

PC 矢板を使用した堤防護岸の根止め工法について

—主として伊勢湾台風災害復旧における実例—

神 田 精 夫

1. は し が き

去る 34 年 9 月 26 日、主として伊勢湾北部を襲った台風は、その規模において、またその被害の激甚であった点において、古今未曾有のものであったことは諸賢の記憶に新しいところであろう。

主として愛知県内の応急仮締切工事については、愛知県当局が施工し、昨年 11 月下旬完了した。引きつづく本復旧工事については、その施工が建設省に依託され、そのための現場担当機関として、12 月 3 日われわれの愛知工事々務所が開設された。

以来数カ月、延長 11 km にわたる主として海岸堤防の復旧工事を進めている次第であるが、以下、今回の復旧工事にあたり、堤脚護岸根止め工として、PC 矢板を使用するに至ったいきさつ、考え方、矢板そのものの設計製作上の問題、現場における打込みの実際、今後の問題点などについて、書いてみたいと思う。

2. 工事施工箇所

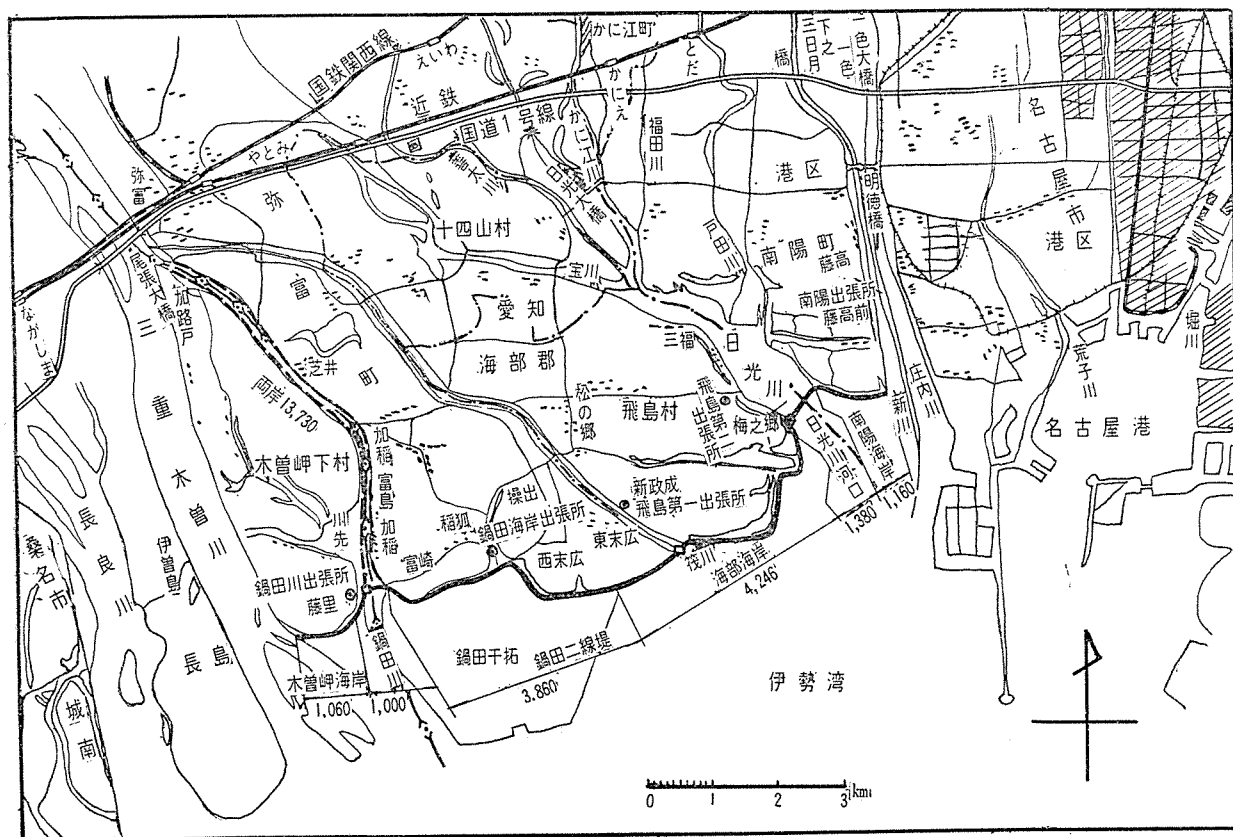
施工箇所は 図-1 に示す区域で、伊勢湾としては最北部に近い位置であって、被害の程度も非常にはなはだしいものがあつた。工事箇所およびその延長、計画堤防高などを表示すれば 表-1 のようである。

