

# 供用中の栈橋を耐震補強する 『伸縮式ストラット工法』



所属名：(社)日本埋立浚渫協会  
あおみ建設株式会社  
発表者：吉原 到

## 1. はじめに

社会資本整備予算が縮減される中、既存ストックを活用した港湾施設の耐震補強のニーズが高まっている。耐震強化岸壁の整備率の向上と臨海部都道府県全てに耐震強化岸壁の整備を目標として、国土交通省は、「耐震強化岸壁緊急整備プログラム」を策定した。このような社会情勢を受けて、今回当社では、岸壁を供用しながら耐震性の向上を図ることが出来る「伸縮式ストラット工法」を開発したので、紹介する。

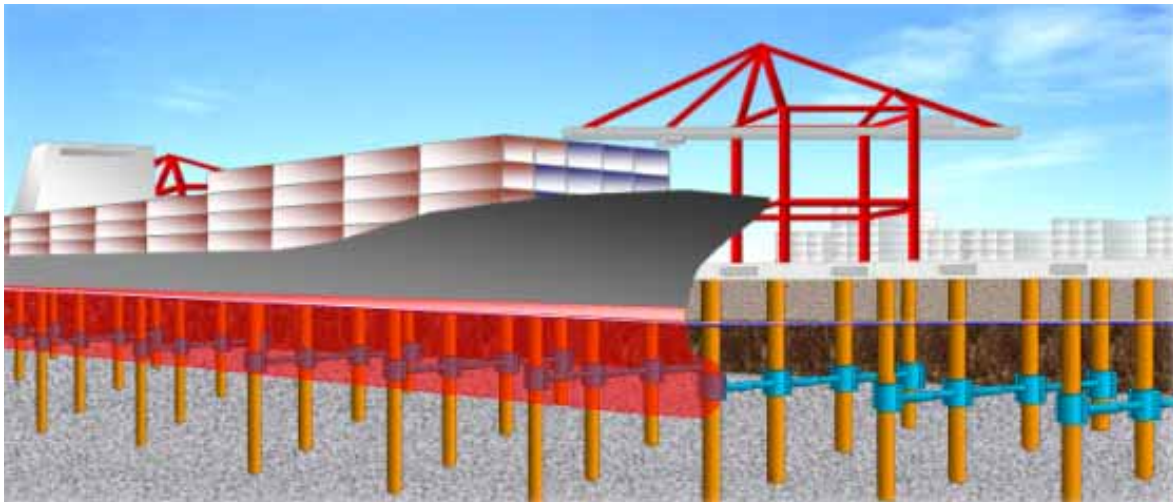


図 - 1 伸縮式ストラット工法による耐震補強イメージ

## 2. 開発の経緯

### 2.1 開発目標

栈橋を供用しながらの施工と工程短縮の実現のために、上部工の撤去が不要で水中作業の省力化を図ることを開発目標とした。

### 2.2 開発イメージ

栈橋の耐震性の向上は、図 - 2 に示すように、鋼管杭を鋼材（ストラット部材と呼ぶ）で剛結し、鋼管杭の自由長を短縮して、鋼管杭の耐力に余裕をもたせることで実現させる。

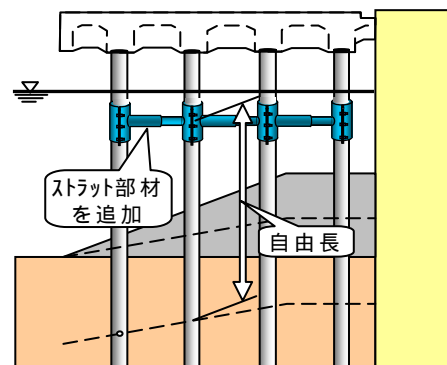


図 - 2 開発イメージ

### 2.2 類似補強事例の調査

栈橋の補強方法として、「格点式ストラット工法」がある（写真 - 1、図 - 3）。格点式ストラット工法は新設または改築時に適用され、以下の手順を踏む。

上部工の撤去

杭頭から部材を挿入して補強する

上部工の復旧

この事例では、上部工を撤去するため、施工中の供用は難しい。

また、上部工を撤去せずに補強した事例として、斜杭式栈橋の事例がある。(図 - 4)

