

報 文 東京湾横断道路の緩衝施設計画

米田 利博* 木村 栄一** 橋本 文男***

1. はじめに

東京湾横断道路は、東京湾の中央部に建設される約15kmの道路である。この完成後、約10kmのトンネルの中央に設置される川崎人工島、トンネルの両端に浮島取付け部および木更津人工島、さらに木更津側約4.4kmの橋梁が海上に構築物として現われることになる。

東京湾横断道路地点の船舶通航量は、首都圏を背後にしていることから1日平均約1,400隻であり、日本でも有数の過密な海域である。このような航行環境において、道路建設に伴う航行安全対策が必要となるが、周辺海域における航行実態、気象・海象等の環境条件などをもとに調査研究が進められ、航行安全を確保するための各種の航行援助施設のほか、船舶衝突の発生に備えて衝突の緩和を図り、事故の極小化に寄与する緩衝施設などについての検討がなされているところである。

本稿では、この中で東京湾横断道路の海上構築物に対して設置される緩衝施設の概要について紹介する。

2. 緩衝施設の設計条件

緩衝施設を設計するうえで、船舶の衝突条件の設定が必要となる。この条件を定めるに当り、衝突形態として、航行中の船舶が道路構築物に衝突する場合、至近航行船舶の主機

故障等の事故に伴い漂流衝突する場合、至近水域における荒天避泊船舶の走錨衝突の場合について、当該海域の航行実態等をもとに、それぞれ詳細に検討が加えられた結果、表-1に示す船舶の衝突条件が緩衝施設の設計条件として設定された。

3. 浮島取付け部

および木更津人工島斜路部

3.1 緩衝施設の形式および機能

浮島取付け部および木更津人工島斜路部とは、陸上から海底トンネルのすりつけ区間として縦断方向には4%勾配の斜路、横断方向にはロック材等によ

表-1 衝突対象船舶および衝突条件

対象構築物	対象船舶の最大船型	衝突速度		衝突形態	衝突エネルギーの比較
浮島取付け部	3,000 GT	航行中 6ノット		船首～船側	1
		漂流 3.5ノット		船首～船側	0.34
		走錨	バラスト時 0.5ノット	斜め船尾	0.007
			満載時 0.4ノット		0.004
川崎人工島	5,000 GT	航行中 6ノット		船首～船側	1
		漂流 3.5ノット		船首～船側	0.34
	大型自動車運搬船	走錨	バラスト時 0.9ノット	斜め船尾	0.042
			満載時 0.8ノット		0.053
木更津人工島	5,000 GT	航行中 6ノット		船首～船側	1
		漂流 3.5ノット		船首～船側	0.34
	大型自動車運搬船	走錨	バラスト時 0.9ノット	斜め船尾	0.042
			満載時 0.8ノット		0.053
橋梁主開口部	2,000 GT	航行中 6ノット		船首～船側	1
		漂流 3.5ノット		船首～船側	0.34
		走錨	バラスト時 0.5ノット	斜め船尾	0.007
			満載時 0.4ノット		0.004