表-1

県名	海岸名	延長(m)	計画堤防高(m)	摘 要
愛知	南陽	1165	6.0~7.5	運輸省計画による防潮堤との関係で計画堤防高は最終的には決定されていない。 農林省施工の鍋田干拓の背後地となるため高さは在来のまま。
	海部	4273	6.0~7.5	
	鍋田	4320	4.0~5.0	
小計		9758		
三重	木曾岬	1060	7.5	
小計		1060		
合計		10818		

備考：海岸堤防のほかに当所としては、さらに鍋田川左右岸堤防、および日光川河口締切堤防の工事を担当している。

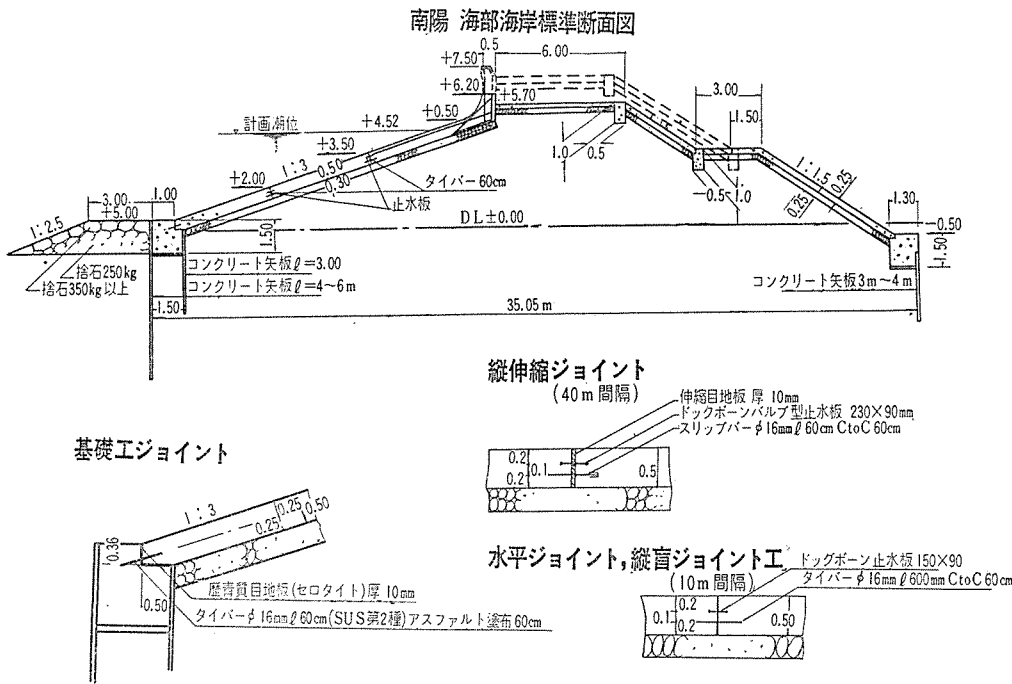
図-1 工事施工箇所平面図



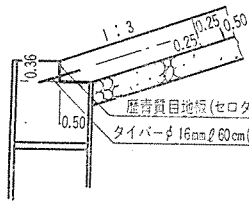
3. 堤防標準断面について

標準断面は海岸によってその計画高が異なる上、同じ海岸でも全壊箇所と半壊箇所によって、施工の度合が相違する。従って断面としては多様にわたるが、一例として海部海岸における全壊箇所の標準断面図（南陽海岸と同じ）を図-2に示す。南陽海岸の施工中の状況は写真-1のようである。

図-2 海部海岸堤防標準断面図



基礎工ジョイント



縦伸縮ジョイント
(40m 間隔)



水平ジョイント, 縦貫ジョイント工
(10m 間隔)

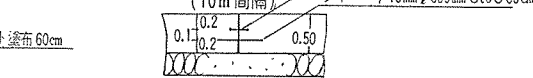
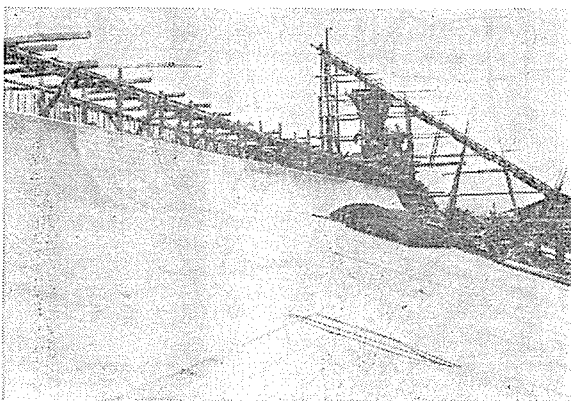


