

Przyczyny katastrof obiektów mostowych – wybrane przykłady



mgr inż.
**Bolesław
BALCEREK**

Specjalista I-stopnia

Katastrofa wiaduktu podwieszonego w ciągu autostrady A10 w Genui w dniu 14 sierpnia 2018 r.







DUKT MORANDIEGO

16/08/2018



15/08/2018



15/08/2018



15/08/2018

**Wiadukt budowany w latach 60-tych XX w. ,
remontowany w 2016 r., obecnie trwały prace nad
poprawą stanu podpór wiaduktu.**

**Budowa wiaduktu nastąpiła w latach 60 –tych XX
w., remont przeprowadzono w 2016 r. a obecnie
trwały prace wzmacniające podpory.**

**Katastrofa dużego fragmentu wiaduktu z 1967 r.
miała miejsce podczas gwałtownej ulewy,
prawdopodobnie zostały podmyte podpory.**

**Podwieszenie wykonano jako elementy z betonu
sprężonego a nie jako tradycyjne liny stalowe.**

**Duży – 200 m fragment obiektu spadł na tory
kolejowe i do rzeki, a nie na budynki mieszkalne
i ulice miejskie – z wysokości około 100 m.**

Kilkadziesiąt osób zginęło w katastrofie.



15/08/2018



15/08/2018



15/08/2018

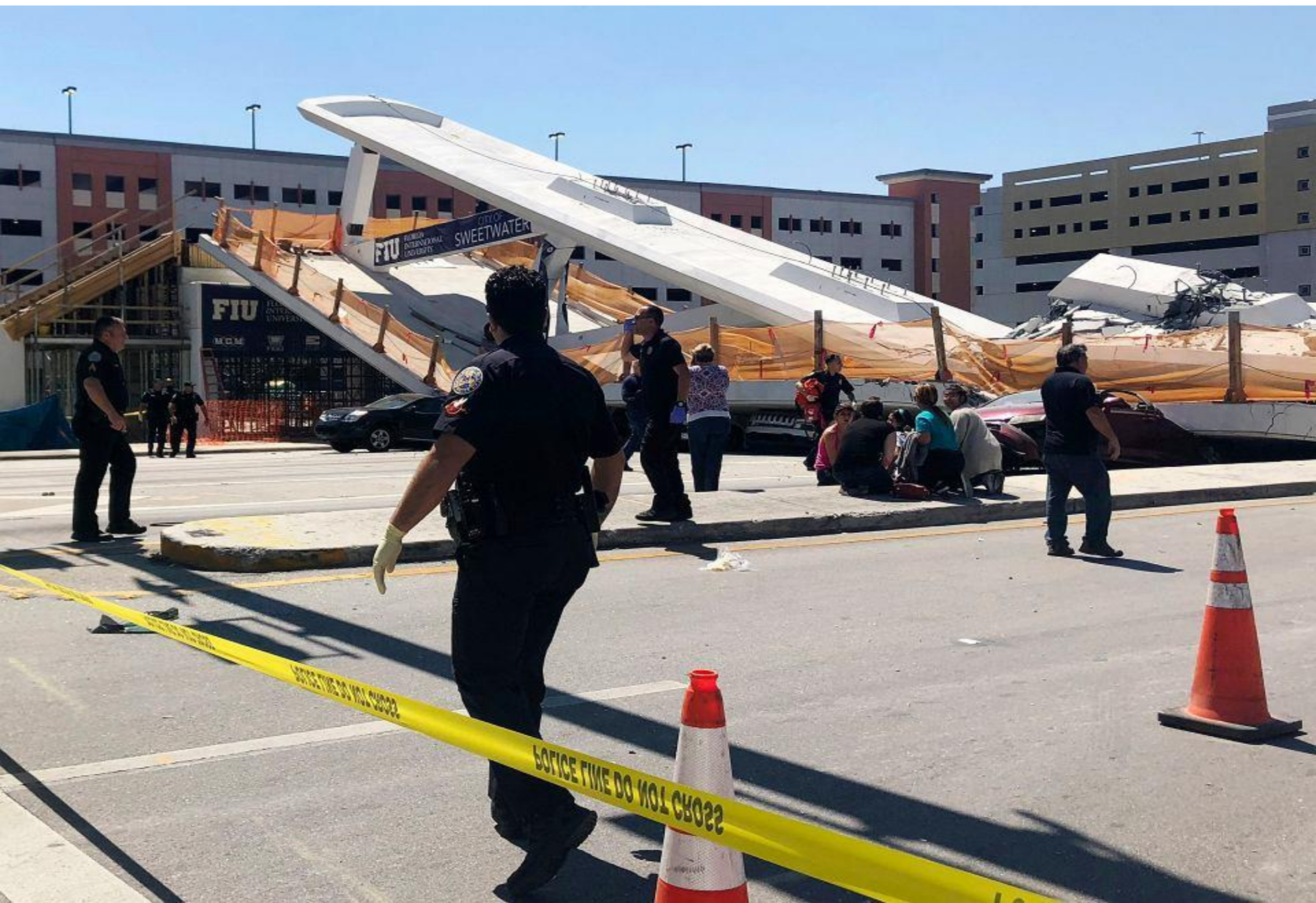
Wiadukt czteropasmowy nosił nazwę
architekta Riccardo Morandiego
i łączył dwie części Genui.



Katastrofa wiaduktu – kładki dla pieszych w Miami na Florydzie 15.03.2018 r.



Kłódka w Miami na Florydzie w trakcie zawalenia się



Moment upadku konstrukcji zamontowanej na podporach





Kładka oddana kilka dni przed katastrofą tj. 10 marca, znacznie wcześniej przed terminem umownym, łączyła Międzynarodowy Uniwersytet Florydy z akademikami uniwersyteckimi nad dwujezdniową - 6 pasową arterią drogi stanowej, długość kładki - to prawie 60 m.

Poszkodowanych zostało 8 samochodów z ludźmi, zginęły 4 osoby a 9 zostało rannych.

Pierwszą pomoc **udzielili przechodnie**, później profesjonalne służby ratownicze.

Kładka ważyła około 950 ton, zastosowano nowatorski montaż na podporach w ciągu jednego dnia, złożonej z części konstrukcji na poboczu drogi i dowiezionej na platformie kołowej.