* META Toshihiro

東京湾横断道路(株) 技術部 技術第三課 課長代理

** KIMURA Eiichi

同

上

技術第二課 課長代理

*** HASHIMOTO Fumio

同

上

技術第二課 係長

東京都千代田区一番町15-5 一番町NNビル

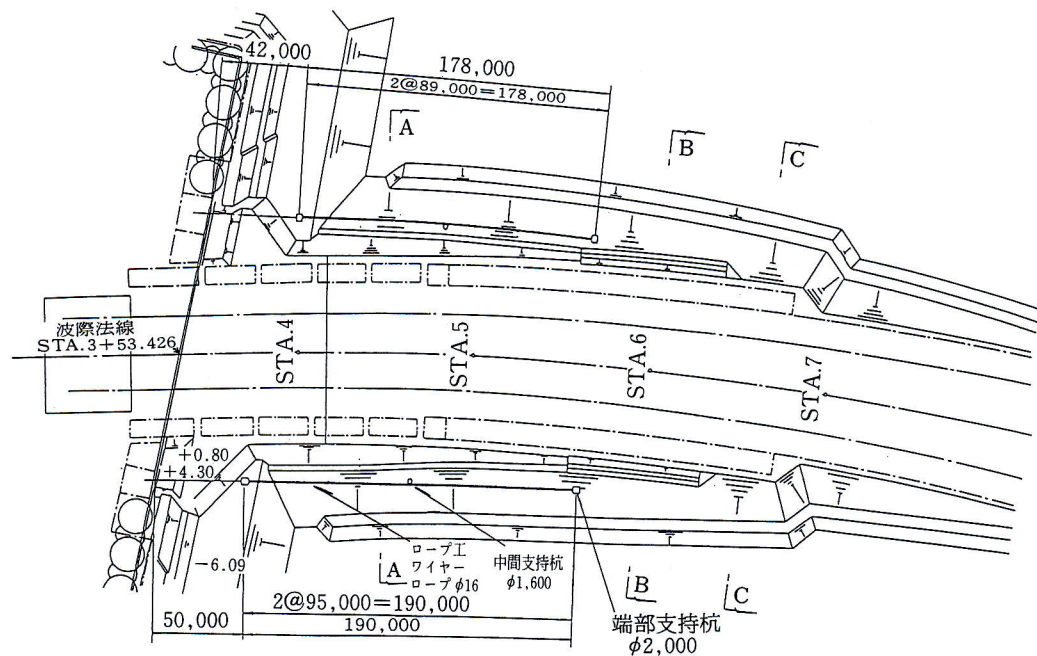


図-1 浮島取付け部緩衝工全体配置平面図

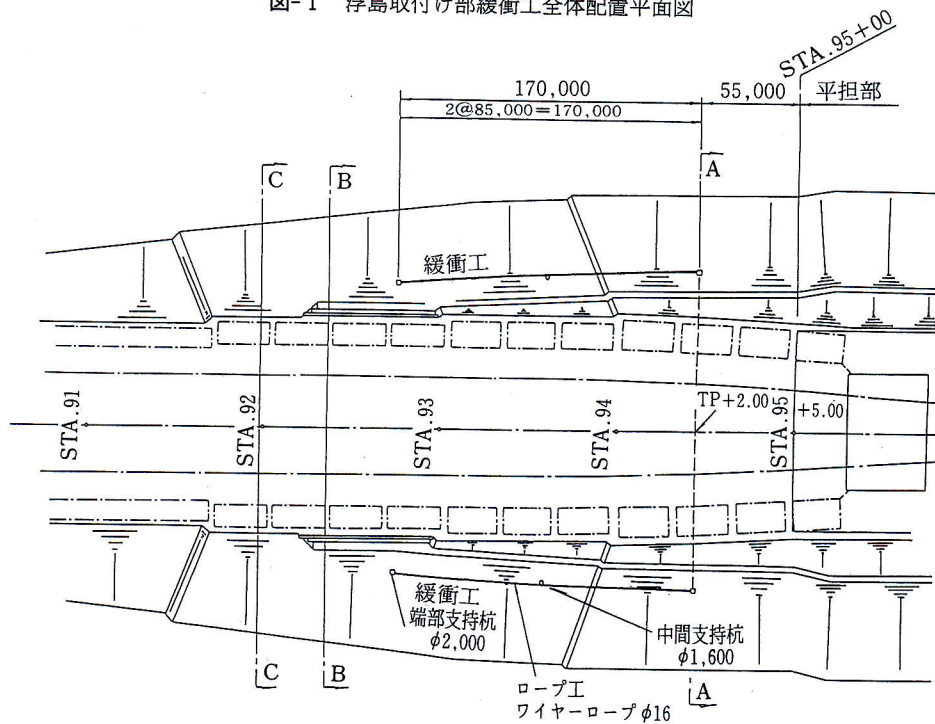


図-2 木更津人工島緩衝工全体配置平面図

る盛土斜面で構成された延長約700mの海中盛土であり、水中0mから25m程度までの海底面下に形成されるため、船舶から大部分が視認できない構造物である。

このような構造物に対し、緩衝施設を計画するに当り、衝突エネルギーの吸収機能の有効性、航行頻度の高い船舶に対する実効性、環境への適応性、施工性、維持管理性などを総合的に判断し、ロープ式

