



PONTE PÊNSIL NA BAÍA DE IZMIT

Kent J. Fuglsang
DIRETOR DE PROJETOS

COWI

COWI



Offshore Wind Farms – Thornton Bank



Terminais



Floodwall Protection



Túneis Escavados



Túneis Imersos



Pontes da COWI



Lillebælt, Dinamarca

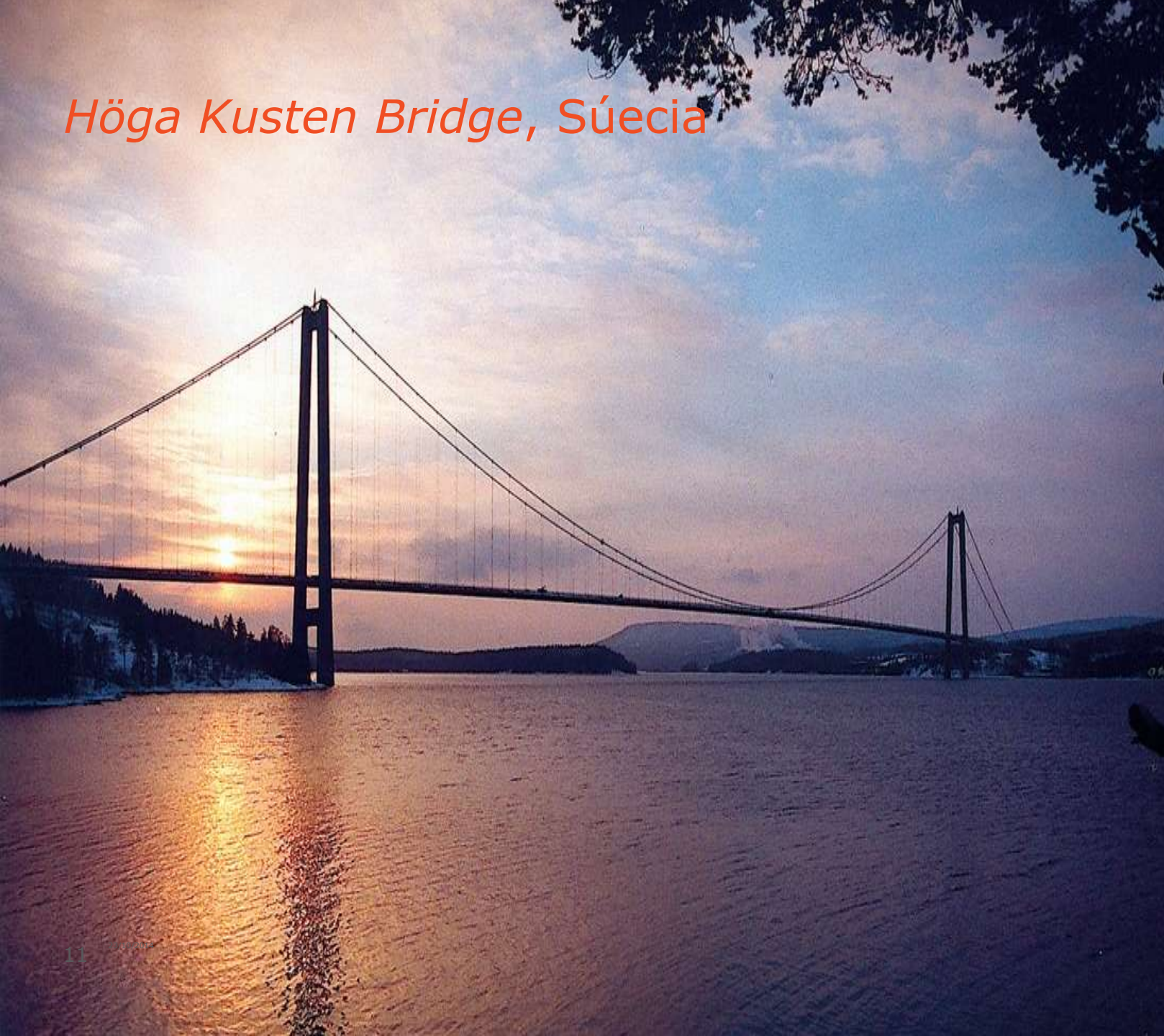


Great Belt, East Bridge, Dinamarca



The Great Belt Bridge Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Praesent euctor tellus quam, id posuere leo. Nulla facilis. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascitur ridiculus mus. Nulla in lectus vel dolor luctus lobortis.

Höga Kusten Bridge, Súecia



Ponte de Chacao, Chile



Hålogaland, Noruega



3º Ponte de *Bosperus*, Turquia



- > Vão de 1408m – Ponte Híbrida – Estaiada/Pênsil
- > 2x4 rodovias e 2 faixas de ferrovia

PONTE PÊNSIL NA BAÍA DE IZMIT

- > 4ª maior ponte pênsil do Mundo – Vão Principal de 1550m
- > Localizada numa zona de intensa atividade sísmica
- > Período de construção curto – 38 meses



Agenda

- > Visão geral do projeto
- > Dimensionamento Estrutural/ Construção
 - > Fundações dos Mastros
 - > Mastros
 - > Bloco de Ancoragem Sul
 - > Bloco de Ancoragem Norte

Informação Geral

- > Obra da ponte localizada a aproximadamente 50 km a Este de Istanbul
- > 1ª fase de um grande projeto de Infraestrutura da Turquia. Nova Autopista de Gebze para Izmir.
- > Projeto de Construção-Operação-Transferência, custo de construção de aprox. \$11 bilhões



Organização do Projeto

- > KGM – Ministério de Transportes da Turquia - Proprietário
- > Consórcio **NÖMAYG** – Concessão
- > **IHI** – Construtora Líder
- > - Subempreiteiros
 - > STFA – Concreto – Fundações dos mastros, blocos de ancoragem e pilares;
 - > CIMTAS – Aço estrutural – Mastros e Tabuleiro;
 - > FUGRO – Investigações complementares geotécnicas;
 - > Outros para o E&M etc...
- > **COWI** – Projetista da Ponte



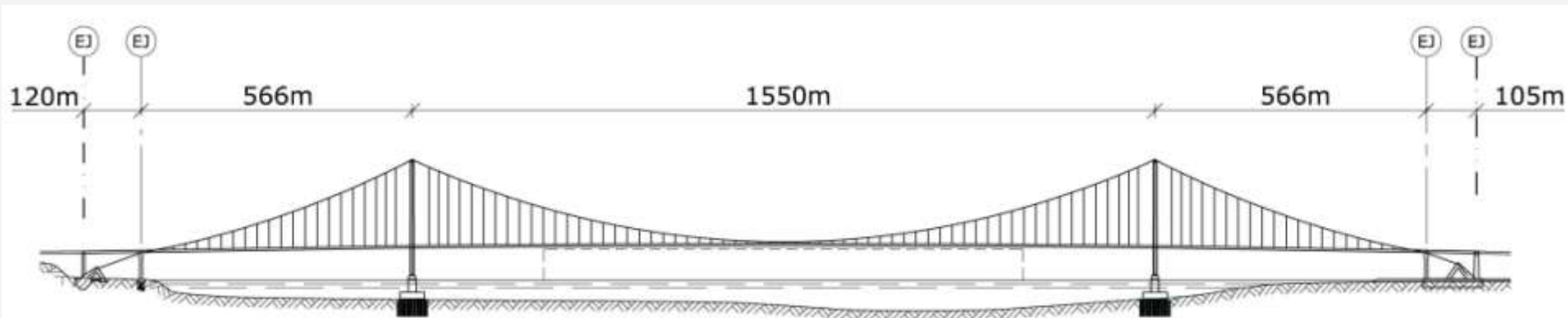
Datas do Projeto

- > **Convite para Concurso - Maio 2010**
 - Projetar & Construir
- > Condições do concurso – Ponte Pênsil
 - Vão principal 1550m – 1700m
 - Comprimento total 3km
- > **Entrega da licitação- Setembro 2010**
- > Três grupos de empreiteiros em concurso
Japão (IHI), China, Coreia
- > IHI anunciado licitante preferencial - Jan 2011
- > Negociação do contrato - Jan-Set 2011

- > **Início do Projeto Detalhado** **Set 2011**
- > **Início dos trabalhos preparatórios em Obra** **Set 2012**
- > **Início dos trabalhos permanentes em Obra** **Jan 2013**
- > **Abertura da ponte** **Início de 2016**

