Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 45

Artikel: Sunshine Skyway Bridge
Autor: Gisi, Bruno
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76744

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Sunshine Skyway Bridge

Von Bruno Gisi, St. Petersburg, Florida

Die neue, 6,6 km lange Sunshine Skyway Bridge an der Westküste von Florida über die Tampa Bay konnte nach einer Bauzeit von vier Jahren im Frühjahr 1987 dem Verkehr übergeben werden. Vier verschiedene Konstruktionsmethoden kamen bei diesem Brückenprojekt zur Anwendung. Für die 366 m lange Hauptöffnung wurde eine vorgespannte Fertigteilbrücke mit nur einer Schrägseilebene in der Fahrbahnmitte gebaut. Insgesamt 42 harfenartig angeordnete Litzenseile wurden über die beiden 132 m hohen Pylone gezogen, umgelenkt und in vorgefertigten Hohlkastensegmenten verankert.

The new 6,6 km long Sunshine Skyway Bridge on the Westcoast of Florida was completed in spring 1987 and provides a full Interstate connection over Tampa Bay, between St. Petersburg and Bradenton.

This Concrete Segmental Cable Stayed Bridge replaces two earlier built steel bridges, one of which was disastrously hit by a phosphat freighter in May 1980.

Four different erection operations were used to build this new structure:

- *AASHTO girders with poured in place decks*
- *Span by span method for erecting the small roadway segments*
- *Balanced cantilever method for erecting the large roadway segments*
- *Cable stayed erection for the mainspan segments*

Each of the two 131 m tall mainpiers supports 21 cable stays in a single plane to utilize the mainspan of 366 m and the two sidespans of 165 m each.

Vorgeschichte

Im Mai 1980 rammte ein Phosphat-Frachter bei starkem Wind und Regen einen Nebenpfeiler der 1964 erbauten zweiten Stahlfachwerkbrücke gleichen Namens. Rund 300 m der in südlicher Richtung führenden doppelspurigen Fahrbahn wurden etwa 50 m in die Tiefe gerissen. Mehrere Personenwagen und ein Greyhoundbus stürzten mit in die Bay, wobei 35 Personen nur noch tot geborgen werden konnten. Die unbeschädigten zwei Fahrspuren der nach Norden führenden Brücke wurden nach der Katastrophe für den Verkehr in beiden Richtungen eingesetzt.

Um der wachsenden Verkehrsbelastung gerecht werden zu können – und hinsichtlich einer zufriedenstellenden Eingliederung dieses Strassenabschnittes in das nationale Interstate-Highway-System – gab das Florida Department of Transportation nach Begutachtung verschiedener Variantenstudien Ende Januar 1981 bekannt, dass eine neue Schrägseilbrücke gebaut werden soll.

Bei der Planung dieses neuen Brückenprojektes wurde ein besonderes Augenmerk auf den neuen Brückenstandort bezüglich der Schiffahrtsverhältnisse und dem notwendigen Schutz der Hauptpfeiler in der Nähe der Schiffahrtsrinne gelegt.

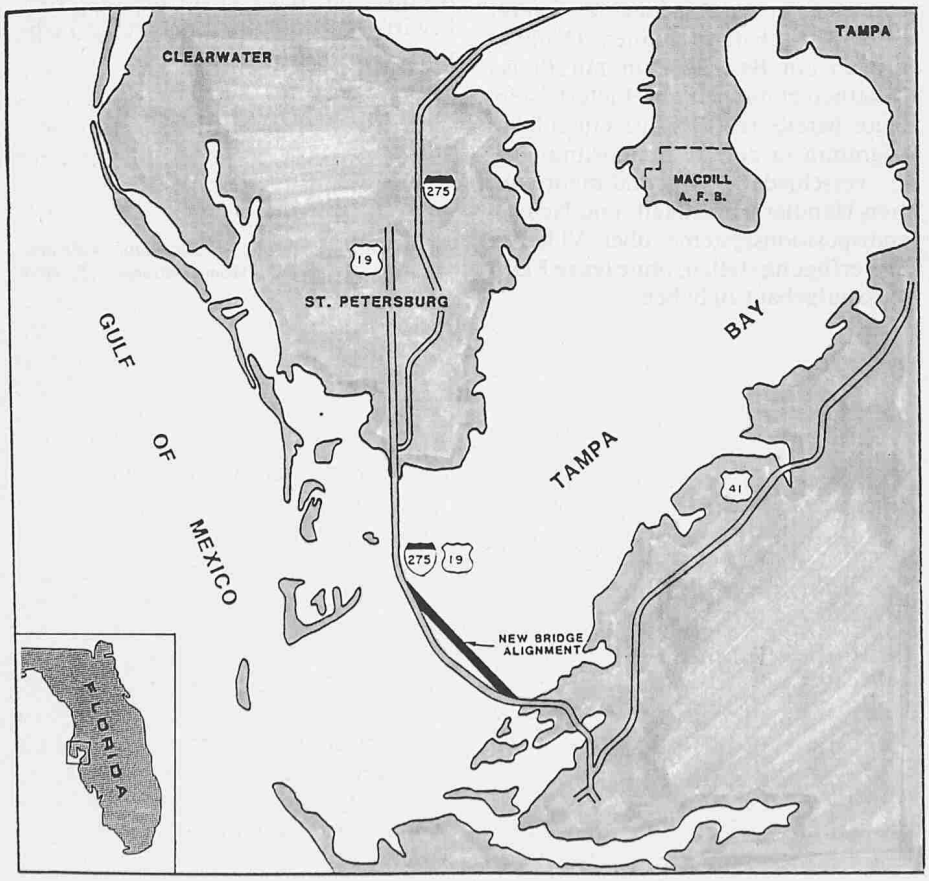
Der Standort der neuen Hauptnavigationsöffnung mit einem 305 m breiten und 53,5 m hohen Lichtfahrprofil liegt 300 m östlich der alten Brücke. Die beiden Enden der Brücke sind auf dem Festland in die bestehende vierspurige Fahrbahn integriert. Der neue Standort wie auch die vergrösserte Schiffahrtsöffnung tragen wesentlich zur erhöhten Sicherheit im Hauptnavigationskanal bei.