写真-1 工事中の南陽海岸堤防



今回の復旧工事における標準断面の決定に当り、構造上とくに考慮された点を上げると、次のようである。

(1) 堤防天端および裏法の被覆を行なうこと。

伊勢湾台風の実績からみて、いかに高い波返し工（経済的限度もある）を設けても、ある程度の越波、ないしは波しぶきは、これをさけることは不可能である。しかも破堤、欠壊の原因のうち最大のものは、天端あるいは裏法部分の土砂の流失によることが明らかである。

従って今回の復旧にあたっては、天端および裏法の被覆（コンクリートもしくはアスファルトを使用）を不可欠のものとした。

(2) 波返し工を表法護岸と一体とし、かつ鉄筋コンクリートとすること。

在来のもは無筋である上、表法護岸とは全く絶縁されていた。そのため一たん波返し工の背面土砂が流失すれば波圧はもちろんそれ自体としても、自立し得ない形

であり、転倒をまぬかれ得なかった。

今回は波返し工を表法護岸の一部と一体の鉄筋コンクリート構造とし、上述の欠陥をなくした。なお波返し工をマッシュな、かつ自立式のものとする考えもあるが、いわゆるトップヘビーとなる上に沈下に対する問題が大きい。

(3) 表法護岸をすべて一体とするようジョイントを設けること。

在来のジョイントは、単に杉板等をはさむだけで、ジョイント部分からのろ水あるいは内部土砂の吸出し等がある上、全体的な一体性がなかった。

今回は、堤防延長方向については、10mごとに施工ジョイント、40mごとに伸縮ジョイントを設けた。

施工ジョイントには、タイバー（φ16mm）および遮水板（塩化ビニール製品、厚9mm、巾150mm）を入れ、伸縮ジョイントにはスリッパ（φ16mm）、遮水板（巾230mm、その他は前と同じ）および目地板（エラストイト等、厚10mm）を入れ、すべてが一体となるよう考慮した。

(4) 表および裏法護岸の根止め工にPC矢板を使用すること。

(5) 捨石の重量を大きくすること。

従来のも（200kg程度）に比し、250~350kg程度のものとし、捨石の飛散による護岸根固め工の損傷を防ぐことに留意した。

なお捨石については、さらに検討を加え、特殊形状をもった鉄筋コンクリートブロックの使用も計画している。

(6) 堤体土砂の沈下に対し考慮を払ったこと。

河川堤防、海岸堤防を通じ、堤体土砂の沈下はさげがたく、しかもきわめて重要な問題である。

波返し工背面に勾配をつけることなく鉛直としたことは、護岸下面における土砂の沈下に対し上方よりの自然的な土砂の補給を可能ならしめようという考慮である。

さらに堤体土砂の締固めを行なうため、極力水締めを行なうほか、ブルドーザのキャタピラによる転圧、さらにはパイプロ フロテーションによる締固めを行なうこととした。

4. 根止め工について

海岸堤防における根止め工の一例として、さる昭和 28 年の 13 号台風災害復旧工事における標準的な断面を示すと図-3 のようである。今回のものは図-4 および 写真-2 (施工中) である。図-3 の基本的な考え方としては、コンクリートブロックを使用し、これを一般には二段がさねとする。

しかしながら、施工にあたってはかなり大規模な仮締切を必要とし、場所によっては潜水夫を使用した。

今回 P C 矢板を使用するにあたり、その利点ないしはねらいとした点は、次のようである。

(1) 堤脚部における洗掘に対し安全となる。

ブロック工法に比し、はるかに敷高の深い根止め工となり、従って堤脚部の洗掘に対し、きわめて安全なものとなる。

(2) 堤体浸透に対し、クリープ長を大きくすることができる。

鋼矢板などの水密性は、期待できないとしても、ブロック工法、詰杭工法等に比し、クリープ長が大となり、堤体における浸透を減殺することができる。

(3) 施工が容易である。

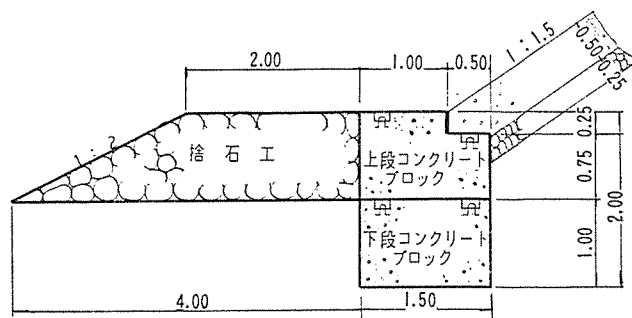
ブロック工法ほど深い床掘を必要としない上、打ち込まれた矢板が、そのまま床掘掘削のためのいわゆる山どめとなり

床掘量を大いに減ずることができる。従って仮締切りもその程度を減ずることができる。

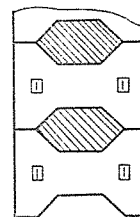
地質的に矢板打ち込み上の問題さえなければ、一般的に現場施工は容易である。

なお今回の施工箇所は、一般的に全壊箇所はポンプ船による「しゅんせつじか噴き」箇所が多く、かかる場所では矢板の打ち込みは比較的容易であったが、半壊部(既設護岸・根固めの残存箇所)では、かなりの困難があった。

