

ما کابل ها را با عبور از قرقره های قرار گرفته در بالای کیسون شناور کشیده و به مهارهایی در کف دریا که هریک تقریباً ۱۰۰۰ تن وزن داشتند متصل نمودیم (شکل ۲-۲۰).



شکل ۲-۱۹ عملیات حمل و استقرار کیسون توسط ۱۲ کشتی بیدک کش (نما از بالا)



James D. Cooper
Federal Highway Administration

20:20
P24



This was quite an achievement in itself because you have effectively a cork bobbing in the water and you're trying to hit a perfect spot and through the use of GPS and positioning systems and ballast and weight they slowly could sink that caisson down to the prepared seabed.

این خود به تنهایی دستاورد بزرگی بود چون مثل این است که چوب پنبه ای در روی آب شناور باشد و شما سعی دارید که در نقطه ای دقیق آنرا قرار دهید. در این پروژه با استفاده از GPS و سیستم های موقعیت یابی و کیسه های تعادلی و وزنه، آنها به آرامی کیسون را به سمت پایین هدایت کرده و بر روی بستر آماده شده قرار دادند.



Takehisa Iho
Kajima Corporation

20:42
P25



We started the submerging process the next day at low tide. The submerging work was done by pumping sea water into the core and lowering it straight down. There was a monitor on the caisson and we measured the positioning of the caisson and maneuvered the cables. Then about 1 meter from the seabed we sank it with about a 2 centimeter error.

ما فرآیند غوطه ور سازی کیسون را روز بعد در زمان کمترین میزان جزر و مد آغاز کردیم. فرآیند غوطه ور سازی با پمپ کردن آب دریا به داخل هسته و پایین آوردن آن به صورت مستقیم به سمت پایین انجام شد. بر روی کیسون مانیتوری قرار داشت که ما با اندازه گیری موقعیت کیسون، کابل ها را حرکت می دادیم. آنگاه در فاصله حدود ۱ متری از بستر دریا با خطایی حدود ۲ سانتی متر آنرا در روی بستر نشانیدیم.

28
21:22

The huge caisson now rested on the sea floor. Soon the other one on the south end of the channel would follow. Now final preparations had to be performed on the silty mud that they covered.

کیسون عظیم حال بر روی بستر دریا قرار داشت. به زودی کیسون دیگر در سمت جنوبی هم به آن ملحق میشد. اکنون باید آماده سازی های نهایی بر روی خاک لجنی سیلنتی که پوشانده شد انجام میشد.



Tsutomu Takazawa., Ph.D.
Honshu-Shikoku Bridge Authority

21:38
P26

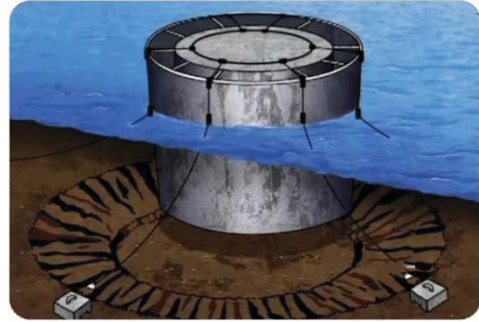


There were some more residues that grab-excavators cannot pickup. After submerging the caisson, we used an underwater robot called air lift to suck up some rocks and rubble.

پسماند ها و نخاله هایی در کف باقی ماندند که حفارهای مکشی قادر به بیرون کشیدن آنها نبودند. پس از غوطه ور سازی کیسون از یک روبات زیردریایی به نام جاروی هوایی برای خارج کردن لاشه سنگ ها استفاده نمودیم.



شکل ۲-۲۱ پر کردن هسته کیسون با بتن ویژه



شکل ۲-۲۰ نحوه مهار کیسون به کف دریا

29
21:54 But once firmly on the bottom, the huge can had to be filled with something other than sea water to make it heavy.

اما پس از قرار گرفتن در کف، این قوطی عظیم باید با چیزی غیر از آب پر میشد تا آن را سنگین نماید.



James D. Cooper
Federal Highway Administration

22:01
P27



Once that caisson was in place, all of the water was pumped out and it was replaced by special underwater concrete (Figure 2-21).

پس از اینکه کیسون در محل قرار گرفت، تمام آب داخل آن به بیرون پمپاژ شده و با بتن آبی مخصوصی جایگزین شد (شکل ۲-۲۱).