緩衝工とした。この形式の緩衝機能は、500GT以下の船舶に対しては、全衝突エネルギーを吸収し、斜路堤体への衝突を回避し、500GTを超える船舶に対しては、衝突エネルギーの一部を吸収し、斜路堤体衝突後の損傷を緩和するものである。

3.2 緩衝施設の設置範囲

3.2.1 縦断方向

下記事項を考慮し、500GT以下の船舶が衝突す

る可能性のあるエリアに緩衝工を設置する。

- ① 航行頻度の高い船舶は、500GT以下の船舶であること。
- ② 大型船に対してロープ式の緩衝機能が必ずしも有効でないこと。また、大型船まで配慮すると、小型船の可航エリアが狭くなること。
- ③ 大型船が斜路に衝突したとしても、斜路自体が勾配を有するため大破に至らないこと。ロープ式の場合は、緩衝エネルギーの吸収割合は大型船では小さいこと。

なお、斜路前面については勾配が4%と緩く、衝突エネルギーは船舶の乗上げで吸収されるため、緩衝工は設置しない。

また、緩衝工の陸側からの設置開始点は次のとおりとした。

1) 木更津斜路部

TP+2.0mより護岸高が高い部分は、常に目視確認が可能であるので、平坦部と同様の考え方とし、緩衝工は設置しない。この位置は、平坦部から55m

の位置である。

2) 浮島取付け部

既設護岸法線より約15m区間は、HWLより高く常に目視可能である。一方既設護岸は、TP-6.09まで消波ブロックにより被覆されるので、その区間は緩衝工の取付けが不可能となる。そこで、施工可能な範囲で最も既設護岸に近接する位置（施工余裕として消波ブロック端部より5m離れ）として、緩衝工の取付け位置を設定した。その位置は、既設護岸法線から42m（左岸）、50m（右岸）の位置である。

3.2.2 横断方向

ロープの設置位置は、最大対象船舶が斜路堤体に衝突する水深より深い位置とし、かつ500GT船の衝突後の停止距離が確保できる位置とする。

図-3、4には、横断方向の護岸断面と緩衝工の位置関係を示す。

4. 川崎人工島鋼製護岸部

4.1 緩衝施設の形式および構造

川崎人工島鋼製護岸における緩衝施設計画全体図を図-5～7に示す。なお、ドルフィン式緩衝施設については、設計検討中であるため、その詳細は割愛する。

川崎人工島は、平面形状が円形であるので、南北側では通航流の方向に対して直角方向の直立構造物と見なせる部分がある。したがって、船舶に万一の事態が生じた場合、向心衝突と同程度の状態が生じる恐れがある。そこで、南北側にはドルフィ