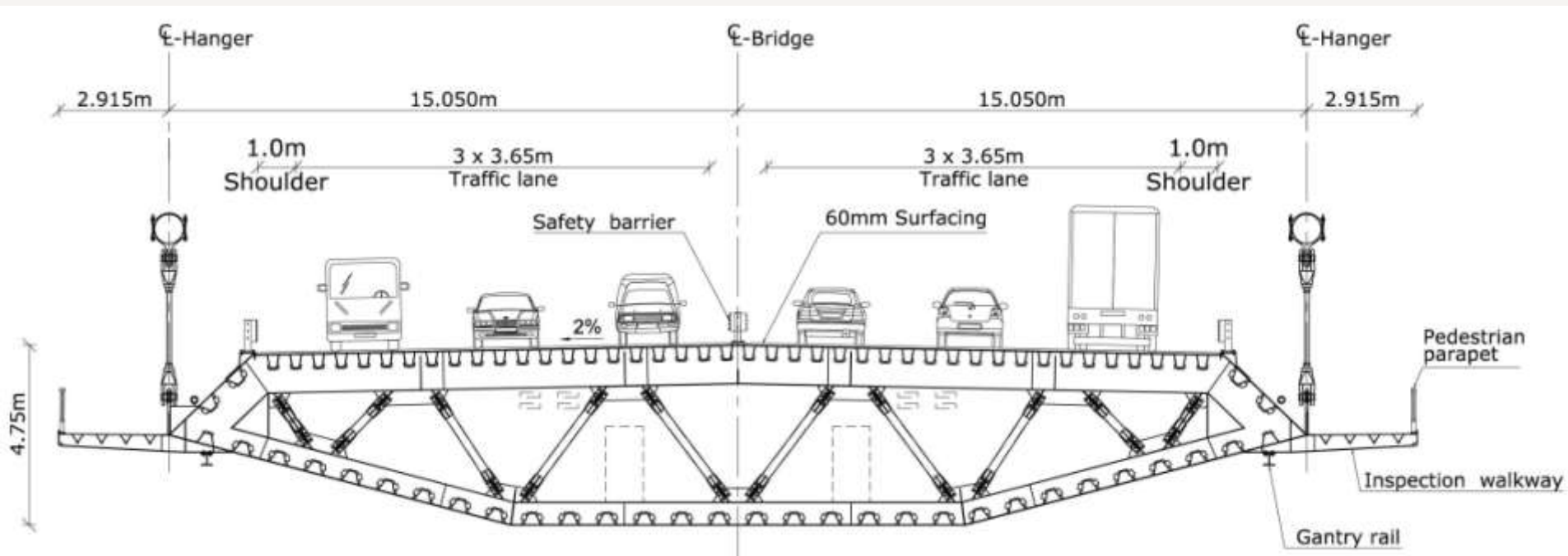


Disposição geral



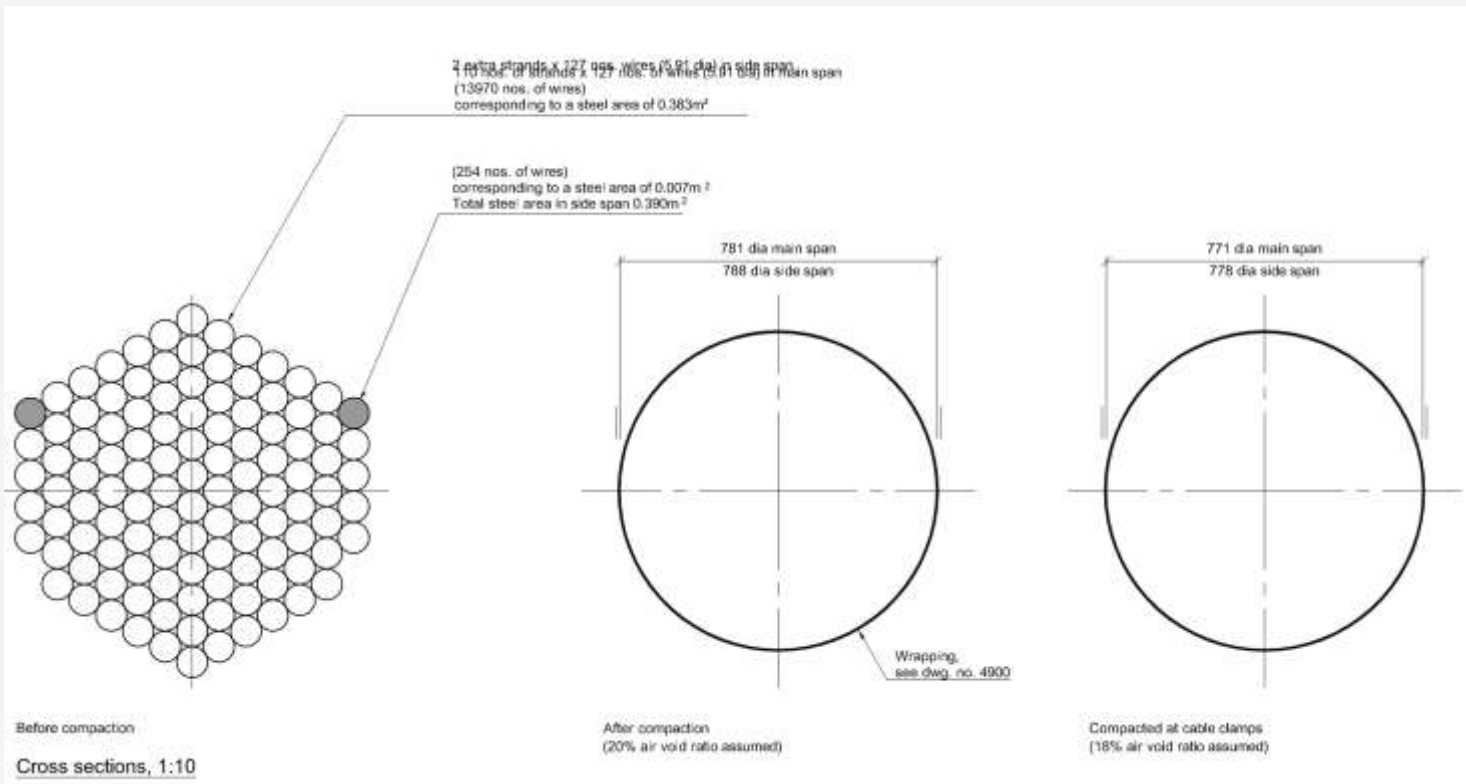
- > Blocos de ancoragem de concreto e fundações do mastro;
- > Fundações do mastro a aproximadamente 40m de profundidade;
- > Perfil do gabarito de navegação 64x1000m;
- > Pilares a sul suportados no bloco de ancoragem sul (estrutura integrada);
- > Mastros em aço com 250m de altura.

Disposição Geral – Tabuleiro da Ponte



- › Tabuleiro ortotrópico metálico– desumidificado
- › 3 vias de transito em cada direção
- › Espessuras - chapa do tabuleiro com 14mm e asfalto com 60mm

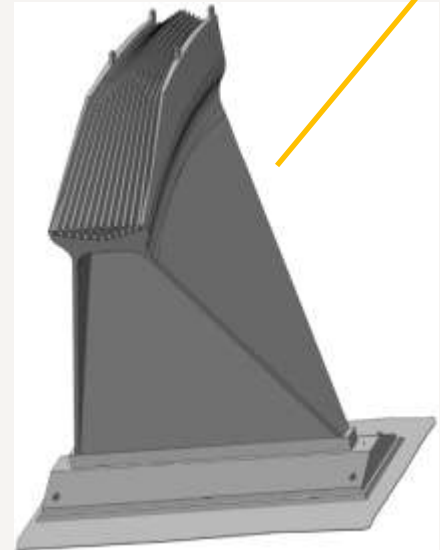
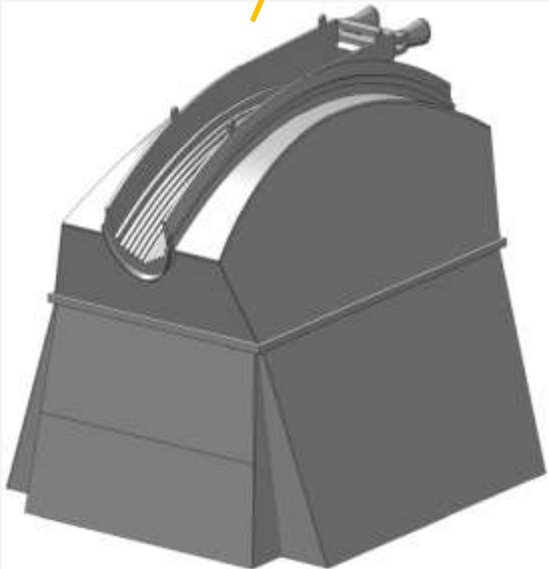
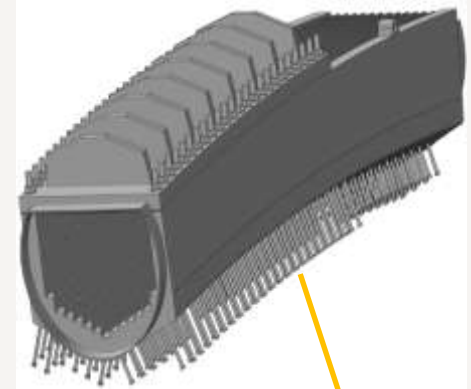
Disposição Geral – Cabo Principal



- > Relação flecha a meio vão e comprimento total do vão - 1:9;
- > Tirantes Pré-fabricados;
- > 110 tirantes, cada um com 127 cordões de 5.91 mm de 1760 Mpa;
- > Diâmetro de 781 mm.