30
22:12 This was a new way of doing business for bridge builders. Traditionally caissons have been sunk, pumped out and then men sent inside to work. Danger was a constant companion and many perished but this caisson had been sunk onto a prepared sea floor and the only thing entering it would be this special concrete. But because the entire structure would be submerged the Japanese needed a concrete that settle and cure under water. Enormous concrete plants were floated to the caisson on barges (Figure 2-22).

این روش رویکرد جدیدی برای پل سازها محسوب میشد. به طور مرسوم کیسون ها ابتدا غوطه ور شده و سپس کارگران برای کار به داخل آن فرستاده می شوند. در این حالت خطر همواره در کمین بوده و بسیاری جان خود را از دست می دادند اما این کیسون بر روی بستر آماده شده قرار گرفته و تنها چیزی که وارد آن میشد این بتن مخصوص بود. اما از آنجایی که تمام سازه در آب غوطه ور میشد، ژاپنی ها به بتنی نیاز داشتند که در آب ته نشین شده و سخت شود. بدین جهت کارخانه های عظیم ساخت بتن روی کشتی ساخته شده و به محل عازم شدند (شکل ۲-۲۲).



شکل ۲-۲۳ قفسه فونداسیون برج



شکل ۲-۲۲ کارخانه تولید بتن سوار بر کشتی



James D. Cooper
Federal Highway Administration

22:48
P28



Ingredients were mixed and then pumped in to displace the water.

مواد تشکیل دهنده سیمان با هم مخلوط شده و سپس با پمپ به داخل ریخته می شود تا جای آب را بگیرد.

31
22:54

Each layer poured used up most of the raw materials on the barge. As this mixture hardened under water, the construction crews would wait for the next favorable tide. The average wait was 2 weeks.

برای هر لایه تقریباً تمام مصالح روی کشتی استفاده می شد. با سخت شدن این لایه در زیر آب، خدمه اجرایی منتظر جریان جدر و مد مساعد بعدی می نشستند. میانگین انتظار دو هفته بود.



James D. Cooper
Federal Highway Administration

22:13
P29



Ultimately that whole 80 meter diameter caisson which is about 70 meters high was filled completely with concrete and then a special table or top was placed on that caisson with ten more meters of concrete into which was anchored the tower bases themselves (Figure 2-23). Once the steel tower bases were cast into that table top then the erection of the towers began.

در نهایت تمام آن کیسون با قطر ۸۰ متر و ارتفاع ۷۰ متر به طور کامل با بتن پر شد و سپس دریچه و یا درپوشی ویژه بر روی آن با استفاده از ۱۰ متر دیگر بتن اجرا شد، درپوشی که تکیه گاه های پایه برج در داخل آن قرار داد شد (شکل ۲-۲۳). پس از اینکه پایه های تکیه گاه پل در داخل درپوش قرار داده شدند، عملیات اجرای برج آغاز شد.



Kensaku hata
Honshu-Shikoku Bridge Authority

23:51
P30



The height of this tower is about 300 meters or 1000 feet. One of the most important issues for design of this tower is wind resistant design because the tower is very high. So it is relatively flexible and easy to vibrate due to the wind.

ارتفاع این برج حدود ۳۰۰ متر یا ۱۰۰۰ فوت است. یکی از مهمترین مسائل در طراحی این برج طرح مقاوم در برابر باد است زیرا ارتفاع برج زیاد است. بنابراین این برج نسبتاً انعطاف پذیر بوده و به آسانی می تواند در اثر باد دچار ارتعاش شود.

32
24:15

Many tower designs were considered. The design chosen was a so called cruciform where X-braces would support the openings between the vertical supports (Figure 2-24).

طرح های متعددی بررسی شدند. طرح انتخاب شده صلیب نام داشت، طرحی که در آن بادبندهای ضربدری فضای باز بین تیرکهای قائم را پوشش می دادند (شکل ۲-۲۴).



James D. Cooper
Federal Highway Administration

24:25
P31



The purpose of that is really for aerodynamic stability. It was the most forgiving shape to accommodate the strong forces of the very strong winds that occurred.

هدف از این انتخاب در واقع به خاطر پایداری ایروودینامیکی است. این مناسب ترین شکل برای لحاظ کردن نیروهای شدید بادهای بسیار قوی است که رخ می دهد.



(ب)



(الف)

شکل ۲-۲۴ برج های صلیبی نگهدارنده پل

33
24:40 The tower design also had to incorporate one more major design component. The two towers had to be able to withstand Japan's frequent and often mighty earthquakes.