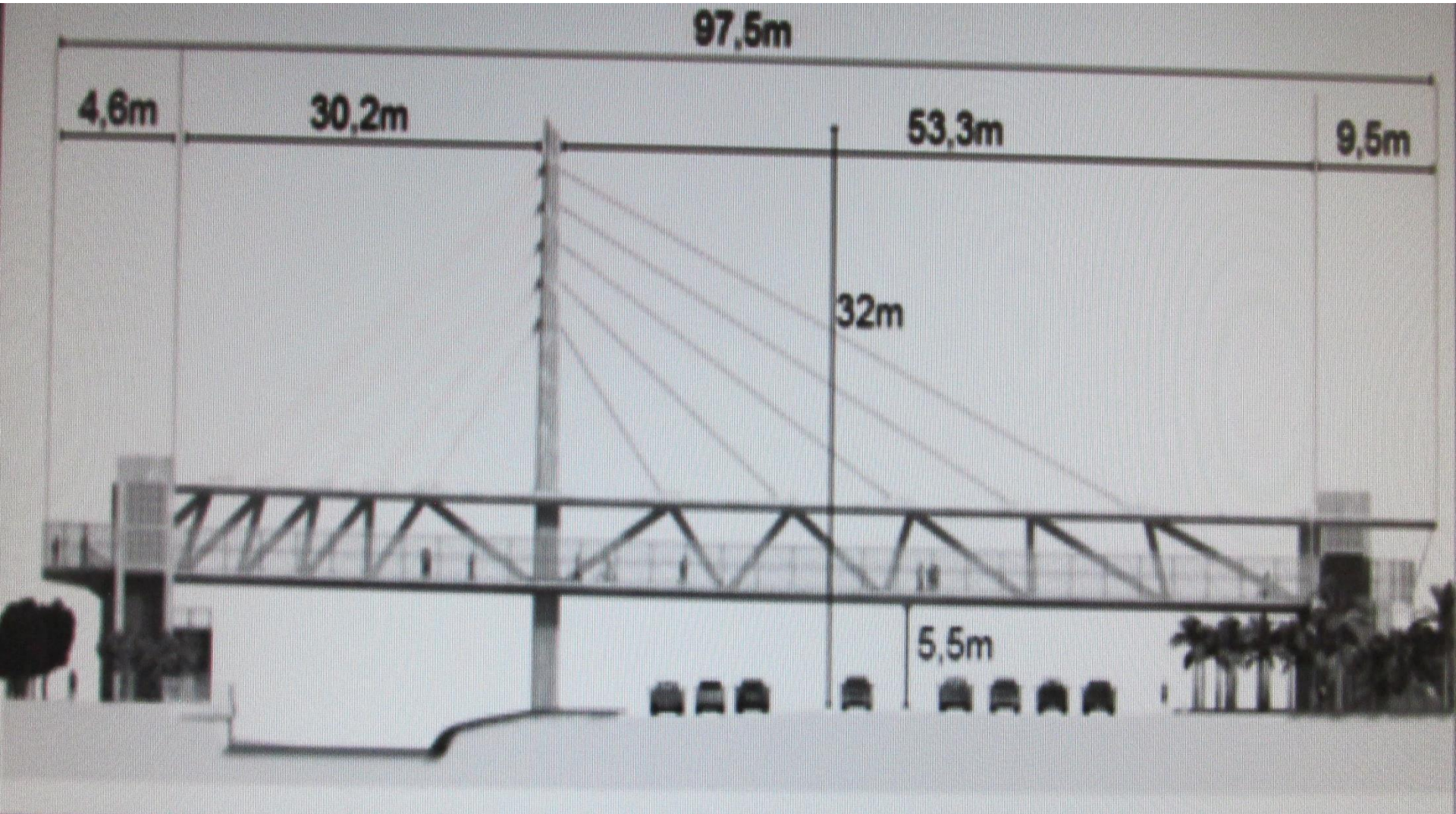






17/03/2018

Schemat podwieszenia kładki - po 5 lin z każdej strony kładki w węzłach pasa górnego z krzyżulcami



Podwieszany most w Kolumbii - Chirajara (95 km od Bogoty)

- Most w ciągu autostrady, łączący Bogotę z położonym na pd-wsch miastem Villavicencio.
- Długość całkowita 446 m
- Brakująca część, łącząca środkowe przęsło - 20 m,
- Przepaść głębokości 280 m
- Otwarcie mostu planowano na połowę 2018 roku, katastrofa nastąpiła 15.01.2018 r.
- Zabici: 10 osób, ranni: min 5 osób

















Katastrofa mostu blachownicowego, obrotowego pomiędzy Camdel a Salem



**Linia kolejowa i most wykonane w 1873 r
w U S A**

**Katastrofa nastąpiła 30 listopada 2012 r.,
z uszkodzonych cystern wydostało się
75.000 litrów trującego oparu chlorku
winylu, służącego do produkcji PCV
(poszkodowanych zostało ok. 50 osób)**

**Most i tor kolejowy były naprawiane 23
razy do dnia awarii i w związku ze złym
stanem obiektu, wykonano nowy most
kratownicowy podnoszony.**



