Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 104 (1986)
Heft: 45

Artikel: Unterhalt von Verkehrsbauten: Sicherheitsprobleme
Autor: Hirt, Fritz / Merk, Alfred / Jolissaint, Pierre
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76301

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: 12.02.2026

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

Breite festgelegt. Die Gewichte der Boote schwankten bei diesen Abmessungen und bei Wanddicken von 2(!) bis 50 mm von 50 bis 450 kg. Neben herkömmlichem Rundstahl und Maschendraht wurden Glas- und Kunststoffasern sowie Naturfasern (Sisal, Heu, usw.) verwendet.

Wegen ihrer Konstruktion fielen zwei Boote auf, deren Hülle erst als ebene Platte von 2 bis 5 mm Dicke betoniert und danach wie ein Papiermodell in die Bootsform gefaltet wurde; dabei blieb das Drahtgeflecht an den Knick- und Verbindungsstellen ausgespart; diese Streifen wurden erst nach dem Falten mit Zement- oder Kunststoffmörtel verschlossen. Besonderer Anziehungspunkt war der Bau eines Bootes, das Studenten der HTS Rotterdam in nur vier Stunden unmittelbar vor der Regatta hergestellt haben. Sie verwendeten dazu Sand, Zement PZ 55 und als Beschleuniger Kalziumchlorid, Wasser, Kunststoffasern und Glasfasermatten sowie vorgefertigte Formen aus Kunststoff und zusätzlich Dampf. Für Fachleute ist dies keine Überraschung. Beton kann für fast jede Verwendungsart gezielt hergestellt werden. So wurde die für eine solch knapp bemessene Bauzeit erforderliche Frühfestigkeit (16 N/mm² Biegezugfestigkeit nach 4 Stunden) durch eine besondere Betonrezeptur und Bautechnik ermöglicht.

Auszeichnungen

Sieger im sportlichen Teil (400 m Rennstrecke und 100 m Slalom) wurden die wettkampferfahrenen Mitglieder der TH Amsterdam mit ihrem Boot «Happy Censuur». Den Konstruktionspreis für das technisch beste Boot erhielt die Fachhochschule Wiesbaden/Idstein mit «Moby Dyck», während die HTS Rotterdam mit «Jannie» und «Marijke» für die beste handwerkliche Ausführung und Formgebung ausgezeichnet wurde. Die Preisträger wurden mit Urkunden und Plaketten geehrt, der Sieger der Regatta erhielt den Wanderpokal des Bundesverbandes Zement überreicht. Die schnellste Damenmannschaft (Bild 2) wurde mit einem Ehrenpreis bedacht. Alle teilnehmenden Schulen erhielten eine Plakette – natürlich aus Beton – mit wettkämpfenden Kanuten unter dem Abbild des Limburger Doms.

G. Brux

Literatur

[1] *Müller, H.* Ferrocement – Entwicklung, Eigenschaften, Verwendung, vorrangig im Bootsbau. Betonwerk + Fertigteil-Technik (Wiesbaden) 42(1976)H.9, 10 u.11, S. 467-469, 514-516 und 567-569

[2] *Bayer, E.* Ferrocement im Bootsbau. Beton (Düsseldorf) 28(1978) H.12, S. 445-449

[3] *Bayer, E.* Herstellen von Ferrocement. Beton (Düsseldorf) 29(1979) H.1, S. 16-19

[4] *Bayer, E.* Ferrocement – Eigenschaften und Anwendungsgebiete. Beton- und Stahlbetonbau (Berlin) 77(1982) H.9 u.10, S. 231-235 u. 257-261

[5] *Sulzer, H.D.* Ferrozement. Schweizer Ingenieur und Architekt 100(1982) H.48, S. 1052-1057

[6] *den Uyl, J.A.* Enkele aspecten van de konstructie van betonkano's. Cement (Amsterdam) 29(1977) H.8, S. 242-244

[7] *Bridge, R.Q., Wheen, R.J.* Aurora Australis – Bau eines Betonkanus nach dem Origami-Prinzip. Beton (Düsseldorf) 35(1985) H.2, S. 56-57

[8] *Walraven, J.C., Kreuser, W.* Das Betonkanu – Eine technische Herausforderung. Beton (Düsseldorf) 36(1986) H.8, S. 302-304

