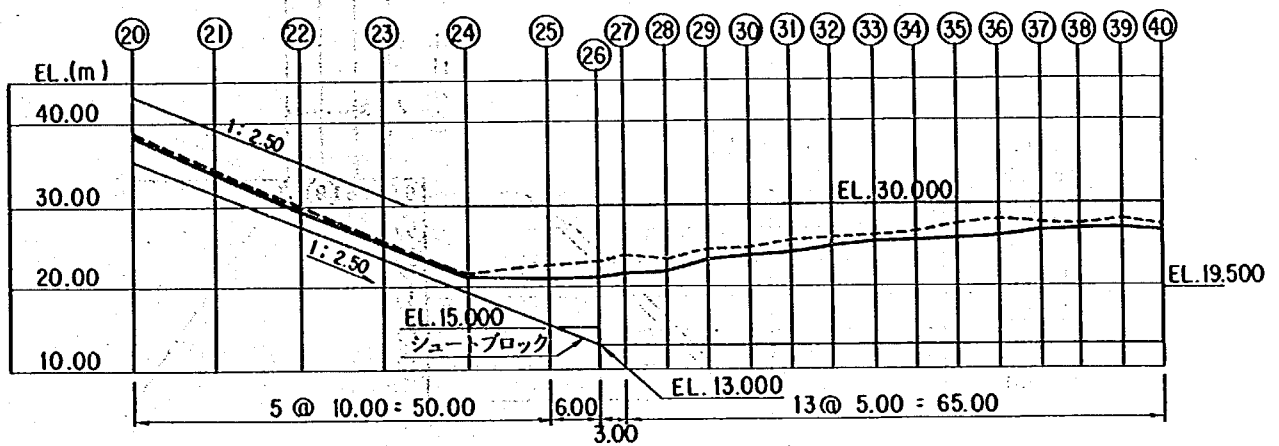
----- 最高水位
 ————— 平均水位

図-46c 減勢工水位縦断図(シュートブロック, $D=6.5\text{ m}$, $L=63\text{ m}$, $Q=300\text{ m}^3/\text{s}$)

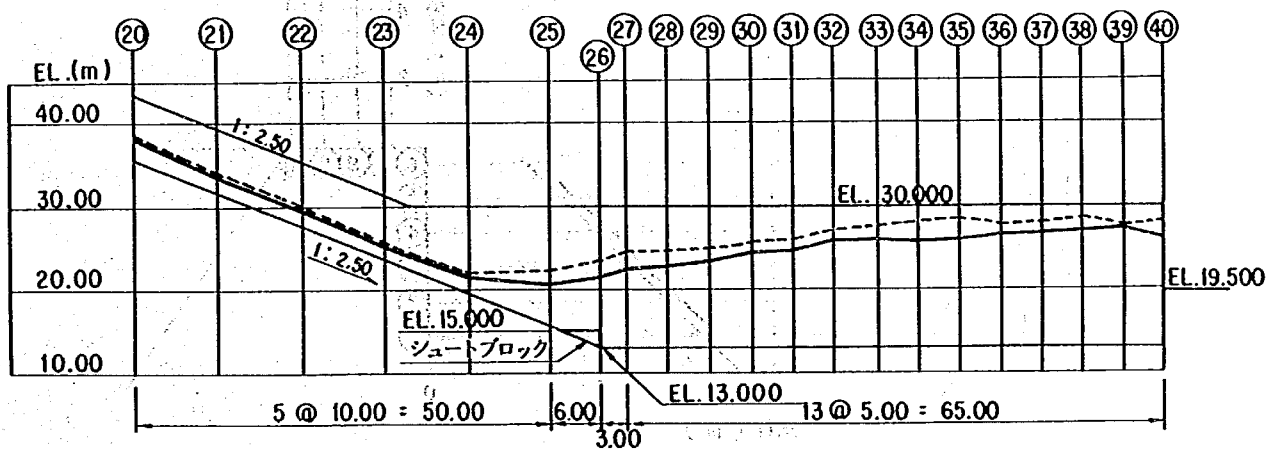
左岸壁沿



中心線上



右岸壁沿



----- 最高水位
————— 平均水位

図-46d 減勢工水位縦断図(シュートブロック, $D=6.5\text{ m}$, $L=68\text{ m}$, $Q=560\text{ m}^3/\text{s}$)

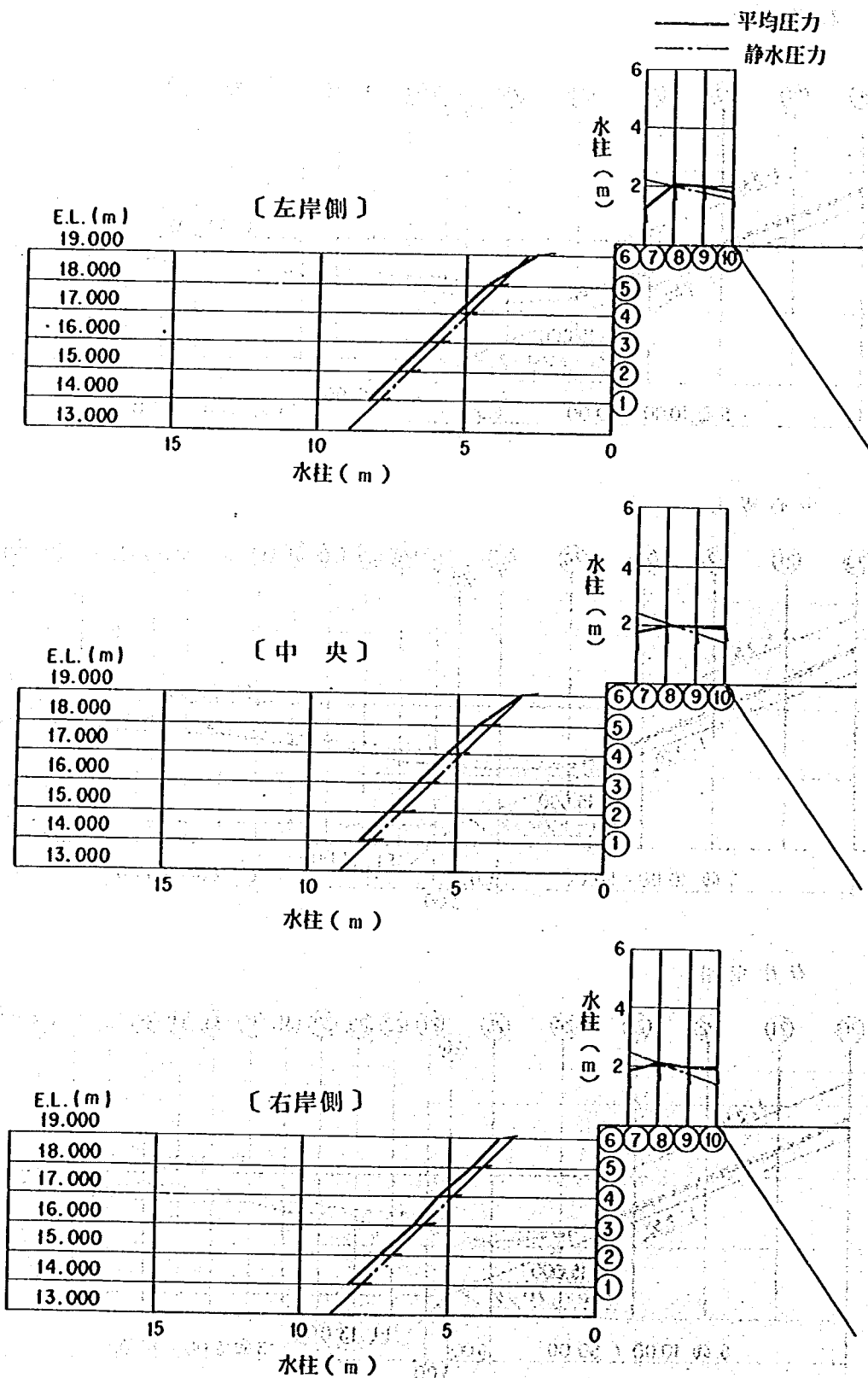


図-47 a 段上りに作用する圧力 (原設計案, $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

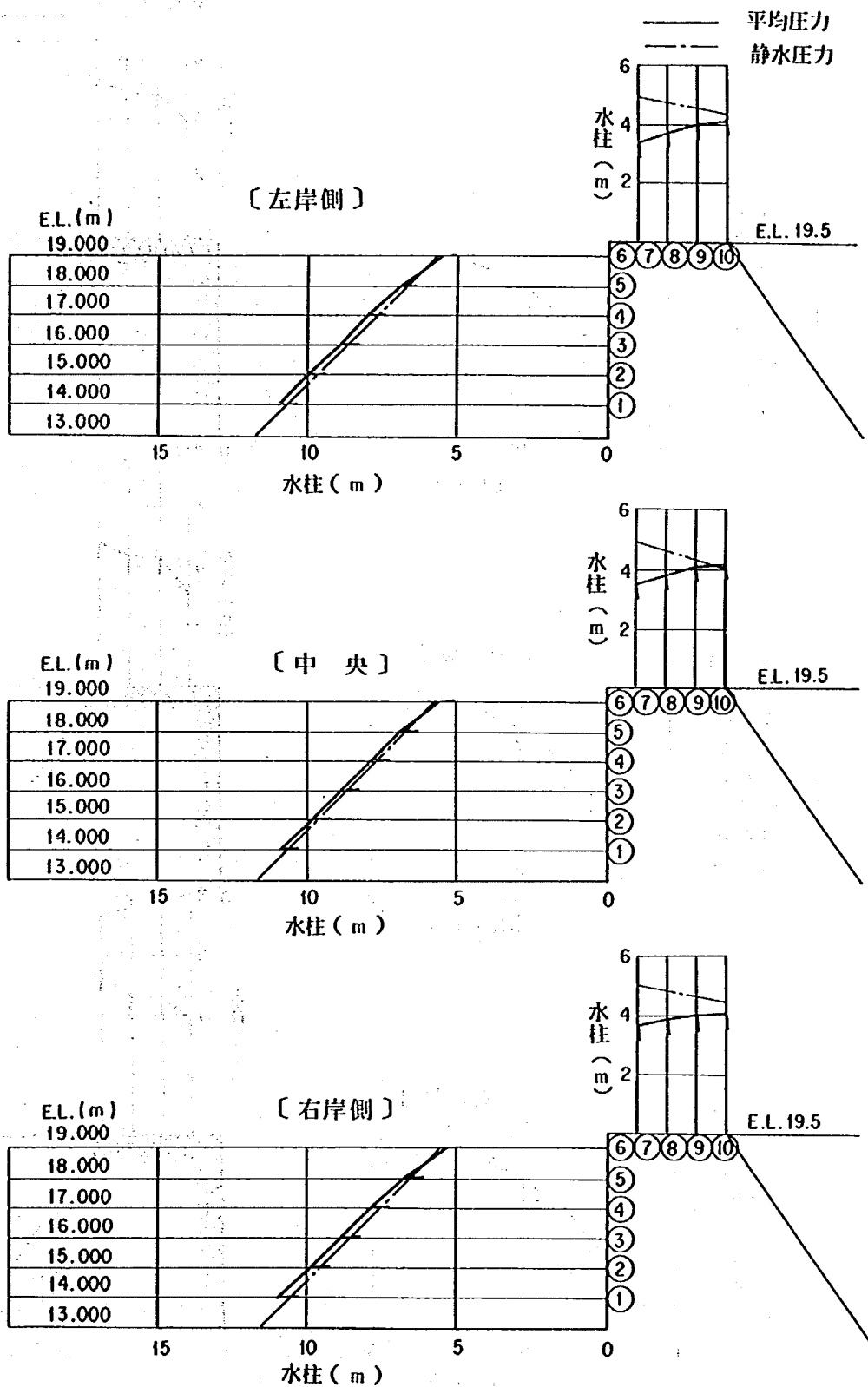


図-47b 段上りに作用する圧力 (原設計案, $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

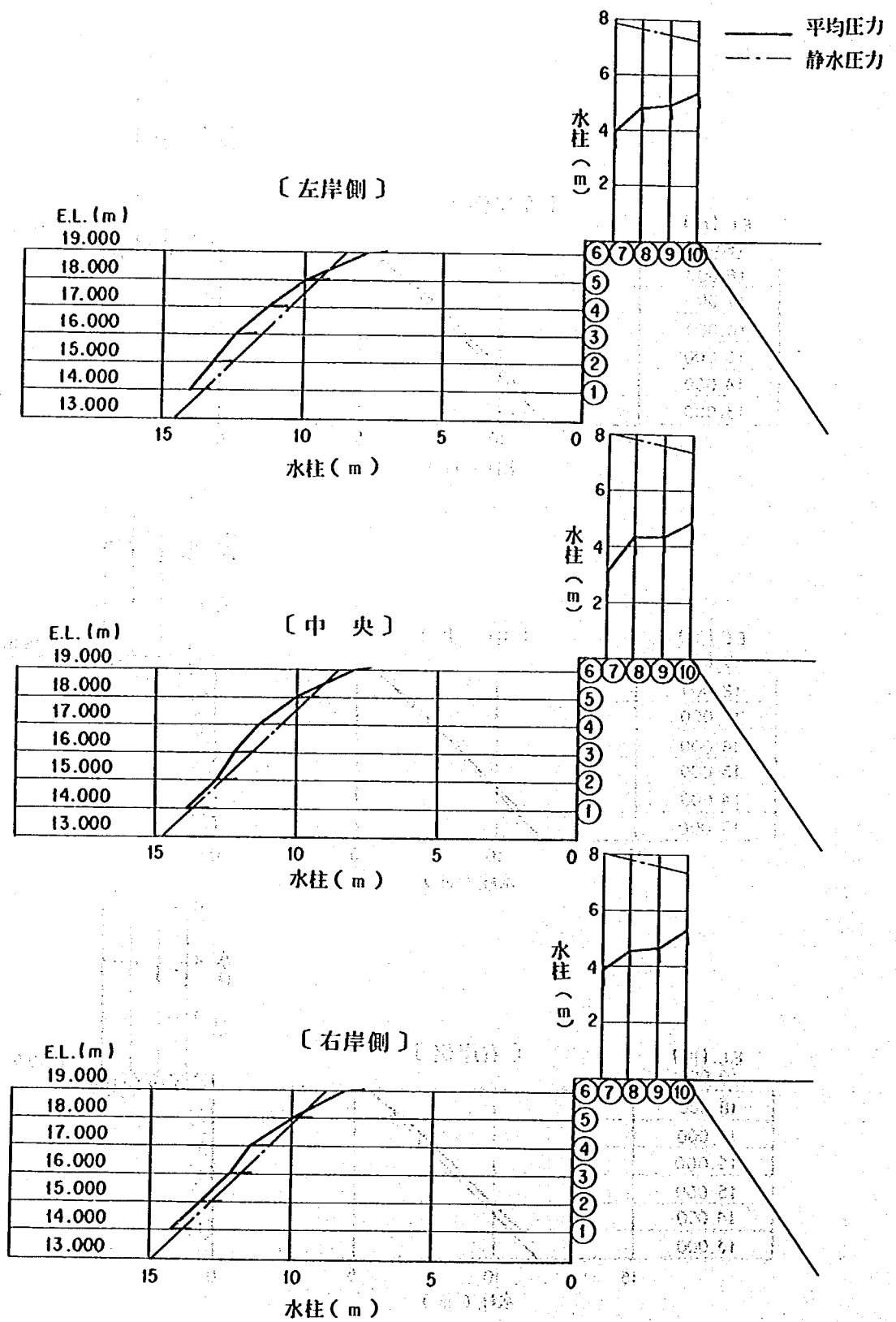


図-47 c 段上りに作用する圧力 (原設計案, $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

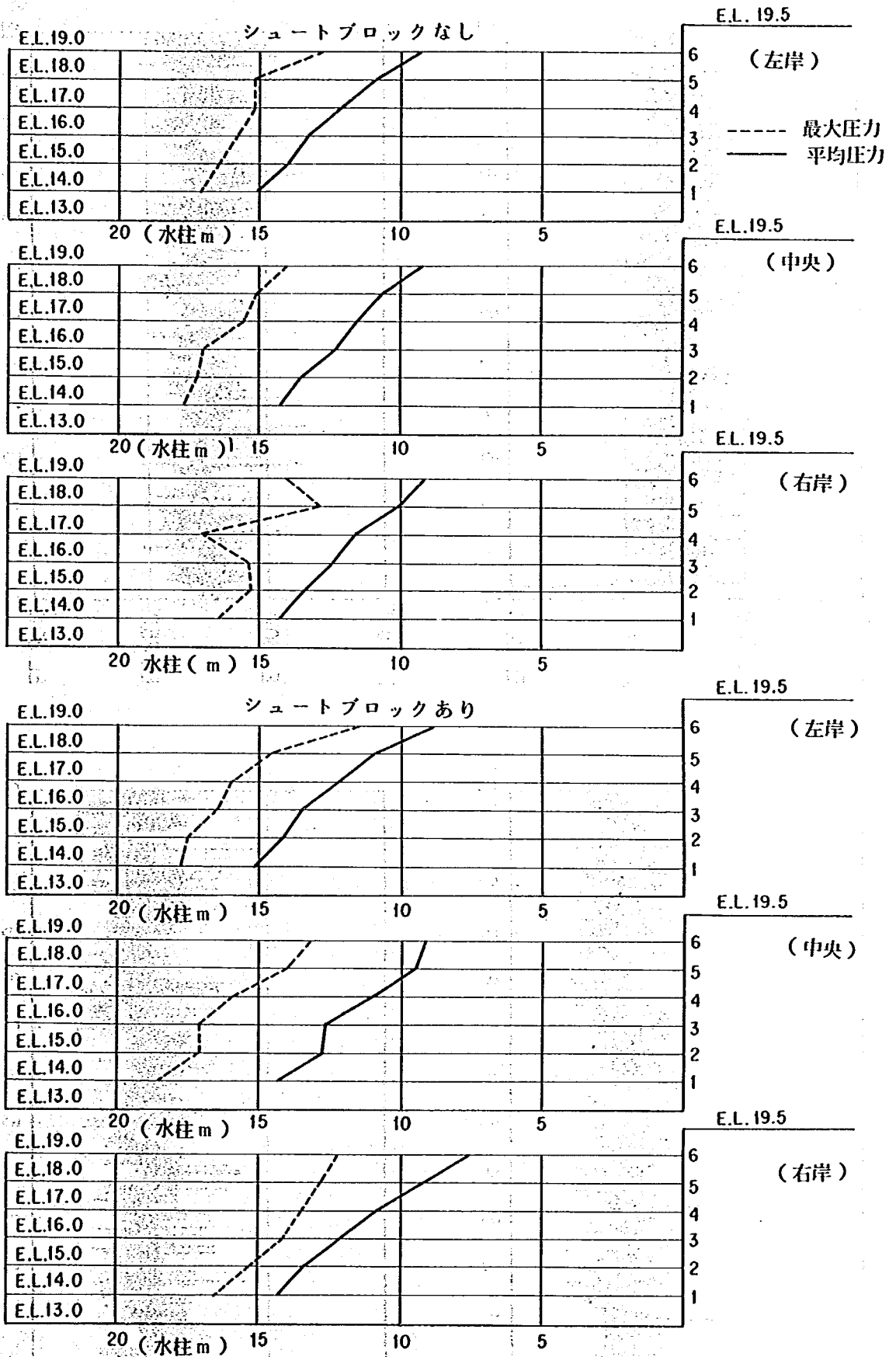


図-47d 段上りに作用する圧力 (CASE-5, $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

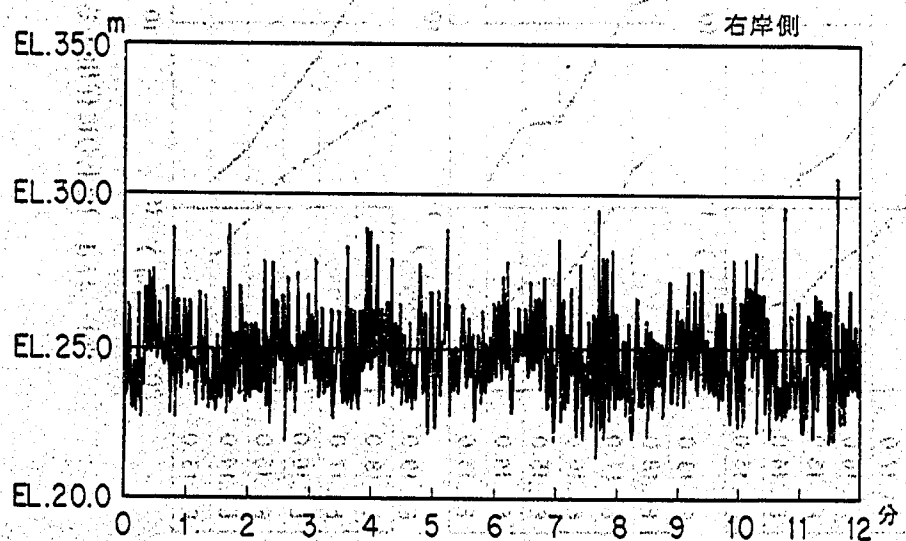
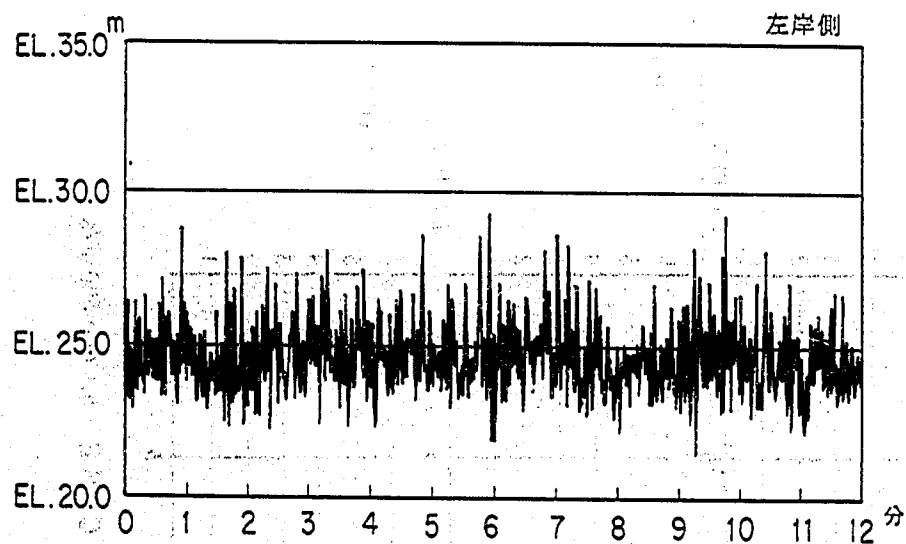


図-48 a 減勢工水位変動サイクル図 (横断No. 32)

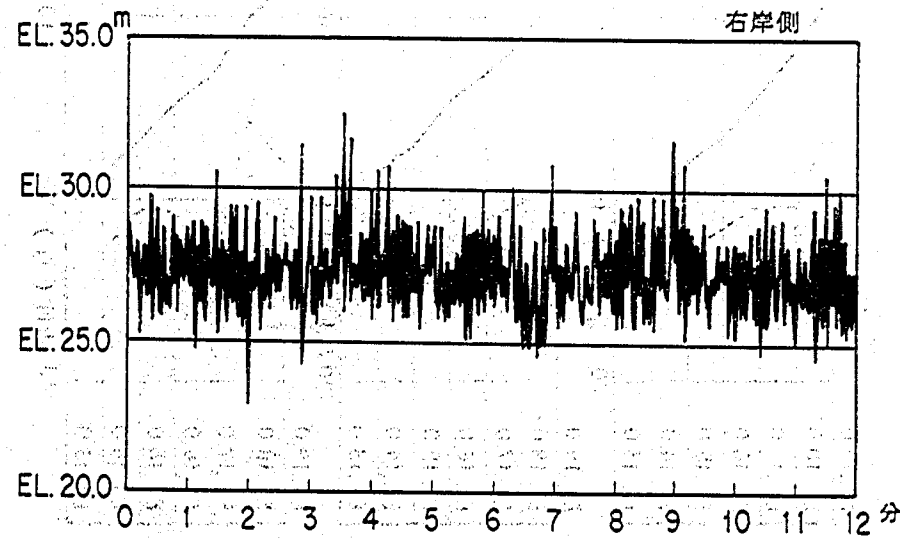
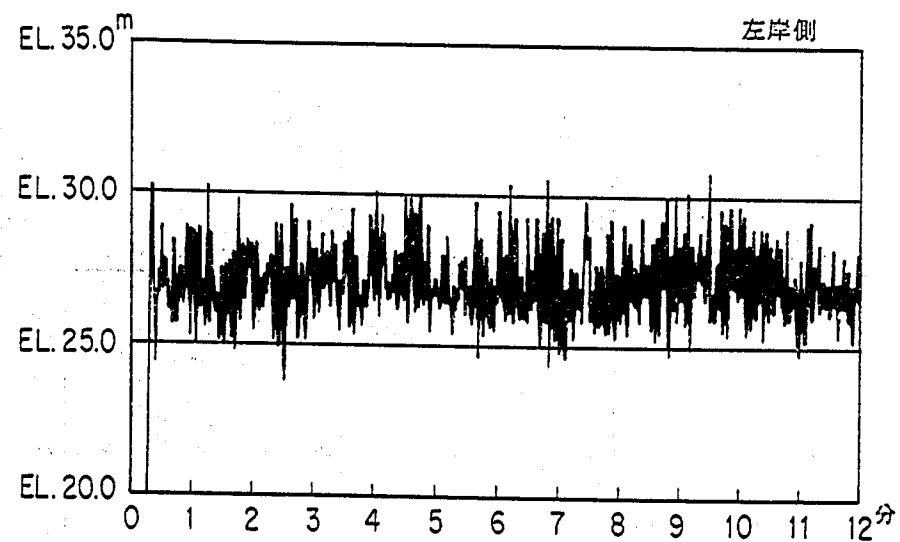


図-48 b 減勢工水位変動サイクル図 (横断No. 35)