浮力体を取り付けたストラット部材を水中運搬し、上部工直下で浮上させて部材を取付ける。

この方法では、

直杭式構造には部材を挿入することが困難

部材製作前に杭間の高精度な水中測量が必要

であることが課題であった。



写真 - 1 既設栈橋補強事例 1

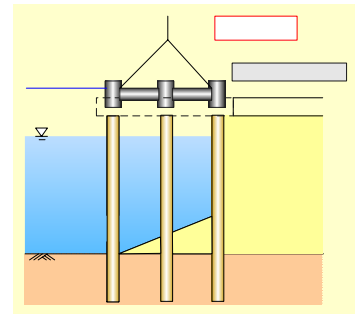


図 - 3 既設栈橋補強事例 1

### 3 . 開発の内容

#### 3 . 1 ストラット部材の分割・結合方法の選定

上部工を撤去せずに鋼管杭に部材を追加する方法として、部材を分割して現場で結合する 4 案について比較検討を行った。比較表を表 - 1 に示す。

ボルト結合は、事前の高精度な水中測量が必要である。

水中溶接は、感電等危険作業に対する対策が必要である。

伸縮メカニカル接合は、部材そのものが雄ネジ・雌ネジ化することで伸縮する案であるが、技術が確立されていないこと、製作コストが高額になることが予想された。

伸縮モルタル接合は、水中でグラウトによる結合作業が必要だが、比較的構造が単純であり、既設杭への追随性が高い。

既設杭への追従性、製作費、施工性を指標に総合的に判断して、伸縮モルタル接合を採用した。

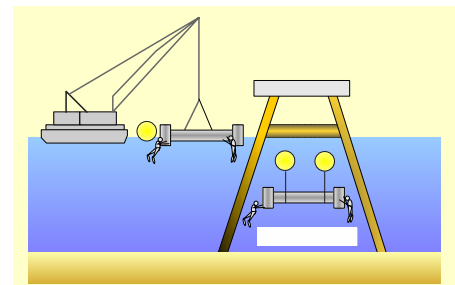


図 - 4 既設栈橋補強事例 2

表 - 1 ストラット部材の分割・結合方法の比較選定表

方法	ボルト接合	溶接接合	伸縮メカニカル接合	伸縮モルタル接合
概要				
追随性				
制作費				
施工性				
総合				

### 3.2 伸縮式ストラット部材の構造

伸縮式ストラット部材は、接合部材の“ストラット部”とストラット部材を既設杭に剛結する“鞘管部”とから構成される。図-5に伸縮式ストラット部材の伸縮イメージを示す。

ストラット部は径の異なる2本の鋼管からなり、2本の組み合わせ(ラップ長の調整)により、部材全長が調整でき、格納時は杭間の離隔より短くなる。

鋼管杭が大径で、杭間隔が少ない場合は、格納時の全長を出来るだけ短くするため、外筒管内側と内筒管外側にはシアキー(突起)を取り付けてラップ長を短くする。

構造のメリットを以下に示す。

部材製作前に高精度水中測定の必要がない

工場製作では同一寸法で製作できる  
既設杭の偏心や傾斜に追随できる

### 3.3 シール方法の開発

図-6に伸縮部を固定するグラウトのシール方法を示す。外筒管と内筒管の端部にはあらかじめシール材を取り付けるが、

部材伸縮作業に対する低摩擦性  
グラウト漏洩に対する高密着性  
という、相反する性能が要求される。

内筒間先端部にはグラウト注入圧で密着するリップ型シール材、外筒間先端部にはボルトを締めると密着するボルト締込型シール材を選定して、この相反する性能を確保した。

## 4. 実証実験結果

### 4.1 実験概要

実物大模型を製作し、シール材の性能、伸縮作業性、グラウト充填部の品質確認を行った。

外筒管 600、内筒管 500、鞘管 1,000

### 4.2 シール材の止水性確認(写真-2)

グラウト充填箇所にグラウト注入圧の約2倍にあたる0.19MPaで水を注入した。(水深10mまでの施工を想定)