Unterhalt von Verkehrsbauten

Sicherheitsprobleme

Von Fritz Hirt, Alfred Merk und Pierre Jolissaint, Zürich

Fragen über den Unterhalt und die Sicherheit von Bauwerken ziehen vermehrt öffentliches Interesse auf sich und beschäftigen die verantwortlichen Bauherren und Verwaltungen.
Das Tiefbauamt der Stadt Zürich überprüft zurzeit speziell die ihm für den Unterhalt zugewiesenen Verkehrsbauten auf ihre Sicherheit bezüglich plötzlichem Versagen von gefährdeten Konstruktionsteilen. Es betrifft dies in erster Linie Hängekonstruktionen und Befestigungen von Betonelementen in Tunnels. Die dabei anfallenden Probleme werden anhand der Sanierung der Fussgängerpassage im bergmännisch erstellten Teil des neuen Ulmbergtunnels erläutert.

Bestehende Konstruktion

In den Jahren 1966 bis 1968 wurde als Ersatz für das im alten, umgebauten Ulmbergtunnel aufgehobene Trottoir eine Fussgängerpassage in der Kalotte des neuen Ulmbergtunnels eingebaut (vgl. Bild 1). Der Fussgängertunnel (einschliesslich der Decke über dem Fahrraum des Tunnels) ist auf einer Länge von 136 m an insgesamt 146 Hängestäben im bergmännisch erstellten Gewölbe (deutsche Tunnel-Bauweise) aufgehängt.

Die Hängestäbe mit einem Durchmesser von 28 mm bestehen aus Stahl Fe 510 (St 36/52). Sie sind mittels Perfoanker im 0,60 m starken Gewölbebeton befestigt und in 0,20×0,20 m dicke Säulen einbetoniert (vgl. Bild 2).

Unterhalt

Der Ulmbergtunnel wird vom Tiefbauamt im Rahmen des baulichen Unterhaltes von Kunstbauten alle 5 Jahre einer Hauptkontrolle unterzogen. Die seitlich der Fussgängerpassage gut zugänglichen Räume sind mit einer permanent installierten Beleuchtung versehen und erlauben eine einwandfreie visuelle Kontrolle des Bauwerkes. Der Beton des Tunnelgewölbes ist nicht wasserdicht. Massnahmen zur Ableitung von Sickerwasser erwiesen sich daher als notwendig. Die Anschlussfugen der Betonsäulen der Hängekonstruktion an das Gewölbe wurden mit Fugenkitt abgedichtet. Der Ausfall einer Hängestabverankerung würde sich durch Risse in der Fugenabdichtung anzeigen.

Dauerhaftigkeit der Konstruktion – Risikobeurteilung

Die beim Bau der Fussgängerpassage angewendete Verankerungs- und Hängekonstruktion entspricht nicht den heutigen Anforderungen. Ein Vergleich mit der SIA-Norm 191 (Boden- und Felsanker), Ausgabe 1977, zeigt Mängel bezüglich Kontrollierbarkeit, Sicherheit und Korrosionsschutz des verwendeten Ankersystems auf.
Aufgrund von visuellen Kontrollen kann der Zustand (Dauerhaftigkeit) der bereits 20 Jahre alten Hängekonstruktion nicht beurteilt werden. Eine weitergehende Prüfung der Konstruktion mittels Zugversuchen oder Freilegung von besonders gefährdeten Teilen ist kaum durchführbar und hätte zusätzliche Risiken zur Folge. Die besonders gefährdeten Teile und deren Risikobeurteilung sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die statische Nachrechnung der bestehenden Konstruktion ergab, dass bei Versagen einer einzelnen Aufhängung im Bereich einer Dilatationsfuge ein teilweiser Einsturz der aufgehängten Decke nicht ausgeschlossen werden kann. Diese Tatsache sowie die Risikobeurteilung führten zum Entscheid, die Hängekonstruktion zu sanieren.

