

# トルコの橋梁建設に携わって 40年

2016. 6. 15  
79期麻野純生

## 目次

- \* 1. 自己紹介
- \* 2. トルコ共和国概要
- \* 3. イstanbulの道路事情
- \* 4. イズミット湾横断橋の概要
- \* 5. 設計上の課題
- \* 6. 建設上の課題
- \* 7. その他

## 自己紹介

- \* 79期ハンドボール部
- \* 1973年(S48) 大阪大学溶接工学科大学院卒業
- \* 1973年(S48) 石川島播磨重工業(現IHI) 入社  
橋梁、水門、運搬機などの製作に従事  
呉→東京→呉→東京→愛知→大阪
- \* 2011年(H19) IHIインフラシステム(本社堺)に転籍(松尾橋梁、栗本鉄構エンジニアと合併)
- \* 現在に至る

## トルコの橋とのつきあい

- \* 1973 ゴールデンホーン橋
- \* 1988 第2ボスポラス橋
- \* 1996 ゴールデンホーン橋拡幅工事
- \* 2008 イstanbul地区橋梁補修工事
- \* 2016 第1・第2ボスポラス橋補修工事
- \* 2016 イズミット湾横断橋

最後の仕事になったイズミット湾横断橋について話をします。

## 携わったトルコの橋



## トルコ共和国概要(1)

人口 : 7,769 万人(2014年推計)  
面積 : 780,576平方キロ  
名目GDP : 8,001億ドル(2014)  
1人当たりGDP : 10,404ドル(2014年)  
GDP成長率 : 2.9%(2014年)

経常赤字縮小、インフレ抑制→金融引き締め政策  
2010年から続いた8-9%台の高成長率がSTOP



ヴァン地震(2011年)  
コジャエリ地震(1999年)  
エルジンジャン地震(1992年)

↓  
世界有数の地震国

## トルコ共和国概要(2)

宗教 イスラム教 断食1か月(日の出から日の入りまで)

- \* 通貨 TL(トルコリラ) 40円/TL
- \* 歴史  
395年 ローマ帝国→東ローマ帝国  
1453 オスマン帝国  
1923 トルコ共和国
- \* アクセス 成田、関空発IST 7便/週\*2(トルコ航空)  
往:13時間 復:10時間

就航回数 世界No1の航空会社  
世界最大級のネットワーク



## トルコと日本の関係

- \* エル・ツールル号遭難  
1890年串本沖乗組員救助
- \* イラン・イラク戦争  
1985年日本人の国外脱出支援

大変友好的な関係



## イスタンブルの交通問題

イスタンブル市の人口: 1,416万人 (2013年)

国の人口の約2割が集中



- ・市街地に地下鉄が殆どない
- ・1ボス、2ボスの1日あたりの交通量 44万台/日

乗用車登録台数: 10人に2台  
(日本、独仏は10人に5~6台程度)

乗用車登録伸び率: 年率4~7% (直近7年間)



## ボスポラス海峡に架かる橋



1973年 第一ボスポラス橋(英国)



1988年 第二ボスポラス橋(日本)

