

和喰川(高知県)の河口処理

高知県土木部河川課	野	田	利	朗
同 上	片	野	英	二
同 上	熊	沢	誠	夫
同 上	広	田	兼	男

1. 緒 言

昭和 32 年 11 月名古屋において行われた第 4 回海岸工学講演会で和喰川の河口処理に関する実験結果について、建設省土木研究所 木村技官ほか 2 名で発表された。この報告は模型実験の結果にもとづいて、実際現地に計画施工した工事状況と完成後の状況を説明しようとするものである。

2. 和喰川について

和喰川は流域面積 20.5 km^2 、幹流流路延長 14 km で、比較的海岸に近い山地を水源として南流し、高知港港口の東約 20 km の地点で土佐湾に沿っている。その河口近くで全流域面積の $1/3$ を占める支流長谷川が東流してほぼ直角に合流しているが、本支流の下流部にはいわゆる芸西平野があり、その耕作面積は約 300 ha である。しかしその半分は標高 $3 \sim 4 \text{ m}$ の低平地であり、本流は $1/250 \sim 1/600$ 、長谷川は $1/600 \sim 1/1000$ の勾配である。また河床は高くて天井川に近い傾向にあって内水問題が残されている(図一)。

本来この河川は、現在河口から約 400 m 上流の長谷川合流点付近で左折し、この地帯に発達した砂丘の裏側に沿って約 5 km 東流し、東隣の現赤野川に合流して海に出ていたのであるが、藩政中期(18 世紀)に現在位置において砂丘を開削して真直ぐ土佐湾に注ぐように改修を行って今日に至っている。その際上流の河床を和喰川、長谷川ともその合流点付近に設置した床固め工でおさえ、その下流部を河床勾配約 $1/200$ の急勾配にとって流速の増大を計るとともに、さらに河口部に導流堤(石堤あるいはわく工)を施して河口維持につとめてきたのである。

しかしながらこの工法では常に不安定で、導流堤の破損、漂砂による河口の閉そく、それにとまなう洪水位の上昇、また波浪の河道への溯上、さらに波による堤防の破壊等高潮高浪のたびごとに被害がたえなかった。特に外海に直面したこの地点への巨大な波浪の来襲は写真一に見るような莫大量の砂礫を堆積して、この開削には延べ数 1000 人を要することがしばしばあった。

3. 改 修 方 針

たまたま昭和 28 年 13 号台風に際して河口は全く閉そくし、これがため洪水の流下が全く阻害され、流量が河道内に滞留したため、河川水位は上昇し、各所において河水がはんらん越流し、さらに河口閉そく部を乗越した波浪が河道内に入り、随所において堤防を切断し芸西平野一帯が塩水の被害をうけた。これの対策として、従来の開水路導流堤方式をやめ、河口部を暗きょ方式として河口の閉そくと波のそ上を防止したもので、その計画に際して、次の諸点を考慮した。

(1) 暗きょは漂砂飛砂等のため不安定な砂丘地帯を貫流するものであるが、陸側は付近地の防砂林(松林)の前面よりも内側に入るようにした。

(2) 暗きょの上流端に防潮効果と飛砂防止のために暗きょに直角に防潮堤(防砂堤)を設けた。

(3) 暗きょは鉄筋コンクリート函きょ構造とし断面を並列した 4 室に分け断面面積は計画洪水量を十分流しうるようにした。

(4) 暗きょ吐口の位置は平均潮位の汀線付近とし、沿岸漂砂の移動等を阻害せず、海岸の平衡を破らないように考慮し、また吐口床版高はほぼ平均満潮位として、排水の落下による深掘れを防止し、かつ波浪の暗きょ内への圧入をできるだけ小さくするよう計画した。このため暗きょの延長は 175 m となる。

(5) 暗きょ吐口の構造は基礎に深さ 8 m のケーソンを沈設し吐口脚部の洗掘を防止した。

(6) 特に慎重な検討を行ったのは吐口の形であって開口部を暗きょ法線に直角に、左右おのおの 2 門ずつ振分けて設置し、暗きょの軸線上の前面は閉じる構造とした。この構造は土木研究所をわずらわし模型実験によ