PONTE DA BAÍA DE IZMIT

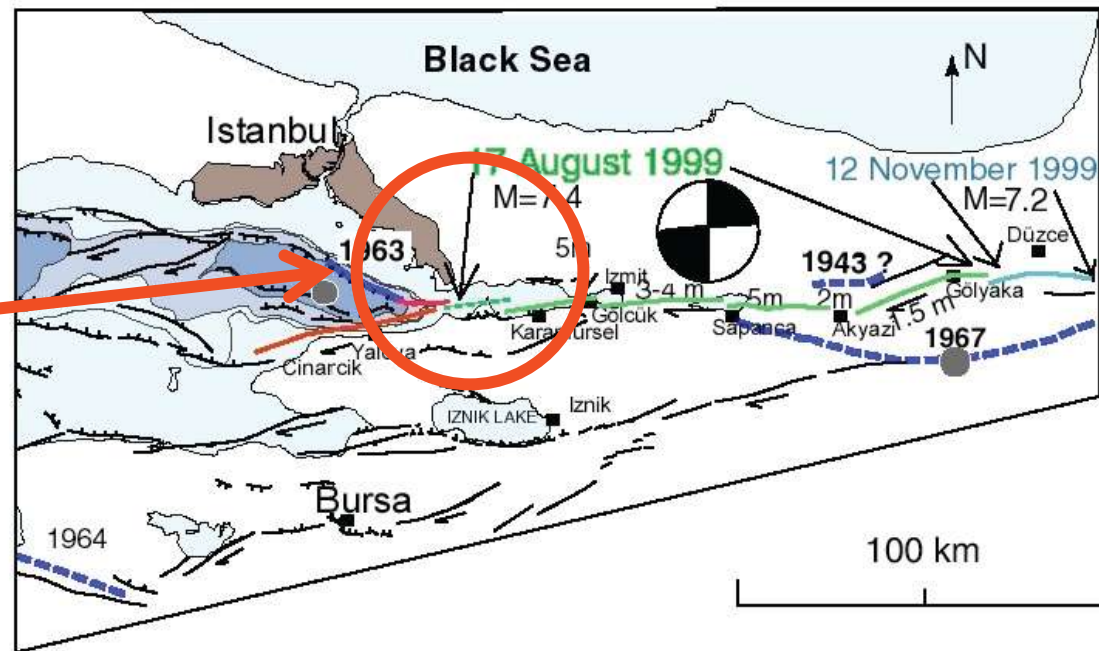
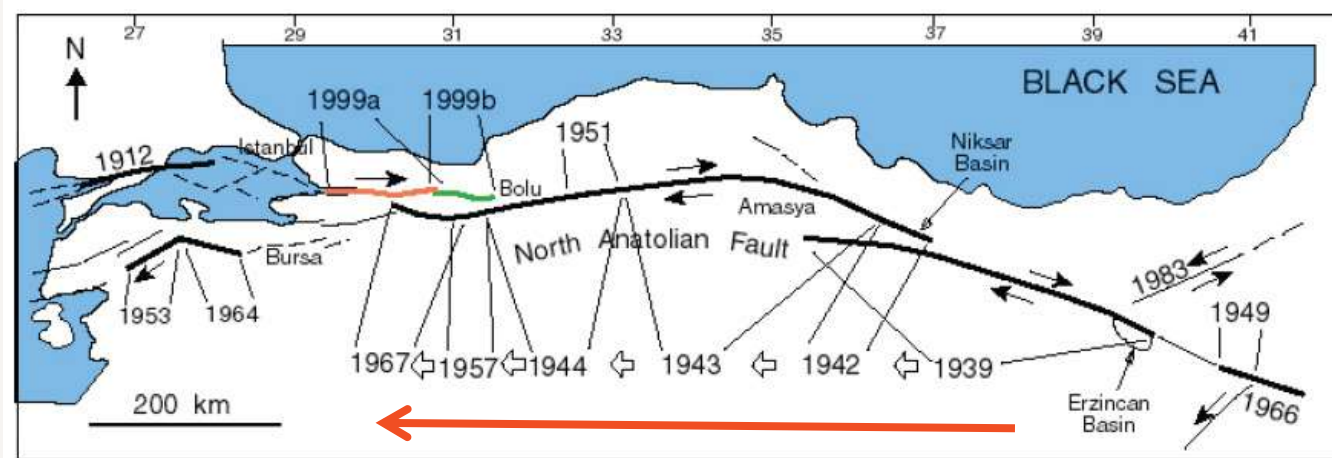
Clamps e saddles



COWI

Atividade Sísmica Intensa

- > Progressão das ocorrências sísmicas no século XX ao longo da falha norte de Anatólia.
- > Mapa das superfícies de ruptura dos sismos de 1999
- > *Gölcük* Sismo de 1999 – 7.5 de magnitude
- > Local da Obra

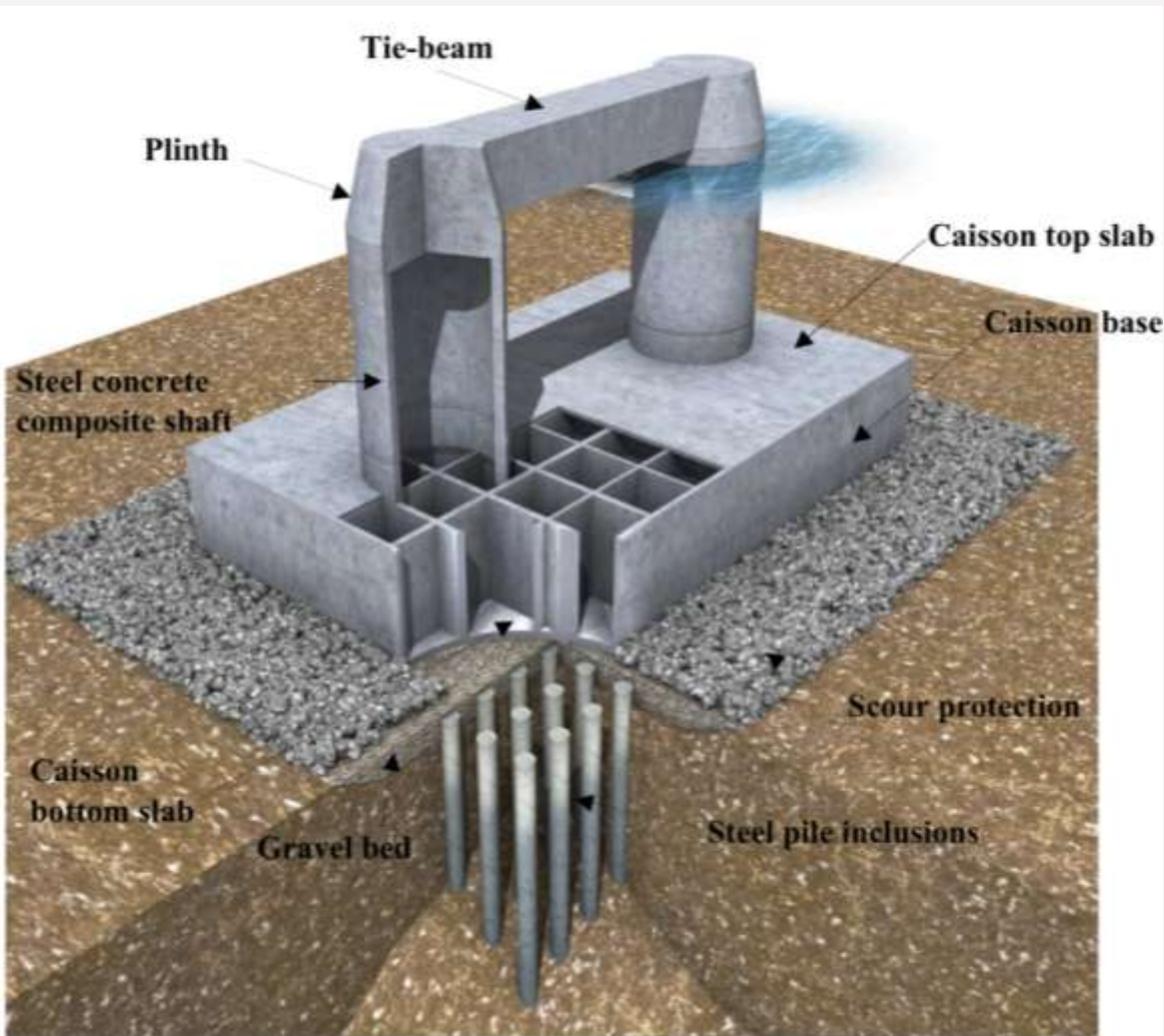


From Barka et al., 2002

Critério de *Performance Sísmico*

Evento Sísmico	Evento sísmico Período de Retorno	Nível de performance de Serviço	Nível de performance de Dano
<i>Functional Evaluation Earthquake (FEE)</i>	150 anos (50% em 100 anos)	Acesso ilimitado	Sem danos
<i>Safety Evaluation Earthquake (SEE)</i>	1000 anos (10% em 100 anos)	Acesso limitado	Danos reparáveis
<i>No Collapse Earthquake (NCE)</i>	2500 anos (4% em 1000 anos)	-	Sem colapso, <i>life safety Damage</i>

Disposição Geral – Fundação do Mastro



- > Reforço do solo com estacas metálicas (~200 nos. \varnothing 2m dia.);
- > Camada de cascalho (3m de espessura) permitindo o caixão deslizar durante o sismo;
- > Caixão pré-fabricado (54x68x15m);
- > Fustes de fundação mistos em aço/concreto (16m de dia., esp = 1.2m) com grande robustez contra o impacto de navios;
- > Apoios maciços com parafusos de ancoragem para a fixação do mastro metálico.