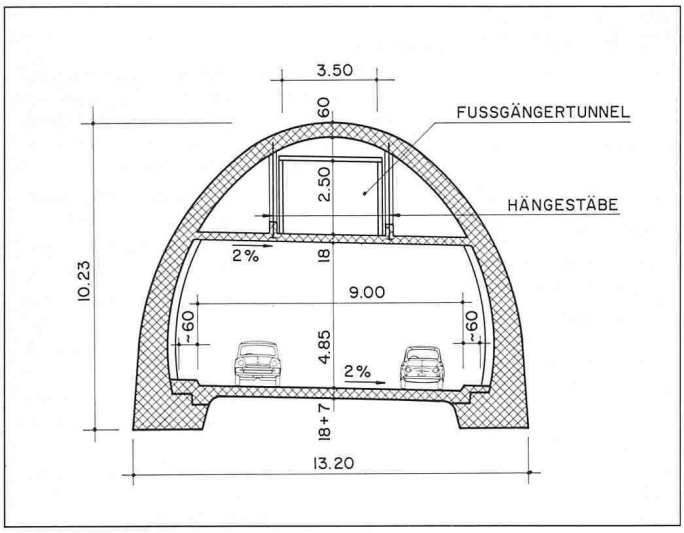


Bild 1 (oben). Querschnitt des bergmännisch erstellten Teils des neuen Ulmbergtunnels

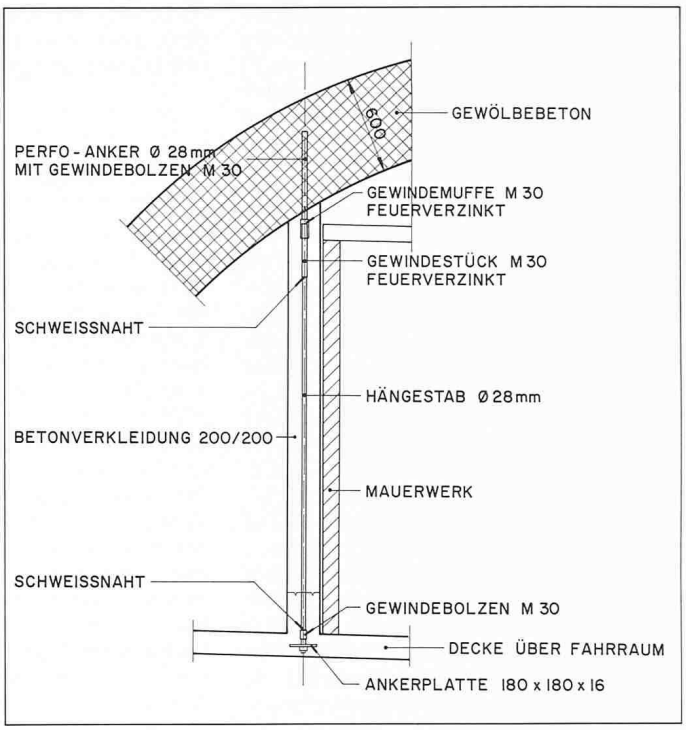


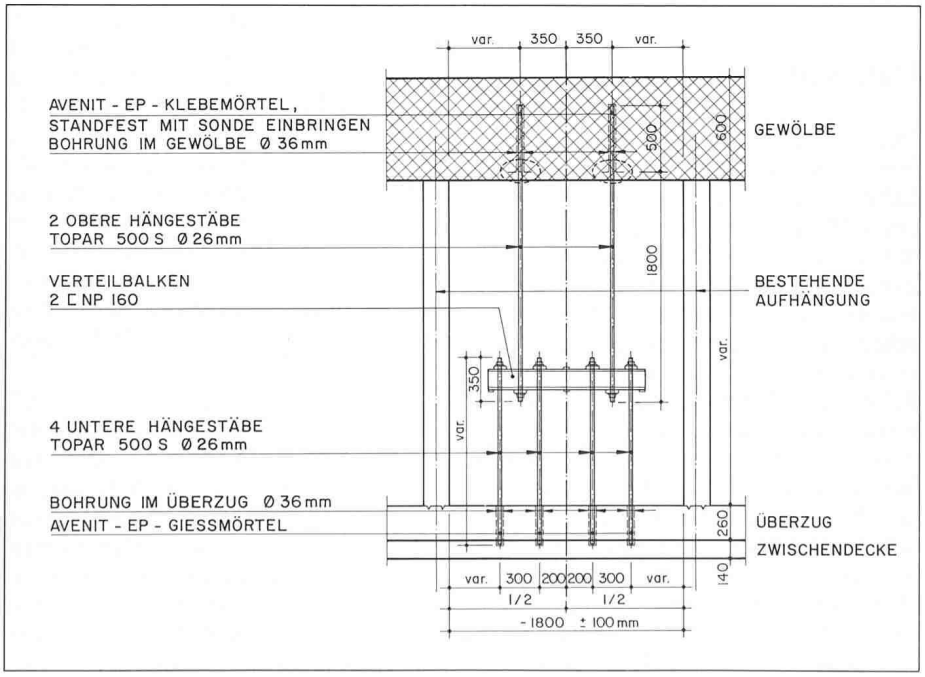
Bild 2 (rechts). Bestehende Hängekonstruktion (Querschnitt)