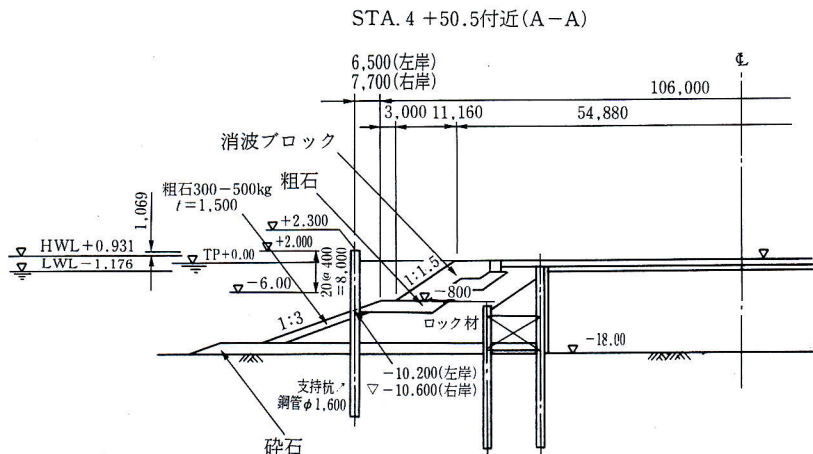


図-3 浮島取付け部緩衝工全体配置横断面図

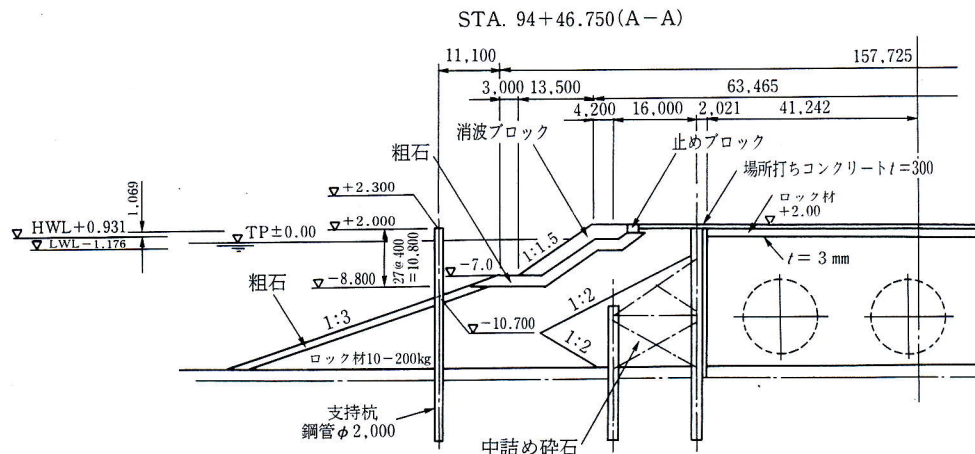


図-4 木更津人工島緩衝工全体配置横断面図

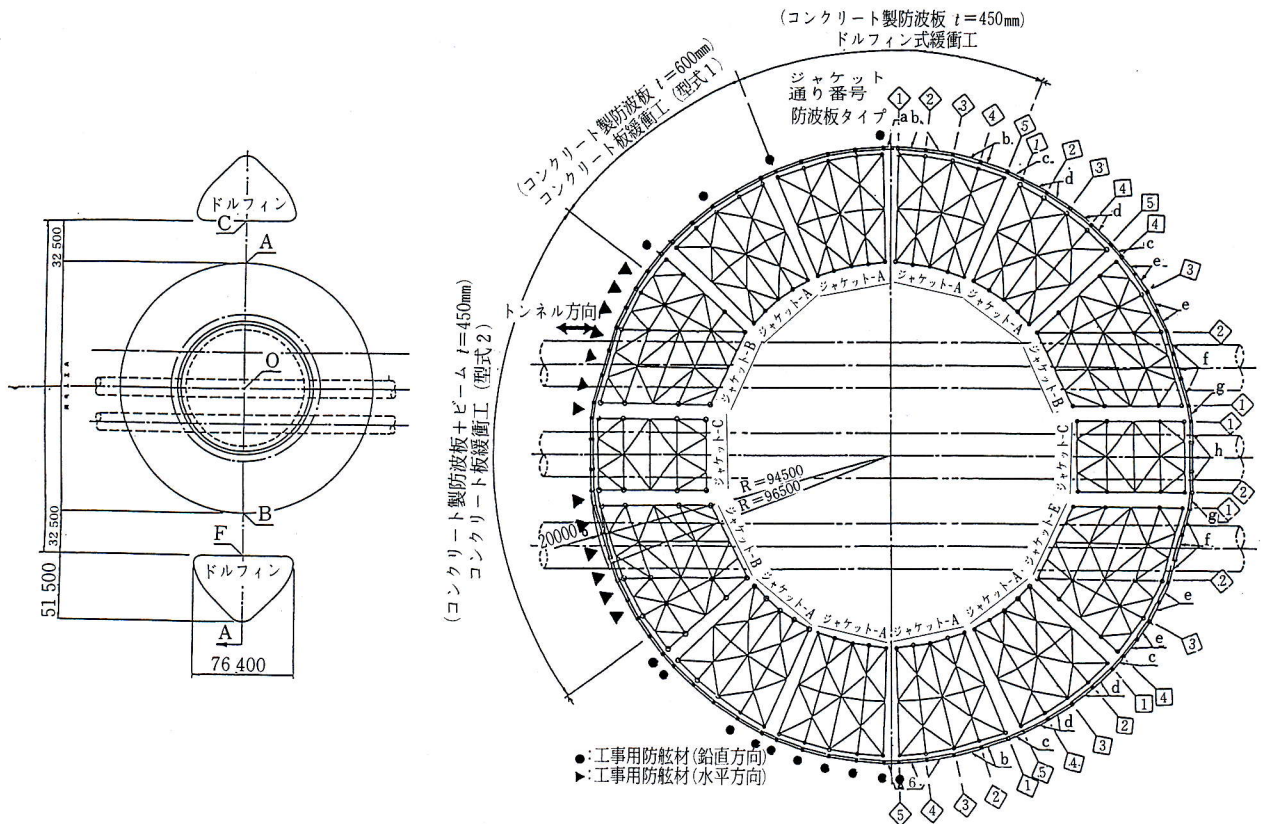


図-5 全体配置図

ン式緩衝工を設置し向心衝突に近い衝突を防止することとする。

このドルフィン式緩衝工は、衝突エネルギーを回頭運動エネルギー等に変換するタイプの緩衝工であり、鋼製護岸に取付ける緩衝工も、船首部の先端が直接緩衝工に衝突する部分では、同様な機能を有する緩衝工とし、防波板を兼ねた緩衝工とする。

また、船側部分が衝突する部分では、上記機能にプラスして衝突エネルギーを船側の膜力により吸収する緩衝機能をもつビーム式緩衝工とする。