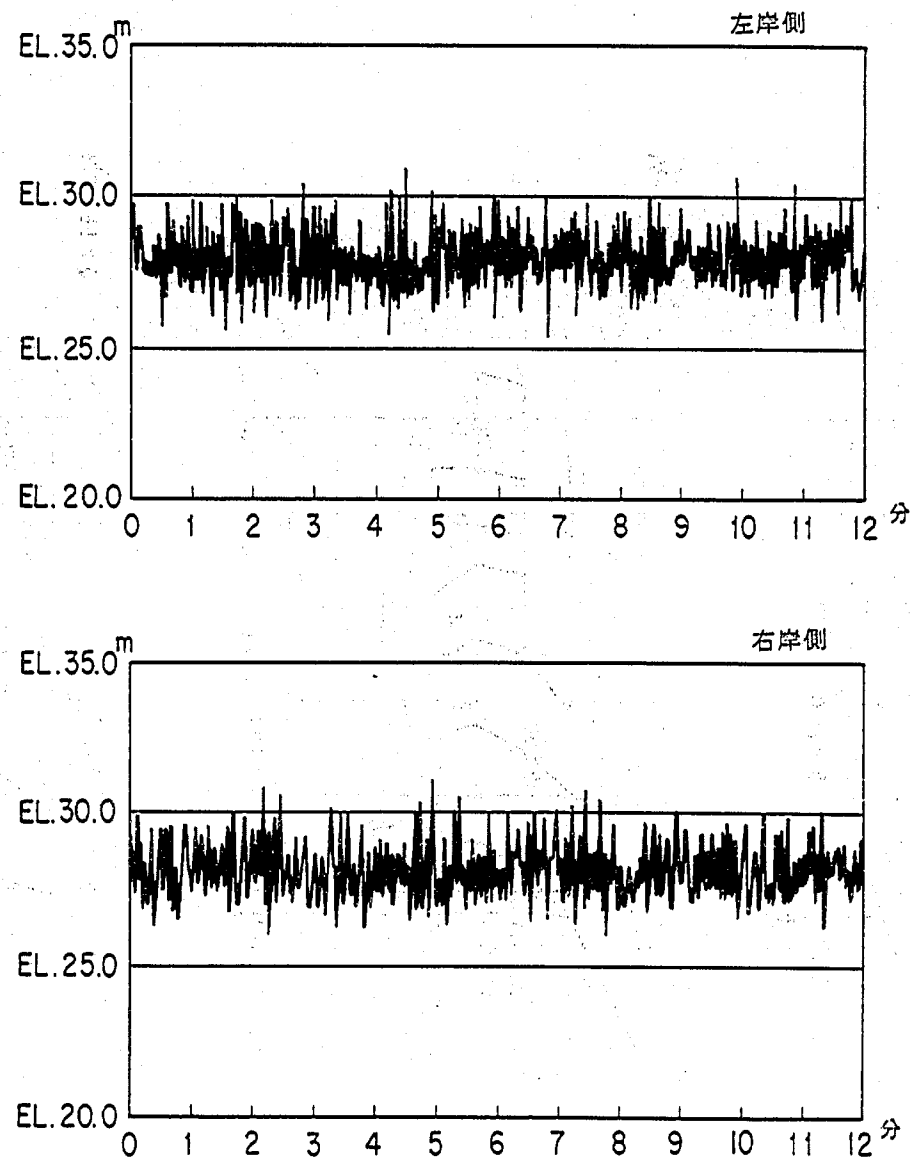


図-48 c 減勢工水位変動サイクル図 (横断No.38)

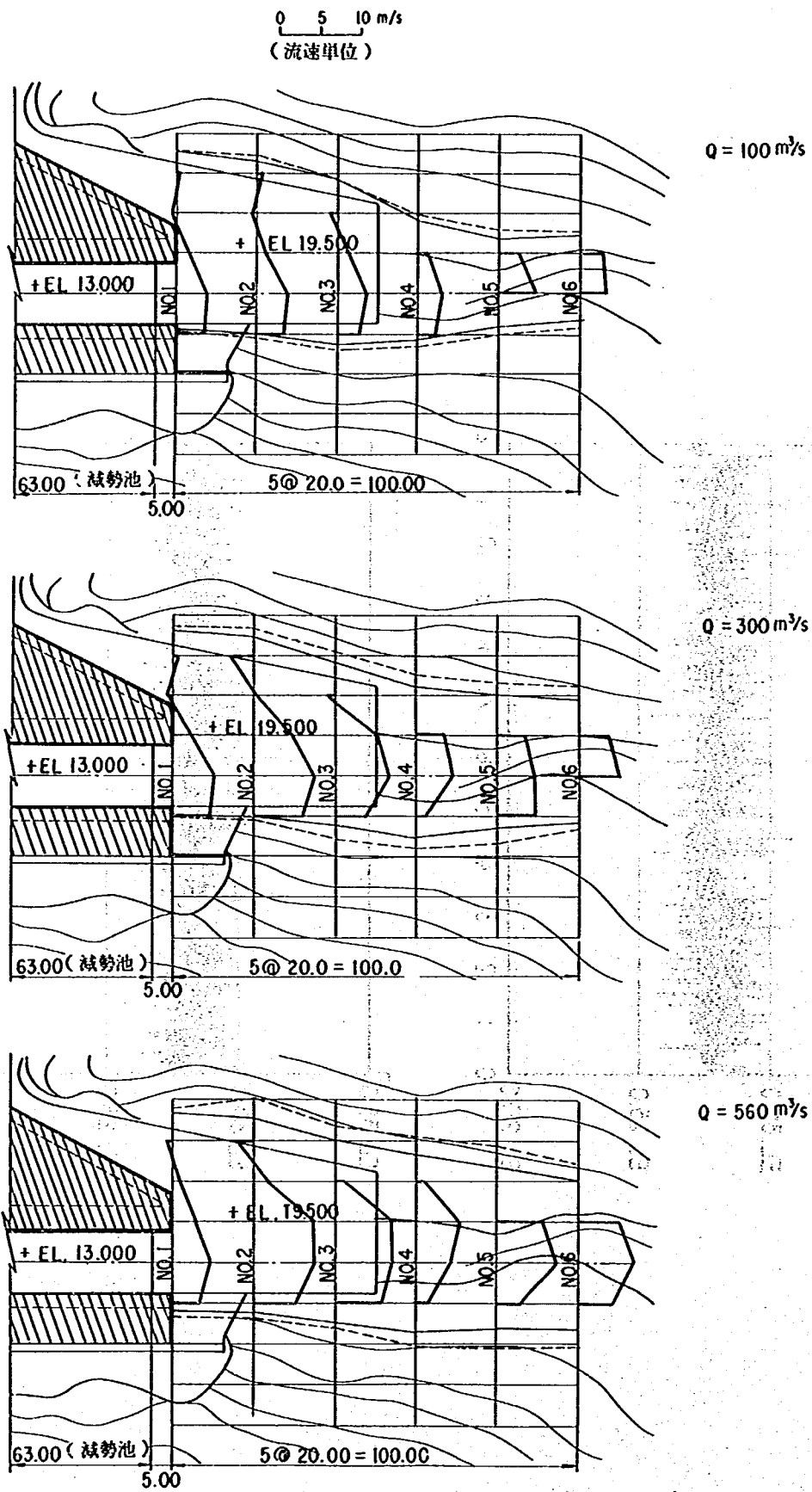
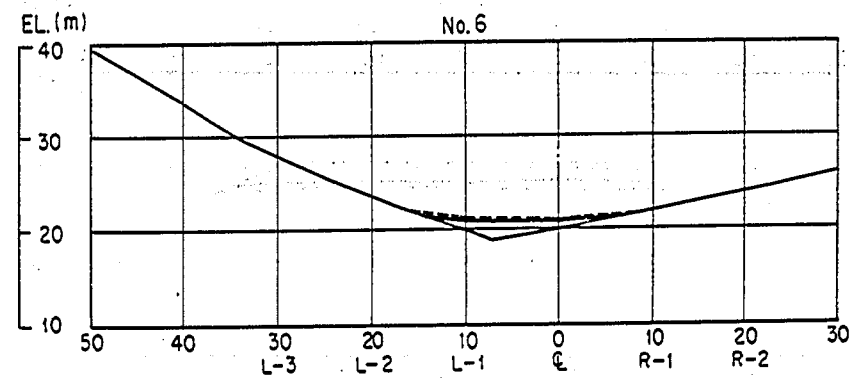
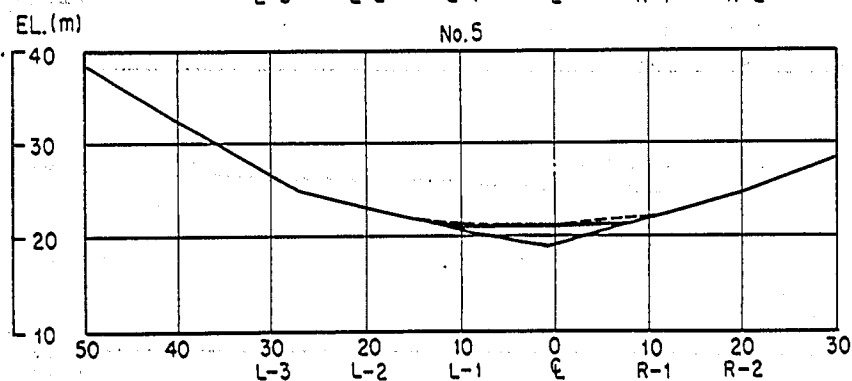
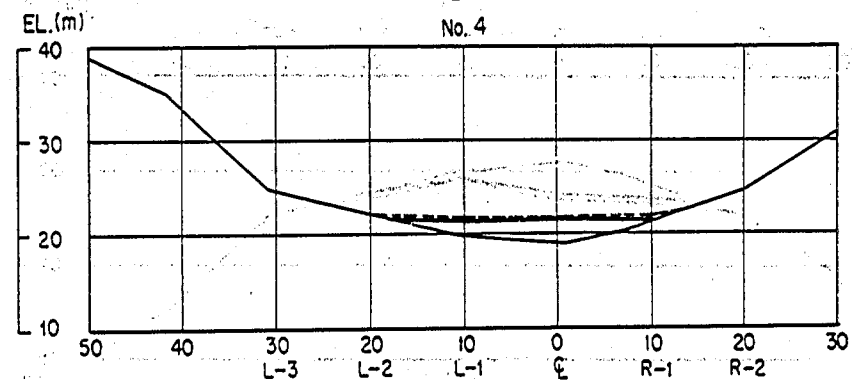
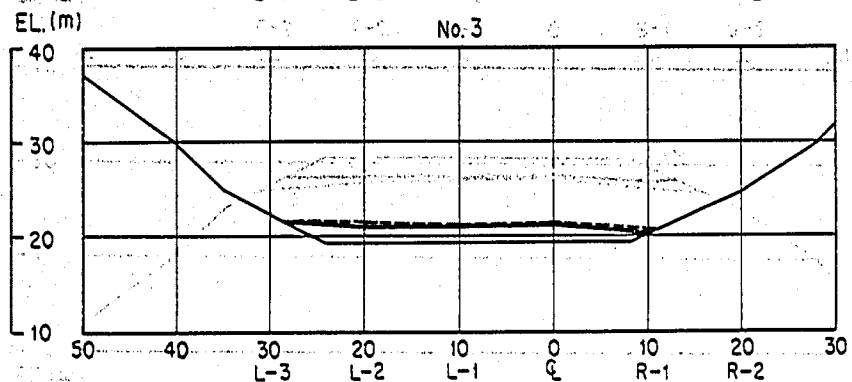
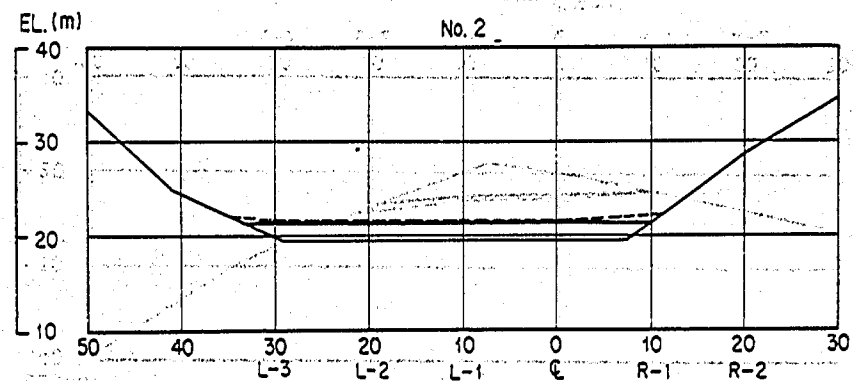
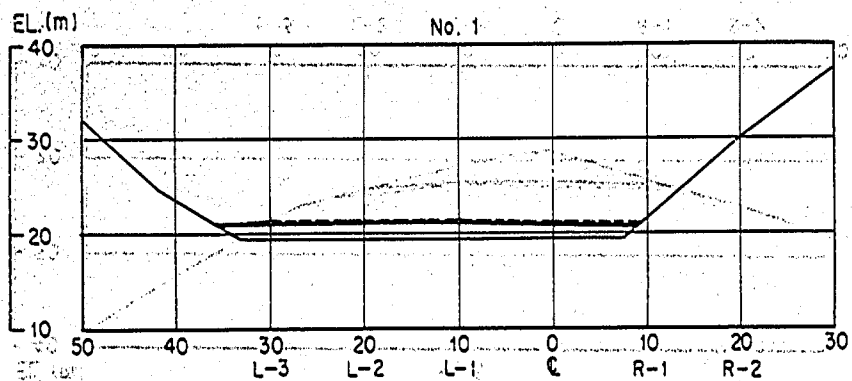


図-49 a 下流河道流向・流速(河床附近); 下流水位なし



----- 最高水位
—— 平均水位

図-49b 下流河道水位下流水位なし ($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

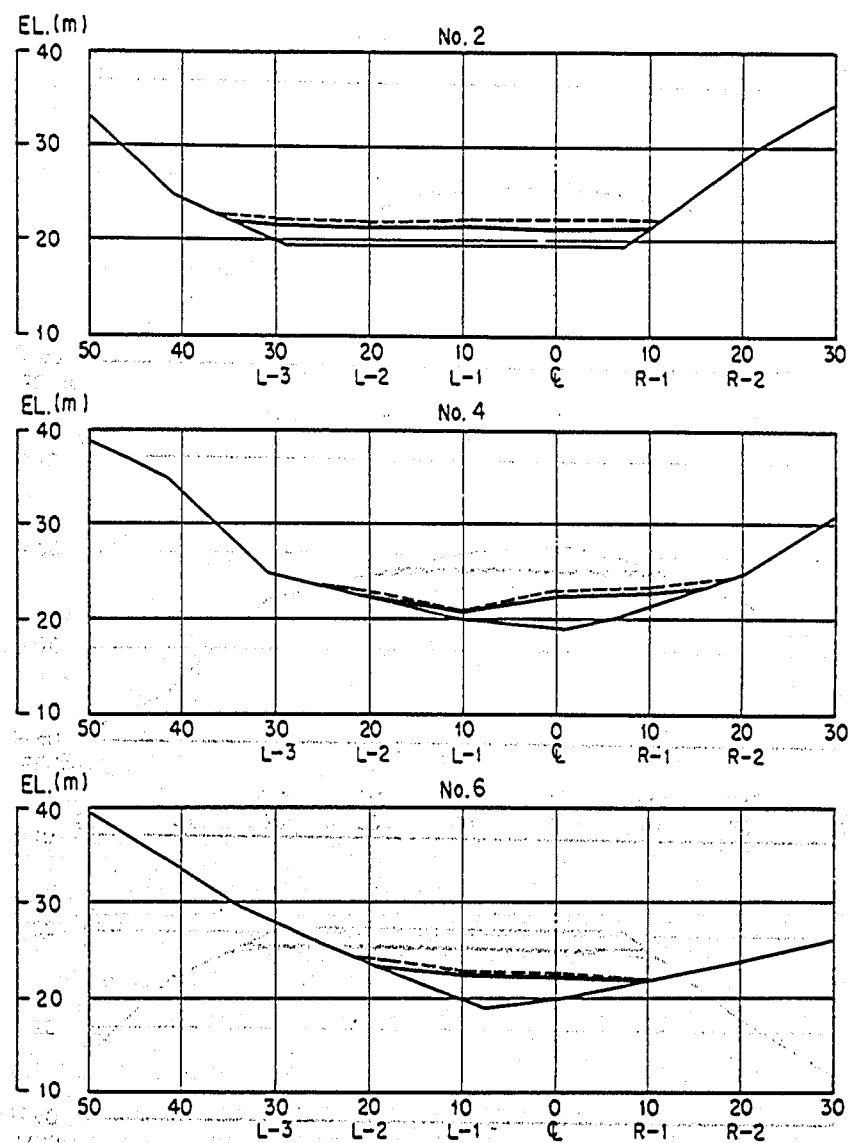
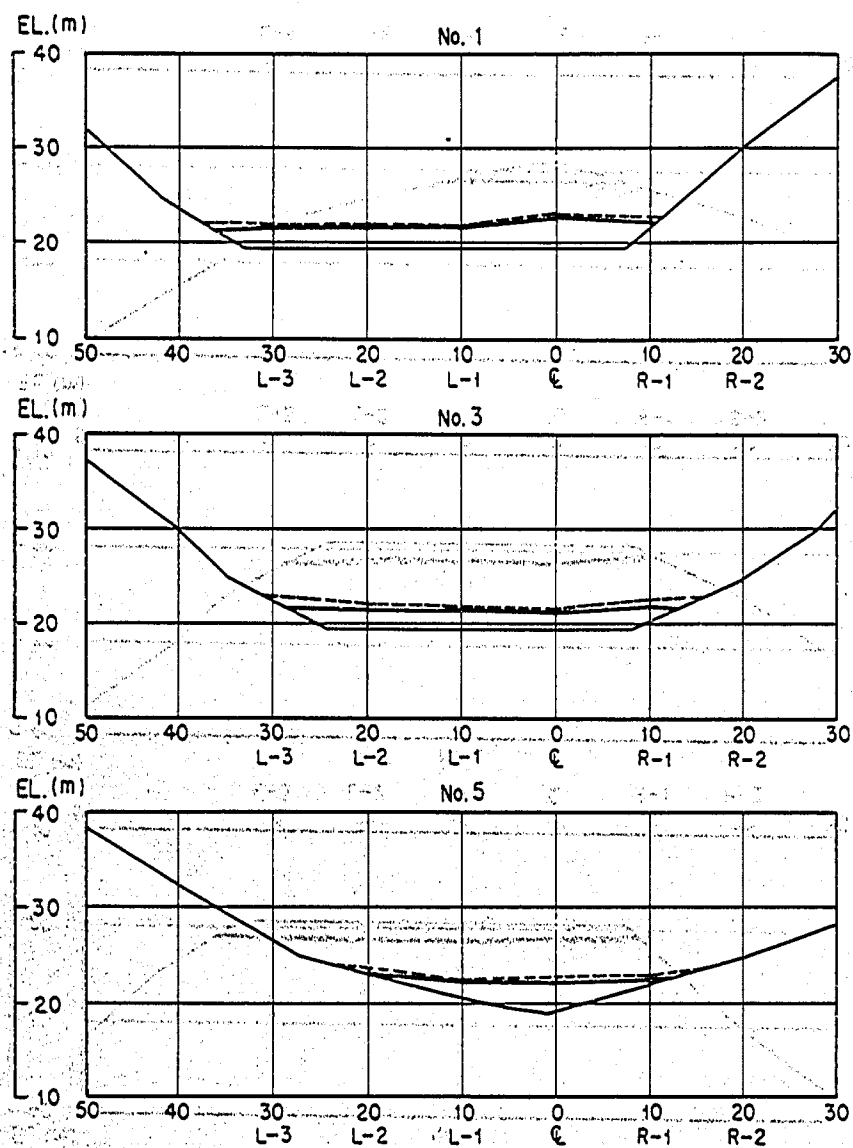
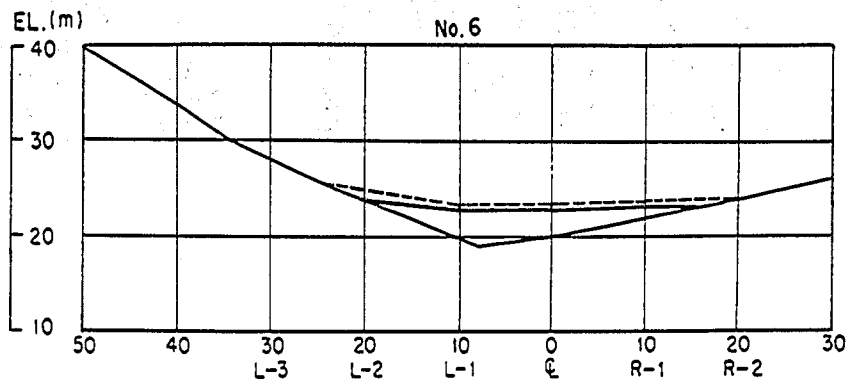
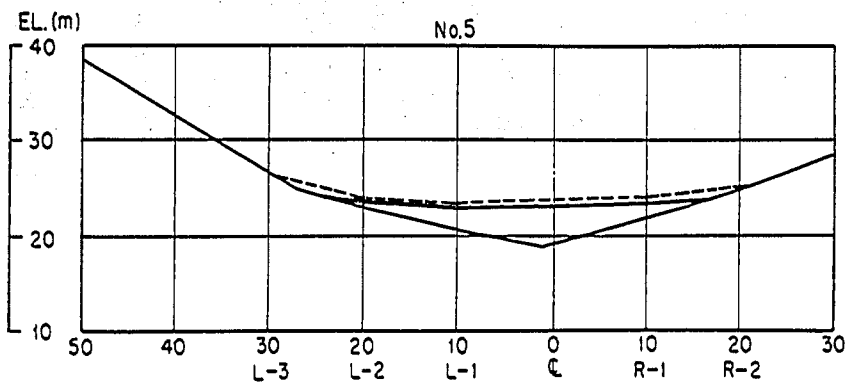
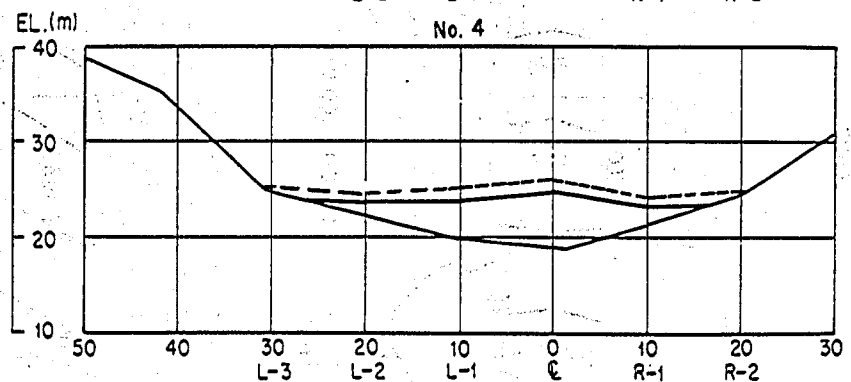
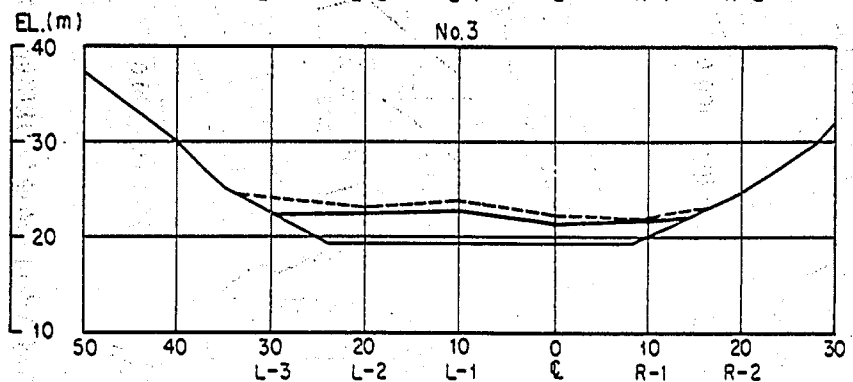
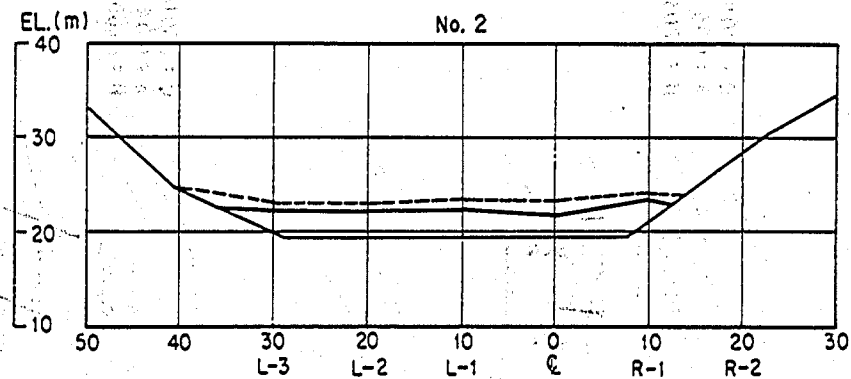
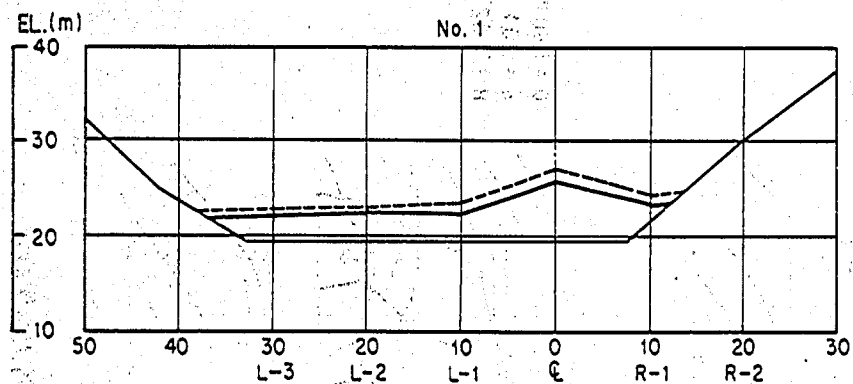