DAM

25/03/2018



25/03/2018



25/03/2018

Najazd na niedomknięte przęsło mostu w linii kolejowej jednotorowej





25/03/2018



25/03/2018

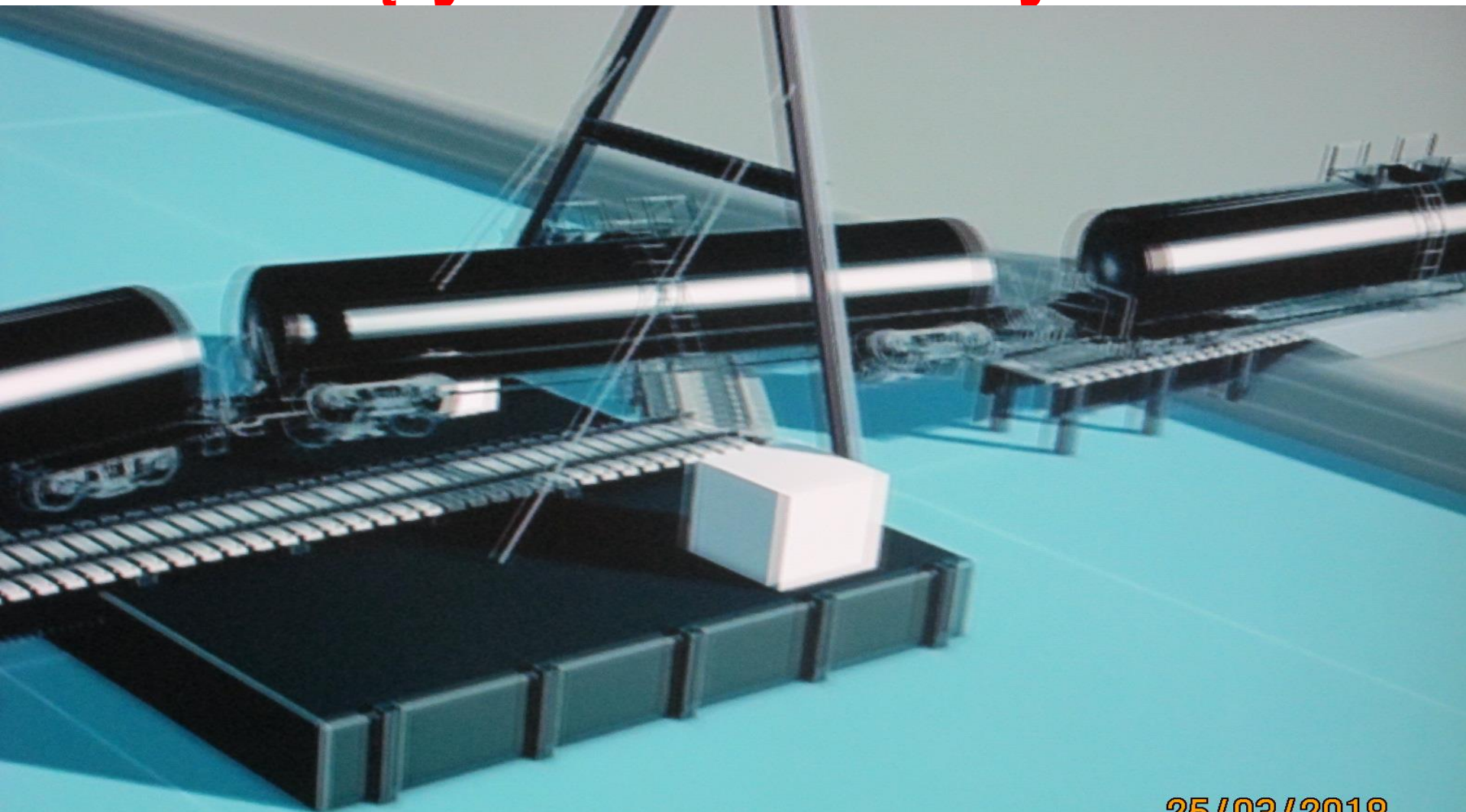


25/03/2018



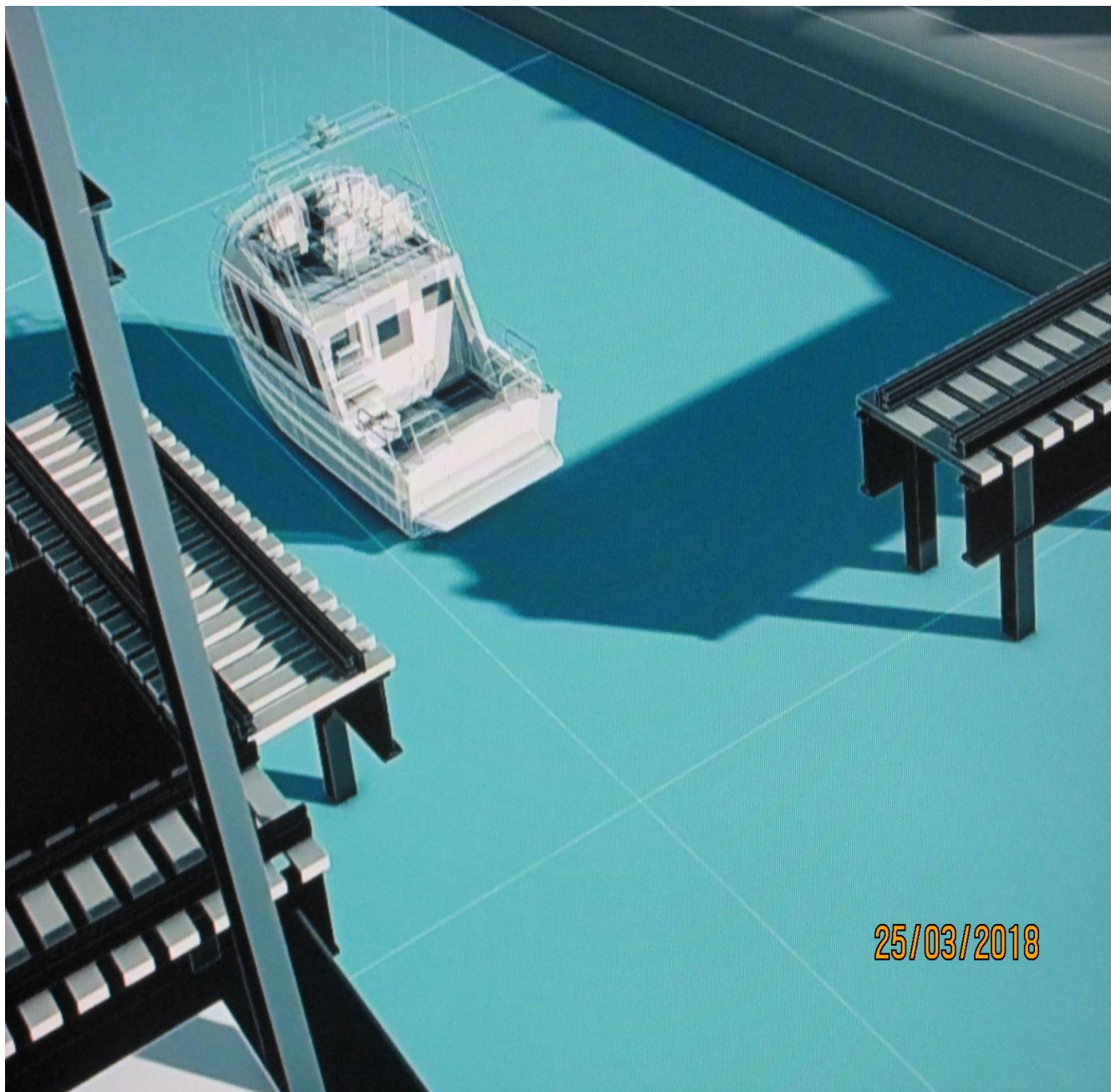
