

### 3. 水中橋梁に関する文献

#### 3. 1 概要

本章では、Workshop Strait Crossingにおいて発表された論文より、水中橋梁に関する文献を抽出し、その内容を「水中橋梁文献調査カード」として整理を行った。

「水中橋梁に関する文献リスト」を表-1に、「水中橋梁文献調査カード」を表-2に示す。

また、「水中橋梁文献調査カード」をもとに、下記の事項に着目して整理を行った。

- ①解析関係
- ②自然条件（波、潮流、地盤、地震等）
- ③構造

①解析関係及び②自然条件に関して表-4，表-5、③構造に関して、検討項目と課題として表-6にまとめた。

表-1 水中トンネルに関する文献リスト  
(Workshop Strait Crossing)

NO	文献名	引用
1	Site investigation in moraine, gravelly and stny soils for stait crossings	'90 P141
2	Applications of composite materials to submerged tunnel structuers used for strait crossings	'90 P157
3	Materials design for performance and durability of concrete structures in marine environment	'90 P165
4	A study of stratified flow interaction with a submerged horizontal tube	'90 P289
5	Grouted anchors for submerged bridges	'90 P393
6	Development of the Norwegian submerged tube bridges	'90 P399
7	Considerations for design of downward non-anchored submerged tubes	'90 P401
8	Availabe methods for the construction of submerged floating immersed tube tunnels	'90 P409
9	Reliability analysis for submerged buoyant anchored tunnels: Applications to the Feasibility study for the fixed link across the Strait of Messina	'90 P415
1 0	Comparison between hydrodynamic numerical methods and results from model tests for submerged floating tube bridges	'90 P427
1 1	Model tests with submerged floating tube bridges	'90 P435
1 2	The vertically tethered bridge	'90 P503
1 3	Important design and safety aspects for tube and tunnels bridges	'90 P543
1 4	The Hogsfjord crossing - A comparison between altemative fjord crossing methods	'90 P595
1 5	Submerged buoyant anchored tunnels: Technical solutions for the fixed link across the Strait of Messina, Italy	'90 P605
1 6	Mmersed tunnel cost reduction	'94 P473
1 7	Analysis of the environmental impact of the construction of a submerged floating tunnel across the semi-closed bay	'94 P509
1 8	Messina Strait crossing: Safety analysis for submerged floating tunnels	'94 P555
1 9	Elastoplastic capacity control of a submerged tubular steel bridge subjected to ship collision impact	'94 P563
2 0	The marine operations for the installation of the submerged tunnels for the Messina Strait crossing	'94 P569
2 1	Study on structural characteristics of support systems for submerged floating tunnel	'94 P579
2 2	Eathquake-induced permanent deformations in the landfalls of submerged-floating tunnels in sand	'94 P587

NO	文献名	引用
2 3	Creation of the Northern Japan exchange axis by floating tunnels	'94 P595
2 4	The configuration and the characteristics of the submerged tunnels for the Messina Strait crossing	'94 P599
2 5	Parameter sensitivity of predicted extreme response for a submerged tubular bridge	'94 P607
2 6	Development of novel technologies for strait crossings based on submerged tunnels: An application to Hogsfjord	'94 P615
2 7	Numerical analysis of wave force and dynamic response to the submerged floating tunnels	'94 P637
2 8	Design of a submerged floating tunnel with a free span of 1750m	'94 P645
2 9	Årdalsfjord crossing	'94 P653
3 0	Analytical study on dynamic response of submerged floating tunnels due to wave force	'94 P659
3 1	Experimental study on characteristics of submerged floating tunnels under regular waves	'94 P667
3 2	Response of submerged floating tunnels to vertically impinging seismic waves	'94 P675
3 3	Strait of Messina crossing by submerged floating tunnels: Underwater sound analysis in marine environment	'94 P683
3 4	Offshore soil investigation: Straits of Messina: Solutions to unique problems	'94 P687
3 5	Experimental research related to the behavior of an ocean-floor foundation pile which receives a cyclic pull-out force due to waves	'94 P751
3 6	Stability of submarine slope subject to repeated loadings	'94 P759
3 7	Immersed and floating Tunnels. A Better Way to Cross Waterways?	'99 P7
3 8	The Hogsfjord Submerged Floating Tunnel Project –Transport, Environment and Energy Studies	'99 P28
3 9	Air Spouting Actuator to Reduce Fluid Force Applied for Ballast Containers of SFT Subject Cross Flow	'99 P44
4 0	Immersed and Submerged Floating Tunnels, Competitors or Associates?	'99 P51
4 1	Submerged Unsinkable Tube Tunnels	'99 P74
4 2	Unanchored Submerged and Floating Tunnels. 40 Years of Development.	'99 P80
4 3	The Bomlafjorden Sub-sea Tunnel	'99 P136

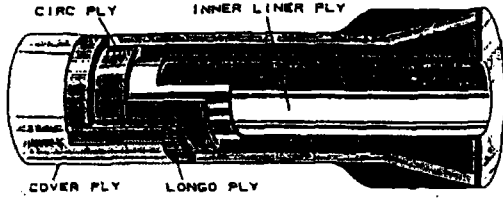
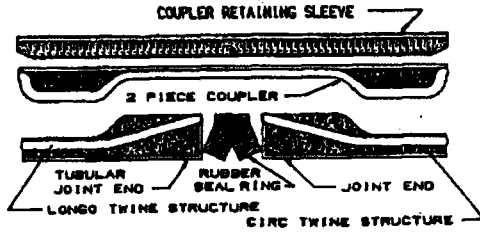
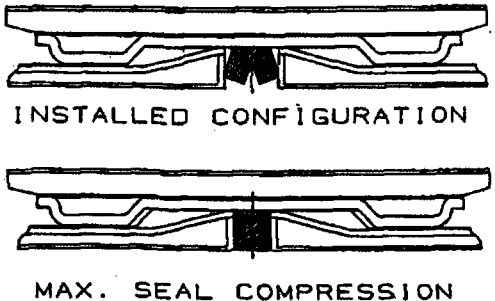
3. 2 水中橋梁文献調査カード

表-2 文献調査カード

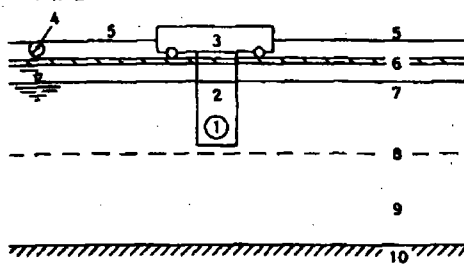
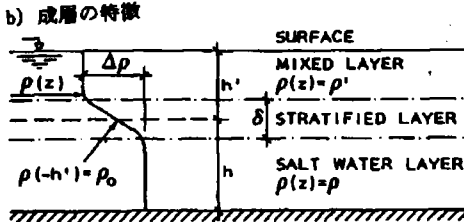
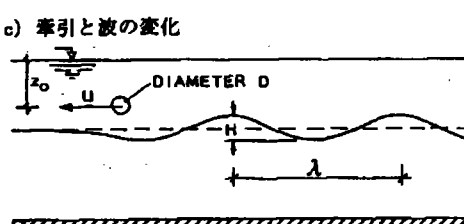
水中橋梁文献調査カード

文献番号 NO1

文献名	モレーン砂利質および岩石性土質における海峡トンネルのための現地調査 Site investigation in moraine, gravelly and stony soils for strait crossings
大分類	① 自然条件 2. 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 ⑥ その他 (調査)
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p>[論文概要]</p> <p><b>モレーン (氷堆石)</b></p> <p>山岳氷河によって母岩から削り取られた岩石が堆積して形成される氷積土</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・海峡横断路の計画における海底地質の状態の調査について述べた論文。             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 水中橋梁ではケーブル定着部 (テンションレグ方式) や 架台基礎 (架台方式)、両岸への取付部に対して適用</li> </ul> </li> </ul> <p>1. はじめに 海峡横断の手段として、浮き橋、水中浮上式橋梁、水中沈降式トンネルなどが考えられるが、どれを選択するかは技術的な可能性と建設費用による。そのため、土質及び基盤の工学的定数値を求めるための現地調査が必要である。地質的にはモレーンや砂利、氷河堆積物が多く、調査のためのドリル掘削や資料採取は困難な場合が多い。</p> <p>2. 既往調査・試験機器 調査方法 (实例および技術的可能性) ドリル式掘削機、コア採取機、海底作業用機械、ケーブル式ボーリング</p> <p>3. 今後の改良点 調査方法の改良目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・岩石や砂利の存在及び場合によってはその鉛直分布に関する全般的なより詳しい情報を得ること。</li> <li>・基礎設計のためのより信頼できる土質定数を得るため、採取資料の質的量的改善を行うこと</li> </ul> <p>[特記事項]</p>

文献名	Applications of composite materials to submerged tunnel structures used for strait crossing 海峡横断のための水中トンネル構造への複合材料の適用
大分類	1. 自然条件 ② 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 ⑤ 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p>  <p>Fig. 4 Cross sectional perspective view of composite tubular joint end showing arrangement of individual laminate plies</p>  <p>Fig. 5 Cross section view of each structural constituent comprising a high strength composite mechanical coupler assembly</p>  <p>Fig. 6 Cross section view of a composite mechanical coupler assembly showing joint end positions during extremes of structural length changes</p> <p>[論文概要]          コンクリートとガラス繊維で補強されたプラスチックの複合材料で作られた断面を機械的に接合した水中トンネルは、水深の深い海峡を横断する手段として、有効である。詳細は、図示するように、二重の壁構造の断面を持つユニークな方法であり、同じ壁厚の鉄製接合ジョイントと同じ強さを持って、構造的に接合することができる。一方向に対して二つのものを束ねる複合材は、鋼製の構造物と同等の強度を持ち、機械的に接合された水中トンネル構造物を組み込む場合でも、それほど高価ではない新しい工学材料として、提示された。二つのものを束ねて複合した圧力パイプを機械的に接合することに関連する繰り返し荷重試験と現場での経験は、この新しい工学材料の工学的信頼性と耐久性を証明した。二つのものを束ねて複合した複合材料の工学的な特性は、炭素鋼から作られる同等の構造物のコスト比較に沿って提示され、実用の二つのものを束ねて複合した複合材料は、そこから作られる。</p> <p>[特記事項]          特になし</p>

# 水中橋梁 文献調査カード No.4

文献名	A study of stratified flow interaction with a submerged horizontal tube 沈埋水平円筒管に対する層状化された流水の相互作用に関する研究
大分類	① 自然条件    2. 構造    3. 解析
区分	1. 計画    ② 実験    3. 解析    4. 設計    5. 施工    6. その他 (    )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p>a) 1. 円柱 2. 支持棒 3. 台車 4. 位置計測器 5. ワイヤー 6. レール 7. 純水 8. 成層化された層の中心 9. 塩水 10. 溝の底</p>  <p>b) 成層の特徴</p>  <p>c) 牽引と波の変化</p>  <p style="text-align: center;">実験装置の定義概要</p> <p><b>[論文概要]</b> この実験室実験は、水中の水平円筒管に対する、二次元の層状にされた流れの相互作用を調査である。 測定は、一定の速度で水平に曳行される円筒管の後に生じる界面の波及び円筒管に生じる抵抗と浮力について行われた。モデル化された状況は、水中橋を通る層状化された流れと物理的に相似則が成り立つとしている。 実験は、最初のモードの内部波の最大振幅は、最初のモード波の最大速度の約 1.5 倍に達した時におきていることを示している。 この結果は、ノルウェーの Hogsfjorden 海峡に提案されているトンネル橋で適用されている。内部波の抵抗力は、流れ速度が 0.7m/s より大きい場合には、無視することができる。より遅い速度での抵抗係数は、均一な水における係数と比較して 0.2-0.5 に増加するかもしれない。400N/m の押し上げ力が発生する安定した流れは、中間の流れと強い成層の間に起こると考えられる。</p> <p><b>[特記事項]</b> 上層と下層で密度が違う場合に起きる内部波の問題であり、日本では河口部における真水と塩水が混在する場合に検討された例がある。</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献番号 N05

文献名	水中橋梁のためのグラウトアンカーについて Grouted anchors for submerged bridges
大分類	1. 自然条件 2. 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[論文概要]</p> <p>&lt;水中橋梁の固定（グラウトアンカー）について述べた論文&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>部分水没式橋梁 → 浮体橋</li> <li>水没式トンネル型橋梁 → 水中橋梁</li> </ul> <div data-bbox="397 592 870 729"> </div> <div data-bbox="531 747 746 769"> <p>図-1 部分水没式ボックソーン橋梁</p> </div> <div data-bbox="924 586 1378 747"> </div> <div data-bbox="1054 763 1232 785"> <p>図-2 水没式トンネル橋梁</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>固定式水中橋梁は非固定式に比べ、一般に経済的</li> <li>幅の広いフィヨルドや海峡などでは函体を所定の水深に維持するためには固定式とする必要がある。 → アンカーリングの方法の検討が重要</li> <li>アンカーの構造</li> </ul> <div data-bbox="397 1101 823 1282"> </div> <div data-bbox="469 1294 731 1316"> <p>図-6 ボーリング杭のアンカー構造</p> </div> <div data-bbox="870 984 1362 1294"> </div> <div data-bbox="993 1294 1201 1316"> <p>図-7 バルブアンカーの構造</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>腱 (Tendon) の定着方法紹介             <ul style="list-style-type: none"> <li>引張・圧縮用カムトップアンカー</li> <li>引張用ドレッジアップアンカー</li> <li>圧縮用ストラットアップアンカー</li> </ul> </li> </ul> <p>[特記事項]</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献番号 NO8

文献名	水中トンネル建設のためのトンネルの実用的工法について Available methods for the construction of submerged floating immersed tube tunnels
大分類	1. 自然条件 2. 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他(調査)
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p>[論文概要]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水中橋梁建設法の基本事項について述べた論文</li> <li>・海中石油採掘用離岸構造物建設の成功による技術的実績</li> <li>・考えるべき荷重             <ul style="list-style-type: none"> <li>機能的荷重 死荷重、活荷重 → 十分な信頼度を持って予測可能</li> <li>環境的荷重 潮流、波、潮の干満、海水密度変化、海岸地形、海氷荷重 → ある程度予測可能。影響を最小にする設計法の確立が可能 例) 潮流の影響を少なくするために十分な深さに配置する</li> <li>事故荷重 地震荷重、船の衝突、トンネル内爆発、アンカー破損 → 予測困難かつ設計困難 ⇒ 危険性を許容最小限にとどめる設計法 例) 予備のアンカーを二種類設置し各々で全荷重を耐え得るようにしておく</li> </ul> </li> <li>・函体の材料 → 鋼、コンクリートどちらも検討可能</li> <li>・函体の設置             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 函体の製作、組立、現場への牽引</li> <li>2. 施工用はしけ+重力アンカーによる水中設置(中立状態)</li> <li>3. トンネル内バラスト室への注水(はしけに重力がかかり、所要の深さまで沈む)</li> <li>4. 臙が基礎版に固定されてからバラスト室放水→臙に引張り荷重が作用する。</li> <li>5. はしけの撤去、函体間の連結。</li> </ol> </li> <li>・臙 Tendon (アンカー、テンションレグ) の設置             <p>いつ設置するか(水上 or 所定の深さ) → 水深の深い位置での設置は危険を伴う</p> <p>どこに設置するか(函体の内部 or 外部)</p> <p>内部設置法: 予め函体の下か両サイドに臙や測定機器の収納、固定、操作等に専用の個室を設け、維持管理施設とする。</p> <p>長所 橋梁内部から臙の点検、交換が可能となる。</p> <p>短所 個室毎に操作機器の設置が必要。個室による函体断面増および設計荷重増。</p> <p>外部設置法: タグボートで臙を牽引し、ケーブルで取付を行う。</p> <p>長所 臙の設置は比較的安価で迅速。函体断面への影響小。</p> <p>短所 臙の検査や交換が困難</p> </li> <li>・基礎版の固定(アンカー方式、支持杭方式)</li> </ul> <p>[特記事項]</p>



# 水中橋梁 文献調査カード

文献番号 8-2

文献名	メッシナ海峡の水中橋梁案 (橋梁と基礎 1987年6月号)
大分類	1. 自然条件 2. 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p>[論文概要]</p> <p>1. メッシナ海峡横断計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・イタリア本土最南端部とシチリア島を隔てるメッシナ海峡連絡路の需要 → 歴史的経済発展の遅れ、主要船舶年間6万隻の過密交通、海象条件(潮流・強風)の厳しさ</li> <li>・1969年のメッシナ海峡連絡路に関する国際コンペ最終案6案 → 吊橋4案、海底トンネル1案、水中トンネル1案</li> <li>・1993年海峡公団の最終案として中央径間3300mの吊橋が提案されている。 (経済的な問題で実際の建設計画は凍結されている)</li> </ul> <p>2. 水中橋梁の優位性</p> <p>(対吊橋)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建設地点は経済性から、海峡幅の最も狭まる場所しか有り得ない</li> <li>・架設地点は、海象条件が悪い(強風、水深が深い)</li> <li>・強風区域への橋脚設置を避ける → 超長大スパンとなり技術的に困難多(3000m)</li> <li>・多径間とする → 水深の深い位置への橋脚設置となり技術的に困難多(100m) 船舶の航行に支障をきたす可能性</li> <li>・強風に対し、自動車及び列車交通への対策が必要。</li> <li>・架設地点は既存交通ネットワークへの連絡区間が長く必要となる。</li> </ul> <p>(対海底トンネル)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水深が深いため、トンネルの深さまでのアプローチが極めて長くなる。(総延長20km)</li> <li>・断層地帯であり、施工および耐震性に考慮が必要 ⇒ 水中橋梁が優位となる条件             <ul style="list-style-type: none"> <li>・海峡・水路幅が1800m以上</li> <li>・ほぼ全長にわたって水深60m以上</li> <li>・地震地帯、強風地帯</li> </ul> </li> </ul> <p>3. 構造特性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・函体は120mごとにケーブルを設置し、最低海水面下30mに固定(テンションレグ方式)</li> <li>・橋体の幾何学的安定 → あらゆるケーブルに対し、ケーブルがゆるんではいけない。 すなはち 浮力によるケーブル反力 &gt; 外力によるケーブル反力</li> <li>・クリティカルな荷重は活荷重非載荷状態</li> <li>・構造的には120mごとに弾性支持された長い梁として解析できる。 (岸に近づくほど剛なばね)</li> <li>・荷重 → 内部から 交通荷重(道路、鉄道) 外部から 波力、潮力、水圧</li> </ul> <p>4. その他</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・北海油田のプラットフォーム建設に関する技術の適用可能では?</li> <li>・交通以外に、換気・浮力調整・ケーブル張力調整設備が必要</li> </ul> <p>[特記事項]</p>


