

# 水中不分離性コンクリートを用いた既設横棧橋補強工事

## Reinforcement of Existing Open-type Wharves with Underwater Concrete

伊藤 昇\*  
Noboru Itō

山本 省吾\*\*  
Shōgo Yamamoto

佐藤 幸三\*\*\*  
Kōzō Satō

### 要 約

本工事は既設直杭式横棧橋の変形抵抗を増す補強工事である。工事中も棧橋の荷役作業にできる限り支障を及ぼさないことが要求されたため、補強構造は海中部の既設鋼管杭に鋼製プレスを設置する構造とした。また、海中における補強プレス材と既設鋼管杭との接合部は海中作業であり、作業性の悪い条件下のため、水中溶接に代わる信頼性の高い構造として、サヤ管と水中不分離性コンクリート（マークリート）を用いる構造を採用した。水中不分離性コンクリートには荷役作業との関係から高い初期強度が要求され、かつ、現場練りによる打設となることから、配合は実験により決定することとした。施工は、荷役作業に支障を及ぼすことなく完了し、水中不分離性コンクリートも十分な強度が発現したことが確認され、所期の目的が達成できた。

### 目 次

- §1. はじめに
- §2. 工事概要
- §3. 棧橋の安全性の検討および対策工の選定
- §4. 補強対策工の設計
- §5. サヤ管中詰めコンクリートの配合試験
- §6. 補強対策工の施工
- §7. おわりに

### §1. はじめに

本棧橋は、昭和産業㈱鹿島工場の65,000D.W.T 棧橋である。当該棧橋は最大船舶50,000D.W.T 級を対象として、昭和49年に西松建設により設計・施工された。その後、昭和55年に65,000D.W.T 級船舶を着棧させるため、ムアリングドルフインの増設および防舷材の取替を

行い、現在に至っている。

本棧橋は鹿島港中央航路の正面に位置し、港内進入波の影響を受けやすい。特にうねりの影響が大きい時など、係留船舶の動揺が大きくなり、それが時として係留ロープの破断、防舷材の損傷等の事故発生につながっているのが現状である。

破断ロープや損傷した防舷材は、その都度、取替えることにより事後対処は可能であるが、もし、棧橋全体が破壊に至った場合、当工場の稼働は事実上、停止することになり、その意味で本棧橋の重要度は極めて高いといわなければならない。

そこで、荒天時における船舶係留時の水平変位の計測を実施し、本棧橋の安全性について検討を行い、それらの結果に基づいた補強対策を実施した。

### §2. 工事概要

本工事の工事概要は下記のとおりである。

工事件名 昭和産業㈱鹿島工場65,000D.W.T 棧橋補強

\*東関東(支)那珂導水(出)所長  
\*\*土木設計部設計課  
\*\*\*技術研究所研究部地質研究課

## 工事

企業先 株式会社 昭産エンジニアリング  
 工期 自 昭和63年12月1日  
 至 平成元年4月30日  
 工事場所 茨城県鹿島郡神栖町深芝6番地 昭産業  
 (株)鹿島工場内

工事内容 ・レーザ光線による棧橋変位測定  
 ・棧橋下部鋼管杭のブレース補強および防舷材取付  
 ・棧橋上部コンクリートの塩害補修

Fig. 1 に棧橋平面図を、Fig. 2 に棧橋断面図を示す。

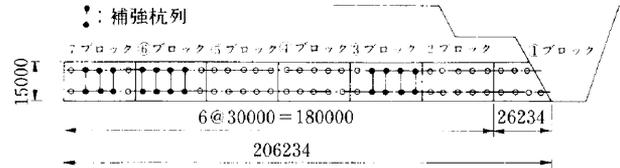


Fig.1 棧橋平面図

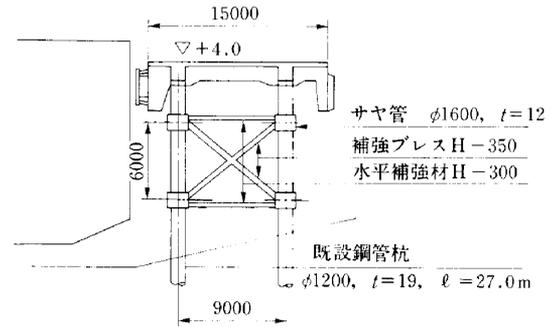


Fig.2 棧橋断面図

### § 3. 棧橋の安全性の検討および対策工の選定

安全性は棧橋の水平変位により判定した。水平変位が大きくなるのは大型船舶係留時で、かつ、うねりや波浪が生じた場合であるが、その時期を事前に特定できない。このため、レーザ光線による自動計測器を採用したり、

計測の結果、本棧橋の安全性を長期的に保ちかつ安全性をより高めるために、補強対策が必要である、という結論を得た。

対策工として、ブレース設置案、根巻きコンクリート案、増杭案が考えられたが、構造特性、施工性、工期等を含めて総合的に判断してブレース案を採用した (Table 1 参照)。