漏水は確認されず、所定の止水性を確認できた。

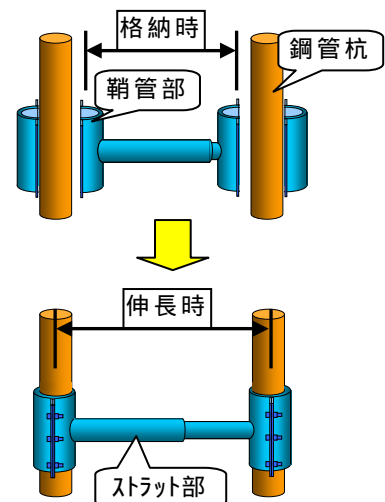


図-5 伸縮イメージ

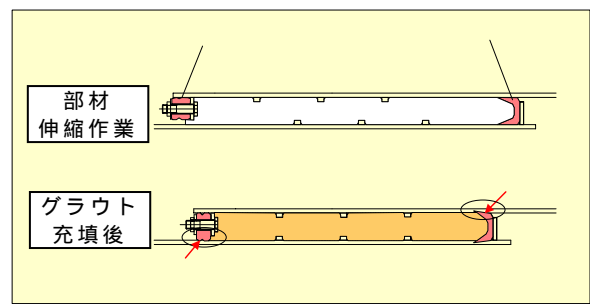


図-6 シール方法



写真-2 止水性確認状況



写真-3 伸縮作業性確認状況

#### 4.3 伸縮作業性確認(写真-3)

伸縮装置の機能確認と水槽内で人力による伸縮作業を実施した。結果、スムーズな伸縮操作が可能であること、また水面での良好な作業性を確認した。なお、伸縮部にグラウトを充填し、その水中での作業性も確認した。

#### 4.4 グラウト充填部の品質確認(写真-4)

グラウト充填状況を赤外線サーモグラフィおよび超音波法により、良好な充填状況を確認した。また、外筒管をはずして目視により確認も行った。



写真-4 グラウト充填確認

### 5 伸縮式ストラット工法の施工方法

#### 5.1 施工フロー

図-7に施工フローを示す。各作業は、大まかに、部材の製作、準備工、部材組立・設置、グラウト注入工に分けられる。

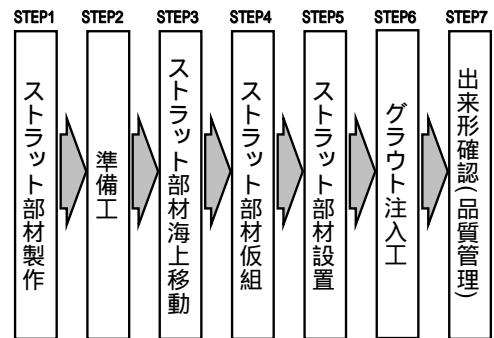
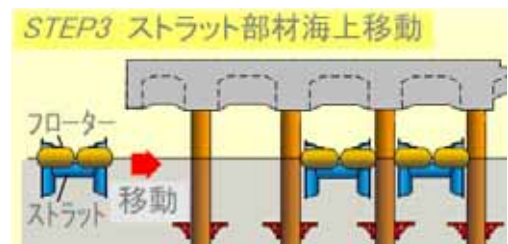


図-7 施工フロー

図-8に各施工段階の施工イメージを示し、各ステップにおける作業を紹介する。

#### 5.2 ストラット部材製作(STEP1)

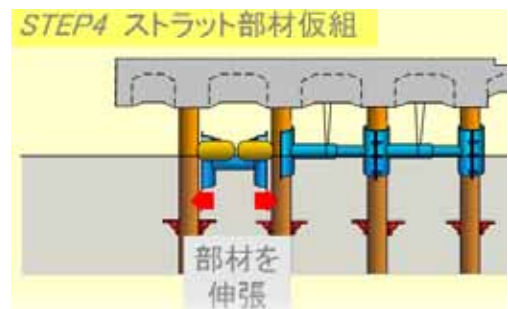
ストラット部材は、杭間隔の種類ごとに部材を製作する。あわせて、各ストラット部材に対応したフローター兼伸縮装置も製作する。



#### 5.3 準備工(STEP2)

水面から部材設置高までの鋼管杭表面のカキ殻落し・ケレン等の表面清掃を行う。

ストラット部材設置水深に部材仮受け用ブラケットを取付け、上部工下面に部材吊替え用の吊環を設置する。



#### 5.4 ストラット部材組立・設置(STEP3~5)

フローター兼伸縮装置を取付けたストラット部材を海面に吊降ろし、海面上を曳航して杭間に引き込む。潜水士が伸縮装置で部材を伸長した後、隣接するストラット部材と仮固定する。杭1列分の部材が連結できたら、上部工下面に取り付けた吊環に吊替えて、仮受け用ブラケットまで吊降ろす。その後各部を本締めする。