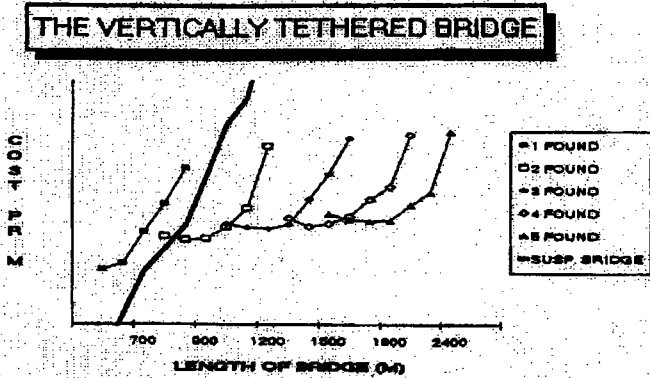
# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Comparison between hydrodynamic numerical methods and results from model tests for submerged floating tube bridges (No. 10)
大分類	1. 自然条件 2. 構造 ③ 解析
区分	1. 計画 ② 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Fig.1 Flexible model</p>
	<p>[論文概要]</p> <p>Submerged floating tube bridge (チューブ橋) の構想はここ5年ほどの間にフィヨルド海峽横断の有力な解決策として浮上してきた。</p> <p>ここせは、チューブ橋の設計において現在採られている動的応答解析をモデル実験にて検証し、設計上の留意点について言及している。</p> <p>実験では縮尺 1/20、<math>D=0.5\text{m}</math>、<math>L=7\text{m}</math> のショートモデルと支持条件を3種類とした縮尺 1/40、<math>D=0.5\text{m}</math>、<math>L=20\text{m}</math> のロングモデルを用い、外力として波力(規則波、不規則波、衝撃波)と流力およびその組み合わせを負荷させている。</p> <p>「解析と実験の比較から、ショートモデルでは水面および底面からの干渉波の影響が大きく、解析上では、減衰マトリックスの精度アップが望まれる。」・「ロングモデルではどの支持条件でも両者はよく一致し、また入力波の伝播方向に敏感である。」等の結果を報告している。</p> <p>また、今後の調査研究の課題として「緩流および周波数の高い波による外力」・「波および流水の相互干渉とそれによる渦」・「減衰の評価」等を挙げている。特に相互干渉や緩流に対しては直線形状よりも固有値の低いアーチ形状のチューブ橋の方が影響度が少ないことも言及している。</p> <p>[特記事項]</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Model tests with submerged floating tube bridges (No. 11)
大分類	1. 自然条件 2. 構造 ③ 解析
区分	1. 計画 ② 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Figure 1. Setup for short section tests.</p> <p>[論文概要]</p> <p>MARINTEK (in Trondheim)でのモデル実験は、前論文にてその結果および検証を発表しているが、ここではモデル実験の必要性とその設備および収集データを紹介している。</p> <p>チューブ橋は新タイプの海洋構造物であり、流体力学における荷重の設定や障害物(チューブ橋)における干渉作用等に関する技術的挑戦である。荷重としての潮流・波長・方向の組み合わせは無数のバリエーションで橋に負荷されるが、動的応答の影響度は橋の細長比に最も左右されるし、橋の安全性・走行性に関わる問題ともなる。</p> <p>実験モデルは2種類製作し、下図は Short section test の概要で、前論文の図は Long flexible model を示す。</p> <p>いずれのモデルも支持力および外力をコンピュータにて制御し、多角的にデータを収集できる設備としている。主要な採取データは各ケースにおける固有値と応答スペクトルで、結果を図表に報告している。</p> <p>ショートモデルからは「緩流が全体応答に大きな影響を与える。」とし、低減衰レベルの研究を課題としている。ロングモデルでは斜角のついた長波の載荷結果から「波力および波周期の影響は橋軸方向に現れる」とし、橋の細長比の重要性を訴えている。</p> <p>また、この実験では衝撃波法 (Impulse wave method) を新テスト法として採用し、短周期波に対応させている。</p> <p>[特記事項]</p>

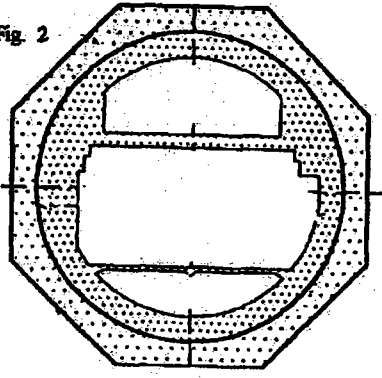
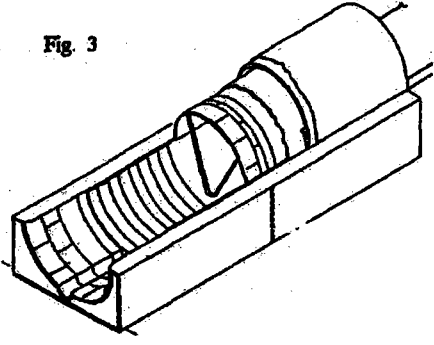
# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	The vertically tethered bridge
大分類	1. 自然条件 ② 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 ④ 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p>  <p>イメージ図</p>  <p>THE VERTICALLY TETHERED BRIDGE</p> <p>COST CURVE</p> <p>LENGTH OF BRIDGE (M)</p> <p>             #1 FOUND              #2 FOUND              #3 FOUND              #4 FOUND              #5 FOUND              #SUSP. BRIDGE         </p> <p>FIG. 3 COST COMPARISON CURVE</p> <p>コスト曲線</p> <p>[論文概要]              本論文で考えている水中浮体橋梁は、上図（イメージ図）に示すようなものである。重力アンカーまたはテンションパイルによって海底に固定され、垂直方向は非常に堅いが水平方向は柔らかい。この橋の利点は以下のようにまとめることができる。              1. コストの面において橋長が800m以上において優れている。              2. 橋の下を船が通過することができる。              3. 従来産業技術で実現可能である。</p> <p>[特記事項]</p>

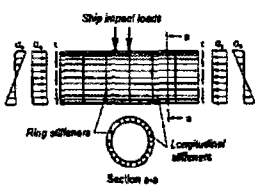
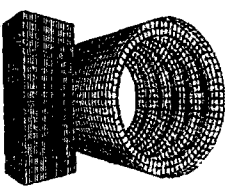
# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Important design and safety aspects for tube and tunnel bridges
大分類	① 自然条件 2. 構造 ③ 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 ④ 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[論文概要]</p> <p>要約          水中浮体橋梁(トンネル)構造物は多くの点で想像の状態を終え、技術・安全への挑戦を象徴するものである。設計に特別関わりがあるのは、荷重の決定と静的・動的の応答である。これは、モデルテストと特別な解析ツールの開発を必要とするかもしれない。本論文では、点検・維持管理を含めた設計、安全面における水中浮体橋梁(トンネル)の評価を主に論じる。</p> <p>この論文は以下のような水中浮体橋梁(トンネル)のために重要な設計と安全について論じる。</p> <p>一 場所による設計パラメーター</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 環境              表面波、潮流、風、干満、時間と場所における密度変化、内部波(階層にわかれた流れ)、氷、海洋生物、温度変化、地震、船からの波、地滑りによる波、土壌特性(テンションレグの場合)</li> <li>* 事故              水中浮体橋梁(トンネル)の中の車の衝突、船の衝突、潜水艦の衝突、地滑りによる波、火事/爆発、物体の落下、地震、海の異常な状態、ポンプや係留装置の損失</li> <li>* 重力と浮力の効果</li> </ul> <p>一 荷重とその効果</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 静的荷重と解析</li> <li>* 動的荷重と解析</li> </ul> <p>一 設計</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 荷重要素と荷重の組み合わせ</li> <li>* 特別な設計解決法</li> <li>* 設計の基礎</li> </ul> <p>一 材料技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* コンクリート技術</li> <li>* 鉄鋼技術</li> </ul> <p>一 運用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 点検・維持管理</li> <li>* 器具の使用</li> </ul> <p>[特記事項]</p>

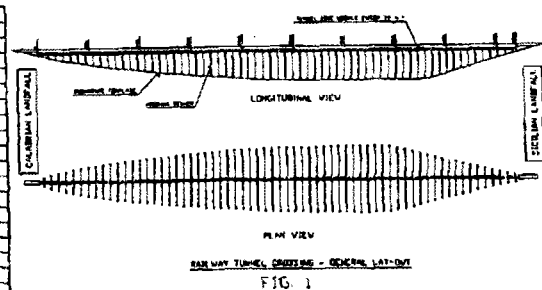
# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Immersed tunnel cost reduction	(No.16)
大分類	1. (自然条件) 2. 構造 3. 解析	
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )	
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Fig. 2</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Fig. 3</p>  </div> </div> <p>[論文概要]</p> <p>もともとは、船体を建造するために開発されたシステムが、沈埋トンネルまたは水中浮体トンネルのコストを実際に削減できることについて記述している。トンネルは、その直径や壁厚をいくらかにも設定でき、現地の状況に応じて許容長さの単体にする事ができる。トンネルは、航路中央で「V字」の縦断で接続する2つのセグメントから成るものかもしれないし、あるいは航路の海底に設置した長い単体とその両側に2つのアプローチセグメントと3つの断面で構成されるものかもしれない。トンネルのセグメントは、熟練した監督員の指導下で、未熟な作業員により操作される小規模な湿式ショットクリート装置を用いて、直接現場の洋上あるいは現場近くで低価格の浮き型枠を用いて建造される。溶接された鋼線の骨組あるいは前もって形作られた鉄筋かごは、自立できるように帯板で補強され、熟練したスチール労働者の必要性をなくし、重ね合わせる作業員によって敷設される。いかなる乾ドック、造船所、曳航あるいは重量物用のリフト装置も必要ない。</p> <p>[特記事項]</p> <p>※Ferrocement (フェロセメント)：フェロセメントは鉄筋コンクリートの一種で、補強材として鋼線を組合せたワイヤーメッシュを多層に配置し、モルタルを充填して造った薄板の複合材料である。フェロセメントの特徴としては、ひび割れ分散性がよい、耐衝撃性に優れている、耐腐食性・耐透水性に優れているなどの点を挙げることができる。これらの特徴を生かし小型船舶、ポンツーンならびに各種タンクなどの構成材料として用いられている。</p> <p>※Shotcrete (ショットクリート)：モルタルやコンクリートを圧縮空気によって施工面に吹付ける特殊なコンクリート施工法。吹付けコンクリートとも称する。この工法の特長として比較的小規模の機械設備で施工できること、水セメント比の比較的小さいコンクリートが得られること、型枠が不要なことなどの長所がある反面、熟練した作業員を要すること、施工中粉塵の発生が多いこと、はね返りによるロスが増加するため吹付け厚さを一度にあまり厚くできないことなどの難点もある。施工法として、セメントと骨材を練り混ぜてノズルまで圧送し、ここで水を加える乾式工法と、あらかじめ練り混ぜた全材料を圧送して吹付ける湿式工法とがある。これにもおのおの一長一短があり、施工現場の実状に合わせて適切な工法を選定する必要がある。</p>	

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Elastoplastic capacity control of a submerged tubular steel bridge subjected to ship Collision impact(水中橋梁に船舶が衝突した場合の修復能力について) (No.19)
大分類	1. 自然条件 2. 構造 3. <u>解析</u>
区分	1. 計画 2. 実験 3. <u>解析</u> 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Figure 1: Section model of the tubular bridge for ship impact response analysis</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figure 2: Finite element example model of ship bow and bridge section</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Figure 9: Comparison of energy absorption in a tubular section with different longitudinal stiffener configurations. Impact between ring stiffeners.</p> </div> </div> <p><b>[論文概要]</b></p> <p>水中橋梁は供用中に補修することが出来ない。しかし、安全性に関しては最大限確保する必要がある。そのため、衝突やその他故障に対して、十分な対応が出来るように構造物を設計する必要がある。水中橋梁の安全性を確保することを目的に、衝突荷重が作用した場合の解析を行っている。</p> <p>水中橋梁の各部の終局状態を調べるためには多数の要素で構成するモデルを作る必要があるが、非現実的である。そこで、中空上のシム及び補剛材を四辺形要素の4節点でモデル化する。また、函体の先端部については、8節点の要素によりモデル化する。</p> <p>このようなモデル化することで、船舶が衝突した場合の水中橋梁への影響を有限要素法により知ることが出来る。適切な解析モデル及びパラメータを設定することが出来れば、精度よい結果が得られる。</p> <p><b>[特記事項]</b></p> <p>下記項目を適切に設定することが解析を行う上で重要となる。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 荷重の種類と載荷方法の決定</li> <li>(2) 安全率の設定</li> <li>(3) 水中橋梁のモデル化(全体系モデル or 局所的なモデル)</li> </ol>

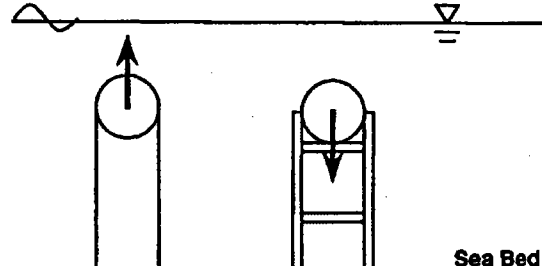
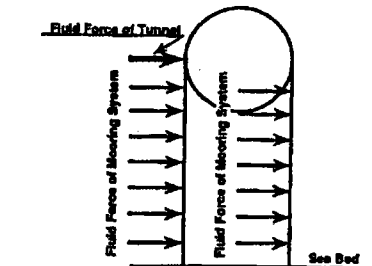
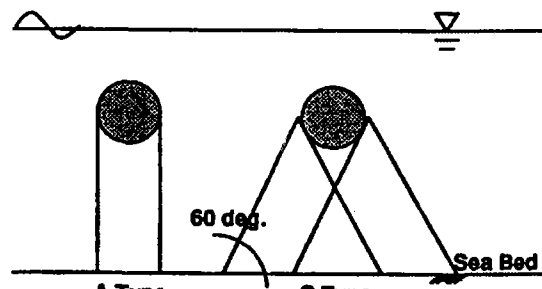
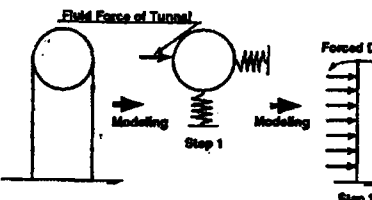
# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	The marine operations for the installation of the submerged tunnels for the Messina Strait Crossing (メッシー海峡横断のための水中橋梁の架設方法) <span style="float: right;">(No.20)</span>																																																																																																																								
大分類	1. 自然条件 2. <u>構造</u> 3. 解析																																																																																																																								
区分	1. <u>計画</u> 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )																																																																																																																								
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <table border="1" style="font-size: 8px; border-collapse: collapse; width: 45%;"> <thead> <tr> <th colspan="7">OVERALL CONSTRUCTION SCHEDULE - Years</th> </tr> <tr> <th>S-Start</th> <th>C-Complete</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Profiteering</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Landfall modules (L)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Offshore components</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Landfall modules (B)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Calabrian landfall</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Consolidation</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Trenching</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Interface modules</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Backfilling</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Offshore</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Trenches (30%)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Manufacturing</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Trenches (70%)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Interface modules</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Backfilling</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <div style="width: 45%; text-align: center;">  <p style="font-size: 8px;">LONGITUDINAL VIEW PLAN VIEW SAR VAY TUNNEL CROSSING - GENERAL LAY-OUT FIG. 1</p> </div> </div> <p style="margin-top: 20px;">[論文概要]</p> <p>メッシー海峡を横断するために水中橋梁を架設することを想定し、その可能性について述べている。</p> <p>Calabrian 海峡から Sicilian 海岸までをトナリ→水中トナリ→トナリで結ぶことを考えている。工程上の分類としては</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 水中橋梁本体の製作(工場製作)</li> <li>(2) 輸送(船舶により工場から架設現場まで函体を輸送する)</li> <li>(3) 架設(測量方法の確立、架設順序、細部構造の製作)</li> </ol> <p>が考えられる。</p> <p>各工程を効率よく行うために厳重に管理する必要がある。函体の製作から架設までの期間は Calabrian 側で約 40 ヶ月、Sicilian 側で約 25 ヶ月かかる。中間部の海上での作業は約 7 ヶ月必要である。その結果、全体的水中橋梁建設期間は約 72 ヶ月となる。</p> <p>既存の技術を生かすことにより水中橋梁を製作・架設することは可能であると考えられる。</p> <p style="margin-top: 20px;">[特記事項]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 架設現場近くの陸上部に組み立て・輸送が可能なヤードが必要</li> <li>(2) 現場の気象条件・地盤条件</li> <li>(3) 測量技術の確立</li> <li>(4) 海中での構造物の連結方法</li> </ol>		OVERALL CONSTRUCTION SCHEDULE - Years							S-Start	C-Complete	1	2	3	4	5	Profiteering							Landfall modules (L)							Offshore components							Landfall modules (B)							Calabrian landfall							Consolidation							Trenching							Interface modules							Backfilling							Offshore							Trenches (30%)							Manufacturing							Trenches (70%)							Interface modules							Backfilling						
OVERALL CONSTRUCTION SCHEDULE - Years																																																																																																																									
S-Start	C-Complete	1	2	3	4	5																																																																																																																			
Profiteering																																																																																																																									
Landfall modules (L)																																																																																																																									
Offshore components																																																																																																																									
Landfall modules (B)																																																																																																																									
Calabrian landfall																																																																																																																									
Consolidation																																																																																																																									
Trenching																																																																																																																									
Interface modules																																																																																																																									
Backfilling																																																																																																																									
Offshore																																																																																																																									
Trenches (30%)																																																																																																																									
Manufacturing																																																																																																																									
Trenches (70%)																																																																																																																									
Interface modules																																																																																																																									
Backfilling																																																																																																																									



# 水中橋梁 文献調査カード

(No.21)

文献名	Study on structural characteristics of support systems for submerged floating funnels
大分類	1. 自然条件 ② 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 ③ 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>Tension Mooring Type    Jacket Type</b></p> <p>Fig. 1 General view of tension mooring and jacket types</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 2 General view of one-step analysis method</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>A Type                      C Type</b></p> <p>Fig. 7 Analysis model of mooring line arrangement</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 3 General view of two-step analysis method</p> </div> </div> <p>[論文概要]</p> <p>水中トンネル係留形式の構造上の特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水中トンネルの係留形式は 1)テンションリング方式 2)架台方式 の2種類</li> <li>・本論文では、テンションリング方式の構造特性を解析</li> <li>・解析方法             <ol style="list-style-type: none"> <li>1)一段階解析法…水中トンネルと非線形性を考慮した係留索からなる弾性骨組みを一体化して解析</li> <li>2)二段階解析法…水中トンネル=剛体, 係留索=線形バネにモデル化して解析後, 係留索に強制変位を与えて解析</li> </ol> </li> <li>・解析モデル 1)Aタイプ 2)Cタイプ</li> <li>・解析条件…北海道噴火湾</li> <li>・結論             <ol style="list-style-type: none"> <li>1)AタイプはCタイプより軸力変動が小さく, CタイプはAタイプより変位が小さい。</li> <li>2)係留索の上下端部の拘束条件を自由にした場合, 両タイプとも発生曲げ応力が小さいが, 固定とした場合は, Aタイプに大きな曲げ応力が働く。</li> <li>3)Aタイプは水平変位が大きいため, 係留索を線形バネと仮定して解析すると係留の剛性を正しく評価できない。</li> </ol> </li> </ul> <p>[特記事項]</p> <p>参考文献 (社) 水中トンネル調査研究会 水中トンネル 第1編 P181~P187</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Earthquake-induced permanent deformations in the landfalls of submerged-floating tunnels in sand (No.22)
大分類	① 自然条件 2. 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 ③ 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Figure 1 - Typical landfall structure</p> <p>[論文概要]</p> <p>砂地盤上に設置された水中トンネルの境界部での地震による永久変形について (landfalls = 水中と陸地との境界部)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本論文では境界部の地震による永久変形の評価方法をメッシナ海峡の水中トンネル案に適用して、提案している。</li> <li>・ 斜面の崩壊や永久変形が破壊につながる地震地域では、水中トンネルの設計上、境界部での斜面の安定と土壌構造が問題となる。</li> <li>・ 地震による土の変形と構造上の損傷の評価方法             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 数値解析による局部地震応答の評価</li> <li>2) 地盤強度の一時的な超過による斜面変位の計算</li> <li>3) 過剰間隙圧と地震による間隙圧の消散を関連づけた変位による評価</li> <li>4) 構造上の損傷を判断するための土壌構造の評価</li> </ol> </li> <li>・ 結論             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 地表の降伏加速度の定義とすべり面の深さを変数として使用した Newmark 解析が、地震による変形を計算する上で有効である。</li> <li>2) 沖合環境の不攪乱試料を得ることは困難であるが、推測した現場相対密度や過剰間隙圧と土の変形による土の軟化がわかる現場せん断応力速度を再構成したサンプルを使用する室内試験と現場計測を併用すれば、繰り返し作用の評価が出来る。</li> <li>3) 密な粒土の過剰間隙圧がもたらす土の軟化や斜面の永久変形は Newmark 法だけを基にした土の変形より大きい。</li> <li>4) 地震後の間隙圧消散による沈下は、地盤強度の一時的な超過と繰り返し作用による変形を加えることにより考慮することが出来る。</li> </ol> </li> </ul> <p>[特記事項]</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	The configuration and the characteristics of the submerged tunnels for the Messina Strait crossing (No.24)
大分類	1. 自然条件    2. 構造    3. 解析
区分	1. 計画    2. 実験    3. 解析    4. 設計    5. 施工    6. その他 (    )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p><b>省略</b></p> <p>[論文概要]</p> <p>メッシナ海峡横断の半潜水形浮体アンカー式トンネルの基本設計結果に関する論文</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ トンネル全長は約 5000m。開削トンネル～着底トンネル～水中トンネルで構成。</li> <li>・ 水中トンネル部は 2 重セル構造。係留はテンションレグ、設置水深は 35m 以上。</li> </ul> <p>[特記事項]</p> <p>1. 設計条件</p> <p>① 設計基準</p> <p>耐用年数 200 年以上。極限状態 (PLS、再現期間 10000 年)、終局状態 (ULS、同 400 年)、供用状態 (SLS、同 50 年) の各限界状態を設定し設計。</p> <p>海峡の局所性の問題、活断層、地震時の各種連成も考慮</p> <p>② 荷重</p> <p>死荷重+常時荷重 (浮力等)、活荷重 (鉄道・道路)、環境荷重、地震荷重、偶発的荷重</p> <p>③ 自然条件</p> <p>潮流速度: 3.6m/s (SLS)、4.0m/s (PLS)</p> <p>有義波高: 5.3m (T=7.8s, SLS)、7.7m (T=9.4s, PLS)</p> <p>地震時荷重、マグニチュード&amp;加速度: 3.5M、0.15g (SLS)、5.5M、0.36g (ULS)</p> <p style="padding-left: 40px;">7.5M 以上、0.72g (PLS)</p> <p>断層変位: 25mm (50Y)、80mm (ULS)、130mm (PLS)</p> <p>2. 構造</p> <p>① 水中 (浮体) トンネル部</p> <p>函体は 2 重セル構造。内セル: 内径 13.95m、厚さ 500mm の鋼コンクリートサンドイッチ構造。外セル: 外径 17.11m、厚さ 35mm の鋼殻構造。セグメント長さ 72m。連結はゴムガスケットによる水密方式。</p> <p>係留はテンションレグ、活断層が横切る部分は機械的装置により変位に対応。</p> <p>基礎は 72m 間隔。コンクリート充填鋼管による骨組み構造。杭は最大 6 本。</p> <p>② 着底トンネル部</p> <p>構造は水中トンネル部と同様。水中トンネルと開削トンネル間の変位に対応するため 2 種の継手を有する。各継手の諸元は以下。</p> <p>継手 A: 軸方向変位: <math>\pm 200\text{mm}</math>、横方向変位: <math>\pm 300\text{mm}</math>、ねじれ回転角: <math>\pm 0.005\text{rad}</math></p> <p style="padding-left: 20px;">曲げ回転角: <math>\pm 0.005\text{rad}</math>、設計外部圧力: 15bar</p> <p>継手 B: 軸方向変位: <math>\pm 1500\text{mm}</math>、横方向変位: <math>\pm 0\text{mm}</math>、ねじれ回転角: <math>\pm 0.01\text{rad}</math></p> <p style="padding-left: 20px;">曲げ回転角: <math>\pm 0.01\text{rad}</math>、設計外部圧力: 11.5bar、軸方向初期荷重: 120000kN</p> <p style="padding-left: 20px;">最大荷重: 160000kN、最大せん断荷重: 100000kN</p>



# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	波浪作用下の水中トンネルの解析的研究	(No.27-1)																																								
大分類	1. 自然条件    2. 構造    3. 解析																																									
区分	1. 計画    2. 実験    3. 解析    4. 設計    5. 施工    6. その他 (    )																																									
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="text-align: center;"> <p>表-1 概略構造諸元</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>直径 (m)</td> <td>23.0</td> <td>タイプ</td> <td>固有周期 (sec)</td> </tr> <tr> <td>重量 (tf/m)</td> <td>288.0</td> <td>A</td> <td>31.1</td> </tr> <tr> <td>浮力 (tf/m)</td> <td>428.0</td> <td>B</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>積載体比重</td> <td>0.67</td> <td>C</td> <td>2.0</td> </tr> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>表-2 検討条件</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2">自然条件</td> <td></td> </tr> <tr> <td>海底面位置</td> <td></td> <td>-100 m</td> </tr> <tr> <td>波 波 高</td> <td><math>H_{max}</math></td> <td>18.8 m</td> </tr> <tr> <td>波 波 期</td> <td><math>T_{1/3}</math></td> <td>13.0 sec</td> </tr> <tr> <td colspan="2">材料条件</td> <td></td> </tr> <tr> <td>材 料</td> <td>コンクリート</td> <td>テンションレグ材</td> </tr> <tr> <td>強度 (<math>kgf/cm^2</math>)</td> <td>300</td> <td>5800</td> </tr> <tr> <td>弾性係数 (<math>kgf/cm^2</math>)</td> <td><math>2.8 \times 10^6</math></td> <td><math>2.1 \times 10^6</math></td> </tr> </table> <p style="font-size: small;">* : コンクリートは設計基準強度、テンションレグ材は降伏強度</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>図-1 標準断面構造図</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>図-2 テンションレグ配置形状図</p> </div> </div>		直径 (m)	23.0	タイプ	固有周期 (sec)	重量 (tf/m)	288.0	A	31.1	浮力 (tf/m)	428.0	B	2.5	積載体比重	0.67	C	2.0	自然条件			海底面位置		-100 m	波 波 高	$H_{max}$	18.8 m	波 波 期	$T_{1/3}$	13.0 sec	材料条件			材 料	コンクリート	テンションレグ材	強度 ( $kgf/cm^2$ )	300	5800	弾性係数 ( $kgf/cm^2$ )	$2.8 \times 10^6$	$2.1 \times 10^6$
直径 (m)	23.0	タイプ	固有周期 (sec)																																							
重量 (tf/m)	288.0	A	31.1																																							
浮力 (tf/m)	428.0	B	2.5																																							
積載体比重	0.67	C	2.0																																							
自然条件																																										
海底面位置		-100 m																																								
波 波 高	$H_{max}$	18.8 m																																								
波 波 期	$T_{1/3}$	13.0 sec																																								
材料条件																																										
材 料	コンクリート	テンションレグ材																																								
強度 ( $kgf/cm^2$ )	300	5800																																								
弾性係数 ( $kgf/cm^2$ )	$2.8 \times 10^6$	$2.1 \times 10^6$																																								
[論文概要]	<p>波浪作用下にある水中トンネルの各種パラメータの影響評価を行なったもの。パラメータとして、</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. テンションレグ配置形状</li> <li>2. 海底面位置 (トンネル設置位置から海底面までの距離)</li> <li>3. 設置水深 (トンネル設置位置から海面までの距離)</li> <li>4. テンションレグ傾角</li> </ol> <p>これらについて波力と変位量の関係を解析的に求めた。</p>																																									
[特記事項]	<p>設置される場所の自然条件                  海底面位置 <math>h = 100m</math>, 設置水深 <math>d = 30m</math> (海面からトンネル天端まで)                  波浪 : 波高 <math>H_{max} = 18.8m</math>                  周期 <math>T_{1/3} = 13.0sec</math></p>																																									

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	波浪作用下の水中トンネルの解析的研究	(No29-2)																																																
大分類	1. 自然条件 2. <b>構造</b> 3. 解析																																																	
区分	1. 計画 2. 実験 3. <b>解析</b> 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )																																																	
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p style="text-align: center;">表-1 概略構造諸元</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>直径 (m)</td> <td>23.0</td> <td>タイプ</td> <td>固有周期 (sec)</td> </tr> <tr> <td>重量 (tf/m)</td> <td>288.0</td> <td>A</td> <td>31.1</td> </tr> <tr> <td>浮力 (tf/m)</td> <td>428.0</td> <td>B</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>橋梁体比重</td> <td>0.67</td> <td>C</td> <td>2.0</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">表-2 検討条件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">自然条件</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>海底面位置</td> <td></td> <td colspan="2">-100 m</td> </tr> <tr> <td>波高</td> <td></td> <td colspan="2"><math>H_{max} = 18.0</math> m</td> </tr> <tr> <td>波周期</td> <td></td> <td colspan="2"><math>T_{1.0} = 13.0</math> sec</td> </tr> <tr> <td colspan="2">材料条件</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>材料</td> <td>コンクリート</td> <td colspan="2">テンション材</td> </tr> <tr> <td>強度 (<math>kgf/cm^2</math>)</td> <td>300</td> <td colspan="2">5600</td> </tr> <tr> <td>弾性係数 (<math>kgf/cm^2</math>)</td> <td><math>2.8 \times 10^6</math></td> <td colspan="2"><math>2.1 \times 10^6</math></td> </tr> </table> <p style="font-size: small;">* : コンクリートは設計基準強度、テンション材は降伏強度</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>図-1 標準断面構造図</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>図-2 テンションレグ配置形状図</p> </div> </div> <p>[論文概要]</p> <p>波浪作用下にある水中トンネルの各種パラメータの影響評価を行なったもの。パラメータとして、</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. テンションレグ配置形状</li> <li>2. 海底面位置 (トンネル設置位置から海底面までの距離)</li> <li>3. 設置水深 (トンネル設置位置から海水面までの距離)</li> <li>4. テンションレグ傾角</li> </ol> <p>これらについて波力と変位量の関係を解析的に求めた。</p> <p>[特記事項]</p> <p>構造概要</p> <p>トンネル断面形状 : RC円形断面, 中空鋼管製テンションレグ : 50mピッチ      テンションレグ配置形状 : 3タイプ      海底面位置 <math>h = 100</math>m, 設置水深 <math>d = 30</math>m, <math>\theta = 30^\circ</math>      3タイプの固有周期 : A=31.1sec, B・C=2.5, 2.0sec</p>		直径 (m)	23.0	タイプ	固有周期 (sec)	重量 (tf/m)	288.0	A	31.1	浮力 (tf/m)	428.0	B	2.5	橋梁体比重	0.67	C	2.0	自然条件				海底面位置		-100 m		波高		$H_{max} = 18.0$ m		波周期		$T_{1.0} = 13.0$ sec		材料条件				材料	コンクリート	テンション材		強度 ( $kgf/cm^2$ )	300	5600		弾性係数 ( $kgf/cm^2$ )	$2.8 \times 10^6$	$2.1 \times 10^6$	
直径 (m)	23.0	タイプ	固有周期 (sec)																																															
重量 (tf/m)	288.0	A	31.1																																															
浮力 (tf/m)	428.0	B	2.5																																															
橋梁体比重	0.67	C	2.0																																															
自然条件																																																		
海底面位置		-100 m																																																
波高		$H_{max} = 18.0$ m																																																
波周期		$T_{1.0} = 13.0$ sec																																																
材料条件																																																		
材料	コンクリート	テンション材																																																
強度 ( $kgf/cm^2$ )	300	5600																																																
弾性係数 ( $kgf/cm^2$ )	$2.8 \times 10^6$	$2.1 \times 10^6$																																																

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	波浪作用下の水中トンネルの解析的研究 <span style="float: right;">(No.27-3)</span>
大分類	1. 自然条件 2. 構造 <u>3. 解析</u>
区分	1. 計画 2. 実験 <u>3. 解析</u> 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p>[論文概要]          波浪作用下にある水中トンネルの各種パラメータの影響評価を行なったもの。          パラメータとして、          1. テンションレグ配置形状          2. 海底面位置 (トンネル設置位置から海底面までの距離)          3. 設置水深 (トンネル設置位置から海水面までの距離)          4. テンションレグ傾角</p> <p>これらについて波力と変位量の関係を解析的に求めた。</p> <p>[特記事項]          検討条件および検討方法          運動解析: ポテンシャル理論に基づく周波数領域プログラム          (トンネル軸直方向2次元モデル)          波浪: 波高 <math>H_{max}=18.8m</math>          周期 <math>T_{1/3}=13.0sec</math></p> <p>4. 検討結果</p> <p>4. 1 標準構造での一般的特点          タイプA・C: 常時引張, タイプB: レグ2・4たるみ発生          →たるみ(スラック)→スナップ(衝撃的な緊張力)</p> <p>4. 2 各種パラメータの影響評価</p> <p>(a) 海底面位置, 設置水深の影響評価          海底面位置の影響          タイプA: 浅くなるとトンネルの固有周期が小さくなる → 波浪の周期に近づく          → 変位が大きくなる(共振化)          タイプB: 浅くなるとトンネルの固有周期がますます小さくなる          → 変位が小さくなる。レグに発生する変動張力は大きくなる。          (復元力向上。硬くなる。)</p> <p>設置水深の影響          タイプA: トンネルが深くなると固有周期が小さくなる。ただし、作用波力も小さくなる。 → 変位が小さくなる          タイプB: トンネルが深くなると固有周期がますます小さくなる。作用波力も小さくなる。 → 変位が小さくなる。          レグに発生する変動張力は小さくなる。?</p> <p>(b) レグ傾角の影響評価          レグ傾角の増加: 水平方向変位, レグ張力小さくなる          (レグ長大きくなる。経済的な角度の選定。)</p> <p>4. 3 波力と変位量の評価 (モリソン式による検討)          固有周期比 (<math>T_n/T</math>)          タイプA: <math>T_n/T=31.1/13.0=2.39</math>          タイプB: <math>T_n/T=2.5/13.0=0.19</math>          タイプC: <math>T_n/T=2.0/13.0=0.15</math></p> <p>波力 (トンネル, 完全固定と比較して。モリソン式の適用性)          タイプA : 0.4程度          タイプB・C : ほぼ1.0</p> <p>変位 (トンネル, 完全固定と比較して。モリソン式の適用性)          タイプA : 1.5程度          タイプB・C : 0.1~0.2かなり小さい</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

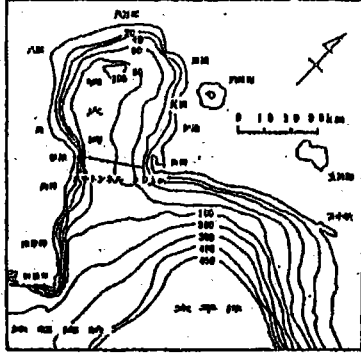
文献名	波浪作用下の水中トンネルの挙動に関する実験的研究	(No. 27-4)																																								
大分類	①. 自然条件 2. 構造 3. 解析																																									
区分	1. 計画 ②. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )																																									
内容	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">表-1 現地条件</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">a) 自然条件</th> <th colspan="2">b) 構造条件</th> </tr> <tr> <th>項目</th> <th>自然条件</th> <th>項目</th> <th>道路専用トンネル   道路鉄道併用トンネル</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水深 h</td> <td>100 m</td> <td>直径</td> <td>11.4m<sup>2</sup>   23.0m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>有波液高 H1/3</td> <td>9.3m</td> <td>内径</td> <td>10.2m   21.0m</td> </tr> <tr> <td>最高液高 Hmax</td> <td>18.6m</td> <td>重量</td> <td>6,338 t/93.2m   26,842 t/93.2m</td> </tr> <tr> <td>周期 T1/3</td> <td>13.0sec</td> <td>移力</td> <td>9,693 t/93.2m   39,890 t/93.2m</td> </tr> <tr> <td>構造物天端水深 d</td> <td>30.0m</td> <td>比重</td> <td>0.75   0.75</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>比重(自重)</td> <td>0.70   0.70</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>係留方式</td> <td>A,B,C   A,B,C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>パイプ数</td> <td>37,000t/m   37,000t/m</td> </tr> </tbody> </table>   <p style="text-align: center;">図-1 水中トンネルの係留方式</p> </div>		a) 自然条件		b) 構造条件		項目	自然条件	項目	道路専用トンネル   道路鉄道併用トンネル	水深 h	100 m	直径	11.4m <sup>2</sup>   23.0m <sup>2</sup>	有波液高 H1/3	9.3m	内径	10.2m   21.0m	最高液高 Hmax	18.6m	重量	6,338 t/93.2m   26,842 t/93.2m	周期 T1/3	13.0sec	移力	9,693 t/93.2m   39,890 t/93.2m	構造物天端水深 d	30.0m	比重	0.75   0.75			比重(自重)	0.70   0.70			係留方式	A,B,C   A,B,C			パイプ数	37,000t/m   37,000t/m
a) 自然条件		b) 構造条件																																								
項目	自然条件	項目	道路専用トンネル   道路鉄道併用トンネル																																							
水深 h	100 m	直径	11.4m <sup>2</sup>   23.0m <sup>2</sup>																																							
有波液高 H1/3	9.3m	内径	10.2m   21.0m																																							
最高液高 Hmax	18.6m	重量	6,338 t/93.2m   26,842 t/93.2m																																							
周期 T1/3	13.0sec	移力	9,693 t/93.2m   39,890 t/93.2m																																							
構造物天端水深 d	30.0m	比重	0.75   0.75																																							
		比重(自重)	0.70   0.70																																							
		係留方式	A,B,C   A,B,C																																							
		パイプ数	37,000t/m   37,000t/m																																							
	<p>[論文概要]</p> <p>波浪作用下にある水中トンネルの挙動を、2次元造波水槽を用いた水理実験および数値計算を実施し、波浪に対するトンネルの基本的な動揺および係留索の張力特性を明らかにした。</p> <p>パラメータとして、</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 係留タイプ (テンションレグ傾角も)</li> <li>2. トンネル比重</li> <li>3. トンネル径</li> <li>4. 周期</li> <li>5. 波高</li> </ol> <p>これらについて加速度、変位、係留索張力、および流体力を求めた。</p> <p>[特記事項]</p> <p>自然条件  海底面位置 <math>h = 100\text{m}</math>、設置水深 <math>d = 30\text{m}</math>  波浪：外洋性波浪場  波高 <math>H_{\text{max}} = 18.6\text{m}</math>  周期 <math>T_{1/3} = 13.0\text{sec}</math></p>																																									



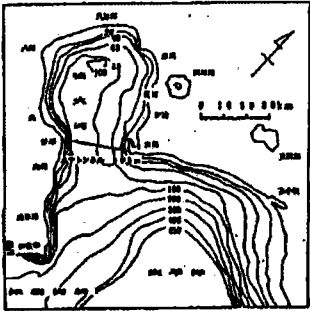
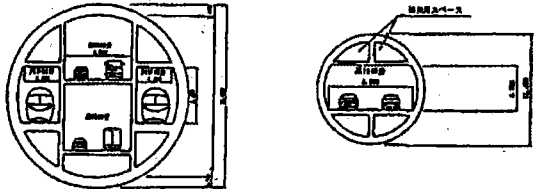
# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	波浪作用下の水中トンネルの挙動に関する実験的研究	(No.27-5)																																								
大分類	1. 自然条件 2. 構造 3. 解析																																									
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )																																									
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="text-align: center;"> <p>表-1 現地条件</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">a) 自然条件</th> <th colspan="2">b) 構造条件</th> </tr> <tr> <th>項目</th> <th>自然条件</th> <th>項目</th> <th>道路専用トンネル / 道路鉄道併用トンネル</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水深 <math>h</math></td> <td>100.0m</td> <td>直径</td> <td>11.4m / 23.0m</td> </tr> <tr> <td>有蓋波高 <math>H1/3</math></td> <td>29.3m</td> <td>内径</td> <td>10.2m / 21.0m</td> </tr> <tr> <td>最高波高 <math>H_{max}</math></td> <td>418.6m</td> <td>重量</td> <td>6,338 t / 93.2m / 26,842 t / 93.2m</td> </tr> <tr> <td>周期 <math>T1/3</math></td> <td>313.0sec</td> <td>浮力</td> <td>9,693 t / 93.2m / 39,890 t / 93.2m</td> </tr> <tr> <td>埋置物天端水深 <math>d</math></td> <td>30.0m</td> <td>比重</td> <td>0.75 / 0.75</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>比重 (自費)</td> <td>0.70 / 0.70</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>係留方式</td> <td>A, B, C / A, B, C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>パイラ数</td> <td>37,000t/m / 37,000t/m</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>図-1 水中トンネルの係留方式</p> </div>		a) 自然条件		b) 構造条件		項目	自然条件	項目	道路専用トンネル / 道路鉄道併用トンネル	水深 $h$	100.0m	直径	11.4m / 23.0m	有蓋波高 $H1/3$	29.3m	内径	10.2m / 21.0m	最高波高 $H_{max}$	418.6m	重量	6,338 t / 93.2m / 26,842 t / 93.2m	周期 $T1/3$	313.0sec	浮力	9,693 t / 93.2m / 39,890 t / 93.2m	埋置物天端水深 $d$	30.0m	比重	0.75 / 0.75			比重 (自費)	0.70 / 0.70			係留方式	A, B, C / A, B, C			パイラ数	37,000t/m / 37,000t/m
a) 自然条件		b) 構造条件																																								
項目	自然条件	項目	道路専用トンネル / 道路鉄道併用トンネル																																							
水深 $h$	100.0m	直径	11.4m / 23.0m																																							
有蓋波高 $H1/3$	29.3m	内径	10.2m / 21.0m																																							
最高波高 $H_{max}$	418.6m	重量	6,338 t / 93.2m / 26,842 t / 93.2m																																							
周期 $T1/3$	313.0sec	浮力	9,693 t / 93.2m / 39,890 t / 93.2m																																							
埋置物天端水深 $d$	30.0m	比重	0.75 / 0.75																																							
		比重 (自費)	0.70 / 0.70																																							
		係留方式	A, B, C / A, B, C																																							
		パイラ数	37,000t/m / 37,000t/m																																							
	<p>[論文概要]</p> <p>波浪作用下にある水中トンネルの挙動を、2次元造波水槽を用いた水理実験および数値計算を実施し、波浪に対するトンネルの基本的な動揺および係留索の張力特性を明らかにした。</p> <p>パラメータとして、</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 係留タイプ (テンションレグ傾角も)</li> <li>2. トンネル比重</li> <li>3. トンネル径</li> <li>4. 周期</li> <li>5. 波高</li> </ol> <p>これらについて加速度、変位、係留索張力、および流体力を求めた。</p> <p>[特記事項]</p> <p>構造条件</p> <p>トンネル断面形状：RC円形断面 道路専用トンネル、道路鉄道併用トンネル</p> <p>テンションレグ配置形状：3タイプ</p> <p>3タイプの固有周期：A=31.1sec, B・C=2.5, 2.0sec</p>																																									

