

報 文

UDC 627.6
627.217.1 (521.75)

尼崎港の防潮堤について

正 員 佐 藤 肇*

ON THE DEFENCE WORK AGAINST HIGH SEA-TIDE IN AMAGASAKI HARBOUR

(JSCE Sept. 1952)

Hajime Sato, C.E. Member

Synopsis In this paper, the author describes the outline of the planning and construction of the defence work against high sea-tide in Amagasaki Harbour.

I. 今次防潮堤が計画されるまで

(1) 工業港としての尼崎港 尼崎港は大阪港の西に隣る工業港であつて、大阪市と境する神崎川の河口より約3kmを隔つて武庫川を以て西宮市に隣り、その間、左門殿川、庄下川、蓬川の3川が流入している。この3川及びこれ等を連絡する運河によつて囲繞される埋立地が工業港の主体を形成している。昭和22年の国勢調査によれば、尼崎市就業人口の52%が製造工業従事者である。これに運輸通信業従事者7%を加えれば就業人口の60%を占める。本市の工業生産額は月30億円余、昭和26年のそれは40億円を超えている。製造工業の主体をなすものは、立地条件において卓越している金属工業で全生産額の半ばを占め、機械工業、化学工業がこれに次いでいる。

本港の港湾取扱貨物量は昭和11年4396000t、昭和12年9572000t、いずれも全国港湾中、十指のうちにある。

(2) 地盤沈下と高潮の被害 本港はその構成する地盤の性質上西大阪と同様な地盤沈下の現象を免れることができない。昭和9年室戸台風による高潮の被害を蒙つて以来、この現象の調査が進められてきたが、戦争中、工業用水として地下水の汲上げが盛んであつた時期の沈下が最も甚しい。現在のところ沈下の最も甚しい地域では1.5~2.0mの沈下量が測定されている。そのため室戸台風以後も昭和17, 19, 20年と度々高潮の災害を蒙り、工場は各自その周囲に防潮壁を

めぐらしてこれを防いでいた。戦後昭和24年に到り兵庫県が国庫の補助を受けて防潮堤の築造をはじめ、主要地区よりO.P.+4.0mを目標に工事を実施していた。しかるに昭和25年9月3日ジェーン台風は中心示度970mbをもつて大阪湾を通過し、大阪港の異状潮位はO.P.+4.37mに及んだ。更に大阪、尼崎附近では2m程度の風浪を伴つたので、本港の受けた被害は従来になく莫大なものであり、被害総額は400億円と推定された。また浸水区域も室戸台風の時より広大で省線尼崎駅附近迄に及んだ(図-1参照)。

(3) ジェーン台風の復旧計画 ジェーン台風による被害は地盤沈下によつて海岸地帯の著しく低下した大阪港も同様で、我国工業の中心である両港の速かなる復旧を図るため運輸省に臨時災害対策委員会が設けられ両港の応急並びに恒久の対策が樹立された。本港の恒久対策は当初2案が併立した。すなわち1) 河川運河に囲繞される各地区を地区毎に防潮堤で囲むブロック方式、と2) 神崎川、武庫川間の海岸線に1本の防潮堤を築造して都市全体を防護すると共に堤内への船舶の出入はこれに設けられた閘門及び水門による閘門方式、とである。両案の比較を要約すれば、

1) ブロック方式：(イ) 船舶の出入は在来通り支障はない。(ロ) 重要地区より工事を完成して地区毎に安全を確保し得る。(ハ) 従来と同様な工法であるから技術的な困難が予想されない。等の利点がある

