

平成30年度 橋梁技術発表会

トルコ・イズミット橋の工事報告

～上下部一括デザインビルドによる長大吊橋の建設～

海外事業委員会

[田中剛/高井祐輔]



1

本日の発表内容

・1 トルコ共和国概要	03
・2 プロジェクト概要	05
・3 新規性	11
・4 創意工夫	21
・5 技術伝承/社会貢献	30
・6 工事記録ビデオ (6分)	34

2

1. トルコ共和国概要

親日国, イスラム教国, 高成長国, 地震国

人口 : 7,981 万人 (2016年推計)
 面積 : 780,576平方キロ (日本の約2倍)
 名目GDP : 8,567億ドル (2016年)
 1人当たりGDP : 10,807ドル(2016年)
 GDP成長率 : 2.9%(2016年)

2010年から続いた8~9%台の高成長率がSTOP
 2016年クーデター未遂,テロ, 観光業の不振



ヴァン地震 (2011年)
 コジャエリ地震M7.4 (1999年)
 エルジンジャン地震 (1992年)

↓
 世界有数の
 地震国



3

1. トルコ共和国概要

建国100周年(2023年)に向けインフラ整備を加速中



出典 : トルコ運輸海軍通信省「トルコ運輸通信戦略プラン : 2023年に向けて」

高速道路総延長を2012年の2,236 kmに加え, 9,380 kmを建設する。

既存国道の拡幅・高規格化を引き続き推進
 (17,477 km → 29,000 kmへ)

この他, イスタンブル第3空港, イスタンブル運河,
 地下鉄延伸等の大型工事の計画が目白押し

高速鉄道を現在より更に10,000 km 追加

4

2. プロジェクト概要 - プロジェクト位置

トルコ最大の都市イスタンブルと第3の都市イズミルを結ぶ、420kmの高速自動車道

- ✓ BOT (Build, Operate and Transfer)方式
- ✓ 銀行団から資金調達し、建設
- ✓ 自動車道の料金収入で借入金返済、配当実施
- ✓ 所要時間 8~10時間 ⇒ 3~3.5時間

1999年 震災 (マグニチュード7.6)