図-49 c 下流河道水位下流水位なし ($Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

----- 最高水位
————— 平均水位



----- 最高水位
————— 平均水位

図-49d 下流河道水位 下流水位なし ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

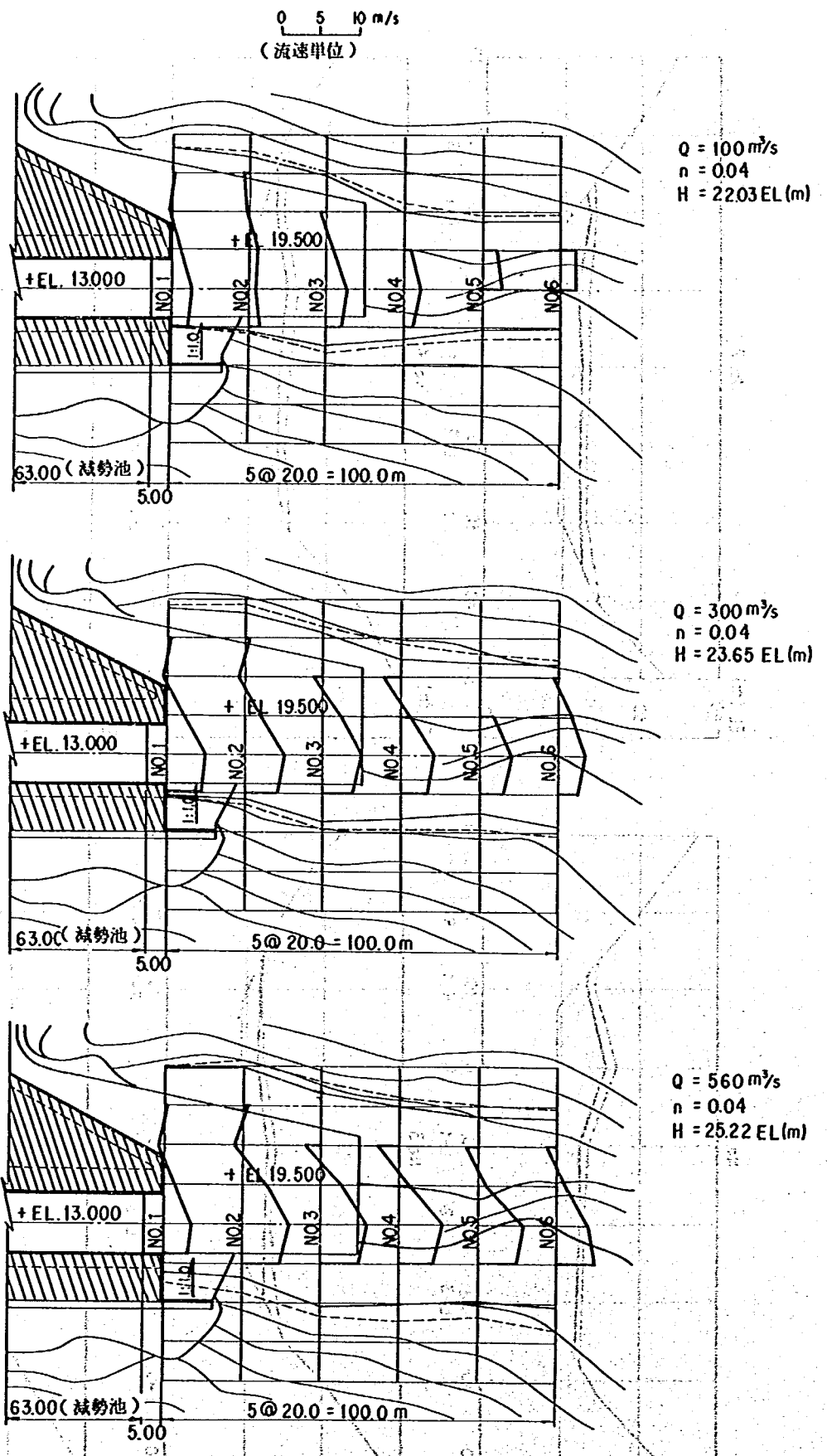


图-49e 下流河道流向・流速(河床附近);等流水深設定

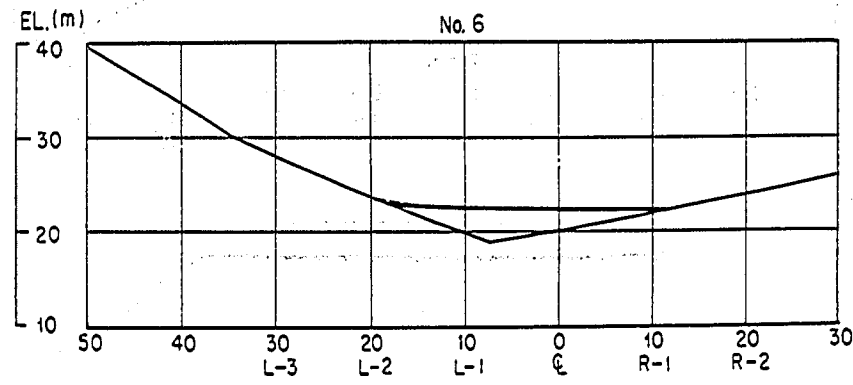
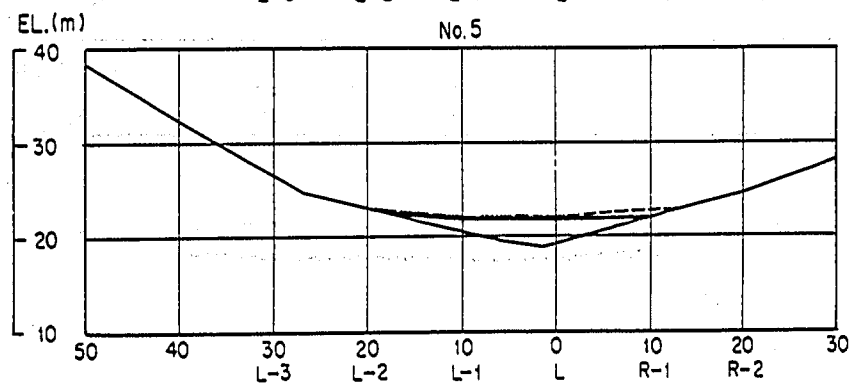
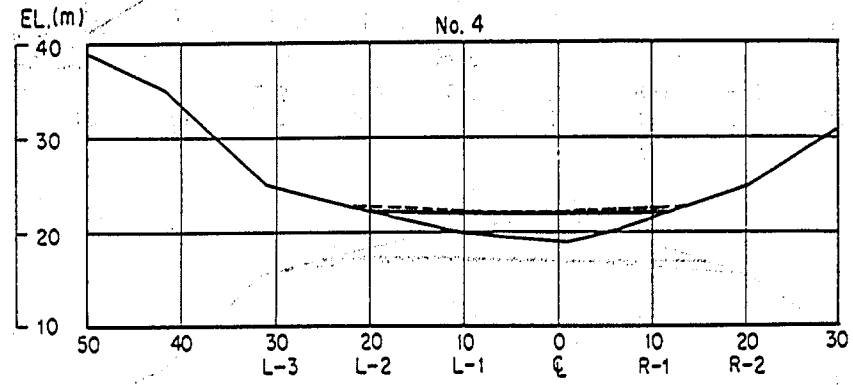
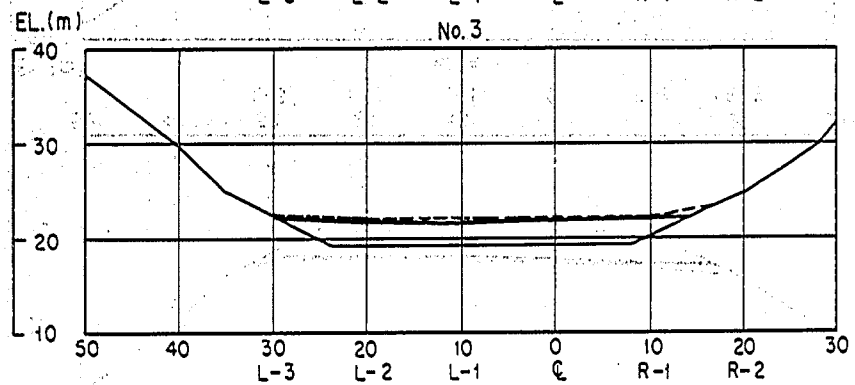
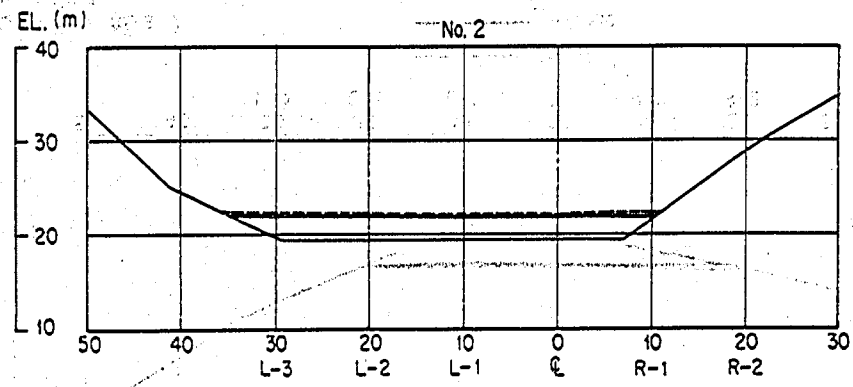
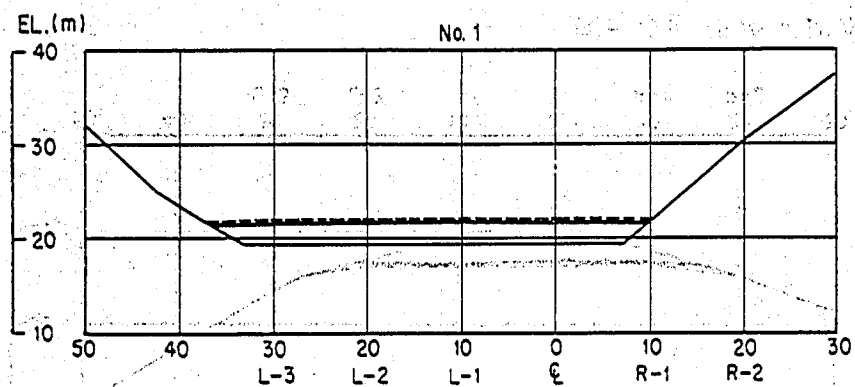


图-49f 下流河道水位 ($Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$)
 $n=0.04$
 $H=22.03 \text{ EL(m)}$

----- 最高水位
 ————— 平均水位

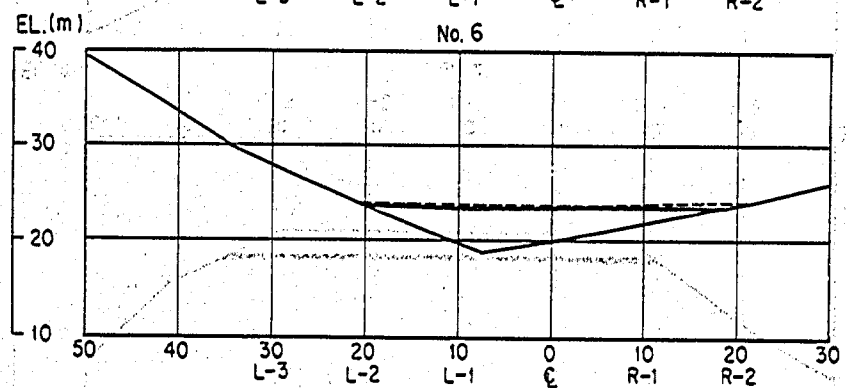
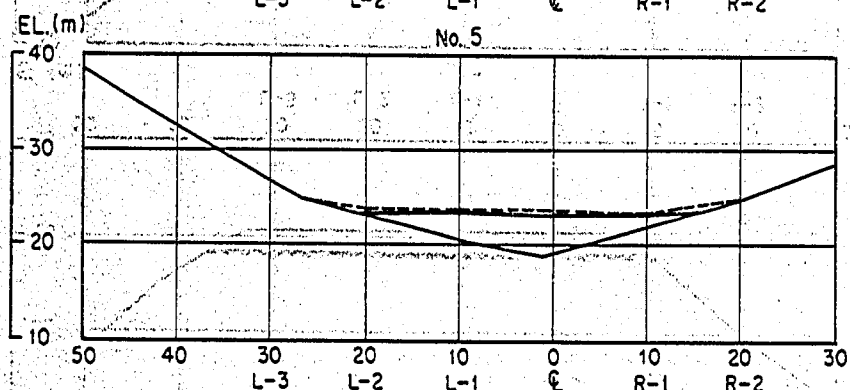
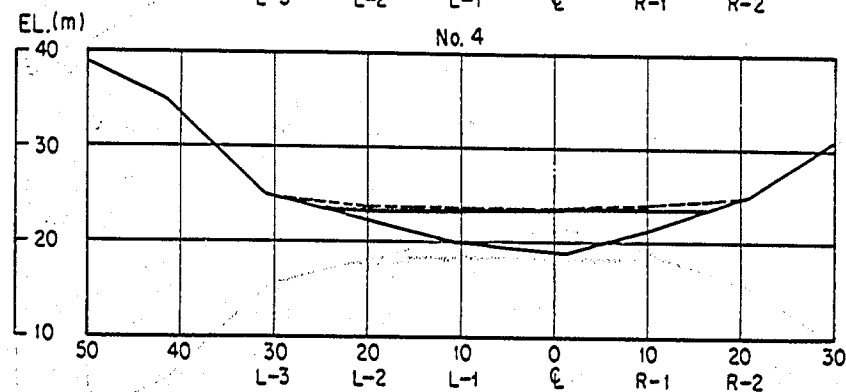
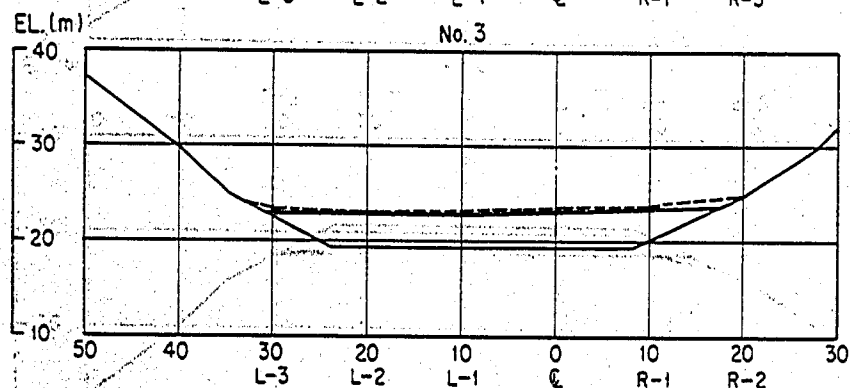
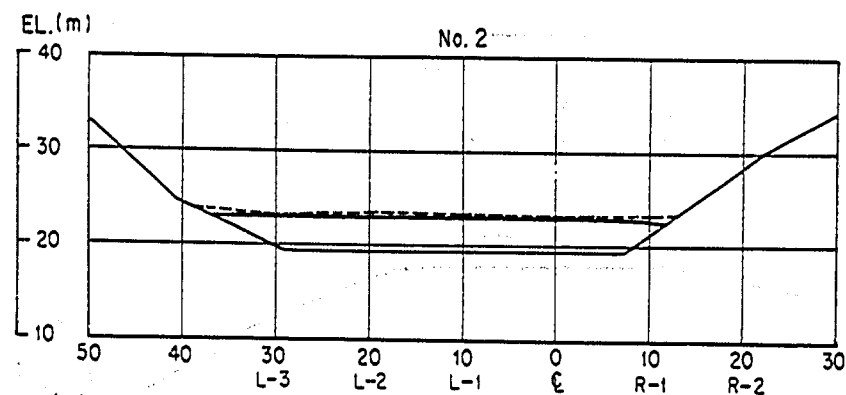
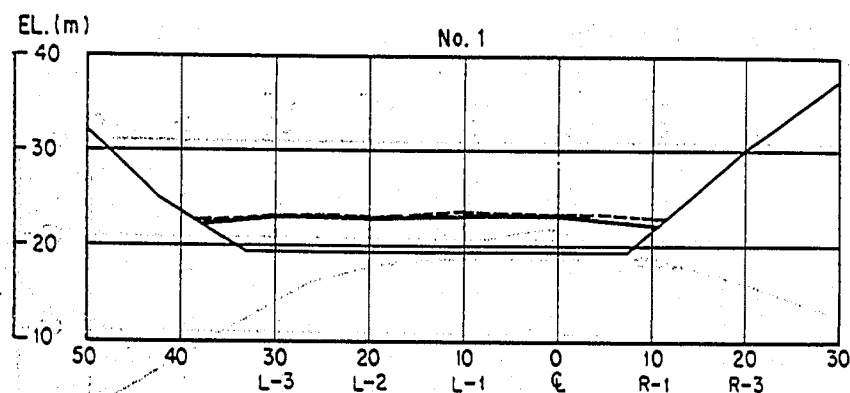


图-49 g 下流河道水位 ($Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)
 $n = 0.04$
 $H = 23.65 \text{ EL (m)}$

—— 最高水位
 —— 平均水位

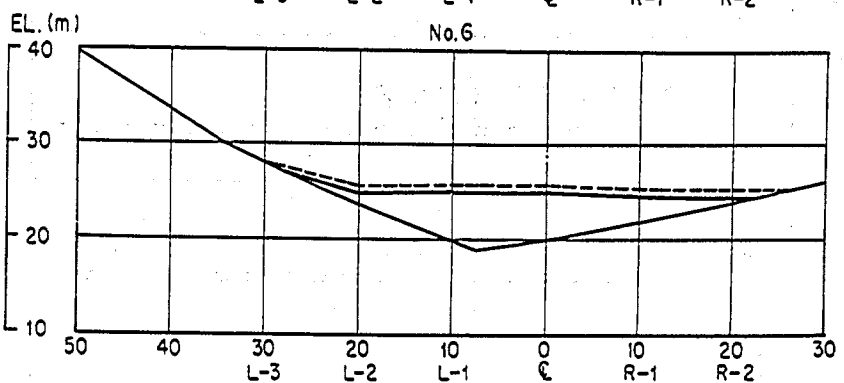
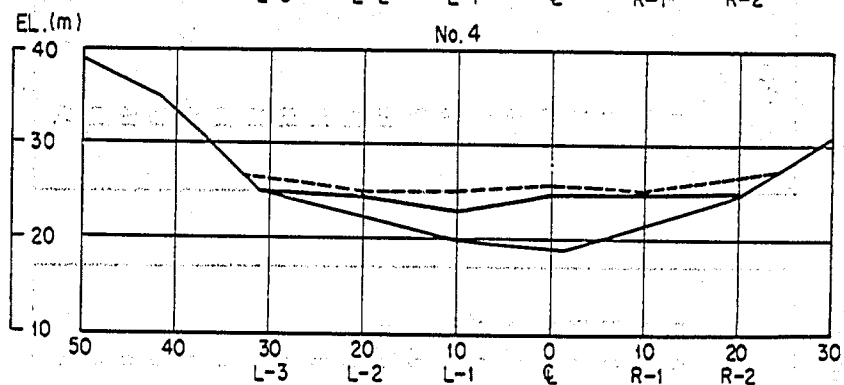
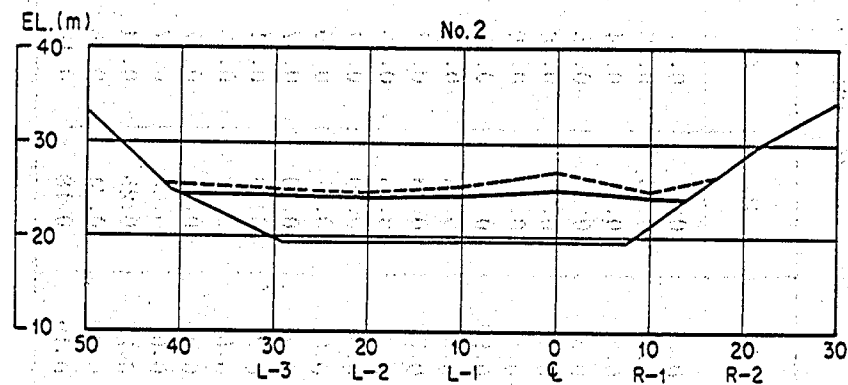
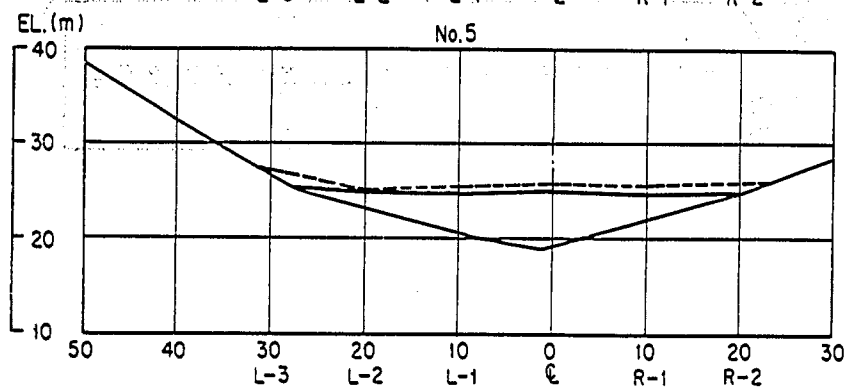
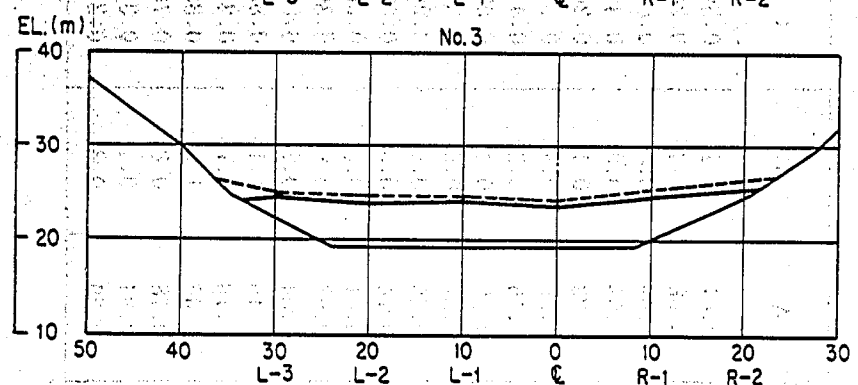
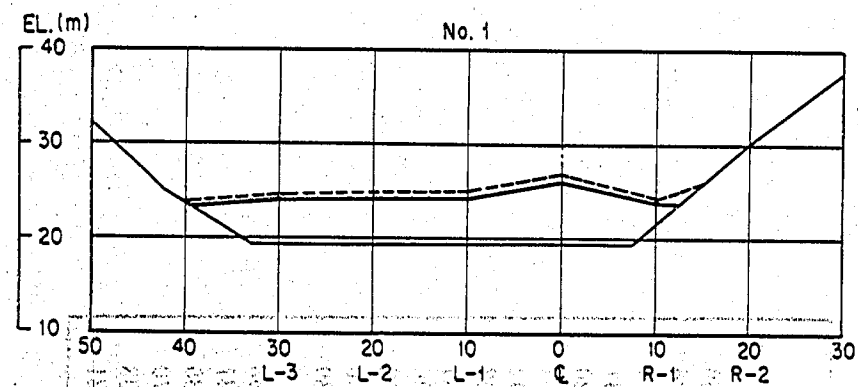


图-49h 下流河道水位 ($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

$n = 0.04$

$H = 25.22 \text{ EL (m)}$

--- 最高水位
— 平均水位

表-10 前庭部の流速分布測定結果(単位:m/sec)

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

位置 測点	A	B	C
1	0.20	0.20	0.21
2	0.21	0.23	0.21
3	0.22	0.23	0.24
4	0.21	0.22	0.22
5	0.20	0.20	0.20
6	0.22	0.22	0.22
7	0.53	0.44	0.22
8	0.25	0.24	0.23
9	0.20	0.20	0.21
10	0.20	0.20	0.20
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0

$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

位置 測点	A	B	C
1	0.39	0.21	0.21
2	0.46	0.36	0.38
3	0.31	0.51	0.54
4	0.33	0.32	0.45
5	0.18	0.22	0.28
6	0.48	0.44	0.40
7	0.90	0.61	0.30
8	0.51	0.58	0.61
9	0.32	0.33	0.23
10	0.20	0.23	0.26
11	0.34	0.30	0.34
12	0.21	0.21	0.29
13	0.43	0.39	0.37
14	0.29	0.33	0.41
15	0.51	0.52	0.43
16	0.38	0.32	0.37
17	0.60	0.62	0.47
18	0.22	0.25	0.34
19	0.30	0.24	0.26
20	0.19	0.18	0.18

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

位置 測点	A	B	C
1	0.61	0.29	0.30
2	0.68	0.45	0.28
3	0.59	0.62	0.69
4	0.58	0.34	0.47
5	0.23	0.18	0.20
6	0.59	0.43	0.34
7	2.15	5.26	0.42
8	0.29	0.46	0.57
9	0.52	0.56	0.34
10	0.45	0.40	0.26
11	0.74	0.58	0.62
12	0.61	0.54	0.56
13	0.93	0.84	0.89
14	0.64	0.74	0.89
15	1.16	1.15	0.83
16	0.70	0.78	0.87
17	1.46	1.26	0.85
18	0.78	0.81	0.70
19	0.34	0.43	0.38
20	0.29	0.32	0.31

表-11a 洪水吐き水位測定結果

($Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

測 点	測点標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
1	63.50						
2	63.35						
3	58.00						
4	57.37						
5	56.74						
6	56.11						
7	55.40	56.21	56.28	56.18	56.28	56.24	56.37
8	55.40	57.31	57.46	56.12	56.28	56.81	56.99
9	55.40	56.49	56.62	56.12	56.18	56.37	56.49
10	55.40	56.24	56.37	56.03	56.09	56.21	56.34
11	55.40	56.03	56.09	56.46	56.59	56.53	56.59
12	55.40	55.81	55.90	56.24	56.34	57.15	57.28
13	55.40	55.71	55.78	56.06	56.18	57.90	58.40
14	55.40	55.93	55.99	56.56	56.68	57.09	57.31
15	55.40	56.21	56.34	56.34	56.49	56.59	56.74
16	51.40	52.74	52.03	52.24	52.68	52.59	53.21
17	47.40	48.43	48.59	48.40	48.53	48.43	48.59
18	43.40	44.15	44.24	43.96	44.09	43.86	44.03
19	39.40	40.21	40.28	40.43	40.65	39.96	40.12
20	35.40	36.06	36.18	36.24	36.31	35.68	35.81
21	31.40	32.03	32.21	32.09	32.28	31.71	31.84
22	27.40	27.96	28.02	28.03	28.09	27.71	27.81
23	23.40	23.90	23.96	23.74	23.90	23.69	23.78
24	19.40	21.49	22.74	21.18	22.59	21.18	22.59
25	15.40	21.24	22.49	20.93	21.40	21.03	21.78
26	13.00	21.91	22.68	21.75	22.22	21.75	22.53
27	13.00	21.91	22.38	21.75	22.22	22.06	22.22
28	13.00	22.22	22.69	21.75	22.38	21.91	22.53
29	13.00	22.06	22.84	21.91	22.69	22.06	22.53
30	13.00	22.22	22.84	21.91	22.22	22.06	22.69
31	13.00	22.22	22.84	22.06	22.34	22.06	22.53
32	13.00	22.22	22.53	22.06	22.38	22.06	22.38
33	13.00	22.22	22.53	22.06	22.38	22.06	22.53
34	13.00	22.22	22.84	21.91	22.06	22.22	22.53
35	13.00	22.06	22.38	21.91	22.22	22.06	22.38
36	13.00	22.06	22.38	22.06	22.22	22.06	22.38
37	13.00	22.06	22.22	22.06	22.22	22.06	22.22
38	19.50	21.91	21.06	21.91	22.06	21.91	22.06
39	19.50	21.13	21.22	20.97	21.06	20.94	21.09
40	19.50	21.53	21.66	21.31	21.69	21.19	21.41

表-11b 導流部水位測定結果

($Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

測 点	測点標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
1	63.50						
2	63.35						
3	58.00						
4	57.37						
5	56.74						
6	56.11						
7	55.40	61.06	61.84	60.43	61.84	62.93	63.71
8	55.40	61.21	62.31	61.37	61.99	63.09	63.56
9	55.40	61.21	61.68	60.43	61.53	59.65	60.59
10	55.40	60.43	61.06	59.84	60.31	58.78	59.56
11	55.40	58.87	59.18	58.71	59.81	60.59	61.68
12	55.40	58.87	59.96	59.34	59.65	59.49	59.81
13	55.40	59.49	60.12	59.03	59.34	59.18	59.49
14	55.40	58.62	58.93	59.46	59.78	60.90	60.40
15	55.40	58.53	58.84	58.43	58.74	58.71	59.18
16	51.40	54.68	55.15	53.90	54.21	53.59	53.90
17	47.40	50.09	50.24	49.78	50.24	49.15	49.46
18	43.40	45.59	45.90	45.43	45.74	45.12	45.59
19	39.40	40.78	41.09	41.06	41.21	41.65	42.12
20	35.40	36.62	36.93	36.96	37.28	37.18	37.65
21	31.40	32.59	32.74	32.99	33.15	32.96	33.28
22	27.40	28.43	28.59	28.81	28.96	28.65	28.81
23	23.40	24.56	24.71	24.43	24.59	24.68	24.84
24	19.40	21.03	21.81	20.87	21.81	20.87	22.43
25	15.40	20.93	22.96	20.78	22.34	21.09	22.65
26	13.00	21.44	23.65	21.44	23.00	21.59	23.65
27	13.00	21.44	23.16	21.59	23.31	21.59	23.94
28	13.00	21.91	23.94	22.06	23.78	22.06	24.72
29	13.00	23.00	25.34	23.00	24.72	22.84	25.81
30	13.00	23.63	26.28	23.31	25.6	23.63	26.13
31	13.00	24.41	26.13	23.78	25.656	24.09	26.28
32	13.00	24.72	26.13	24.41	25.813	24.72	26.13
33	13.00	24.88	26.28	24.88	25.813	25.03	25.97
34	13.00	24.88	26.13	25.03	25.813	25.03	25.97
35	13.00	25.34	26.13	25.03	25.656	24.88	25.81
36	13.00	25.03	26.13	25.03	25.656	24.88	25.81
37	13.00	24.88	25.65	24.88	25.344	24.88	25.81
38	19.50	24.72	25.19	24.72	25.344	24.56	25.19
39	19.50	23.78	24.41	23.31	23.938	23.78	24.09
40	19.50	22.84	23.31	22.69	23.000	22.53	22.84