طراحی برج باید شامل یک مولفه طراحی بسیار مهم دیگر هم میشد. این دو برج باید قادر به تحمل زلزله های مکرر و اغلب عظیم ژاپن هم می شد.



Frieder Seible, Ph.D.
Dean, Jacobs High School of Eng.,
UCSD

24:46
P32



From a seismic point of view it's primarily the towers that is the next most critical element because the tower support the cables. If they are failed we could see that towers getting overloaded, the local buckling of the steel towers at the base, these are the kind of critical conditions we are designing the structures for.

از دیدگاه لرزه ای برج ها حیاتی ترین المان ها هستند زیرا بار کابل ها را تحمل می نمایند. اگر عملکرد خوبی نداشته باشند برج ها دچار بیش بارگذاری شده و کماتش موضعی در در قاعده آنها ممکن است رخ دهد. اینها شرایط بحرانی هستند که ما سازه را برای آن طرح می نماییم.

34
25:07 Each of the 930 foot high towers was prefabricated at one of twelve factories across Japan. They had to match each other perfectly. Cooperation was critical. Tolerances needed to be very precise to assure a truly vertical structure.

هر یک از برج های ۹۳۰ فوتی در یکی از دوازده کارخانه ژاپن ساخته شدند. این برج ها باید به طور کامل با هم تطابق داشتند. همکاری در این بین بحرانی بود. تolerانس ها باید بسیار دقیق بودند تا از قائم بودن سازه ای اطمینان حاصل شود.



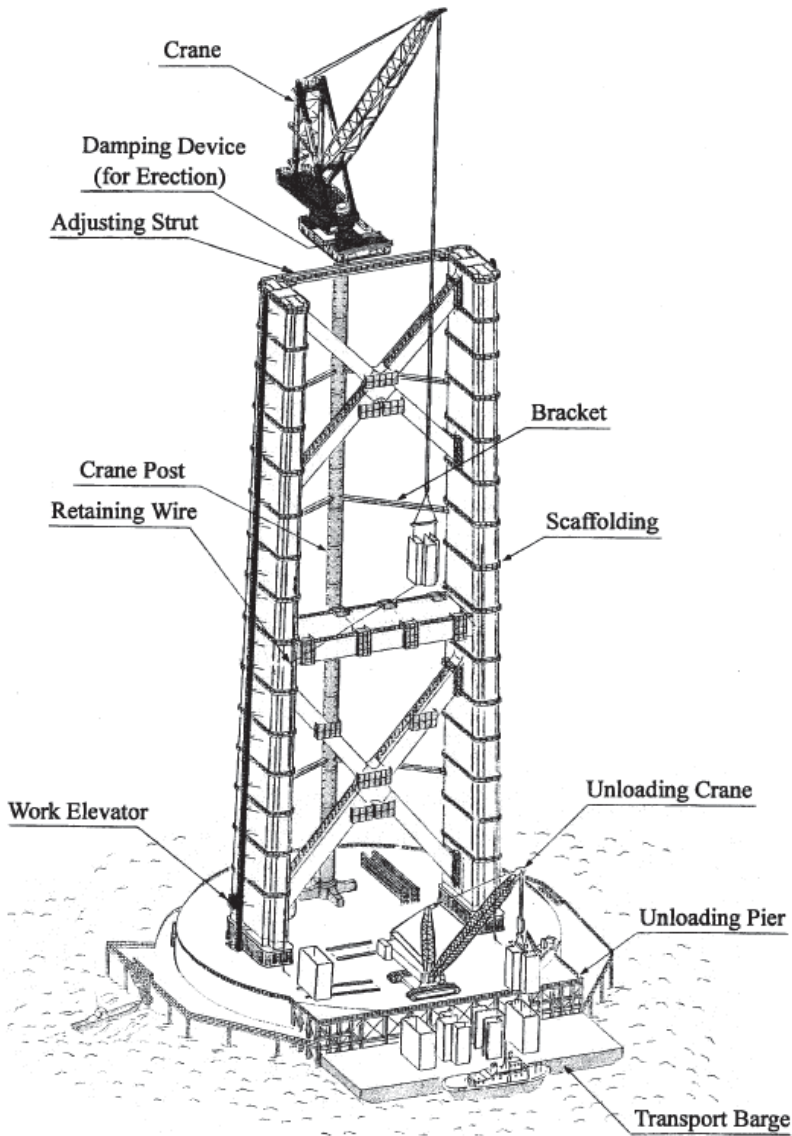
Kensaku hata
Honshu-Shikoku Bridge Authority

25:24
P33



Tower one shaft consists of 30 blocks vertically. Both sides of the blocks are polished because one of the most important things for the tower is vertical accuracy.