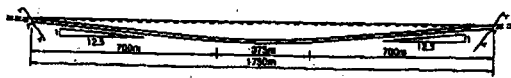
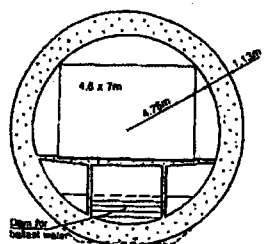
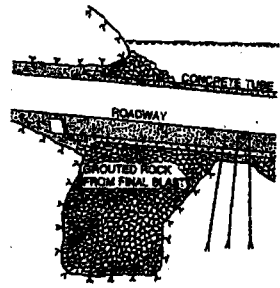
# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	水中トンネルの現状と課題 <span style="float: right;">(No.27-6)</span>
大分類	1. 自然条件 2. 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 (研究計画)
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">図-1 モデル地区位置図</p> <p>[論文概要]</p> <p>1990年に北海道に関係する産・学・官の各機関が一体となって発足した(社)水中トンネル研究調査会の活動成果。          諸外国, 3プロジェクトの調査および調査会での検討(噴火湾バイパス構想)の成果をまとめたもの。          噴火湾ルートの概要。          室蘭-砂原間の直線30km。最大水深約100m。          鉄道・道路案および道路専用案</p> <p>[特記事項]</p> <p>構造条件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) メッシナ海峡連絡計画 記述なし。</li> <li>2) ジブラルタル海峡横断計画 最大潮流速: 2m/sec (水深30m), 波高: 13.5m, 波長: 200m, 周期: 11.5sec, トンネル延長: 5km, 最大水深: 270m</li> <li>3) ノルウエーフィヨルド横断計画 トンネル延長1000mから2000m。フィヨルドであるため水深がきわめて深い。</li> </ol> <p>これらの検討結果より得られた知見・留意点は以下のとおり。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>[1] 動揺や安定性が使用上の大きな制約になる。</li> <li>[2] 構造物の総合的な安全性の評価を行うには, 動揺・係留力・強度等がお互いに関連したものであるとして取り扱う必要があり, 外力・運動等の非線形性も適切にしかも全体の中でバランスよく考慮されなければならない。</li> <li>[3] 我が国のような地震多発地帯では, 海震の影響を明らかにする必要がある。</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>4) 噴火湾プロジェクト 波高 <math>H_{max}</math>: 18.6m, 周期 <math>T_{1/3}</math>: 13.0sec, 潮流 <math>v</math>: 60cm/sec</li> </ol>

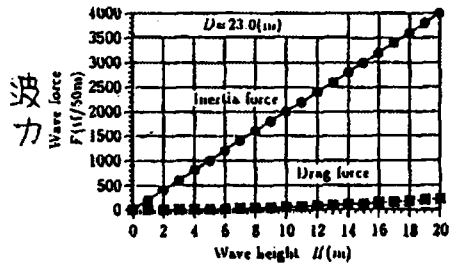
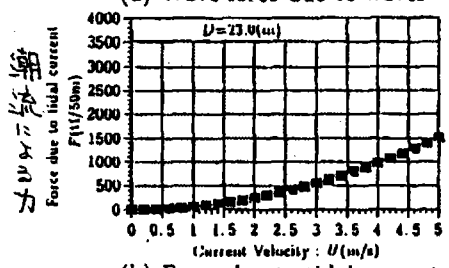
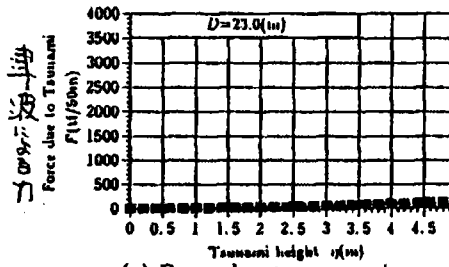
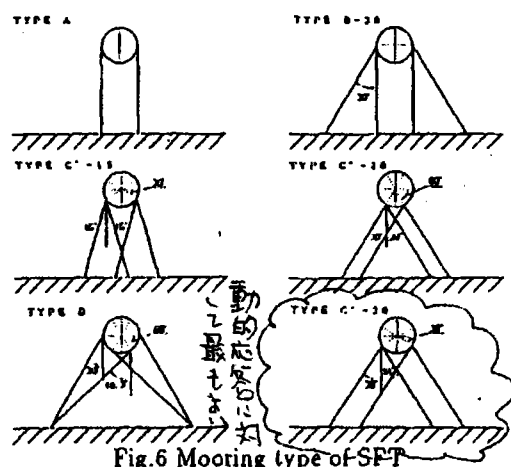
# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	水中トンネルの現状と課題 <span style="float: right;">(No.27-7)</span>
大分類	1. 自然条件 2. 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 (研究計画)
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>図-1 モデル地区位置図</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図-2 トンネル断面図</p> </div> </div> <p><b>[論文概要]</b>          1990年に北海道に関係する産・学・官の各機関が一体となって発足した(社)水中トンネル研究調査会の活動成果。          諸外国、3プロジェクトの調査および調査会での検討(噴火湾バイパス構想)の成果をまとめたもの。          噴火湾ルートの概要。          室蘭-砂原間の直線30km。最大水深約100m。          鉄道・道路案および道路専用案</p> <p><b>[特記事項]</b>  <b>構造条件</b>          1) メッシナ海峡連絡計画          記述なし。          2) ジブラルタル海峡横断計画          トンネル延長: 5km, トンネル設置位置: 水深下30m,          トンネル断面: 幅42.5m×高さ24.0m, アンカーピッチ: 120m,          トンネルエレメント長: 120m。エレメント間には継手設置。          3) ノルウエーフィヨルド横断計画          2車線道路トンネル。設置水深海面下30m。トンネル延長1000mから2000m。</p> <p>これらの検討結果より得られた知見・留意点は以下のとおり。          [1] 動揺や安定性が使用上の大きな制約になる。          [2] 構造物の総合的な安全性の評価を行うには、動揺・係留力・強度等がお互いに関連したものであるとして取り扱う必要があり、外力・運動等の非線形性も適切にしかも全体の中でバランスよく考慮されなければならない。          [3] 我が国のような地震多発地帯では、海震の影響を明らかにする必要がある。</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Design of a submerged floating tunnel with a free span of 1750m (No. 28)
大分類	1. 自然条件 2. <u>構造</u> 3. 解析
区分	1. <u>計画</u> 2. 実験 3. 解析 4. <u>設計</u> 5. <u>施工</u> 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 1 Section through fford with abutment-anchored SFT spanning 1750m</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 2 Cross-section of the SFT in fig. 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 10 Finished joint between abutment and SFT</p> </div> </div> <p><b>[論文概要]</b>          アバットのみで固定された支間 1750mを有する 2車線水中トンネルの構造、設計そして建設について述べられたもの。設計に考慮されるべき荷重について詳細に記述されている。また、特徴的なアバット部の施工方法についても筆者の考えが述べられている。</p> <p><b>[特記事項]</b>  <b>構造概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・支間 1750m (この形式は 800m以上の支間で競争力がある)</li> <li>・両端をアバットで固定。トンネル延長途中にテンションレグは配置しない。</li> <li>・トンネル断面形状：RC円形断面 (直径 11.76m, 2車線道路)</li> <li>・トンネル軸方向はPC構造</li> <li>・さまざまな荷重変化 (時間依存挙動) により生じる縦断線形の変化に対しては、バラスト水の移動で対処</li> <li>・設計は in-line vibrations の周期のモニタリングが前提 (周期の変化が軸力の変化に表われる)</li> <li>・バラスト水は路面下のダムに貯められる</li> <li>・コンクリート品質 C55 (端部ではC85)</li> <li>・建設中はバラスト水無しで施工可能</li> <li>・最大縦断勾配 8% (路面上の状態が良いのOKだろう)</li> <li>・曲率を持つトンネル区間は中央部 375mのみ (総延長に対して 20%) で、これは最大ライズ比を与え、鉛直荷重による軸力変動を小さく導く。温度変化、クリープ・乾燥収縮による応力度も小さくする。</li> <li>・一樣曲率は施工を容易にする</li> <li>・流れ方向の座屈は小さい</li> <li>・PC製の細い柱の弾性座屈荷重は予測可能</li> <li>・終局荷重時の最大軸力 60MN は座屈荷重の 1/3</li> <li>・鉛直面の座屈荷重は、水平方向の座屈荷重の 2倍</li> <li>・座屈の心配はない</li> </ul> <p><b>アバットの建設</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・丘からのトンネルは一時、隔壁で仕切りを設けておく</li> <li>・発破により生じるバラストを貯める collection chamber をドライ施工しておく</li> <li>・発破</li> <li>・対岸から送り出されたコンクリートチューブを隔壁部に閉合。隔壁撤去。</li> </ul>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Experimental study on characteristics of submerged floating tunnels under regular waves <span style="float: right;">(No.31)</span>
大分類	①. 自然条件 ②. 構造 3. 解析
区分	1. 計画 ②. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: flex-start;"> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p><b>波力</b></p>  <p>(a) Wave force due to waves</p> </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p><b>潮流力</b></p>  <p>(b) Force due to tidal current</p> </div> <div> <p><b>津波力</b></p>  <p>(c) Force due to tsunami</p> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>[論文概要]</p> <p>北海道で実施した調査研究結果である。 水理模型実験より得られた規則波のもとでの水中トンネルの動的応答について論じている。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、北海道噴火湾の自然条件と水中トンネルの構造条件について説明</li> <li>2、噴火湾内の水中トンネルに卓越して作用する流体力を規定するため、波荷重と他の環境荷重について比較し、卓越する荷重は波力であることがわかった。</li> <li>3、円筒状の構造物と引張脚柱の流体内での基本的な動的応答を解明するために、規則波のもとでの模型実験を行い、以下の結論を得た。             <ul style="list-style-type: none"> <li>・波浪による水中トンネルの共振は発生しない。</li> <li>・係留タイプは、動的応答の緩和という点では、C'30 が最も優れている。</li> <li>・波荷重では、慣性力が支配的であり、水中トンネルからの渦の離脱は発生しない。</li> <li>・変動張力の大きさは、波高に大きく影響を受ける</li> </ul> </li> </ol> <p>[特記事項]</p> </div> <div style="margin-top: 20px; text-align: right;">  <p>Fig.6 Mooring type of SFT</p> </div>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Response of submerged floating tunnels to vertically impinging seismic waves
大分類	1. 自然条件 2. 構造 ③ 解析 (No. 32)
区分	1. 計画 2. 実験 ③ 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p> </p> <p>[論文概要]</p> <p>垂直方向の地震動振波に対する水中トンネルの応答を推定する解析法を提案し、以下の結論を得た。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 付加質量係数と起振力係数は、地震振動数帯内ではほぼ一定にとどまり、表面波による減衰は無視できる。</li> <li>2. 水の運動に関して、トンネルの加速度時系列応答は、入射地震波の加速度時系列応答と類似しているが、ケーブル張力の振幅は、流体の運動を考慮しないときに比べて大幅に小さくなる。</li> <li>3. ケーブル内の応力伝播は、数百mの水深では応答に影響を与えない。この場合、ケーブルを近似的に線形なバネとみなすことができる。</li> </ol> <p> </p> <p>[特記事項]</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Strait of Messina crossing by submerged floating tunnels: Underwater sound analysis in marine environment (No. 33) (水中橋梁によるメッシナ海峡横断道路：海洋環境における水中騒音解析)
大分類	1. 自然条件 2. 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他(環境予測)
内容	<p>[論文概要]</p> <p>本論文は、メッシナ海峡水中橋梁の実現により予想される騒音の放出により引き起こされる環境評価へ採用された方法論と技術を要約している。                  この分析の範囲は関係する領域の既存の水中騒音レベルの分析とその将来予測である。前者は、関係領域の異なる場所で既存レベルの計測を含んだ調査により実施された。後者は、計測と仮定に基づいた数学的モデルの使用により行われた。                  評価目的としては、既存と将来予測した水中騒音レベルの違いにより結果として生じる海洋環境の乱れを予測することである。                  水中橋梁の騒音放出を減ずるために、構造物に作用する活荷重を限定し、水中橋梁の外殻への伝播路を遮蔽することは必要である。                  外部構造を含む保護 PVC (硬質塩化ビニル) コーティングによれば、6dB 騒音レベルを下げるができる。                  一方、鉄道用水中橋梁に関する限り、厚さ 26mm の減衰層をコンクリート製ブラットホームの枕木に採用することで騒音レベルを低減することができる。保護 PVC コーティングの減衰効果と共にこの効果は、水中騒音レベルを 20dB 縮小できると思われる。</p> <p>[特記事項]</p> <p>騒音レベルの将来予測における数値算出方法が具体的に示されておらず、数値の客観的評価が困難である。                  また、騒音による海洋生物への影響を懸念しているが、その根拠が不明瞭であり現実的問題として考慮すべきか不明である。</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Experimental research related to the behavior of an ocean-floor foundation pile which receives a cyclic pull-out force due to waves 波による周期的な引抜力を受ける海底基礎杭の挙動に関連した実験的研究 <span style="float: right;">No.35</span>
大分類	①. 自然条件    2. 構造    3. 解析
区分	1. 計画 ②. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Fig.3 噴火湾の土質断面</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Fig.9 引抜力と変位の関係 (静的な小規模試験)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Fig.10 小規模の周期的な試験の試験結果</p> </div> </div> <p>[論文概要]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・潜水浮体式トンネルのような構造物では、浮力による静的な引抜力に加えて、波による周期的な引抜力を受けるため、その杭の挙動を明らかにすることが重要となる。</li> <li>・この文献では、引抜載荷試験が実施し、その結果として、周期的な載荷があるときの杭の極限引抜力の減少を定量的に評価することが可能となったことが述べられている。</li> </ul> <p>結論として</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 「噴火湾」の水中浮体式トンネルの基礎は、土タイプによって3つのタイプに分けられるが、杭基礎は洪積期と沖積期の層には必要である。</li> <li>2) 杭の極限引抜力は、波が原因となった繰り返される力によって引き下げられる。</li> <li>3) 振幅を変えた周期的な引抜載荷試験を実行することによって、任意の経過時間の周期的な極限引抜力を見つけることが可能である。</li> <li>4) 条件が静的であるか周期的であるかどうかに関係なく、杭のまわりの摩擦抵抗は杭表面の垂直応力に比例している。</li> </ol> <p>[特記事項]</p>



# 水中橋梁文献調査カード

文献名	Stability of submarine slope subject to repeated loadings 繰返し载荷を受ける海底斜面の安定性 <span style="float: right;">No.36</span>
大分類	1. 自然条件 2. 構造 <b>3.</b> 解析
区分	1. 計画 2. 実験 <b>3.</b> 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p>[論文概要]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・海底斜面の地すべりは、砂層の液状化や粘土やシルト層の繰返し载荷から生じた過剰間隙水圧が原因となって地盤強度の減少したために起こったと考えられている。</li> <li>・海底の斜面の安定性の計算について、提案された多くの方法があるが信頼できる方法は今のところ確立されていない。</li> <li>・この文献では、水中浮体式トンネルの基礎の基本設計に使われた土質定数の設定方法について記述している。</li> <li>・この文献では、地震応答解析を使って、過剰間隙水圧、地盤表面変位と地盤の応答加速度を計算する事によって試算を行い、海底の地すべりに対する安全率が時間変化によって得られたと述べられている。</li> </ul> <p>結果として</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・内部摩擦の初期角度 <math>\phi=30.0^\circ</math> がレベル L2 の地震（最大加速度：150 ガル）による過剰間隙水圧の発生のために <math>\phi=16.1^\circ</math> へと明らかに減ったことがわかった。</li> <li>・レベル L1 の地震（最大加速度：100 ガル）や波の場合の角度は <math>\phi=24.8^\circ</math> より値が下がることはなかった。</li> <li>・レベル L1 の地震や波によるすべり破壊に対して 1/100 の勾配をもつ海底斜面の安全率が、それぞれ斜面が安定した状態にあったと示している <math>F_{smin} = 1.27</math> と <math>F_{smin} = 1.82</math> であった。</li> <li>・レベル L2 の地震では、安全率が <math>F_{smin} = 0.57</math> に引き下がり、斜面は不安定になることが分かった。</li> </ul> <p>[特記事項]</p> <p>解析の条件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 地盤パラメータ</li> <li>(2) 波パラメータの設定</li> <li>(3) 入力地震波             <ul style="list-style-type: none"> <li>レベル L1：150 年の再起周期で最大加速度 100 ガルの不規則波</li> <li>レベル L2：950 年の再起周期で最大加速度 150 ガルの不規則波</li> </ul> </li> </ol>

# 水中橋梁 文献調査カード

資料 No.37

文献名	沈埋・浮体トンネル 水路を横断する良い方法は？																																																				
大分類	1. 自然条件 2. 構造 3. 解析																																																				
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )																																																				
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p>表1 沈埋トンネルの場所と適用例</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>トンネル名</th> <th>場所</th> <th>用途</th> <th>完成年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cove Point</td> <td>アメリカ</td> <td>ガスのパイプライン</td> <td>1976</td> </tr> <tr> <td>Blayais</td> <td>フランス</td> <td>原子力発電所の冷却水吐き出し口</td> <td>1978</td> </tr> <tr> <td>Keihin</td> <td>日本</td> <td>ベルトコンベアー</td> <td>1981</td> </tr> <tr> <td>Friedrichshagen</td> <td>ドイツ</td> <td>歩道</td> <td>1927</td> </tr> <tr> <td>63<sup>rd</sup> Street, NY</td> <td>アメリカ</td> <td>鉄道、地下鉄</td> <td>1973</td> </tr> <tr> <td>Havana</td> <td>キューバ</td> <td>道路</td> <td>1958</td> </tr> <tr> <td>Piet Hein</td> <td>オランダ</td> <td>道路、鉄道</td> <td>1997</td> </tr> <tr> <td>Kaohsiung</td> <td>台湾</td> <td>道路</td> <td>1984</td> </tr> <tr> <td>Alphen ann de Riji</td> <td>オランダ</td> <td>水路</td> <td>1997</td> </tr> <tr> <td>Oresund</td> <td>デンマーク</td> <td>道路、鉄道</td> <td>1999</td> </tr> <tr> <td>Aktion-Preveza</td> <td>ギリシャ</td> <td>道路</td> <td>1999</td> </tr> <tr> <td>MTRC</td> <td>香港</td> <td>乗り換え用鉄道路線</td> <td>1997</td> </tr> </tbody> </table> <p>[論文概要]</p> <p>①沈埋トンネルの概要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・施工方法 100m ほどの長さのエレメント（鉄筋コンクリート製 or 鋼製）をつなぎ合わせることで構築される。施工順序は エレメントの製作および現地浚渫 → エレメントの輸送 → 設置 → 埋戻しとなっている。エレメントの製作場所は設置位置の近くにある必要はなく、100km も離れたところから輸送した例もある。</li> <li>・適用例（上表）</li> <li>・断面形状 断面形状は一般的に、長方形（コンクリート製）や眼鏡形（鋼製）などとなっている。</li> <li>・地盤条件 軟弱地盤状にも建設されている。</li> <li>・設置水深 多くは 5～30m 程度の水深に建設されている。</li> <li>・施工上の問題点と解決方法 浚渫による水質汚染や、建設中の船舶への航路障害等が挙げられるが、汚染を最小限に抑える技術や、これまでの経験からこれらの問題は解決される。</li> <li>・防水性 エレメントは製作ヤードで製作されることから防水に対する信頼性は高い。継手部についても試験などで十分検証された材料を用いている。</li> </ul> <p>②新しい技術の紹介 -水中浮遊トンネル-</p> <p>水中トンネルは水深が深く沈埋トンネルや橋梁などの建設が困難な場所への適用が期待できる。未だかつて建設された例はないが、現在の沈埋トンネル技術や橋梁技術を活かすことができると考えられる。</p> <p>[特記事項]</p>	トンネル名	場所	用途	完成年	Cove Point	アメリカ	ガスのパイプライン	1976	Blayais	フランス	原子力発電所の冷却水吐き出し口	1978	Keihin	日本	ベルトコンベアー	1981	Friedrichshagen	ドイツ	歩道	1927	63 <sup>rd</sup> Street, NY	アメリカ	鉄道、地下鉄	1973	Havana	キューバ	道路	1958	Piet Hein	オランダ	道路、鉄道	1997	Kaohsiung	台湾	道路	1984	Alphen ann de Riji	オランダ	水路	1997	Oresund	デンマーク	道路、鉄道	1999	Aktion-Preveza	ギリシャ	道路	1999	MTRC	香港	乗り換え用鉄道路線	1997
トンネル名	場所	用途	完成年																																																		
Cove Point	アメリカ	ガスのパイプライン	1976																																																		
Blayais	フランス	原子力発電所の冷却水吐き出し口	1978																																																		
Keihin	日本	ベルトコンベアー	1981																																																		
Friedrichshagen	ドイツ	歩道	1927																																																		
63 <sup>rd</sup> Street, NY	アメリカ	鉄道、地下鉄	1973																																																		
Havana	キューバ	道路	1958																																																		
Piet Hein	オランダ	道路、鉄道	1997																																																		
Kaohsiung	台湾	道路	1984																																																		
Alphen ann de Riji	オランダ	水路	1997																																																		
Oresund	デンマーク	道路、鉄道	1999																																																		
Aktion-Preveza	ギリシャ	道路	1999																																																		
MTRC	香港	乗り換え用鉄道路線	1997																																																		