Für das Jahr 1990 wird mit jährlich 6400 Frachtern gerechnet, welche diese Brücke auf dem Weg zum Hafen von Tampa unterqueren werden. Zum Schutz der Hauptpfeiler wurden sogenannte Dolphins gebaut, welche aus kreisförmigen, mit Kies gefüllten Kofferdämmen bestehen. Diese Schutzvorrichtungen mit Durchmessern von 18 m und einer Impaktkapazität von über 500 000 kNm wirken bei einer allfälligen Rammung durch ein Schiff als Stossdämpfer, welche zwar das Schiff von seinem eingeschlagenen Kurs abbringen, jedoch nicht zerstören sollen.

Um den Interstate-Highway-Richtlinien gerecht zu werden, musste die totale Fahrbahnbreite gegenüber der alten Brücke beträchtlich verbreitert werden. In beiden Richtungen wurden je zwei 3,65 m breite Fahrspuren, ein 3,00 m breiter Pannenstreifen und entlang der Fahrbahnmitte ein 1,80 m breiter Notstreifen geplant. Die Baukosten wurden auf total US$ 235 Mio. veranschlagt, was zugleich einen Rekord für ein öffentliches Bauwerk im Staate Florida darstellt.

Die Betonvariante für den 2,7 km langen Hauptabschnitt wurde von Figg + Muller Engineers, Tallahassee, ausgearbeitet. Bei der Angebotsöffnung im Oktober 1982 wurde dieser Abschnitt für $ 71 Mio. an die Baufirma Paschen Inc., Chicago, vergeben, welche die Stahlvariante um 4% unterboten hatte. Die Bauzeit für diesen Bauabschnitt war auf 900 Kalendertage veranschlagt. Die 3,9 km lange Vorlandbrücke wurde für $ 51 Mio. an die Baufirma Ballenger Corp. vergeben. Für die Bauleitung und Bauüberwachung zeichnete SKYCEI verantwortlich, ein Konsortium gebildet aus den folgenden vier Firmen: Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas Inc., DRC Consultants Inc., Kisinger Campo and Associates Corp. and H.W. Lochner Inc.

Bild 1. Geographische Lage der neuen Sunshine Skyway Bridge



Projektbeschreibung

Um den unterschiedlichen Spannweiten- und Durchfahrtshöhenverhältnissen ökonomisch gerecht werden zu können, wurden vier verschiedene Konstruktionsmethoden gewählt, welche gleichzeitig zur Ausführung gelangten:

- Einfache, vorgespannte AASHTO-Fertigteilträger mit Ortsbetonplatte für Spannweiten von 30 m.
- Vorgespannte Hohlkastenfertigteile für Spannweiten von 41 m. Sieben Segmente bilden eine Spannweite, welche als Einheit mit einem Vorschubgerüst und Hebeträger errichtet wurden.
- Vorgespannte Hohlkastenfertigteile, welche im Freivorbau für Spannweiten von 73 m zum Einsatz kamen.
- Kabelabgespannte Hohlkastensegmente für die Überwindung der 366 m breiten Hauptnavigationsöffnung und der beiden 165 m breiten Nebenspannweiten.

Das AASHTO-Betontragbalkensystem mit einer Fahrbahnhöhe von 8 m über dem Wasserspiegel kam am Nord- und am Südende mit Längen von 1,3 km und 2,6 km zur Ausführung. Die total 128 Spannweiten per Fahrrichtung sind durch einen 3 m breiten Zwischenraum getrennt und bilden den Anschluss an die mit einer vierprozentigen Neigung ansteigende Hohlkastenfertigteilbrükke, welche im «Span by Span»-Verfahren gebaut wurde. Die Gründung dieses Abschnittes in einer Wassertiefe von 8 m besteht aus sechs bis acht vorgefertigten und vorgespannten, 61×61 cm grossen Betonpfählen, welche mit einer Dieselramme in den Meeresboden getrieben wurden.

Der Entwurf der Gründung basierte auf dem Prinzip einer verlorenen Schalung, bestehend aus einer vorgefertigten Betonform (Dumbell) und einem aufgeschraubtem Kofferdam, welche die Funktion des sonst üblichen Spundwandsystemes übernahmen. Die «Dumbell» besteht aus zwei 4,60 m hohen konischen Betonhohlzylindern, welche durch einen vorgespannten Strebebalken miteinander verbunden sind. Mit Hilfe eines schwimmenden Krans wurde diese Form über die Pfähle abgesenkt. Nachdem eine 1,40 m dikke Unterwasserbetonschicht eingebracht wurde, konnte das Wasser im Kofferdam abgepumpt werden. In einem nächsten Schritt wurden die Pfahlköpfe auf eine einheitliche Länge abgeschnitten und mit eingebohrten Anschlusseisen für eine bessere Verankerung in der eigentlichen Fundation versehen. Nachdem die Armierung und Vorspannhüllrohre verlegt waren, wurde der Fundationsbeton eingebracht. Vorfabrizierte, ovale, 3 m hohe Pfeilersegmente wurden darauf mit einem schwimmenden Kran versetzt. Diese Operation war sehr wetterabhängig, da bei zu starkem Seegang ein genaues Versetzen der 22 t schweren Segmente nicht möglich war. Mit Vorspannstählen wurden dann die einzelnen Segmente miteinander verbunden. Nachdem die beiden Pfeilerschäfte über die Wasseroberfläche reichten, lösten Taucher die Verbindung zwischen «Dumbell» und Kofferdam, welcher dann mit einem Kran entfernt wurde und bei der nächsten Fundation wieder zum Einsatz kam. Nach dem Setzen des letzten Piersegmentes wurden die Kontinuitätskabel, welche bis in die Fundation reichten, gespannt und injiziert.