### § 4. 補強対策工の設計

#### 4-1 補強範囲の検討

補強ブレースの設置範囲とその補強効果を検討し、最も経済的かつ効果的な補強範囲を決定した。

補強範囲は以下の3タイプを考えた。

TYPE-1 No.3, 6ブロックを補強

TYPE-2 No.3, 6, 7ブロックを補強

TYPE-3 No.2~7ブロックを補強

検討条件は接岸時として、Fig. 3 に示す4ケースを考えた。また、検討モデルは各杭列をバネ評価した弾性床上のはりとし、各々のタイプにおける棧橋の水平変位量を計算した。

なお、No.3とNo.6ブロックの防舷材は接岸時、係留時の接触頻度が高いため、本工事において増設を行い、1ブロックに2基の配置とした。

結果の一覧表を Table 2 に示す。

最大変位量と補強杭列の関係から考えて、TYPE-2が最も経済的かつ効果的な補強範囲であると判断した。

#### 4-2 既設鋼管杭と補強ブレースとの接合

##### (1) 水中溶接

既設鋼管杭と補強ブレースとの接合は海中作業となる。海中における接合は一般には水中溶接の採用が考えられる。しかしながら、本構造への水中溶接の利用には以下の問題が考えられた。

水中溶接についてはその設計方法、施工要領に関して詳述した文献が少ない。特に強度に関しては大気中での溶接に比べてかなり劣るという指摘もあるが、その評価を明確にしている基準はない。また、本工事における鋼管とH鋼との接合のような作業条件の悪い施工箇所では、さらに問題が大きいと考えられる。このため、本構造に水中溶接を用いることは信頼性に問題が残る、好ましくないと判断した。

##### (2) 水中不分離性コンクリートの利用

水中溶接に代わる接合方法として考えたのが、サヤ管と間詰コンクリートの構造に水中不分離性コンクリートを利用するものである (Fig. 4 参照)。水中不分離性コンクリートは主に海中の基礎コンクリートに多用されており、接合材料としての利用は少ないが、当構造への適用においては以下の利点を有すると考えた。

- ① セルフレベリングの特性上、締固めが不要であり、間詰めには最適である。特に溶接と異なり作業員の技術に左右されることが少ないため、信頼性の点で好ましい。
- ② 溶接の場合には各部材の寸法に高い精度が要求さ

Table 1 補強対策の比較一覧表

	第1案 プレースの設置	第2案 水中コンクリートによる根巻き	第3案 増し杭
概略構造			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在の水平変位量を約1/2程度にすることができる。</li> <li>3案の中で、荷揚作業に対する支障期間は最も短い。</li> <li>既設杭の位置・傾斜等の正確な測量が必要である。</li> <li>6ブロックの内、2ヶ所同時に内航側より施工する。</li> <li>1ブロック当りクレーン船の使用は約2週間。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>変位量を約1/2にすることができる。</li> <li>既設杭の打込精度の影響を受けない。</li> <li>部分的に浚渫が必要となる。</li> <li>コンクリートが硬化するまで(1週間程度)、棧橋は内・外航共用できない。</li> <li>6ブロックの内、2ヶ所同時に内・外航側より施工する。</li> <li>1ブロック当りクレーン船の使用は約2週間。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>変位量を約1/2にすることができる。</li> <li>スラブの撤去、打直しが必要。</li> <li>3案の中で荷揚作業に対する支障期間が最も長い。</li> <li>内航側の面積が小さくなる。</li> <li>鋼管杭を最初に打設し、順次、棧橋をはつり、施工していくため、工期内は内航側の荷揚作業ができない。</li> </ul>
工期	5ヶ月	5ヶ月	11ヶ月
工費	○	△	△

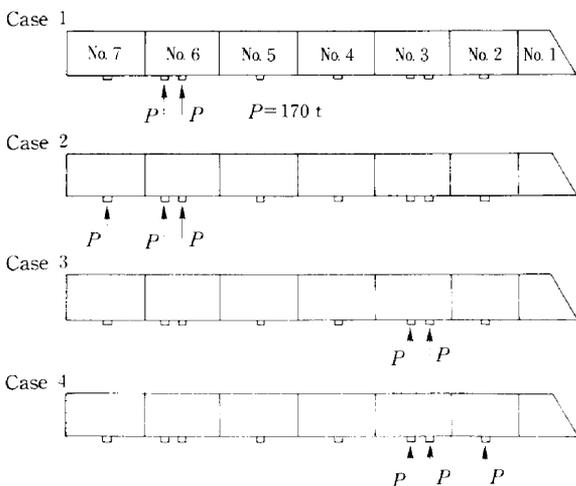


Fig.3 接岸時の荷重ケース

れるが、間詰めの場合にはかなりの誤差が吸収可能であるため海中作業が容易である。

以上の理由により、Fig. 4 にしめす接合方法を採用した。

(3) ズレ止め

サヤ管とコンクリートおよび鋼管とコンクリートの鉛直力の伝達のためにズレ止めプレートを設置した。ズレ止めプレートは日本道路協会の“杭基礎設計便覧”において提示されている方法であり、コンクリートと鋼材間の付着力のみならず、コンクリートの支圧力で鉛直方向へのズレに抵抗するものである。