4.2 緩衝施設の設置範囲

ドルフィン式緩衝工の設置は、向心衝突と同程度の衝突を防止するためである。

いま、鋼とコンクリートとの摩擦係数を $\mu=0.35$ とした場合、向心衝突と同程度の衝突を防止するためには、衝突角度 ϕ は70度以下としなければならない。したがって、ドルフィン式緩衝工の設置幅は、緩衝工との衝突角度が70度以下となる75mが最小

(コンクリート製防波板 $t=600\text{mm}$) (コンクリート製防波板+ビーム $t=450\text{mm}$)

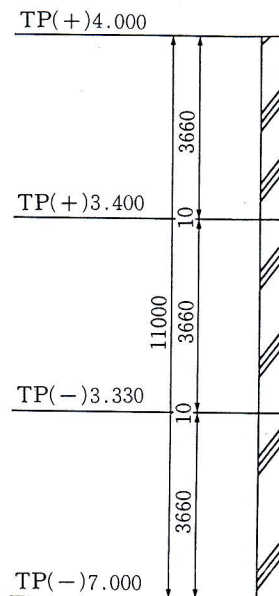


図-6 緩衝工 (型式1)

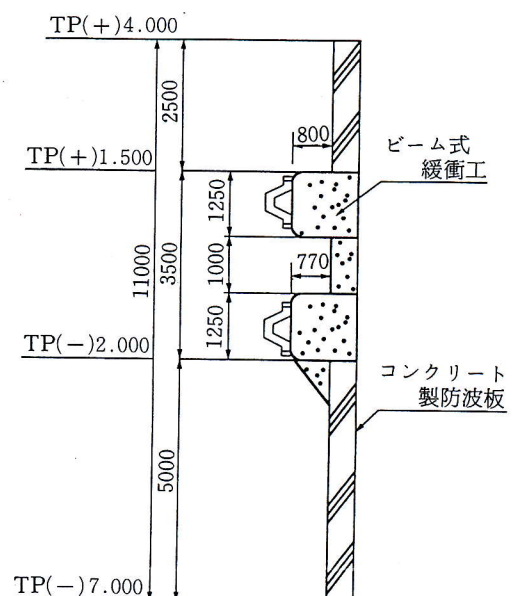


図-7 緩衝工 (型式2)