イズミット湾横断橋

イズミット湾

北アナトリア断層

5

2. プロジェクト概要 - 吊橋一般図

主塔側面 主塔正面

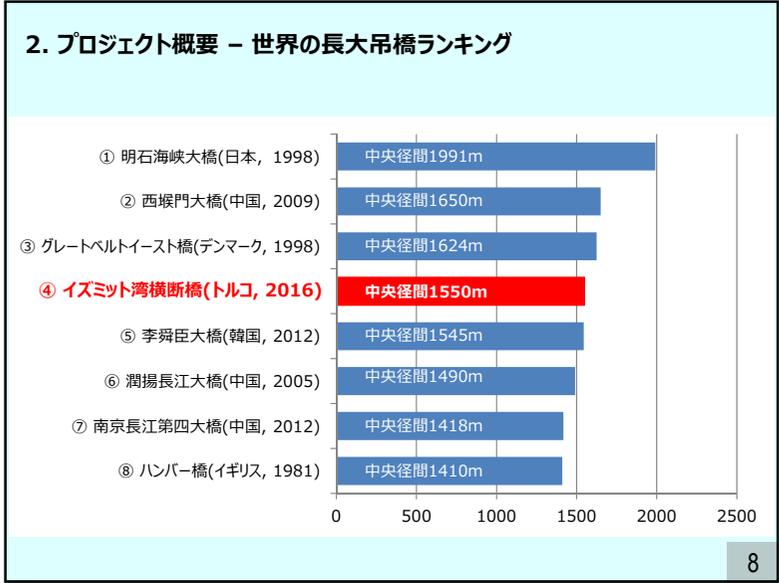
北塔 南塔

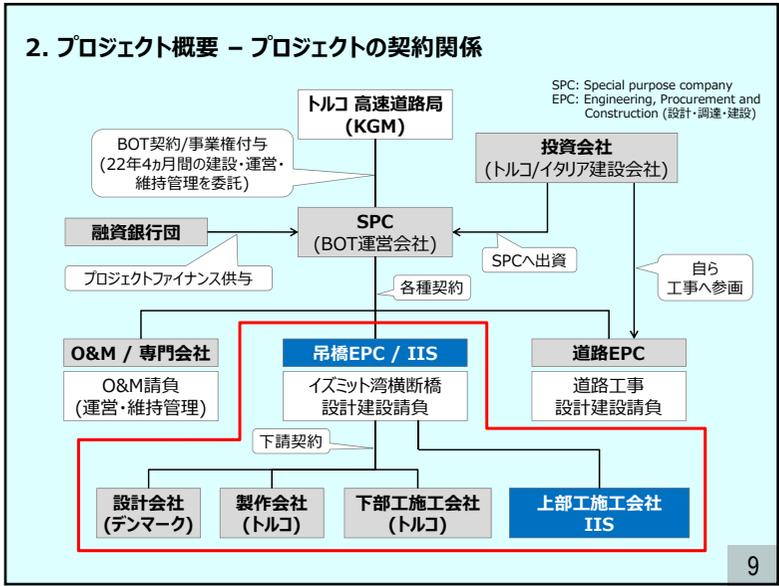
北アンカレッジ 南アンカレッジ

コンクリート総体積: 183,500m³

鋼材総重量: 83,500 t

6

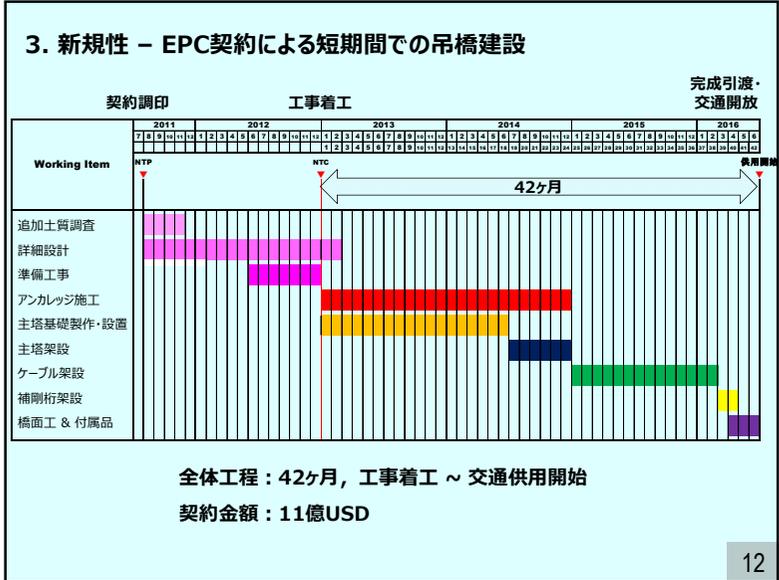




3. 新規性 - EPC契約による短期間での吊橋建設

吊橋名称	第2ボスボラス	イズミット湾横断橋	将来案件
完成年	1988	2016	XXXX
資金調達	ODA (円借款)	BOT	BOT
IHI Group の立場	EPC コンソーシアム リーダー	EPC 単独請負者	SPC/EPCメンバー
IHI Group の役割	吊橋上部工 一式請負 到来図付工事	吊橋上下部工 一式請負 デザイン & ビルド	吊橋・道路の 設計・建設・ 運営・維持管理