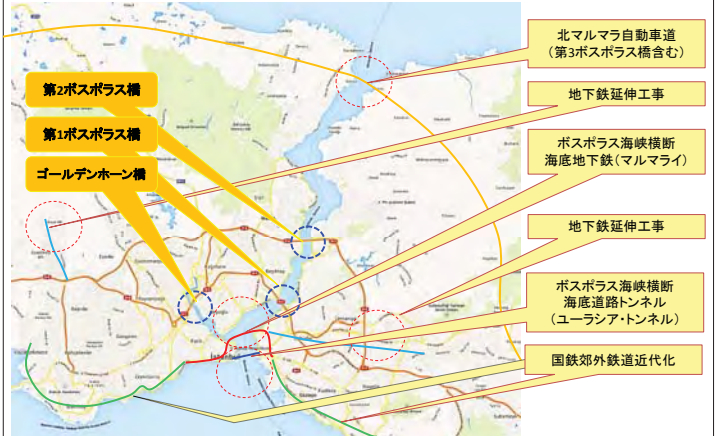
## 隅田川に架かる橋梁と比較



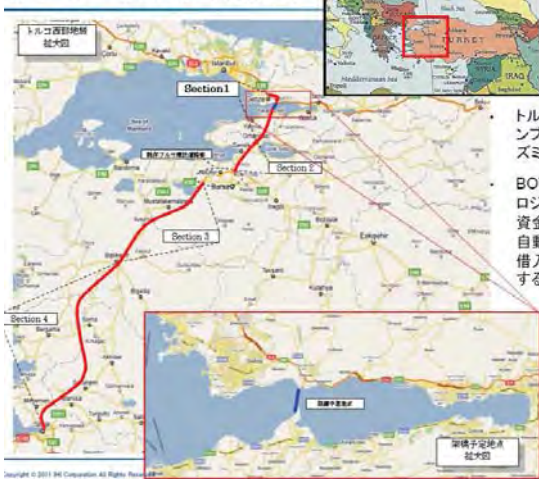
全長27km  
千住大橋~勝どき橋まで20橋

ボスポラス海峡30km  
橋はわずか2橋のみ

## イスタンブル市における急速なインフラ整備



## ゲブゼ=イズミル自動車道



トルコ最大都市・イスタンブルと第3の都市・イズミルを結ぶ自動車道  
BOT方式にて実施。プロジェクトファイナンスで資金調達し、建設実施。自動車道の料金収入で借入金返済、配当実施するスキーム。

## イスタンブルからイズミルまで高速道路

- ・ Gebze~Izmir間、422 kmの高速道路
- ・ イズミット湾を越える為に遠回りになる
- ・ 橋があれば圧倒的に早く対岸に渡れる

### 湾をまたぐ橋が必要

橋があればイズミルまで3時間  
橋がなければイズミルまで5時間



## 橋の種類

桁橋: 0~200m の長さ

トラス橋: 100~400m の長さ

斜張橋: 400~1000m の長さ

吊橋: 1000m 以上の長さ

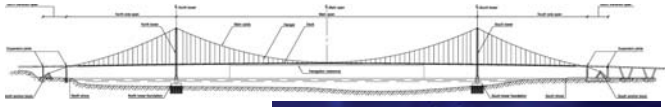
橋の長さは柱と柱の間の長さで測る!



## 世界の長い橋 (中央径間長)

1	1991 m	明石海峡大橋 (1998)
2	1650 m	西候門大橋 (中国)(2009)
3	1624 m	グレート・ベルト橋(デンマーク)(1998)
4	1550 m	イズミット湾横断橋 (トルコ)
5	1545 m	イ・スンシン大橋 (韓国) (2012)
6	1490 m	瀾滄長江公路大橋 (中国) (2005)
7	1418 m	南京長江第四大橋 (中国) (2012)
8	1410 m	ハンバー橋 (英国) (1981)
19	1100 m	南備讃瀬戸大橋 (1988)
20	1090 m	第2ボスポラス橋 (トルコ)(1988)
26	1030 m	来島海峡第三大橋 (1999)

## 世界第4位の橋、イズミット湾横断橋



橋梁建設費 1.1 bil.us\$

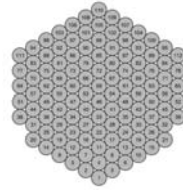
主径間 : 1,550 m  
主塔高 : 252m  
全長 : 2,682 m

使用鋼材量: 83,490 ton  
(東京スカイツリーの2倍)

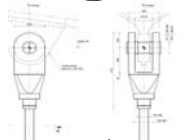
使用コンクリート量: 496,000t  
(奈良の大仏1300体分)



## ケーブル構造



クランプ



ハンガー

- 110-127-φ5.91 + 2-extra strands, PPWSの採用
- $f_u=1760\text{MPa}$
- メッキ素線 + S字ワイヤ + 塗装 + 乾燥除湿による防錆
- HangerはPWSロープ, Spherical bearing/Bushingの採用

Copyright © 2013 IHI Corporation All Rights Reserved.