# 水中橋梁 文献調査カード

資料 No.38

文献名	フォグスフィヨルド水中トンネル計画 -輸送、環境、資源について-						
大分類	1. 自然条件    2. 構造    3. 解析						
区分	1. 計画    2. 実験    3. 解析    4. 設計    5. 施工    6. その他 ( )						
内容	[図・グラフ etc.]						
	・輸送性						
		長さ	勾配	標高	乗用車	重量トラック	歩行/自転車通行状況
	フェリー	2.1km	0	0	19分*)	19分*)	良好 (昼間)
	吊橋	1.5km	3%	+50	9分	9分	良好
	水中トンネル	1.4km	3%	-35	9分	9分	可 (細い歩道)
	海底トンネル	10.8km	8%	-400	9分	20-13分	不可
	*) 待ち時間は含んでいない。 ・エネルギー						
		燃料 GJ/年	フェリーに対する比率				
	フェリー	53,800	100%				
吊橋	4,080	7%					
水中トンネル	3,760	7%					
海底トンネル	58,600	109%					
・環境・景観面							
	CO2 排出量 (tonn/year)	Nox 排出量 (tonn/year)	景観	使用者の印象			
フェリー	3,960	106	棧橋、駐車スペース	フェリーでの通行			
吊橋	290	2	ランドマーク	壮麗			
水中トンネル	270	2	見えない	短いトンネル			
海底トンネル	4,220	32	見えない	長いトンネル			
[論文概要]							
<p>フォグスフィヨルド横断計画に対して、既存の方法(フェリー)と代替案(吊橋、水中トンネル、海底トンネル)について、輸送性、エネルギー消費、環境面の比較を行っている。</p> <p>・輸送性 フェリーは 30 分毎に運行しているが、交通量がフェリーの許容量を超えた場合には次の出航を待たなければならない。また夜間の運行をしていないため、昼間の横断のみとなる。</p> <p>・エネルギー フェリーの燃料消費量が少なくなっていない。冬季では待ち時間の間自動車のエンジンをかけっぱなしにしていることが原因と考えられる。</p> <p>・環境、景観 大気汚染対策は重要な問題である。燃料の消費量と比例していることがわかる。フェリーと吊橋については騒音問題も生じる可能性がある。 この地域は有名な景勝地であり、人工構造物で景観を損ねる可能性がある。この観点からすると水中トンネルと海底トンネルが有利となる。</p>							
[特記事項]							
<p>輸送、エネルギーに対しては吊橋および水中トンネルが、フェリー、海底トンネルよりも優れていることがわかった。大気汚染(CO<sub>2</sub>,Nox)も同様である。</p> <p>吊橋と水中トンネルの違いは主に視界と景観に対する影響である。水中トンネルは景観を損なわないのが吊橋に対して優位な点である。</p> <p>水中トンネルは輸送、エネルギー、景観を考慮した場合にフォグスフィヨルドを横断する最良な方法であると考えられる。</p>							

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	Air Spouting Actuator to Reduce Force Applied for Ballast Containers of SFT Subjected Cross Flow (No.39)
大分類	1. 自然条件 (2) 構造 3. 解析
区分	1. 計画 (2) 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Figure 2. Air Spouting System</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Figure 4. Air spouting pattern</p> </div> </div> <p>[論文概要]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 水中トンネルが潮流を受けた場合に発生する、ロックイン振動を減少させることを目的として、空気噴出型アクチュエータを用いた場合の実験を行った。実験のパラメータとして、試験円筒の空気噴出パターン（上図参照）、噴出空気率、加速度振幅比を考慮し、流動方向及び流動直角方向の流体力係数を算出した。</li> <li>2. 実験結果のまとめ             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 加速度振動数が 2 Hz の場合、流動方向の流体力係数はパターン A、C、F 及び G において 50% 以上減少し、変位と流体力との位相角 <math>\theta</math> は常にマイナスである。したがって、これらの場合、このアクチュエータが流動方向の流体力間を減少させるのに有効であると考えられる。</li> <li>・ このアクチュエータを使用する場合は、静水中の水中トンネルの固有振動数を 約 2 Hz に設計するのが望ましい。</li> <li>・ パターン F においては、流動方向の振動が簡単に発生することとなるが、流動直角方向の流体力を減少できる。</li> </ul> </li> </ol> <p>[特記事項]</p> <p>試験円筒のサイズが直径 70 mm、長さ 200 mm での実験であり、実際の中トンネルに使用した場合において同様な傾向となるかは疑問がある。</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

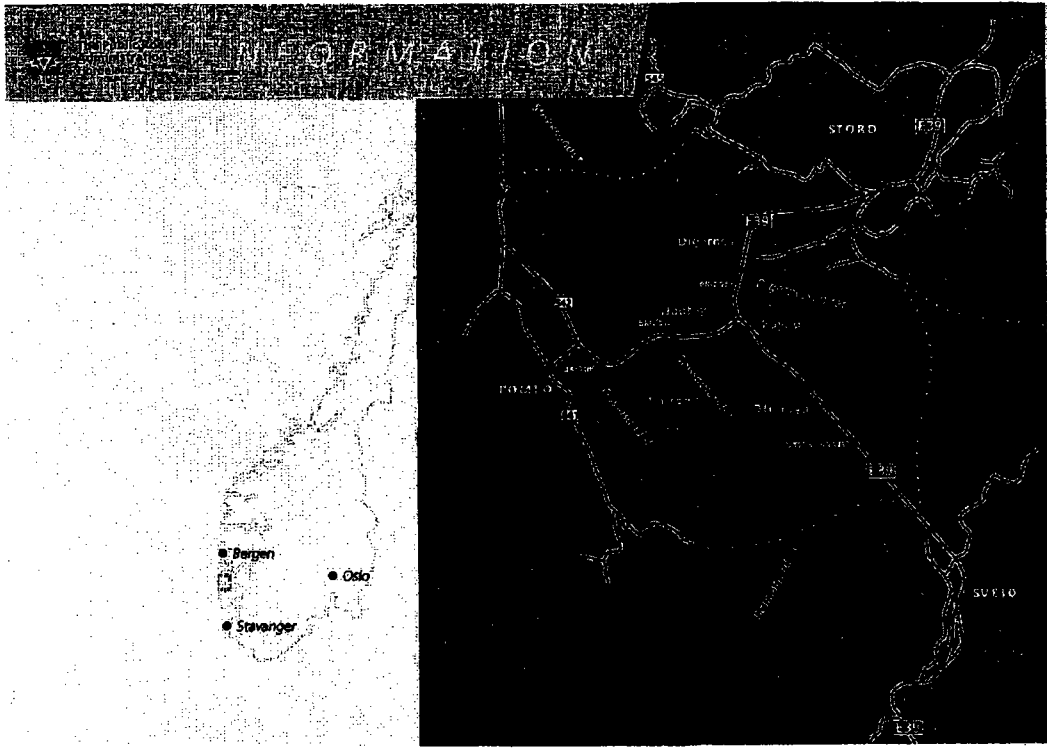
文献名	IMMERSED AND SUBMERGED FLOATING TUNNELS,COMPETITORS OR ASSOCIATES ? <span style="float: right;">(No.40)</span>																																																																																	
大分類	1. 自然条件 (2.) 構造 3. 解析																																																																																	
区分	(1.) 計画 2. 実験 3. 解析 (4.) 設計 (5.) 施工 6. その他 ( )																																																																																	
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>オプション</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>燃料消費量</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$</td> </tr> <tr> <td>環境への影響</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$</td> <td>\$\$</td> <td>\$\$\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> </tr> <tr> <td>海上交通への障害</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$</td> <td>\$\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$\$</td> <td>\$</td> </tr> <tr> <td>船舶の衝突の危険</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$\$</td> <td>\$</td> </tr> <tr> <td>水深の影響</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$</td> <td>\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$</td> <td>\$\$</td> </tr> <tr> <td>地理条件の影響</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$</td> <td>\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$</td> <td>\$\$</td> </tr> <tr> <td>建設側のコスト</td> <td>\$\$\$</td> <td>\$\$</td> <td>\$\$</td> <td>\$\$\$</td> <td>\$\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$\$</td> </tr> <tr> <td>ユーザー側のコスト</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> <td>\$\$\$\$</td> <td>\$</td> <td>\$</td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-left: 40px;">             オプション1: 短いスパン (100m) をもつ橋              オプション2: 適度に長いスパン (300m) をもつ橋              オプション3: 吊橋, 斜張橋              オプション4: 浮体橋梁              オプション5: 沈埋トンネル              オプション6: ロックトンネル              オプション7: フェリー              オプション8: SFT         </p> <p style="text-align: center; margin-left: 40px;">広く深い水域を横断する場合の、種々のオプションのための相対的な長所</p> <p>[論文概要]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. SFTの計画において、トンネルや橋梁等の他の形式と比較した場合の優位性について述べている。広く非常に深い水域においては、SFTと対向する案はロックトンネル、フェリー及び吊り橋であり、それらの相対的な長所は、環境の優先順位とコストに依存する。</li> <li>2. SFT設計のために必要な基礎条件は下記のとおりである。             <ul style="list-style-type: none"> <li>・構造は防水され、耐用年数の間に便利に運営され、維持管理できること。</li> <li>・構造は設計計算において適切に表現できるよう、シンプルで良い定義された静的システムを持っていないなければならない。</li> <li>・構造は終局時に展性がある動きをすること。</li> <li>・構造のディティールはシンプルで、過度の応力集中を避けること。</li> <li>・構造は静的システムにおいて、材料パラメータと腐食での変化に対して健全でなければならない。</li> <li>・構造は疲労に対して十分に安全でなければならない。</li> <li>・主構造より短い耐用年数を持つと考えられるパーツを修理や交換をする必要がある。そのようなパーツは、継手、ベアリング、可動ジョイントである。</li> </ul> </li> <li>3. SFTの建設と設置             <ul style="list-style-type: none"> <li>基本的に沈埋トンネルの施工工法と同様な考え方で対応できる。</li> </ul> </li> </ol> <p>[特記事項]</p>	オプション	1	2	3	4	5	6	7	8	燃料消費量	\$	\$	\$	\$	\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$	環境への影響	\$\$\$\$	\$\$\$	\$\$	\$\$\$	\$	\$	\$	\$	海上交通への障害	\$\$\$\$	\$\$\$	\$\$	\$\$\$\$	\$	\$	\$\$	\$	船舶の衝突の危険	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$	\$\$\$\$	\$	\$	\$\$	\$	水深の影響	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$	\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$	\$\$	地理条件の影響	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$	\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$	\$\$	建設側のコスト	\$\$\$	\$\$	\$\$	\$\$\$	\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$	ユーザー側のコスト	\$	\$	\$	\$	\$	\$\$\$\$	\$	\$
オプション	1	2	3	4	5	6	7	8																																																																										
燃料消費量	\$	\$	\$	\$	\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$																																																																										
環境への影響	\$\$\$\$	\$\$\$	\$\$	\$\$\$	\$	\$	\$	\$																																																																										
海上交通への障害	\$\$\$\$	\$\$\$	\$\$	\$\$\$\$	\$	\$	\$\$	\$																																																																										
船舶の衝突の危険	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$	\$\$\$\$	\$	\$	\$\$	\$																																																																										
水深の影響	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$	\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$	\$\$																																																																										
地理条件の影響	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$	\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$	\$\$																																																																										
建設側のコスト	\$\$\$	\$\$	\$\$	\$\$\$	\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$																																																																										
ユーザー側のコスト	\$	\$	\$	\$	\$	\$\$\$\$	\$	\$																																																																										



# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	UNANCHORED SUBMERGED AND FLOATING TUNNELS (資料 No42)
大分類	1. 自然条件 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 構造    3. 解析
区分	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 計画    2. 実験    3. 解析 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 設計 <input checked="" type="checkbox"/> 5. 施工    6. その他 (    )
内容	<p>[図・グラフ etc.]</p> <p><b>[論文概要]</b>            著者は、水中トンネルのいくつか構造の提案と、どのように設計するかを関係付け、本論では下方アーチ形状となる管本体の設計を主な論題としている。            全長 1500m の水中トンネルは、道路の下に砂利を使用することによって最も経済的にすることができる。ノルウェーのフィヨルドの終点は、水面下 3m では振動の問題ないとしている。水力電気の振動は発生する可能性は少なく、発生した場合でも無害であるとしている。            橋台部の設計、生産方法および水中トンネルの施工方法について述べており、モニターで監視する可能性、管本体の自重をゆっくり変化させることを提案している。            様々な下方アーチ形状の水中トンネルは、ノルウェーのフィヨルドを横断するのに最も経済的な解決方法であるとしている。</p> <p><b>問題点</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 下方アーチ形状となる管本体の設計</li> <li>② コンクリート管本体の内部構造と係留システムを用いる場合の注意点</li> <li>③ コンクリート管の生産</li> <li>④ 橋台の設計、生産および施工</li> <li>⑤ コンクリート管の設置</li> <li>⑥ 支間長 1000~1500m の水中浮体トンネルの荷重条件</li> <li>⑦ 経済性</li> </ul> <p><b>[特記事項]</b>            係留システムを設置しない水中トンネルを提案している。</p>

# 水中橋梁 文献調査カード

文献名	The Bømlafjorden Sub-sea Tunnel (No.43)
大分類	1. 自然条件 2. 構造 3. 解析
区分	1. 計画 2. 実験 3. 解析 4. 設計 5. 施工 6. その他 ( )
内容	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>[図・グラフ etc.]</p>  </div> <p>[論文概要]</p> <p>Bømlafjorden の海底トンネルは、ノルウェーの西、Hordaland 郡に位置する。そのトンネルは Bømlo 島、Fitjar 島および Stord 島と本土を接続するトライアングルプロジェクトの一部である。トライアングルプロジェクトは、ノルウェー西部の主要な海岸道路 E39 を結ぶ上で非常に重要である。海底トンネルは、本土の Sveio から Føyne 島まで Bømlafjorden フィヨルドを横断する。トンネルは、海拔-260m で長さ 7,921m に達する。3 車線あり、1 つは下り線、2 つは上り線となっている。断面は 64m<sup>2</sup>である。</p> <p>[特記事項]</p> <p>本文は、海底トンネルに関するものであるが、安全、運用とメンテナンスに関する章があり、水中橋梁においても参考になるものと思われる。</p>



3.3 検討項目と課題

表3-3. 解析関係論文の一覧表

番号	解析種類	結論	荷重			対象物					構造			
			地震	波・潮流	船舶衝突	トンネル	レグ	基礎・地盤	継手	アバット	レグ方式	ホーンツーン方式	中間支点無	
10	動的応答解析	波力・流力に対する解析と実験の比較より以下の結論 トンネル単体モデル: 解析面では減衰マトリックスの精度向上が必要。 レグ・ホーンツーンも含めた全体系モデル: 実験と解析と良く一致。入射波の伝播方向に敏感。		○		○						○	○	
13	静的および動的解析	静的荷重・動的荷重のそれぞれに対する解析について紹介。												
19	有限要素法	船舶衝突によるトンネルへの影響を解析する場合のモデル化について記述			○	○								
25	感度解析	水中橋梁の波力による応答について記述。 感度解析により、応答値がセンシティブとなるパラメータを確認。 ①波高さ ②卓越周期 ③ポストテンション力 卓越周期が最も効果的なパラメータであった。				○							○	
27		テンションレグ配置 TYPE-A・C: 常時引張 TYPE-B・D: たるみ発生→スナップ(衝撃的な力)発生		○			○					○		
		海底面位置 TYPE-A : 浅くなるとトンネル固有周期=小 → 波浪周期に近づく → 変位大 TYPE-B : 浅くなるとトンネル固有周期=極小 → 変位小 → レグ変動張力大		○				○				○		
		設置水深 TYPE-A : 深くなるとトンネル固有周期=小 → 作用波力=小 → 変位小 TYPE-B : 深くなるとトンネル固有周期=極小 → 作用波力=小 → 変位小		○			○					○		
		レグ傾角 レグ傾角=大 → レグ張力=小 しかレグ長=大となるので、経済性悪化		○				○				○		
32	動的応答解析	付加質量係数と起振力係数は、地震振動数帯内でほぼ一定にとどまり、表面波による減衰は無視できる	○			○						○		
		トンネルの加速度時系列応答は、入射地震波の応答と類似	○			○						○		
		ケーブルの加速度時系列応答は、流体の運動を考慮しない時に比べて大幅に小さくなる	○				○						○	
		ケーブル内の応力伝播は、数百mの水深では応答に影響を与えない	○				○						○	
36	地震応答解析	海底斜面の地すべりは、砂層の液状化や粘土層の過剰感水圧により、地盤強度が減少したためである。	○						○					
		海底斜面の安定性の計算法には多くの方法があるが、信頼できる方法は確立されてない。	○						○					
		土質定数の設定方法について記述	○						○					
		L2地震(最大加速度150ガル)による過剰間隙水圧の発生により、 $\phi=30^\circ \rightarrow 16.1^\circ$ に減少	○						○					
		L1地震(最大加速度100ガル)や波の場合には、 $\phi=30^\circ \rightarrow 24.8^\circ$ よりは下がらない。	○						○					
		海底勾配1/100の場合、 L1地震や波では、 $F_{smin}=1.27, 1.82$ で安定 L2地震では、 $F_{smin}=0.57$ で不安定	○					○						