Die Hohlkastensegmente für die Fahrbahn wie auch alle anderen vorfabrizierten Bauteile wurden in Port Manatee, auf der gegenüberliegenden Seite der Tampa Bay, in einem Fertigteilwerk (Casting Yard) angefertigt, welches speziell für dieses Projekt angelegt wurde. Drei Stahlformen standen für die Produktion der 584 Segmente im Einsatz. Sieben dieser je 13 m breiten und 2,40 m hohen Segmente wurden im Fertigteilwerk auf einem Hebeträger mit Vorspannstählen provisorisch zusammengespannt. Der Hebeträger, welcher auf einem Ponton montiert war, wurde mit Schleppern zur Einbaustelle zwischen zwei Pfeiler manövriert. Die Pfeilersegmente, welche im voraus versetzt wurden, bildeten die Auflagerpunkte für das obenfahrende Vorschubgerüst (Launching Gantry). Mittels vier hydraulischer Winden wurde der Hebeträger mit den 525 t schweren Hohlkastensegmenten zwischen den beiden Pfeilern hochgehoben. Betonblöcke wurden in die beiden 14 cm breiten Fugen eingepasst, und je zwei Vorspannkabel wurden teilweise vorgespannt. Nachdem die Fugen ausbetoniert waren und der Beton eine genügende Druckfestigkeit erreicht hatte, was normalerweise am nächsten Tag der Fall war, wurden die beiden teilweise gespannten Kabel plus zwei weitere Kabel mit je Vo = 2200 kN vorgespannt.

Nach dieser Operation konnte der Hebeträger abgesenkt und für die nächste Spannweite freigegeben werden. In einem weiteren Schritt wurden die beiden übrigen Kabel gespannt, worauf alle sechs Kabel, welche sich im Hohlraum des Kastenträgers befinden, mit Mörtel injiziert wurden. Die selbstvorfahrende «Launching Gantry» wurde dann für die nächste Spannweite 41 m vorgerückt. Dieser Verschiebevorgang konnte mit der Zeit in weniger als einer Stunde bewältigt werden. Pro Woche wurden durchschnittlich zwei Spannweiten errichtet, wobei drei Spannweiten bei günstigen Wetterverhältnissen keine Seltenheit waren.

Fabrikation der grossen Hohlkastensegmente

Die Freivorbaumethode kam für den 1220 m langen Hauptüberbau mit zwei Spannweiten von 42 m, sechs Spannweiten mit 73 m, zwei Spannweiten mit 165 m und die Hauptspannweite von 366 m zur Anwendung. Pfeiler 6 bildet den Übergangspunkt von den zwei unabhängigen Kastenträgern zu einem 29 m breiten, einzelligen Hohlkastenquerschnitt, welcher für vier Fahrspuren plus Pannenstreifen und einem 3,50 m breiten Mittelraum konzipiert ist. Jedes dieser 333 Segmente ist 3,66 m lang, 4,47 m hoch, 28,96 m breit und enthält rund 6 t Armierungsstahl.

Diese 160 bis 220 Tonnen schweren Elemente gehören zu den grössten je vorgefertigten Brückensegmenten. Um die Herstellungszeit für ein Fertigteil in den beiden speziell hergestellten Stahlformen möglichst niedrig zu halten, wurde die ganze Armierung, welche aus Gründen des Korrosionsschutzes mit einer Epoxybeschichtung überzogen war, in einem separaten Gestellrahmen vorfabriziert. Die Hüllrohre für die Quervorspannung in der Fahrbahnplatte, den Stegen und der Bodenplatte wurden mit in den Armierungskorb verlegt und dann als ganzes mit speziellen Kranen in die Form gehoben. Durch die grosse Spannweite dieser Segmente waren zusätzliche diagonale Druckstreben für die Aussteifung der Fahrbahnplatte notwendig, welche vorgefertigt und mit der Armierung verlegt wurden. In einem zusätzlichen Schritt wurden die äussersten Randstreifen an den Kragarmen, in welchen sich die Verankerungen für die transversalen Vorspannkabel befinden, vorfabriziert und vor dem Betonieren in die Form verlegt. Dieses Vorgehen ermöglichte ein früheres Spannen der Kabel – eine Notwendigkeit, um die Segmente am nächsten Tag aus der Form heben zu können.

Alle diese Segmente sind «match cast», d.h. ein fertiges Segment wird in die zurückliegende, formgebende Position geschoben, und das neu zu betonierende Segment wird gemäss dem Brückenprofil horizontal und vertikal ausgerichtet und gegen das vorhergehende Segment betoniert. Dieser Vorgang bedingt mehrere Vermessungsvorgänge, um die genaue geometrische Beziehung der beiden Fertigteile vor und nach dem Betonieren herzustellen und gegebenenfalls Korrekturen im nächsten Betoniervor-

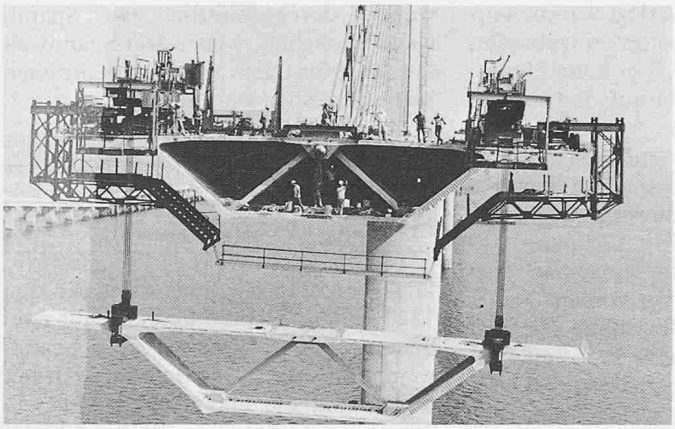


Bild 2. Heben eines grossen Hohlkastensegmentes mit «Beam and Winch»