図-1 和喰川流域図

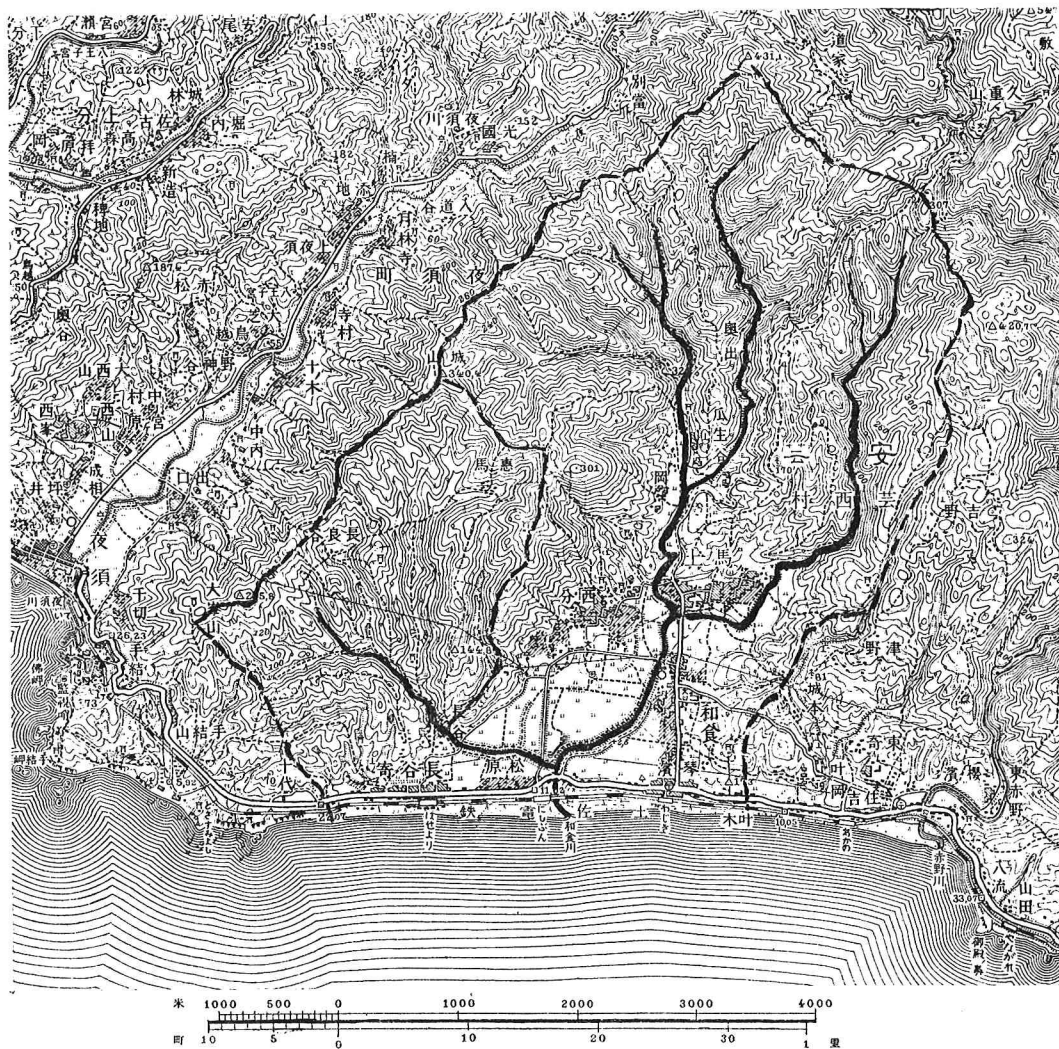
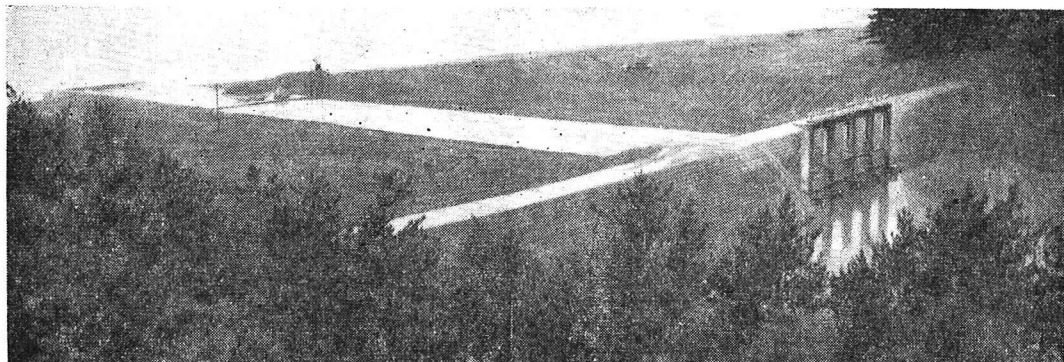