Anforderungen an die Sanierung

Ein Umbau oder eine Verstärkung der bestehenden Aufhängungen kommt aus konstruktiven und sicherheitstechnischen Gründen nicht in Frage. Es drängt sich der Einbau einer neuen Hängekonstruktion auf, welche folgende Anforderungen erfüllen soll:

- *Sicherheitskonzept*: Bei Ausfall einer Aufhängung muss das System eine vorgegebene, reduzierte Sicherheit aufweisen. Die Ausführung der Sanierungsmassnahmen hat so zu erfolgen, dass zuerst im Bereich der Dilatationsfugen (Sofortmassnahmen) und später die übrigen Aufhängungen (definitive Massnahmen) in Angriff genommen werden.
- *Kontrollierbarkeit*: Die Hängekonstruktion muss jederzeit in ihrer Gesamtheit auf ihren Zustand (Korrosion) überprüfbar sein.
- *Chlorhaltige Dämpfe*: Das Vorhandensein von Chloriden in der Umgebung der Hängestangen kann nicht ausgeschlossen werden. Das Auftreten von Loch- und Spannungsrisskorrosion, von welcher hochlegierte Stähle befallen werden, ist daher möglich. Aufgrund dieser Gegebenheit sowie aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ist daher unlegierter Stahl zu verwenden. Der Korrosionsschutz ist so vorzusehen, dass Fehlstellen bei der Kontrolle auffallen.
- *Verankerungen*: Die Tragfähigkeit der Verankerungen muss bei jeder einzelnen Aufhängung überprüfbar sein. Es sind Langzeitversuche (unter Last) über das Verhalten des Klebe- und Giessmörtels der Verankerungen durchzuführen.
- *Montage und Toleranzen*: Die Montage soll sich auf einfache Tätigkeiten beschränken. Die Konstruktion muss in der Werkstatt vorbereitet werden können. Durch Bohrarbeiten für die Verankerungen bedingte Ungenauigkeiten müssen durch Zwischenglieder ausgeglichen werden können. Die Schwachstellen der bestehenden Hängekonstruktion sind zu berücksichtigen.

Bild 3. Neue Hängekonstruktion (Längsschnitt)



Projekt

Die neue Hängekonstruktion wurde ohne Berücksichtigung von Tragreserven der vorhandenen Hängekonstruktion projektiert. Zahlreiche Varianten wurden ausgearbeitet und evaluiert. Sämtliche «Einstablösungen» wurden ausgeschlossen, da die nicht vermeidbaren Bohr- und Versetzungenauigkeiten eine einwandfreie Kupplung nicht gewährleisten konnten.

Eine Aufteilung der Verankerungskräfte auf mehrere Stäbe ist infolge der be-

grenzten Verankerungslängen im Tunnelgewölbe und im Längsüberzug der Decke über dem Fahrraum erforderlich. Der Sicherheitsfaktor für die Verankerungen wurde mit 3,0 angenommen.

Zur Ausführung kam die nachfolgend dargestelle Lösung, welche die verlangten «Anforderungen an die Sanierung» erfüllt (vgl. Bild 3 und 4).