表-11c 導流部水位測定結果

($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$)

測 点	測点標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
1	63.50						
2	63.35						
3	58.00						
4	57.37						
5	56.74						
6	56.11						
7	55.40	66.37	67.46	66.21	67.46	67.31	69.18
8	55.40	65.43	67.93	65.59	66.68	66.37	37.35
9	55.40	64.81	67.15	64.65	65.28	65.59	66.37
10	55.40	64.34	65.90	64.37	65.31	64.87	65.96
11	55.40	63.71	64.81	64.18	65.12	64.49	65.12
12	55.40	62.46	63.40	62.78	63.40	64.03	64.65
13	55.40	62.46	63.09	62.15	62.78	63.09	63.71
14	55.40	61.59	62.37	61.81	62.43	62.28	62.74
15	55.40	60.56	61.03	60.31	60.78	60.74	61.21
16	51.40	56.55	56.87	55.46	55.93	56.71	57.34
17	47.40	51.49	51.96	50.71	51.03	51.81	52.12
18	43.40	46.84	47.15	46.53	46.84	46.99	47.15
19	39.40	42.18	42.81	42.46	42.62	42.59	43.06
20	35.40	37.87	38.03	37.90	38.06	38.12	38.28
21	31.40	33.53	33.99	33.62	33.78	33.59	33.90
22	27.40	29.37	29.68	29.43	29.74	29.59	29.90
23	23.40	25.34	25.65	25.06	25.21	25.31	25.62
24	19.40	21.18	21.34	21.03	21.18	21.18	21.34
25	15.40	20.15	22.34	19.68	22.34	19.68	22.34
26	13.00	19.37	22.53	20.66	22.84	20.34	22.53
27	13.00	20.97	23.16	21.44	23.16	20.97	23.16
28	13.00	21.28	23.47	21.59	24.47	21.91	25.03
29	13.00	23.16	23.54	22.84	25.19	22.69	25.50
30	13.00	23.469	25.34	23.16	25.97	23.94	26.44
31	13.00	24.72	26.91	24.09	26.44	24.56	27.69
32	13.00	25.50	28.16	24.72	27.38	24.88	28.63
33	13.00	27.53	30.66	25.66	29.09	25.66	28.31
34	13.00	26.75	30.03	26.91	28.47	26.59	28.63
35	13.00	27.53	30.97	26.59	29.09	26.91	29.88
36	13.00	27.69	29.41	27.38	29.25	27.22	30.19
37	13.00	28.00	29.56	27.53	29.25	27.69	30.50
38	19.50	27.53	29.25	27.69	28.78	27.84	29.09
39	19.50	26.59	28.47	26.75	27.84	26.59	28.31
40	19.50	25.19	26.44	25.34	26.28	25.19	26.28

表-12a 導流部～シュール部屈曲点圧力（改良設計案）

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測 点 標 高 (EL.m)	圧 力 水 頭 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)
1	55.40	1.25	56.65
2	55.40	1.31	56.71
3	55.40	-0.01	55.39
4	55.28	-0.62	54.66
5	53.61	1.35	54.96
6	51.82	0.84	52.66

$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測 点 標 高 (EL.m)	圧 力 水 頭 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)
1	55.40	3.77	59.17
2	55.40	3.422	58.82
3	55.40	0.50	55.90
4	55.28	-0.22	55.06
5	53.61	2.73	56.34
6	51.82	2.44	54.26

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測 点 標 高 (EL.m)	圧 力 水 頭 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)
1	55.40	6.86	62.26
2	55.40	5.06	60.46
3	55.40	1.36	56.76
4	55.28	-0.20	55.08
5	53.61	4.13	57.74
6	51.82	4.14	55.96

表-12b 導流部～シュート部屈曲点圧力(斜めシル案)

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

測点	測点標高 (EL.m)	圧力水頭 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)
1	55.40	1.61	57.01
2	55.40	1.61	57.01
3	55.40	0.36	57.76
4	55.28	-0.14	55.14
5	53.61	1.15	54.76
6	51.82	1.20	53.02

$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

測点	測点標高 (EL.m)	圧力水頭 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)
1	55.40	4.08	59.48
2	55.40	3.58	58.98
3	55.40	0.70	56.10
4	55.28	-0.05	55.23
5	53.61	2.65	56.26
6	51.82	2.25	54.07

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

測点	測点標高 (EL.m)	圧力水頭 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)
1	55.40	5.64	61.04
2	55.40	4.80	60.20
3	55.40	0.05	55.45
4	55.28	-0.10	55.18
5	53.61	3.77	57.38
6	51.82	3.69	55.51

表-12c シュート部～減勢工屈曲点圧力（改良設計案）

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測 点 標 高 (EL.m)	圧 力 水 頭 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)
1	14.43	6.40	20.83
2	13.72	7.44	21.16
3	13.00	9.36	22.36
4	13.00	9.28	22.28
5	13.00	8.65	21.65
6	13.00	8.36	21.36

$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測 点 標 高 (EL.m)	圧 力 水 頭 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)
1	14.43	14.77	29.20
2	13.72	15.44	29.16
3	13.00	20.22	33.22
4	13.00	20.31	33.31
5	13.00	17.02	30.02
6	13.00	15.28	28.28

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測 点 標 高 (EL.m)	圧 力 水 頭 (EL.m)	ピエゾ水頭 (EL.m)
1	14.43	5.97	20.40
2	13.72	8.22	21.94
3	13.00	18.63	31.63
4	13.00	18.72	31.72
5	13.00	11.00	24.00
6	13.00	6.03	19.03

表-13 導水路水位(改造案-1)

Q = 100 m³/s

測 點	測點標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
7	55.400	58.71	59.81	58.24	59.34	57.93	58.56
8	55.400	58.71	60.12	59.49	60.43	59.34	59.96
9	55.400	59.03	59.81	59.65	60.28	60.43	61.84
10	55.400	59.49	59.96	59.68	60.15	60.18	61.12
11	55.400	57.78	58.24	56.84	57.15	57.46	58.24
12	55.400	56.84	57.15	56.99	57.78	56.99	57.93
13	55.400	56.21	56.53	56.99	57.31	58.40	59.34
14	55.400	57.43	57.75	57.18	57.50	57.34	57.50
15	55.400	56.65	57.28	56.87	57.18	56.68	56.99
16	51.400	52.65	53.12	52.81	53.12	52.49	52.81
17	47.400	48.53	48.84	48.21	48.37	48.37	48.53

Q = 300 m³/s

測 點	測點標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
7	55.400	64.49	65.12	63.56	64.34	64.65	65.28
8	55.400	63.56	64.18	63.24	64.18	62.78	63.87
9	55.400	63.24	64.03	63.24	63.86	64.03	64.49
10	55.400	63.09	63.87	62.34	63.28	63.46	63.93
11	55.400	59.65	60.28	59.49	60.28	60.28	60.74
12	55.400	58.56	59.49	59.34	59.96	59.34	59.96
13	55.400	58.71	59.18	58.87	59.18	59.49	59.96
14	55.400	58.84	59.15	59.22	59.37	59.22	59.53
15	55.400	58.53	58.84	58.43	58.59	58.40	58.56
16	51.400	54.53	54.84	54.06	54.37	54.06	54.21
17	47.400	49.78	50.09	49.62	49.93	49.62	49.93

Q = 560 m³/s

測 點	測點標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
7	55.400	67.62	68.40	67.31	67.93	68.87	69.81
8	55.400	67.78	68.71	66.84	67.62	67.15	68.40
9	55.400	67.31	68.09	66.09	66.53	66.84	67.46
10	55.400	66.68	67.31	66.71	67.65	67.53	67.99
11	55.400	64.34	64.96	64.18	65.12	64.49	65.28
12	55.400	60.90	61.37	61.21	61.84	63.56	64.18
13	55.400	60.43	61.21	61.06	61.84	62.78	63.24
14	55.400	61.97	63.22	60.94	61.72	61.87	62.17
15	55.400	60.56	61.03	59.84	60.78	60.12	60.43
16	51.400	56.40	56.87	55.78	56.09	55.93	56.56
17	47.400	51.49	51.81	51.34	51.81	51.65	51.96

表-14 導水路水位 (改造案-2)

Q = 100 m³/s

測 點	測點標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
7	55.400	56.31	56.37	56.24	56.40	56.28	56.34
8	55.400	57.06	57.24	56.21	56.28	56.93	57.09
9	55.400	56.40	56.53	56.06	56.12	56.43	56.53
10	55.400	56.90	57.31	56.71	57.18	56.90	57.37
11	55.400	59.18	59.65	59.81	60.43	59.49	59.96
12	55.400	59.65	60.43	59.65	60.12	59.96	60.74
13	55.400	59.81	60.43	59.81	60.12	60.12	60.74
14	55.400	59.62	59.94	59.56	59.84	60.00	60.22
15	55.400	56.65	56.96	56.56	56.71	56.53	56.84
16	51.400	52.65	52.96	52.34	52.49	52.18	52.49
17	47.400	48.21	48.37	48.21	48.53	48.06	48.21

Q = 300 m³/s

測 點	測點標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
7	55.400	64.34	64.96	63.71	64.34	64.81	65.28
8	55.400	63.56	64.65	63.24	64.18	62.78	63.71
9	55.400	63.09	63.87	63.24	64.03	63.71	64.34
10	55.400	63.40	64.49	63.12	63.74	63.46	64.09
11	55.400	63.24	63.71	63.09	63.40	63.24	63.56
12	55.400	63.24	63.56	63.09	63.56	63.24	63.40
13	55.400	63.24	63.40	63.24	63.56	63.24	63.56
14	55.400	62.75	62.90	62.50	62.81	62.81	62.97
15	55.400	58.53	58.84	58.43	58.59	59.18	59.34
16	51.400	54.21	54.37	53.59	53.90	54.06	54.21
17	47.400	49.62	49.78	49.46	49.62	49.62	49.78

Q = 560 m³/s

測 點	測點標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
7	55.400	67.46	68.40	67.62	67.93	69.03	69.81
8	55.400	67.62	68.56	66.53	67.46	67.46	68.56
9	55.400	67.15	68.09	66.06	66.84	66.53	67.46
10	55.400	66.84	68.09	66.71	67.49	67.37	67.84
11	55.400	62.58	66.21	66.06	66.53	66.21	66.84
12	55.400	66.21	67.31	66.06	66.53	66.37	66.99
13	55.400	64.96	65.59	65.59	65.90	66.06	66.37
14	55.400	65.25	66.03	65.00	65.31	65.62	65.78
15	55.400	61.18	61.81	62.03	62.34	62.62	63.09
16	51.400	56.24	56.56	56.40	56.71	57.34	57.65
17	47.400	52.12	52.59	51.34	52.12	52.28	52.59

表-15 導水路水位 (改造案-3)

 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測点標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
7	55.400	56.37	56.46	56.31	56.40	56.21	56.31
8	55.400	56.99	57.46	56.68	57.15	56.99	57.31
9	55.400	58.24	58.71	57.93	58.56	57.93	58.24
10	55.400	59.74	59.81	59.37	59.68	59.24	59.56
11	55.400	59.65	59.96	58.87	59.49	58.56	59.18
12	55.400	56.37	56.68	57.78	58.24	57.93	58.40
13	55.400	57.62	58.24	57.06	57.21	57.46	57.78
14	55.400	57.06	57.37	56.96	57.12	57.12	57.43
15	55.400	56.34	56.65	56.71	57.03	56.99	57.31
16	51.400	52.34	52.65	52.34	52.49	52.18	52.34
17	47.400	48.21	48.53	48.21	48.37	48.21	48.37

 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測点標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
7	55.400	64.18	64.96	63.87	64.49	64.34	64.96
8	55.400	63.24	64.18	63.09	63.71	62.93	63.71
9	55.400	62.93	64.03	62.93	63.40	63.24	64.03
10	55.400	63.24	63.71	62.65	63.12	63.15	63.62
11	55.400	61.68	61.99	61.21	61.53	60.59	61.06
12	55.400	59.81	60.43	59.65	59.96	61.21	61.84
13	55.400	60.43	60.74	60.12	60.43	60.28	60.50
14	55.400	59.24	59.40	59.31	59.62	59.78	60.24
15	55.400	58.53	58.68	58.74	58.90	58.56	58.87
16	51.400	54.03	54.37	53.90	54.21	54.06	54.37
17	47.400	49.62	49.93	49.46	49.62	49.62	49.93

 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

測 点	測点標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
7	55.400	67.78	68.56	67.93	68.40	69.03	69.96
8	55.400	68.24	69.03	66.99	67.78	67.62	68.56
9	55.400	67.78	68.24	66.37	67.31	66.53	67.93
10	55.400	67.31	68.09	67.49	67.81	67.84	68.46
11	55.400	63.87	64.49	64.03	65.43	65.12	65.74
12	55.400	61.84	62.15	61.53	62.15	63.09	63.71
13	55.400	61.37	61.84	61.68	62.31	62.46	62.78
14	55.400	61.28	61.74	61.03	61.65	61.49	61.96
15	55.400	60.46	61.03	60.15	60.93	60.28	60.74
16	51.400	56.40	56.87	55.62	56.09	56.09	56.71
17	47.400	51.34	51.49	51.18	51.65	51.34	51.65

表-16a 減勢工水位測定結果

($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, CASE-1) $D = 6.5 \text{ m}$ バケットカーブあり $L = 58 \text{ m}$

測 点	測点標高 (EL.m)	左 岸 壁 沿 (EL.m)		中 心 線 上 (EL.m)		右 岸 壁 沿 (EL.m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
20	35.40	38.03	38.49	38.37	38.59	38.12	38.59
21	31.40	33.53	33.92	33.93	34.24	33.67	34.14
22	27.40	29.45	29.84	29.59	29.90	29.51	29.90
23	23.40	25.57	26.04	25.21	25.37	25.23	25.70
24	19.40	21.49	21.81	21.03	21.49	21.03	21.96
25	15.40	20.31	22.03	20.46	21.71	20.15	21.71
26	13.00	20.50	23.54	22.38	24.88	20.90	24.45
27	13.00	21.75	23.94	20.81	23.00	20.50	23.63
28	13.00	21.44	24.56	21.13	23.00	21.75	23.94
29	13.00	23.47	25.03	22.69	25.66	22.38	25.50
30	13.00	24.56	28.00	23.16	25.81	23.94	28.31
31	13.00	24.25	27.38	24.09	27.53	24.41	28.31
32	13.00	25.81	29.25	25.19	31.28	25.66	31.13
33	13.00	25.66	30.03	26.13	30.97	26.13	30.34
34	13.00	26.91	29.88	26.59	30.19	27.69	31.13
35	13.00	27.53	29.72	27.22	29.09	26.91	30.34
36	13.00	28.00	20.50	27.69	30.03	27.38	30.50
37	13.00	27.84	29.72	28.00	30.19	28.31	30.50
38	19.50	27.53	28.78	27.69	28.47	27.38	28.94
39	19.50	26.75	27.84	26.91	27.84	26.59	27.53
40	19.50	25.34	26.13	25.50	26.44	25.66	26.28

($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, CASE-3) $D = 8.5 \text{ m}$, $L = 58 \text{ m}$

測 点	測点標高 (EL.m)	左 岸 壁 沿 (EL.m)		中 心 線 上 (EL.m)		右 岸 壁 沿 (EL.m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
20	35.40	33.03	38.49	38.37	38.59	38.12	38.59
21	31.40	33.53	33.92	33.93	34.24	33.67	34.14
22	27.40	29.45	29.84	29.59	29.90	29.51	29.90
23	23.40	25.57	26.04	25.21	25.37	25.23	25.70
24	19.40	23.68	25.87	24.31	25.87	23.99	26.03
25	15.40	23.90	26.56	23.74	26.09	24.21	26.09
26	13.00	24.56	26.59	24.09	26.28	24.41	26.91
27	13.00	25.03	26.75	24.56	26.91	25.03	27.69
28	13.00	25.66	27.22	25.19	27.69	25.34	29.09
29	13.00	26.44	28.78	25.50	27.53	25.81	28.63
30	13.00	26.91	29.72	26.13	28.78	26.75	29.88
31	13.00	27.38	30.50	27.38	28.94	27.69	30.81
32	13.00	28.00	30.03	27.38	29.25	28.00	31.13
33	13.00	27.84	30.97	28.00	30.50	28.00	32.38
34	13.00	28.47	32.38	28.16	30.97	28.78	31.75
35	13.00	28.94	31.59	28.78	30.97	28.94	33.31
36	13.00	29.25	31.44	29.25	31.28	29.41	32.06
37	13.00	29.72	31.28	29.72	30.50	29.72	31.28
38	19.50	29.72	30.06	29.25	30.34	29.25	30.34
39	19.50	28.16	29.88	28.47	29.09	28.31	29.41
40	19.50	25.34	26.91	25.66	26.59	25.97	26.91

表-16b 減勢工水位測定結果

($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, CASE - 2) $D = 6.5 \text{ m}$ $L = 68 \text{ m}$

測 点	測点標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
20	35.40	38.03	38.49	38.37	38.59	38.12	38.59
21	31.40	33.53	33.92	33.93	34.24	33.67	34.14
22	27.40	29.45	29.84	29.59	29.90	29.51	29.90
23	23.40	25.57	26.04	25.21	25.37	25.23	25.70
24	19.40	21.49	21.65	21.03	21.18	19.56	19.87
25	15.40	17.81	18.59	17.49	18.28	17.18	18.59
26	13.00	17.38	18.94	17.84	19.72	17.69	19.88
27	13.00	18.31	20.81	18.63	20.81	19.09	20.50
28	13.00	19.13	22.06	19.56	21.13	19.88	22.06
29	13.00	20.97	22.31	21.28	23.63	21.44	23.31
30	13.00	22.06	24.88	22.22	23.63	22.69	25.50
31	13.00	23.00	26.44	23.00	25.03	23.31	26.44
32	13.00	23.16	27.06	23.63	25.50	24.09	28.00
33	13.00	25.03	27.22	24.88	28.47	25.19	29.72
34	13.00	25.50	27.84	25.03	27.06	25.03	28.94
35	13.00	26.44	20.03	26.28	28.00	26.28	28.63
36	13.00	26.44	28.63	26.44	28.78	27.06	30.06
37	13.00	27.06	29.56	26.75	28.47	27.53	29.25
38	19.00	27.38	29.41	27.22	28.47	27.38	28.94
39	19.00	28.00	29.09	27.38	28.00	27.69	28.63
40	19.00	26.91	28.31	27.06	28.00	26.91	28.00

($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, CASE - 4)シュートブロックあり, $D = 6.5 \text{ m}$, $L = 58 \text{ m}$

測 点	測点標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
20	35.40	38.03	38.49	38.37	38.59	38.12	38.59
21	31.40	33.53	33.92	33.93	34.24	33.67	34.14
22	27.40	29.45	29.84	29.59	29.90	29.51	29.90
23	23.40	25.57	26.04	25.21	25.37	25.23	25.70
24	19.40	22.74	23.37	22.43	23.21	22.59	23.53
25	15.40	23.28	24.99	22.96	24.84	22.81	24.99
26	13.00	23.78	26.59	23.31	23.54	23.16	25.97
27	13.00	23.94	27.38	23.31	25.81	23.94	26.44
28	13.00	22.78	26.44	23.78	25.19	23.78	25.66
29	13.00	24.56	26.13	24.41	25.66	24.88	27.06
30	13.00	25.03	26.44	25.03	26.44	25.50	27.84
31	13.00	25.66	27.06	25.66	26.59	26.13	27.69
32	13.00	26.13	27.69	26.28	27.69	26.13	28.94
33	13.00	26.75	27.84	26.44	27.53	26.44	28.16
34	13.00	27.06	28.31	26.91	27.53	26.44	28.31
35	13.00	27.38	28.94	26.91	28.00	27.06	28.94
36	13.00	27.53	29.09	27.38	28.63	27.69	29.41
37	13.00	28.00	28.78	27.69	28.94	27.65	29.09
38	19.50	27.69	29.09	27.69	28.00	27.38	28.47
39	19.50	27.22	28.16	26.91	27.69	27.06	27.84
40	19.50	25.50	26.13	25.03	25.66	25.03	25.81

表-16c 減勢工水位測定結果

($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, CASE-5)
シュートブロックあり, $D = 6.5 \text{ m}$, $L = 63 \text{ m}$

測点	測点標高 (EL.m)	左岸壁沿 (EL.m)		中心線上 (EL.m)		右岸壁沿 (EL.m)	
		平均	最大	平均	最大	平均	最大
20	35.40	38.03	38.49	38.27	38.59	38.12	38.59
21	31.40	33.53	33.92	33.93	34.24	33.67	34.14
22	27.40	29.45	29.84	29.59	29.90	29.51	29.90
23	23.40	25.57	26.04	25.21	25.37	25.23	25.70
24	19.40	22.12	22.74	21.63	22.59	21.96	22.74
25	15.40	21.71	23.90	21.56	23.90	22.18	24.21
26	13.00	22.38	24.72	22.38	24.72	22.69	24.72
27	13.00	23.16	25.66	22.53	24.25	22.69	25.19
28	13.00	23.63	25.66	22.84	23.78	23.37	25.50
29	13.00	23.78	25.19	23.63	24.88	23.78	25.34
30	13.00	24.56	25.97	23.94	25.66	24.72	25.97
31	13.00	25.19	27.06	24.88	25.97	25.50	26.85
32	13.00	25.34	27.06	25.19	26.44	25.81	27.69
33	13.00	25.66	27.38	25.66	26.75	26.44	27.22
34	13.00	26.28	28.31	26.28	27.69	26.44	28.00
35	13.00	26.44	28.31	26.59	28.16	26.75	29.41
36	13.00	26.75	28.63	25.97	27.84	26.75	28.94
37	13.00	27.38	28.16	26.91	27.69	27.06	28.63
38	19.50	27.22	28.16	27.22	28.00	27.22	28.00
39	19.50	27.22	28.00	27.06	27.84	26.91	28.31
40	19.50	26.28	27.22	25.97	26.75	25.66	26.91

($Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, CASE-5)
シュートブロックあり, $D = 6.5 \text{ m}$, $L = 63 \text{ m}$

測点	測点標高 (EL.m)	左岸壁沿 (EL.m)		中心線上 (EL.m)		右岸壁沿 (EL.m)	
		平均	最大	平均	最大	平均	最大
20	35.40	36.99	37.15	37.187	37.34	36.78	36.98
21	31.40	32.59	32.90	32.84	32.99	32.65	32.81
22	27.40	28.49	28.81	28.74	28.96	28.49	28.81
23	23.40	24.65	24.81	24.28	24.43	24.68	24.84
24	19.40	21.96	22.59	21.96	22.74	21.96	23.06
25	15.40	21.71	23.74	21.71	22.81	21.71	21.21
26	13.00	22.53	23.31	23.38	23.31	22.22	24.09
27	13.00	22.69	24.09	22.38	23.16	22.53	23.63
28	13.00	23.00	24.09	23.16	24.25	23.31	24.72
29	13.00	23.78	24.41	23.47	24.25	23.94	24.88
30	13.00	24.25	25.34	23.94	24.72	24.09	24.72
31	13.00	24.25	25.34	24.41	25.19	24.41	25.81
32	13.00	24.72	25.50	24.56	25.19	24.72	25.81
33	13.00	24.72	25.50	24.72	25.34	24.88	25.81
34	13.00	24.72	25.50	24.88	25.50	25.19	25.66
35	13.00	25.19	25.66	25.03	25.50	24.72	25.66
36	13.00	25.03	25.81	25.03	25.50	25.03	25.66
37	19.50	24.94	25.56	24.88	25.19	25.03	25.34
38	19.50	24.88	25.34	24.78	24.94	24.81	25.34
39	19.50	24.63	25.03	24.25	24.56	24.34	24.88
40	19.50	23.22	23.72	23.22	23.56	23.09	23.38

表-16d 減勢工水位測定結果

($Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, CASE-6)
 シュートブロックあり, $D = 6.5 \text{ m}$, $L = 68 \text{ m}$

測 点	測点標高 (EL. m)	左 岸 壁 沿 (EL. m)		中 心 線 上 (EL. m)		右 岸 壁 沿 (EL. m)	
		平 均	最 大	平 均	最 大	平 均	最 大
20	35.40	38.03	38.49	38.37	38.59	38.12	38.59
21	31.40	33.53	33.92	33.93	34.24	33.67	34.14
22	27.40	29.45	29.84	29.59	29.90	29.51	29.90
23	23.40	25.57	26.04	25.21	25.37	25.23	25.70
24	19.40	21.81	22.43	21.56	21.81	21.65	21.96
25	15.40	21.09	22.96	21.24	22.96	20.62	22.18
26	13.00	22.06	23.78	21.44	23.16	21.59	23.31
27	13.00	22.38	24.56	21.91	23.04	22.38	24.41
28	13.00	22.69	24.56	22.38	23.63	22.84	24.56
29	13.00	23.78	25.03	23.63	24.72	23.47	24.88
30	13.00	24.09	25.50	23.78	24.72	24.41	25.50
31	13.00	24.88	25.97	24.25	25.50	24.56	25.97
32	13.00	25.34	27.22	25.19	27.22	25.81	27.06
33	13.00	25.81	26.91	25.66	26.28	25.97	27.38
34	13.00	25.97	27.84	25.66	26.75	25.81	28.00
35	13.00	26.75	28.00	25.97	27.69	25.97	28.78
36	13.00	27.06	28.16	26.44	28.16	26.44	27.69
37	13.00	27.22	28.63	26.91	27.69	26.75	27.84
38	19.50	27.06	28.16	27.06	27.53	27.06	28.47
39	19.50	27.22	28.16	27.06	28.00	27.38	27.69
40	19.50	26.75	27.53	26.75	27.22	26.44	28.00

表-17 a 段上りに作用する圧力測定結果 (改良案 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

(左岸側)

測 点	測点位置標高 (EL. m)	圧 力 水 頭 (水柱m)	ピエゾ水頭 (EL. m)
1	14.00	8.30	22.30
2	15.00	7.31	22.31
3	16.00	6.28	22.28
4	17.00	5.27	22.27
5	18.00	4.24	22.24
6	19.00	2.66	21.66
7	19.50	1.25	20.75
8	19.50	2.09	21.59
9	19.50	1.98	21.48
10	19.50	1.91	21.41

(中 央)

測 点	測点位置標高 (EL. m)	圧 力 水 頭 (水柱m)	ピエゾ水頭 (EL. m)
1	14.00	8.27	22.27
2	15.00	7.30	22.30
3	16.00	6.33	22.33
4	17.00	5.31	22.32
5	18.00	4.30	22.30
6	19.00	2.80	21.80
7	19.50	1.73	21.23
8	19.50	2.02	21.52
9	19.50	1.98	21.48
10	19.50	1.92	21.42

(右岸側)

測 点	測点位置標高 (EL. m)	圧 力 水 頭 (水柱m)	ピエゾ水頭 (EL. m)
1	14.00	8.34	22.34
2	15.00	7.37	22.37
3	16.00	6.13	22.13
4	17.00	5.34	22.34
5	18.00	4.21	22.22
6	19.00	3.23	22.23
7	19.50	1.88	21.38
8	19.50	2.16	21.66
9	19.50	2.05	21.55
10	19.50	1.94	21.44

表-17b 段上りに作用する圧力測定結果 (改良案 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

(左岸側)