1) 坂本信雄：尼崎港防災計画に就いて、港湾 昭26.1

* 運輸省第三港湾建設部、尼崎工事事務所長

図-1 尼崎港浸水状況図
Submerged Area by High Sea Tide, Amagasaki City

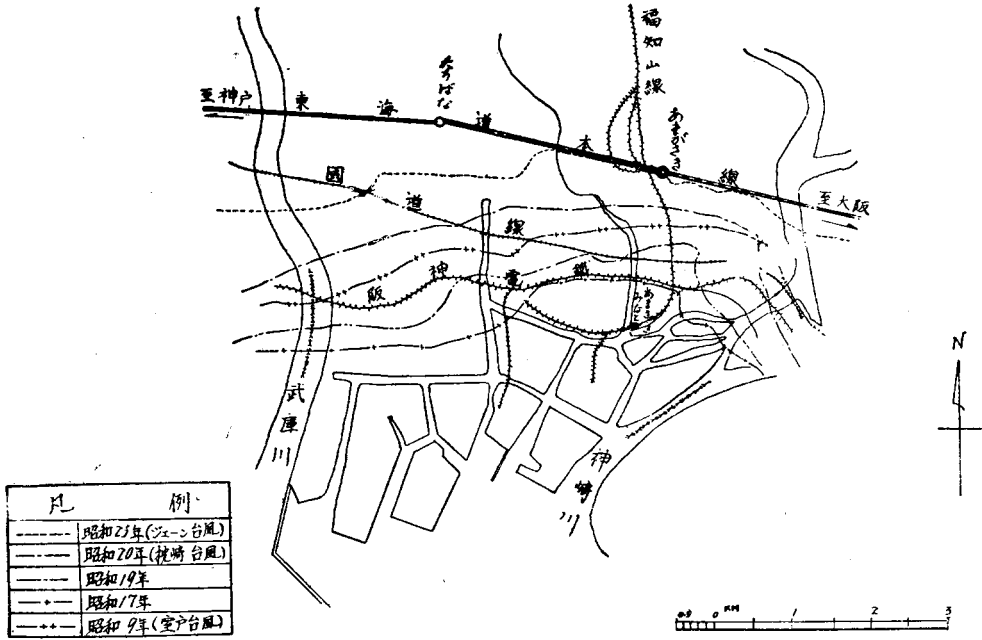
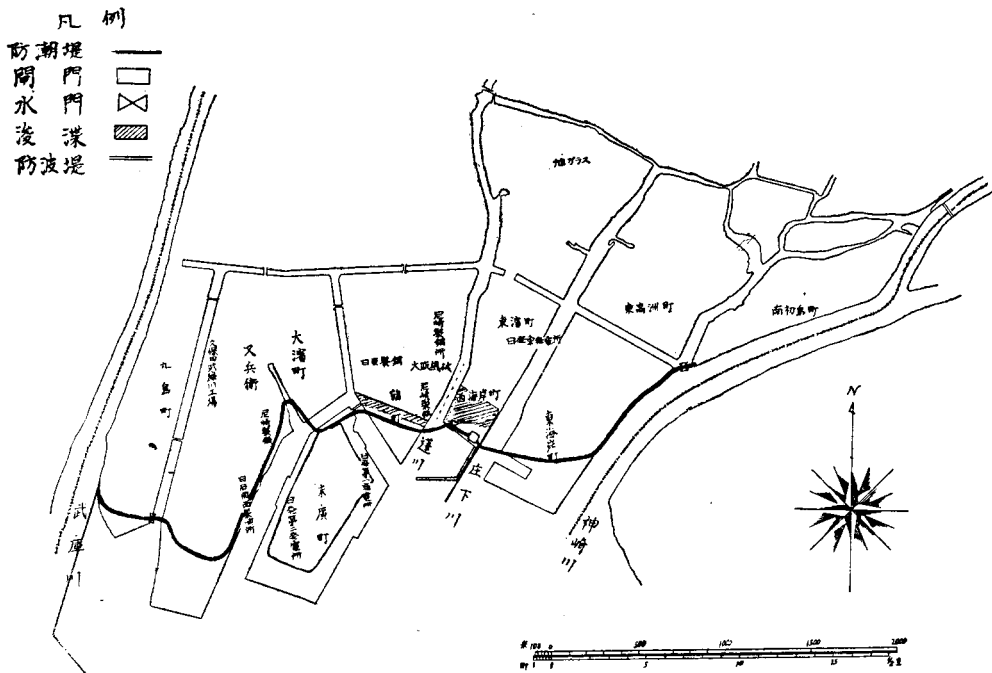


