

Golden Gate Bridge

IN HET TWEELUIK OVER EEN CONSTRUCTIE UIT HET VERLEDEN EN EEN CONSTRUCTIE VAN HET HEDEN EN IS HIER DE KIJK NAAR EEN CONSTRUCTIE VAN HET VERLEDEN. DIT KEER IS GEKOZEN VOOR DE GOLDEN GATE BRIDGE IN SAN FRANCISCO. ER ZAL WORDEN INGEGAAN OP HET ONTWERP, DE BOUW EN DE FEITEN VAN DE CONSTRUCTIE.

HET ONTWERP

De plaats waar deze brug gebouwd is, zorgde bij het ontwerpen voor veel hoofdbrekens. Aangezien de brug op zo'n 20 km van een grote breuk in de aardkost ligt en direct grenst aan de Stille Oceaan. Hierdoor komen er soms seismische krachten, allerlei stromingen en stormwinden op de brug. Dit stelde aan het ontwerp de nodige eisen. Daarbij komt nog dat de brug met zijn centrale overspanning van 1280 m de grootste hangbrug ter wereld was bij zijn voltooiing. Uit het definitieve ontwerp blijkt de grote technologische vooruitgang bij de bruggenbouw gedurende de voorafgaande 20 jaar. Bij het ontwerp werd rekening gehouden met nieuwe berekeningsmethoden bij de meting van de windbelasting en de verdeling ervan. Verder was er nog vooruitgang geboekt op het punt van de metalurgie en het trekken en spinnen van de kabels.

PIJLERS EN VERANKERING

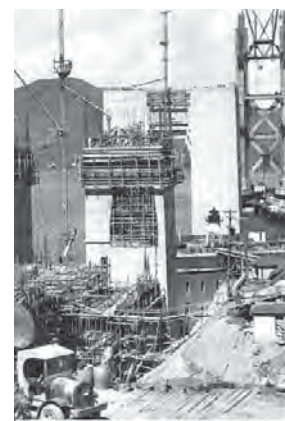
De brug was een indrukwekkend staaltje technisch kunnen. De stalen torens wegen ieder 44000 ton en dragen een kabelgewicht van 61500 ton. Ze steken 150 m boven het wegdek uit, dat zich op 75 m boven het wateroppervlak bevindt. De fundering van de torens bevindt zich op 34 m onder water. De fundering van de San Francisco-toren vormde een van de lastigste constructieproblemen. De pijler kwam in vrijwel open zee te staan. Er moest een betonnen ring worden gebouwd die als kofferdam diende en waarbinnen de pijler gebouwd kon worden. De aanleg van het deel

onder water – ter grootte van een voetbalveld – was een geweldige prestatie. Met behulp van bommen werd eerst de rotsbodem uitgegraven waarop de pijler zou rusten. Deze werden via een buis neergeworpen en met een tijdsmechanisme tot ontploffing gebracht. Toen de betonnen ring volledig was afgedicht werd er onder water een 20 m dikke betonnen vloer gelegd. Nadat het water was weggepompt bleef een ovale holte over waarin de werkers aan de slag gingen. Om er zeker van te zijn dat de oceaانبodem sterk genoeg was om 100 ton per vierkante mijl te dragen, onderzochten ingenieurs de rotsbodem waarbij ze via schachten in het beton afdaalden naar acht koepelvormige en 4,5 m brede stalen kamers op de oceaانبodem. De resultaten waren gunstig. De inspectieschachten en de kamers werden drooggepompt en daarna volgestort met beton.

Het gesteente aan de Marin-zijde was heel anders. Hier werden kofferdammen gebouwd om van daaruit het zandsteen uit te houwen tot een stabiele rotsbodem werd bereikt waarop de torenpijler kon worden gebouwd. Op sommige plaatsen moest met boren en explosieven tot meer dan 10 m diep buiten de kofferdam worden gegraven, voordat een voldoende solide ondergrond werd gevonden. Ook op de hellingen vonden de graafwerkzaamheden plaats voor verankering van de kabels die de brug overeind moesten houden. De kabels oefenen namelijk een trekkracht uit van meer dan 280000 kN. Om deze enorme kracht te weerstaan, moest elke verankering in drie ineengrijpende trapsgewijs opgestelde blokken worden geplaatst.