測点	測点位置標高 (EL. m)	圧力水頭 (水柱 m)	ピエゾ水頭 (EL. m)
1	14.00	10.97	24.97
2	15.00	10.01	25.01
3	16.00	8.97	24.97
4	17.00	7.97	24.97
5	18.00	6.92	24.92
6	19.00	5.50	24.50
7	19.50	3.39	22.89
8	19.50	3.75	23.25
9	19.50	4.00	23.50
10	19.50	4.14	23.64

(中央)

測点	測点位置標高 (EL. m)	圧力水頭 (水柱 m)	ピエゾ水頭 (EL. m)
1	14.00	10.84	24.84
2	15.00	9.86	24.86
3	16.00	8.88	24.88
4	17.00	7.91	24.91
5	18.00	6.91	24.91
6	19.00	5.59	24.59
7	19.50	3.50	23.00
8	19.50	3.77	23.27
9	19.50	4.08	24.58
10	19.50	4.18	23.68

(右岸側)

測点	測点位置標高 (EL. m)	圧力水頭 (水柱 m)	ピエゾ水頭 (EL. m)
1	14.00	10.88	24.87
2	15.00	9.86	24.86
3	16.00	8.88	24.88
4	17.00	7.93	24.93
5	18.00	6.76	24.76
6	19.00	5.47	24.47
7	19.50	3.68	23.18
8	19.50	3.97	23.47
9	19.50	4.02	23.52
10	19.50	4.11	23.61

表-17c 段上りに作用する圧力測定結果（改良案 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$ ）

（左岸側）

測 点	測点位置標高 (EL. m)	圧 力 水 頭 (水柱m)	ピエゾ水頭 (EL. m)
1	14.00	14.02	28.02
2	15.00	13.20	28.20
3	16.00	12.36	28.36
4	17.00	11.20	28.20
5	18.00	9.84	27.84
6	19.00	7.62	26.62
7	19.50	3.92	23.42
8	19.50	4.84	24.34
9	19.50	4.92	24.42
10	19.50	5.38	24.88

（中 央）

測 点	測点位置標高 (EL. m)	圧 力 水 頭 (水柱m)	ピエゾ水頭 (EL. m)
1	14.00	13.88	27.88
2	15.00	12.80	27.80
3	16.00	12.20	28.20
4	17.00	11.30	28.30
5	18.00	10.05	28.05
6	19.00	7.90	26.90
7	19.50	3.24	22.64
8	19.50	4.39	23.89
9	19.50	4.39	23.89
10	19.50	4.84	24.34

（右岸側）

測 点	測点位置標高 (EL. m)	圧 力 水 頭 (水柱m)	ピエゾ水頭 (EL. m)
1	14.00	14.16	28.16
2	15.00	18.08	28.08
3	16.00	12.13	28.13
4	17.00	11.33	28.33
5	18.00	9.98	27.98
6	19.00	8.11	27.11
7	19.50	3.86	23.36
8	19.50	4.53	24.03
9	19.50	4.64	24.14
10	19.50	5.27	24.77

表-17d 段上り前面圧力 ($D = 6.5 \text{ m}$, $L = 63.0 \text{ m}$)

シュートブロックなし

単位: 水柱 (m)

測 点	左 岸	中 央	右 岸
1 平均	15.11	14.38	14.32
1 最大	17.12	17.67	16.39
2 平均	14.02	13.59	13.41
2 最大	16.45	17.19	15.30
3 平均	13.28	12.31	12.37
3 最大	15.84	17.00	15.42
4 平均	12.07	11.58	11.58
4 最大	15.24	15.54	17.12
5 平均	10.91	10.60	10.06
5 最大	15.24	15.05	12.86
6 平均	9.26	9.14	9.14
6 最大	12.80	13.96	14.08

シュートブロックあり

単位: 水柱 (m)

測 点	左 岸	中 央	右 岸
1 平均	15.11	14.26	14.32
1 最大	17.73	18.46	16.45
2 平均	14.14	12.80	13.41
2 最大	17.55	17.12	15.30
3 平均	13.47	12.68	12.13
3 最大	16.45	17.06	14.14
4 平均	12.13	10.97	10.67
4 最大	15.91	15.84	13.47
5 平均	10.85	9.45	9.14
5 最大	14.63	14.02	12.80
6 平均	8.65	9.14	7.50
6 最大	11.33	13.16	12.19

表-18a 下流河道水位測定結果(下流水位なし)

上段: 最高水位

下段: 平均水位

 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

測線	水位 (E L : m)				
	L - 3	L - 2	L - 1	ϕ	R - 1
No 1	21.49	21.39	21.52	21.11	
	21.33	21.33	21.42	21.05	
No 2	21.50	2.56	21.60	21.53	
	21.38	21.44	21.41	21.31	
No 3		21.48	21.45	21.61	21.70
		21.29	21.29	21.45	21.54
No 4			21.79	21.79	21.79
			21.60	21.66	21.60
No 5			21.33	21.40	
			21.23	21.23	
No 6			21.18	21.24	
			21.06	21.03	

 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

測線	水位 (E L : m)				
	L - 3	L - 2	L - 1	ϕ	R - 1
No 1	22.05	22.21	22.14	22.30	22.74
	21.92	21.96	21.89	22.92	22.52
No 2	22.06	21.85	21.94	22.28	
	21.69	21.59	21.66	21.34	
No 3		22.02	21.98	21.58	22.61
		21.73	21.73	21.20	21.98
No 4		22.94	22.94	22.94	23.10
		22.69	22.69	22.47	22.69
No 5			22.73	22.95	22.89
			22.58	22.27	22.73
No 6			22.78	22.71	22.09
			22.31	22.40	21.93

 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

測線	水位 (E L : m)				
	L - 3	L - 2	L - 1	ϕ	R - 1
No 1	22.82	22.99	23.30	27.05	24.39
	22.39	22.36	22.21	25.80	23.26
No 2	22.97	22.94	23.19	23.16	24.16
	22.38	22.35	22.44	22.06	23.60
No 3		23.14	23.64	22.14	22.08
		22.61	22.76	21.58	21.95
No 4		24.32	25.04	26.44	24.19
		23.57	23.88	25.04	23.32
No 5		23.98	23.64	23.83	24.14
		23.52	23.14	23.27	23.61
No 6			23.21	23.74	23.49
			22.84	23.12	23.34

表-18b 下流河道水位測定結果(等流水位)

上段: 最高水位

下段: 平均水位

$$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}, n = 0.04, H = 22.03 \text{ EL (m)}$$

測 線	水 位 (E L . m)				
	L - 3	L - 2	L - 1	℄	R - 1
No 1	22.02	22.02	22.11	22.21	
	21.92	21.92	21.96	21.89	
No 2	22.16	22.19	22.13	22.19	22.19
	22.03	21.91	21.94	22.03	21.97
No 3		22.11	22.11	22.17	22.26
		21.95	21.95	22.08	22.11
No 4			22.22	22.25	22.25
			22.10	22.13	22.13
No 5			22.17	22.17	
			22.02	21.98	
No 6			22.09	22.09	
			22.03	22.03	

$$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}, n = 0.04, H = 23.65 \text{ EL (m)}$$

測 線	水 位 (E L . m)				
	L - 3	L - 2	L - 1	℄	R - 1
No 1	23.14	23.27	23.46	23.36	22.86
	22.99	23.05	23.17	23.27	22.42
No 2	23.28	23.44	23.50	23.50	23.41
	23.13	23.13	23.16	23.33	23.10
No 3	23.42	23.14	23.01	23.58	23.64
	22.92	22.83	22.79	23.17	23.51
No 4		23.63	23.60	23.60	23.82
		23.29	23.29	23.41	23.47
No 5		23.73	23.89	23.83	23.42
		23.52	23.67	23.58	23.30
No 6		23.90	23.84	23.93	23.71
		23.79	23.59	23.62	23.56

$$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}, n = 0.04, H = 25.22 \text{ EL (m)}$$

測 線	水 位 (E L . m)				
	L - 3	L - 2	L - 1	℄	R - 1
No 1	24.64	24.67	24.99	27.05	24.24
	24.33	24.24	24.33	26.11	23.99
No 2	24.97	24.85	25.41	26.81	24.94
	24.41	24.41	24.47	25.25	24.47
No 3	24.95	24.64	24.39	24.36	25.26
	24.48	24.01	24.01	23.86	24.64
No 4		25.04	25.04	25.69	25.13
		24.47	23.04	24.72	24.79
No 5		25.11	25.55	25.70	25.48
		24.83	24.95	25.08	24.83
No 6		25.53	25.62	25.84	25.21
		25.06	25.06	25.06	24.59

表-19a 下流河道流速測定結果(下流水位なし)

 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

測線	測点 (m)	流速 (m/s)				
		L-3	L-2	L-1	℄	R-1
Na 1	EL.19.50+2.0	0.27	-0.29		3.95	
Na 2	1.0	0.56	-0.33	1.10	3.80	
Na 3	2.0				3.19	
	1.0		-0.86	1.40	3.36	2.40
Na 4	2.0				2.92	
	1.0			1.19	2.86	
Na 5	2.0				3.63	
	1.0			2.72	3.77	
Na 6	2.0				2.71	
	1.0			2.75	3.27	

 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

測線	測点 (m)	流速 (m/s)				
		L-3	L-2	L-1	℄	R-1
Na 1	EL.19.50+3.0				5.70	
	2.0	0.51	-0.58		5.90	
	1.0	0.50	-0.50		5.24	
Na 2	2.0		-0.48	3.16	6.28	
	1.0	-2.62	0.52	4.93	7.54	
Na 3	2.0		-0.83	4.74		
	1.0		-0.14	5.21	6.61	3.50
Na 4	3.0				4.82	
	2.0			3.26	4.84	
	1.0			3.54	4.39	1.23
Na 5	2.0			3.50	5.07	
	1.0			3.70	4.26	4.82
Na 6	3.0				4.64	
	2.0			3.31	5.87	
	1.0			3.36	5.18	

 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

測点	測点 (m)	流速 (m/s)				
		L-3	L-2	L-1	℄	R-1
Na 1	EL.19.50+4.0				6.30	
	3.0				6.80	
	2.0	-0.65	0.60		5.80	
	1.0	-0.58	0.69		4.48	
Na 2	2.0		1.55		7.02	
	1.0	-1.95	1.44	7.44	7.43	5.02
Na 3	2.0		1.74	6.60		
	1.0		1.10	6.79	6.93	
Na 4	4.0				4.83	
	3.0				5.39	
	2.0			5.54	4.81	
	1.0		0.94	5.38	4.10	1.38
Na 5	3.0				6.38	
	2.0			6.77	6.30	
	1.0			5.58	7.29	2.88
Na 6	2.0			5.45	6.33	
	1.0			5.05	6.87	4.29

表-19b 下流河道流速測定結果(等流水位)

 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.04$, $H = 22.03 \text{ EL (m)}$

測点	測点 (m)	流速 (m/s)				
		L-3	L-2	L-1	ℓ	S-1
No 1	EL.19.50+2.0	0.21	-0.28		2.72	
	1.0	0.24	-0.27		2.73	
No 2	2.0	-0.72	-0.27	0.87	0.77	
	1.0	-0.74	-0.29	0.92	0.78	1.32
No 3	2.0		-0.53	1.06	2.48	
	1.0		-0.66	0.80	2.45	1.87
No 4	3.0				2.06	
	2.0			1.14	2.18	
	1.0			0.86	2.13	1.00
No 5	2.0				2.41	
	1.0			1.88	2.32	
No 6	2.0				2.10	
	1.0			1.78	2.05	

 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.04$, $H = 23.65 \text{ EL (m)}$

測点	測点 (m)	流速 (m/s)				
		L-3	L-2	L-1	ℓ	R-1
No 1	EL.19.50+30	0.32	-0.66		5.80	
	2.0	0.39	-0.52		5.70	
	1.0	0.35	-0.42		5.24	
No 2	3.0	0.45	-1.04	0.79	5.55	
	2.0	0.60	-1.05	1.24	5.84	
	1.0	0.52	-0.86	1.96	5.08	4.22
No 3	3.0		-1.25	1.87	4.94	3.51
	2.0		-1.26	1.93	5.24	4.04
	1.0		-1.33	2.25	5.04	3.94
No 4	4.0				4.09	
	3.0			1.22	4.61	
	2.0			1.36	4.77	3.13
	1.0		-2.11	1.22	4.31	3.45
No 5	3.0			2.11	4.62	
	2.0			2.03	4.70	
	1.0			1.89	4.23	3.19
No 6	4.0				3.64	
	3.0			1.86	3.38	
	2.0			1.84	4.04	
	1.0		-0.43	1.72	3.62	2.60

表-19 c 下流河道流速測定結果 (等流水位)

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.04$, $H = 25.22 \text{ E L (m)}$

測 点	測 点 (m)	流 速 (m / s)				
		L - 3	L - 2	L - 1	中	R - 1
No 1	EL. 19.50 + 5.0				5.54	
	4.0	0.42	-0.88		6.52	
	3.0	0.41	-0.53		6.93	
	2.0	0.40	-0.86		6.09	
	1.0	0.40	-0.54		3.54	
No 2	4.0		-1.29			
	3.0	-0.82	-1.12	1.40	6.00	
	2.0	-1.22	-1.23	2.18	6.24	
	1.0	-0.75	-0.97	3.26	6.02	4.93
No 3	4.0			2.67		
	3.0		-1.42	2.58	6.06	5.18
	2.0		-1.54	2.78	6.36	5.03
	1.0		-1.83	2.87	6.11	4.90
No 4	4.0			2.10	6.66	
	3.0			1.67	6.40	4.43
	2.0			1.58	6.38	4.67
	1.0		-2.55	1.37	5.91	4.44
No 5	5.0				4.54	
	4.0			2.38	5.17	
	3.0			2.41	5.81	
	2.0			2.08	5.66	4.90
	1.0		-1.60	1.17	5.53	4.89
No 6	4.0			2.42	5.09	
	3.0			2.18	4.94	
	2.0			1.89	4.57	4.72
	1.0		-1.14	1.28	4.21	5.04

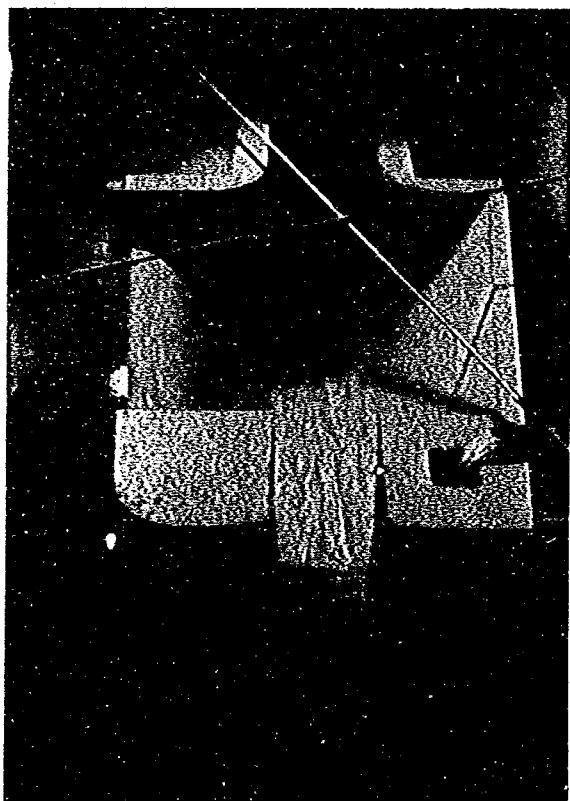


写真-42 改良案, 側溝水路, $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

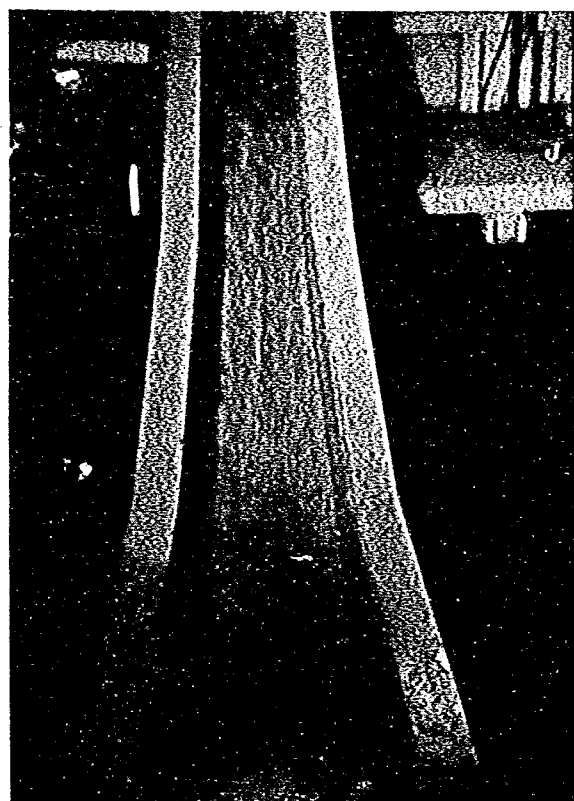


写真-43 改良案, シュート部, $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

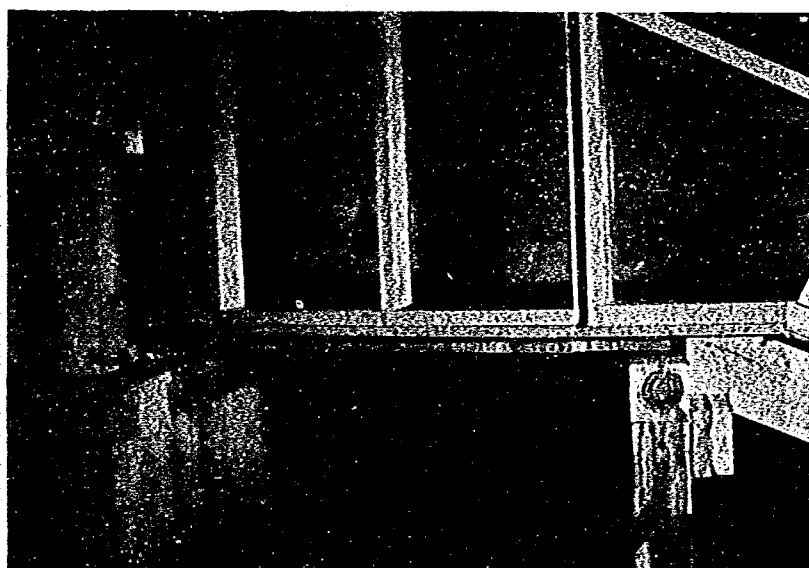


写真-44 改良案, 湾曲部, $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-45 改良案, 側溝水路, $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

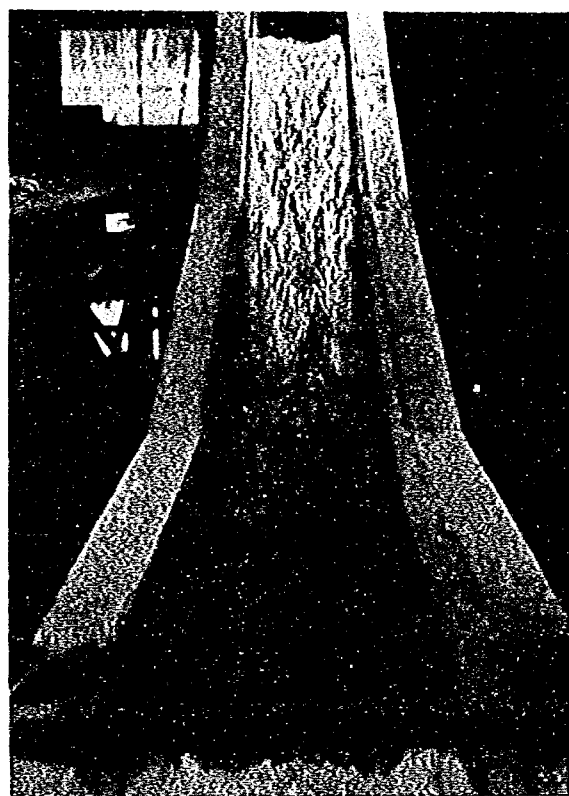


写真-46 改良案, シュート部, $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

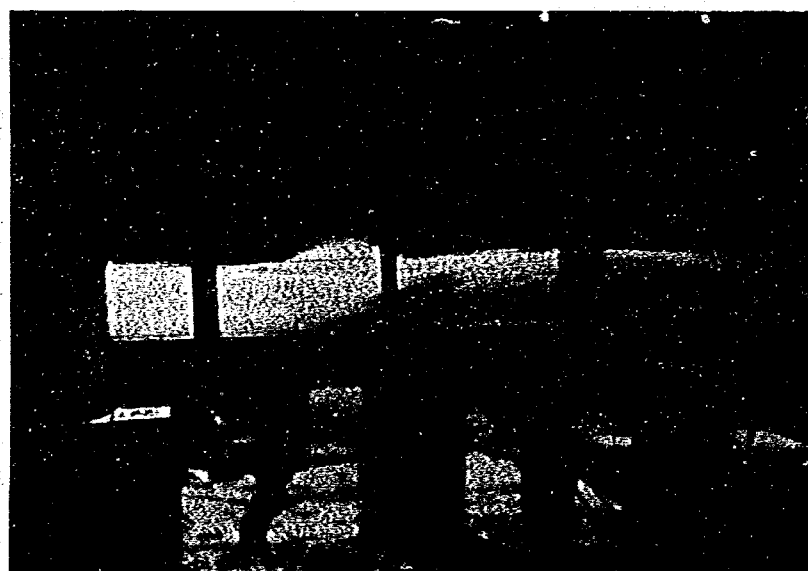


写真-47 改良案, 湾曲部, $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

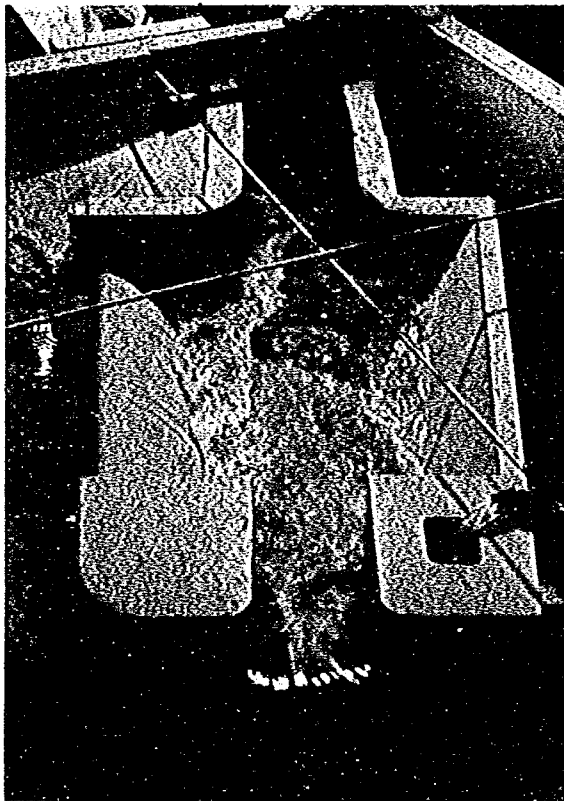


写真-48 改良案, 側溝水路, $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-49 改良案, シュート部, $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