サヤ管へのズレ止めプレートの取付は工場溶接で行われたが、鋼管杭への取付は水中溶接を用いた。

Table 2 補強範囲と棧橋の最大水平変位

補強タイプ	TYPE-1 (No.3, 6 ブロック補強)	TYPE-2 (No.3, 6, 7 ブロック補強)	TYPE-3 (No.2~No.7 ブロック補強)	現 状 (補強なし)	
補強杭列数	8	11	20	0	
荷 重 ケ ー ス	CASE-1 (5, 5 に170 t)	1.35 (0.57)	1.15 (0.49)	1.01 (0.43)	2.37 (1)
	CASE-2 (5, 5, 6 に170 t)	3.34 (0.71)	1.63 (0.35)	1.59 (0.34)	4.71 (1)
	CASE-3 (2, 2 に170 t)	1.29 (0.59)	1.29 (0.59)	1.00 (0.46)	2.19 (1)
	CASE-4 (2, 2, 3 に170 t)	1.85 (0.61)	1.84 (0.61)	1.32 (0.44)	3.01 (1)

注：( )内の値は現状の変位量を1.0とした時のものである。

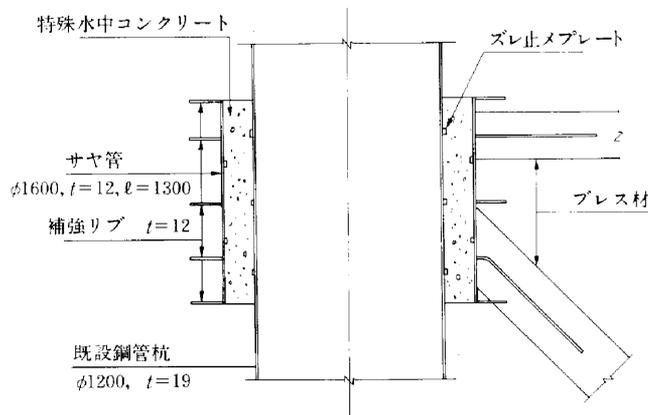


Fig.4 プレス材と鋼管杭の接合

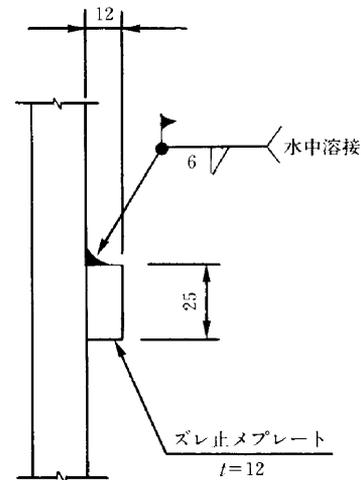


Fig.5 ズレ止メプレート

前述のように信頼性の問題があったため、水中溶接の許容値は大気中の1/3に低減しズレ止めの設計を行った。

Fig. 5 にズレ止めの仕様を示す。

#### 4-3 補強プレス材の分割と接合

補強プレス材は平面形状が約9.0m×7.0mと大きいので、工場ですべて接合、組立を行うと運搬が困難となるため、3ピースの部材に分割し、現場で接合することとした。また、サヤ管についても海中での作業性を考え3つに分割した (Fig. 6, Fig. 7 参照)。

これらの接合はすべて普通ボルトによる支圧接合を用いた。これは高張力ボルトによる摩擦接合を水中作業により行った場合の特性が必ずしも明確にされていないためである。

### §5 サヤ管間詰めコンクリートの配合試験

サヤ管と既設鋼管杭との接合は、間詰めコンクリートによる方法が採用された。

このコンクリート工は、水中作業となり、作業状況および完成後のコンクリートの状況等の確認が困難である。そのため、関西新空港工事等で良好な結果が得られている水中不分離性コンクリート (マークリート) を使用することを検討した。