図-3 昭和 28 年 13 号台風災害復旧における根止め工標準断面図



下段ブロック平面図



上段ブロック平面図

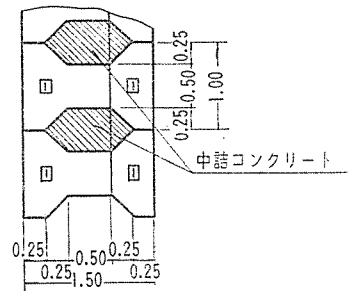
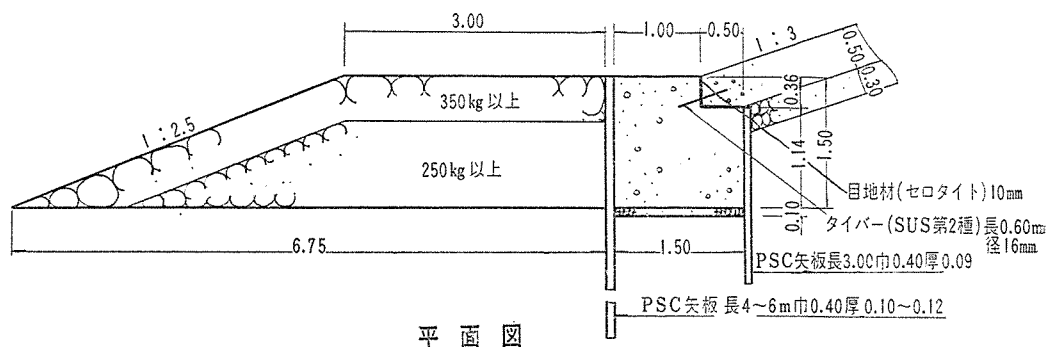


図-4 根止め工標準断面図



平面図

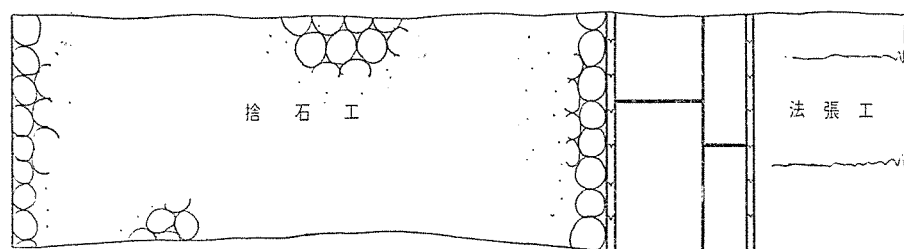


写真-2 工事中の根止め工



5. PC 矢板の採用について

根止め工にいかなるものによせよ矢板を使用するという
ことについては、前項にのべたように、他の工法との比
較において決定をした。

次に、いかなる種類の矢板を使用するかについては、
さらに検討を要する問題であり、工事費、耐久性、強度、
取扱いの難易等から、次のようにPC矢板の採用を決定
した。

(1) 工事費および耐久性

工事費の点を除外すれば、一般的には鋼矢板が最もす
ぐれていることは論をまたない。

しかしなが
ら工事費上、
全面的に鋼矢
板を使用する
ことは許され
ぬ問題であり
かつ海水に対
する腐食を考
えれば、コン
クリート製品
が優れている
こともまた論
をまたないと
ころである。

(2) 強度

鋼矢板との
比較は、主と
して(1)に
のべた工事費
の点において
論外とし、鉄
筋コンクリー
ト矢板(RC

矢板)との比較を考えると、同一断面による強度とし
てはPC矢板が、はるかにまさることはもちろんである。

(3) 取扱い上の問題

同一強度をうるためにRC矢板に比し断面的にかなり
の減少ができる。従って重量の減少ひいては運搬上ある
いは矢板の打込みにあたり、狭い現場内の取扱いが大い
に簡便となる。

過去においてRC矢板を使用し、その重量の大きいた
めに、運搬途中あるいは現場内の取扱いにおいて、せっ
かくの矢板にクラックを入れ、あるいは打込み中にクラ
ックを入れるなど、かなりの失敗をした経験もある。