19

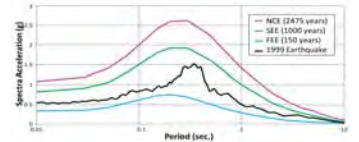
## 橋をつくる技術...設計上の課題 (耐震、耐風)



## 耐震設計上の性能基準

地震挙動に対する性能基準

本プロジェクト想定地震  
マグニチュード7.9



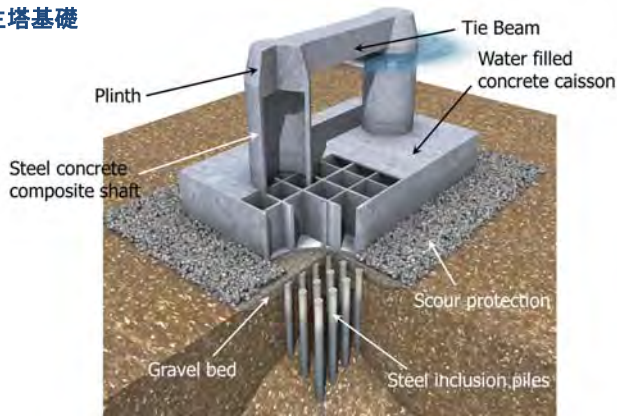
橋梁設計における地震規模	地震再現期間	サービス性能基準	損傷時性能基準
橋梁機能を維持する規模 Functional Evaluation Earthquake (FEE)	150年 (100年に50%の再現率)	随時アクセス可能	損傷しないこと
橋梁機能の安全維持する規模 Safety Evaluation Earthquake (SEE)	1000年 (100年に10%の再現率)	限定されたアクセス	修復可能な損傷
橋梁が崩壊しない規模 No Collapse Earthquake (NCE)	2475年 (100年に4%の再現率)	-	崩壊しない、人命が安全な損傷

Copyright © 2011 IHI Corporation All Rights Reserved.

23

## 主塔基礎 耐震設計

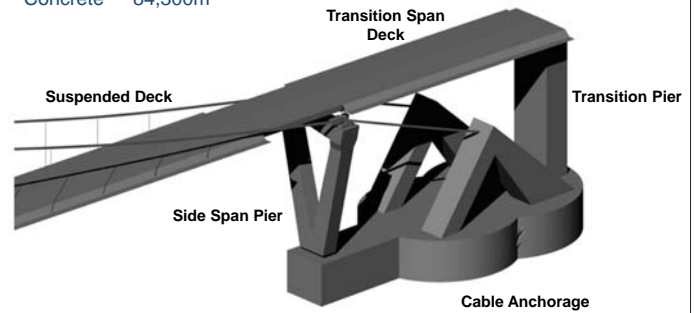
### 主塔基礎



24

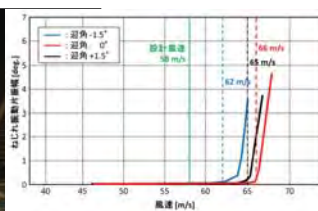
## South Anchorage

Excavation 87,000m<sup>3</sup>  
Concrete 84,300m<sup>3</sup>



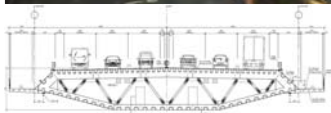
25

## 耐風安定性



風洞試験結果

- 設計風速 : 58 m/s
- フラッター振動発現風速 : 66 m/s



全体系モデル

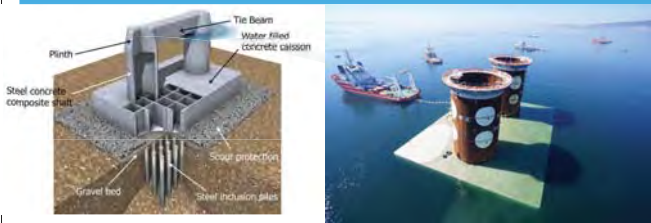
Copyright © 2011 IHI Corporation All Rights Reserved.