水中不分離性コンクリートとは、セルローズ系あるいはアクリル系水溶性高分子を主成分とする水中不分離性混和剤を添加したコンクリートであり、

- ① 水の洗い作用を受けても優れた分離抵抗性を示す
- ② 粘稠でプラスチシーに富み、セルフレベリング性、充填性に優れている

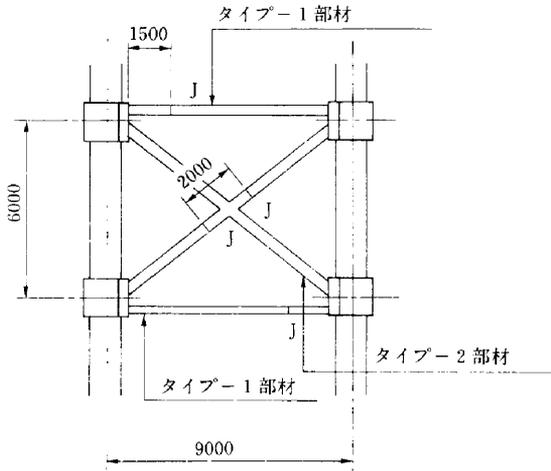


Fig.6 ブレースの分割

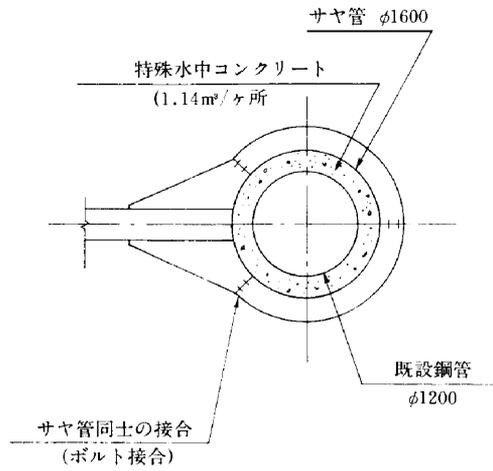


Fig.7 サヤ管の分割

③ ブリージングやレイタンスの発生が少ない等の優れた性質を持ったコンクリートである。

今回の施工においてコンクリートは、サヤ管の間詰めという性格上、既設鋼管杭とサヤ管との一体性が必要で、無収縮であることが要求され、膨張材を添加することを検討した。さらに荷役作業との関連で、特に高い初期強度が要求されたので、促進型 AE 減水剤の使用を検討した。また、打設量が少ない（全体で約60m³を2回に分けて打設）ためバッチャープラントで水中不分離性コンクリートを混練することが困難であり、現場で水中不分離性混和剤のスラリーをトラックアジテータで混練する方法（後添加方法）が必要となった。また、コンクリートの打込み時期が3月頃と予想され、その時期の海水温度は10℃程度と低いことも考慮する必要があった。

しかし、水中不分離性コンクリートにこれら混和材料を使用した例はなく、コンクリートの性状に及ぼす影響や効果についても不明な点が多い。また、製造や養生における必要強度条件も、従来の水中不分離性コンクリートに比較して厳しいものであった。従って、コンクリートの配合は、試験によって確認し決定することとした。

5-1 試験の条件および試験方法

工事に用いられるコンクリートは、関西新空港建設工事などでの実績を参考として、次の様な条件を設定した。

- セメント : 普通ポルトランドセメント
- 粗骨材最大寸法 : 25mm
- 水中不分離性混和剤 : 2.3kg/m³
- 流動化剤 : 8 l/m³ (標準)
- 減水剤 : 促進型 AE 減水剤, C×1%
- 膨張材 : デンカ CSA

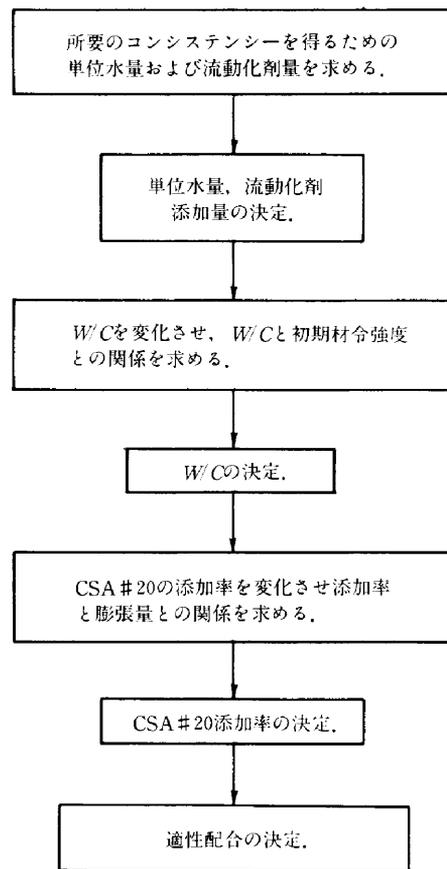


Fig.8 配合試験練りのフロー

圧縮強度 : 設計基準強度  $\sigma_{ck} = 240 \text{kgf/cm}^2$ ,  
初期強度  $\sigma_{2-4} = 120 \text{kgf/cm}^2$

10~30kg/m³添加

Table 3 W/Cを変化させたマークリートの配合

No.	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								スランブフロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)
			C	W	S	G	No.75	UWB	W <sub>2</sub>	NP-20			
1	55	42.0	382	172	686	994	3.82	2.3	30	6.0	47×48	2.4	15.5
2	50	41.0	430	177	650	978	4.30	2.3	30	8.0	47×48	2.5	16.0
3	45	39.5	489	182	602	965	4.89	2.3	30	8.0	47×46	2.8	16.0
4	40	38.0	563	187	553	941	5.63	2.3	30	8.0	47×46	2.5	16.5

Table 4 マークリートの初期強度 (10°C 養生)