25/03/2018

Schemat najazdu pociągu na niedomknięty most obrotowy

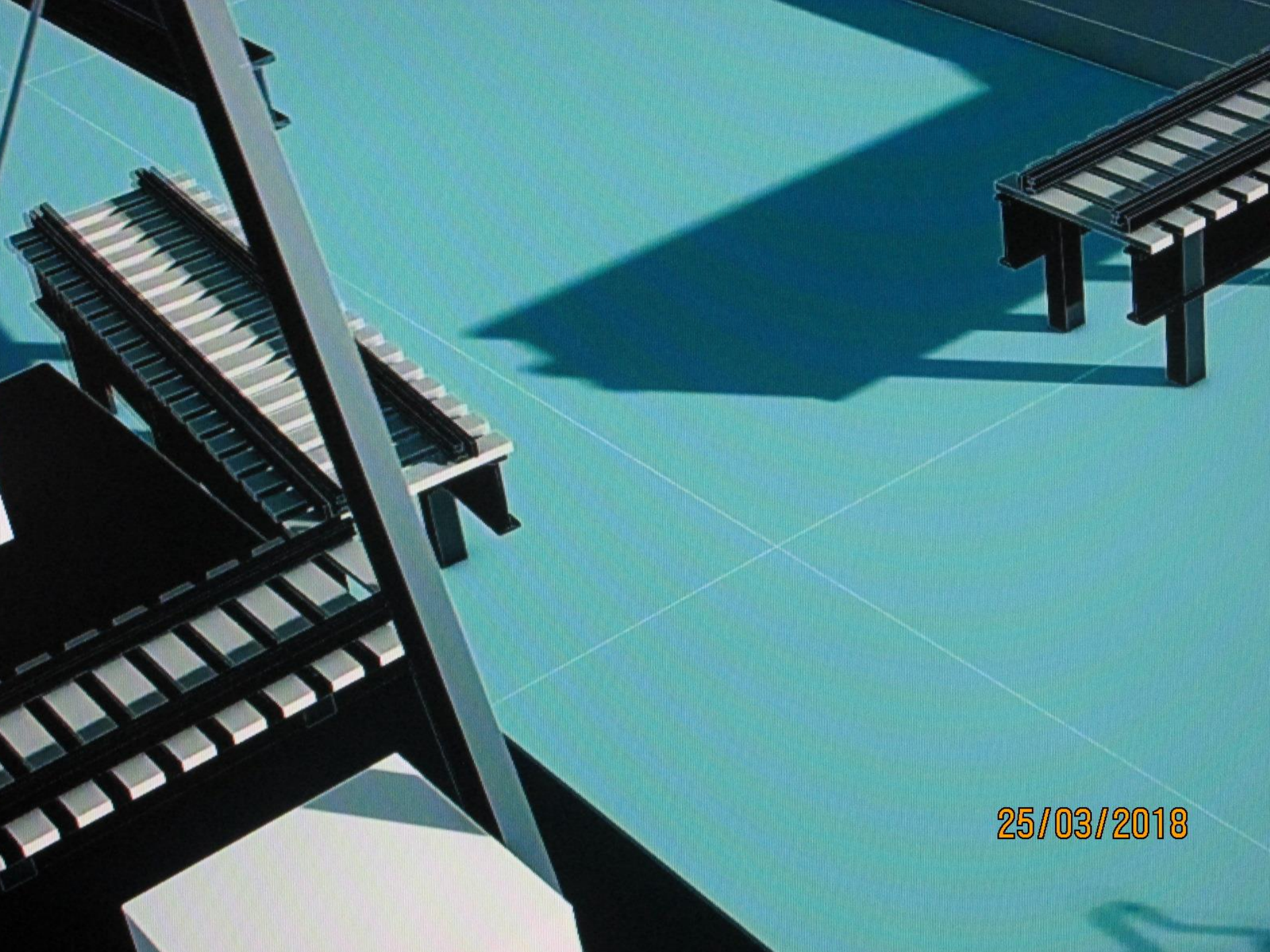


25/03/2018

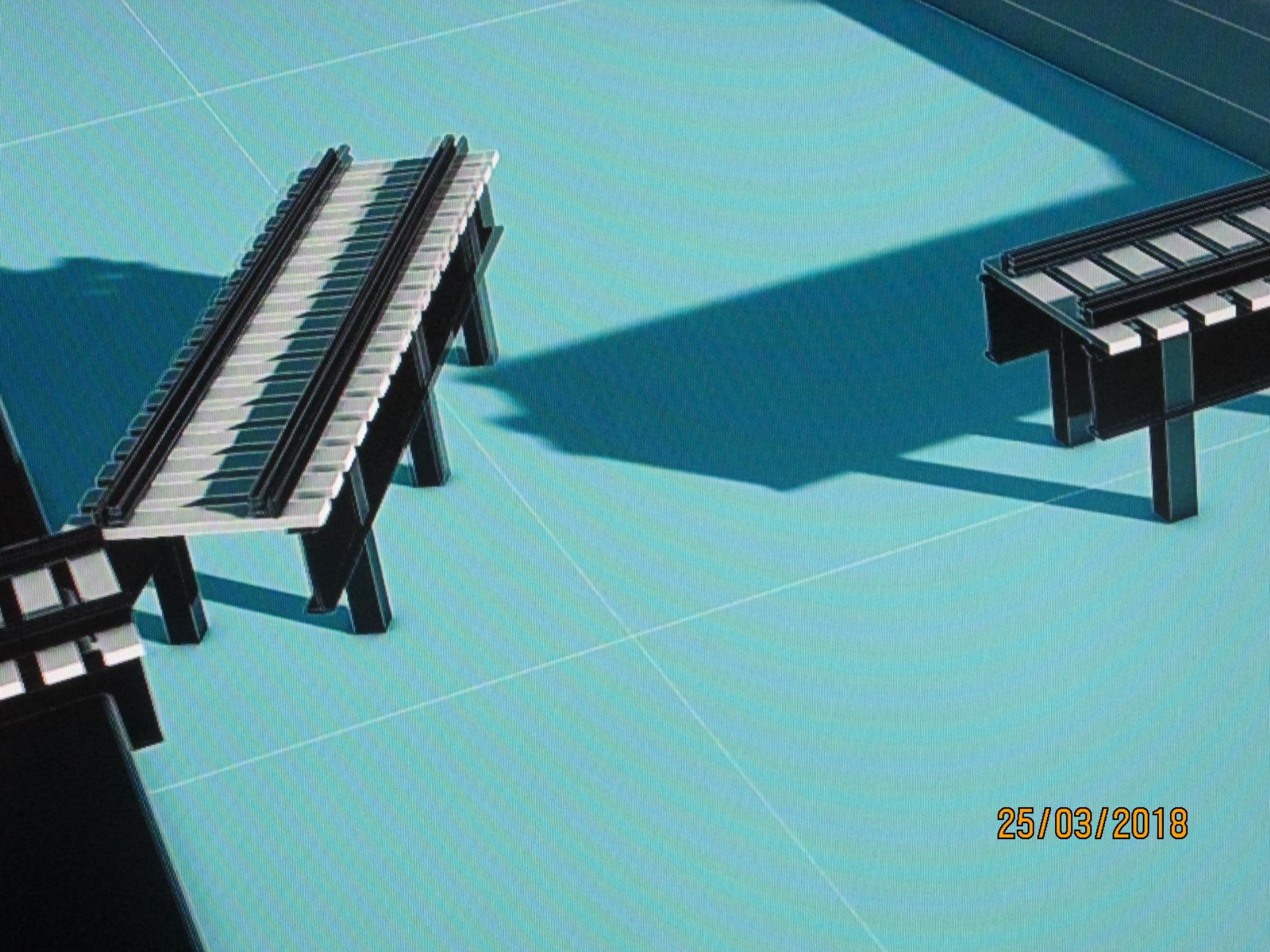
**Most
obracany
w celu
przepuszcze-
-nia
statków
rzecznych**