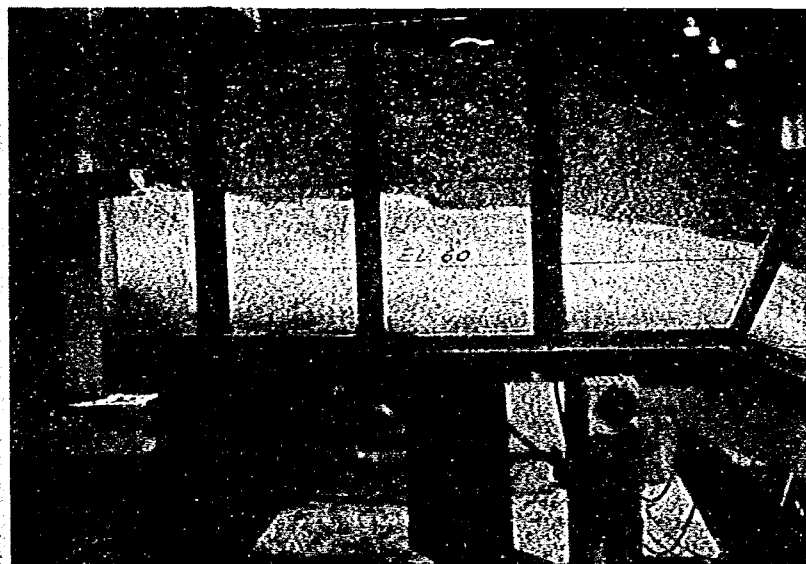


写真-50 改良案, 湾曲部, $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

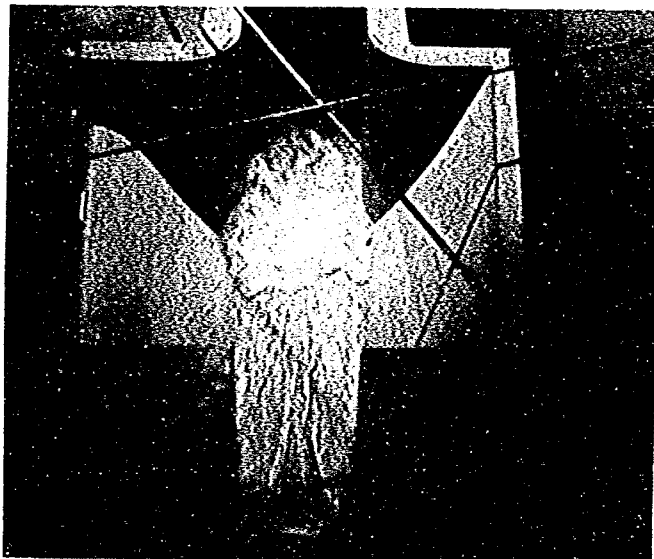


写真-51 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$
改善策 I 案 側溝水路 流況

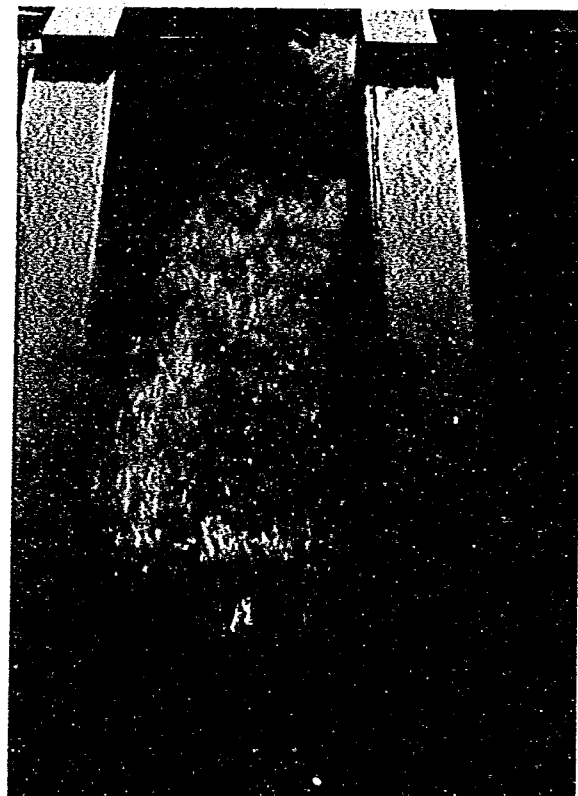


写真-53 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$
改善策 I 案 シュート部 流況

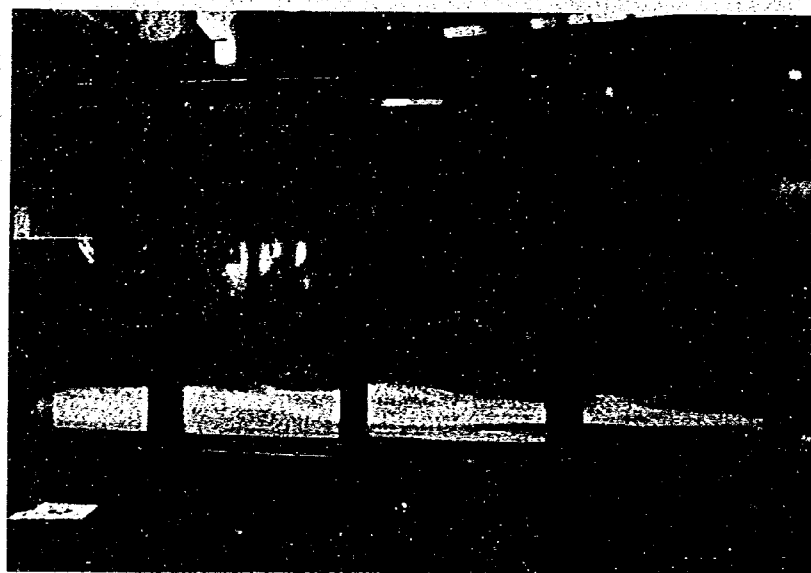


写真-52 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$
改善策 I 案 湾曲部 流況

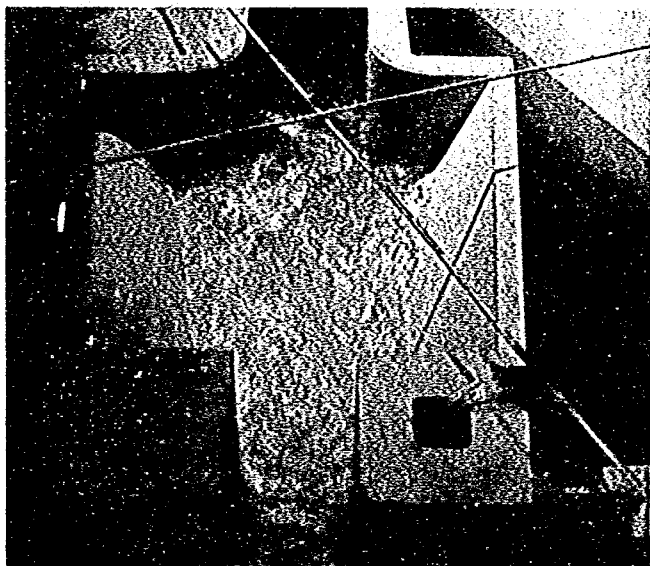


写真-54 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$
改善策 I 案 側溝水路 流況



写真-56 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$
改善策 I 案 シュート部 流況

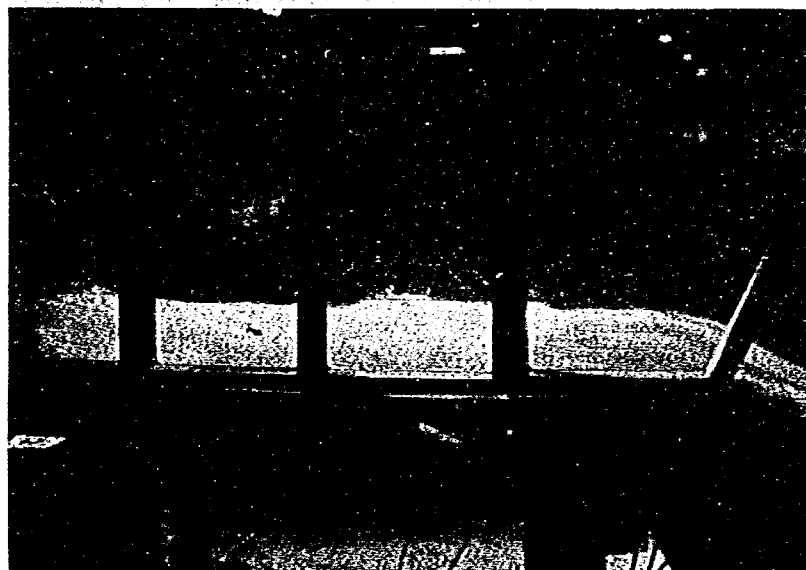


写真-55 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$
改善策 I 案 湾曲部 流況



写真-57 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$
改善策 I 案 側溝水路流況

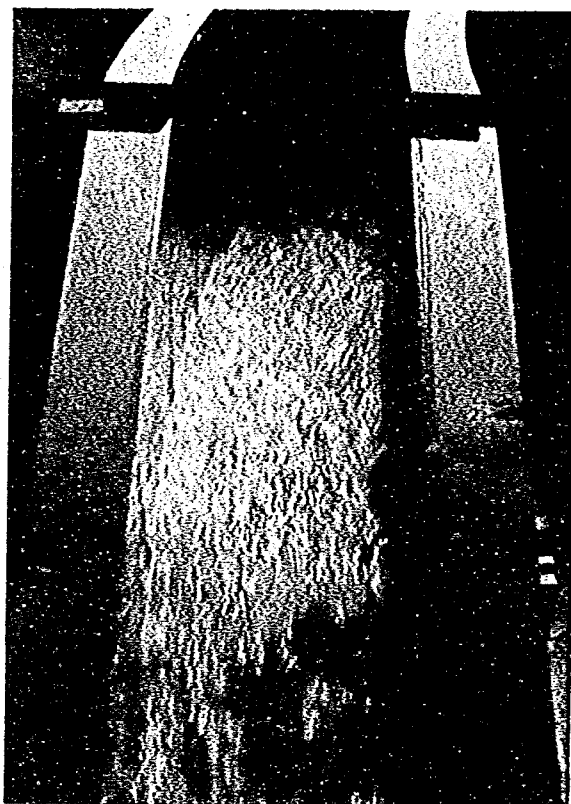


写真-59 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$
改善策 I 案 シュート部 流況

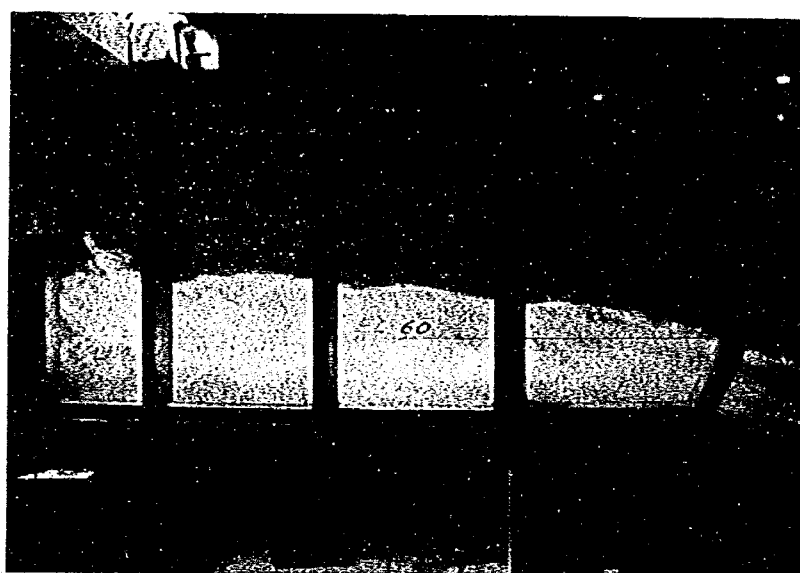


写真-58 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$
改善策 I 案 湾曲部 流況

改善策Ⅱ案 側溝水路流況

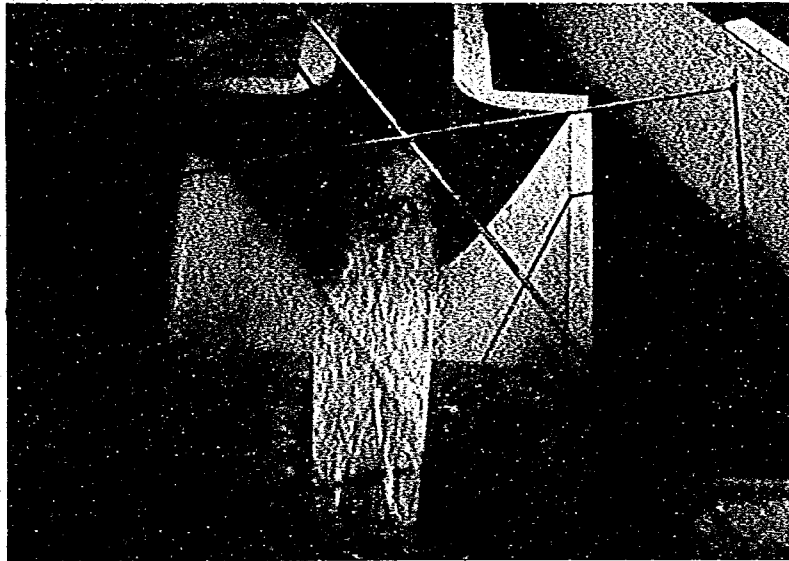


写真-60

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

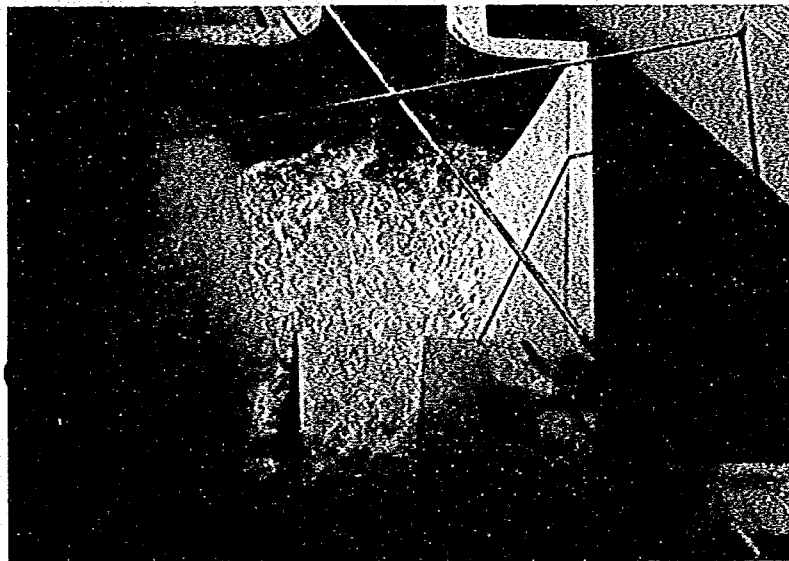


写真-61

$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

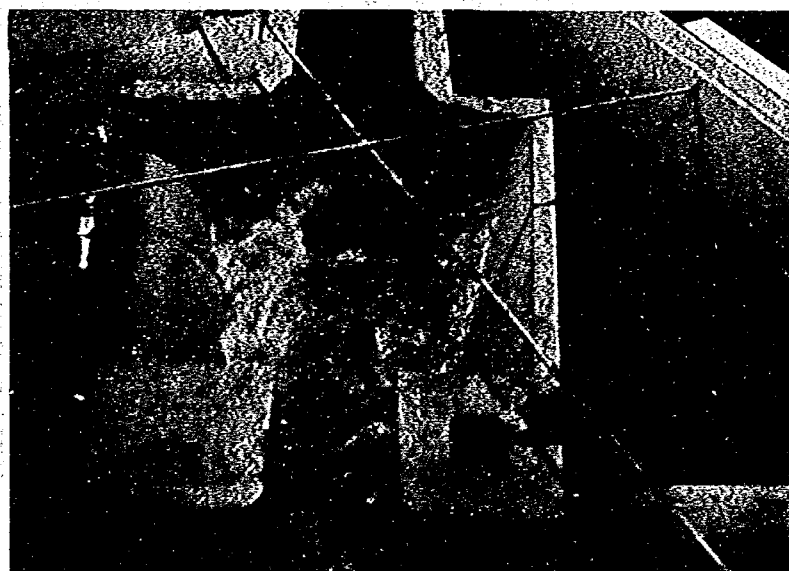


写真-62

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-63 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$
湾曲部流況

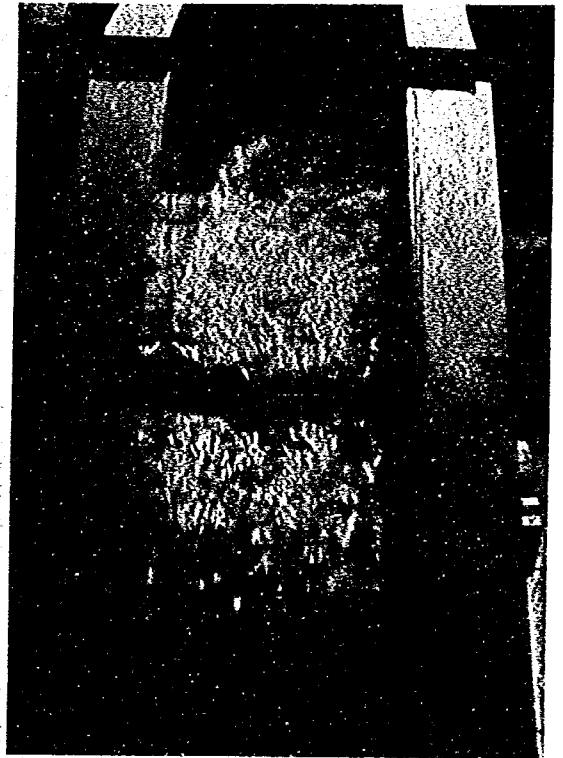


写真-64 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$
シュート部流況

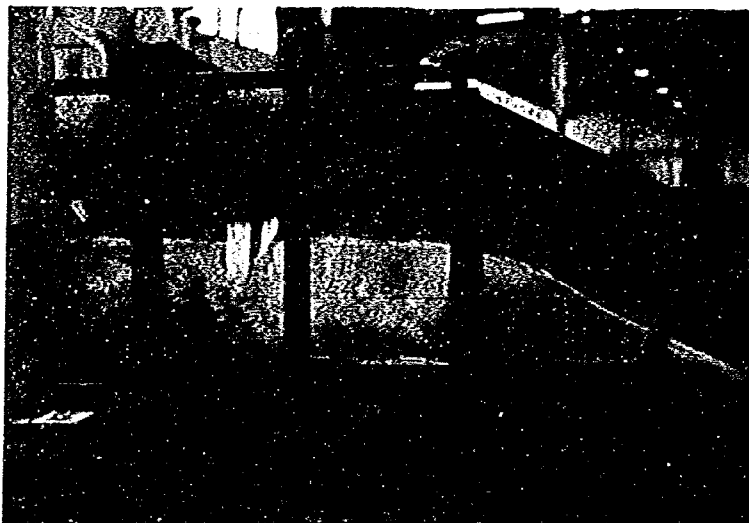


写真-65 湾曲部流況 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

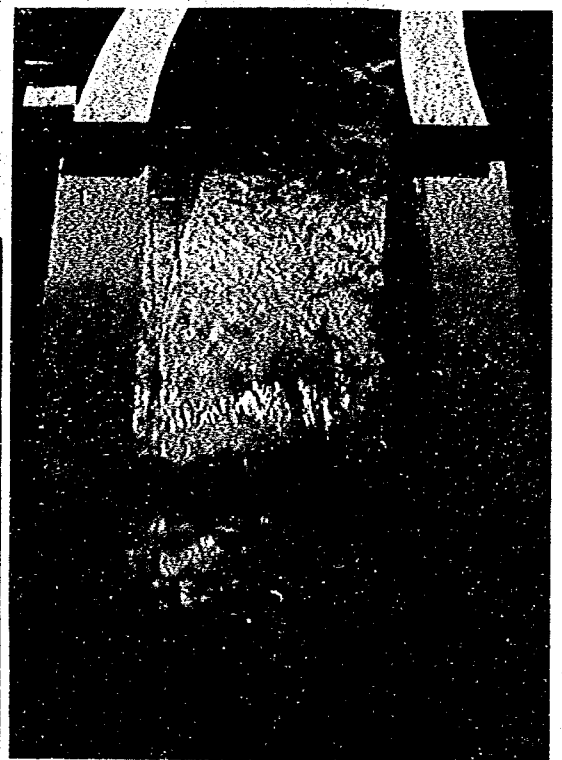


写真-66 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$
シュート部流況

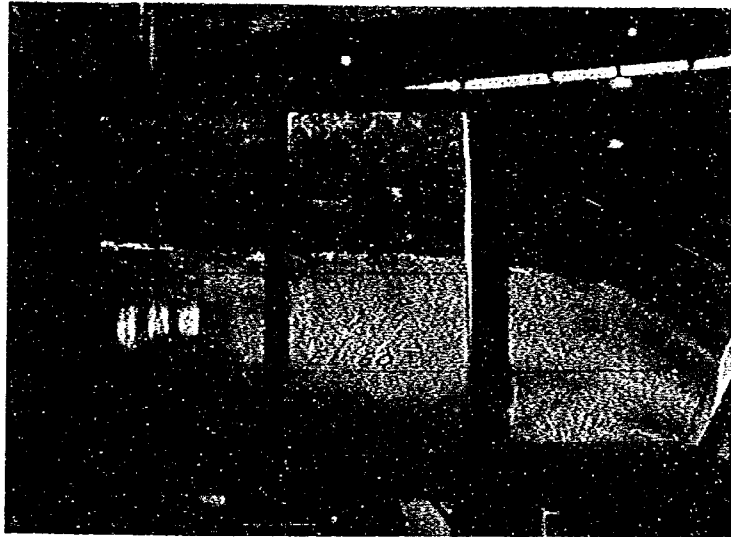


写真-67 湾曲部流況

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-68 シュート部流況

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

改善策Ⅲ案 側溝水路流況

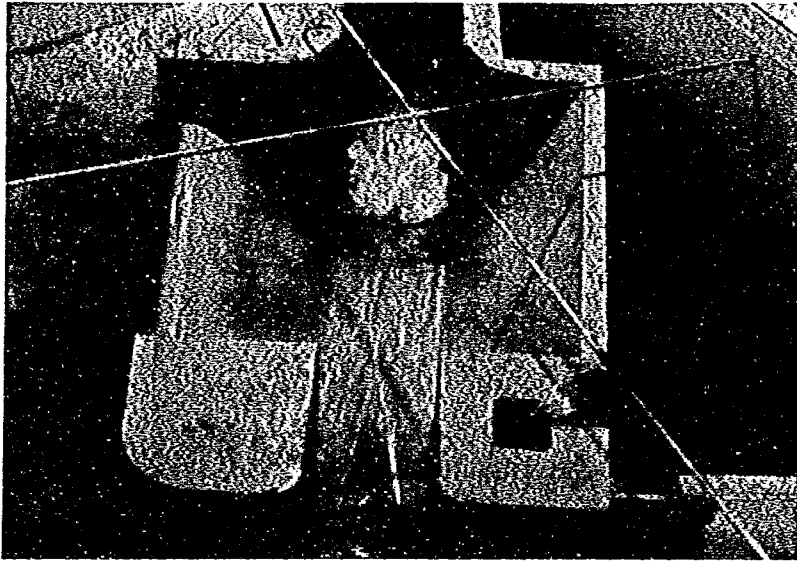


写真-69

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

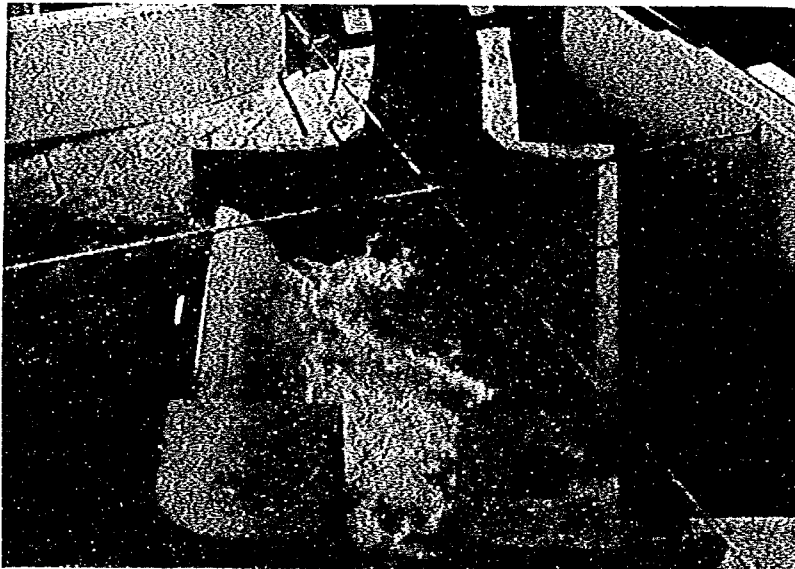


写真-70

$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

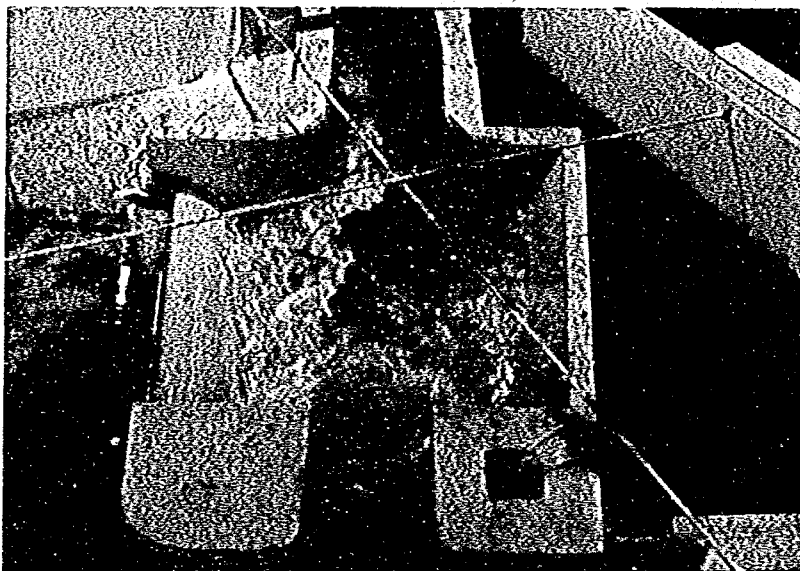


写真-71

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

改善策Ⅲ案 湾曲部流況

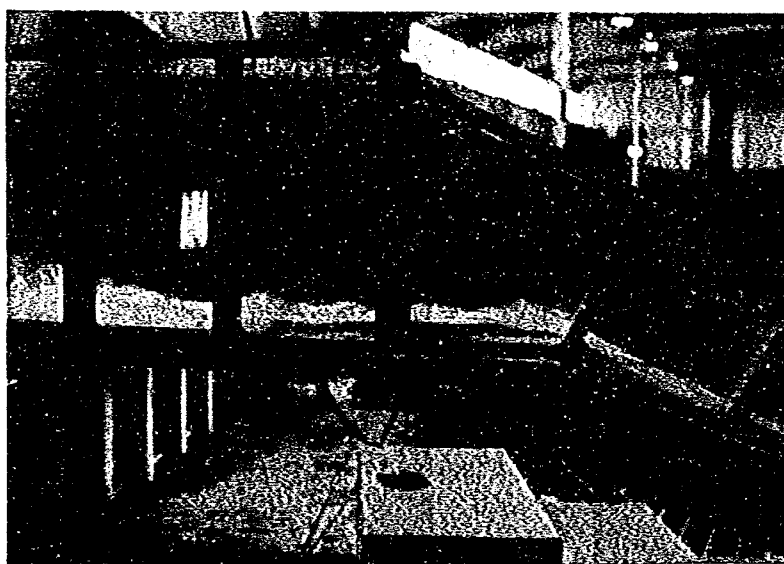


写真-72

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-73

$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-74

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-75 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-76 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