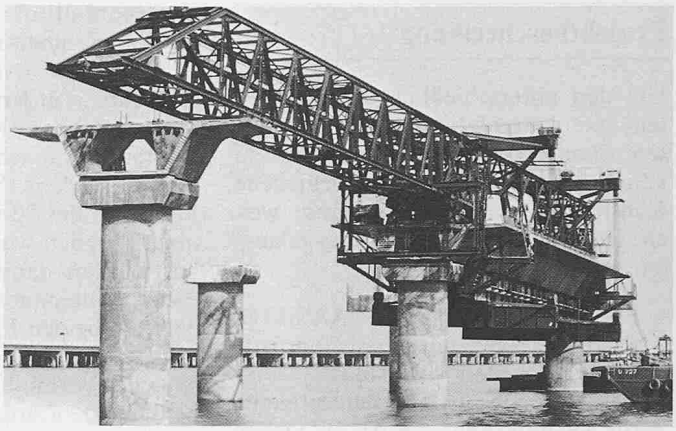


Bild 3. Heben der ersten 41 m Spannweite mit der selbstfahrenden «Launching Gantry» (Span by Span)

gang anzuordnen. Die geometrischen Bedingungen zwischen den einzelnen Fertigteilen im sogenannten «Short Line»-Verfahren sind in der «Casting Curve» gegeben, was der Verformungslinie im last- und zwangsfreien Lehrgerüst entspricht. Die Vermessungskontrolle war ein wichtiger Teil bezüglich der späteren Montage der Segmente, da sich scheinbar kleine Unstimmigkeiten in den einzelnen Segmenten zu schwer korrigierbaren Fehlern in der Ausrichtung der Brücke auswirken können. Diese Daten dienten dann bei der Errichtung der Segmente als Kontrollpunkte bezüglich der Einhaltung des geplanten Brückenprofiles. Nachdem ein Segment betoniert war und eine Betonfestigkeit von 17 N/mm2 erreicht wurde, was normalerweise am nächsten Tag der Fall war, wurden vier transversale Spannkabel in Steg und Bodenplatte gespannt. Jedes Plastikhüllrohr enthält 4 Litzen mit einem Durchmesser von 0.6″, welche zu je Vo = 200 kN gespannt wurden. Die beiden Segmente wurden dann voneinander getrennt. Mit zwei fahrbaren Kranen wurde das «match cast segment» in das Zwischenlager transportiert, um zu einem späteren Zeitpunkt mit einem Lastkahn zur Einbaustelle gebracht zu werden.

Auf dem Weg von der Fertigungsstelle zur Lagerstätte wurden alle Segmente der Haupt- und Nebenspannweiten gewogen und mit den theoretischen Daten verglichen, um die zu erwartende Durchbiegung des Kragarmträgers genauer festlegen zu können.

Prinzip des Freivorbausystems

Das Freivorbausystem (Balanced Cantilever Method) basierte auf dem Errichten von Segmenten von einem Pfeiler aus in beide Richtungen mit einer maximalen Exzentrizität von einem Segment. Der Unternehmer entschied sich für einen 62 m langen Plattenträger mit einem obenfahrenden Laufkran für die Errichtung des rückwärtigen Kragarms und für zwei fahrbare Hebeträger (Beam and Winch) für den nach vorne weisenden Tragarm. Das Ende des rückwärtigen Kragarmträgers und das nächste Pfeilersegment, welches mit zwei Ringerkrans auf die 45 m bis 55 m hohen Pfeiler versetzt wurde, bildeten die beiden Auflagerpunkte für den Plattenträger.

Ein typischer Bauabschnitt bestand aus dem Errichten von zwei Segmenten, eines auf der rückwärtigen Seite des Pfeilers mit dem Laufkran des Plattenträgers und auf der führenden Seite mit Hilfe der beiden Heberahmen. Ein Epoxykleber wurde an die Kontaktfläche und die Schubverzahnung des zu errichtenden Segmentes gestrichen, um das Zusammenfügen der Segmente zu erleichtern und eine wasserdichte Verbindung zu erhalten. Je vier DYWIDAG-Spannstähle in der Fahrbahnplatte und über der Bodenplatte wurden zum temporären Befestigen des Segmentes an den Kragarm vorgespannt. Jedes Segment war in der Fahrbahnplatte um 15 cm ausgespart. Beim

Bild 5. Vorfabrizierte Bewehrung mit eingelegten Vorspannhüllrohren und Druckstreben beim Einbringen in die Stahlschalung

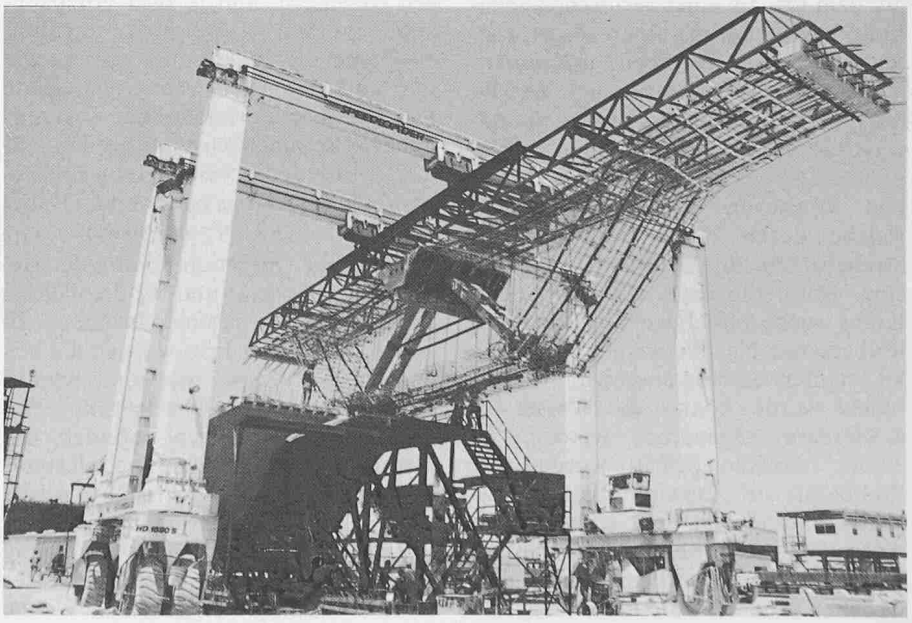
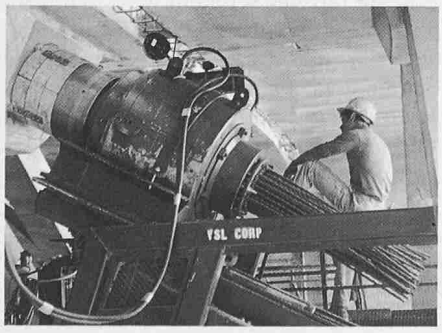