幅となる。

ビーム式緩衝工の設置範囲は、対象船舶の船体形状を考慮して、5,000GTの場合は衝突角度 $\phi=25$ 度 $\sim$ 0度、同じく500GTは $\phi=17.5$ 度 $\sim$ 0度の範囲となる。しかし、船首部の船側衝突を考えた場合、

船首部船側の長さ分はビーム式緩衝工が必要である。したがって、ビーム式緩衝工の設置範囲は、5,000GTの場合は衝突角度 $\phi=35^\circ\sim 0^\circ$ 度、同じく500GTでは $\phi=25^\circ\sim 0^\circ$ 度となり、残った範囲が防波板を兼ねた緩衝工の範囲となる。

以上を整理すると表-2、図-8となる。

ビーム式緩衝工の設置高さは、海水位と船舶の積荷状態で決定され、500GT用の緩衝工はTP-1.28~TP-1.90の間に設置が必要であるので、ビーム式緩衝工の一つは中心位置のTP-1.5mとする。

一方、5,000GT用の緩衝工は、TP+0.32~TP-4.07の間に設置が必要であるが、HWLの場合にもビームが視認できるようTP+1.0mに設置し、

TP-1.5mの緩衝工と共同で緩衝効果を発揮するものとする。

5. 橋梁部

5.1 緩衝施設の形式および配置

橋梁区間は、図-9に示すように約4.5kmであるが、航行実態をもとにした検討からP₅~P₉の主開口部を対象に、ドルフィン式緩衝施設を設置することになっている。

その配置に当っては、橋梁下の通航方法も含め検討した結果、以下のことから船舶通航路入口側に設置することになった。

- ① 通航路の人口側のみに設置することにより、他の航行援助施設と合わせ、橋梁下の通航路の入口

表-2 緩衝工の設置範囲

衝突形態	対象船舶	衝突部位	衝突挙動	緩衝機能	緩衝工形式
船首衝突	500GT 5,000GT	船首部の先端部	衝突角度が大きい場合で、船首部の先端が直接緩衝工に衝突する。	緩衝工により航行方向の転換が促され、船舶の運動エネルギーは回頭運動エネルギー等に変換される。低減された衝突エネルギーは主に船首部の破壊により吸収される。	防波板
	500GT 5,000GT	船首部の船側部	衝突角度が小さい場合で、船首部の船側外板が直接緩衝工に衝突する。 (5,000GTの場合衝突角度 35° 程度以下、500GTの場合衝突角度 25° 程度以下)	緩衝工により航行方向の転換が促され、船舶の運動エネルギーは回頭運動エネルギー等に変換される。低減された衝突エネルギーは船首部の船側外板の膜力により吸収される。	ビーム式緩衝工
船側衝突	500GT 5,000GT	船側部	避航時に船側が接触する場合で、衝突角度は航行方向に対して 6° 程度で船側が衝突する。	衝突エネルギーは船側の膜力により吸収される。	ビーム式緩衝工
斜め船尾衝突	大型自動車運搬船 (56,823国際総トン)	斜め船尾	船舶が走錨し、ジャケットの床板付近に船尾から船側への斜めの部位が衝突する。	衝突エネルギーは船側の膜力により吸収される。	床板およびジャケット本体