図-2 尼崎防潮堤計画法線
Plan of the Defence Works in the Part of Amagasaki



が、(イ)防潮堤の全延長は開門方式と比較して長くなる。(ロ)工場地先防潮堤の嵩上げにより荷役機械の改造を要する。これは工場の操業に支障をきたすおそれがある。(ハ)橋梁の嵩上げが必要となりまた道路の勾配は多くなる。(ニ)各地区の排水は機械排水を不可欠とする。等の欠点がある。

2) 開門方式：(イ)防潮堤の全延長が前者に比して短い。(ロ)堤内荷役機械の改造、橋梁の嵩上げは行わなくてよい。(ハ)内水位は開門、水門の操作によつて在来より低下することができ、地区内の排水が良好になる。等の利点があるが、(イ)船舶の出入は制限を受ける。(ロ)全延長に亘り工事が完成されなければ高潮を防ぎ得ない。(ハ)非常の場合1ヶ所の破堤も都市に対し致命的である。(ニ)軟弱地盤上に水門、開門等の構造物を建造することは技術的に困難を伴うことが予想される。等の欠点がある。

この両案を比較検討の結果、開門方式は船舶の出入に対し従来より不便であるという欠点を除けば工費も安く、都市全体の見地よりブロック方式に比して有利であるとの結論に達した。但し“工期を短縮して急速に完成する”という条件の下においてである。よつて昭和25年度より昭和28年度迄に完成するものとして図-2の如き法線が決定せられ目下工事を実施中である。

II. 工事計画上の基本問題

(1) 防潮堤の天端高 開門式における防潮堤の天端高は、それが海岸の第一線に位置する関係上、高潮時の最高潮位に波浪の高さを加え、更にある程度の余裕を持たなければならない。本港における既往最高潮位は昭和9年9月21日の室戸台風によるもので、偏差は3.1mと推定されている。また大阪港におけるジェーン台風による高潮の偏差は2.37mと推算された²⁾。これらを勘案して今次計画の偏差は3.0mを採用した。波浪については最悪の場合沖波の波高2~3m周期4~5sec程度のものが考えられ⁴⁾、ジェーン台風時のそれは大阪、尼崎港附近で最大2m程度である。よつて本港における朔望平均高潮位 O.P.+2.0mに高潮の偏差及び半波高を加え更に1.0mの余裕をみて天端高は O.P.+7.00m、法線の関係上波浪の集中する箇所にあつては O.P.+8.00mと決定した。

2) 運輸省第三港湾建設部：ジェーン台風による港湾災害、昭.25.9

3) 永井莊七郎：ジェーン台風による大阪諸港に於ける異常潮位について、本誌36巻9号

4) 浜田徳一：尼崎港防潮堤工事に関する模型実験(其の一)、昭.27.2

(2) 計画内水位 堤内の低湿地を乾燥させて清潔な都市とするためには内水位は低い程よい。しかしその場合は水門の閉鎖時間が長くなり、船舶の出入は専ら開門の操作に頼らなければならない。同時にこのうち水位を維持するため豪雨時に備えて莫大なポンプ排水設備を必要とする。本港における潮位実績から1日のうち O.P.+1.50m 以上の潮位時間と O.P.+1.00m 以上のそれとを比較すれば、

	O.P. 1.50 m 以上	O.P.+1.00 m 以上
大潮時	15 時間	17 時間
小潮時	5 "	24 "
平均	10 "	20.5 "

となつて内水位を O.P.+1.00m におさえることは事実上水門を閉鎖するに等しく船舶の航行には極めて不利である。またこの水位の維持は後述する如く豪雨に際しては困難である。よつて計画内水位は O.P.+1.50m と決定した。