11



3. 新規性 – EPC契約による短期間での吊橋建設

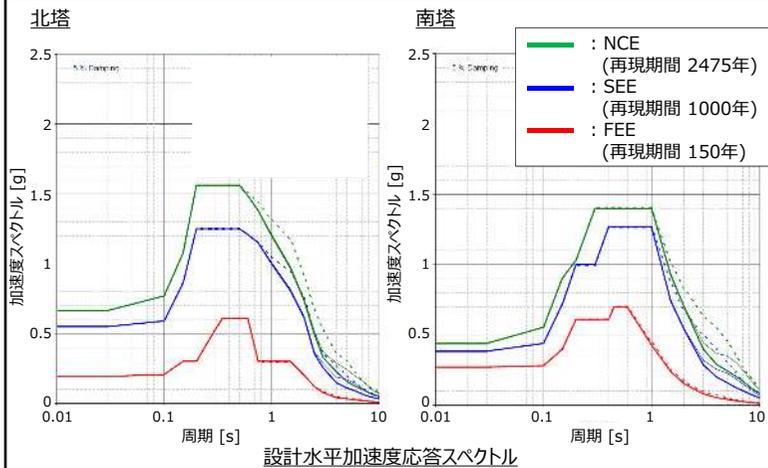


3. 新規性 – 免震構造の主塔基礎

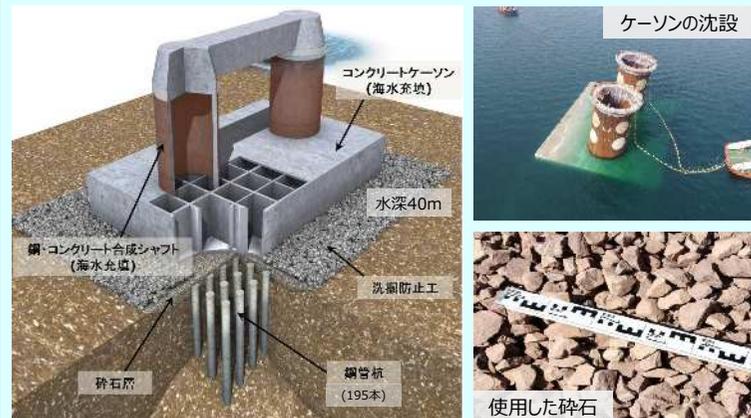
地震荷重の設定 (性能照査型設計法)

地震区分	再現期間	1999年地震との比較	供用状態	橋梁の損傷状態
FEE (Functional Evaluation Earthquake)	150年 (100年間に起こる確率: 50%)	ほぼ同等	地震後すぐの供用開始	損傷無し
SEE (Safety Evaluation Earthquake)	1000年 (100年間に起こる確率: 10%)	2.5倍	限定された供用(車線規制, 時間規制など)	補修可能な損傷
NCE (No Collapse Earthquake)	2475年 (100年間に起こる確率: 4%)	3.5倍	-	橋梁が崩壊しないこと

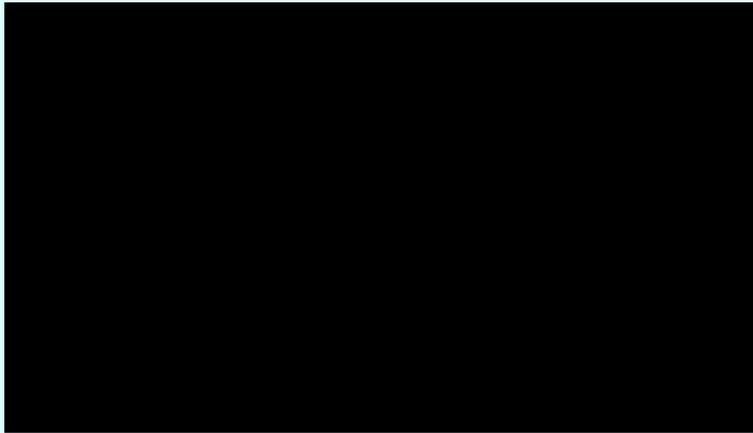
3. 新規性 – 免震構造の主塔基礎



3. 新規性 – 免震構造の主塔基礎



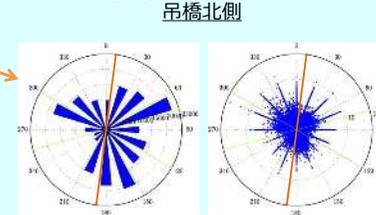
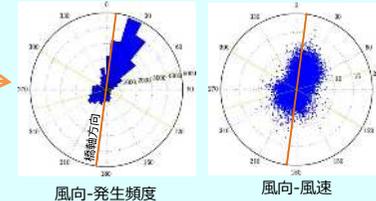
3. 新規性 - 免震構造の主塔基礎



Copyright © 2017 IHI Infrastructure Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

3. 新規性 - AMDによる主塔の振動制御

現地の風特性と設計風速



- 再現期間：100年
- 設計風速：25.4m/s (地上10m, 10分間平均風速)
- 設計風速：38.6m/s (桁高さ, 77m)
43.8m/s (塔頂, 252m)