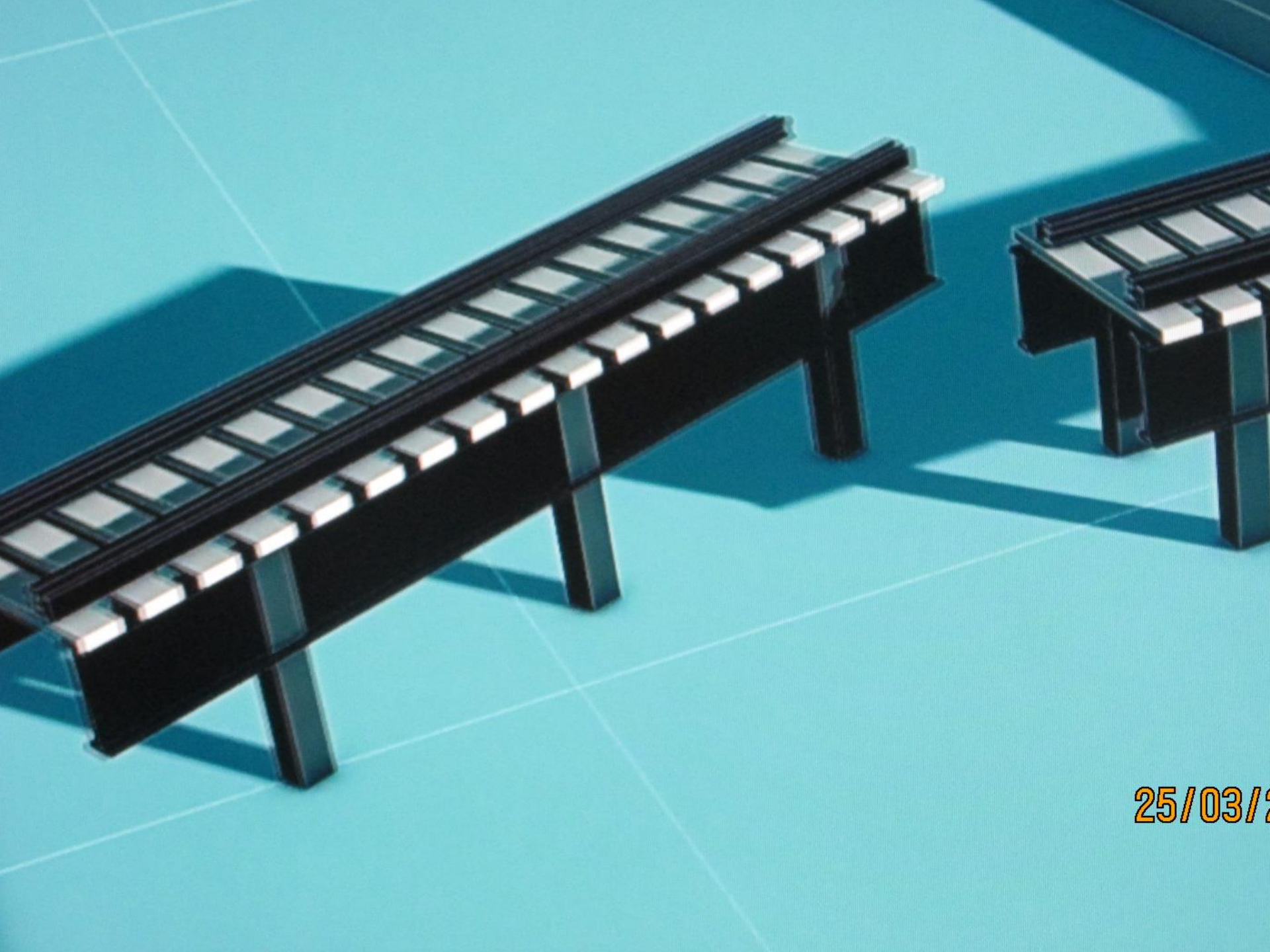
25/03/2018



25/03/2018



25/03/2018



25/03/2



25/03/2018



25/03/2018

**Zabezpiecze
-nie
i blokada
toru
obrotowego
mostu
i toru
łącznikowe-
go**



Po
katastrofie
zamonto -
wano
przęsło
mostowe
podnoszo-
ne





25/03/2

Katastrofa mostu kolejowego pod Angers (Les Ponts – de – Ce) o długości 576 m, 6-cio przęsłowy

4 sierpnia 1907 r. z dworca w Angers nad Loarą wyruszył do Poitiers pociąg osobowy - do którego doczepiono 7-my wagon, z powodu nawału chętnych do podróży. Ze stacji **Trelaze**, pociąg zabrał następnych podróżnych, razem **jechało 700 pasażerów z bagażami.**

W moście zerwało się poszycie z torem kolejowym i 40 tonowa lokomotywa z tendrem i pierwszym wagonem spadła z 10 metrów do rzeki.

Wagon III klasy przewoził ponad 50 osób, głównie robotników i ich rodziny z zakładów zapalek i zakładów łupkowych w Trelaze.

Zginęło 27 osób, 20 rannych, około 30 osób wyratowali rybacy i plażowicze.

Most został odbudowany , lecz nie przetrwał , ponieważ został zbombardowany w 1944 roku i nie odbudowany.

Zdjęcia autorstwa fotografa Gaston Loubatier przedstawiają leżącą lokomotywę w wodzie, przygotowania do naprawy mostu i odtworzony pomost z torem kolejowym.