No.	W/C (%)	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )					
		2日		3日		4日	
		平均		平均		平均	
1	55	57		90		113	
		66	62	92	91	118	115
		62		90		114	
2	50	73		108		139	
		80	74	112	106	131	138
		70		97		145	
3	45	101		129		172	
		92	95	140	138	166	168
		92		144		166	
4	40	115		154		202	
		110	114	161	160	202	203
		117		166		204	

養生温度 : 10°C  
 フロー値 : 50cm程度  
 膨張量 : 0以上

試験は、過去の実績を参考として、Fig. 8 に示すような手順で、水セメント比を40~55%の4とおりに変化させた配合について、それぞれ適切な単位水量および細骨材率をトライアルで求め、各配合における圧縮強度 (水中) を試験するもので、C/W-σの関係から必要とする水セメント比を求めた。次に、この配合を基に、膨張材を、10, 20, 30kg/m<sup>3</sup>添加した場合のコンクリートの品質に与える影響を同様に試験した。

なお、コンクリートの練り混ぜは、50ℓ強制攪拌ミキサーを使用し、現場での施工に準じ、以下の方法とした。

- ① セメント、膨張材、砂、砂利の投入
- ② 混練水、AE減水剤の投入
- ③ 120秒間の攪拌
- ④ 水中不分離性混和剤のスラリー、流動化剤の投入 (後添加方法)

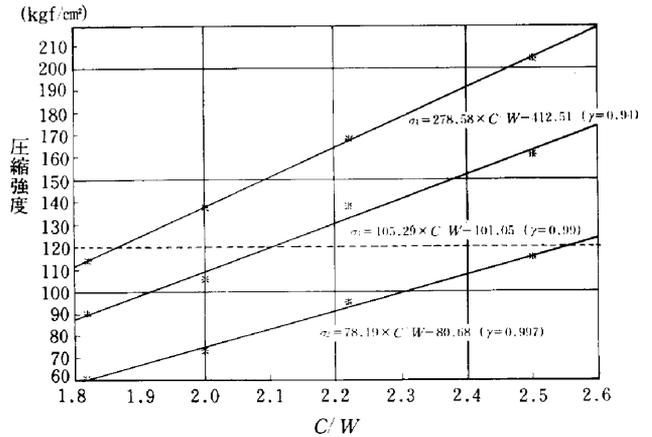


Fig.9 C/Wと圧縮強度との関係

- ⑤ 120秒間の攪拌
- ⑥ 排出

また、膨張量試験は JIS A 6202 (付属書) の方法で、膨張コンクリートの圧縮強度試験は、膨張を拘束しない方法とした。

5-2 試験の結果

(1) 水セメント比

水セメント比を変化させ、所要コンシステンシーを得るコンクリートの配合については、Table 3 に、この配合における10°C養生の初期圧縮強度 (水中) 試験の結果は、Table 4 に示す。また、初期圧縮強度と水セメント比の関係は、Fig. 9 に示す通りである。

これより、各材令 (2, 3, 4 day) と圧縮強度 (σ) の関係式は次の様になった。

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= 78.2 \times C/W - 80.7 \\ \sigma_3 &= 105.3 \times C/W - 101.1 \\ \sigma_4 &= 278.6 \times C/W - 412.5 \end{aligned}$$

初期圧縮強度 σ = 120kgf/cm<sup>2</sup>を得るための水セメント比は、材令2日で39.0%、3日で47.6%、4日で52.3%となった。この結果から、経済性および施工性を考慮して、コンクリートの水セメント比を47%に設定した。

Table 5 膨張材を添加したマークリートの性状

No.	CSA #20 添加量	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	凝結時間		膨張量 (材令7日) ( $\times 10^{-4}$ )	圧縮強度	
					始発	終結		$\sigma_3$	$\sigma_{28}$
11	0	47×48	2.3	14.5	14:50	18:25	1.45	117	334(342)
12	10	46×45	2.8	13.5	13:20	17:10	1.70	143	348(388)
13	20	45×44	2.4	14.0	12:45	16:35	1.80	153	363(376)
14	30	46×45	2.4	14.0	12:20	16:05	2.15	169	395(416)

圧縮強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)  $\sigma_3$  : 水中作製 10°C 養生  
 $\sigma_{28}$  : " 20°C 標準養生  
 ( )内は気中作製供試体

Table 6 マークリートの示方配合

Gmax (mm)	スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )									
					C	W <sub>1</sub>	S	G	CSA #20	No.75	UWB	W <sub>2</sub>	NP-20	
25	50±5	3±1	47.0	40.0	464	180	617	967	10~15	4.64	2.3	30	8.0	

使用材料の比重 C:3.16, S:2.56, G:2.68, CSA:2.93  
 総水量  $W = W_1 + W_2 + \langle NP-20 \rangle$

Table 7 マークリートの現場配合

Gmax (mm)	スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )									
					C	W <sub>1</sub>	S	G	CSA #20	No.75	UWB	W <sub>2</sub>	NP-20	
25	50±5	3±1	47.0	40.0	449	175	637	960	10	4.49	2.3	30	6.0	