Bild 4. Spannen eines Schrägseilkabels mit einer 1700-t-Spannpresse. Zwischenstücke hinter dem Ankerblock ermöglichen ein späteres Nachlassen der Vorspannkraft



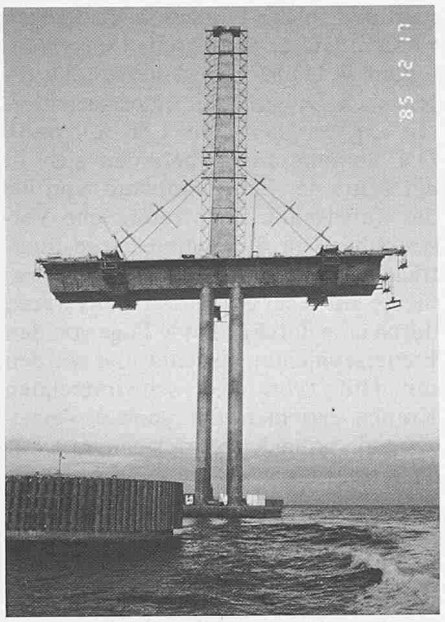


Bild 6. Pfeiler und Pylon 1 Nord mit zwei Schrägseilkabeln installiert

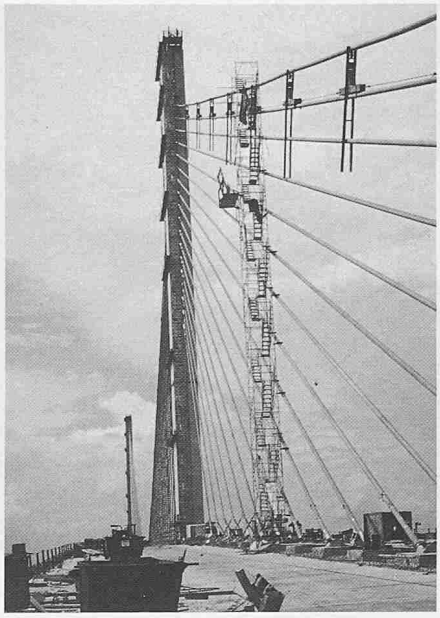


Bild 8. Installierte Schrägseilkabel mit Gerüstturm für das Zusammenschweissen der Hüllrohre

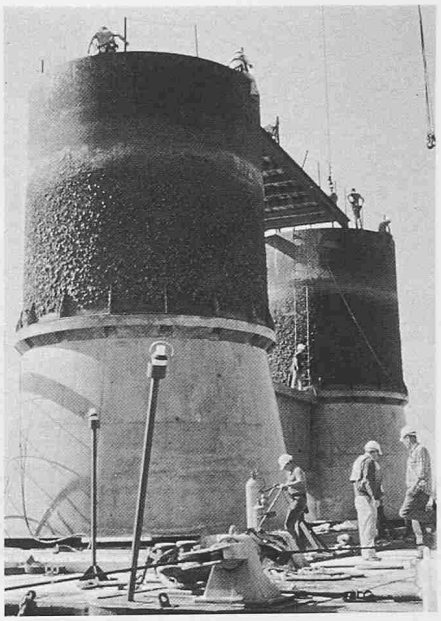


Bild 10. Dumbell mit aufgeschraubtem Kofferdam vor dem Versetzen

Zusammenfügen der Segmente bildete sich dann eine 30 cm breite Fuge, in welcher die Hüllrohre der in Längsrichtung führenden Spannkabel miteinander verbunden wurden. Diese Fuge wurde dann geschalt, armiert und ausbetoniert. Nachdem die fünf Spannkabel, welche sich in der Fahrbahnplatte über dem Längssteg und der Mittellinie befinden, eingezogen waren, konnten die Spannkabel (17×0,5″) mit Vo = 2300 kN gespannt werden. Diese Operation wiederholte sich für jedes der neun Segmentpaare bis zum Zusammenschluss der rückwärtigen Spannweite. Kontinuitätsspannkabel im Innern des Trägers wurden dann von Pfeiler zu Pfeiler installiert, gespannt und mit Mörtel ausinjiziert. Das System der kontinuierlichen Vorspannung ermöglichte, dass der 1,22 km lange Hauptabschnitt ohne Dehnungsfuge ausgeführt werden konnte. Je nach Anzahl der vorhandenen Spannkabel und der erforderlichen Spannkraft wurden hydraulische Pressen mit einer Spannkraft bis zu 500 t verwendet, welche von VSL als Spannkabellieferant bereitgestellt wurden.

Da der verwendete Plattenträger nicht als selbstbewegende Einheit konzipiert war, wurde dieser nach dem Spannen aller Kabel zur Fahrbahnseite manövriert und mit Hilfe von zwei schwimmenden Kranen zur nächsten Einbaustelle gebracht. Normalerweise wurde für das Errichten von zwei Segmenten, das Ausbetonieren der Fuge und das Spannen der Kabel je ein Tag benötigt. Für das Installieren der Kontinuitätsvorspannung und das Entfernen des Kastenträgers wurden rund zwei Wochen benötigt. Eine Kragarmspannweite konnte somit in sechs bis acht Wochen fertiggestellt werden.