(3) 排水の問題 上述の如く内水位を O.P.+1.50m に決定した場合豪雨時の堤内水位の上昇及び水門、開門の扉開放時における最大流速が船舶の航行に支障なきやの問題がある。これらについて運輸技術研究所に依頼して調査を実施した。その結論を要約すれば⁵⁾、

1) 最大日雨量は大阪、西宮のその相加平均 220mm、2日間最大雨量は神戸、西宮、京都のそれ等より判断して 300mm を予想すれば充分である。

2) 上記の豪雨と大潮とがたまたま一致した最も危険な場合には内水位は O.P.+2.10m 位迄上昇し、ポンプ排水(2000HP)を試みてもほとんど効果がない。しかし降雨強度が 10mm/hr 程度であれば降雨継続時間が長くても、ポンプ排水により内水位を O.P.+1.50m 程度に抑えられるものと推定される。

3) 台風による異常高潮のある降雨時の排水は、ポンプの軸馬力 2000HP で常に O.P.+2.00m 以下に維持する事ができる(但し防潮堤を越波する流入海水量は無視しており、また降雨流出の初期には内水位を相当低下させる程度迄ポンプ排水を用いることが必要である)。

4) 水門、開門の流速は後述する断面に対し降雨のない場合は常に 2knot 以下であり、相当の降雨に際してもその程度であるが、最も危険な場合は約 3knot に達する。

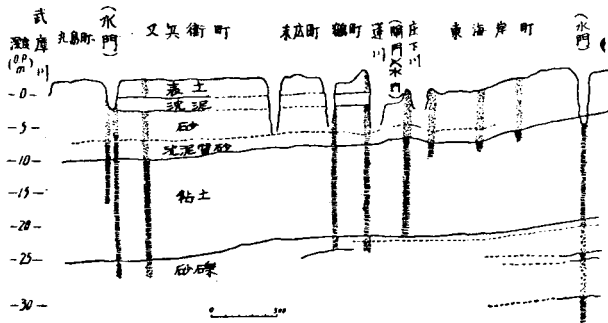
(4) 基礎地盤の支持力及び沈下 本港の基礎地盤は厚さ 30m 前後の沖積層で覆われ、その下部は洪積層が発達して深度 200m 前後のボーリングでは岩盤

5) 浜田徳一、青山正幸：尼崎防潮堤内の排水に關する計算(其の二)、昭.26.12

に到達していない。その地質は西大阪におけるものと酷似しており、地盤沈下の現象が著しい軟弱地盤である。かかる地域に閘門、水門、防潮堤、防波堤等の構造物を設置するにあたり支持力及び沈下の問題等を検討するため予定法線附近において8ヶ所のボーリングを行い運輸技術研究所に依頼して土質試験を実施した。その結果得られた一応の結論⁶⁾を要約すれば、

1) 防潮堤予定法線に沿う土質断面図は図-3に示す如くである。

図-3 防潮堤予定法線土質断面
Soil Condition under the Defence Works Area



2) 第一粘土層の最上部 1~2 m は相対稠度 0.0~0.1 程度でこれらを攪乱する時は注意を要する。

3) 第一粘土層の軟弱性は大阪の地盤沈下地帯程度で横島、手賀沼、長浦等より良好である。

4) 堤体重量による終局沈下量は第二粘土層以下の調査が未了であるため結論に達しないが大体次表の40%増程度と考えられる。

荷重 (t/m ²)	沈下量 (m)
5	0.38~0.45
10	0.67~0.83
15	0.95~1.14
20	1.16~1.37

5) 基礎地盤の支持力は、剪断試験の結果よりみて、 $\theta=10\sim15^\circ$, $c=0.1\sim0.2 \text{ kg/cm}^2$ として算定することが妥当である。但し載荷試験の結果を併せ考察することが必要である (ここに θ : 内部摩擦角, c : 粘着力)。