表 3-4. 自然条件に関する論文一覧表


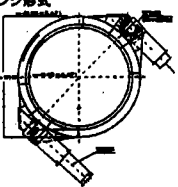
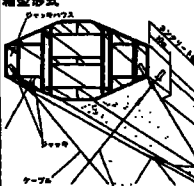
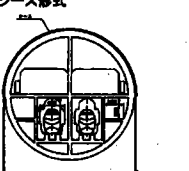
文献 No.	文献名および概要	対象場所			条件				構造		
		海外	日本	その他	波・潮流	地盤	地震	その他	レグ	ボーン	その他
24	<p>「メッシナ海峡横断に対する半潜式トンネルの構成とその特長」 メッシナ海峡横断の半潜式浮体アンカー式橋梁の基本設計結果に関する論文。 計画全長は約 5,000m (開削トンネル-着底トンネル-水中橋梁) 水中橋梁部は 2 重セル構造のテンションレグ形式、設置水深は 35m 以深。 設計条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計基準：耐用年数 200 年以上、極限状態 (PLS, 再現期間 1,000 年)、終局状態 (ULS, 同 400 年)、供用状態 (SLS, 同 50 年) の各限界状態を設定し設計。海峡の局所性の問題、活断層、地震時の各種連成も考慮。</li> <li>・荷重：死荷重 + 常時荷重 (浮力等)、活荷重 (鉄道・道路)、環境荷重、地震荷重、偶発的荷重</li> <li>・自然条件：潮流速度 = 3.6m/s (SLS), 4.0m/s (PLS) 有義波高 = 5.3m (T=7.8s: SLS), 7.7m (T=9.4s: PLS) 地震時荷重 = M3.5; 0.15g (SLS), M5.5; 0.36g (ULS), M7.5 以上; 0.72g (PLS) 断層変位 = 25mm (50Y), 80mm (ULS), 130mm (PLS)</li> </ul>	○ イタリア					○		○		
27	<p>「波浪作用下の水中トンネルの解析的研究」 波浪作用下にある水中橋梁の各種パラメータの影響評価。 パラメータ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テンションレグ配置形状</li> <li>・海底面位置 (橋梁設置位置から海底面までの距離)</li> <li>・設置水深 (橋梁設置位置から海面までの距離)</li> <li>・テンションレグ傾角</li> </ul> <p>設置場所の自然条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・海底面位置：100m</li> <li>・設置水深：30m</li> <li>・波浪：波高 <math>H_{max}=18.6m</math>, 周期 <math>T_{1/3}=13.0sec</math></li> </ul>				○				○		
27	<p>「波浪作用下の水中トンネルの挙動に関する実験的研究」 波浪下にある水中橋梁の挙動を 2 次元造波水槽を用いた水理実験および数値計算を実施し波浪に対する橋梁の基本的な動揺と係留索の張力特性を明らかにした。 パラメータ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・係留タイプ (テンションレグ傾角を含む)</li> <li>・橋梁部比重</li> <li>・橋梁部径</li> <li>・周期</li> <li>・波高</li> </ul> <p>上記について加速度、変位、係留張力、流体力を求めた。 設置場所の自然条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・海底面位置：100m</li> <li>・設置水深：30m</li> <li>・波浪：波高 <math>H_{max}=18.6m</math>, 周期 <math>T_{1/3}=13.0sec</math></li> </ul>				○				○		

文献 No.	文献名および概要	対象場所			条件				構造			
		海外	日本	その他	波・潮流	地盤	地震	その他	レグ	ボウツン	その他	
27	<p>「水中トンネルの現状と課題」  (社) 水中トンネル研究調査会の活動成果。諸外国の3プロジェクトの調査および調査会での検討成果のまとめ。</p> <p>構造条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メッシナ海峡連絡計画： 記述なし。</li> <li>・ジブラルタル海峡横断計画： 最大潮流速度=2m/sec(水深30m)、波高=13.5m、波長=200m、周期=11.5sec、トンネル延長=5km、最大水深=270m</li> <li>・ノルウェーフィヨルド横断計画： トンネル延長=1,000~2,000m、フィヨルドのため水深が極めて深い。</li> </ul> <p>動揺や安定性が使用上の大きな制約となる。  構造物の総合的な安全性の評価を行うには、動揺・保留力・強度等が互いに関連しあったものとして扱う必要があり外力・運動等の非線形性も適切かつ全体としてバランスよく考慮する必要がある。  我が国のような地震多発地帯では、地震の影響を明らかにする必要がある。</p>	○	○		○							○ 全般
31	<p>「規則波のもとでの水中トンネルの特性に関する実験的研究」  (社) 水中トンネル研究調査会の活動成果。水理模型実験より得られた規則波のもとでの水中橋梁の動的応答について記述。</p> <p>北海道噴火湾の自然条件と水中橋梁の構造について説明。  噴火湾内の水中橋梁に卓越して作用する流体力を規定するため、波荷重と他の環境荷重について比較した結果、卓越する荷重は波力であることを確認。  円筒状構造物とテンションレグの流体内での基本的な動的応答を解明するため、規則波のもとでの模型実験を行い以下の結論を得る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・波浪による水中橋梁の共振は発生しない。</li> <li>・保留タイプは動的応答の緩和という点では「TYPE C'-30」が最も優れている。</li> <li>・波荷重では慣性力が支配的であり水中橋梁からの渦の離脱は発生しない。</li> <li>・変動張力の大きさは波高に大きく依存する。</li> </ul>		○		○				○			
33	<p>「水中橋梁によるメッシナ海峡横断道路：海洋環境における水中騒音解析」  メッシナ海峡水中橋梁の実現により予想される騒音の放出により引き起こされる環境評価に採用された方法と技術の要約。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・関係領域の現状騒音レベルの計測・調査の実施。</li> <li>・計測結果と仮定に基づいた数学的モデルの適用による将来予測。</li> </ul> <p>上記により以下のことを提案</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・騒音放出を減らすため構造物に作用する活荷重を限定し水中橋梁の外殻への伝搬路を遮蔽する必要がある。</li> <li>・PVCによる外殻のコーティングは、6dB 騒音レベルを低減できる。</li> <li>・鉄道用水中橋梁に関する限り、厚さ 25mm の減衰層をコンクリート製ブラットホームの枕木に採用することで騒音レベル低減が図れる。</li> <li>・前二項の併用により騒音レベルを 20dB 低減できる。</li> </ul>	○ イタリア						○ 騒音				○ 全般

文献 No.	文献名および概要	対象場所			条件				構造		
		海外	日本	その他	波・潮流	地盤	地震	その他	レグ	ボーン	その他
35	<p>「波による周期的な引抜き力を受ける海底基礎杭の挙動に関連した実験的研究」</p> <p>潜水浮体式トンネルのような構造物では浮力による静的引抜き力に加え波力による周期的引抜き力を受けるため、その杭の挙動を明らかにすることが重要。引抜き荷試験を実施し、その結果として周期的荷がある場合の杭の極限引抜き力の減少を定量的に評価することを可能にした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・噴火湾の水中橋梁の基礎は土のタイプによって3つに分けることができるが、杭基礎は洪積世と沖積世の層では必要である。</li> <li>・杭の極限引抜き力は波が原因となる繰り返し荷重によって引き下げられる。</li> <li>・振幅を変えた周期的引抜き荷試験を実施することで任意の経過時間の周期的極限引抜き力を算定することができる。</li> <li>・条件が静的か周期的であるかに関係なく杭の周りの摩擦抵抗は杭表面の垂直応力に比例する。</li> </ul>	○				○			○		
43	<p>「Bomlafjorden の海底トンネル」</p> <p>Bomlafjorden海底トンネルプロジェクトの概要について記述されているが、安全・運用とメンテナンスに関する章があり、水中橋梁の参考になる。</p>	○						○			○

表 3 - 5 . 構造に関する検討項目と課題

基本条件		項 目			文献等で整理または結論が出ている事項	検 討 課 題
基本条件	・平面線形 ・縦断線形					
	・内空断面	・必要とされる機能	・車線数、鉄道路線数	・2車線室(シングルデッキ) 円柱形状 ・4車線室(ダブルデッキ) 双環状形状	・検討される断面では、鉄道を前提に考えられている例が多くみられる。 ・トンネルの施工方法、換気、建設材料	・浮力および潮流の影響によるものが大 ・道路橋の場合、換気等が問題となる。
			・管理用通路		・管本体を剛壁構造とし、一室を管理用通路とする。	
			・付帯設備	・排気設備および換気設備	・管本体を剛壁構造とし、一室を排気口とする。(文献9,42) ・ポンツーン形式などを利用し、排気口を設ける。(文献25)	・トンネル入り口付近の環境問題
			・バラスト		・トンネル内バラスト室に注水、放水することによりトンネル本体の變形を確保する。また、建設時においても有効となる。(文献42)	
	・安全対策	・雨量による各交通の分離 ・避難路の二重壁 ・避難スペース				
			・水理模型実験			
	・断面形状	・円形			・船体構造を開発するシステムによって沈没トンネルまたは水中浮体トンネルのコスト削減できる。(文献16) ・2つの鋼製同心シリンダとコンクリート層を一体化した構造。(文献2,15)	・トンネルは、平面線形や縦断線形によって複数のセグメントより構成される。 ・衝突および爆発による局所圧力に対する抵抗力を上げる
		・楕円形				
		・多角形				
・設置水深				・テンションレグ方式、積台方式により選定される ・海底面位置h=100m、設置水深d=30m(文献27) ・海底位置が浅いとトンネルの固有周期は小さくなる→波浪周期に近づき、共振化する ・設置水深が深くなると固有周期が小さくなる→作用波力も小さくなる		
・トンネル比重						
主構造材料	コンクリート	鋼強度コンクリート 軽量コンクリート 高性能コンクリート	耐久性、耐浸水性 腐食、防食 疲労 海洋生物の付着			
	フェロセメント 鋼材 FRP					
	FRP					
外殻構造	コンクリート	躯体内外のライニング (サンドイッチ構造)	鋼板、FRP	船舶の衝突		
	鋼板					

項目		目		文献等で整理または図面が出ている事項	検討課題	
係留システム	係留方式	テンションレグ方式	レグの配置	軸方向、軸直角方向の本数 間隔 取付け角度	C30という配置が動的応答の観点からは良い(北海道Gr.検討済) 断面の置力アンカー 120mピッチ(メッシナ海峡横断計画)	
			レグ断面	ケーブル パイプ		
			材料	鋼種、鋼管 FRP 連続繊維	※北海道Gr.検討済	
			テンションレグ接続装置	剛結合 ピン結合	エラストマーを使用したフレックスジョイント、ベアリング、ユニバーサルジョイント、球面滑り軸受タイプ ※北海道Gr.より	
			予備		予備のアンカーを2種類設置しておき、予備側はな荷重に替える	
		ボーン方式			φ20m	
		架台方式				
		両端アバウトのみの固定方式	バラスト水による形状調整		800m以上の支展で競争力がある	
	本体固定着方式(ファンレグ)	外付け構造	片持ち梁形式		取付部に応力が集中する トンネルに作用する流体力や浮力に及ぼす影響は少ない レグの取付け、取外し、張力調整、維持管理は水中作業となる 海水による防食、生物付着対策が必要	トンネルに作用する流体力や浮力になるべく影響を及ぼさない 構造の検討 水中の取付部の防食、生物付着対策 水中作業によるレグの取付け、取外し、張力調整、維持管理方法
			ヒンジ形式		取付部はヒンジ構造のため応力が集中しない トンネルに作用する流体力や浮力に及ぼす影響は少ない レグの取付け、取外し、張力調整、維持管理は水中作業となる 海水による防食、生物付着対策が必要	
チャンバー構造			箱型形式 	取付部に応力が集中する 取付部の構造が大きくなるため、トンネルに作用する流体力や浮力に及ぼす影響が大きい レグの取付け、取外し、張力調整、維持管理は空中作業となる 海水による防食、生物付着対策は不要		
ループ構造			ループ形式 	ループにより外側部に応力が分散する トンネルに作用する流体力や浮力に及ぼす影響は少ない レグの取付け、取外し、張力調整、維持管理は水中作業となる 海水による防食、生物付着対策が必要		

項 目		文献等で整理または結論が出ている事項			検 討 課 題
保留システム	地盤への定着方法	重方式 杭基礎方式 グラウンドアンカー式 CFT その他			
継手構造	固休間の継手  陸上部の継手 材料	連続継手 可換性継手  ゴム コンクリート 鋼材	剛接継手 可動継手 止水構造		メッシュ鋼板の施工方法(連続継手) カブラー式の継手方法(可換性継手)
ユーティリティ設備	インラインバイブレーションの モニタリング 換気塔 消化設備 換気施設 照明設備 排水設備	ケーブルダクト 遊動通路 緊急車両用通路 防衛工 観光スペース			

プロジェクト名	メッシナ海峡	(文献番号:24)
橋 長	5,050m	
設置水深	55m (最大水深:350m)	
断面形状	円筒形 $\phi=17.11\text{m}$	
係留システム	テンションレグ方式	

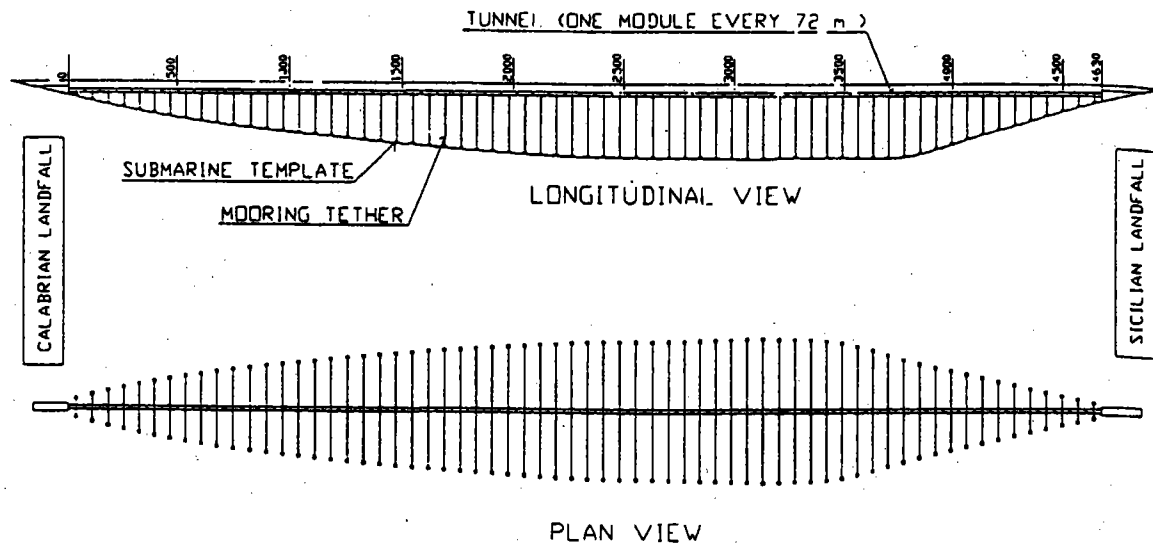


Fig. 1 : RAILWAY TUNNEL CROSSING - GENERAL LAYOUT

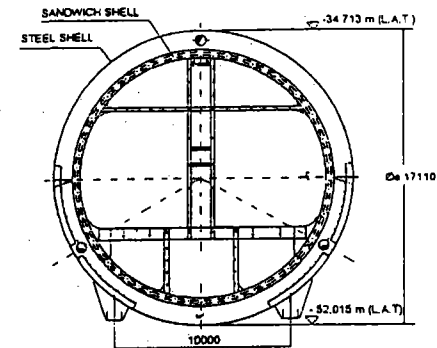


Fig. 2 : TUNNEL CROSS SECTION

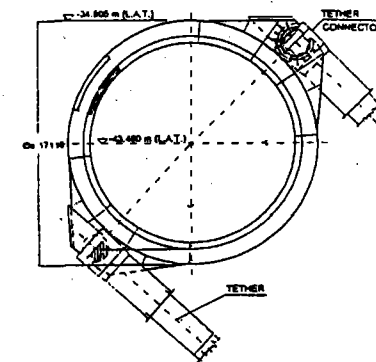


Fig. 3 : TETHER-TUNNEL CONNECTION



プロジェクト名	メッシナ海峡	(文献番号:18)
橋長	5,050m	
設置水深	30m (最大水深:350m)	
断面形状	多角形	
係留システム	テンションレグ方式	

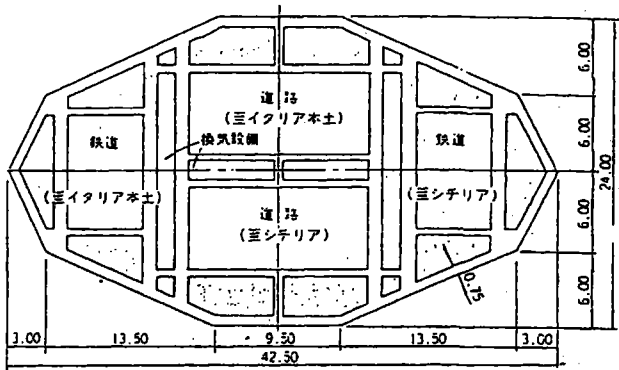


図-9 水中橋梁の断面図

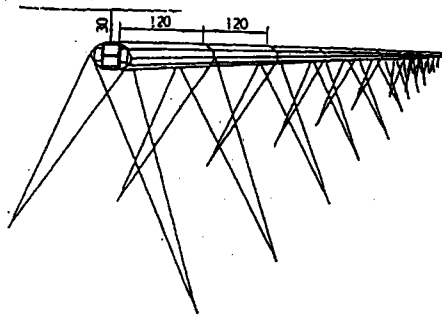


図-10 水中橋梁の概念図

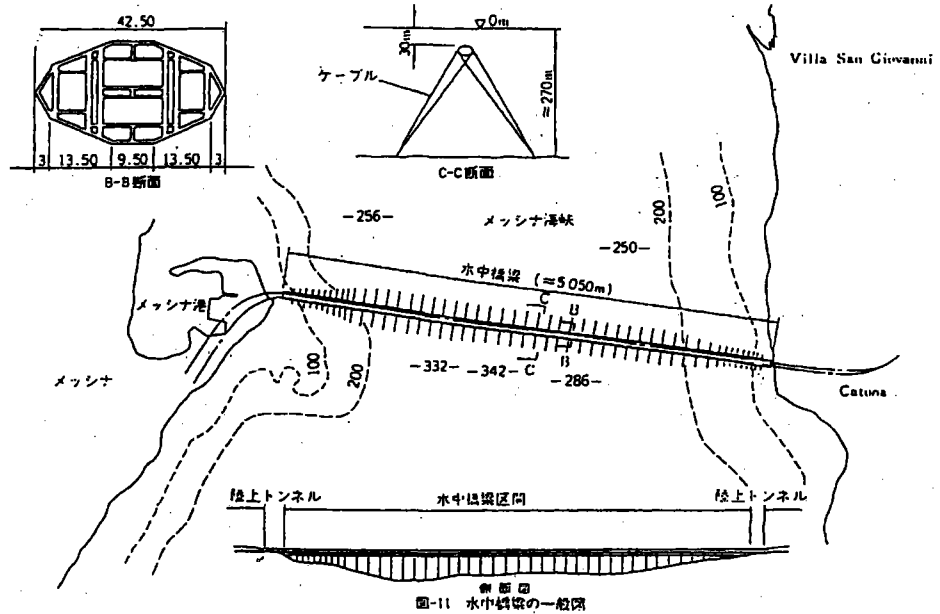


図-11 水中橋梁の一般図

プロジェクト名	Hogsfjord
橋 長	1,312m
設置水深	20m (最大水深:100~200m)
断面形状	円筒形 $\phi=11.2\text{m}$
係留システム	ポンツーン形式

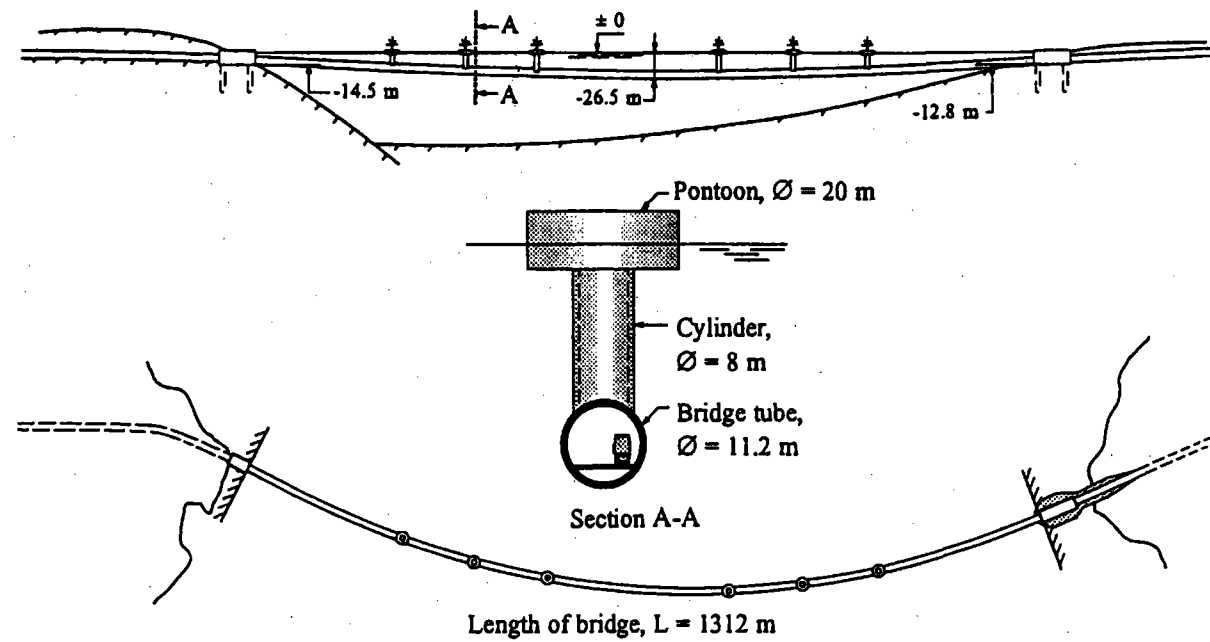


Figure 1 Possible concept for submerged tubular bridge across Høgsfjorden

プロジェクト名	—	(文献番号:28)
橋 長	1,750m	
設置水深	約55m	
断面形状	円筒形 $\phi=9.5m$	
係留システム	両端部固定方式	

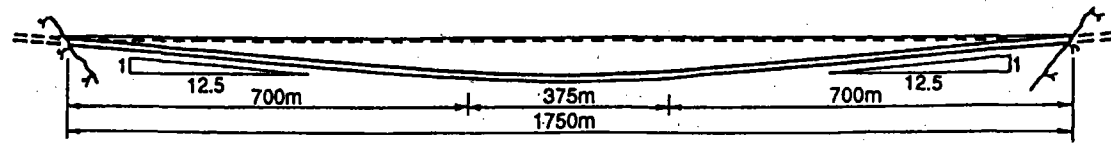


Fig. 1 Section through fjord with abutment-anchored SFT spanning 1750m

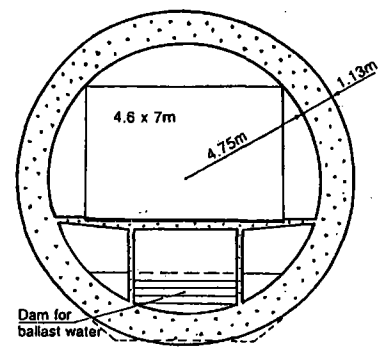


Fig.2 Cross-section of the SFT in fig. 1

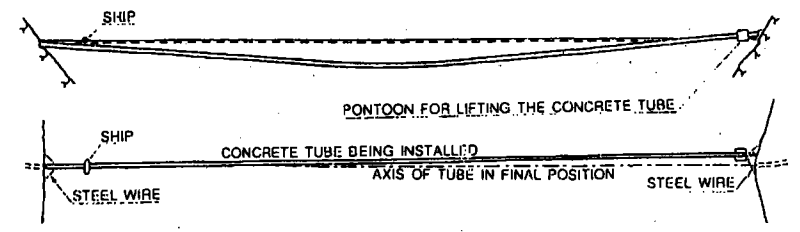


Fig. 9 1750m long SFT being installed. Horizontal movements are obtained by four wires to four winches.