EN 1991-1-4, PD 6688-1-4に準拠

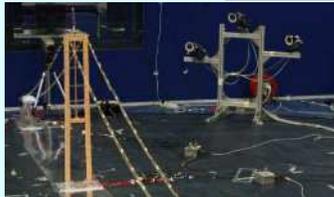


3. 新規性 - AMDによる主塔の振動制御

各種風洞試験



- 補剛桁モデル 1:65
- 主塔モデル 1:200
- 全橋モデル 1:220

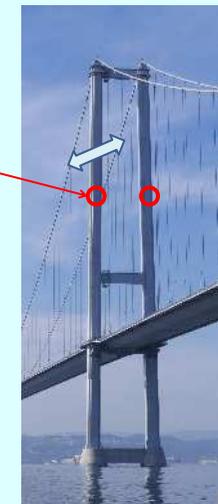
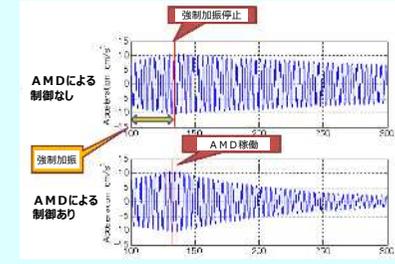


3. 新規性 - AMDによる主塔の振動制御

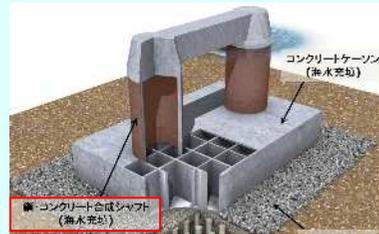
AMD: Active Mass Damper



主塔橋軸方向 加速度の時刻歴応答波形



4. 創意工夫 - 主塔基礎シャフトのコンパクト設計



- ✓ 外径16m, 厚さ1.2m
- ✓ 鋼・コンクリート合成構造
- ✓ 船舶衝突荷重を考慮した設計
- ✓ 高流動性コンクリートの鋼殻への充填
- ✓ ICCP (加電流カソード式防食)による電気防食, 飛沫部はステンレス板貼付

4. 創意工夫 - 側塔の採用によるアンカレッジの小型化



- ✓ 側塔が無い場合に比べて、30~60%の大きさのアンカレッジを実現
⇒ コンクリート打設期間短縮
コスト削減

側塔が無い場合 (想定, 同縮尺)

4. 創意工夫 - 細部構造の最適化

主塔部桁下水平梁の省略



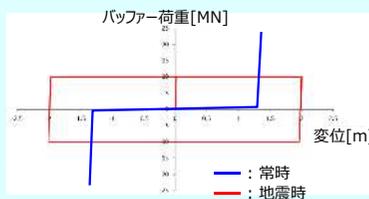
桁端部の油圧バッファー



- ✓ 景観性の向上
- ✓ 主塔部の鉛直査を省略
⇒ 維持管理箇所(コスト)の削減

バッファー:

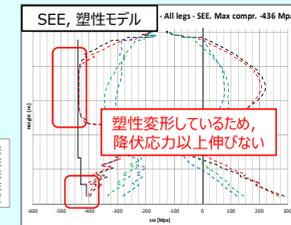
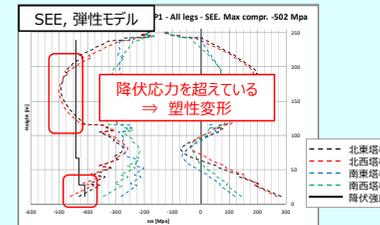
- ✓ 交通等による速い速度の常微振動抑制
- ✓ 非線形挙動性による地震エネルギーの低減



4. 創意工夫 - 塑性変形を許容した経済設計



- ✓ SEE・NCEにおいて、北塔の基部及びE.L.115~200mの範囲において、塑性変形を許容する。(南塔とは異なる地盤条件)
- ✓ 全体的な崩壊に至らない (全体・局部座屈が生じない) ことを確認。
- ✓ 残留変位は1/2500以内に収まる。