TORENS

De bouw van de grootste en hoogste stalen torens ter wereld vorm-



Figuur 1- Bouw brug

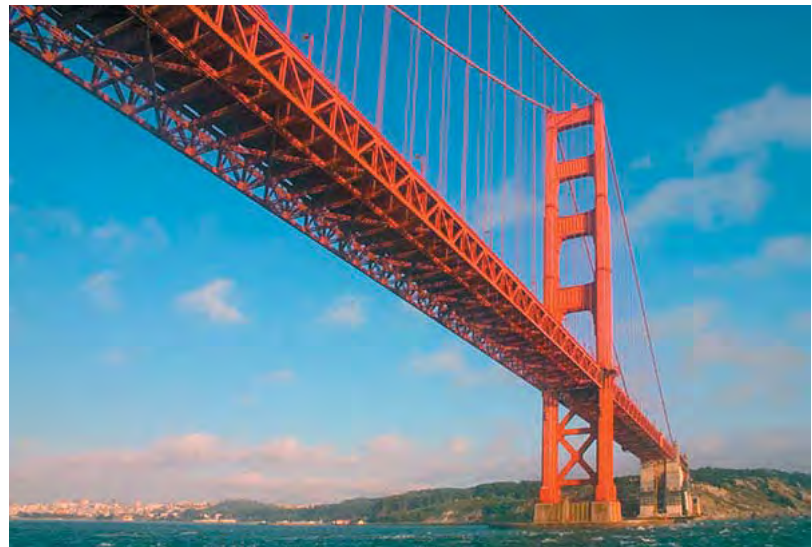


Figuur 2- Aanzicht brug

de een uitdaging. De poten van de torens bestonden uit platen en hoekplaten die op een werkplaats tot een celvormig geheel werden geklonken. Om te kunnen controleren op rechtheid en nauwkeurigheid werd elke poot voor 60 % op de werkplaatsen in Pennsylvania gemonteerd. Vanwege de grootte van de torens gebeurde dit in de open lucht. Daarna werden ze ontmanteld en per spoor, of per schip via het Panamakanaal en langs de kust van de Stille Oceaan vervoerd. Ieder segment werd op zijn plaats gehesen door een reusachtige beweegbare kraan die met de toren meegroeide. Elk onderdeel werd gemonteerd en gecontroleerd. Klinknagels werden verhit in met kolen gestookte smeltovens die op steigers aan de buitenzijde van de torens stonden. Dit werk aan de binnen- en buitenkant van de torens was veeleisend en gevaarlijk. Dit vond vaak plaats in slecht geventileerde halfduistere ruimten. Het lawaai was verschrikkelijk en velen hadden last van de dampen die vrijkwamen wanneer een gloeiende klinknagel met rode loodverf beschilderde delen raakte.



Figuur 3 - Bouw brug



Figuur 4 - Aanzicht brug

DE KABELS

Nadat de torens voltooid waren, konden de kabels die het brugdek moesten dragen worden aangebracht. Vanaf de verankeringspunten werd staaldraad over een spoel tot strengen gewikkeld. Deze werden daarna uitgespreid en met oogstaven aan de kust verankerd. Elke kabel bestond uit 25000 staalraden die waren samengevoegd tot 61 strengen. Omdat de torens en de kabels reageren op veranderingen in belasting en temperatuur werd voor de benodigde flexibiliteit een 160 ton wegend zadel op enorme draagbalken geplaatst. Nadat de kabels over het zadel waren geleid, werd dit met bouten bevestigd. Dat de lange kabels reageerden op temperatuurswisselingen was goed te zien: 's ochtends vroeg stonden ze tamelijk strak, terwijl ze rond

de middag slapper hingen. Banden met inkepingen werden over de hele lengte om beide kabels geklemd zodat de ophangkabels daaraan paarsgewijs konden worden bevestigd. Aan de ophangkabels hing de stalen constructie die het wegdek droeg dat vanuit de torens over het water werd gebouwd. De kabel- en metaalwerkers waren dankbaar voor het veiligheidsnet dat hier voor het eerst bij een groot bouwproject werd gebruikt. Er werden negentien mensenslevens door gered, maar op 17 februari 1937 brak het net toen een stellage instortte die gebruikt werd voor de verwijdering van de bekisting onder het weglichaam. Hierbij kwamen tien mensen om. De brug was op tijd voltooid. Nadat de laatste laag oranje verf was aangebracht ging de brug op 27 mei 1937 open. Het ontwerp is nog altijd een toonbeeld van bruggenbouw.

TECHNISCHE FEITEN OVER DE CONSTRUCTIE

- Grootste overspanning:	1280 m
- Totale lengte brug	2740 m
- Maximale doorbuiging brugdek:	3.3 m
- Hoogte torens boven het water:	227 m
- Diameter draagkabels:	0,92 m
- Lengte draagkabel:	2,332 m
- Totale kosten brug:	\$ 27 miljoen



Figuur 5 - Bouw brug