プロジェクト名	ルガーノ湖(スイス)
橋 長	930m
設置水深	6m
断面形状	円筒形 $\phi=10.6m$
係留システム	架台方式

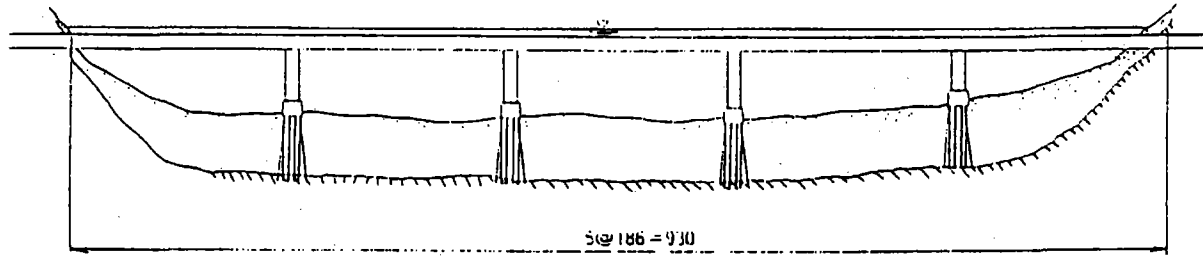


図-1 スイスで検討されている水中橋梁 (単位:m)

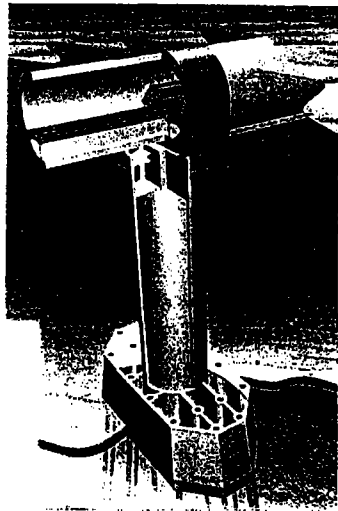
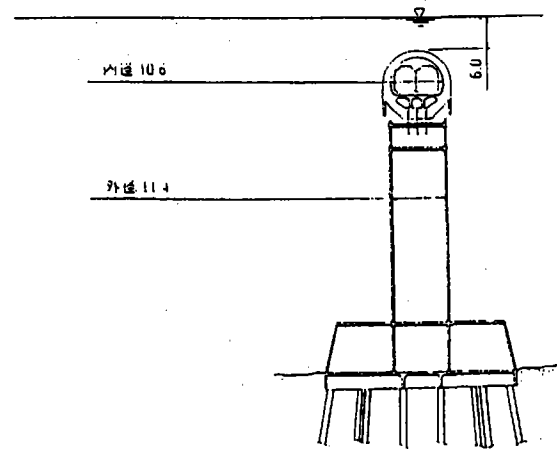


図-4 水中浮きトンネルの概念図④



プロジェクト名	噴火湾	(文献番号:27)
橋長	30,000m	(浮体橋梁区間 20,000m:係留方式 12,000m、架台方式 8,000m)
設置水深	30m	(最大水深:95m)
断面形状	円筒形	$\phi=23.0m$
係留システム	テンションレグ方式	

(1) 縦断線形計画

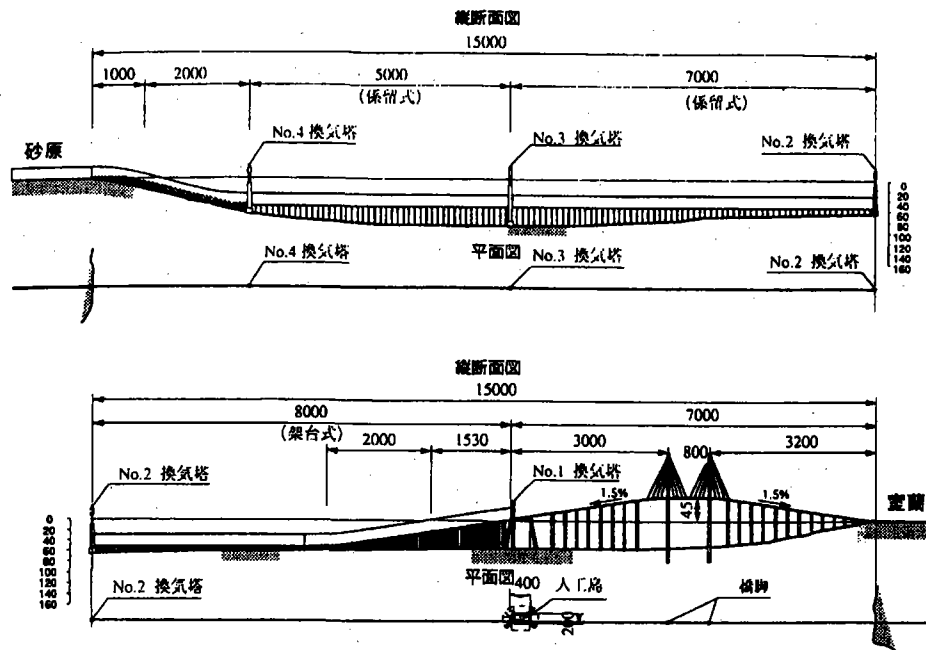


図-1.4.3 噴火湾水中トンネル縦断面図

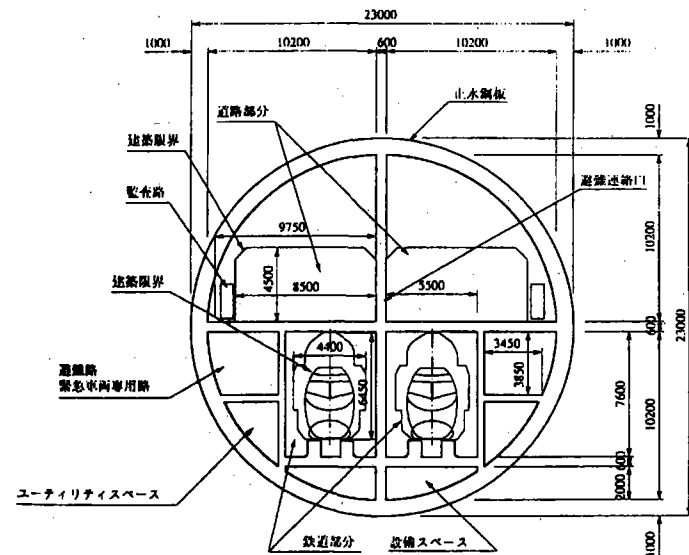


図-1.3.1 主要構造配置断面図

プロジェクト名	ジブラルタル海峡
橋長	13,000m
設置水深	350m
断面形状	—
係留システム	テンションレグ方式

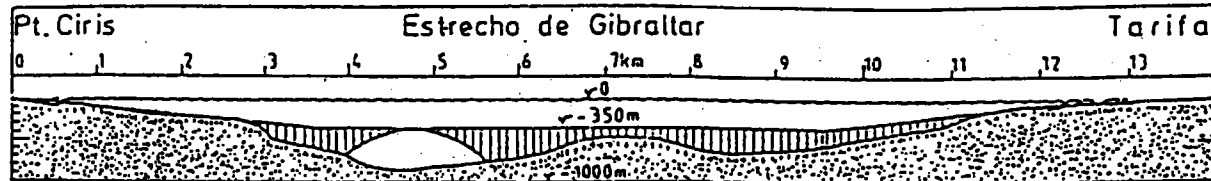


図-3 ジブラルタル海峡の水没式橋梁

プロジェクト名	Botten海
橋長	8,000m
設置水深	20m
断面形状	—
係留システム	架台方式

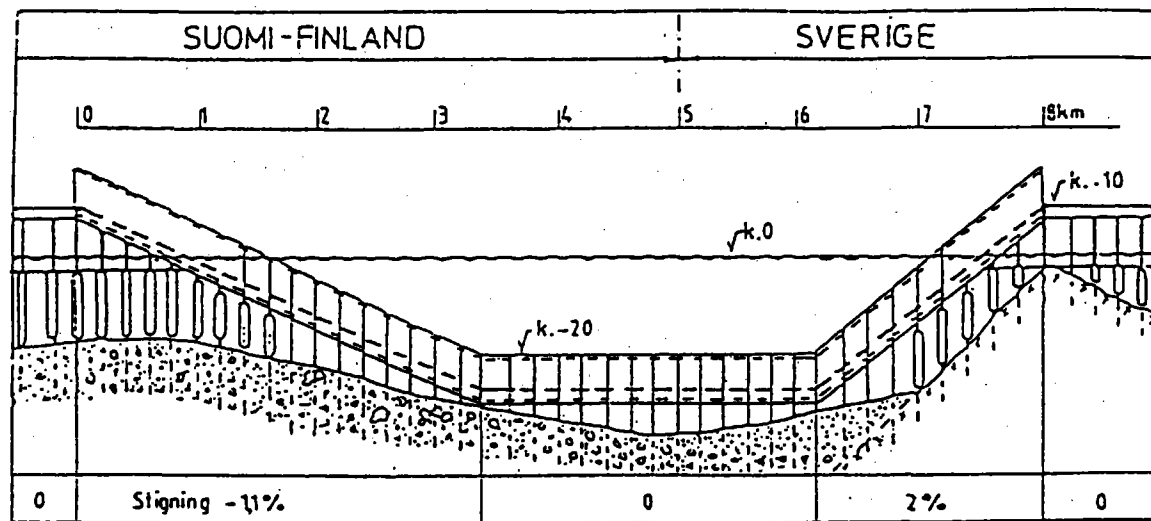


図-4 Botten海の水没ポンツーンとトンネル橋梁

プロジェクト名	Sognefjord
橋 長	3,500m
設置水深	—
断面形状	—
係留システム	テンションレグ方式

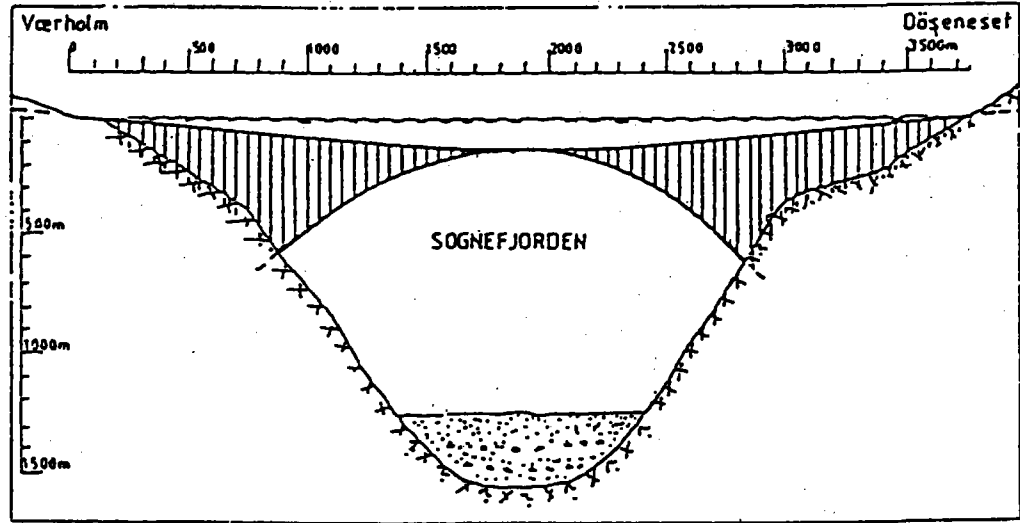


図-5 Sogneフィヨルドの水没式トンネル橋梁



メッシナ海峡の係留システム例

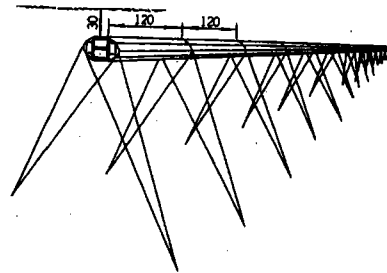


図-10 水中橋梁の概念図

Hogesford の係留システム例

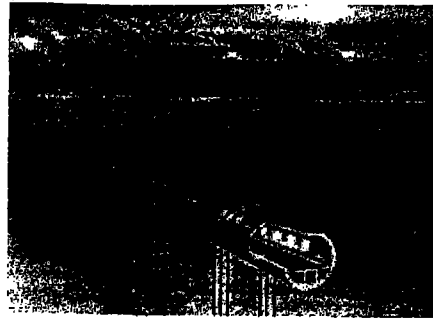
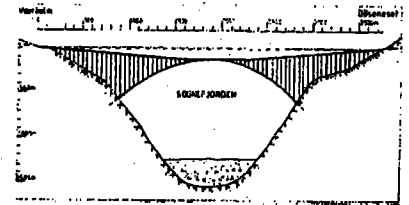
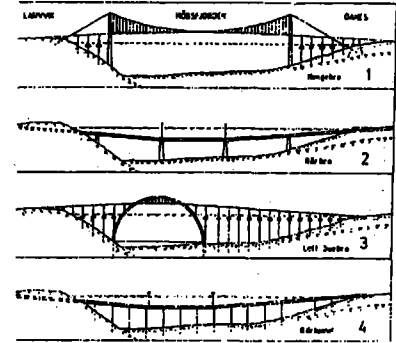


Figure 3: One of the four prequalified submerged floating tunnel solutions.



Lugano湖の係留システム例

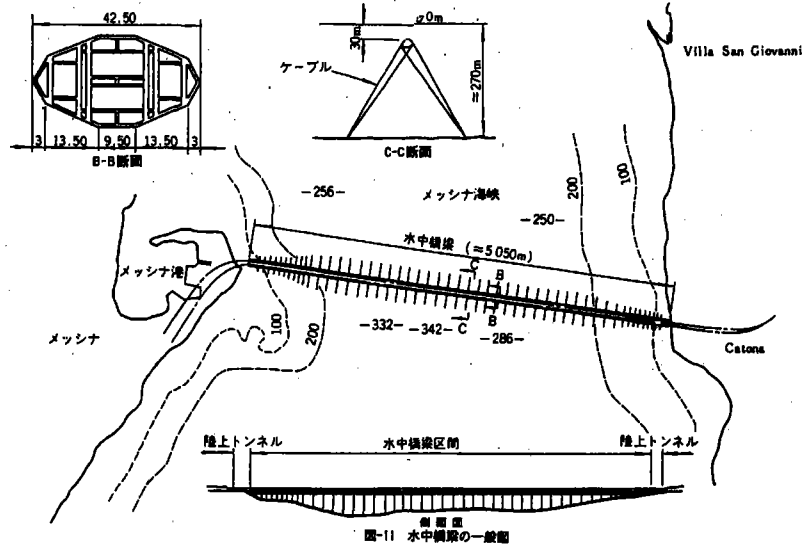


図-11 水中橋梁の一般図

テンションレグ方式  
海洋構造物のプラットフォーム係留システムなどが使える

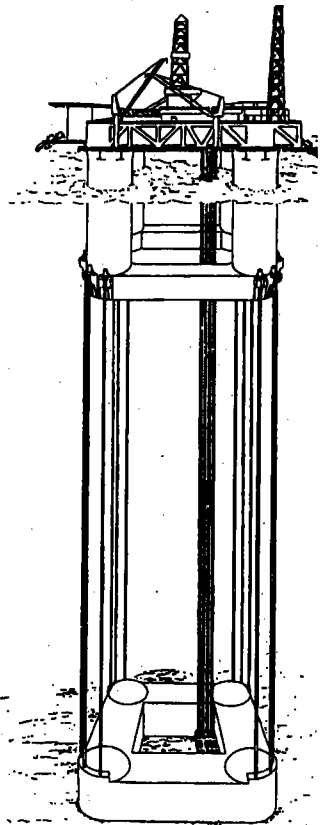


FIG. 1.  
THE TENSION LEG PLATFORM

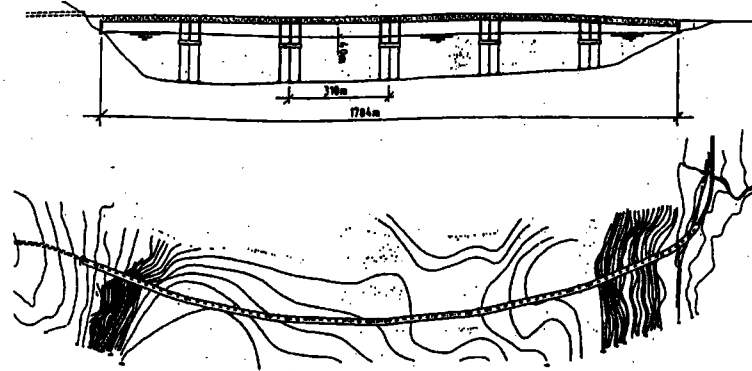


FIG. 2  
VERTICALLY TETHERED BRIDGE 1784m

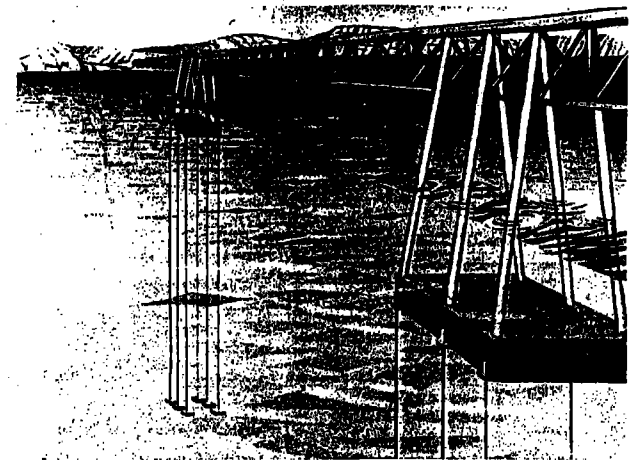


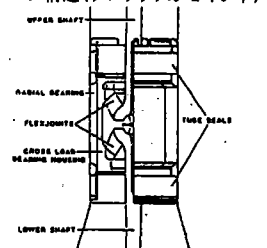
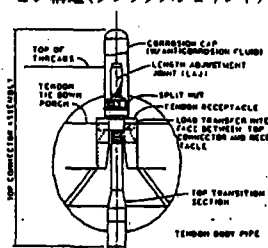
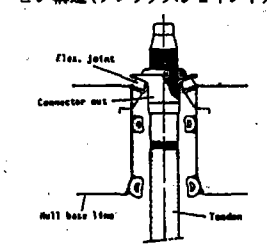
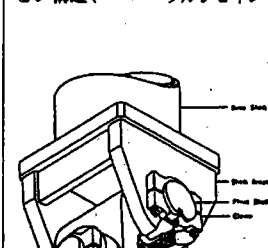
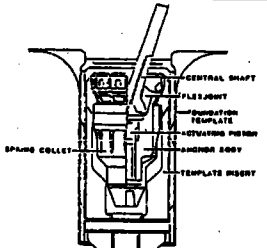
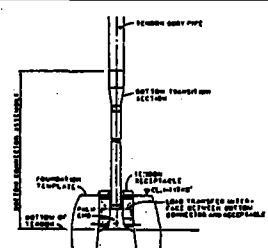
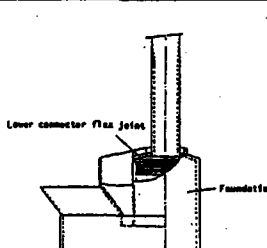
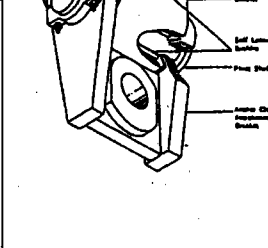
Fig. 4. Vertically Tethered Bridge (Artist View)