Die 4 unteren Hängestäbe übertragen die Zwischendeckenbelastung über einen Verteilbalken auf 2 obere Stäbe. Die Vorteile dieser Konstruktion sind:

- Anpassungsfähigkeit an örtliche Gegebenheiten wie elektrische Verteilkasten, Fugen und vorhandene Armierung
- Bohr- und Versetzungenauigkeiten können in gewissen Grenzen vom Verteilbalken ausgeglichen werden
- Gute Zugänglichkeit und Kontrollierbarkeit
- Spätere Überprüfbarkeit der Verankerungen resp. des Klebe- und Giessmörtels sowie evtl. Ersetzbarkeit.

Als Korrosionsschutz wurde für sämtliche Stahlteile eine Feuerverzinkung von 80 µm und ein zusätzlicher Deckschichtanstrich von 60 µm vorgesehen. Dieses Duplexverfahren soll einen Rostschutz von mindestens 50 Jahren gewährleisten, während die Addition der einzelnen Massnahmen lediglich einen Schutz von 30 Jahren ergibt.

Die neue Hängekonstruktion ist eine vorsorgliche Massnahme und wird erst beansprucht, wenn eine oder mehrere alte Aufhängungen teilweise oder vollständig ausfallen sollten.

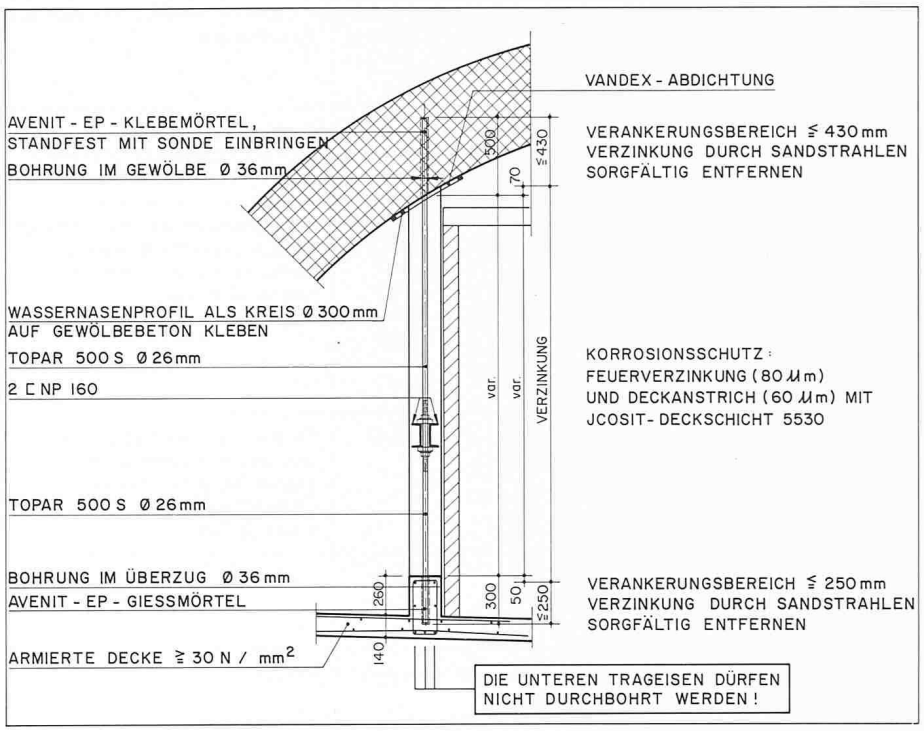


Bild 4. Neue Hängekonstruktion (Querschnitt)

Bauvorgang

Die Arbeiten konnten am Tag ohne Behinderung des Verkehrs durchgeführt werden.

Bohren der Ankerlöcher

Die Ankerlöcher mit einem Durchmesser von 36 mm im armierten Beton wurden mittels Kernbohrverfahren erstellt; im Überzug 0,35 m, im Gewölbe 0,50 m tief. Das Bohrloch wurde mittels Wasserspülung und Sauger gereinigt.

Nässende oder wasserführende Bohrlöcher im Gewölbeteil sind durch Verpressungsinjektionen abgedichtet und anschliessend neu ausgebohrt worden.

Kunstharz-Mörtelarbeiten

Als Verbindungsmittel zwischen Beton und Hängestangen wurde ein alterungsbeständiger und schwindfreier Kunstharzmörtel verwendet. Zur Anwendung gelangte ein Avenit EP-Giessharz- und Klebemörtel. Aus technischen Gründen – zwecks Ausrichtung der Hängestangen in die Senkrechte – mussten pro Feld die oberen und unteren Ankerlöcher unmittelbar nacheinander verfüllt werden.