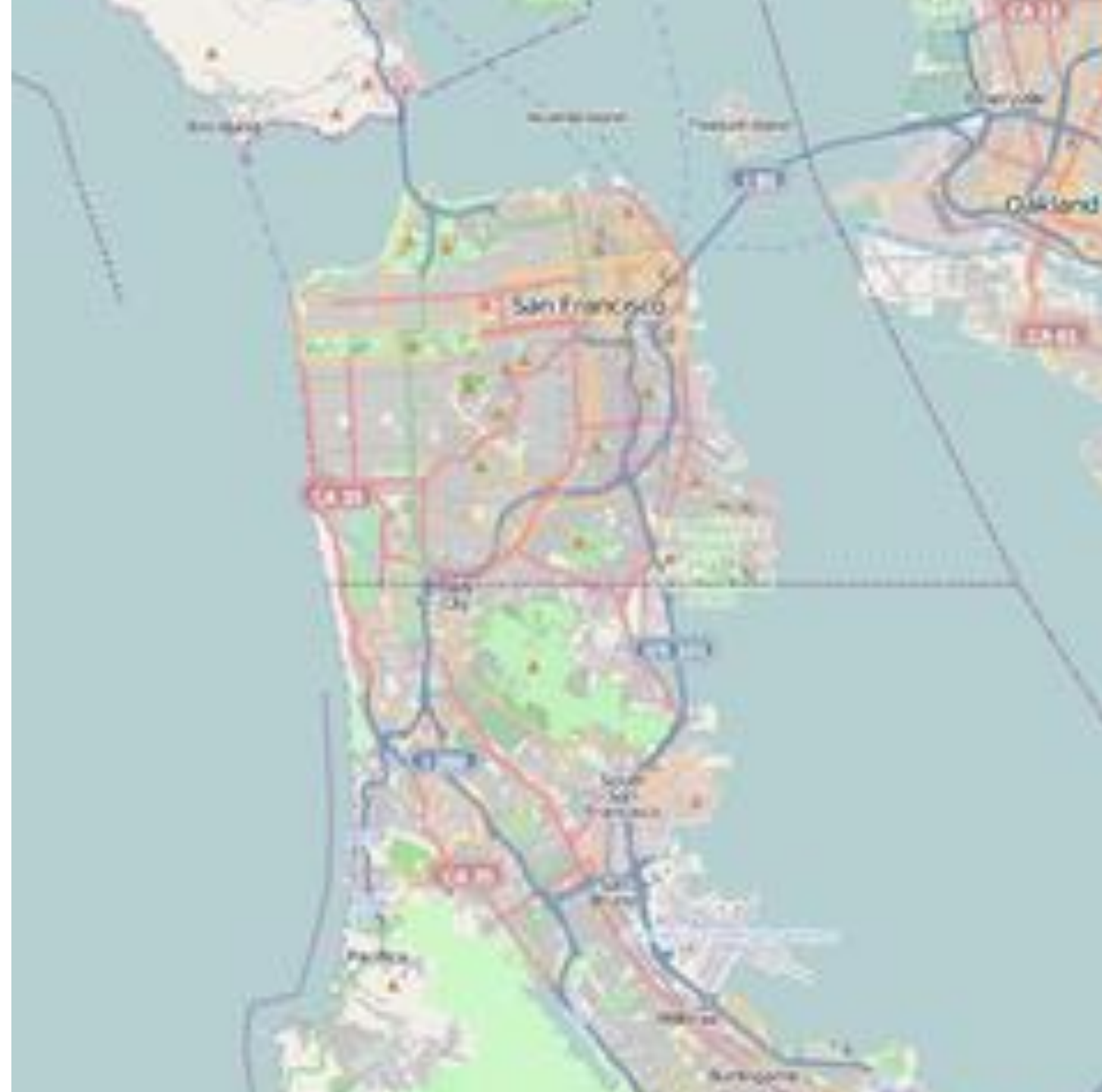


Most wiszący w San Francisco

Golden Gate Bridge

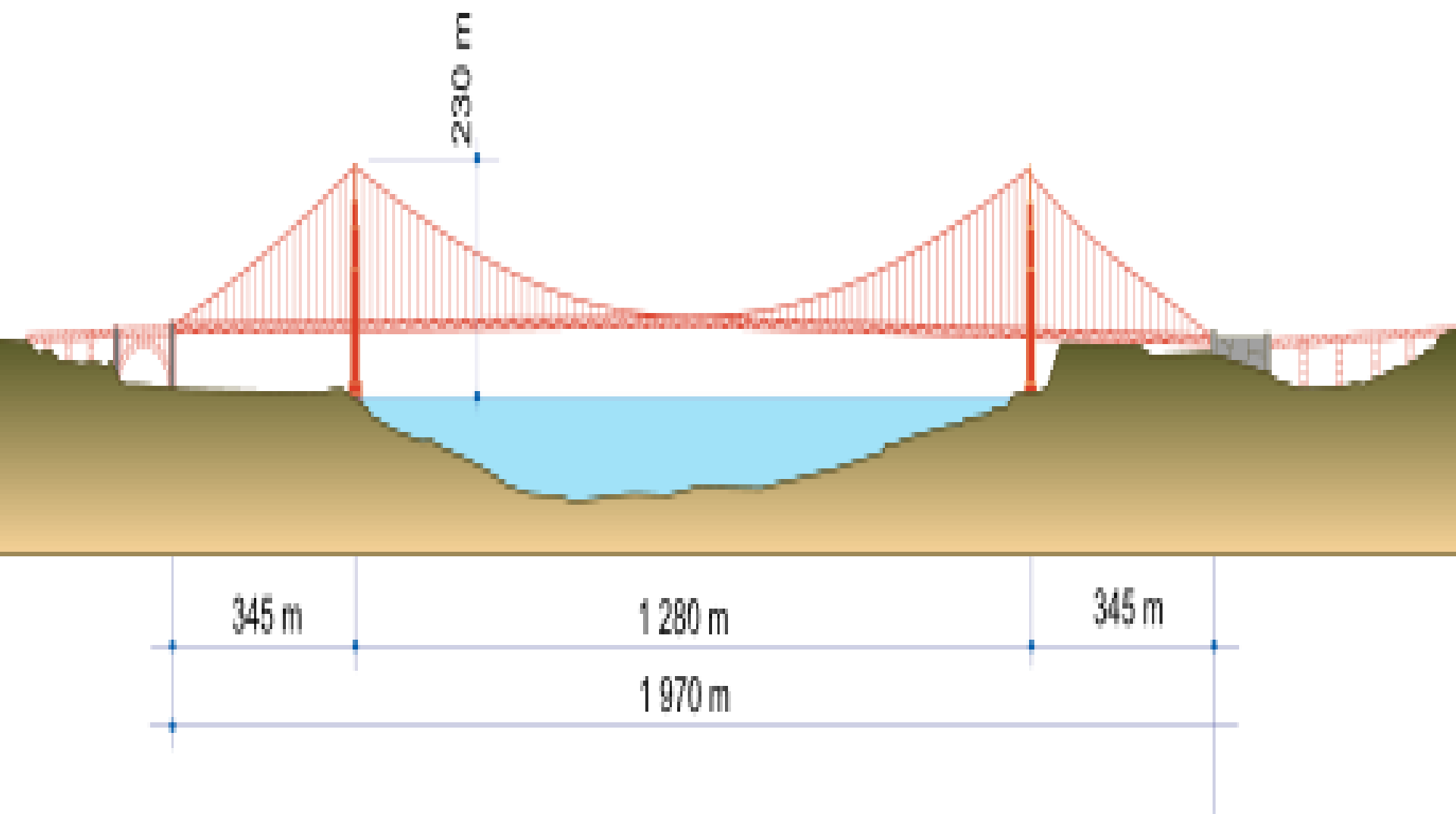
- Długość całkowita 2824 m
- Długość przęsła wiszącego 1280 m
- Nad poziomem wody 67 m
- Pylony wysokości nad poziom wody 227 m
- Skoków samobójczych 1600
(98 % śmiertelnych)

Do 1965 r. najdłuższy most, tj. do otwarcia dłuższego o 18 m mostu w Nowym Jorku – Verranzo - Narrows.



Most wiszący Golden Gate w Kalifornii







Każda z lin, na których wisi most, ma 93 centymetry średnicy i składa się z 27 572 oddzielnych drutów stalowych.

Każdy pylon wytrzymuje obciążenie 95 tysięcy ton.



Projektant mostu Joseph Strauss- 1921r



15 sierpnia 1929 **Joseph Strauss** został mianowany głównym inżynierem budowy. Odpowiedzialny był za projekt inżynierski, architektoniczny, geologiczny, komunikacyjny oraz inspekcję i nadzór nad realizacją. **Wśród współpracowników Straussa duży wpływ na wygląd i estetykę mostu miał architekt Irving Foster Morrow.**

Ostateczny projekt został zatwierdzony w lutym 1930 r.



J. Strauss dbał o bezpieczeństwo na budowie – rozciągnięte siatki pod konstrukcją i kaski na głowach







**Most wg Marynarki USA miał być żółto-
czarny dla bezpieczeństwa żeglugi**



**Powszechną aprobatę uzyskał kolor farby
zabezpieczającej konstrukcję stalową przed
korozją - czerwony**



Budowa mostu Golden Gate

Projekt mostu 1921r.