Freivorbau der kabelabgespannten Hauptspannweite

Zwei 73 m hohe Pylone bilden die Auflagerpunkte für die je 21 in Fahrbahnmitte angeordneten Schrägseile, welche eine Hauptspannweite von 366 m und die zwei Nebenspannweiten von 165 m erst ermöglichten. Die Pylone, welche in je 21 Etappen betoniert wurden, leiten die vertikalen Kräfte in die 4,50 m dicke Pylonbasis, welche von 51 m hohen ovalen Doppelpfeilern übernom-

Bild 9. Balanced-Cantilever-Verfahren mit Plattenträger und Beam & Winch

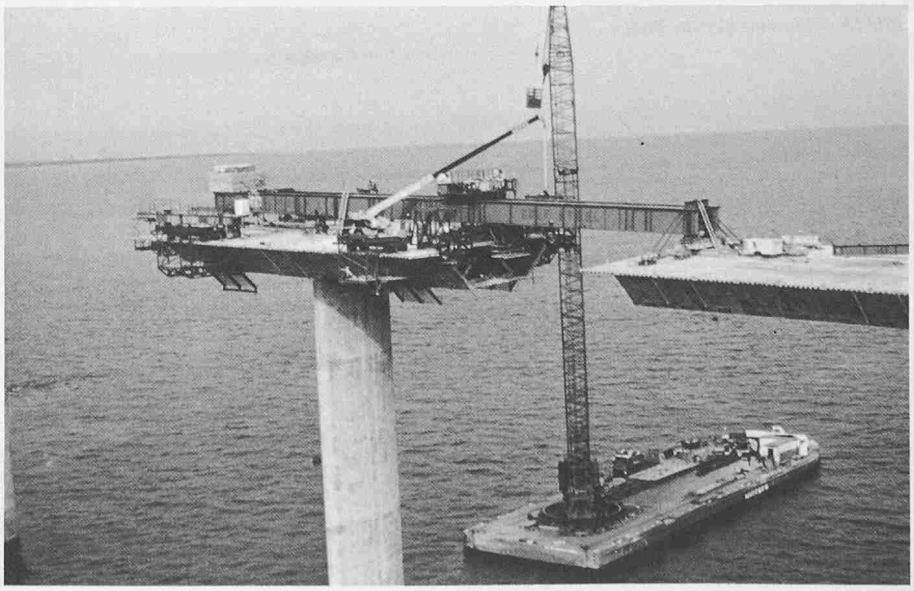
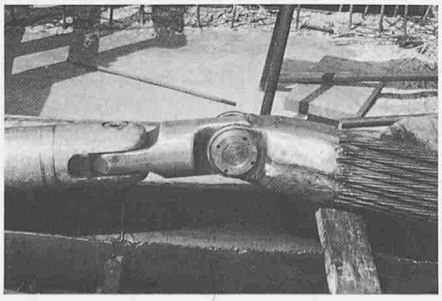


Bild 7. Schrägseilkabelende mit eingeschweisstem Gelenkstück für Installation



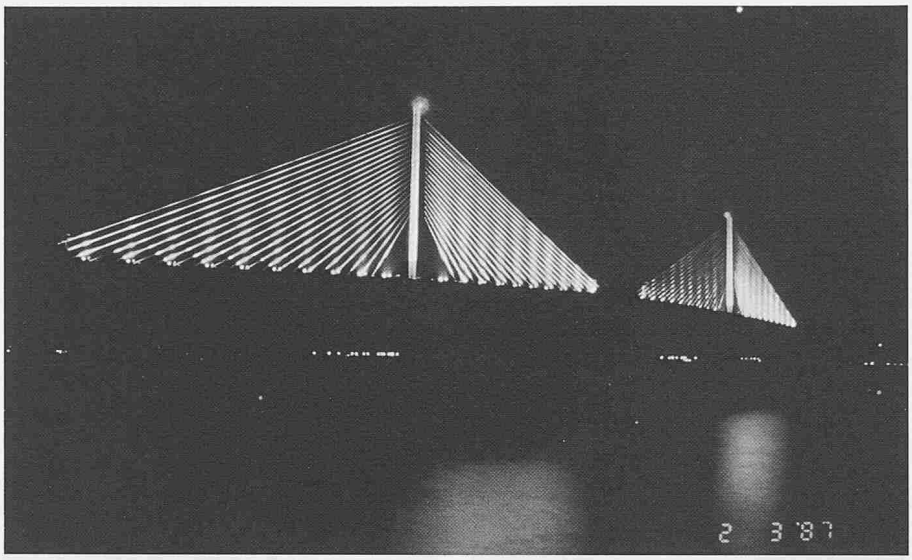


Bild 11. Sunshine Skyway Bridge at night (gelber Anstrich noch nicht fertig)

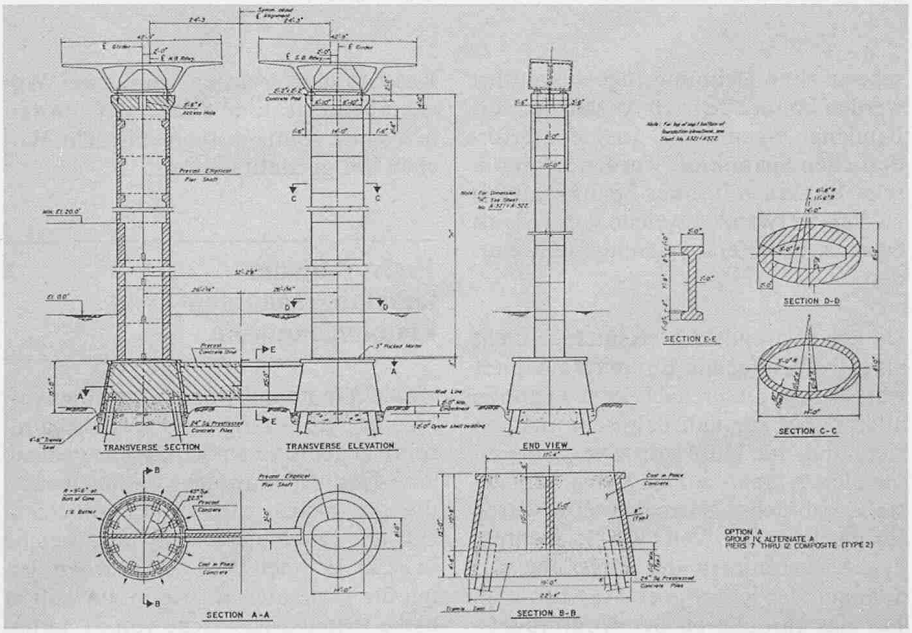
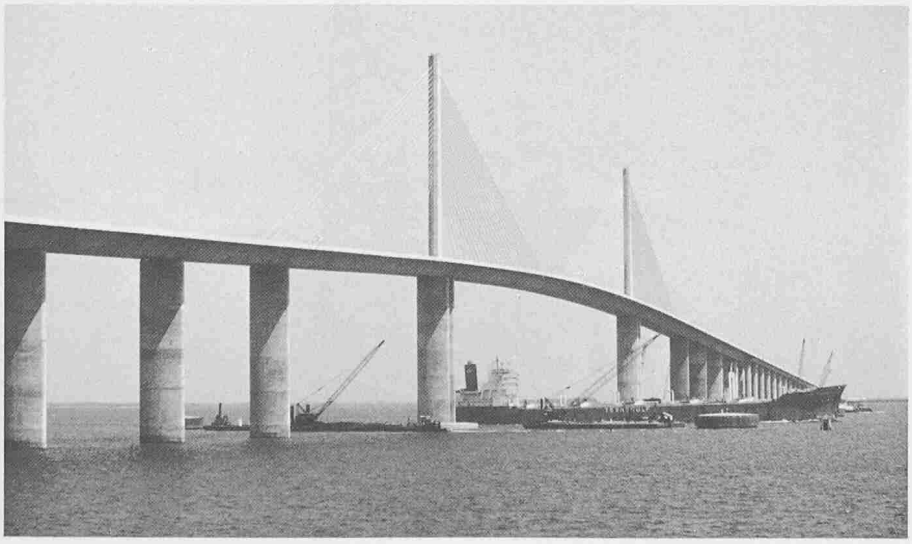