6) O.P. -23 m 附近に形成される砂礫層は厚さ 4 m 前後であり支持杭地盤としては充分である。

III. 主要施設の概要

(1) 防潮堤 在来の本港防潮堤は大別して石張盛土堤と薄いコンクリート壁の2種であり、その天端高

は O.P.+3.5~4.0 m 程度であつた。ジェーン台風に際しては盛土堤は溢流によつて流失し、コンクリート壁は波浪に直面するところでは波圧または漂流船舶の衝撃により、その他のところでは溢流によりあるいは水圧による滲透流によつて基礎が流失して埋立地内に倒壊している。すなわち破堤の原因は天端高の低いことと構造の脆弱なことである。今次計画にあつては閘門方式の欠点として非常の場合1ヶ所の破堤も都市に対しては致命的な水禍を及ぼすものであり、また風浪に直面する位置に設置される関係上その構造は、

1) 越波を最少限度に止めると共に越波によつて破壊されぬ構造であること。

2) 高潮時の水圧、波圧に対し充分耐え得る堅固な構造であると共に堤底の滲透流に対しても安全であること。

3) 自重による沈下が可及的少であるとともに今後の地盤沈下に対してもある程度の継足しが可能であること。

が必要である。よつて本港防潮堤は前述の理由によつて天端高は O.P.+7.00~8.00 m、波返しを有する鉄筋コンクリート斜L

型擁壁とし、これを引張杭を含む杭格床上にあらしめた。また滲透水に対する安全を期するため前趾に長さ 4.0~6.0 m の鋼矢板を打込んで遮水壁とし背後は O.P.+4.00~3.00 m の高さに盛土して堤巾はできるだけ広くとつた。擁壁背面は越波に備え巾 5.5 m の鋪装を行うと共に巾 80 cm、深さ 60 cm の排水溝を設けることとした (図-4, 写真-1, 2, 3参照)。

(2) 閘門

a. 各部の寸法: 防潮堤内接岸施設の現状より通開最大船舶として改正型 870 G.T. を採つた。本船は船長 60 m、船巾 9.5 m 満載吃水 4.5~4.8 m である。これに対し扉室の巾員 12.5 m、閘長 80 m、閘高 O.P.-4.5 m と決定した。本港の朔望平均干潮位は O.P.+0.60 m であるから閘高はなお 0.30~0.60 m の余裕を持つ。当初扉室の巾員は扉室と同じく 12.5 m を予定したが本港の特質上、大阪、神戸港との間に舳回漕が多く行われ、大型舳は 260 t 型、船長 40 m 船巾 8.6 m となつている。これらが 4~5 隻曳航された場合一度の操作で通開させるためには閘室内に2列に並べることが必要となる。この見地より給排水の量は約 50% 増大するがその巾員は 20 m と決定した (図-5参照)。

b. 扉の型式: 従来最も普通に用いられたマイターゲートは本港の如く波力によつて正負の衝撃荷重

6) 運輸省第三港湾建設部, 運輸技術研究所: 尼崎土質調査中間報告, 昭. 26. 4

を受ける場合には無理があると思われる。またローラーゲートは波浪及び流速大なる場合の操作が困難であり、リフトゲートは船舶の出入に支障がある等の理由から本計画においては1923年以降北フランスの運河網または米国のミシシッピー河運河網に用いられてきたセクターゲートを採用した。本ゲートは流速大なる場合においても他の型式に比して扉の操作が容

易であり船舶の航行にも何等の支障を及ぼさないとともに開室への給排水は扉の操作のみによつて充分なし得るので給水施設が不用となり建設費、運転費共に節約し得る利点を有している。

c. 扉室： 鉄筋コンクリート構造とし、O.P.—23.0 m 附近に形成される砂礫層迄打込んだ支持杭上に築造する。天端高は前扉室 O.P.+8.00 m、後扉室