使用材料の比重 C:3.16, S:2.59, G:2.61, CSA:2.98  
 総水量  $W = W_1 + W_2 + \langle NP-20 \rangle$

(2) 膨張材添加量

前項で決定した水セメント比47%の配合について、膨張材を10, 20, 30kg/m<sup>3</sup>添加した場合の、コンクリートの圧縮強度、凝結時間、膨張量の試験結果を Table 5 に示す。

これによると、膨張材を添加することにより、コンクリートのコンシステンシーの変化はほとんどなく、凝結時間は短くなり、圧縮強度、膨張率とも増加し、このことはいずれも好ましい傾向であった。

しかし、この結果は膨張材を添加したために、単位結合材料が増加（水結合材比が減少）した影響と考えられる。

また、今回の試験では、膨張コンクリートの圧縮強度を、膨張を拘束しないで養生・試験したため、膨張材の効果を明確には確認することが出来なかったが、実際の工事では、拘束された間詰めコンクリートであることから、膨張材の効果はより大きいと考え、収縮を保証する

意味で、10kg/m<sup>3</sup>の添加とした。

(3) 配合選定

① 示方配合

前項により求めた水中不分離性コンクリートの配合は、Table 6 に示す通りである。

② 現場配合

配合決定のための室内試験では、実際の工事で使用される材料の入手が出来なかったため、実験室の材料で実施したが、材料の品質などの変化によるコンクリートの性質に及ぼす影響を、現地の材料を使用して確認し、示方配合を修正した。試験により確認修正したコンクリートの配合は、Table 7 に示す通りである。

§ 6 . 補強対策工の施工

6-1 工事工程

Table 8 に工事実施工程表を示す。

Table 8 工事実施工程表

工事種別	数量	11	12	1	2	3	4	5
鋼管杭のケレン測量	22本	ケレン測量						
鋼材加工製作 (工場)	11基	工場加工組立						
鋼材現地搬入組立				運搬組立7基		4基		
支保工 (ブラケット)	264個	ケレンケレン		水中溶接				
支保工 (底板)	44ヶ所			水中設置		もれ止め		
電気防食陽極撤去	33個	撤去						
ズレ止めプレート溶接	132ヶ所	水中溶接						
仮設工 (吊りピース取付)	66ヶ所	仮設						
補強鋼材取付	11基			ブレース取付				
特殊水中コンクリート打設	44ヶ所			打設3ブレース		打設8ブレース		
防眩材取付工	2基		はつり足場		型枠打設	解体打設養生	防眩材取付	
棧橋下部補修	1式			補修足場組立			ケレン断面修復	
跡片付	1式							

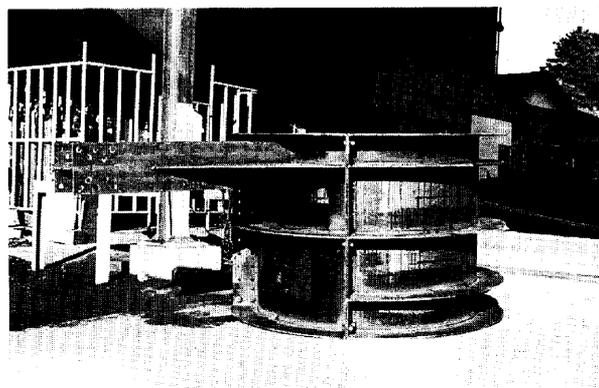


Photo 1 鋼材加工状況

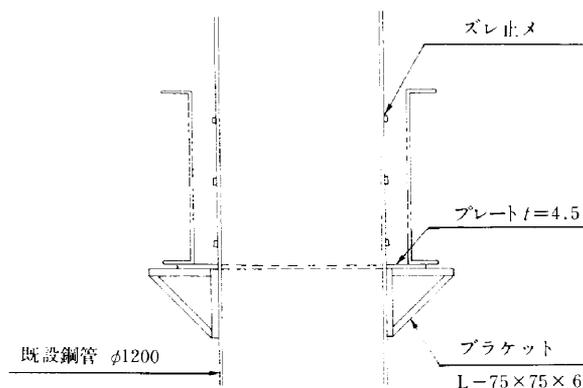


Fig.10 支保工

### 6-2 鋼材の加工と取付

#### (1) 鋼材の加工

補強ブレース設置杭列の杭間距離の測定を事前に行い、その結果に基づき各杭列ごとにブレースおよびサヤ管を工場で作成加工した。

鋼材の加工状況を Photo 1 に示す。

#### (2) 鋼材の取付

施工順序を以下に示す。

- ① 既設鋼管のサヤ管取付箇所に、あらかじめ製作加工したブラケットと底板支保工を架設する (Fig. 10 参照)。

- ② 工場で作成加工した鋼材を、岸壁の資材置場において組み立てる。
- ③ 組み立て完了後、クレーン付台船により台船に積み込み、棧橋付近でフロートに盛り替える (Fig.11 参照)。
- ④ 盛り替えたブレースはロープで所定の位置に引き込む (Photo 2 参照)。
- ⑤ フロートに吊り下げたブレース材を所定の位置に移動し、棧橋の梁にセットしたチェーンブロックに盛り替えブラケット上に設置する。
- ⑥ ブレース設置後、サヤ管をフロートにより運び込