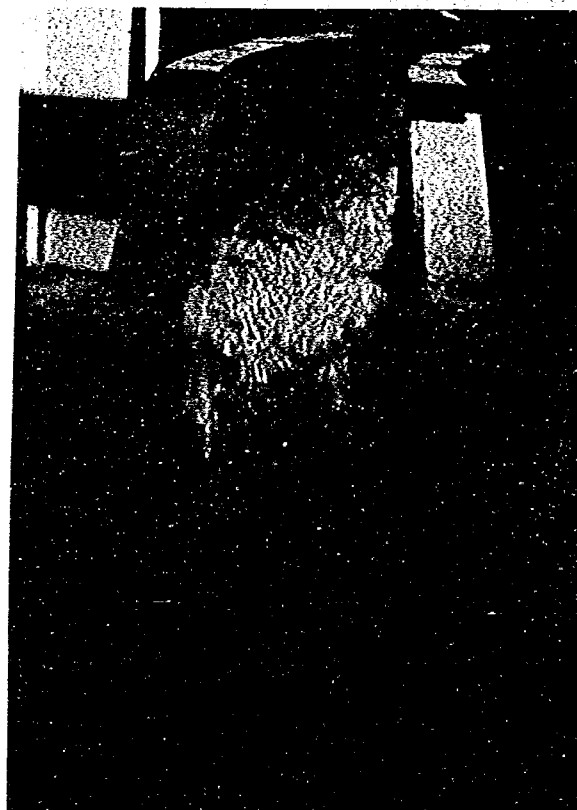


写真-77 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

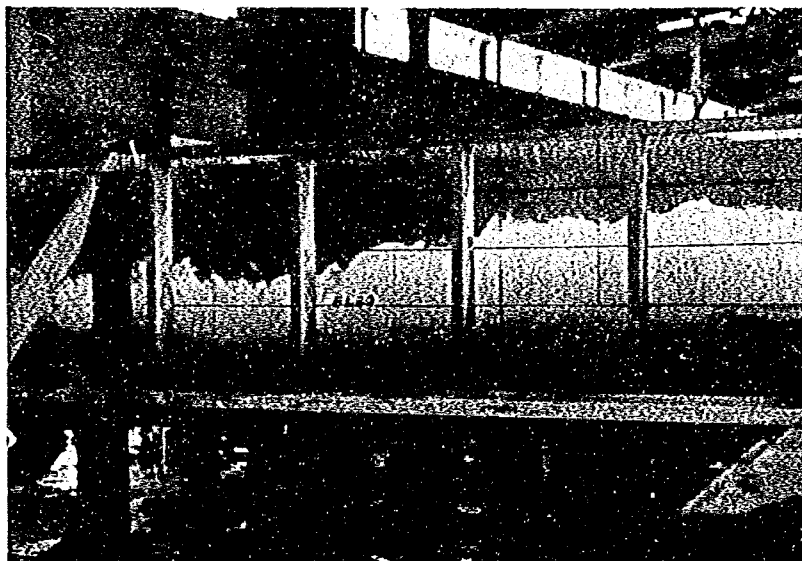


写真-78

改善策Ⅰ案

$$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$$

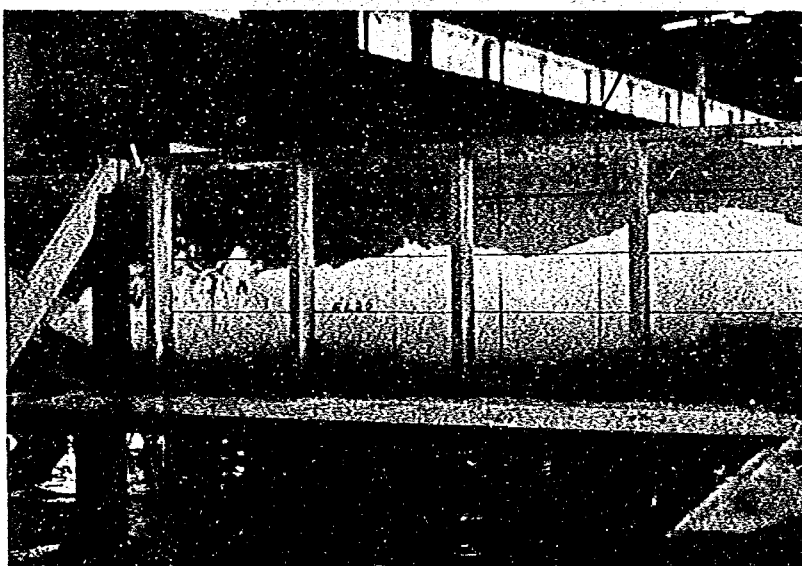


写真-79

改善策Ⅱ案

$$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$$

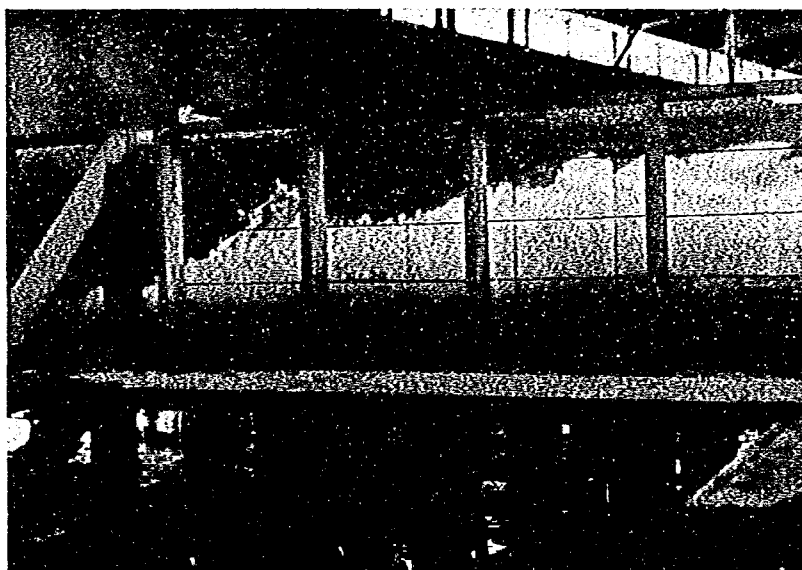


写真-80

改善策Ⅲ案

$$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$$

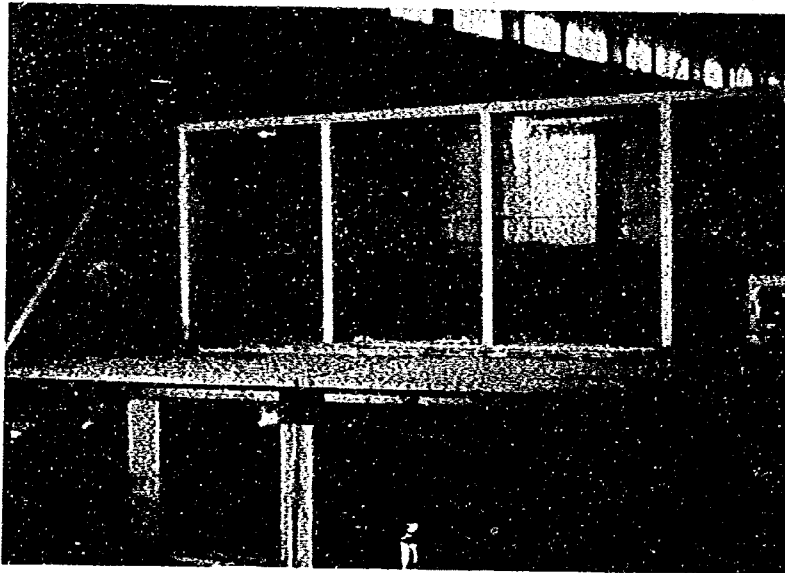


写真-81

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

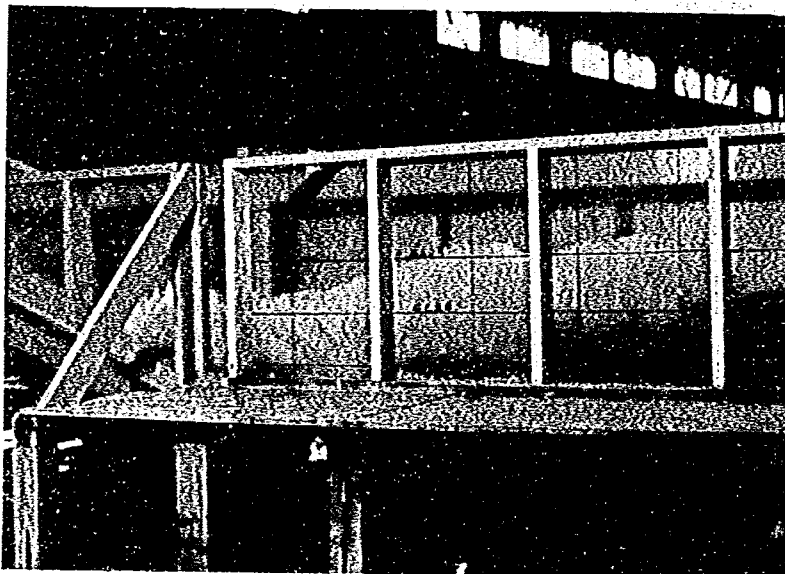


写真-82

$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

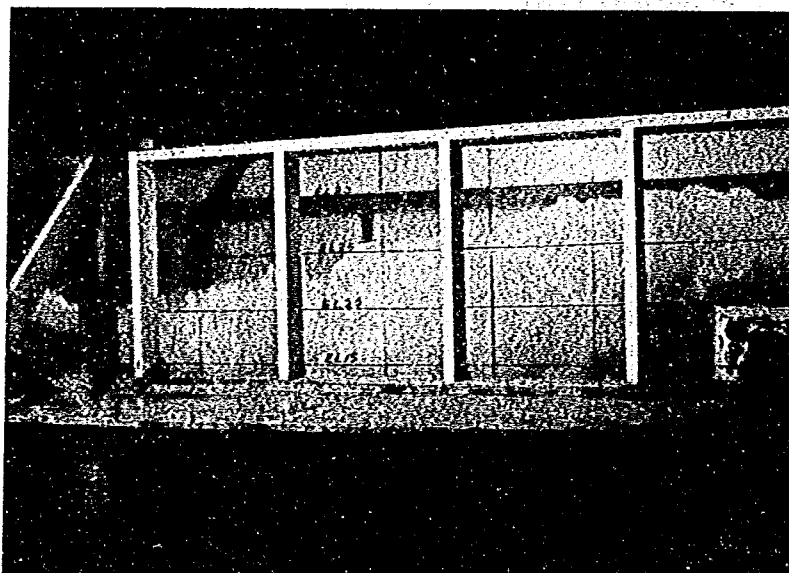


写真-83

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢池内の流況



写真-84

CASE-1

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

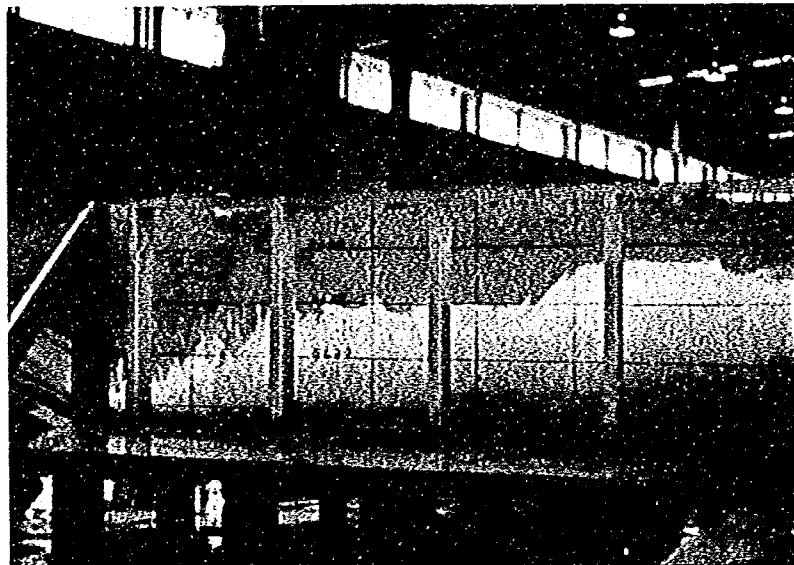


写真-85

CASE-2

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

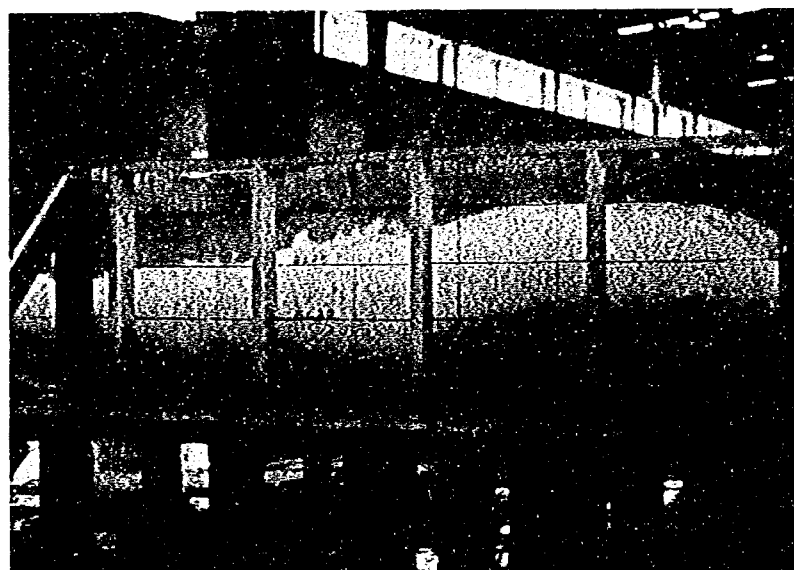


写真-86

CASE-3

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢池内の流況

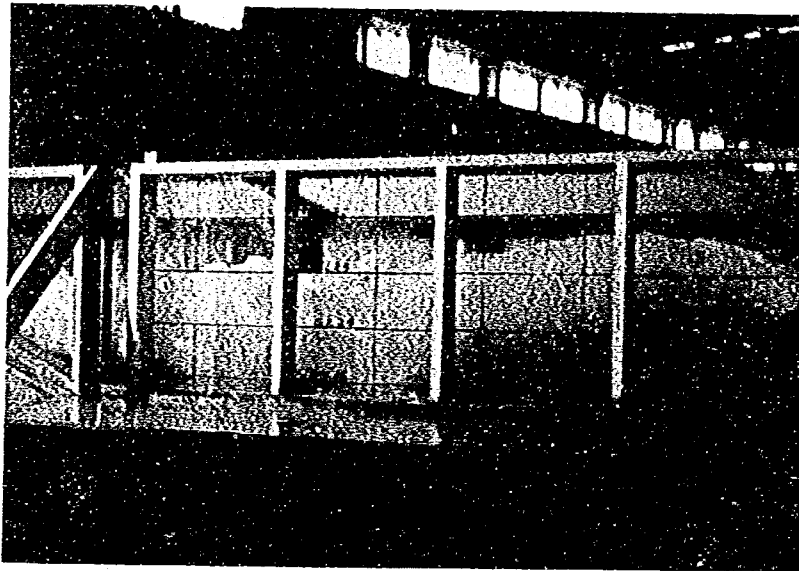


写真-87

CASE - 4

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

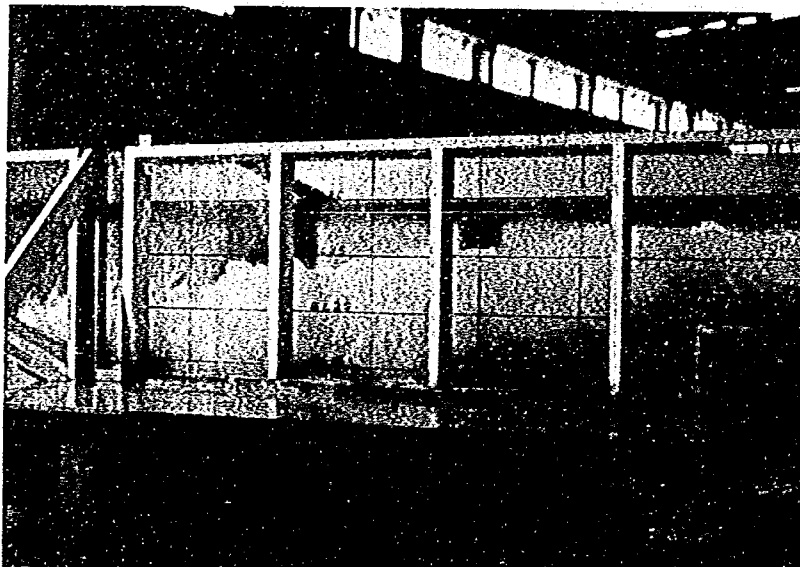


写真-88

CASE - 5

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

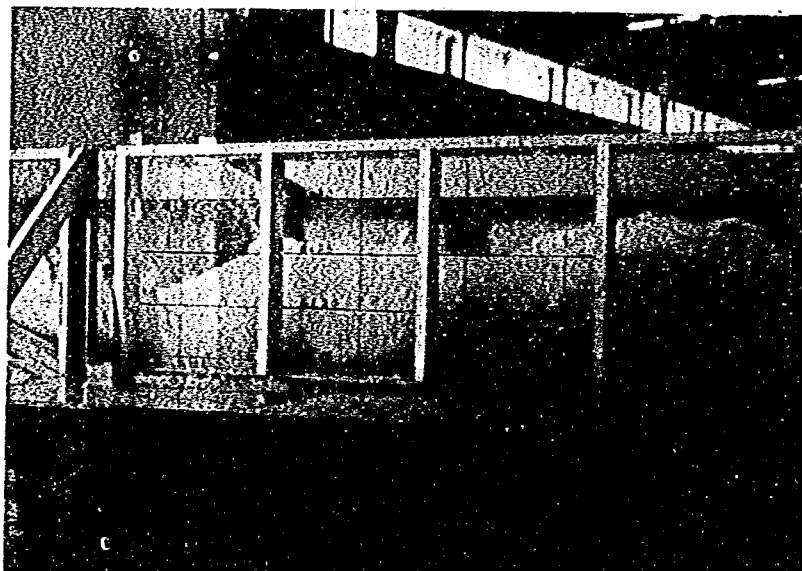


写真-89

CASE - 6

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢池内の流況



写真-90

CASE-4

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

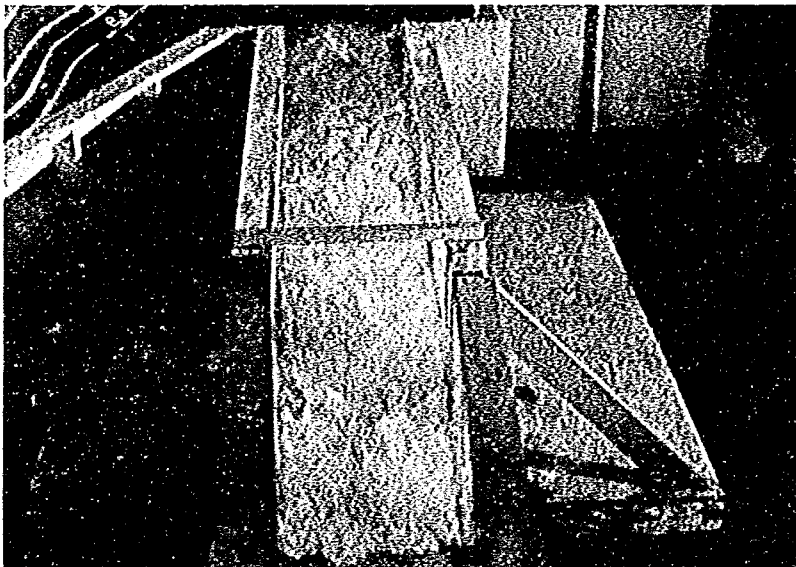


写真-91

CASE-5

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

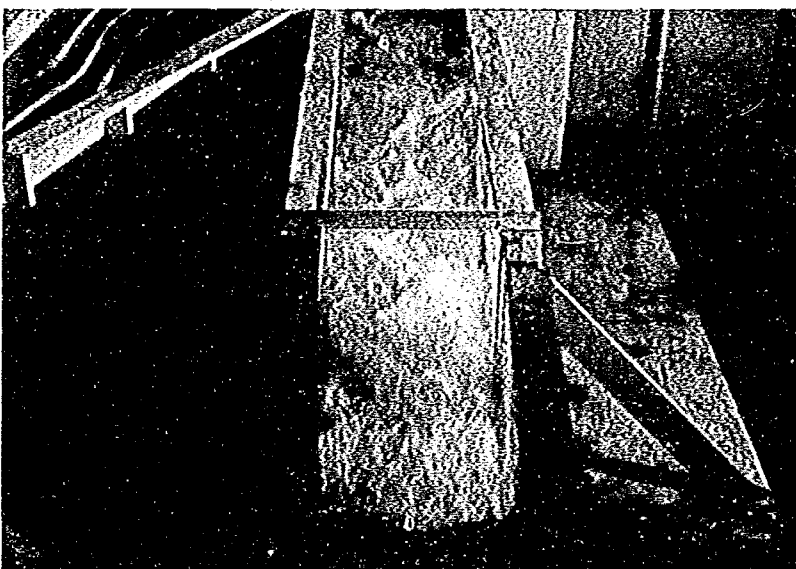


写真-92

CASE-6

$Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢池内の流況

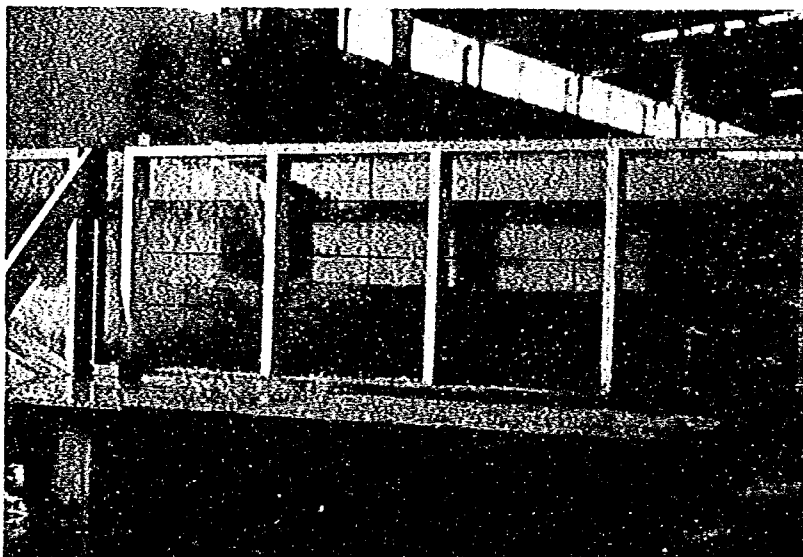


写真-93

CASE-5

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

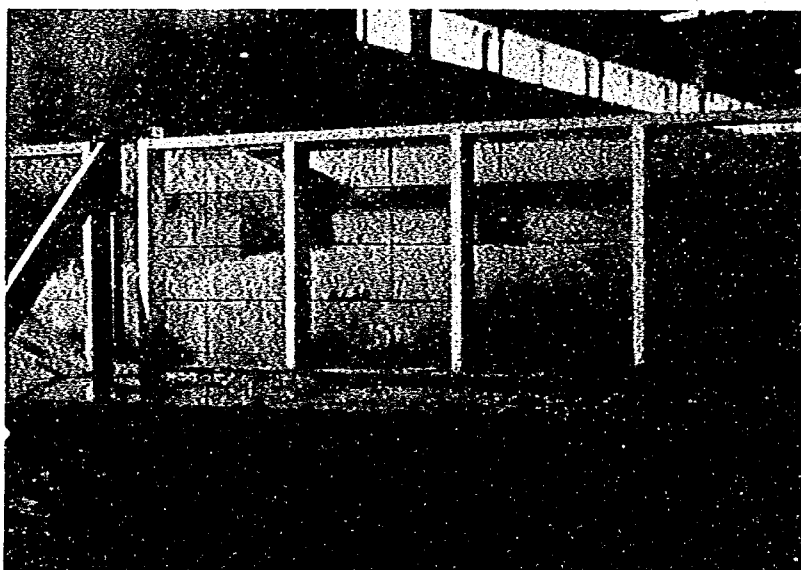


写真-94

CASE-5

$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

下流河道の流況

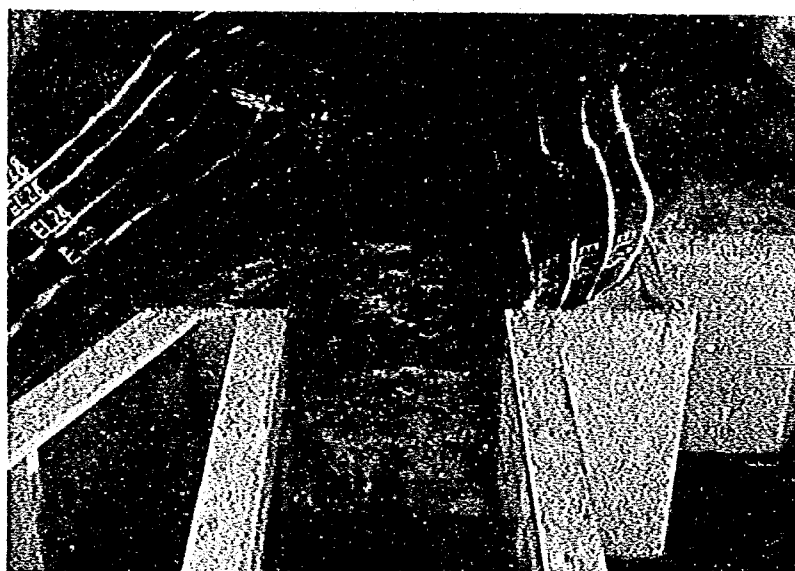


写真-95

(下流水位を設
定しない場合)
 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-96

(等流水深に設定)
 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-97

(下流水位を設
定しない場合)
 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

下流河道の流況

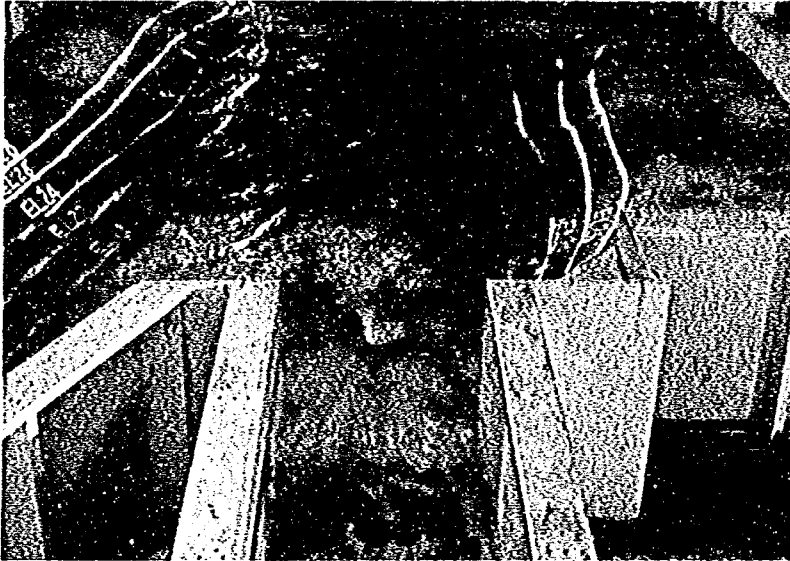


写真-98
(等流水深に設定)
 $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$

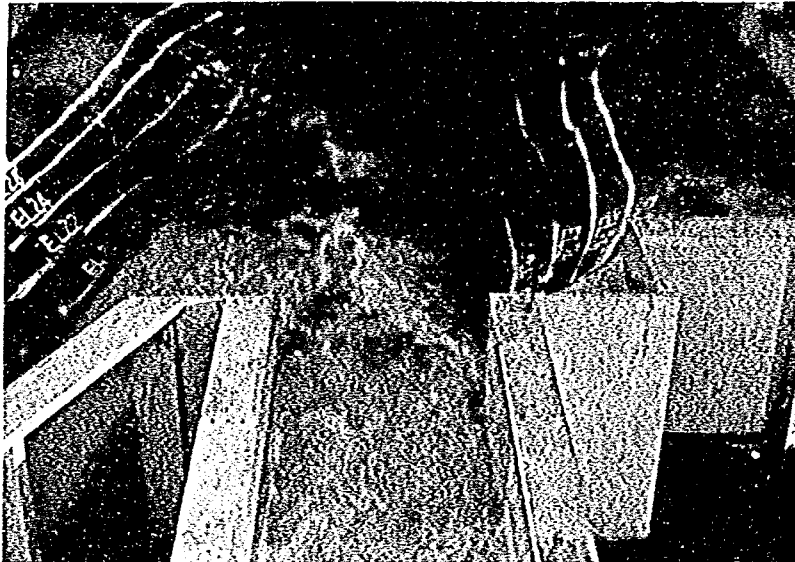


写真-99
(下流水位を設定しない場合)
 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$



写真-100
(等流水深に設置)
 $Q = 560 \text{ m}^3/\text{s}$

第4章 検討結果

THE END

第4章 検討結果

昭和56年度から58年度まで検討してきた羽地ダム洪水吐きの検討結果から、洪水吐きの形状および規模は、この章末に示す実施設計形状でダムの設計条件を満たすことができる。

この実施設計形状の検討結果を要約すると下記のとおりである。

4-1 洪水吐きの実施設計形状

1) 洪水吐き前庭部の地形掘削敷高

常用洪水吐きに対して EL. 62.000 m

非常用洪水吐きに対して EL. 65.000 m

2) 常用洪水吐き形状

型式=正面自由越流型

越流頂敷高=EL. 65.000 m, 越流幅 $B = 7.00$ m

越流頂上流面形状 $R = 1.500$ mの単一円弧

越流頂下流面形状 $Y = 0.1019 X^{1.85}$ の放物線(ただし $0 \leq X \leq 7.121$ m)

3) 非常用洪水吐き形状

型式=横流入自由越流型

越流頂敷高=EL. 68.700 m, 越流幅 $B = 33.00$ m

越流頂上流面形状 $R = 0.800$ mの単一円弧

越流頂下流面形状 $Y = 0.2084 X^{1.85}$ の放物線(ただし $0 \leq X \leq 4.669$ m)

4) 側溝水路部

水路始端標高=EL. 58.000 m, 水路終端標高=EL. 55.400 m

水路勾配=1:12.692

水路平面形状=底面始端幅7.0 mから終端幅10.0 mの漸拡形状

断面絞り形状= $R = 5.0$ mの1/4円の鉛直絞り壁形状

5) 導流水路部

水路形状=長方形平面湾曲開水路(1部直線開水路=10 m区間)

水路幅=10.0 m, 水路勾配=水平, 底面標高=55.400 m

湾曲半径 $R = 110.0$ m, 中心角 $\theta = 20^\circ$, 湾曲部中心長=38.397 m

斜めシル形状=湾曲部上流右岸始端から下流方向へ 45° の高さ2 mの台形

6) シュート部

水路形状=直線部($B = 10$ m)+漸拡部($B = 10 \sim 15$ m)

シュート始端標高=EL. 55.400 m, 終端標高=EL. 13.000 m

シュート勾配 = 1 : 2.5

導流壁高 = 鉛直で 7.0 m

7) 減勢工

底面敷高 = EL. 13.000 m, 幅 = 15.0 m, 水平水叩き長 $L = 63.0$ m

段上り高 $D = 6.5$ m, 段上り形状 = 前面鉛直台形

導流壁高 = 18.0 m (天端標高 = EL. 31.000 m)