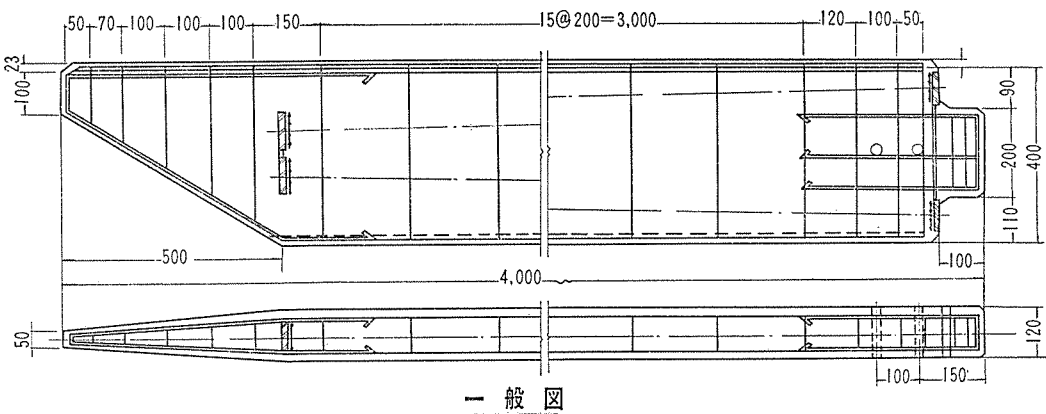
以上のような検討のもとに、PC矢板の採用を決定し
た。なお材料費的にもRC矢板に比し、さしたる差はな
く、取扱い中における損傷によるロスを考慮すれば、か
えて有利となる。

6. ポストテンション 矢板とプレテンシ ョニング 矢板

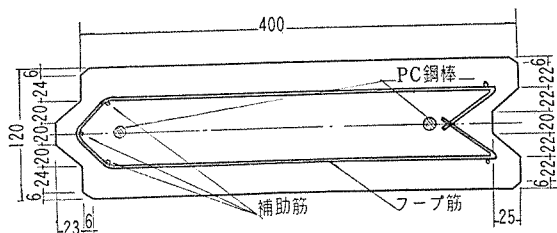
今回使用したPC矢板は 図-5、写真-3 および 図
-6、写真-4 であって、2種類ある。

ポストテンションがよいか、プレテンションがよいか
については、それぞれの特質がある。製作上あるいは現
場施工上の立場から、それぞれについて、その特質をの

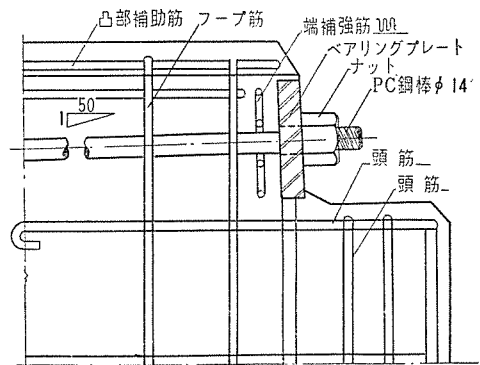
図-5 ポステン 矢板 詳細図



一般図

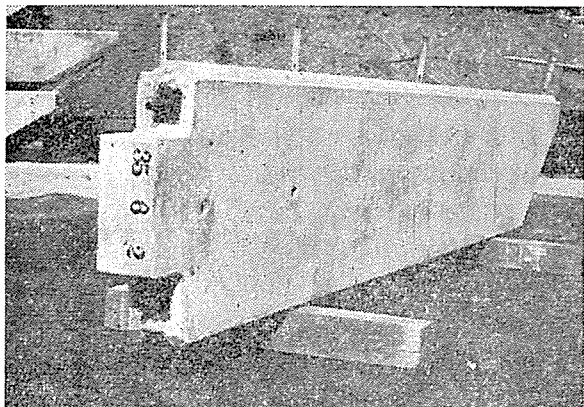


断面図



頭部詳細図

写真-3 ポステン矢板



べると表-2のようである。

表-2 ポステンション矢板の比較表

	ポステン矢板	プレテン矢板
① 製作準備 (工場施設)	製作準備が簡単。鋼棒緊張用のオイルジャッキがあれば足りる。	製作にあたりかなりの準備、すなわちPC鋼線緊張用のアバットの設備を要し、所要面積もかなり広いものとなる。
② 養生	スチーム養生等にあたって作業が比較的簡単、容易。	連続して配置されているため、養生がしにくい。
③ プレストレスの導入	個体について、それぞれ導入するため各製品につき均一性を得がたい。	連続体として導入するため、均一性をうること容易。

