

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 89 (1997)
Heft: 7-8

Artikel: Unterwasserbeton
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940193>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

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

Unterwasserbeton

Automation und Robotereinsatz beim Einbau über 500 000 m³ Unterwasserbeton für die Gründung der Pfeiler der Akashi-Kaikyo-Brücke in Japan

Die Akashi-Kaikyo-Brücke zwischen den Inseln Honschu und Shikoku wird eine Autobahn von Kobe nach Osaka mit sechs Fahrspuren in 96 m Höhe übers Meer führen. Mit einer Länge von 3910 m und einer freien Spannweite von 1990 m zwischen den 330 m hohen Pylonen übertrifft sie die Golden-Gate-Brücke in San Francisco um beinahe 700 m. Nach ihrer Fertigstellung voraussichtlich im Jahre 1997 wird sie die grösste Hängebrücke der Welt sein. Die Fundamente für die beiden Pfeiler werden 960 m entfernt vom Ufer im bis zu 60 m tiefen Meer gegründet; die Fließgeschwindigkeit des Meeres beträgt dort während der Gezeiten bis zu 15 km/h. Für die Gründung verwendet man grosse zylindrische Stahlcaissons mit 12 m dicker in 16 Zellen unterteilter Wandung (Bild 1); der Caisson für den Pfeiler 2 (3) ist 65 (62) m hoch und hat 80 (78) m Aussen- und 56 (54) m Innendurchmesser. Den Kernbereich des Caissons hat man innerhalb von 72 Stunden in 14 je etwa 4 m dicken Schichten 48 (45) m hoch und danach die 16 Zellen der Caissonwandung 55 (52) m hoch mit je 9000 bis 10 000 m³ Unterwasserbeton ausgefüllt, das sind zusammen 270 000 (240 000) m³ oder für beide Pfeiler innerhalb eines Jahres insgesamt über 0,5 Mio m³ Unterwasserbeton.

Die Arbeitsbedingungen für das Betonieren so grosser Flächen und Mengen in kurzer Zeit waren wegen der Wassertiefe und der starken Meeresströmung ungünstig; deshalb hat man sich zum Einsatz von Robotern bei den Unterwasserarbeiten und zur weitgehenden Automation der Arbeiten entschlossen [1].

Vorbereiten der Pfeilergründung

Nach dem Aushub und der Felsprengung säubert der eigens dafür entwickelte *Felsreinigungsroboter* (Bild 2) in etwa 60 m Wassertiefe die Felsoberfläche im Bereich $\pm 0,50$ m, um einen guten Verbund zwischen Unterwasserbeton und der Felsaufstandsfläche für die Pfeilergründung zu ermöglichen; Sand und loser Fels werden vom Roboter

über eine Saugleitung (300 mm Durchmesser) in Schuten neben dem Caisson (Bild 4) gefördert. Die Arbeit des Roboters ist fernsehüberwacht; gesteuert wird er von über Wasser. Bei einem Arbeitsbereich von 16 m im Umkreis muss er im Caissonbereich vierzehnmal und im Randbereich sechzehnmal umgesetzt werden (Bild 3, unten).

Betonherstellung

Das weitgehend automatische *Betonwerk* für die jeweils 9000 bis 10 000 m³ grossen Betonierabschnitte ist auf einem 150/40/8,50 m grossen Schiff (24 000 BRT) mit bis 6,50 m Tiefgang errichtet. Es ankert bei den Betonarbeiten neben dem Caisson (Bild 3) und hat dazu acht 100-t-Winden (5 m/min) und wegen der starken Meeresströmung einen eigenen Antrieb; ausserdem hat das Schiff eine Stabilisierungseinrichtung, damit die automatischen Wiegeeinrichtungen für die Baustoffe trotz Seegang genügend genau arbeiten. Zum Betonwerk gehören einige 2,50-m³-Zwangsmischer, zwei 1600-t-Zementsilos, sechs Kiessilos mit zusammen rund 7000 m³ Inhalt und vier 1300-m³-Sandsilos sowie zwei als Zentrifuge (180 G) arbeitende 2,40-m³-Sandentwässerungsanlagen (SS-24; je 50 m³/h) und sieben Kühleinrichtungen für das Anmachwasser mit je 0,26 bis 0,75 – zusammen 2,4 – Mio kcal/h). Aus den Mixern gelangt der Beton in 40-m³-Zwischenbehälter, die mit Rührwerken ausgestattet sind.