写真-1 完成樋門全景



て各種構造を比較検討して定めたものであるがゲートへの波圧、吐口の土砂堆積に対しきわめて良好な結果をもたらしている。

4. 設 計 諸 元

(1) 暗 き よ

断面は図-2に示すように4連を並列にした構造で先端部は肉を厚くしたため図-3のように5mの取合わせ区間をとっている。

図-2 暗きよ断面図

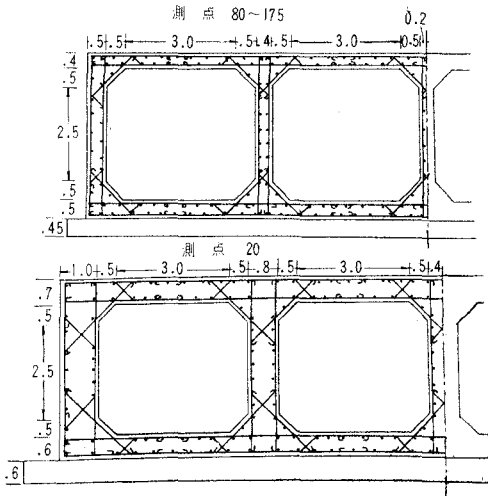
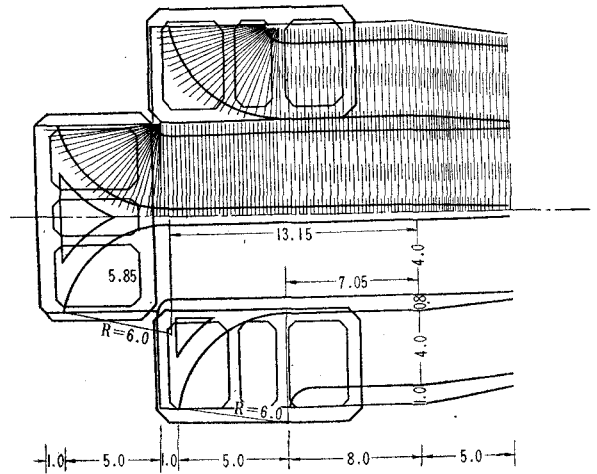
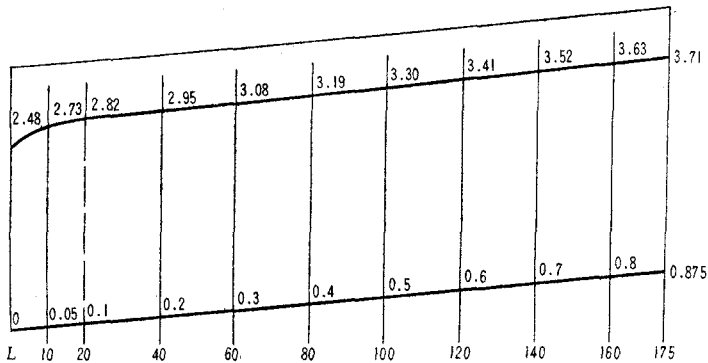


図-3 暗きよ吐口平面図



暗きよ内の水流については無波浪時は十分な余裕をもって計画洪水量を流しうるように設計してある。計画洪水量は $180 \text{ m}^3/\text{sec}$ であるので一連当りの流量は $45 \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。無波浪時の計画流量に対応する水面曲線は図-4のようになる。このように十分な余裕を持たしたのは、波浪時に対する余裕と、暗きよ内に土砂が堆積したり先端が閉そく傾向にある場合、掃流力を増すために深度を増したのである。