	ポステン矢板	プレテン矢板
④ 鋼材の経済性	同一強度をうるための鋼重が大きい。従って不経済。	経済的。
⑤ 打ち込み	原則的には、ジェットポンプ打ちとするが、モンキー打ちを行なう場合に矢板頭部、さらには鋼棒ナット部を損傷するおそれがある。	たとえ、頭部を損傷しても、プレストレスを失なうおそれはない。
⑥ 切断	工事の都合により、矢板の切断を行なう必要を生じても、切断は不可能である。	いかなる長さ、位置でも切断すること可能。
⑦ 鋼材の腐食	鋼棒定着部 (ボルト・ナット部) が露出しこの部分が腐食することは致命的である。	ポステンほど致命的ではない。
⑧ コンクリートのつき固め	個体であるためテーブルバイブレーター等、適切有効なつき固めを行なうことが可能である。	テーブルバイブレーター等の使用が不可能である。
⑨ 刃先の整形	個体であるため、型わくの加工、組立、取りはずしが容易。従って刃先等の整形が容易である。	連続体であるため困難。
総 評	製作そのものは、比較的有利であるが、現場における使用上は、難点がある。	製作にあたり、かなりの設備を要し、不利であるが、現場における使用上は有利である。

図-6 プレテン矢板詳細図

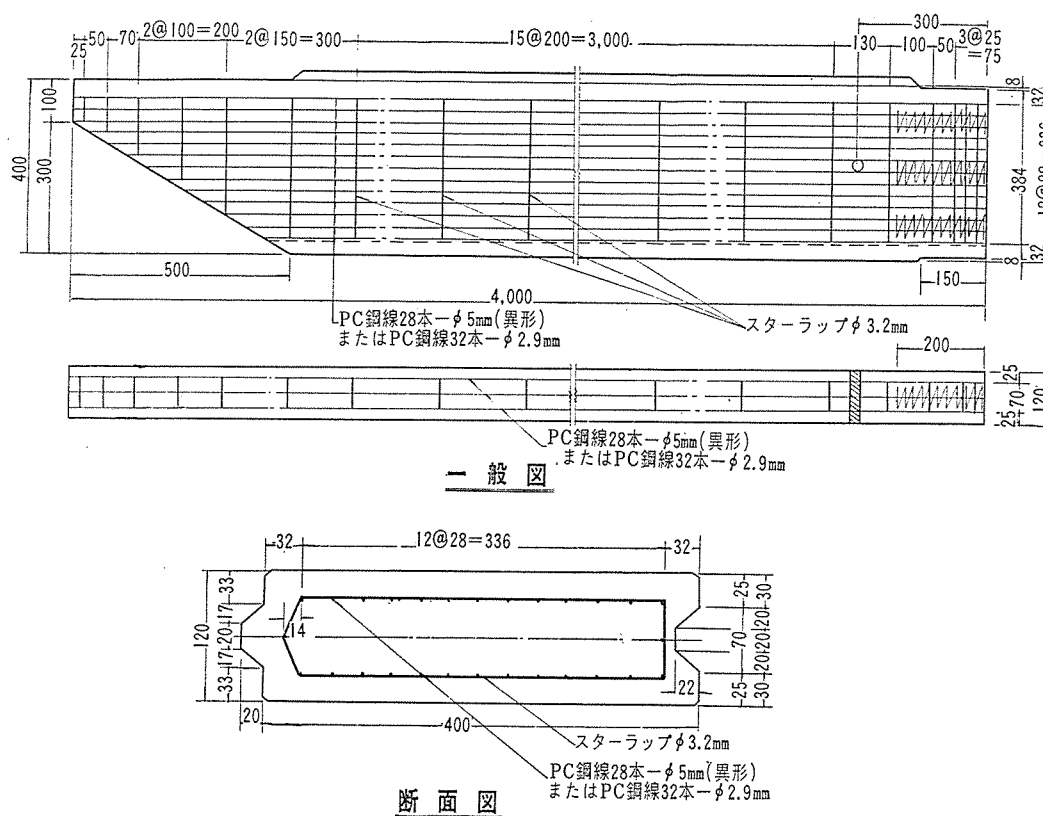
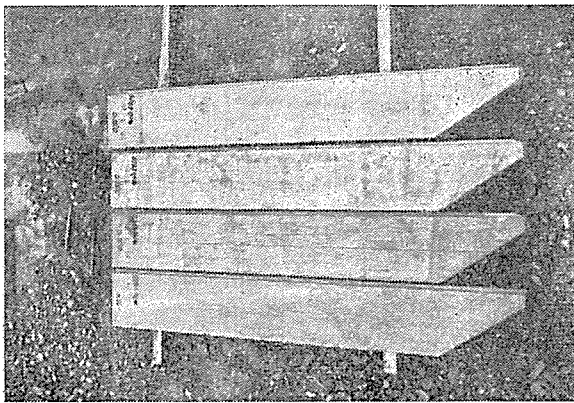


写真-4 プレテン矢板



なお今回PC矢板を製作するにあたり、その仕様によるものとし、ポステン、プレテンの区分はつけなかった。今回の使用量はきわめて多く、かつきわめて急いだため、そのいづれかを選択するかの時間的余裕は全くなく、むしろ製作可能の状態にあった全業者を動員したといってよく、その数は6社におよんだ。35年1~3月中に製作、使用したPC矢板の品種、およびその数は表-3のようである。仕様書にもとづく強度試験(写真-5参照)の結果を示すと、図-7のようであった。