4. 創意工夫 - スtrand架設における工期短縮



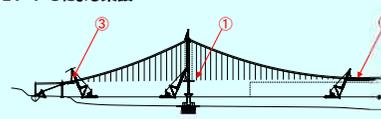

ストランド断面

- ✓ 過去最大径5.91mmのめっき鋼線をストランドに適用
⇒ 架設工程の短縮
アンカレッジ寸法の最小化

25

4. 創意工夫 - 桁ブロック架設における工期短縮

1. F Cによる架設






26

4. 創意工夫 - 桁ブロック架設における工期短縮



50m
25m
製作工場での溶接・保管状況

- ✓ 中央径間の桁架設は、工場にて、25mブロックを2個ずつ事前に溶接し、50mブロックとした
⇒ 架設回数の削減、現場溶接日数の低減
- ✓ 現場溶接日数の低減により
⇒ 桁架設完了後、2か月で交通開放を行った

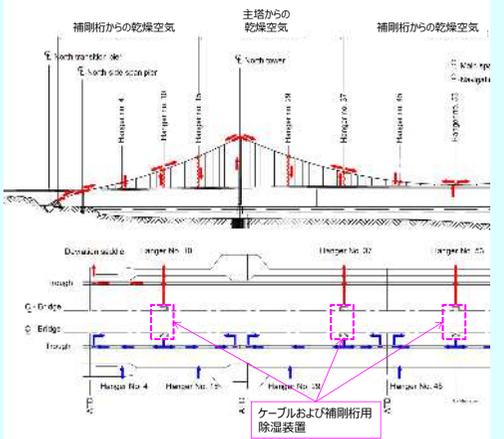


50m
1日最大175m架設

113 ブロック ⇒ 87 ブロック

27

4. 創意工夫 - 環境への配慮：内面塗装の簡略化



補剛桁からの乾燥空気
主塔からの乾燥空気
補剛桁からの乾燥空気

ケーブル用除湿装置
主塔用除湿装置

ケーブルおよび補剛桁用除湿装置

主塔・ケーブル・補剛桁内部に乾燥送気システムを導入

- ➡ ケーブル用空気の流れ
- ➡ 補剛桁用空気の流れ
- ➡ 主塔用空気の流れ

28

4. 創意工夫 - 環境への配慮：内面塗装の簡略化



主塔柱内



補剛桁内



- ✓ 内面塗装を省略
 - ✓ システム稼働までの一時防錆として、無機ジンクリッチペイント1層塗布
- ⇒ 製作・施工時の塗料飛散軽減
将来の塗装補修作業軽減

5. 技術伝承/社会貢献 - 日本/トルコの技術発展



最大100名の日本人技術者を派遣



5. 技術伝承/社会貢献 - 国際交流・教育への貢献



技術伝承・文化交流・社会貢献



5. 技術伝承/社会貢献 - 国際交流・教育への貢献



補剛桁閉合式典

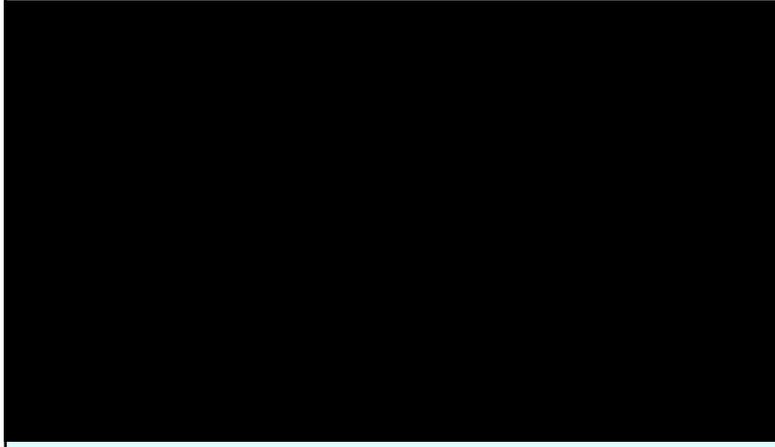
5. 技術伝承/社会貢献 - 国際交流・教育への貢献



開通式典・大統領との会食



6. 工事記録ビデオ



ご清聴ありがとうございました