4-2 洪水吐きの放流能力

洪水吐きの放流量は次に示す実験式によって求まる貯水位-放流量の関係を使用できる。これらの関係は、この章末に示す表のとおりである。

1) 常用洪水吐きの放流能力

$$Q_1 = C_1 B_1 H_1^{\frac{3}{2}} \quad \dots\dots\dots (1K)$$

$$C_1 = 0.000631 H_1^3 - 0.011952 H_1^2 + 0.115418 H_1 + 1.66654 \quad \dots\dots\dots (2K)$$

ここに、 Q_1 は常用洪水吐きの放流量 (m^3/sec)

C_1 は常用洪水吐きの流量係数で (2K) 式に示す。

B_1 は常用洪水吐きの越流幅 (= 7.0 m)

H_1 は常用洪水吐きの越流頂標高 (EL. 65.00 m) を基準とする越流水深 (m)

2) 非常用洪水吐きの放流能力

$$Q_2 = C_2 B_2 H_2^{\frac{3}{2}} \quad \dots\dots\dots (3K)$$

$$C_2 = -0.0727 H_2^2 + 0.38818 H_2 + 1.59967 \quad \dots\dots\dots (4K)$$

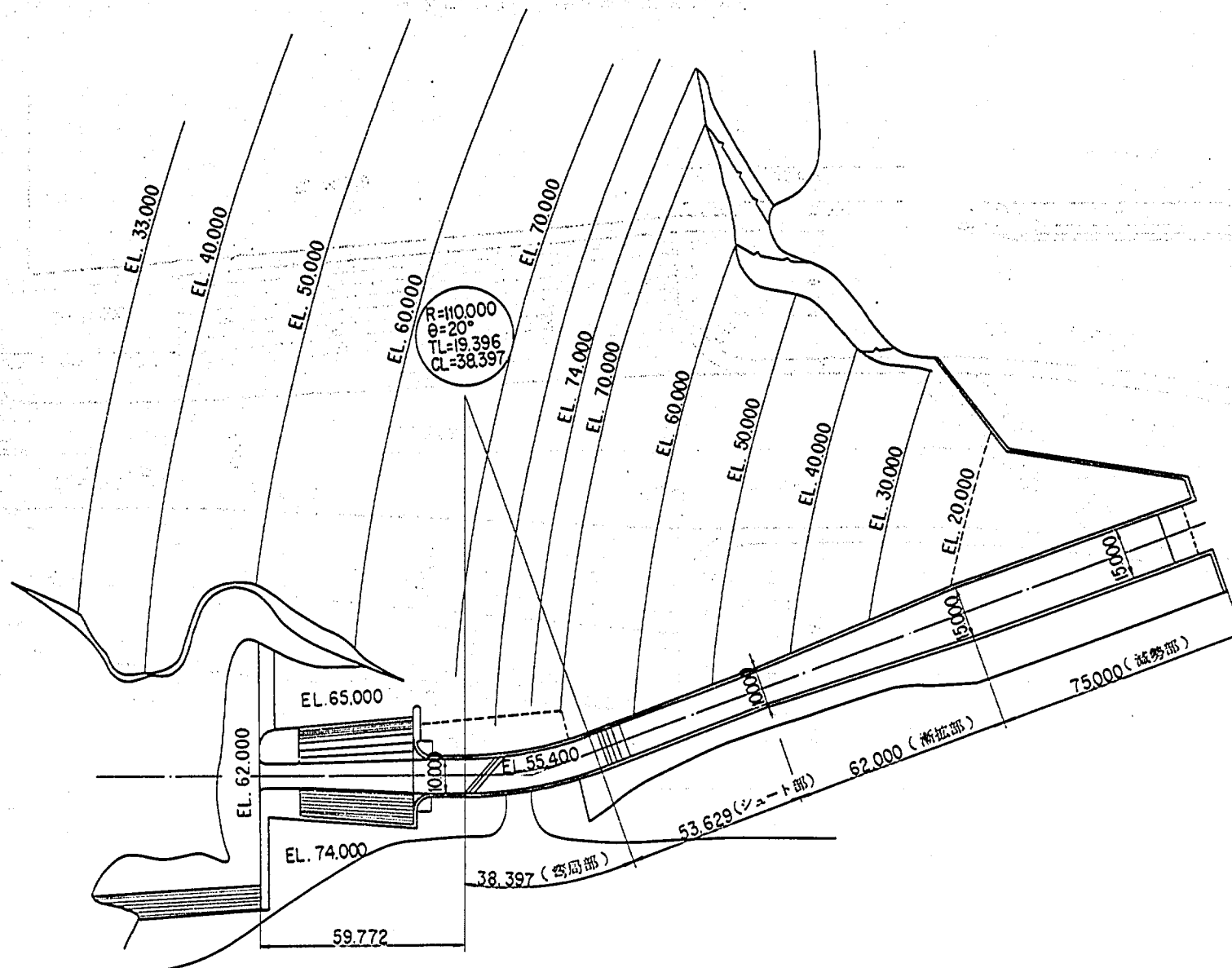
ここに、 Q_2 は非常用洪水吐きの放流量 (m^3/sec)

C_2 は非常用洪水吐きの流量係数で (4K) 式に示す。

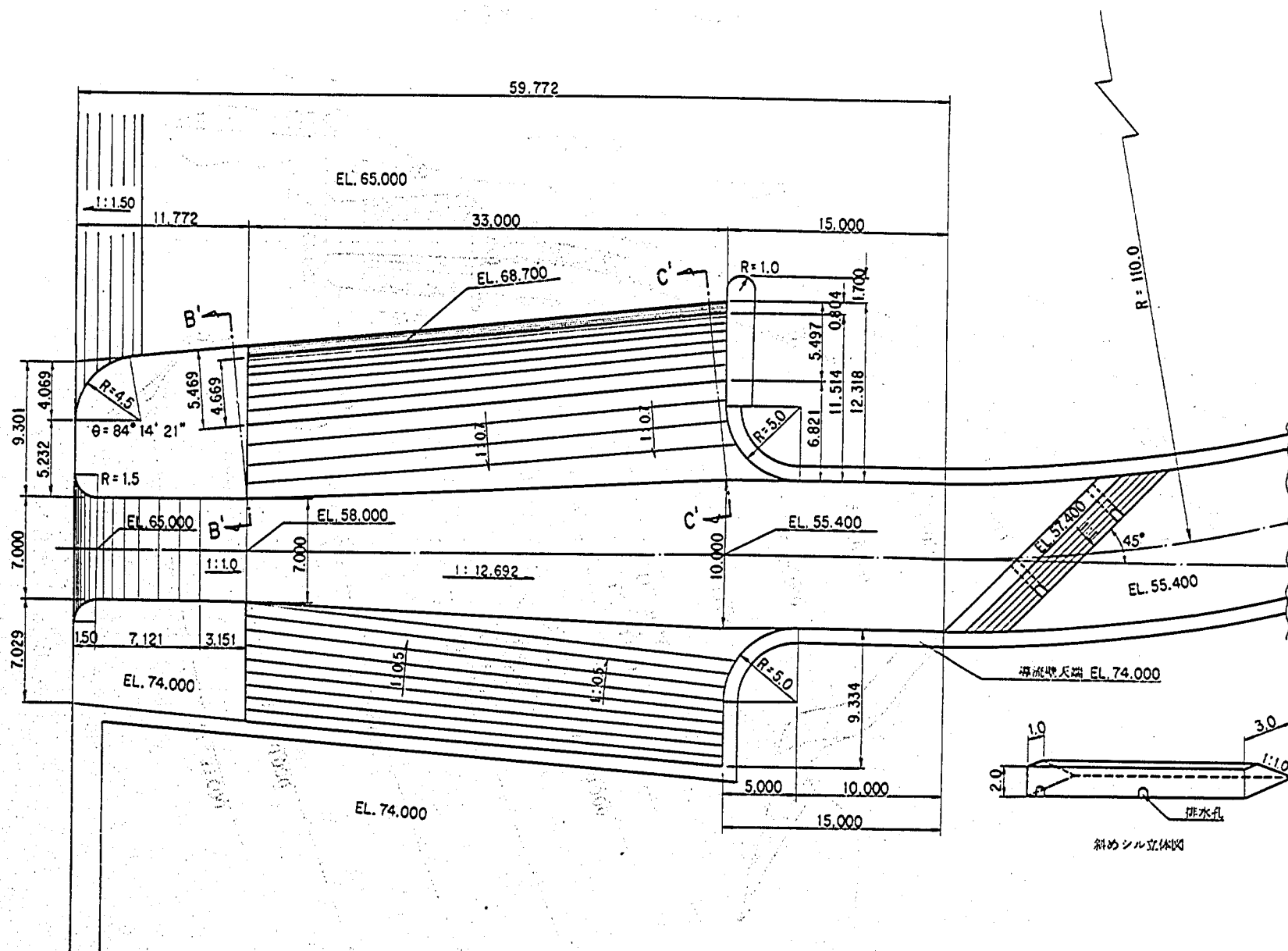
B_2 は非常用洪水吐きの越流幅 (= 33.0 m)

H_2 は非常用洪水吐きの越流頂標高 (EL. 68.70 m) を基準とする越流水深 (m)

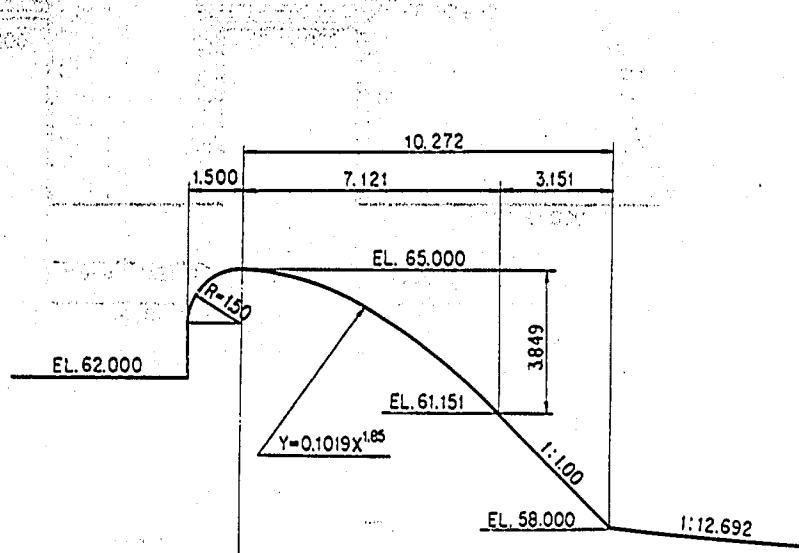
したがって、貯水位がサーチャージ水位 EL. 68.70 m を超えた場合は (1K) 式と (3K) 式によって求めるそれぞれの放流量の合流量 ($Q_1 + Q_2$) となる。



実施設計図 1 洪水吐き全体平面図



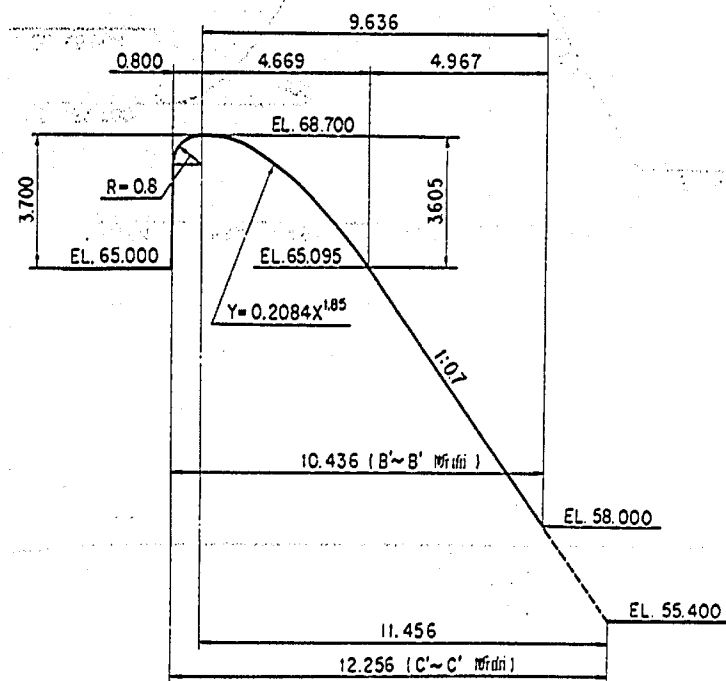
実施設計図 2 洪水吐き平面詳細図



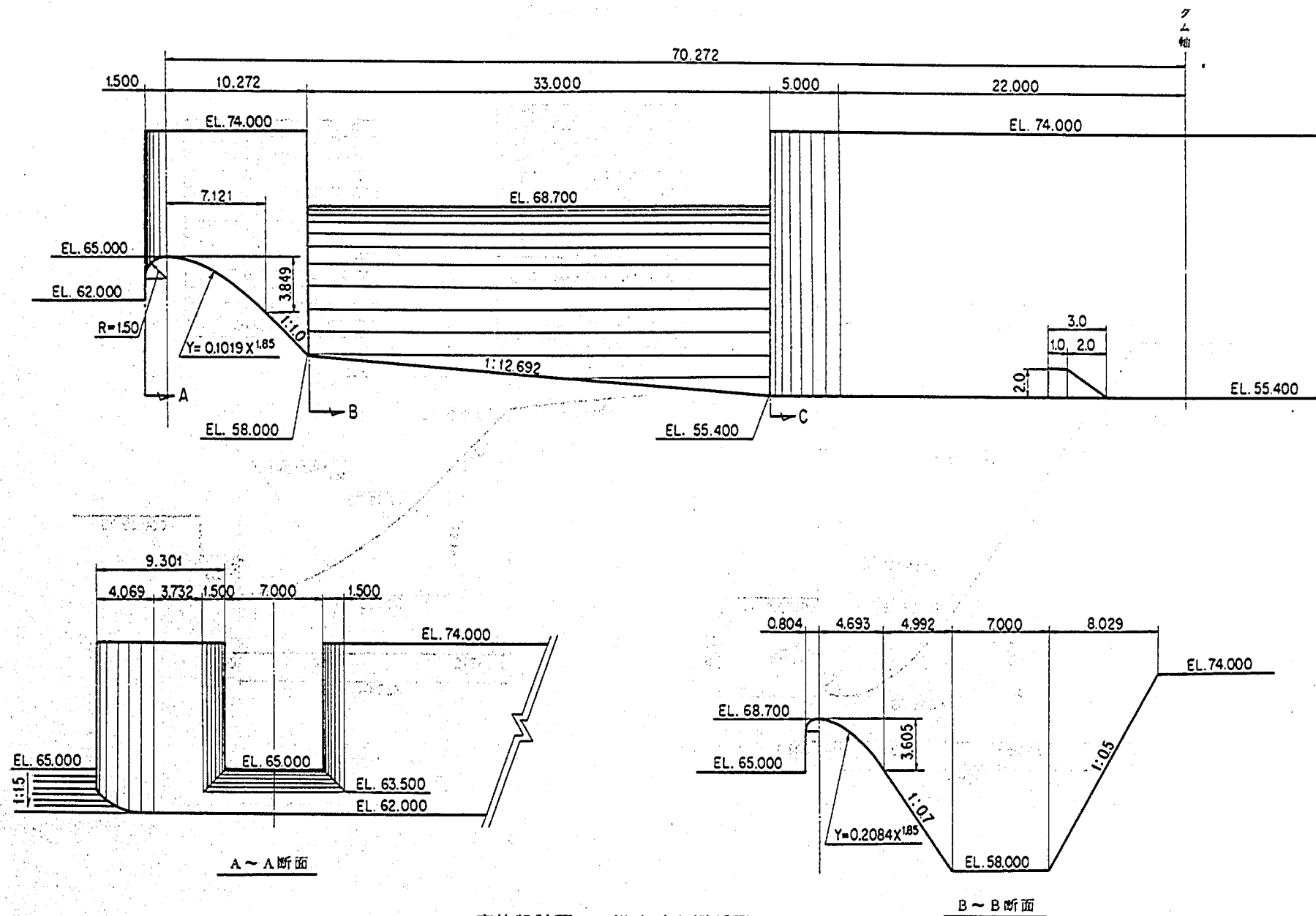
常用洪水吐き越流部形状

越流部下流曲面座標			
$y = 0.1019 x^{1.85}$			
x	y	x	y
実物	模型	実物	模型
1.0 m	3.2 cm	0.102m	0.33cm
2.0	6.4	0.367	1.17
3.0	9.6	0.778	2.49
4.0	12.8	1.324	4.24
5.0	16.0	2.001	6.40
6.0	19.2	2.804	8.97
7.0	22.4	3.729	11.93
7.121	22.78	3.849	12.32
10.272	32.87	7.000	22.40

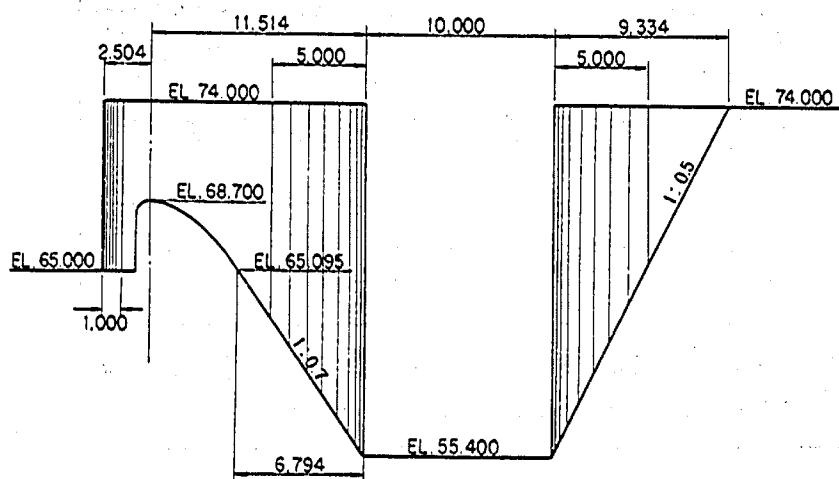
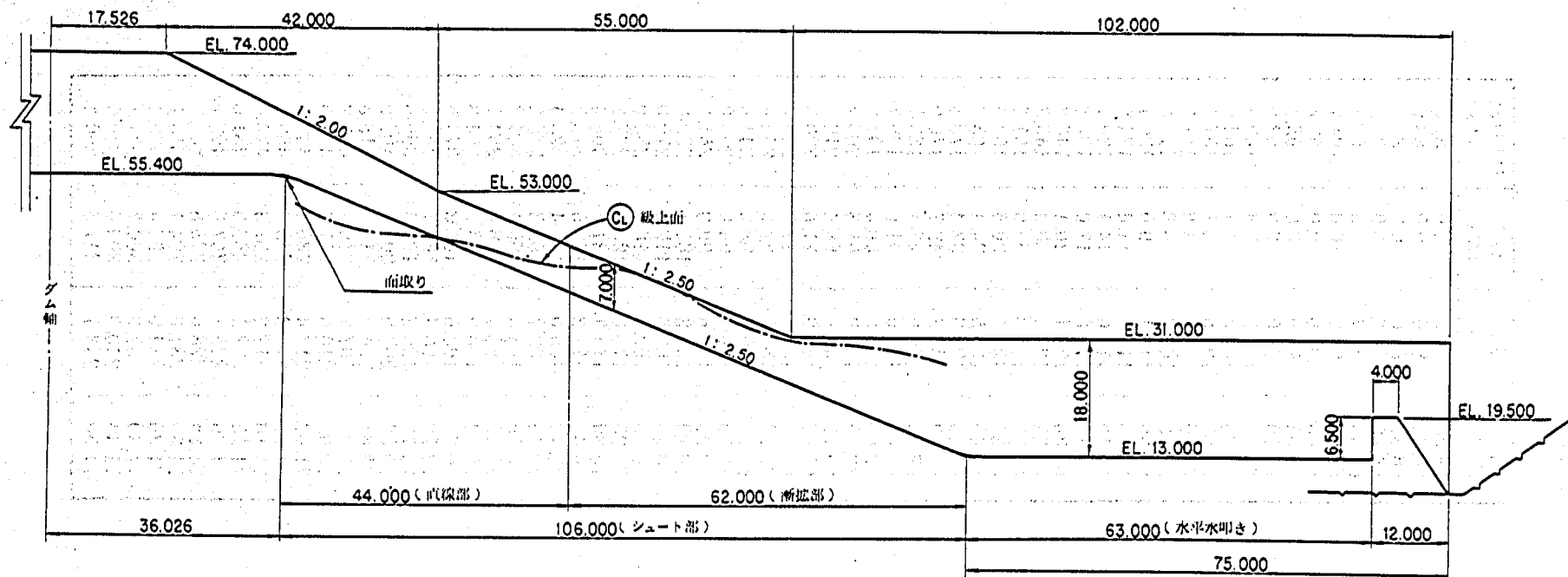
越流部下流曲面座標			
$y = 0.2084 x^{1.85}$			
x	y	x	y
実物	模型	実物	模型
1.0 m	3.2 cm	0.208m	0.87cm
1.5	4.8	0.441	1.41
2.0	6.4	0.751	2.40
2.5	8.0	1.135	3.83
3.0	9.6	1.591	5.09
3.5	11.2	2.116	6.77
4.0	12.8	2.708	8.67
4.669	14.94	3.605	11.54
9.636	30.84	10.700	34.24
11.456	36.66	13.300	42.58



非常用洪水吐き越流部形状



実施設計図 4 洪水吐き縦断面図その 1



C ~ C 断面

実施設計図 5 洪水吐き縦断図その 2

ダム管理資料

H EL. m	Q1 m³/s	Q2 m³/s	Q1+Q2 m³/s
65.05	1	0.0	1
65.10	4	0.0	4
65.15	7	0.0	7
65.20	1.1	0.0	1.1
65.25	1.5	0.0	1.5
65.30	2.0	0.0	2.0
65.35	2.5	0.0	2.5
65.40	3.0	0.0	3.0
65.45	3.6	0.0	3.6
65.50	4.3	0.0	4.3
65.55	4.9	0.0	4.9
65.60	5.6	0.0	5.6
65.65	6.4	0.0	6.4
65.70	7.1	0.0	7.1
65.75	7.9	0.0	7.9
65.80	8.8	0.0	8.8
65.85	9.6	0.0	9.6
65.90	10.5	0.0	10.5
65.95	11.5	0.0	11.5
66.00	12.4	0.0	12.4
66.05	13.4	0.0	13.4
66.10	14.4	0.0	14.4
66.15	15.4	0.0	15.4
66.20	16.5	0.0	16.5
66.25	17.6	0.0	17.6
66.30	18.7	0.0	18.7
66.35	19.8	0.0	19.8
66.40	21.0	0.0	21.0
66.45	22.2	0.0	22.2
66.50	23.4	0.0	23.4
66.55	24.6	0.0	24.6
66.60	25.9	0.0	25.9
66.65	27.1	0.0	27.1
66.70	28.5	0.0	28.5
66.75	29.8	0.0	29.8
66.80	31.1	0.0	31.1
66.85	32.5	0.0	32.5
66.90	33.9	0.0	33.9
66.95	35.3	0.0	35.3
67.00	36.8	0.0	36.8
67.05	38.2	0.0	38.2
67.10	39.7	0.0	39.7
67.15	41.2	0.0	41.2
67.20	42.8	0.0	42.8
67.25	44.3	0.0	44.3
67.30	45.9	0.0	45.9
67.35	47.5	0.0	47.5
67.40	49.1	0.0	49.1
67.45	50.8	0.0	50.8
67.50	52.4	0.0	52.4
67.55	54.1	0.0	54.1
67.60	55.8	0.0	55.8
67.65	57.5	0.0	57.5
67.70	59.2	0.0	59.2
67.75	61.0	0.0	61.0
67.80	62.8	0.0	62.8
67.85	64.6	0.0	64.6
67.90	66.4	0.0	66.4
67.95	68.2	0.0	68.2
68.00	70.1	0.0	70.1
68.05	72.0	0.0	72.0
68.10	73.9	0.0	73.9
68.15	75.8	0.0	75.8
68.20	77.7	0.0	77.7
68.25	79.7	0.0	79.7

H EL. m	Q1 m³/s	Q2 m³/s	Q1+Q2 m³/s
68.30	81.6	0.0	81.6
68.35	83.6	0.0	83.6
68.40	85.6	0.0	85.6
68.45	87.6	0.0	87.6
68.50	89.7	0.0	89.7
68.55	91.7	0.0	91.7
68.60	93.8	0.0	93.8
68.65	95.9	0.0	95.9
68.70	98.0	0.0	98.9
68.75	100.2	0.6	100.8
68.80	102.3	1.7	104.0
68.85	104.5	3.1	107.6
68.90	106.7	4.8	111.5
68.95	108.9	6.8	115.6
69.00	111.1	9.0	120.1
69.05	113.3	11.4	124.8
69.10	115.6	14.1	129.7
69.15	117.8	17.0	134.8
69.20	120.1	20.1	140.2
69.25	122.4	23.4	145.8
69.30	124.8	26.9	151.6
69.35	127.1	30.5	157.6
69.40	129.5	34.4	163.9
69.45	131.8	38.4	170.3
69.50	134.2	42.7	176.9
69.55	136.6	47.1	183.7
69.60	139.0	51.6	190.7
69.65	141.5	56.4	197.9
69.70	143.9	61.3	205.2
69.75	146.4	66.4	212.8
69.80	148.9	71.6	220.5
69.85	151.4	77.0	228.3
69.90	153.9	82.5	236.4
69.95	156.4	88.2	244.6
70.00	159.0	94.0	253.0
70.05	161.6	99.9	261.5
70.10	164.2	106.1	270.2
70.15	166.8	112.3	279.0
70.20	169.4	118.7	288.0
70.25	172.0	125.2	297.2
70.30	174.7	131.8	306.4
70.35	177.3	138.5	315.8
70.40	180.0	145.4	325.4
70.45	182.7	152.3	335.0
70.50	185.4	159.4	344.8
70.55	188.1	166.6	354.7
70.60	190.9	173.9	364.8
70.65	193.6	181.3	374.9
70.70	196.4	188.7	385.2
70.75	199.2	196.3	395.5
70.80	202.0	203.9	406.0
70.85	204.9	211.7	416.5
70.90	207.7	219.5	427.2
70.95	210.6	227.3	437.9
71.00	213.4	235.3	448.7
71.05	216.3	243.3	459.6
71.10	219.2	251.3	470.6
71.15	222.1	259.5	481.6
71.20	225.1	267.6	492.7
71.25	228.0	275.8	503.9
71.30	231.0	284.1	515.1
71.35	234.0	292.4	526.4
71.40	237.0	300.7	537.7
71.45	240.0	309.0	549.0
71.50	243.1	317.3	560.4

お わ り に

洪水吐き等の水理設計に基づく模型製作，実験計測，資料解析の主たるものは土木研究所の実施計画により，株式会社アイ・エヌ・エー新土木研究所が行ったものである。

最後に，本報告書が完成するまでの水理設計，模型製作資料，水理模型実験，報告書作成等にあたって，数多くの方々の御指導および御協力を賜ったことに対し，ここに深く感謝の意を表わすものである。

羽地ダム洪水吐き水理模型実験報告書

ISSN 0386-5878

土研資料第2057号

昭和59年2月(1984年)

建設省土木研究所ダム水工研究室

キーワード 洪水吐き水理模型実験

要 旨

羽地ダム洪水吐きの機能設計



郵便はがき

3 0 0 - □ □

40円切手
をはいて
下さい

建設省土木研究所

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

御中

No. 3

No. _____

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 2057号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