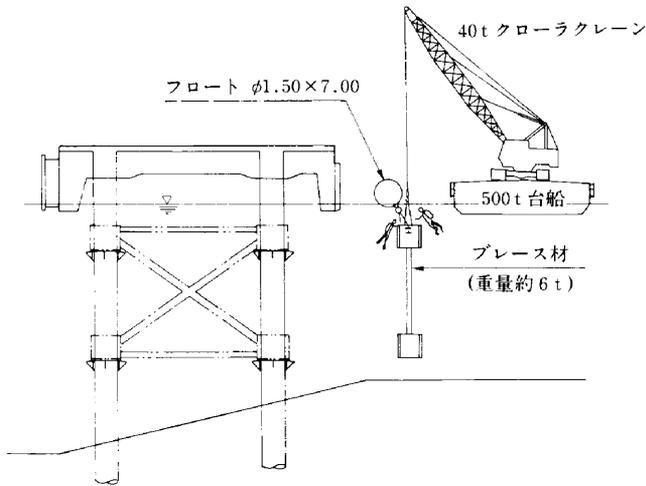


Fig.11 ブレス材の搬入状況

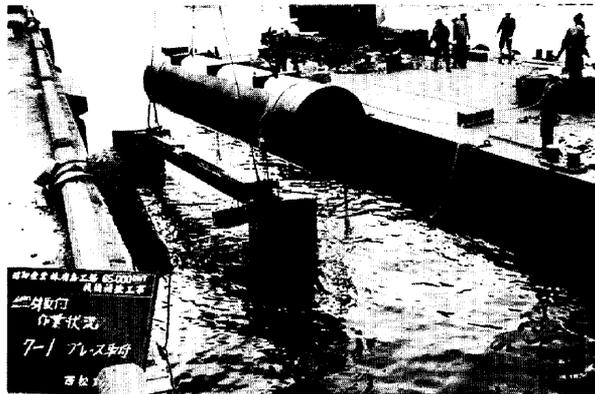


Photo 2 フロートとブレス材

み、ボルトを締め付ける。

- ⑦ 設置完了後、波浪等によるズレを防止するためにブラケットとサヤ管を仮溶接する。

6-3 マークリートの施工

6-3-1 マークリートの製造

水中不分離性コンクリートの練り混ぜは、パッチャープラントを使用することが原則であるが、混練時にコンクリートがミキサへ付着することが著しく、混練後の洗浄がやっかいという理由で生コン工場が難色を示す場合が多い。そこで、本施工では打設数量が少ないこともあり、水中不分離性コンクリートは水中不分離性混和剤を後添加する方法により製造することとした。

今回採用した後添加方法は、①膨張材を混入した軟練りコンクリートを生コン工場で製造し、②トラックアジテータで現場まで運搬、③水中不分離性混和剤を二次水で分散させスラリー状にしたものと流動化剤をトラックアジテータに投入し高速で攪拌する、のような手順である。

水中不分離性混和剤のスラリーは、1kg当り10~15ℓ(今回は2.3kgに対し30ℓ)の二次水(W<sub>2</sub>)で十分に攪拌分散させたもので水中ポンプによりトラックアジテータに投入した。