PS コンクリート矢板仕様書

1. 総 則 (省略)

2. 外形寸法

(1) 別図のとおりとする。ただし頭部の形状、隅角部の面取寸法、先端部の形状寸法については当所の許可を得て多少の変更をすることができる。

3. 強 度

(1) 長さ 3m のものについては初きれつ時の抵抗モーメント 450 kgm 以上、長さ 4~6m のものについては同じく 850 kgm 以上とする。

4. 材 料

(1) セメント 普通ポルトランドまたは早強ポルトランドとし JIS R 5210 に適合するもの。

(2) PC 鋼線 引張強度 195 kg/mm² 降伏点応力度 165 kg/mm²、伸び 3%、直径の許容誤差 +0.04 mm、-0.02 mm の 2.9 mm 線または、当所の許可するこれと同等以上に矢板の強度を期待できるもの。

(3) PC 鋼棒 引張強度 110 kg/mm²、降伏点応力度 95 kg/mm²、伸び 5% または当所の許可するこれと同等以上に矢板の強度を期待できるもの。

(4) コンクリート σ_{28} 500 kg/cm² 以上

5. 製 作 (1)~(5) 省略

(6) プレストレスを与えるときのコンクリートの圧縮強度は最小値が 400 kg/cm² 以上でなければならない。

(7) 型わくの取りはずしはコンクリートの圧縮強度が 150 kg/cm² 以上となったとき、おこなうものとする。

(8) PC 鋼線に与える初期引張力は 136 kg/mm²、PC 鋼棒に与える初期引張力は 76 kg/mm² 程度とし、設計引張力に正しく合うような装置により有害な応力を生ずることのないような順序で行なわなければならない。

(9) PC 鋼線はこれを使用する前に表面一様にサビづけを行ない汚染を除き付着力を確保するようにするものとし、桁端面の仕上げは鋼線を 5 mm 以内に切りそろえモルタル被覆をもって保護するものとする。

(10) PC 鋼棒は良質の歴青材を塗布してプレストレス時に一時にストレスがかかるようにするものとする。この場合、歴青材の質および塗布厚について特に注意しコンクリートに悪影響をおよぼさないようにしなければならない。

(11) コンクリートの試験設備、矢板の試験設備、引張力の測定設備等は完備されていなければならない。

6. 検 査

(1) 外形はねじれ、ゆがみ、そり、ひびわれがなく、長さ ±10 mm、巾および厚さ ±5 mm 以上の誤差があってはならない。

(2) 工場において 300 本につき 1 本程度の破壊試験を行ない結果を荷重-ヒズミ曲線として提出する。

(3) 随時工場において抜取試験を行ない 3. に示す強度に達する荷重をかけ初きれつの発生を検査する。この際、指定する初きれつ強度以前にきれつを発生した場合は当所の指示に従い不良品の判定処分を行なうものとする。

7. 輸 送 (省略)

8. その他 (省略)

表-3 PC 矢板製作一覧表 (35年1~3月)

長さ	ポ ス テ ン	プ レ テ ン	計
3 m	8 752 枚	9 722 枚	18 474 枚
4 m	9 294 "	5 250 "	14 544 "
5 m	668 "	—	668 "
6 m	338 "	—	338 "
計	19 052 枚	14 972 枚	34 024 枚