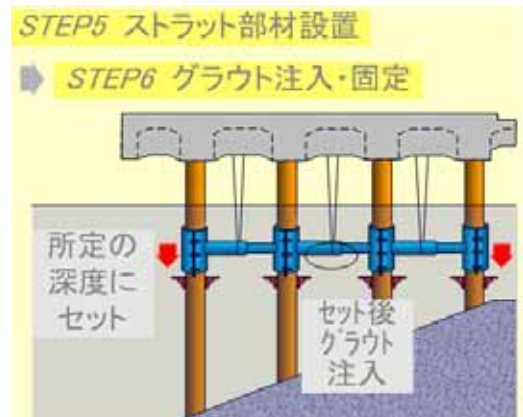


図-8 施工イメージ



### 5.5 グラウト注入工(STEP6)

伸縮部ならびに鞘管部のシーリング材を確認後、グラウト注入する。伸縮部下面からグラウト注入し、伸縮部上面に設置した全空気孔からのグラウト漏出で充填完了とする。

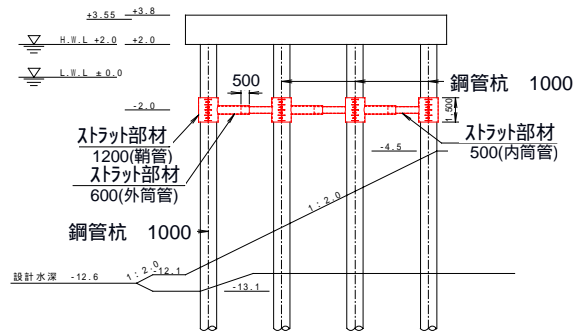


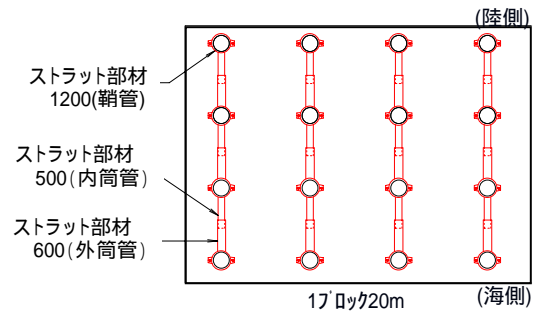
図-9 検討断面図

### 6. 上部工を撤去しない伸縮式ストラット工法のメリット

格点式ストラット工法による補強（上部工の撤去・復旧が必要）と伸縮式ストラット工法による補強（上部工の撤去が不要）について、工期および工費の概略比較を行った。

#### 6.1 比較条件

両工法の比較は、水深 - 12m 岸壁で、算出単位は岸壁延長 100m 当り (20m / スパン × 5 スパン) で行った。検討図を図 - 9, 10 に示す。



比較条件 延長100m(17 間隔20m × 5)、幅16m  
鋼管杭80本(17 間隔16本)、杭径 1000  
図 - 10 検討平面図

#### 6.2 概略検討結果

格点式ストラット工法では、上部工の撤去・復旧が必要になるため、約 4 割の工程短縮と、約 4 割のコスト縮減となった（表 - 2, 3）。

さらに、格点式ストラット工法では工事期間中の岸壁供用停止に伴う費用が加算される。

表 - 2 工期の比較

工種	格点式	伸縮式
	ストラット工法	ストラット工法
1. 上部工撤去	20日	0日
2. ストラット据付準備	7日	50日
3. ストラット据付	7日	35日
4. グラウト注入・固定	6日	15日
(グラウト養生+片付)	-	35日
5. 上部工新設	180日	0日
合計	220日	135日
(比率)	1.0	0.61

### 7. おわりに

本工法の採用により、供用中の栈橋に対する耐震補強ニーズに対して、貢献できれば幸いである。現在当社では、伸縮装置の改良など海上作業の省力化について取り組んでいる。なお、本工法は、特許出願中である。

表 - 3 工費の比較

工種	格点式	伸縮式
	ストラット工法	ストラット工法
0. ストラット部材製作	60百万	79百万
1. 上部工撤去	60百万	0百万
2. ストラット据付準備～		
3. ストラット据付	21百万	42百万
4. グラウト注入・固定	6百万	9百万
5. 上部工新設	73百万	0百万
合計	220百万	130百万
(比率)	1.0	0.59

#### 参考文献：

(財)沿岸開発技術研究センター：格点式ストラット工法技術マニュアル，平成12年9月  
黒米郁，浅沼丈夫，金田聡：水中格点工法による杭式橋脚の耐震補強，平成13年度土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，Vol.29