図-4 暗きよ内水面曲線



(2) 吐 口

暗きよの吐口は、汀線に大体直角でまともに土佐湾に面するので、大波の影響を直接にうけることになる。実際施工の途中、激浪をうけて呑口のゲートを若干曲げられたこともあり適正な吐口の形を案出することは切実な問題であった。また波浪の影響が大きければそれだけ洪水の流過能力を害することは明らかであり、また暗きよの上流河岸に波浪が伝達して河川の護岸築堤を破損することは従来の経験からいっても明らかであるので、何としても暗きよ内への波浪の浸入を防ぎ、かつ吐口の閉そくを生じないような構造にしなければならない。このような吐口の形状を決定するために建設省土木研究所をわずらわして模型実験により形状を決定することにした。実験は装置および期間のつごう上、閉そくに対するものは実施できず暗きよ内へ伝達する波浪の軽減対策のみに集中されたわけである。実験については一部は昭和 32 年第 4 回海岸工学講演会講演集に記載されているので参

5. 工 事 施 工

この工事は昭和 29 年度災害復旧工事として採択され昭和 30 年度に着工して昭和 33 年度に 4 年間で竣工したものである。

(1) 工 程

工事はまず、河道の安定と防潮効果を一刻も早く発揮させることが緊急な要件であったので、汀線より約 175 m 後退した箇所に河道に直角にコンクリート ブロック積防潮堤延長 130 m とゲート 4 連を施工し、以下暗きょを防潮堤から汀線の方へ逐次施工して、最後に先端部ケーソンと吐口を施工した。その工程は図-7 および表-1 に示す。

図-7 工 程 表

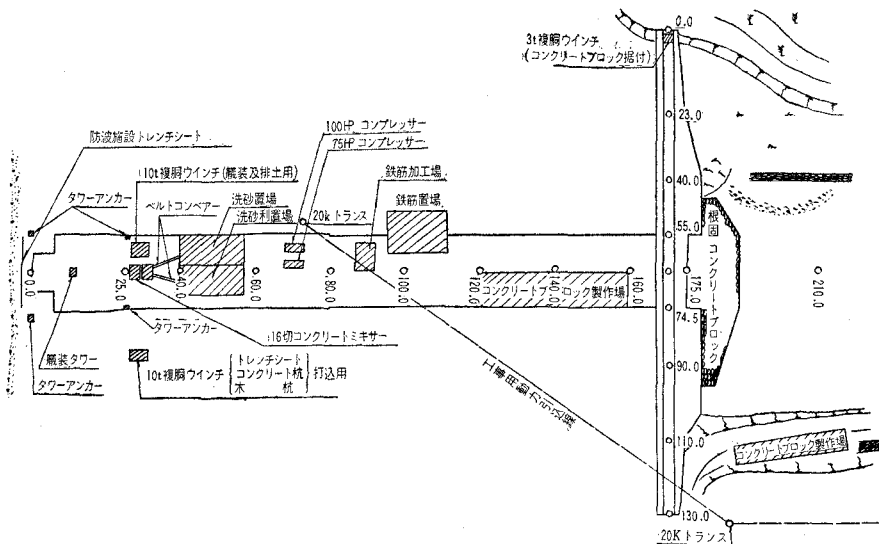


表-1 工 程 表

年 度 別	施 工 期 間	施 工 内 容
30 年 1 次	30. 4.30~30. 8.23	防潮堤 130 m, 暗きょ 15 m
30 年 2 次	30.11.21~30.12.23	暗きょ 20 m
31 年 1 次	31. 8.13~32.12. 6	暗きょ 40 m
31 年 2 次	32. 1.31~32. 3.25	暗きょ右側 2 門 60 m
32 年 1 次	32. 6.26~32. 7.20	暗きょ左側 2 門 60 m
32 年 2 次	32.11.16~33. 1.19	暗きょ 15 m
32 年 3 次	33. 3.16~33. 3.31	基礎ケーソン 3 基繰込
33 年 1 次	33. 4. 1~33. 4.23	基礎ケーソン 3 基沈下
33 年 2 次	33. 6. 2~33. 7.18	暗きょ先端 25 m, 防潮堤根固め 1 カ所