Einbringen des Betons

Zur *Betonförderung und -verteilung* sind sechs Betonpumpen PF 1105; je 110 m³/h) eingesetzt und zwei als Ersatz vorgesehen. Jede Betonpumpe beschickt eine rechnergesteuerte Verteilvorrichtung mit vier Rohrleitungen auf der Arbeitsfläche über dem Caisson; von dort wird der Beton jeweils durch eine der vier Rohrleitungen (200 mm Durchmesser) zur über 65 m entfernten Einbaustelle unter Wasser gefördert, wobei die (6 \times 4 =) 24 Rohrleitungen entsprechend der sich verringernden Einbautiefe an 4 m hohen Hubgerüsten hängen. Die rund 2600 m² grosse Fläche der einzelnen bis 4 m dicken Schichten des Caissonkerns hat man in 24 etwa gleich grosse Betonierabschnitte (92 bis 113 m²) unterteilt; sie werden jeweils mit einem mittig angeordneten Betonzuführungsrohr so betoniert, dass der Unterwasserbeton nach dem Einbringen weniger als 8 m weit fließen muss und das Rohrende immer 5 bis 10 cm

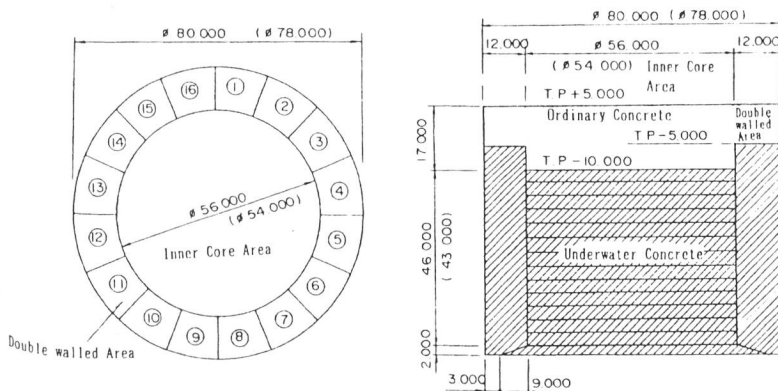
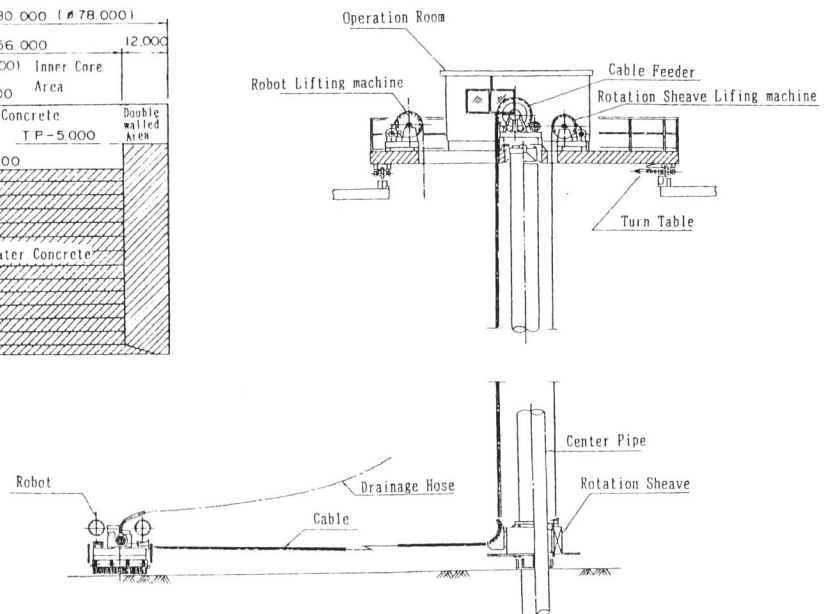


Bild 1. Doppelwandiger Stahlcaisson für die Gründung des Pfeilers 2 der Akashi-Kaikyo-Brücke lagenweise mit 270 000 m³ Unterwasserbeton gefüllt. Masse () gelten für den Pfeiler 3.

Bild 2. Ferngesteuerter Roboter zum Glätten der Betonoberfläche unter Wasser und Absaugen von Zementschlamm.