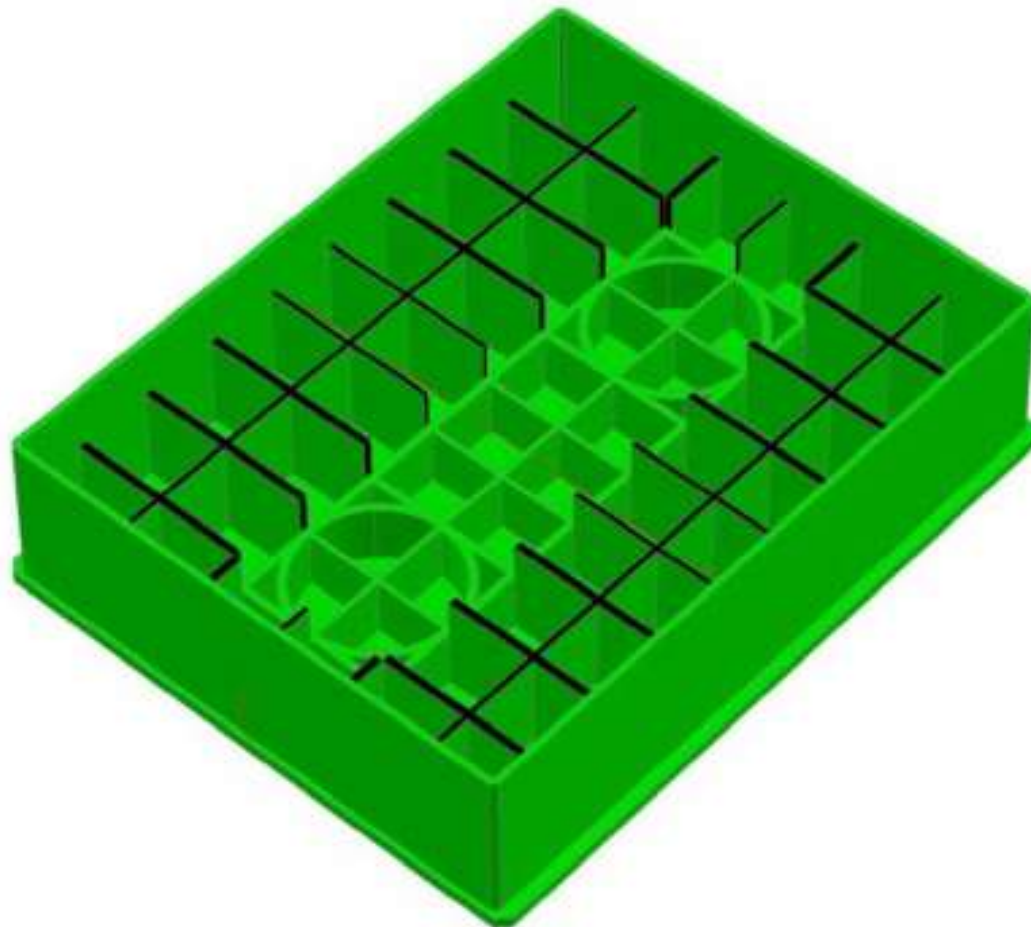
Fases de Construção- Fundações dos Mastros- Doca Seca

- › Fase em Doca seca – Parte do estrutura do caixão é construída numa doca seca, construída para o propósito, com uma profundidade limitada a aproximadamente 7.5m.



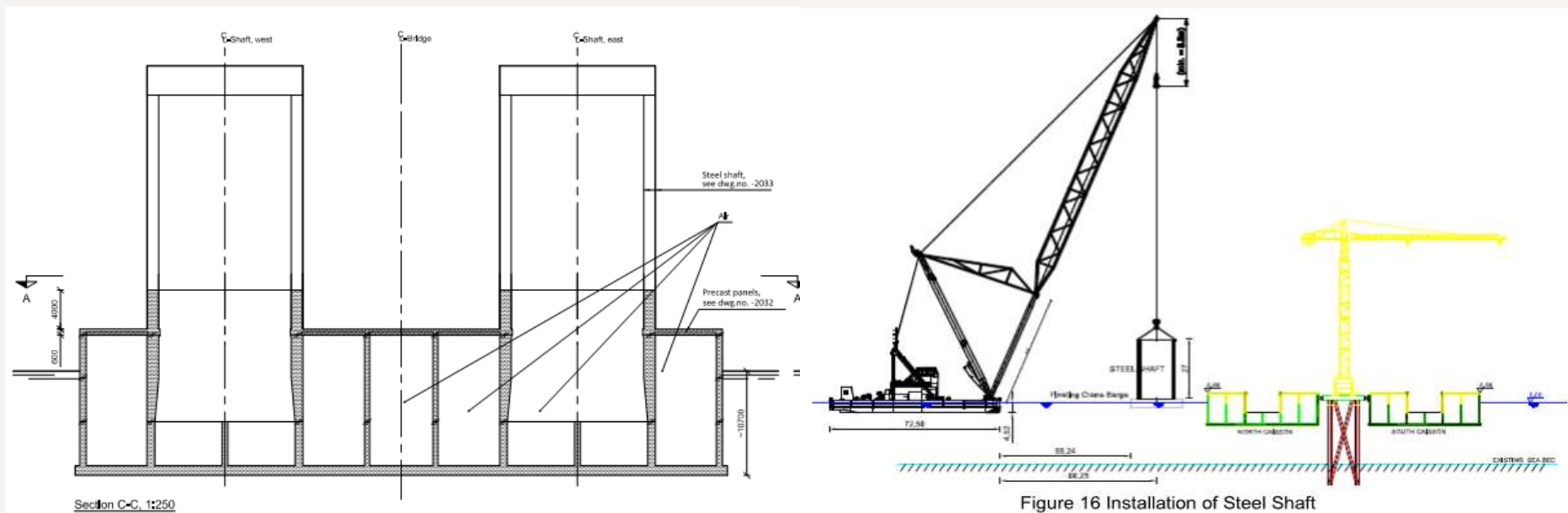
Fases de Construção- Fundações dos Mastros- Doca Seca

- › Fase em Doca seca – Parte do estrutura do caixão é construída numa doca seca, construída para o propósito, com uma profundidade limitada a aproximadamente 7.5m.



Fases de Construção- Fundações dos Mastros- Doca Molhada

- Fase em Doca Molhada - O caixão é rebocado para fora da doca seca e a restante parte do caixão, tal como os fustes de fundação, são finalizados na doca molhada em condições de flutuação num local de obra temporário a uma profundidade mínima de 15m. O fuste pré-fabricado em aço é elevado por gruas e colocado num apoio temporário.



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Construção da Fundação do Mastro- Doca Seca



Construção da Fundação do Mastro- Doca Seca



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Doca Seca – Fundação dos Mastros



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Construção das Fundações dos Mastros



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Construção das Fundações dos Mastros– Final de Setembro de 2013



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Construção das Fundações dos Mastros



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Construção das Fundações dos Mastros – Instalação do Fuste Metálico



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Construção das Fundações dos Mastros– Instalação das Estacas



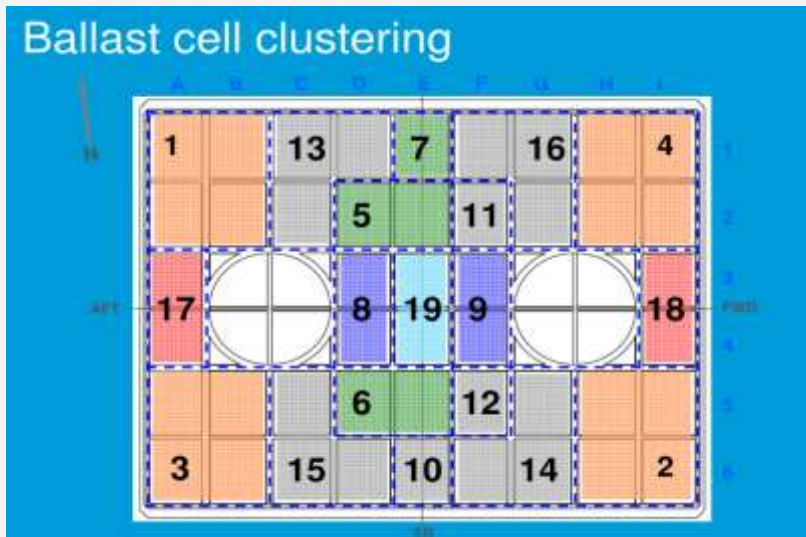
PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Construção das Fundações dos Mastros– Instalação das Estacas– Colocação da Camada de Cascalho



Faseamento Construtivo - Fundações dos Mastros - Imersão

- > Imersão das fundações dos mastros através de balastro- Fundação do mastro é rebaixada para a sua posição final por enchimento das células do caixão com água de lastro.
- > Por forma a manter a estabilidade de flutuação do caixão na fase onde a corpo principal do mesmo fica imerso, o caixão é inclinado 10 graus.
- > O concreto de enchimento nos fustes do nível -21m ao nível -1m é betonado após a estrutura estar imersa.