(2) 主要機械器具

工事着手より竣工までの間各期工事で使用した主要機械器具は、表-2 に示すようなものである。

(3) 暗きょ先端部 (吐口) の施工

暗きょ先端部には基礎工として、高さ 8 m, 巾 6 m, 長さ 11 m のニュー マチック ケーソンを 3 基、図-3 に示すように沈下させた。

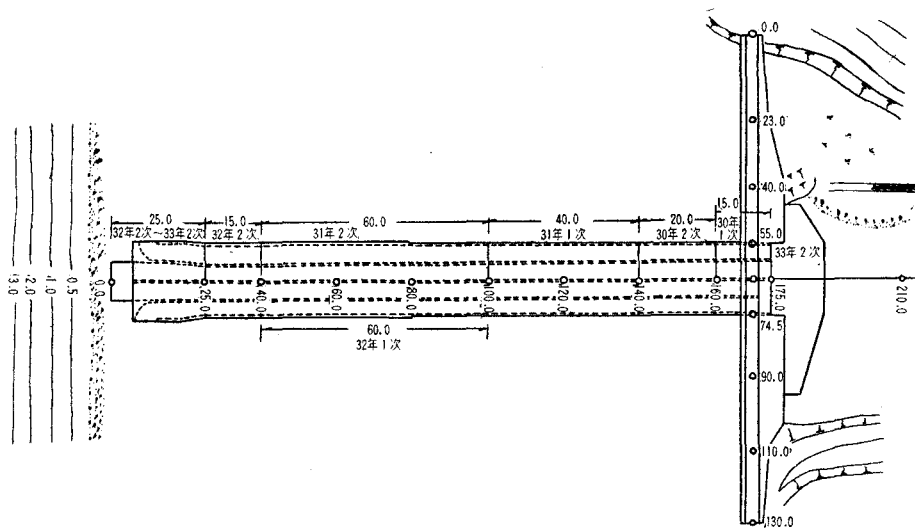
仮設備は図-8 に示すように配置された。暗きょの主要部は先端を残して他はすべて完成されていたので、大いにその床版を利用することができた。骨材は仕様書に従って現場付近で採取し、レールとベルト コンベアーの併用で暗きょ床版上の骨材置場に運搬し、さらにベルト コンベアーで計量器を経て 14 切練および 16 切練コンクリート ミキサーに投入混合し、練上りがコンクリートは木製トロおよびベルト コンベアーで所定の位置に運んで打設した。セメントはケーソンと暗きょ先端部 25 m には早強ポルトランド セメントを使用し、その他の部分には普通ポルトランド セメントを使用した。

ケーソン内部への送気には 75 HP と 100 HP のエアー コンプレッサー各 1 基と 4 in 送気管を使用した。作業室と外部との連絡にはノーバルフォンを使用してロック テンダーとゲージ マンとの連絡をはかり予備としてコ