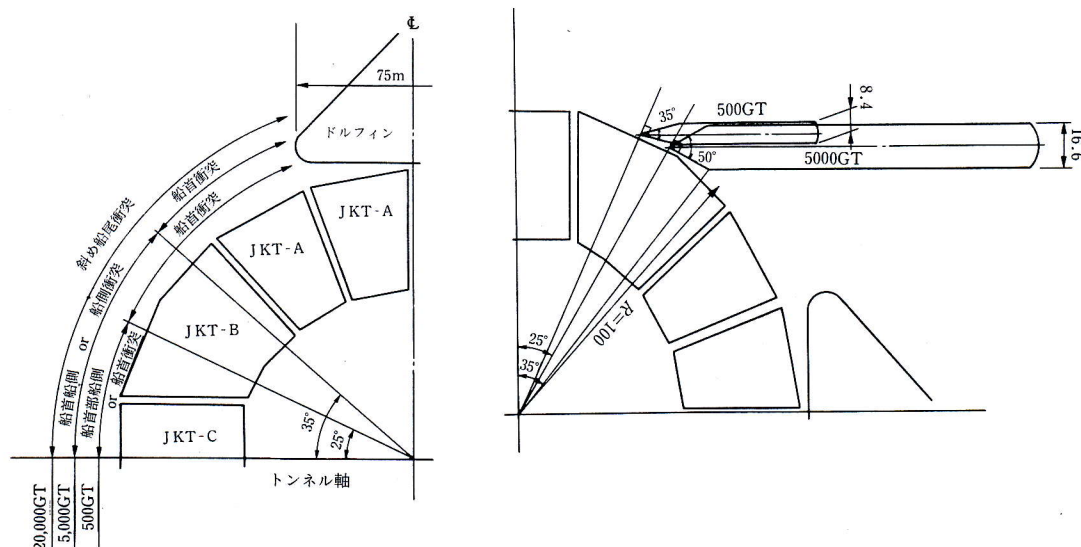


図-8 衝突区分

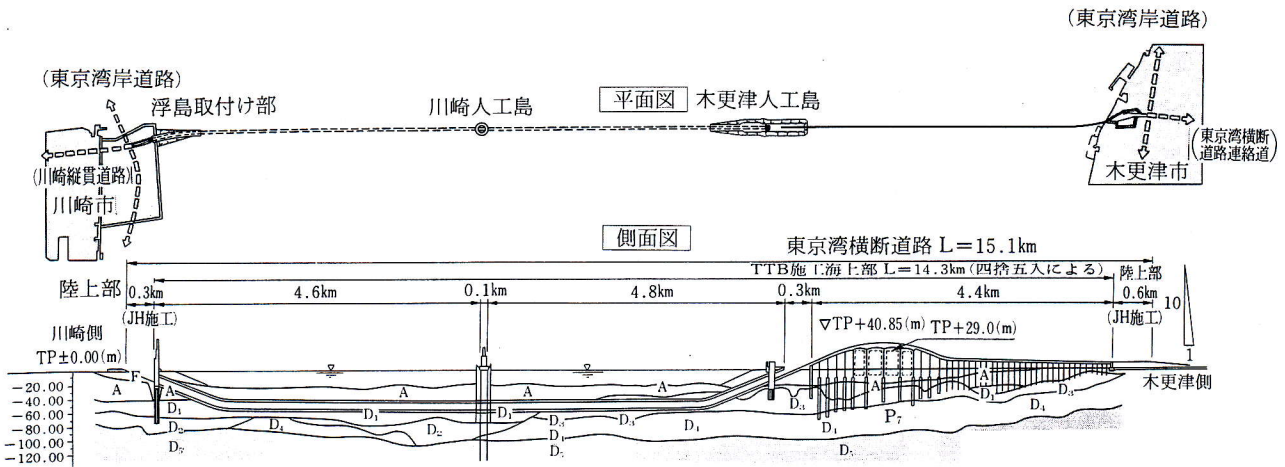


図-9 東京湾横断道路一般図(延長15.1km)

を、より明確に表示できること。

- ② 処置個数を少なくする(海域内の構造物を少なくする)ことにより、衝突のケースを少なくできること。
- ③ 構造物の設置範囲を小さくすることにより、水利環境への影響、通行船舶への操船上の影響を少なくできること。