テンションレグの連結装置

- ・張力調整、振動防止、検査、施工のため
- ・剛結合 or ピン結合

ピン結合の構造例『水中トンネル 第I編 計画から設計・施工まで』(社団法人 水中トンネル研究調査会)より

表-4.6.3.2.1 テンションレグ連結装置

名称	HUTTON TLP (CONOCO)	JOLLIET TLP (CONOCO)	GVA15,000TLP	BERGA SALM (EXXON)
施工年	1984	1989		1969
概略	ピン構造(フレックスジョイント)	ピン構造(フレックスジョイント)	ピン構造(フレックスジョイント)	ピン構造(ユニバーサルジョイント)
				
構造				
	出典	The Design Substantiation of Anchor Connectors and Cross-Load Bearings for the Hutton TLP OTC4947 (1985)	Designing the TLWP OTC6360 (1990)	A New and Cost-Beneficial Approach to TLP Tethering OTC5722 (1988)
備考	ドライ施工	水中作業を伴う	止水後ドライ施工	

Per Tveit氏 (Agder College of Engineering, Grimstad, Norway) 提案の種々の水中橋梁案, 係留システム案

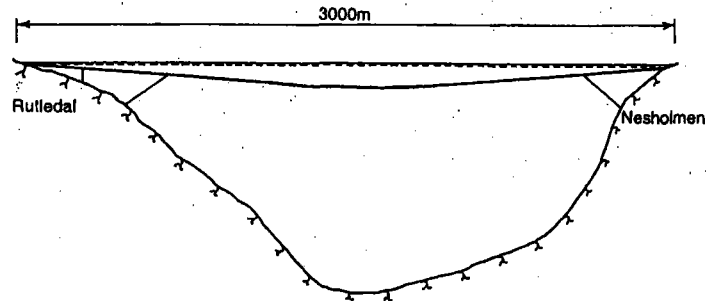


Fig. 11 STF Rutledal-Nesje. Free span 1900m. Stays closest to the shore are in pairs. Max. depth -1050m.

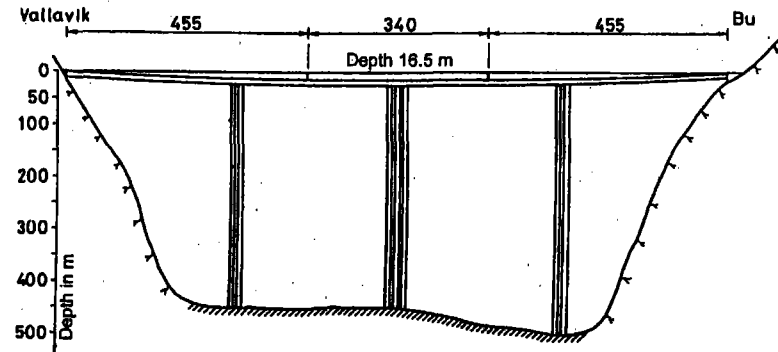


Fig.4. Horizontally curved SFT between Vallavik and Bu. Navntoft and Tveit 1979.

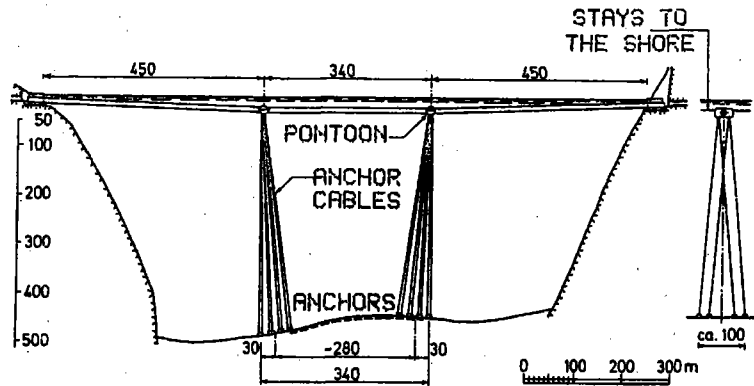
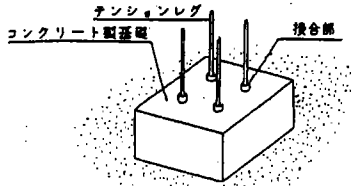
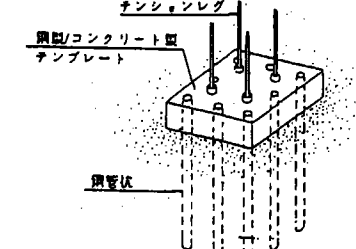
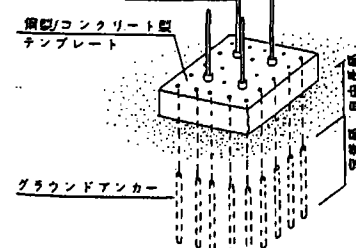
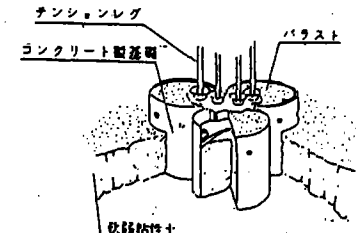
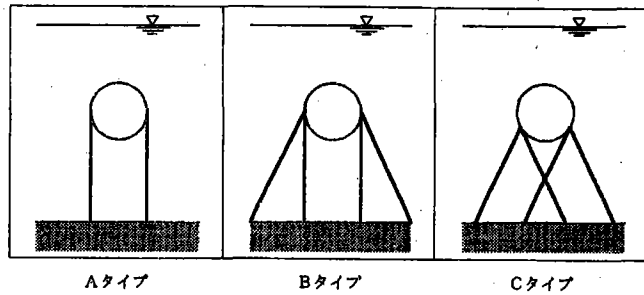


Fig 3. Straight SFT between Vallavik and Bu. Vegdirektoratets Rørbroutvalg 1979.

係留施設の地盤への定着方法

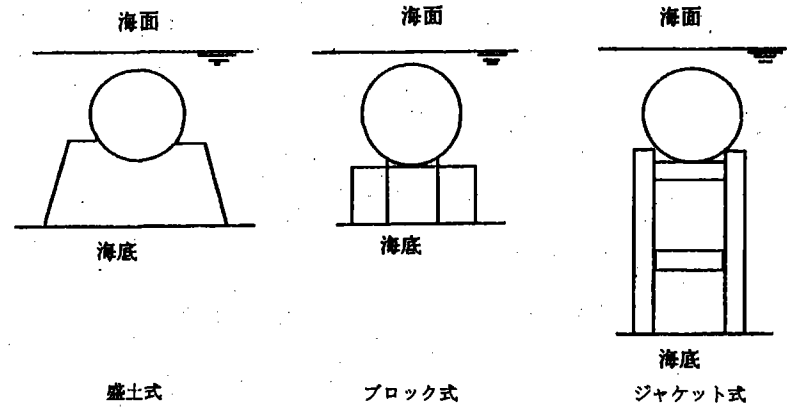
工 法	概 要 図	特 徴	考えられる施工法	検討事項・問題点等
<p>重 力 式 基 礎</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. テンションレグからの張力を基礎の重量で抵抗させる構造である。</li> <li>2. 比較的浅い位置に良質な支持層が存在する留場合に適用可能である。支持力が不足する場合には地盤改良が必要。</li> <li>3. 斜め係留方式の場合には、常時大きな水平力が作用することから、滑動に対する安定性確保のため、深い根入れが必要となる場合がある。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設置ケーソン方式</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. テンションケーブルとの定着構造</li> </ol>
<p>杭 基 礎 方 式</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. テンションレグからの張力を主に杭の周面摩擦力で抵抗させる構造である。</li> <li>2. 常時大きな引張力を受けた状態で繰り返し荷重を受けるような杭基礎はほとんど実績が無いため、杭の引き抜き支持力の算定には長期引き抜き荷重や繰り返し荷重による摩擦力の低下に留意する必要がある。</li> <li>3. 打設方法として、地盤により打ち込み方式、ドリル掘削グラウト方式等を選択する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 杭の施工は杭打ち船に行い、位置決め用の規制コンクリート製テンプレートをFC船で予め設置しておく。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. テンションケーブルとの定着構造</li> <li>2. 杭とテンプレートとの接合構造</li> </ol>
<p>グラウンドアンカー式基礎</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. プレストレスカによって基礎を地盤に定着させ、基礎を浮き上がりや滑動に対する安定を確保する構造である。</li> <li>2. 基本的に海底面直下に堅固な岩盤がある場合に適用可。</li> <li>3. 基礎の機能上、永久アンカーとなるため、アンカー一体やアンカー材の抜き出しに対しての検討や、アンカー材の腐食に対する検討が必要。</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. テンションケーブルとの定着構造</li> <li>2. グランドアンカーの施工方法</li> <li>3. アンカーとテンプレートの接合構造</li> </ol>
<p>その他 (半重力式基礎:CFT)</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. コンクリート製セルの自重とセル内部の排水によって生じる負圧を利用して、セルを地中に観入させる構造である。</li> <li>2. 常時の引き抜き力に対してはセルの自重とバラストで、波浪等の短期の引き抜き力に対しては、この重量にセルと地盤との周面摩擦力および基礎内部の負圧を加えた重量で抵抗させる。</li> <li>3. スノーレ油田のテンションレグプラットフォームで開発。</li> <li>4. 水深が深く、海底地盤が軟弱な粘性土の場合に役に有効。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設置ケーソン方式</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. テンションケーブルとの定着構造</li> <li>2. セル内部の排水方法</li> </ol>

テンションレグの配置方法  
 動的応答の観点からは、Cタイプが良い(北海道Gr.検討済)



Aタイプ Bタイプ Cタイプ

図-4.6.2.1 テンションレグの形状



盛土式 ブロック式 ジャケット式

図-4.6.4.1 その他の支持形式

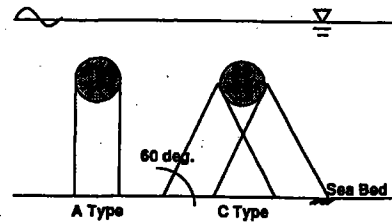


Fig. 7 Analysis model of mooring line arrangement

Hogsjordの例

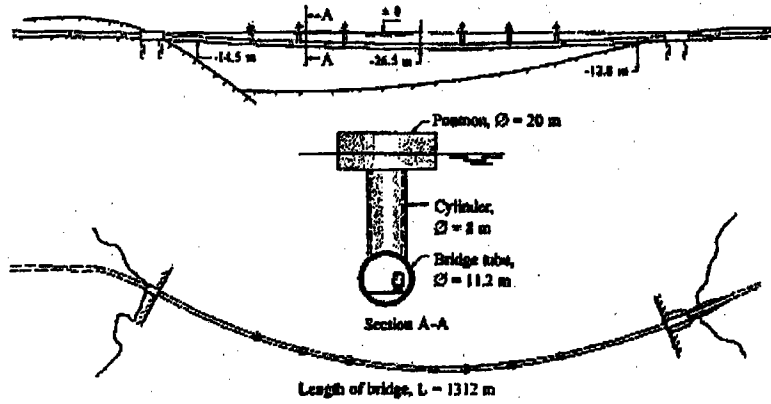


Figure 1 Possible concept for submerged tubular bridge across Hogsfjorden

メッシナ海峡での基礎構造案

基礎は72m間隔で設置されており、各々のテンプレートは骨組み構造で2本の索の連結器がある。基礎方式は柱基礎方式であり、4本の柱(外径102インチ)で構成されている。

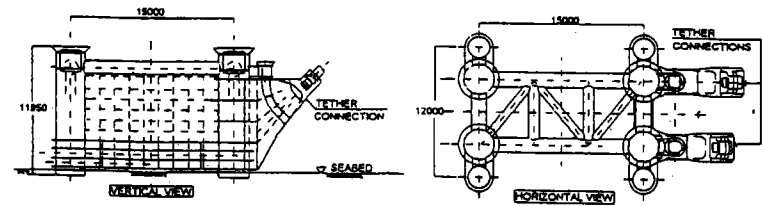
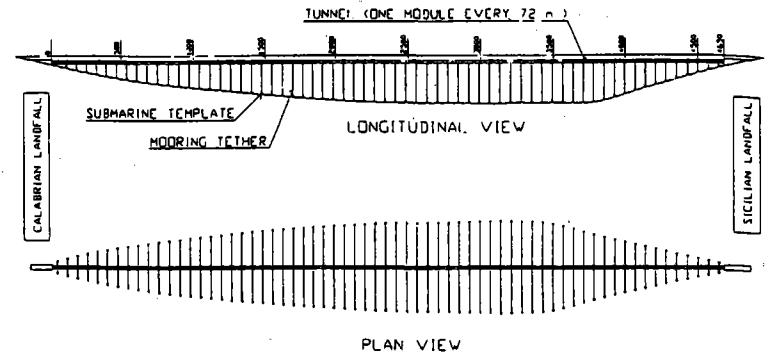


Fig. 4 : PILED FOUNDATION TEMPLATE - STRUCTURAL CONFIGURATION





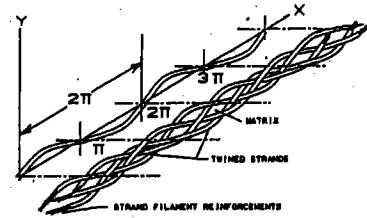
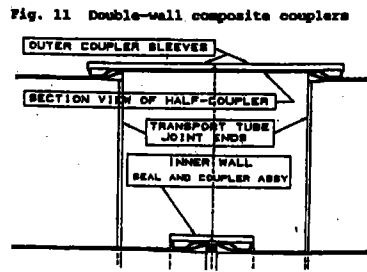
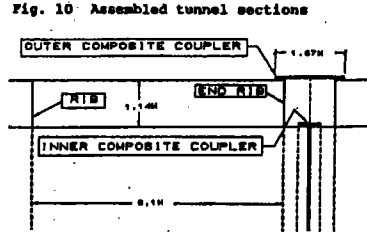
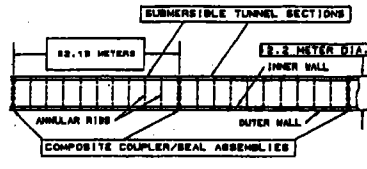
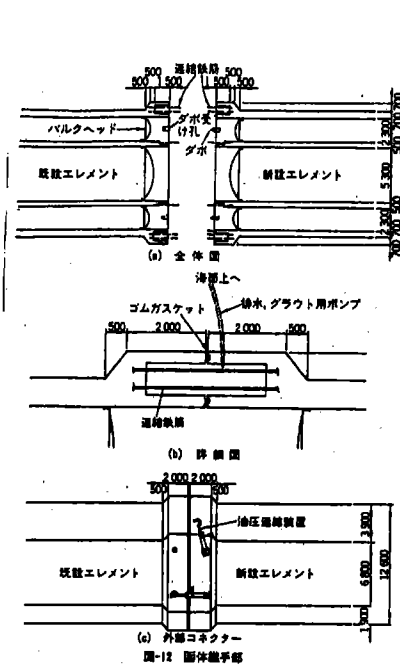


Fig. 2 Enlarged configuration of a unidirectional twine composite structure

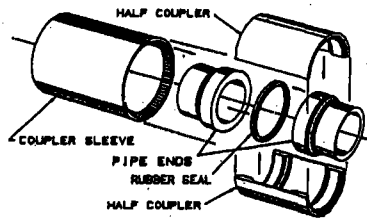


Fig. 3 Structural and sealing constituents of a high-strength mechanical coupling structure used to connect and seal tubular composite structure of any size

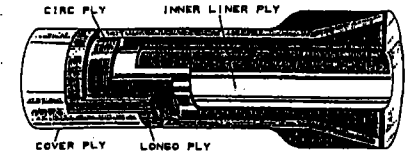


Fig. 4 Cross sectional perspective view of composite tubular joint end showing arrangement of individual laminate plies

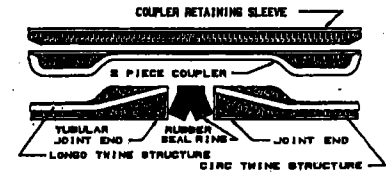


Fig. 5 Cross section view of each structural constituent comprising a high strength composite mechanical coupler assembly

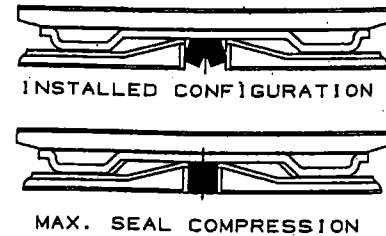


Fig. 6 Cross section view of a composite mechanical coupler assembly showing joint end positions during extremes of structural length changes

メッシナ海峡案の施工方法

- ①海面上で平面位置決めを行う。
- ②負の浮力が作用するまでタンクに注水し、既設の函体に沿って吊り下げる。
- ③バルクヘッド間の海水を排水し、函体相互を水圧により密着させる。
- ④空隙部にコンクリートを注入する。
- ⑤函体内の浮力タンクの水を排水し、設計浮力を働かせる。

カップラー式の継手方法(二重の壁構造)

コンクリートとガラス繊維で補強されたプラスチック

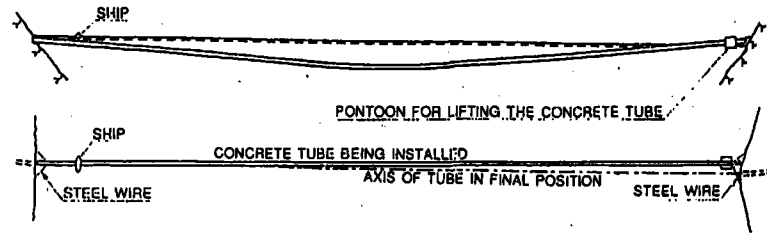


Fig. 9 1750m long SFT being installed. Horizontal movements are obtained by four wires to four winches.

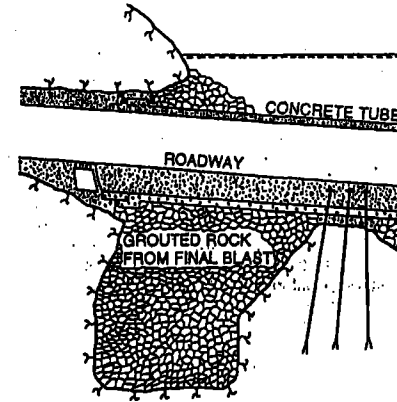


Fig. 10 Finished joint between abutment and SFT

両端のアバウトのみで定着する方法

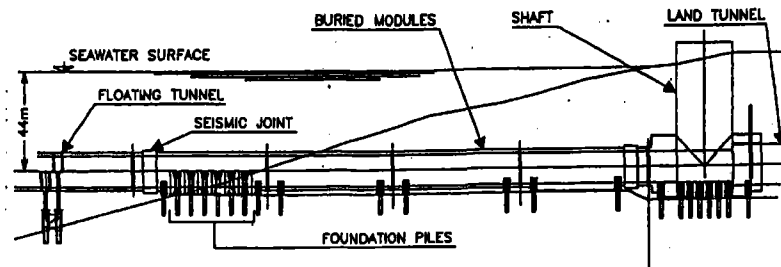


Figure 1 - Typical landfall structure

砂地盤上の水中と陸上の境界部での特殊な継手方法 (SEISMIC JOINT=耐震継手)