Nach der Abbinde- bzw. Erhärtungszeit von 12 bis 24 Stunden und Aussentemperaturen nicht unter 5 °C konnten die Klemmträger entfernt und die definitiven Lastverteilträger eingebaut werden.

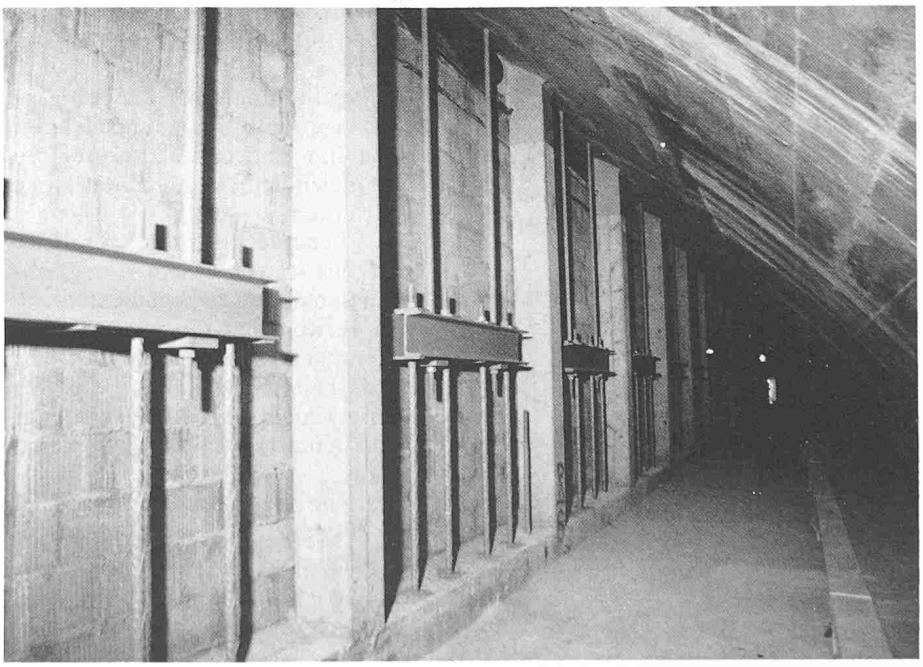
Einbau der Hängestangen

Alle Hängestangen – Topar 500 S, Durchmesser 26 mm – sind mit vollem Korrosionsschutz, d.h. Feuerverzinkung und Schutzanstrich (im Verankerungsbereich durch Sandstrahlen entfernt) auf die Baustelle geliefert worden.

Abdichtung um obere Hängestangen

Alle oberen Hängestangen wurden vor zufliessendem Wasser an der Gewölbe-Betonoberfläche geschützt. Hiezu wurde ein Wassernasenprofil auf die Beton-

Bild 5. Ansicht der alten und neuen Hängekonstruktion



Gefahrenstellen (vgl. Bild 2)	*Ausführung*	*Gefahr*	*Risiko*	*Bemerkungen*
Verankerung im Tunnelgewölbe	Perfoanker	Schlechte Verfüllqualität, Korrosion	gross	Die Perfoanker weisen eine kurze Verankerungsstrecke in teilweise wasserdurchlässigem Beton auf.
Übergang Gewölbe/ Betonsäule	Anbetoniert	Dehnungsspalt, Korrosion	erhöht	Die Hängestäbe sind im Übergangsbereich Gewölbe/Betonsäule (insbesondere bei Wasserzutritt) korrosionsanfällig.
Anschluss Perfoanker/ Hängestäbe	Gewindemuffe	Korrosion	klein	
Hängestab	Stumpfschweissungen	Qualitätsmangel	erhöht	Oben und unten am Hängestab sind Gewindebolzen stumpf angeschweisst. Der Zustand dieser Schweissnähte ist nicht kontrollierbar.
Verankerung in Decke über Fahrraum	Ankerplatte	Karbonatisierung/ Korrosion	erhöht	