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Doca Molhada – Fundações dos Mastros



Movimentações – Fundação do Mastro Norte



Imersão – Fundação do Mastro Norte



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Imersão – Fundação do Mastro Norte



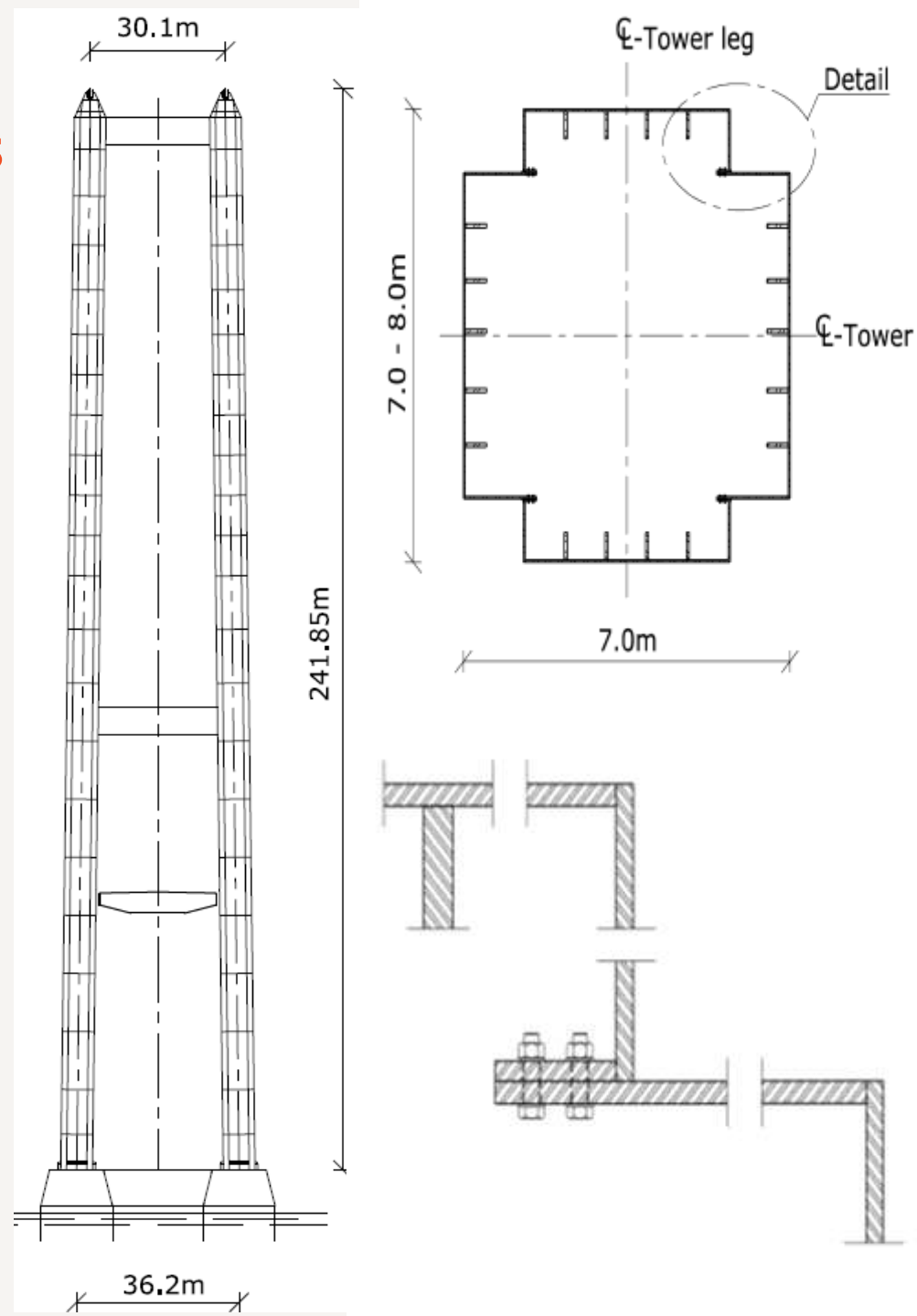
PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Posição Final – Fundação do Mastro Norte

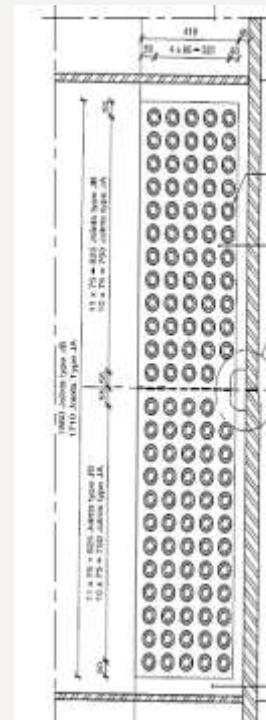
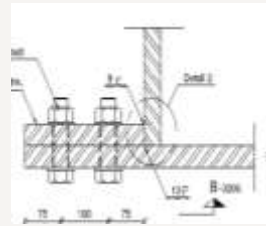
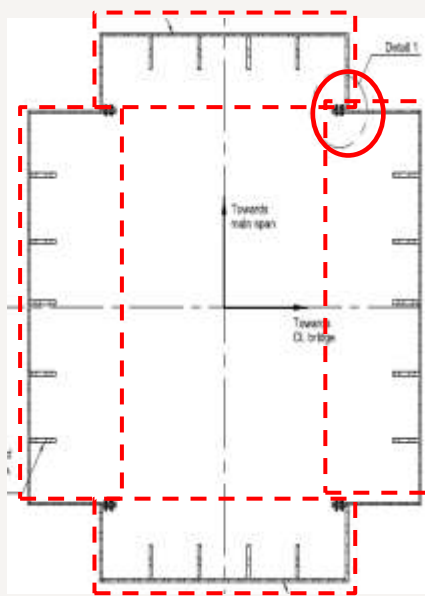


Disposição Geral-Mastros

- > Mastros metálicos / peso baixo / maior flexibilidade / construção rápida;
- > Combinações de carga sísmica e combinações de estados limites últimos regem similarmente o dimensionamento do mastro;
- > Construídos a partir de elementos pré-fabricados – 22 blocos;
- > Juntas horizontais por combinação de soldadura e aparafusamento.