表-2 主要機械器具

機械器具名	30年1次 台	30年2次 台	31年1次 台	31年2次 台	32年1次 台	32年2次 台	32年3次 台	33年1次 台	33年2次 台
D-50ブルドーザー	1	1	1	1	1	1	1	2	—
5t積ダンブトラック	3	2	2	2	2	2	2	2	—
3t積ダンブ三輪車	—	—	—	—	—	—	—	1	—
70HPガソリン機関車	1	1	1	1	—	—	—	—	—
0.5m ³ なべトロ	10	10	10	10	—	—	—	—	—
6切練コンクリートミキサ	1	—	—	—	—	—	—	—	—
10切練コンクリートミキサ	—	1	—	—	—	—	—	—	—
14切練コンクリートミキサ	1	1	1	1	1	—	—	1	—
16切練コンクリートミキサ	1	—	1	1	1	1	1	1	—
15HPモーター	1	1	2	2	2	—	—	—	—
10HPモーター	3	1	1	1	1	—	—	—	—
7.5HPモーター	2	1	1	1	1	—	—	—	—
5HPモーター	1	—	—	—	—	—	—	—	—
3HPモーター	1	1	1	1	1	—	—	—	—
2HPモーター	—	1	1	1	1	—	—	—	—
20kWトランス	2	1	2	2	2	—	—	—	—
10t動力ウインチ	—	—	—	—	—	2	2	—	—
3t動力ウインチ	3	1	2	2	—	1	1	1	—
水揚ポンプ	—	—	—	—	—	2	2	2	—
16inバーチカルポンプ	2	2	2	2	2	1	1	5	—
0.4m ³ コンクリートバケット	4	—	—	—	—	—	—	—	—
バイブレータ	6	3	2	2	2	2	2	2	—
5HP 30in丸鋸製材機	1	—	—	—	—	—	—	—	—
消防ポンプ	1	—	1	1	1	—	—	—	—
3tケーブル設備	—	—	—	—	—	—	—	1	—
スランプテスト器	—	1	1	1	1	—	—	—	—
0.5m ³ 木ト	—	2	2	2	2	—	—	—	—
ベルトコンベアー	—	—	2	2	7	10	10	10	—
100HPエヤーコンプレッサー	—	—	—	—	—	1	1	—	—
75HPエヤーコンプレッサー	—	—	—	—	—	1	1	—	—
20HPポータブルコンプレッサー	—	—	—	—	—	—	—	1	—
エヤーロック	—	—	—	—	—	1	1	—	—
シヤフ	—	—	—	—	—	2	2	—	—
杭打機	—	—	—	—	—	1	1	1	—
タワ	—	—	—	—	—	1	1	—	—
エヤー送管機	—	—	—	—	—	1	1	—	—
電気溶接機	—	—	—	—	—	1	1	—	—
ガス溶接機	—	—	—	—	—	1	1	—	—
ブレイカ	—	—	—	—	—	—	—	1	—
削岩機	—	—	—	—	—	—	—	1	—

図-8 基礎ケーソン施工仮設備配置図



ンプレッサー室に強力ブザーを設備して作業の安全を期すようにした。ケーソンの沈下作業の順序は以下に示すようである。

- (1) 床ならし完了後鉄製シューすえつけ
- (2) 鉄製シューすえつけは床ならし上に丸太二つ割厚さ 8 cm を敷いた。
- (3) 作業室内部型わく、外部型わく、鉄筋の組立作業室昇降口に金具取付け、配線、配管、金具の取付け
- (4) 作業室床版のコンクリート打設、養生
- (5) 高さ 4 m までの内部型わく、鉄筋、外部型わく組立、コンクリート打設、養生、型わく取除き
- (6) エヤー ロック、シャフトぎ装、送気、掘削、沈下開始
- (7) 掘削沈下、3 m 内外で一時沈下中止、ぎ装除却
- (8) 上部 4 m 内部型わく、鉄筋、外部型わく組立、コンクリート打設、仮締切工（波よけ）型わく組立、コンクリート打設養生、型わく除却
- (9) ぎ装、荷重載荷、掘削沈下、ぎ装除却
- (10) 作業室内検査
- (11) 下部中埋めコンクリート打設
- (12) 配管、配線、ふた金物除却、中埋め土砂投入
- (13) ふたコンクリート打設

ケーソンのコンクリート工は空気もれるおそれがないように入念な施工が必要である。特に作業室と上部との継目は注意を必要とする。下部中埋めコンクリートは、一度エヤー ロックに受けさらに作業室に送って打設した。

作業室内での掘削に当っては刃口の部分より掘削を始めて、沈下後中央部の掘削を行った。沈下状況については表—3 に一例をあげるが他の 2 基も大体同様な成績であった。

表—3 A ケーソン 沈下実績表（昭和 33 年）

月 日	作業時間	沈下量	沈下累計	作 業 人 員					日 計	累 計	コンプレッサー油	モーターオイル	摘 要
				一交替	二交替	コンプレッサー	ウィンチ	電気					
3.21	7.0	—	—	—	—	3	—	—	3	3	5 l	50 l	送 電 試 運 転
3.22	10.0	—	—	—	—	3	—	—	3	6	5 l	—	〃
3.23	24.0	0.65	0.65	17	16	3	2	2	40	46	7 l	—	砂 利 層、ぎ 装、掘 削
3.24	24.0	1.05	1.70	17	16	3	2	2	40	86	—	—	掘 削
3.25	24.0	1.10	2.80	17	16	3	2	2	40	126	—	—	〃
3.26	12.0	0.52	3.32	17	—	1	1	1	20	146	—	—	〃
4. 4	24.0	1.10	4.42	17	17	3	2	2	41	187	5 l	5 l	ぎ 装、掘 削
4. 5	24.0	1.15	5.57	17	17	3	2	2	41	228	—	—	掘 削
4. 6	24.0	1.00	6.57	17	17	3	2	2	41	269	—	—	〃
4. 7	24.0	1.15	7.72	17	17	3	2	2	41	310	—	—	〃
4.10	24.0	0.70	8.42	17	17	3	2	2	41	351	5 l	—	沈 下 完 了
4.11	24.0	—	—	17	17	3	2	2	41	392	4 l	—	中埋めコンクリート打設