- Początek budowy 1933 r.
- Zakończenie budowy 27 maja 1937 r.
- Życie straciło 11 robotników
- Otwarcie przy olbrzymiej ilości ludzi na moście
(kilka lat później po pierwszym dopuszczeniu
do ruchu - w 1937 r.)
- Długość mostu 1280 m
- 6 pasów ruchu, chodnik i ścieżki rowerowe
- Łączenia nitowane w ilości 1.200.000 nitów

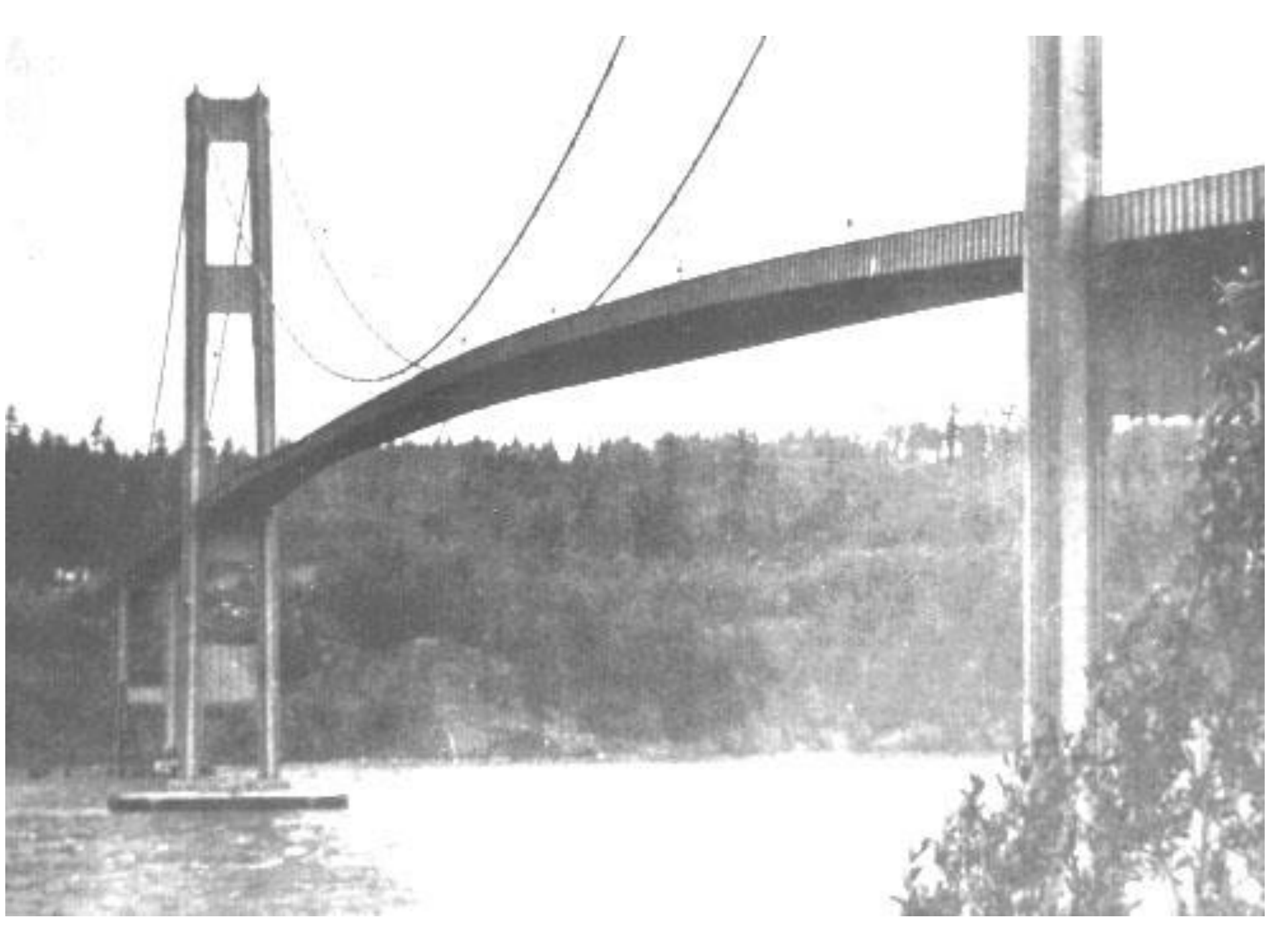
Szczegół łączenia wieszaków do konstrukcji belki usztywniającej





Tacoma Narrows Bridge

- **Rozpoczęcie budowy** **wrzesień 1938 r.**
w m. Tacoma w płn-zach części USA, Kitsap Peninsula,
- **Oddany do ruchu** **1 lipca 1940 r.**
- **Projektanci:** **Leon Moisseif, Clark Eldridge,**
- **Koszt budowy** **6,5 mln dolarów,**
- **Katastrofa** **7 listopada 1940 r.**
- **Wysokość** **135 m,** **długość** **853,4 m**
- **Przyczyna:** **brak uwzględnienia w obliczeniach parcia wiatru- brak sztywności konstrukcji pomostu dla oddziaływania dynamicznego.**