Tabelle 1. Gefahrenstellen und Risikobeurteilung der bestehenden Konstruktion

Tabelle 2. Prüfprogramm zur Überwachung des Langzeitverhaltens der Verankerungen

Versuchsanker	*Anzahl*		*Erläuterungen*
	Gewölbe (oben)	*Längsüberzug*	
Versuchsanker (belastet mit Gebrauchslast) mit Kraftmessdose	4	-	Einzige Anker, die mit Sicherheit während der ganzen Versuchszeit unter Gebrauchslast stehen.
Ausziehversuch nach 0 Jahren	3	3	Die Versuchsanker werden im armierten Gewölbebereich angebracht, um Gefügeschäden im Beton beim Herausziehen der Anker zu verhindern.
Ausziehversuch nach 2 Jahren	3	-	
Ausziehversuch nach 5 Jahren	3	-	
Ausziehversuch nach 10 Jahren	3	3	
Reserve	4	8	
	20	14	Total 34

oberfläche mit Durchmesser von 0,30 m rings um den Hängestab aufgeklebt.

Kontrollen und Prüfprogramm

Die Kontrollen erstreckten sich auf das Material (Hängestangen, Giessharz) sowie auf die einwandfreie Ausführung. Ein Prüfprogramm dient der Überwachung des Langzeitverhaltens der Verankerungen.

Angeordnete Kontrollen

- Während den Arbeiten im kritischen Bereich der Dilatationsfugen sind die benachbarten vorhandenen Aufhängungen auf Rissbildungen zu kontrollieren.
- Die Profilierung sowie die Festigkeit (Zufallsprobe) der angelieferten Hängestangen ist zu überprüfen, um eine gleichbleibende Qualität zu gewährleisten.
- Die Feuerverzinkung sämtlicher Stahlteile ist von einem Korrosionsschutzfachmann zu begutachten.
- Vom verwendeten Giessharz der Verankerungen sind jeweils nach grösseren Arbeitsunterbrüchen je 3 Versuchsprismen zur Feststellung der erforderlichen Druckfestigkeit herzustellen.
- Sämtliche Verankerungen sind nach dem Einbau mit der 1,3fachen Gebrauchslast zu überprüfen.
- Die Hängestangen sind beim Einbau auf Vertikalität zu prüfen.

Überwachungs- und Prüfprogramm für Unterhalt

- Die bestehende Hängekonstruktion (Säulen) ist periodisch auf Rissbildungen, insbesondere im Übergangsbereich Gewölbe/Betonsäulen, zu überwachen. Risse würden bedeuten, dass sich die Lasten auf die neuen Hängestangen übertragen haben.
- Sämtliche Stahlteile sind periodisch auf Korrosion zu überprüfen. Schadstellen sind umgehend auszubessern.
- Das Langzeitverhalten der Verankerungen wird mit speziellen Versuchsankern überprüft (vgl. Tabelle 2).

Zusammenfassung

Aufgrund einer Risikoanalyse für die Aufhängung der Fussgängerpassage und Zwischendecke im neuen Ulmbergtunnel wird festgestellt, dass für gewisse Konstruktionsteile die erforderliche Sicherheit und Dauerhaftigkeit nicht nachgewiesen werden kann. Aus Sicherheitsgründen ist der Einbau einer zusätzlichen Hängekonstruktion erforderlich. Im vorliegenden Beitrag werden die Risikobeurteilung, die Anforderungen an die neue Konstruktion sowie das Projekt und Prüfprogramm erläutert.

Adressen der Verfasser: *F. Hirt*, dipl. Ing. ETH/SIA, Hauptabteilung Bauausführung, Tiefbauamt der Stadt Zürich; *A. Merk*, Ing. HTL/SIA, Ingenieurbüro Heierli AG, 8033 Zürich; *P. Jolissaint*, dipl. Ing. ETH, Ingenieurbüro AG Conrad Zschokke, 8045 Zürich.

Bauherr	Stadt Zürich
Oberbauleitung	Tiefbauamt der Stadt Zürich
Technische Begutachtung	Ingenieurbüro Heierli AG, Zürich
Projekt und örtliche Bauleitung	Ingenieurbüro AG Conrad Zschokke, Zürich
Bauausführung	Stump Bohr AG, Zürich Stahlton AG, Zürich
Korrosionsschutzberatung	Büro SCE, Hombrechtikon