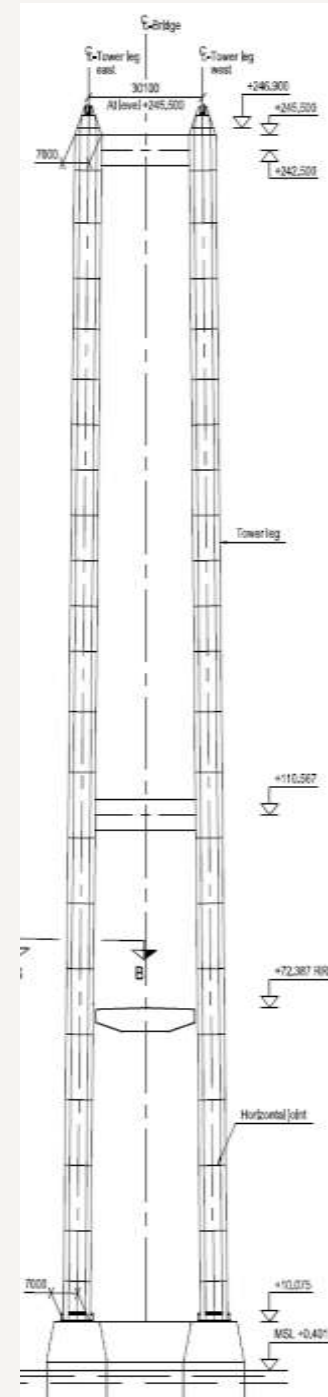
Construção do Mastro



Construção por painéis
Bloco no. 12-22
Grua do Mastro,
40t

Construção por blocos no. 1-11
Grua Flutuante,
300t

Parafusos por atrito
Ligação dos reforços



PONTE DA BAÍA DE IZMIT
MASTROS



PONTE DA BAÍA DE IZMIT
MASTROS



PONTE DA BAÍA DE IZMIT
MASTROS



PONTE DA BAÍA DE IZMIT
MASTROS



PONTE DA BAÍA DE IZMIT
MASTROS



PONTE DA BAÍA DE IZMIT
MASTROS



PONTE DA BAÍA DE IZMIT
MASTROS



PONTE DA BAÍA DE IZMIT
MASTROS



PONTE DA BAÍA DE ZMIT

MASTROS



32

PONTE DA BAÍA DE IZMIT
MASTROS



PONTE DA BAÍA DE IZMIT
MASTROS



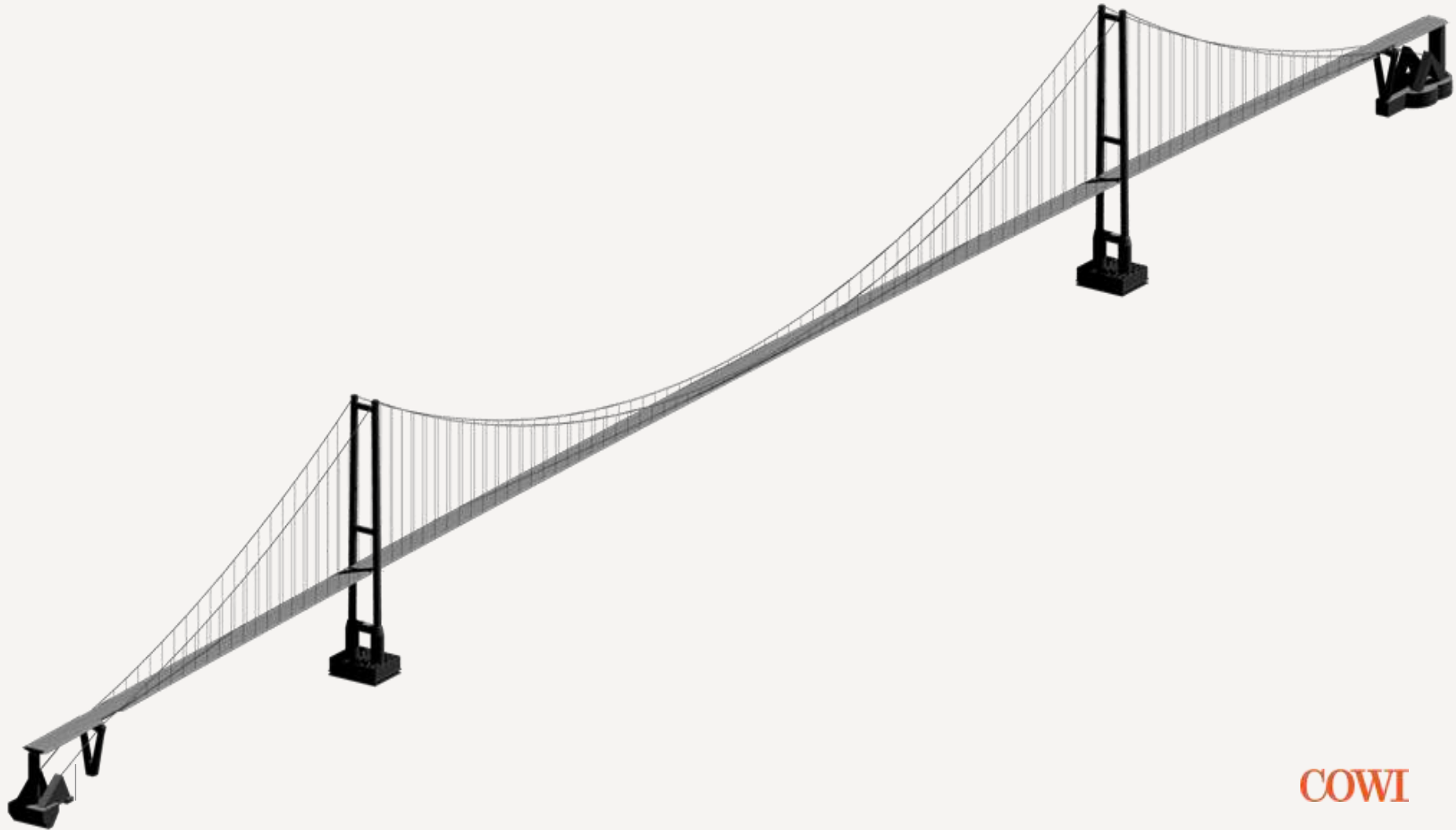
PONTE DA BAÍA DE IZMIT

MASTROS



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Modelo Global do IBDAS (MEF)



Modelo Global do IBDAS incluindo os Modelos Locais

Modelos Locais integrados no Modelo Global:

- > Blocos de Ancoragem (elementos "shell" e "solid") – verificação do concreto no IBDAS
- > Pilares adjacentes (elementos "solid") – verificação do concreto no IBDAS
- > Caixaão do Mastro (elementos "shell") – verificação do concreto no IBDAS
- > Fuste do Mastro até travessa inferior (elementos "shell") – nível de tensões
- > Fuste do Mastro até travessa superior (elementos "shell") – nível de tensões
- > Tabuleiro da ponte (elementos "shell") – nível de tensões

PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Modelos Locais de Análise

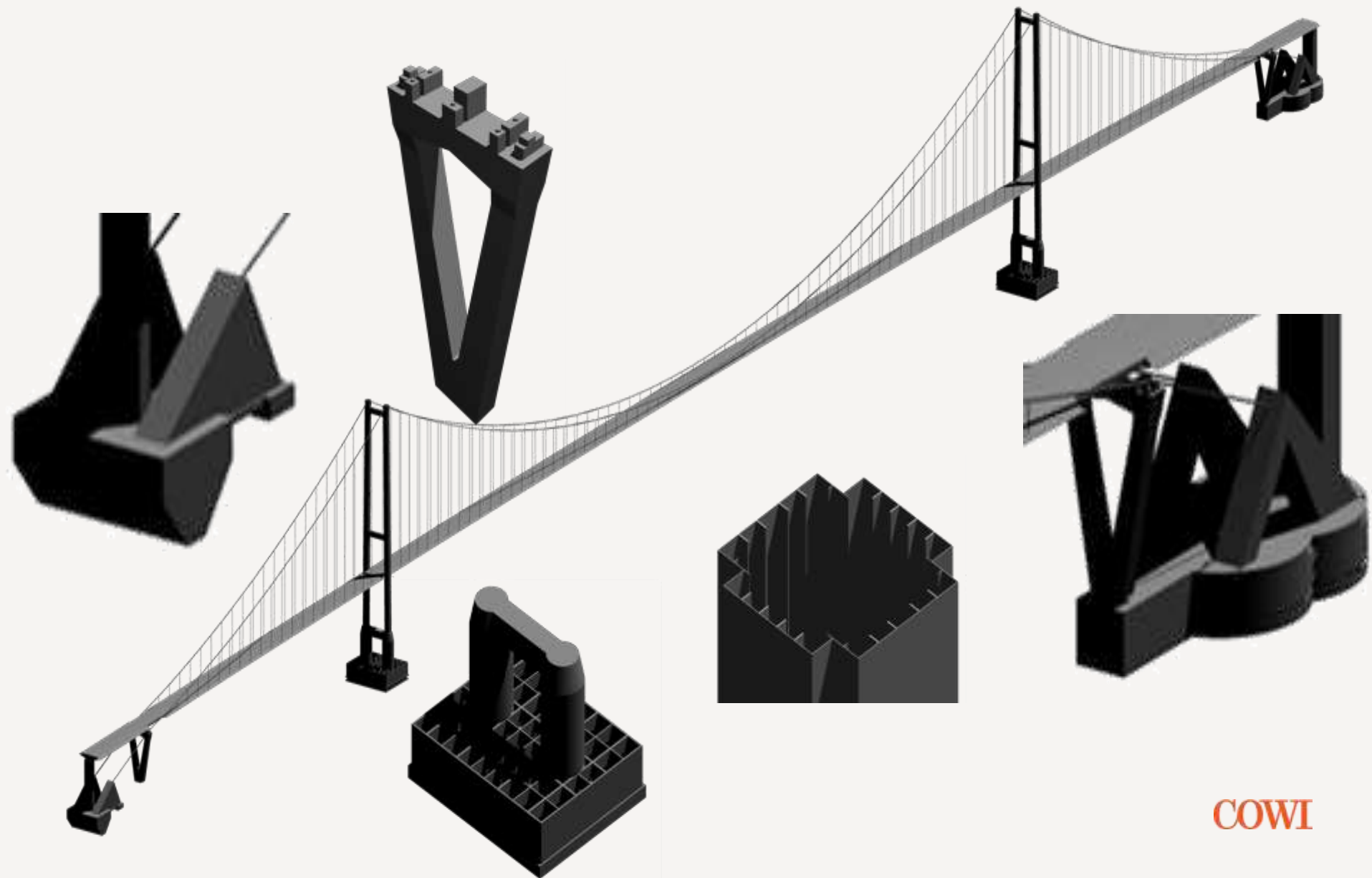
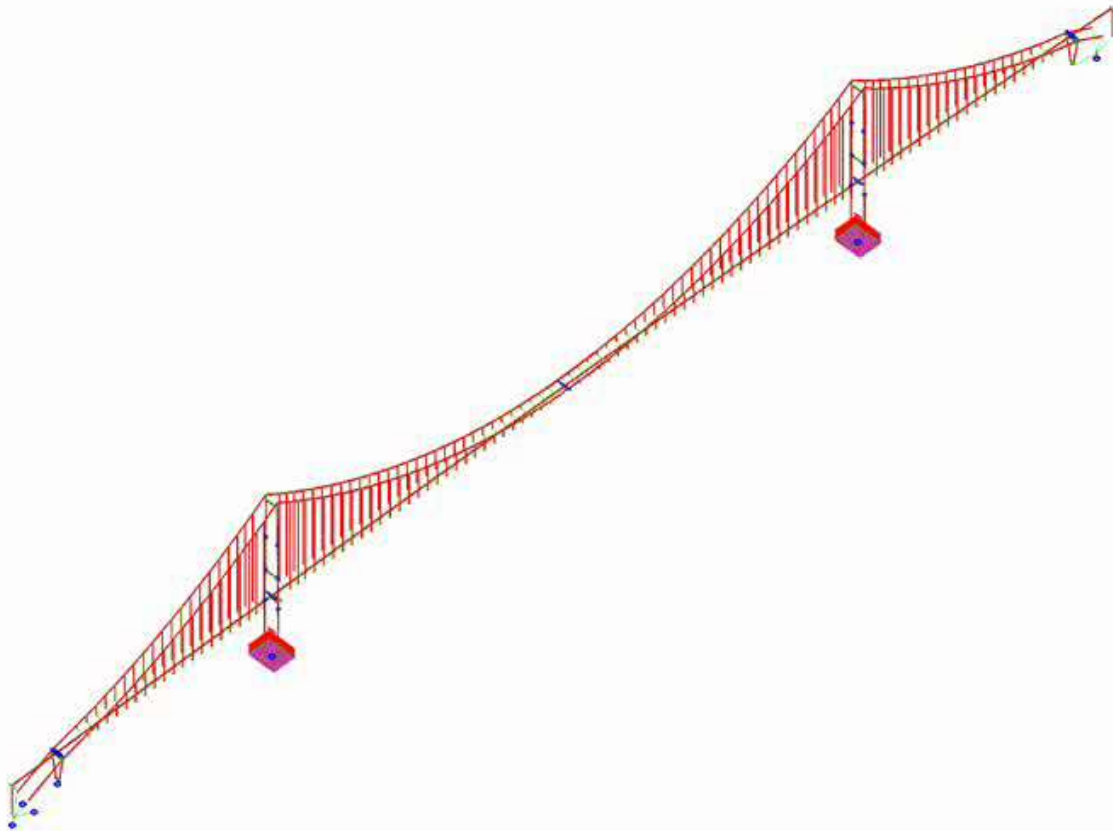
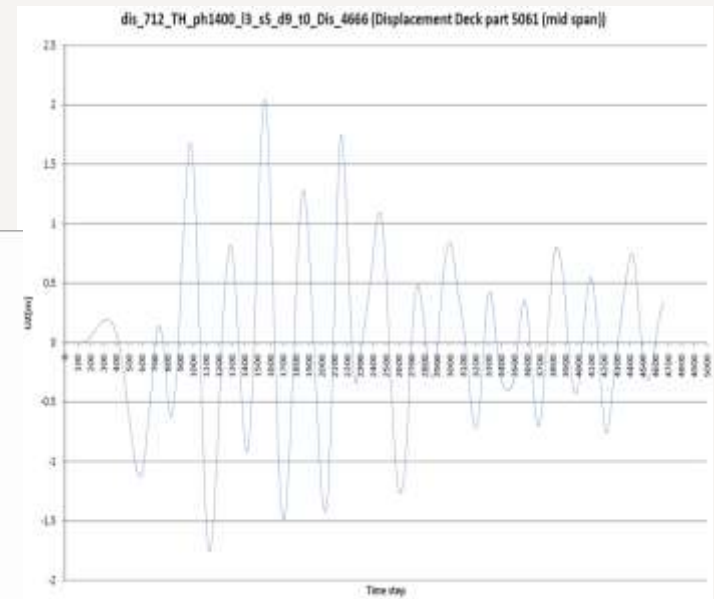