محور برج یک از ۳۰ بلوک قائم تشکیل شده است. هر دو سمت بلوک ها صیقل داده شده اند زیرا یکی از مهم ترین چیزها برای برج قائم بودن آن است.



شکل ۲-۲۵ اجرای بلوکی برج های نگهدارنده پل

35
25:40 Each tower component was hauled to the worksite by a huge barge mounted crane.

هر یک از مولفه های برج توسط جرثقیل های عظیم سوار بر کشتی به محل حمل شدند.



Kensaku hata
Honshu-Shikoku Bridge Authority

25:46
P34



We used large tower cranes with the capacity of 160 tons and with that crane we put each block, block by block (Figure 2-25).

ما از جرثقیل های برجی بزرگ با ظرفیت ۱۶۰ تن استفاده نموده و با آن جرثقیل هر بلوک را مجزا قرار دادیم (شکل ۲-۲۵).

36
26:01

The slightest deviation would be magnified as the towers reached skyward.

کوچکترین انحراف می توانست در ارتفاع های بالا چندین برابر شود.



James D. Cooper
Federal Highway Administration

26:06
P35



The tower must be perfectly vertical so you do not induce extraneous forces into the tower as the cables pull one way or another on towers themselves. What that translates to is about an inch out of plumb over 900 feet high. So in order to achieve that accuracy tremendous tolerances had to be met. They were perfectly matched so that when you put one on top of the other, that mating surface is absolutely perfect.

برج باید کاملاً قائم باشد تا زمانی که کابل ها از طرفین در حال کشیدن آن هستند، هیچگونه نیروی خارجی به برج تحمیل نشود. دقتی که از آن صحبت میکنیم در حدود یک اینچ ناشاقولی در ارتفاع ۹۰۰ فوت است. بنابراین برای دستیابی به این دقت، رواداری بسیار کوچکی باید در نظر گرفته شود. آنها به طور کامل تطابق داشتند بنابراین هنگامی که آنها را روی یکدیگر قرار می دهید، سطوح اتصال کاملاً منطبق برهمند.

37
26:49

As the construction progressed, the engineers were required to check the fit on each side of each block of the tower.

با پیشروی مراحل ساختمان، مهندسين باید میزان دقت اجرا را در هر دو سمت هریک از بلوک ها کنترل می کردند.



James D. Cooper
Federal Highway Administration

26:58
P36



Feeler gauges (Figure 2-26) little shims were used and the acceptance was that you could not put that shim or feeler gauge between the mating surfaces of one block when stacked on top of another.

از نوارهای پرکننده و گیج های کنترل درز (فیلر گیج ها) (شکل ۲-۲۶) استفاده شد و ضابطه قبولی این بود که شما قادر نباشید این ورقه نازک یا گیج کنترل کننده را بین سطوح اتصال بین بلوک های قرار گرفته روی هم قرار دهید.

38
27:12

In essence the clearance between the tower blocks had to be thinner than a plain card to pass inspection. If not, the block would have to be returned to the factory to be further refined but none were. The workmanship was that precise. The weather however was not so accommodating.

در اصل درز بین بلوک های برج باید نازک تر از یک ورقه باشد تا در بازرسی مورد قبول واقع شود. در غیر این صورت بلوک باید به کارخانه بازگردانده میشد تا اصلاح شود اما هیچ بلوکی پس فرستاده نشد. کار ساخت چنین دقیقی بود اما آب و هوا خیلی سازگار نبود.



Kensaku hata
Honshu-Shikoku Bridge Authority

27:36
P37



There was a thunderstorm in December 1992, the northern tower was almost completed and the southern tower was about 200 meters high or something and that time there was a very large thunderstorm. It broke the measuring equipment on the crane on the northern tower and we had to stop construction work about three weeks.

در دسامبر ۱۹۹۲ (آذر ۱۳۷۱) طوفان شدیدی رخ داد. برج شمالی تقریباً کامل شده بود و برج جنوبی حدود ۲۰۰ متر ارتفاع داشت. این طوفان در آن زمان طوفانی سهمیگی محسوب میشد. در نتیجه آن تجهیزات اندازه گیری روی جرثقیل در برج شمالی شکسته شده و ما مجبور شدیم عملیات ساخت و ساز را به مدت حدود سه هفته متوقف کنیم.