図-4 防潮堤断面図
Section of the Sea Wall

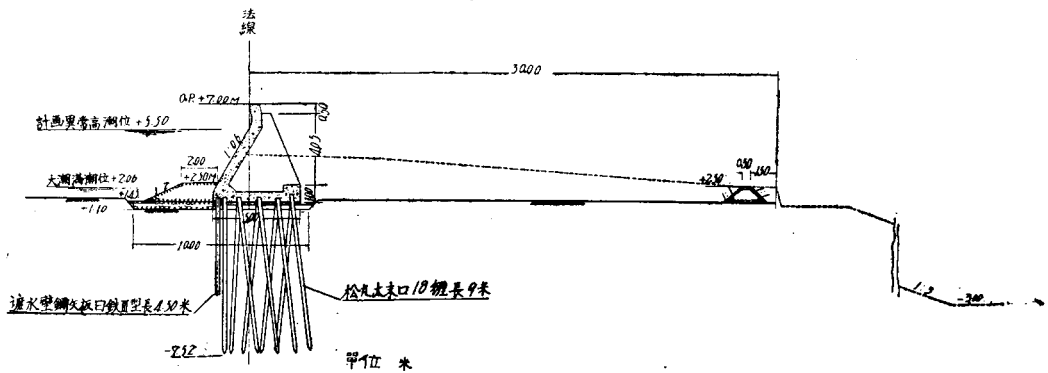


図-5 閘門平面図
Plan of the Lock

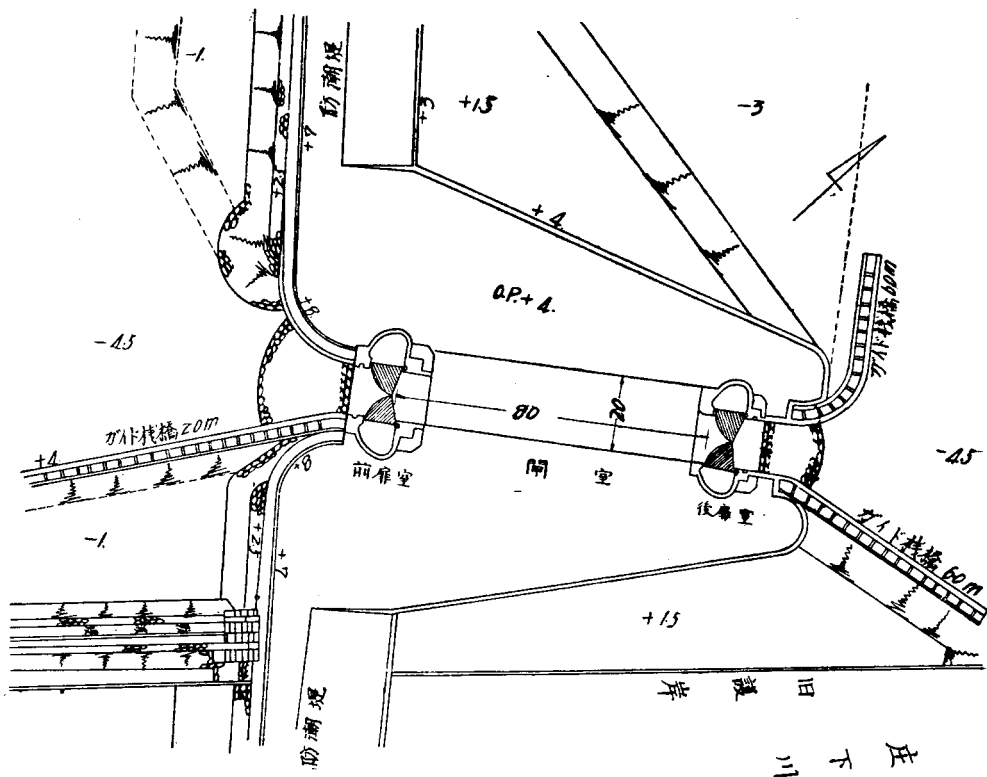


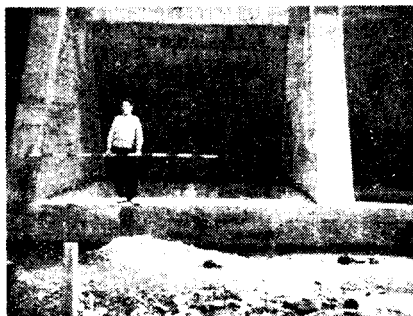
写真-1 防潮堤の擁壁の断面



写真-2 防潮堤擁壁の背面



写真-3 防潮堤擁壁の背面

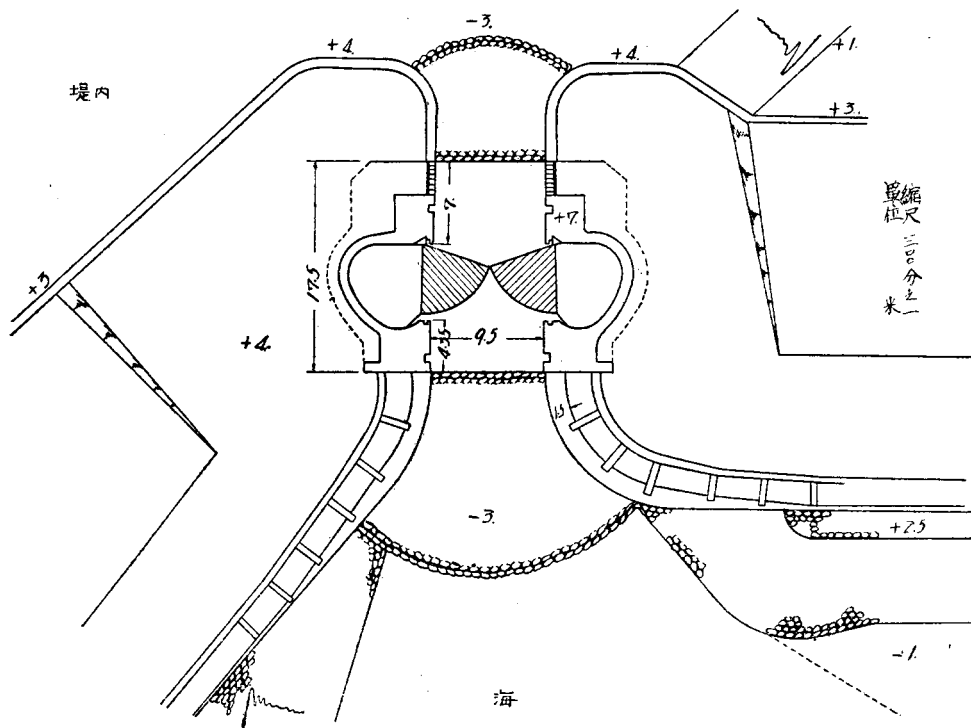


O.P.+6.00 m とする。

d. 間空：側壁は鋼矢板工とし、日鉄Ⅳ型鋼矢板を用いる。O.P.-1.50 m 以上はコンクリート被覆によつて腐蝕を防止する。底部は厚さ 50 cm のコンクリート塊を張詰め洗掘を防ぐ。

(3) 水門 水門は 200 t 級機帆船までを対象として巾員9.5 m 閘高 O.P.-3.00 m とする。扉の型式は蓬川水門において閘門と同様なセクターゲートを用い、丸島水門は二枚扉のリフトゲートである。基礎は閘門と同様な砂礫層に達する支持杭を用い、前面の天端高 O.P.+8.00 m の鉄筋コンクリート構造とする (図-6参照)。

図-6 蓬川水門平面図
Plan of the Yomogigawa Sluice



IV. 結 び

防潮堤は昭和 28 年度完成を目標に目下工事が進められている。完成の際は尼崎市は高潮から安全な、また清潔な都市となるであろう。しかし本港の利用は閘門方式によつて一つの制限を受ける。工場が生産施設の高度化を図らんとする時 1 000 t 級以上の船舶の堤

内への入出港はこのままでは不可能である。大型船に対する内外港の巧みな連絡の方法は本港の将来に対する課題である。それと共に防潮堤を直接風浪にさらす危険を防止するための外港防波堤の整備は今次防潮堤計画に対する、點睛とも云うべきであろう。

(昭. 27. 5. 14)

UDC 624. 072. 334

鋼構造におけるラーメン隅角部の設計公式について

正 員 大 野 諫*

FORMULAS FOR DESIGN OF CORNER OF STEEL RIGID FRAME¹⁾

(JSCE Sept. 1952)

Isamu Ohno, C.E. Member

Synopsis The author's formulas for design of corner of steel rigid frame are explained.