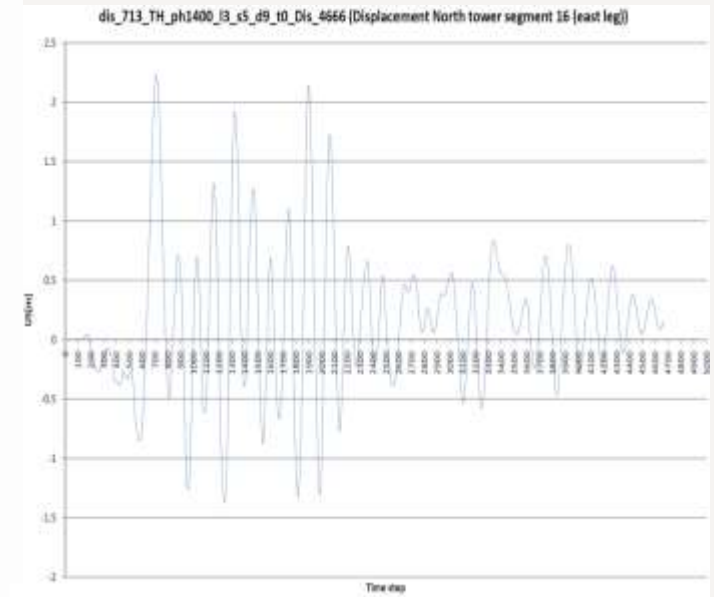
Ilustração da Análise Sismica *Time History* (NCE, Série 5)



Deslocamento a Meio Vão (vert.) ~ +/- 2m



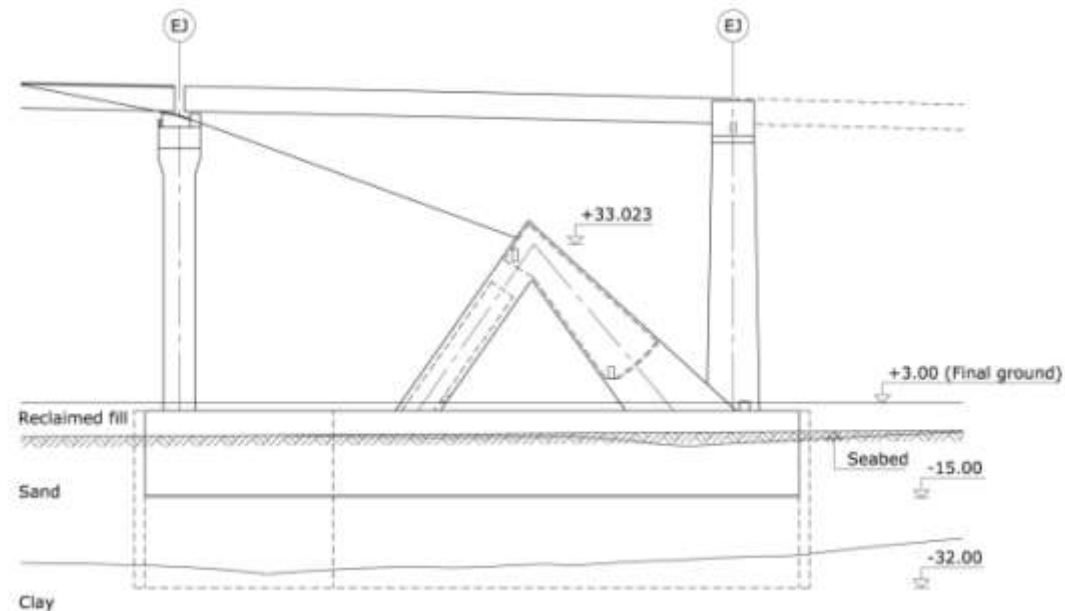
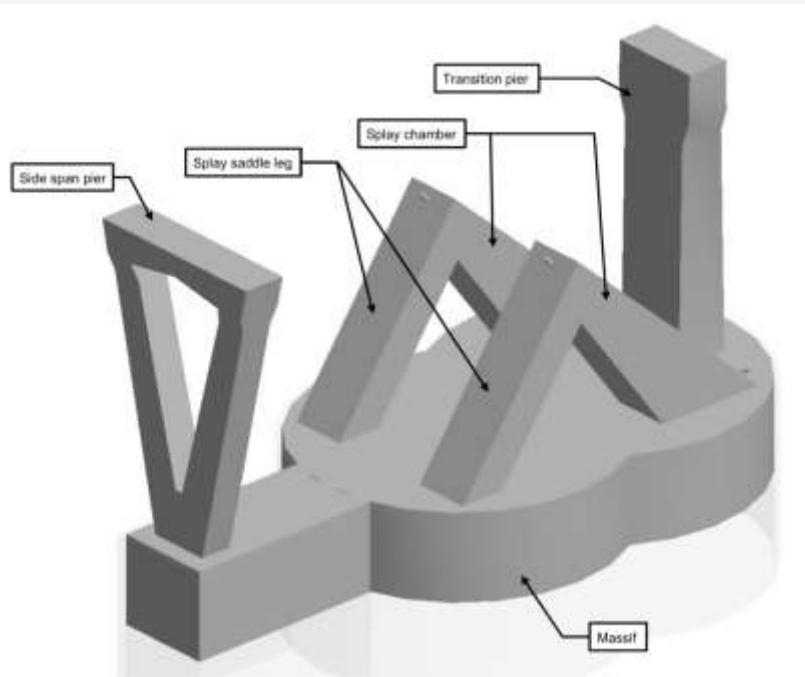
Deformação do Mastro (long.) ~ +2/-1.5 m



Resultados da Análise Sísmica

δ (m) ^{1/2}	Mastro	Transiente (max)		Permanente	
		SEE	NCE	SEE	NCE
Longitudinal	Norte Sul	0.20	0.45	0.06	0.21
		0.45	0.87	0.08	0.28
Transversal	Norte Sul	0.14	0.27	0.05	0.12
		0.24	0.40	0.03	0.07