26

## 橋をつくる技術...建設上の課題 海中基礎、主塔精度、ケーブル架設



## IZMIT橋プロジェクト 施工方法(下部工)



**塔基礎:**  
現場付近にドライドックを造成、コンクリートケーソンを製作、曳航、沈設する。

**アンカレッジ:**  
北側は陸上に設置、地盤は岩盤。  
南側は埋め立てた陸上に設置の予定。  
重力式、RC製。



28

## ケーソン建設



南側Site全景(2013年7月26日時点)

30

## ケーソン建設



2014年3月3日(Wet Dock)

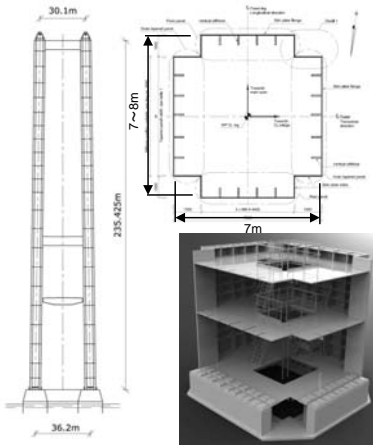
31

## アンカレッジ(橋脚と一体基礎)



南側アンカレッジ(2014年10月)

## 主塔構造



- 耐震設計が支配的
- 鋼製主塔
- 隅切り断面
- 全22ブロック/leg
- 内部は乾燥除湿による防錆
- 部分・全体模型による風洞試験



Copyright © 2013 JFE Corporation All Rights Reserved.

33

## 主塔の製作・仮組立



## 主塔アンカーフレームの搭載

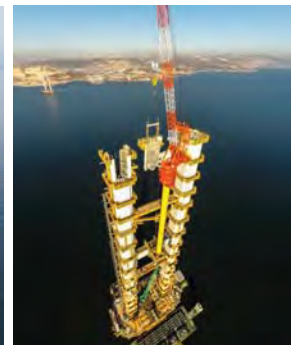


Anchor Frame Installation (2014年4月30日)

## 主塔の架設



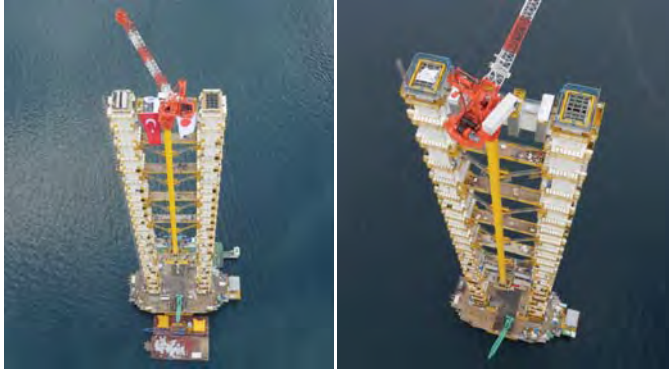
主塔下部の架設(1~11段目)  
フローティングクレーンによるブロック架設



主塔上部の架設(12~22段目)  
セルフクライミングクレーンによるブロック架設

36

## 主塔の完成



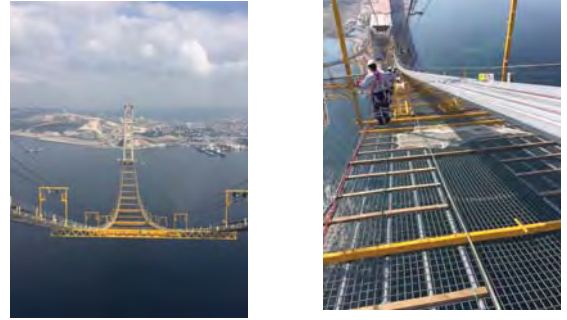
(North Tower:2014年12月)

(South Tower:2014年12月)

37

## ケーブルの架設

- キャットウォーク(足場)