後添加方法による作業フローを Fig.12 に、投入状況を Photo 3 に示す。

6-3-2 コンクリートの打設

コンクリートの打設は、ポンプ車によって行い、筒先

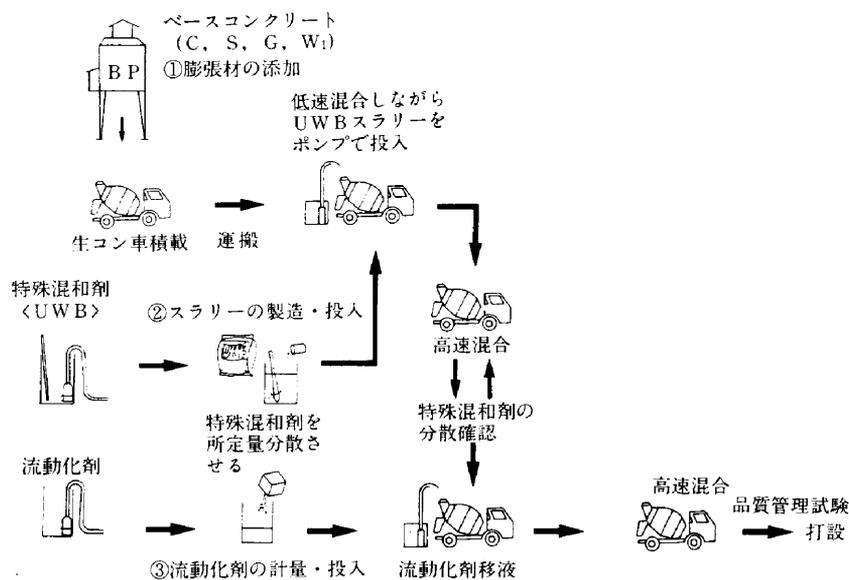


Fig.12 後添加方法の作業フロー

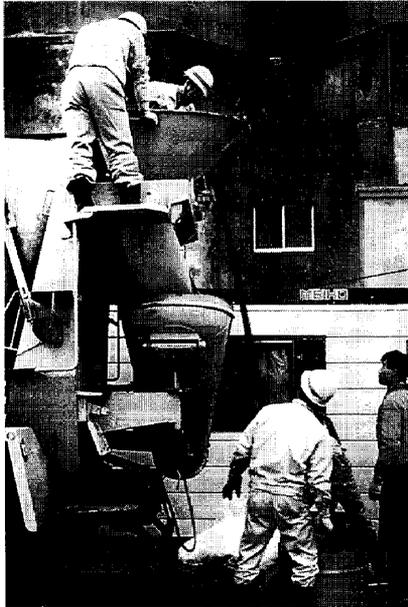


Photo 3 特殊混和剤投入状況



Photo 4 打設状況

の移動および打ち止めの指示はダイバーによって行なわれた。

コンクリートの打設中も、周辺の水の濁りは見られず、水中での観察でも、周囲の汚濁、漏洩などないことがダイバーにより報告されている。

Photo 4 に打設状況を示す。

### 6-3-3 コンクリートの品質管理

水中不分離性コンクリートの品質管理は基本的には通常のコンクリートの試験方法に拠らなければならないが、流動性、水中不分離性など水中不分離性コンクリートの特性に関する試験については、水中不分離性コンクリートマニュアルおよび JIS に準拠した方法で行なう、試験の項目を以下に示す。

- ① スランプフロー (スランプ)
- ② コンクリート温度
- ③ 空気量
- ④ 水中での分離抵抗性 (pH, 懸濁物質)
- ⑤ 圧縮強度 (水中, 気中)

品質管理試験のうち、フレッシュコンクリートの試験結果を Table 9 に、硬化コンクリートの試験結果を Table 10 に示す。

なお今回の施工では、本棧橋の休止期間が4日間とれたので、コンクリートの初期圧縮強度試験は打設後4日

Table 9 フレッシュコンクリートの試験結果

	スランプ フロー (cm)	コンクリ ート温度 (°C)	濁度	pH	空気 量 (%)	備 考
平均	55.5×55.5	16.25	12.9	10.34	1.9	

Table 10 硬化したコンクリートの試験結果

No.	材令 (H)	スランプフロー (スランプ) (cm)	圧 縮 強 度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	試料作製方法	試料養生方法	備 考
1	4	55.5	153	水中作製	現場水中養生	H1.3.11 打設
2	28	55.5	306	気中作製	標準養生	
3	28	55.5	295	水中作製	標準養生	
4	4	55.0	185	水中作製	現場気中養生	H1.5.2 打設
5	4	54.0	204	水中作製	現場気中養生	
6	28	55.0(19.0)	323(363)	気中作製	標準養生	※( )内は、混和剤未添加のコンクリート(ベースコンクリート)の値である。
7	28	54.0(19.5)	319(376)	気中作製	標準養生	
8	28	55.0	276	水中作製	標準養生	
9	28	54.0	271	水中作製	標準養生	

※※No.1,2,3は同一バッチ、No.4,6,8は同一バッチ、No.5,7,9は同一バッチ

とした。また、5月の施工時には水中不分離性混和剤添加前のコンクリート（ベースコンクリート）の基本的試験も実施した。

Table 10より水中作製供試体の初期強度（船が着棧するまでの期間で試験練りでは3日としたが、実施工では着棧時期の関係で4日とした）は十分満足できる値（120 kg/cm<sup>2</sup>以上）が得られた。

また、気中作製供試体強度（ $\sigma_b$ ）と水中作製供試体強度（ $\sigma_w$ ）の比（ $\sigma_w/\sigma_b$ ）は、0.85～0.96となり一般的な値0.8を上回り良好な品質であるといえる。

なお、水中不分離性混和剤添加前のベースコンクリートは、水中不分離性混和剤を分散させるための二次水が入っていないので、 $W/C$ が低めとなり強度は高くなっている。

## §7. おわりに

本工事は既設横棧橋をブレース材の設置により補強するものであった。水中におけるブレース材の設置方法と、接合部に水中不分離性コンクリートを用いた点が大きな特徴であった。今後の類似の工事において、本工事例が良い参考になれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 伊藤 昇, 丹内正利: レーザ光線を用いた既設横棧橋の耐力診断, 西松建設技報, Vol. 12, 1989.
- 2) 水中不分離性コンクリートマニュアル, (財)沿岸開発技術研究センター