Disposição Geral – Bloco de Ancoragem Sul

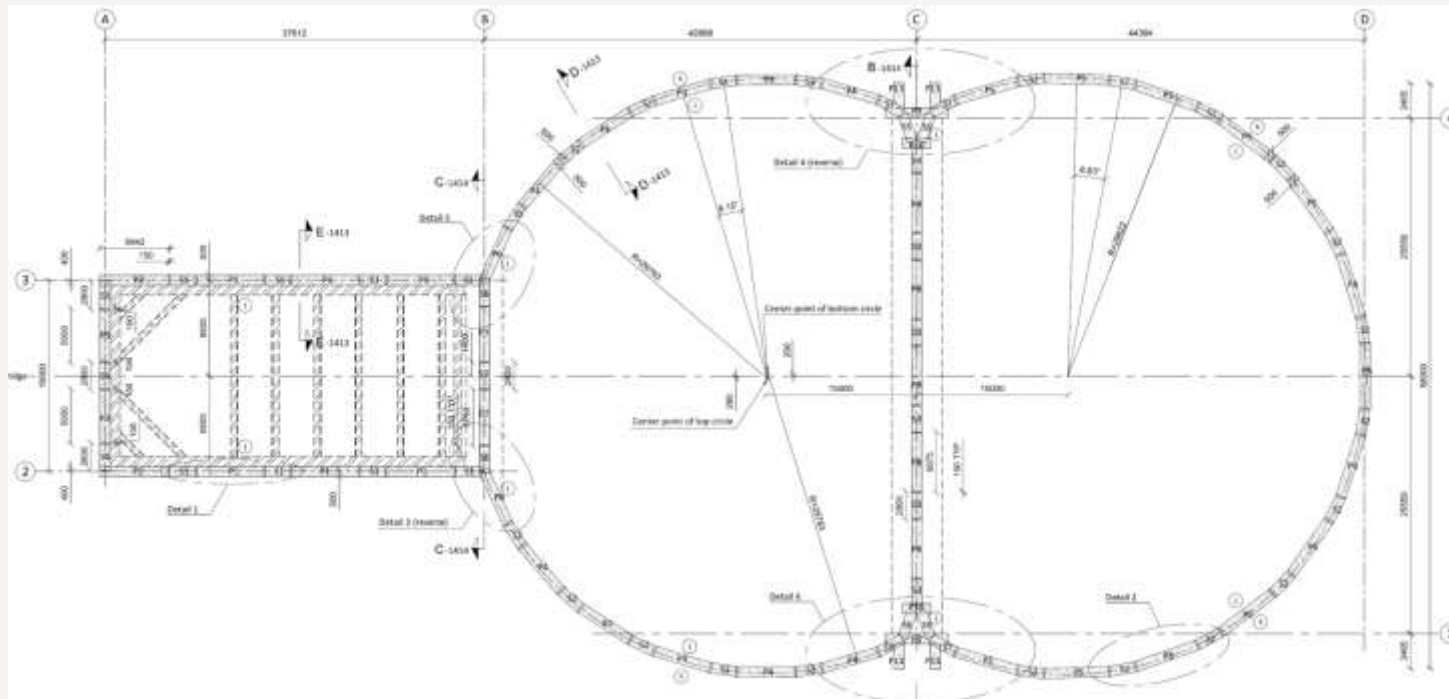


- > Fundação por gravidade assente em areia densa;
- > Fundação massiva 124x58x16m;
- > Formato de guitarra por forma a melhorar a estabilidade da escavação;

Disposição Geral – Bloco de Ancoragem Sul



Escavação do Bloco de Ancoragem Sul



Dimensionamento da parte circular

- Pressão da água e solo uniformes
- Estrutura circular, i.e. todos os painéis em compressão tangencial
- Distribuição de forças verticais nos painéis da paredes nulas
- Compressão transferida para as juntas
- Armadura nos painéis da paredes - 75 kg/m^3

Escavação do Bloco de Ancoragem Sul



Detalhes técnicos da escavação em formato de guitarra:

- > Parede do Diafragma (*D-wall*); espessura 1.0m, nível superior +1.5m, nível inferior - 32.0m, comprimento 33.5m;
- > Nível de Escavação -15.0m, Nível da Plataforma +1.5m, profundidade 16.5m;
- > Impermeabilização na base da escavação obtida através de uma camada de argila de espessura de 10 m, sobre areia;
- > Tempo de construção da *D-Wall* e da escavação: 6 meses.

PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Sul – Armadura dos Painéis da D-Wall



Escavação do bloco de Ancoragem Sul



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Construção do Bloco de Ancoragem Sul



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Sul – Estado: Início de Abril



Bloco de Ancoragem Sul – Estado: Início de Agosto



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Sul



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Sul

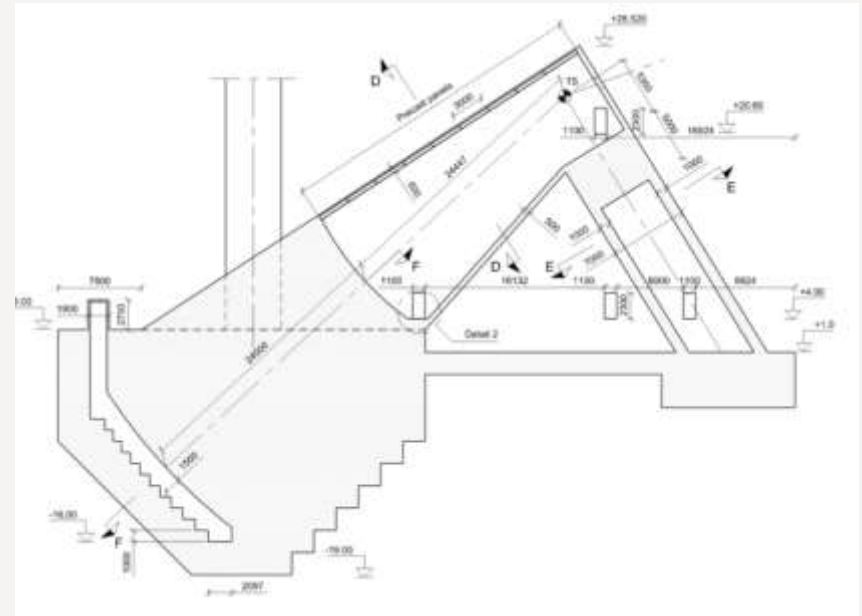
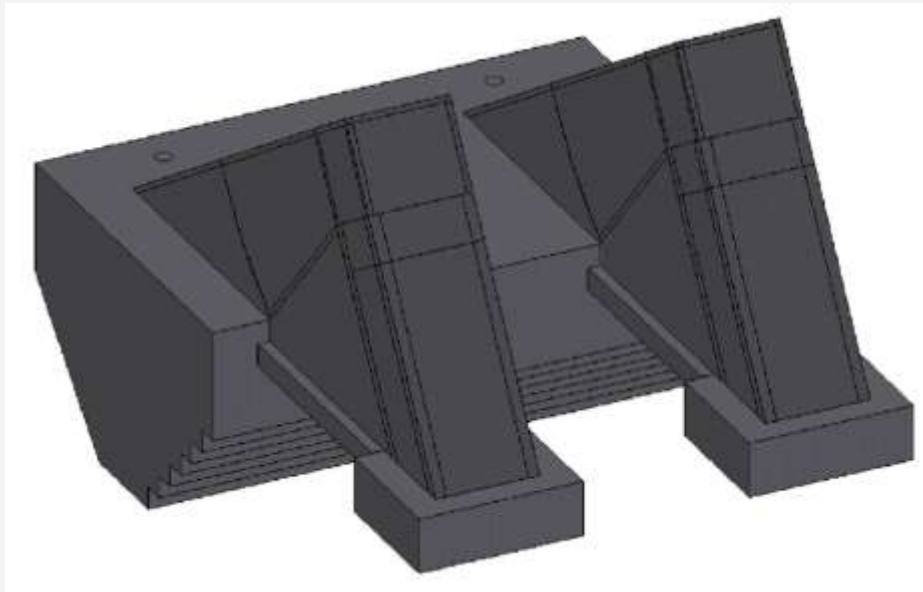


Bloco de Ancoragem Sul



Disposição Geral – Bloco de Ancoragem Norte

- > Estrutura por gravidade fundada em rocha – Fundação maciça 50x66x22m



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Construção do Bloco de Ancoragem Norte



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Norte – Estado: Início de Abril



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Norte – Estado: Progresso Início de Agosto



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Norte



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Norte



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Norte



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Norte



Bloco de Ancoragem Norte



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Bloco de Ancoragem Norte



COWI

PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Tabuleiro



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Tabuleiro



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Tabuleiro



Sumário de Principais Quantidades

Estrutura	Material	Unidade	Quantidade
Blocos de Ancoragem	Concreto	m ³	130000
Fundação dos Mastros	Concreto	m ³	45000
Estacas reforço solo	Aço	ton	16000
Mastros	Aço	ton	17000
Cabro Principal	Aço	ton	18000
Tabuleiro da Ponte	Aço	ton	33000

PONTE DA BAÍA DE IZMIT
Questões?

COWI



PONTE DA BAÍA DE IZMIT

Muito Obrigado pela sua atenção!

Para mais informações veja www.cowi.com