Bild 12. Gründung und Schaftkonstruktion der «Span by Span»-Hohlkastenfertigteilbrücke

Bild 13. Sunshine Skyway Bridge



men und in die Fundation übertragen werden. Die 21 Schrägseile (Stays) enthalten 38 bis 82 Litzen, hergestellt aus je sieben Drähten mit einer garantierten Zugfestigkeit von 1,86 kN/mm². Die Verankerungen befinden sich in der Mitte der Fahrbahnplatte, von wo die Kabelkräfte über zusätzliche Verstrebungen in die Segmentstege übertragen werden. Die beiden ersten Segmente auf jeder Seite des Pylons waren durch eine durchgehende Fuge von den Pfeilersegmenten getrennt und wurden mit Hilfe von zwei schwimmenden Kranen errichtet. Die genaue Versetzung dieser beiden Startersegmente war äusserst wichtig, da diese die generelle Ausrichtung der beiden Kragarme massgeblich beeinflussten.

Für die Errichtung der weiteren Segmente wurde das Freivorbauverfahren mit dem «Beam and Winch»-System an beiden Kragarmenden angewandt. Das siebte Segment beidseits des Pylons bildete zugleich die Verankerung für das erste Schrägseilkabel. Alle weiteren Seile wurden in Abständen von 7,30 m bzw. jedem übernächsten Segment verankert. Beidseits des Pylons wurde je ein A-förmiger Rahmen für die Unterstützung der beiden ersten Hüllrohre aufgebaut. Die Stahlhüllrohre mit Durchmessern von 17 cm und 22 cm, welche die Kabel umschliessen, wurden auf dem Fahrbahndeck zu Längen von 40 m zusammengeschweisst und mit zwei Teleskopkranen versetzt. Für die Unterstützung der weiteren Hüllrohre und Schrägseile wurden Rollenträger (Bicycles) verwendet, welche auf dem bereits gespannten Schrägseil aufsassen und mittels Seilwinden in die gewünschte Position gebracht werden konnten. Die einzelnen Hüllrohrabschnitte wurden dann von Gerüsttürmen aus zu ganzen Einheiten zusammengeschweisst.

Ein vollständiger Bauzyklus für die kabelabgespannten Etappen konnte in durchschnittlich fünf Tagen abgewikkelt werden. Dies umfasste das Errichten von je zwei Segmenten an jedem Kragarmende, das Zusammenschweissen der Hüllrohre, das Einziehen des Litzenbündels und das Spannen der Kabel in zwei Stufen. Die Vermessungskontrolle des Brückenträgers wurde vor Sonnenaufgang durchgeführt, um unerwünschte Temperatureinflüsse möglichst niedrig zu halten. Diese Daten wurden dann in den Computer eingegeben und mit den theoretischen Werten verglichen. Eventuelle Abweichungen konnten somit sofort festgestellt und die nötigen Korrekturen vorgenommen werden.

Der Zusammenschluss der beiden je 182 m langen Kragarmträger erfolgte

mit äusserster Genauigkeit, und das letzte Segment konnte unter Einbeziehen der Öffentlichkeit errichtet werden. Der eigentliche Fugenschluss erfolgte nachts, um temperaturbedingte Durchbiegungen niedrig zu halten. Um die berechneten Einflüsse von Kriechen und Verkürzungen infolge Vorspannung aufnehmen zu können, wurden die beiden Kragarmhälften mittels Pressen um 11 cm auseinandergedrückt. Anschliessend wurde die Schlussfuge ausbetoniert und die Kontinuitätsvorspannung, welche sich im Innern des Hohlkastens befindet, installiert und injiziert.

Schrägseilinstallation

Bei der Planung und Vorbereitung für das Einziehen der Schrägseile wurde ermittelt, dass ein Einziehen des ganzen Kabelbündels in einer Operation möglich war. Um die Kabel bis zum späteren Injizieren vor Korrosion zu schützen, wurde vor dem Einbau das ganze Seil mit einem wasserlöslichen Öl behandelt. Dieses Vorgehen hatte auch zur Folge, dass die Reibung während des Einziehens des Seiles erheblich reduziert werden konnte. Die bereits errichteten Spannweiten von Pfeiler 6 bis Pfeiler 2 und die anschliessenden Spannweiten dienten als Montageplatz für die bis zu 400 m langen Kabel. Ein in das Kabelende eingeschweisstes drehbares Gelenk diente als Verbindungsglied mit dem eigentlichen Zugseil. Nachdem das Zugseil durch die Hüllrohre und über die Kragarmöffnung gezogen und mit dem Kopfstück verbunden war, folgte das Einziehen des bis zu 10 t schweren Seiles mit einem speziellen Greifzugsystem.