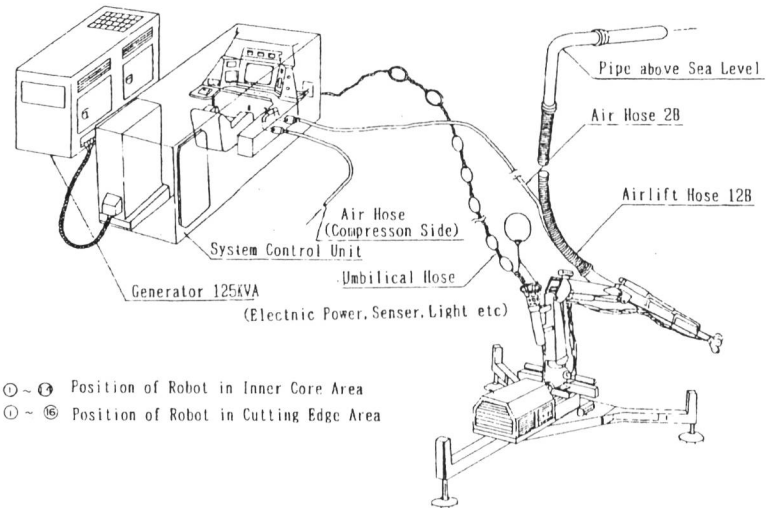
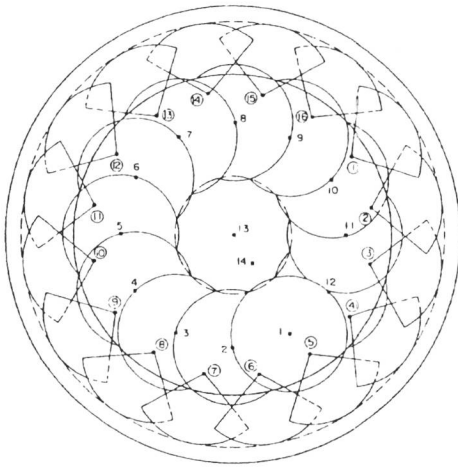


Bild 3. Ferngesteuerter Roboter für die Reinigung der Felsfläche in etwa 60 m Wassertiefe innerhalb des Caissons – Umsetzen und Arbeitsbereiche (unten links).

tief im Beton eingetaucht ist, um eine Entmischung des Betons durch freien Fall durch das Meerwasser zu vermeiden. Dazu werden die Betonzufuhr über die erwähnte Verteilvorrichtung und die Eintauchtiefe der Betonierrohre rechnergesteuert, die Einbaumengen je Abschnitt stündlich erfasst und die Unterwasserbeton-Spiegelhöhe bzw. die Eintauchtiefe der Betonierrohre monitorüberwacht. Dadurch ist ein gleichmässiges Ansteigen des Betonspiegels unter Wasser über die gesamte Caissoninnenfläche gewährleistet.

Kontaktflächen der Betonieretappen

Nach dem Betonieren jeder der bis zu 4 m dicken Schichten ebnet ein eigens dafür entwickelter *Betonoberflächen-Bearbeitungsroboter* (Bild 2) unter Wasser die Betonoberfläche in Spiralen von innen nach aussen mit rotierenden

Bürsten in 1,00 bis 1,50 m breiter Spur und saugt etwa 5 mm Zementschlamm von der Betonoberfläche ab, um einen guten Verbund zwischen den einzelnen unter Wasser eingebrachten Betonschichten zu ermöglichen.

Die Überprüfung der Arbeit dieses Roboters ergab, dass die Betonoberfläche die gewünschte Ebenheit und der Unterwasserbeton auch in den Anschlussflächen die geforderte Festigkeit hatte, wozu Bohrkern entnommen und geprüft wurden. BG

Literatur

- [1] Kashima, S.; Sakamoto, M.; Okada, R.; Iho, T.; Nakagawa, Y.: Automation and robotics of underwater concreting in huge scale steel caisson, the main tower foundations of the Akashi Kaikyo bridge. Vortrag: 8. Internat. Symposium – Automatisierung und Roboter im Bauwesen (ISARC), Stuttgart, 3. bis 5. Juni 1991, S. 170–188.



Bild 4. Caisson mit Arbeitsplattform (Betonpumpe, Roboterüberwachungseinrichtungen) und schwimmende Betonfabrik (links).