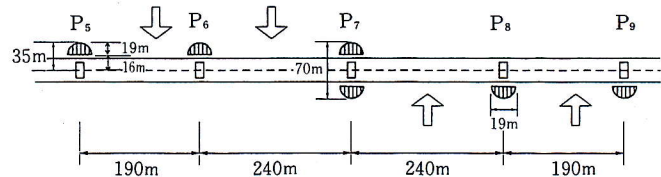
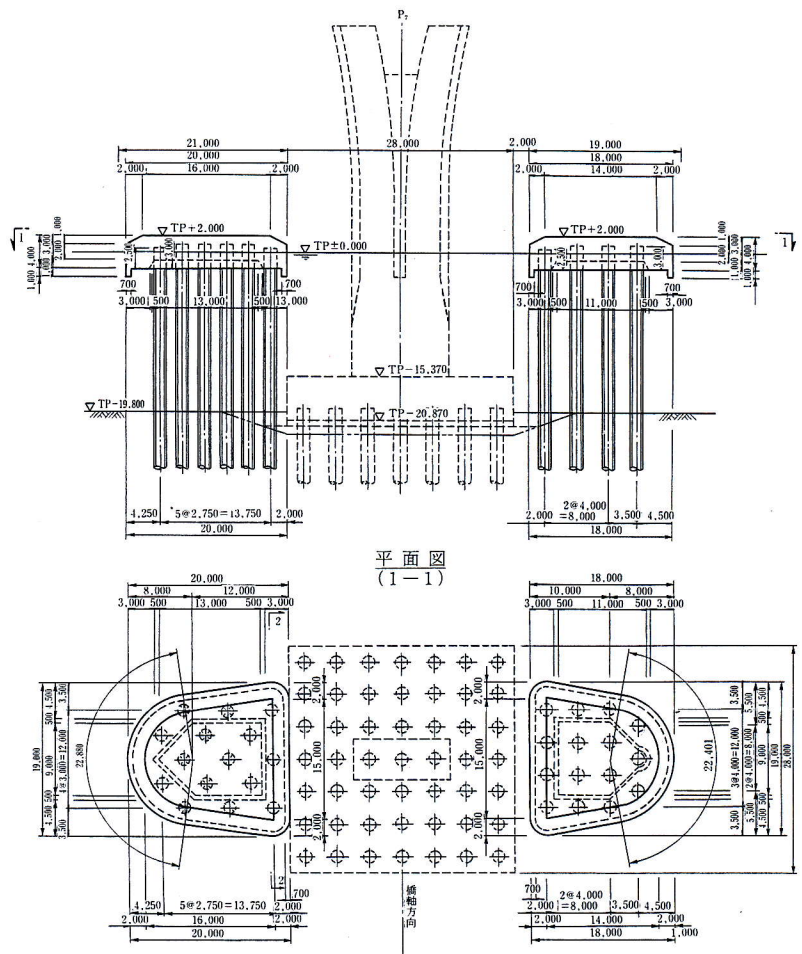
5.2 緩衝施設の設計および構造

設計に当たっては次の4点を考慮した。

- ① 船首衝突に対し、航行方向の転換(回頭)による衝突力の緩和が図られること。
- ② 衝突時の船首圧壊変形量が船首隔壁までの長さの2/3以内となること。
- ③ 衝突時の船側反力が船側強度以内であること。
- ④ 緩衝工自体が緩衝機能を保持するうえで必要な強度をもつこと。

この結果、適切な回頭機能をもたせるために、平面形状は円形を基本に、必要となる杭本数が配置できる形状および大きさとした。また、受衝面は、潮位の変化も考慮し、TP+1m～TP-3mの4mとした。

橋梁部の緩衝施設の構造図としてP₇を例に図-11に示す。

図-10 緩衝工の配置
正面図図-11 P₇橋脚緩衝工構造一般図