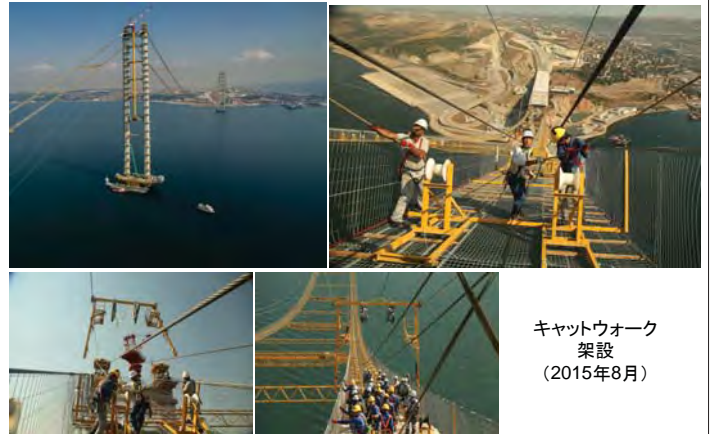


## ケーブルアンリラー



アンカーへの定着

## IZMIT橋プロジェクト 施工方法(ケーブル)



キャットウォーク架設 (2015年8月)

41

## IZMIT橋プロジェクト 施工方法(ケーブル)



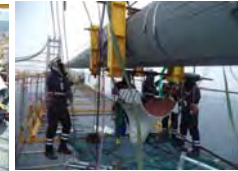
PPWS初架設 (2015年9月7日)

42

### ケーブルコンパクション



### ケーブルクランプ架設



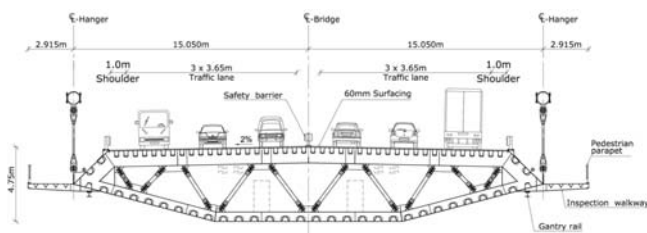
### キャットウォークライトアップ



### ハンガー架設



## Deck構造



- 片側3車線
- Deck板厚(14mm) + 60mm舗装
- 内部は乾燥除湿による防錆
- 部分模型、および全体模型による風洞試験 (VIV, Flutter)

45

## 主桁仮組・地組立



最大ブロック  
28mx6mx50m  
重量  
600t

Site Assembly of Deck

46

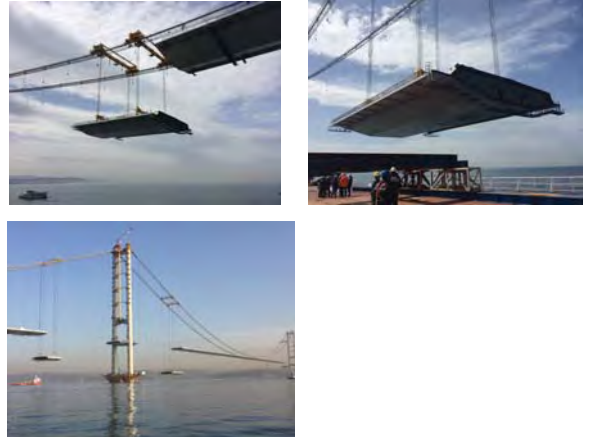
## Deck製作 ブロックの仮組立・地組立



Site Assembly and storage of Deck

47

## 桁の架設



## 桁架設

Lifting Deviceによる吊り上げ



## 次の橋梁プロジェクト



トルコ共和国建国100周年(2023年)を記念して中央径間2023mの世界最長のつり橋  
ダーダネルス海峡

## よもやま話

- 2009. 12. 14 間寛平アースマラソンで第1ボスポラス橋渡る



- 2013. 11. 5 タイガーウッド 第1ボスポラス橋上でティーショット



ご清聴ありがとうございました