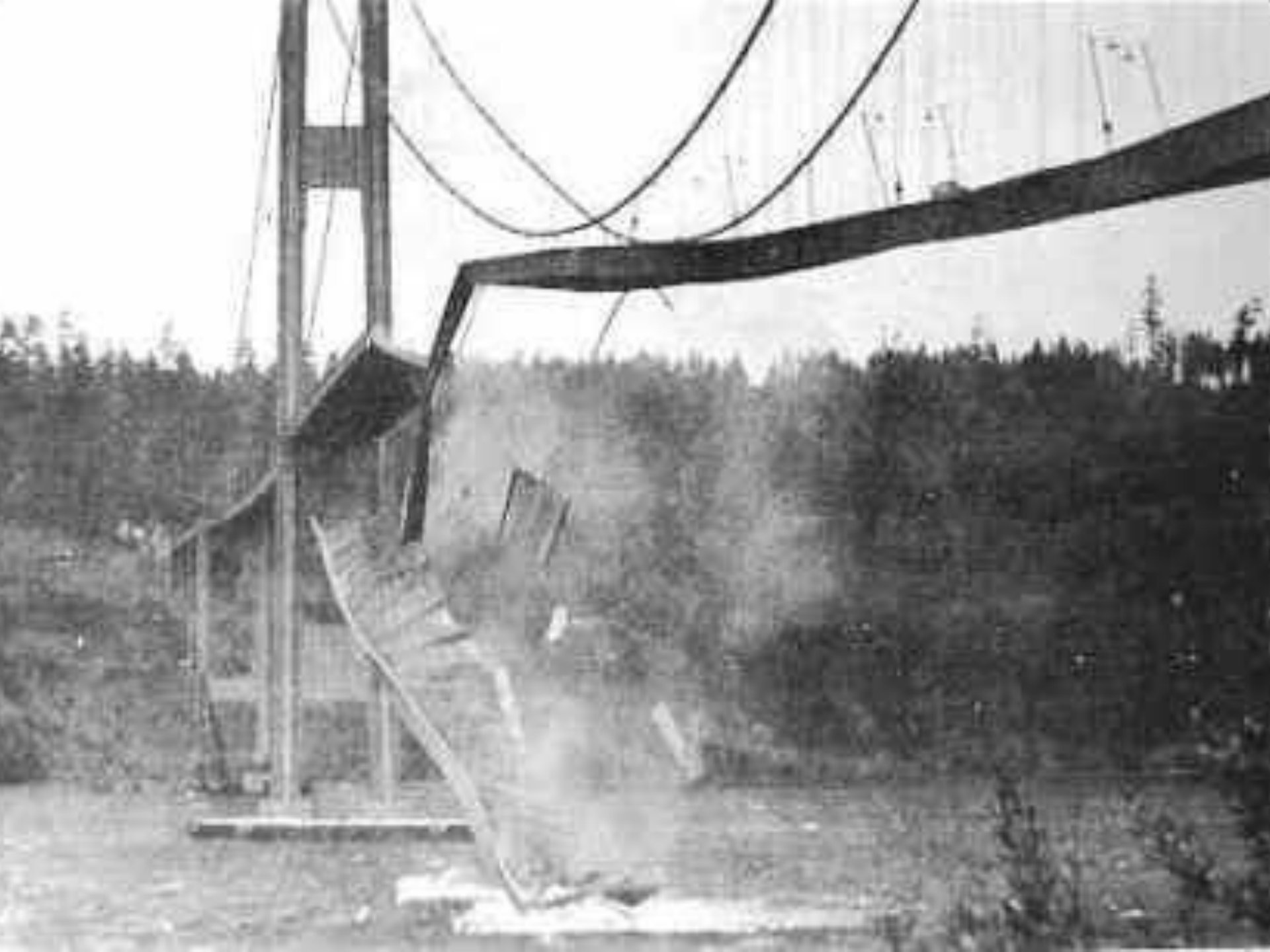














Przyczyny katastrofy mostu i wnioski

- Wiatr 67 km/h wprawił konstrukcję w taniec o ruchu skręcającym z wychyleniem do 8,5 m i kącie skrętu do 45 stopni,
- Główne przęsło o długości 840 m, zbyt mała szerokość 12 m i brak sztywności pomostu, zastosowano zamiast kratownicy blachownicę, której pełna płaszczyzna boczna stawiała opór jak żagiel.
- W 1952 r. powstał nowy most **Narrows II** **Tacoma**

Przyczyny katastrofy mostu i wnioski cd

- Nastąpiło zjawisko tzw. **flutteru giętno – skrętnego** (nakładanie się na siebie drgań skrętnych i giętnych, do tego doszło zjawisko rezonansu od wiatru znad Pacyfiku, który doprowadził do wzmocnienia drgań).
- Częstości drgań powinny być od siebie max oddalone, wg norm co najmniej 1,5 a najlepiej ponad 4 - 5.
- W moście Tacoma liczba ta była bliska 1, czyli drgania nakładały się na siebie.





Mapa Rakowa z miejscami usytuowania mostów oraz rzek i Zalewu Retencyjnego Chańcza



Zniszczone mosty w Rakowie i Bielinach w ciągach dróg wojewódzkich



Zniszczony most w Rakowie na rzece Łagowicy w ciągu DW 764







Ocena przyczyn geologicznych awarii mostu w czasie powodzi 2001 r. wg „Operatu hydrologicznego” –Hydroprojekt Kraków 2001r.

Most posiadał posadowienie płytkie na osadach facji korytowej, rzeka Łagowica zmieniała w ciągu kilkuset lat koryto a rozmycie dna rzeki podczas powodzi wyniosło ok. 3 m.

Badania geologiczne metodami wiertniczymi w 2001 r. określiły gł. podłoża do posadowienia nowych podpór mostu na min. 12 m.

Wykonano 3 otwory do gł. 20, 16 i 15 m do utworów skalistych oraz sondowanie do gł. 10,40 m w obrębie przyszłych podpór i między otworami wiertniczymi.

Określono miąższość warstw, rodzaje gruntów oraz wilgotność naturalną, gęstość objętościową, kąt tarcia wewnętrznego, moduł endometryczny i stan gruntu. Są to piaski różnoziarniste, przewarstwione humusem namuliskowym i glina, iły zwarte kambryjskie i łupki kambryjskie o R_c powyżej 3 Mpa.

Zaprojektowano pale żelbetowe wiercone średnicy 1,00 m, długości 12,0 m - po 4 szt pod przyczółkami i po 5 szt pod filarami z zapasem nośności od 9 % do 36 % wg PN-83/B-02482

Nowy most zaprojektowano na zwiększone przepływy do $180 \text{ m}^3/\text{s}$ ze $165 \text{ m}^3/\text{s}$, zgodnie z paragrafem 18.3 Rozporządzeniem Ministra Transportu i Gosp. Morskiej z dnia 30 maja 2000 r.

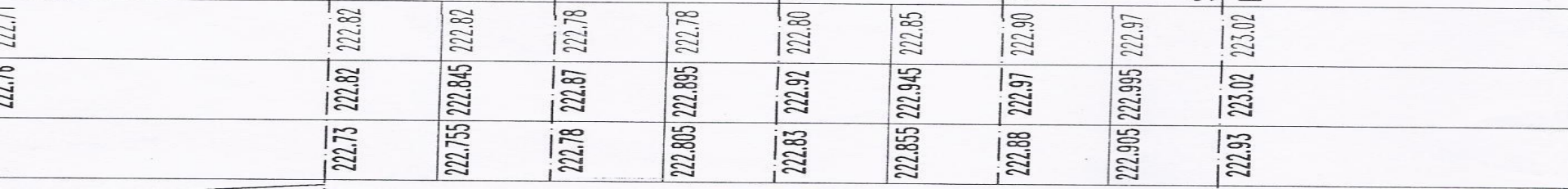
Most po odbudowie 2002 r.



Remont mostu w Rakowie na rzece Czarnej Staszowskiej w ciągu DW 756 w 2011 r. - osiadanie podpór po 2001 r.



0.05





Most po odbudowie 2012 r.



06/04/2016

Zniszczony most w Bielinach – DW 753





Odbudowany most w Bielinach w ciągu DW 751 w 2001 r. po powodzi







Przyczyny cyklicznych powodzi w regionie świętokrzyskim

- **bliskość dużych rzek** jak Wisła, Nida, Kamienna i Czarna,
- **bardzo duża degradacja urządzeń melioracyjnych i wodnych**, po wcześniejszych powodziach,
- **brak likwidacji skutków powodzi wcześniejszych**,
uszczelnianie powierzchni gruntów,
- **brak zrozumienia przez właścicieli gruntów** konieczności właściwego utrzymania urządzeń melioracji szczegółowych,
- **ukształtowanie terenu sprzyjające szybkiemu zwiększaniu nurtu** małych strumieni i rzek,
- **niezadawalające nakłady finansowe** na prace melioracyjne, regulacje rzek, tworzenie zbiorników retencyjnych, polderów, zabezpieczanie skarp itd..

Dziękuję za uwagę