Spannen der Schrägseile

Da diese Seilkonfiguration relativ neu ist und das Verankerungssystem zahlreichen Bedingungen genügen muss, vorab die Möglichkeit eines späteren Auswechselns eines Schrägseiles, wurden umfangreiche Tests an der EMPA in Dübendorf unter der Leitung von VSL International Ltd. durchgeführt.

Für das Spannen der Kabel wurden Spannpressen mit einer Kapazität von 1700 t verwendet, welche zum einfacheren Bedienen auf hydraulisch betriebene Gestellwagen montiert wurden. Im ganzen waren vier Pressen im Einsatz, so dass an beiden Hauptpfeilern gleichzeitig gearbeitet werden konnte. Das Spannen der Schrägseile wurde in vier Etappen ausgeführt. Nach dem Errichten eines Ankersegmentes wurde das entsprechende Kabel auf eine Anfangskraft von 2200 kN bis 4400 kN vorgespannt. Nach dem Errichten des nächsten Segmentes wurde die Vorspannkraft auf 4000 kN bis 7600 kN erhöht. Diese theoretischen Vorspannkräfte wurden zusätzlich für Temperaturunterschiede und Reibungsverluste in den Pressen korrigiert. Vor dem Injizieren der Hüllrohre wurden die Vorspannkräfte nochmals auf 4200 kN bis 8700 kN erhöht. Nachdem der injizierte Mörtel die verlangte Druckfestigkeit erreicht hatte, wurden in einem letzten Schritt die Seilkabel um 445 kN bis 1100 kN nachgelassen. Die beiden letzten Spannoperationen wurden ausgeführt, um eine Überdrükkung im Mörtel zu erreichen und somit eine mögliche Rissbildung zu vermeiden. Um die anfängliche Keilverankerung zwischen Keil und Litze im Ankerblock ungestört zu erhalten, wurde für die zusätzlichen Spannoperationen ein spezieller Spannstuhl (Jackchair) verwendet, mit welchem der ganze Ankerblock von der Ankerplatte abgehoben werden konnte. Jeder dieser Spannvorgänge wurde genau überwacht und die erhaltenen Werte, wie Pressendruck und Verlängerung der Litzen, im Spannprotokoll festgehalten. Um die Temperatureinflüsse so niedrig wie möglich zu halten, wurden die beiden letzten Spannoperationen nachts durchgeführt.

Spezielle Schwingungsdämpfer auf Fahrbahnhöhe vermeiden allfällige Vibrationen und Schwingungen der Seile unter Windeinfluss.

Ausinjizieren der Seilkabel

Für das Injizieren der Seilkabel beauftragte der Unternehmer Halliburton Services, eine spezialisierte Firma aus der Ölbohrindustrie mit der nötigen Ausrüstung für das kontinuierliche Injizieren der bis zu 400 m langen Kabel. Nach mehreren Tests erwies sich ein Injizieren der Kabel in drei Schritten als die vorteilhafteste und sicherste Methode, um einen guten Verbund zu erhalten. Nachdem die Kabel in mehreren Durchgängen mit Wasser und Spülmittel gereinigt worden waren, wurde in einem ersten Schritt ein «Pfropfen» von der Ankerplatte bis zur Fahrbahndecke injiziert. Dieses Vorgehen hatte den Zweck, den hydrostatischen Druck auf die drei Dichtungsringe im Ankerbereich beim weiteren Injizieren zu verringern sowie ein frühzeitiges Entfernen der Injizierkappen und ein Reinigen der Litzen für das spätere Nachlassen der Vorspannkraft zu ermöglichen.

Die zweite und längste Etappe reichte von der Fahrbahnoberfläche bis zum Pylon. Um das Injektionsgut konstant auf dem höchsten Punkt halten zu können, wurde im Pylonschaft ein Reservoir installiert, welches für die kontinuierliche Zufuhr von Injektionsmaterial sorgte. Um einer möglichen Wasserausscheidung (Bleed) am höchsten Punkt gerecht werden zu können, wurde eine Stunde nach Beendigung der zweiten Etappe von beiden Seiten des Pylons erneut Injektionsgut gepumpt und das Material im obersten Teil des Kabels ersetzt. Überraschenderweise wurde aber eine grössere Wasserausscheidung an den Litzenenden in der Verankerung und nicht im Pylon festgestellt. Diese Erscheinung wurde auf die Spiralwirkung der Litzen und den hohen hydrostatischen Druck auf den Mörtelpfropfen in der Verankerung zurückgeführt. Das Injektionsgut wurde während des ganzen Arbeitsablaufes periodisch auf Temperatur, Dichte und Volumenveränderung getestet.

In einem abschliessenden Schritt wurden die Schrägseilhüllrohre mit einem gelben Anstrich versehen. Diese Operation nahm beträchtlich mehr Zeit in Anspruch als vorgesehen, da starke Winde und hohe Luftfeuchtigkeit ein Streichen der Hüllrohre oftmals verunmöglichten. Nachts werden die Hüllrohre mit Scheinwerfern beleuchtet, welche die Kontur der Schrägseile von weitem sichtbar machen.

Zusammenfassung

Nach einer Bauzeit von beinahe vier Jahren konnte der Bevölkerung von St. Petersburg/Tampa und Umgebung ein Bauwerk übergeben werden, das nicht nur eine verkehrstechnische Notwendigkeit, sondern auch eine ästhetische und technische Pionierleistung darstellt. Durch die Grösse und Komplexität dieses Projektes wurde an alle Beteiligten enorme Anforderungen gestellt, welche durch Einsatz, Planung und Know-how gemeistert wurden.

Adresse des Verfassers: *B. Gisi*, Bauing. HTL, DRC Consultants Inc., 5422 Bay Center Drive, Tampa/Florida 33609.