1. 緒 言

鋼建築構造におけるラーメン隅角部の実地設計について最も詳細に論述してあるのは、著者の知る範囲内では Bleich 著 Hochbau²⁾ である。それによればラーメン隅角部に対し代用の曲梁をとり³⁾、断面の垂直応力度 σ の計算に対し、Müller-Breslau の公式 $\sigma = \frac{N}{F} - \frac{M}{rF} - \frac{Mv}{Z} \frac{r}{r+v}$; $Z = r \int_{e_u}^{e_0} \frac{v^2}{r+v} df$ を用いている⁴⁾。本論文ではこれにかわる公式として著者がこれまで曲梁の応力度公式として発表したものについて⁵⁾設計計算に用いる公式を一括して掲げ、かつ鉸桁断面の曲梁における突縁と腹鉸との連結鉸に対する計算公式を述べる。この鉸計算に対しては従来はつきりした式が与えられていないが、それは曲梁に対する剪断応力度並びに半径方向の垂直応力度の公式が等閑視されていたために外ならない。しかるに著者が求めたそれ

らの応力公式⁶⁾の応用により曲梁の突縁と腹鉸とを連結する鉸の計算式も容易に出すことができた。

ラーメン隅角部が実際、曲梁をなす場合問題はないが、曲梁と考えるには外見上縁遠く感ぜられるような実際のラーメン構造の隅角部または節点部に対してはひとまず Bleich 氏⁷⁾に従い曲梁に対する応力度公式を実地上満足し得られるものとして適用することにするが、ラーメン隅角部の外側の突出部をどれだけ削除すれば妥当であるか、または隅角部の内側の角に丸味をつけた場合における応力度軽減の度合等についてはなお多少研究の余地がある。

曲梁が I 形断面をなす場合その応力度算出に当つては突縁鉸の撓曲の影響を考えた従来の研究になる突縁鉸の有効巾 (換算巾)⁶⁾を取るものとする。

2. 曲梁の設計計算に対する公式一覽

設計計算に用いられる著者の公式を一括して列挙す

* 徳島大学教授, 工学部土木教室

- 1) 昭和 26 年 5 月 26 日大阪大学における土木学会第 7 回年次学術講演会にて講演 (同講演概要, 土木学会発行, p. 3 の挿図に示すようなラーメン隅角部の数値的計算例は近く徳島大学工学部研究報告に掲載の予定)
- 2) 池部宗薫氏外 5 氏訳, プライヒ氏鉄骨構造 (Bleich: Hochbau) 下巻, p. 691~724
- 3) 同上, 第 639 図, 647 図, 651 図, 654 図, 663 図, 664 図参照。
- 4) 同上, p. 693 (20) 式及び (21) 式
- 5) 著者: 曲梁の垂直応力度について, 徳島大学工学部研究報告, 第 3 巻第 2 号, または前掲 1)

- 6) 著者: 曲梁の剪断応力度並びに半径方向の垂直応力度公式 (昭和 26 年 10 月徳島大学における土木学会中国四国支部学術講演会にて講演)

7) 前掲 3)

- 8) 上掲 2), p. 701, (Bleich, H., Die Spannungsverteilung in den Gurtungen gekrümmter Träger von T und I förmigen Querschnitt, Stahlbau 1933, p. 3). または Anderson: Flexural Stresses in Curved Beams of I- and Box-section, Applied Mechanics, Proceedings 1950, vol. 163 (The Institution of Mechanical Engineers, London).