6. 竣工後の状況

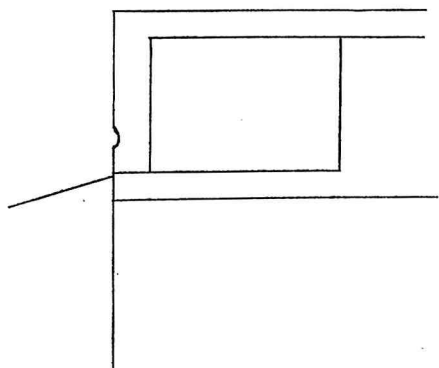
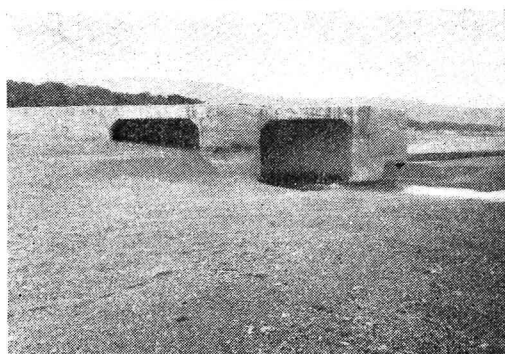
この工事の竣工は昭和 33 年 7 月でその後 1 年あまりを経過した。竣工直後の 8 月 24、25 日に台風 17 号が室戸岬の東をかすめて北上し、かなりの高浪も見られたが、別になんらの被害もなかったし、吐口の閉そくも見られなかった。施工前であつたら当然閉そくを起す程度の波浪であつた。ただ右端の一連が吐口から約 5 m の間、半分程度砂利の堆積は見られたが、これは自流で掃流している。

この構造で注意すべきは前面の直立壁が、地面より約 0.6 m 上方で平均深さ 0.2 m 程度浸食され、その線が水平に走っているが、あらかじめこれらのことを考慮して壁厚および鉄筋の配置を定めていたので、現在のところ特に対策を講ずる必要はない（図—9）。

ごく最近の台風である第 6 号は昭和 34 年 8 月 8 日夕刻本県足摺岬から室戸岬の方に通り抜けたものであるがこのときの吐口の堆砂状況は写真—2, 3, 4 のとおりである。

これを見ると右端（西側）の 1 連だけが閉そく傾向にあるが、なお 1 m あまりの空間を有し、堆積部の先端は約 30 m に達している。堆砂量は約 300 m³ と推定されるが、これは他の 3 門のゲートを締切ることによって楽に掃流できる。これにくらべて他の 3 連は写真に見るように、全然堆砂していない。今までの台風例を見てもほとんど類似の状況を示し、全面閉そくの危険を感じたことはない。

図-9

写真-2 樋門全景
(昭. 34 年 8 月現在)写真-3 昭和 34 年 8 月台風 6 号後の吐口状況
(東 側)写真-4 同 上
(西 側)

堆砂の頻度は若干西側の方が大きいですが、台風時はうねりが西寄りに寄せるために当然のことではあるが、その他の場合とくにいちじるしい卓越風も卓越波向も認められず、また、沿岸漂砂の移動も顕著でないし、堆積によるいちじるしい被害も認められないので、左右対称の構造でも十分その機能を発揮していると考えることができる。

今後の河口閉そくの処理としては、大河川の場合は導流堤によっても平水時の掃流力がかなり大きいので十分の効果を期待できるが、計画洪水量が $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度以下の河川では平水流量はほとんど 0 に近く掃流力も小さいので、堆砂量も最小限にとどめる処置をとらなければならないが、和喰川のような暗きょ方式を採用するのは有効適切な一方法だと考える。