写真-5 強度試験中の PC 矢板

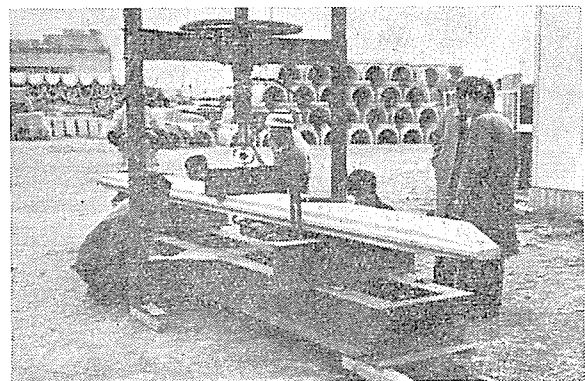
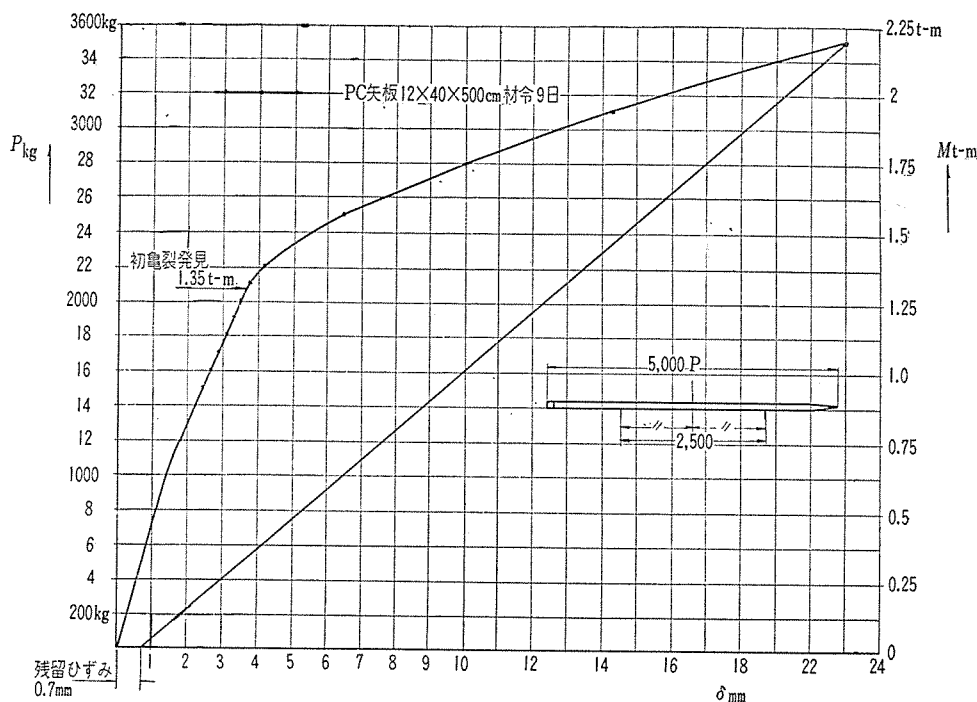


図-7 PC矢板強度試験成績(荷重-ヒズミ曲線)



7. 矢板の打込みについて

現場における打込みは、主としてジェットポンプ(10 IP前後、孔径1~2in程度が多かった)を使用し、最後の50cm程度はモンキー打ちによって、打ち止めることとした。現場の地質の状態によっては始めからモンキーだけで簡単に打込めるところもあったが、砂質分の多い地質の場所では、モンキーとジェットポンプを併用しなければ打込み不可能の場合もあった。

一般的に全壊箇所、法線変更による新堤箇所(法先が沖へ出るところ)等では、障害物がなく、打込みは比較的容易であったが、半壊箇所、あるいは全壊箇所でも、応急仮締切の捨石等が、本復旧断面に入る箇所では、旧護岸根固め、捨石、沈床、わく類等の障害物が残存し、かなりの困難を生じた箇所もある。かかる箇所では往々にして、PC矢板の頭部に損傷を与える結果となり、特にポステン矢板では、PC鋼棒定着部の破壊をきたすおそれが多かった。

打込み途中で打込み不可能となり、止むを得ず所期の長さ以下で、切断せざるを得なかった例もある。従って箇所によっては、あらかじめジェットポンプを利用して、打込み可能な深さを予測し、矢板長の決定を行なうなど、予備的作業を必要としたほか、場合によっては、PC矢板の使用を断念せざるを得なかった場合もある。

8. 今後の問題その他

今後改良しあるいは研究を要すると思われる点について

で多少とも気のついた点をのべる。

(1) ポステン矢板におけるプレストレスの導入

鋼棒には、あらかじめアスファルトを塗り、コンクリートとの絶縁を行なっているが、冬期、気温の低下している状態では、アスファルトが硬化しているため、はたしてコンクリートと鋼棒とのボンドをなくす点において十分であったとは思えない。

鋼棒端面から電氣的に加熱し、アスファルトを軟化させるとか、あるいはアスファルトを塗る代わりにビニールのうすいチューブをかぶせること(これは、今回も某社がやっていた)も一つの解決方法であると思われる。

次にストレス導入方法としては、ジャッキにより鋼棒を緊張せしめながら、最後にボルト、ナットで締めるわけであるが、必要かつ十分なストレス量の測定については、業者によりかなりの相違があった。

ジャッキのゲージによるもの、鋼棒の伸び(ストレイン)を直接スケールで読みとるものなどがあったが、最適の方法を研究すべき(これに各種類がある)だろう。

さらにストレス導入の順序についてであるが、2本の鋼棒を1本ずつ十分にしめきってから次に移る方法が多かったが、これは矢板全体に一時的ではあるがヒズミ(無理な初期ヒズミ)を与える結果となり、悪影響を与えるのではなからうか。これも研究してみるべきことの一つであろう。要は、いかにして全体的に均一なプレストレスを、しかも時間的にも一様に導入するかについて、一そうの研究が行なわれる必要がある。

(2) コンクリートの突き固め

ポステン矢板の場合には、テーブルバイブレーターが使