

Erfahrungen aus den Niederlanden

J.S.Leendertz, C.den Besten, F. van Dooren, H.Sliedrecht, J. de Vries

Bouwdienst Rijkswaterstaat

Niederlande

A Inspektionstechniken bei orthotropen Stahlfahrbahnen

1. Visuelle Inspektion

Methode

Die visuelle Beurteilung wird meistens als erste Kontrolle nach einem Schweißprozess verwendet. Dabei werden die Schweißenden angeschaut, ob die Schweißnaht keine Porosität und Risse aufweist und wie die Ränder aussehen. Diese Methode wird verwendet, um einen ersten Eindruck und zu gewinnen welche NDT-Methoden benötigt werden. Auch können die Ergebnisse verwendet werden, um einen festgestellten Riss so lange zu beobachten bis zum Zeitpunkt zu dem eine Reparatur durchgeführt werden muss.

Anwendungsbereich

Die Visuelle Inspektion zeigt Fehler und Verformungen der Oberflächen. Natürlich sind grobe Fehler wie Risse und Bruch besser mit einem Vergrößerungsglas zu finden. Sie kann sowohl mit als auch ohne Korrosionsschutz ausgeführt werden.

2. Magnetische Inspektion (Slofec)

Methode

Bei einer magnetischen Inspektion wird der zu untersuchende Bereich auf elektrischem Wege magnetisiert. Bei dieser Methode wird in einer Flüssigkeit aufgelöste Eisenspäne verwendet, um die Linien in einem Magnetfeld wider zu erhalten. Die Oberflächen werden zuerst weiß angemalt. Wenn die Farbe trocken ist werden die Pole eines Magnets (lotrecht auf den vermuteten Riss) aufgestellt. Die Eisenspäne wird sich beim Riss konzentrieren um die Magnetlinien zu "reparieren". Diese Überbrückung zeichnet sich scharf vor dem weißen Hintergrund ab. Die Methode ist in Bild 1 dargestellt.

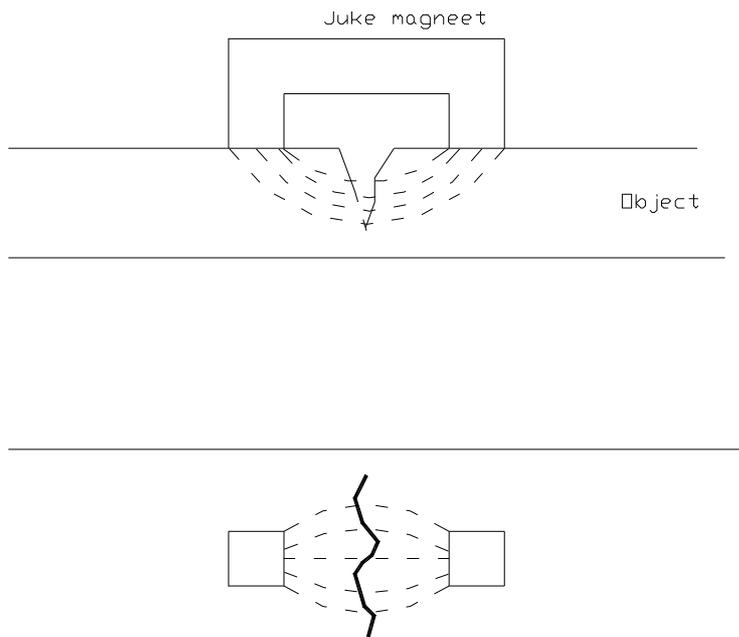


Bild 1: Schematische Darstellung magnetische Untersuchung

Aufleuchtende Partikel können hinzugefügt werden, damit auch in einer dunklen Situation untersucht werden kann. Nachteilig ist die Auslösung von ungefilterten UV.

Anwendungsbereich

Magnetische Untersuchungen zeigen Oberflächenfehler. Die Methode kann nur auf magnetisierbaren Materialien angewandt werden d. h. ohne Korrosionsschutz und Aluminium, Kupfer, Nickel und ihren Legierungen.

3. Farbeindringprüfung

Methode

Diese Methode beruht auf der kapillaren Wirkung von Flüssigkeiten. Eine farbige Flüssigkeit wird auf die zu inspizierende Oberfläche gespritzt. Diese Flüssigkeit ist geeignet um Oberflächenfehler zu füllen. Nach einiger Zeit wird die Flüssigkeit entfernt und es wird eine Entwicklungsflüssigkeit aufgespritzt, die die zurückgebliebene farbige Flüssigkeit aufsaugt und bei den Unvollkommenheiten entstehen Abzeichnungen, siehe Bild 2.

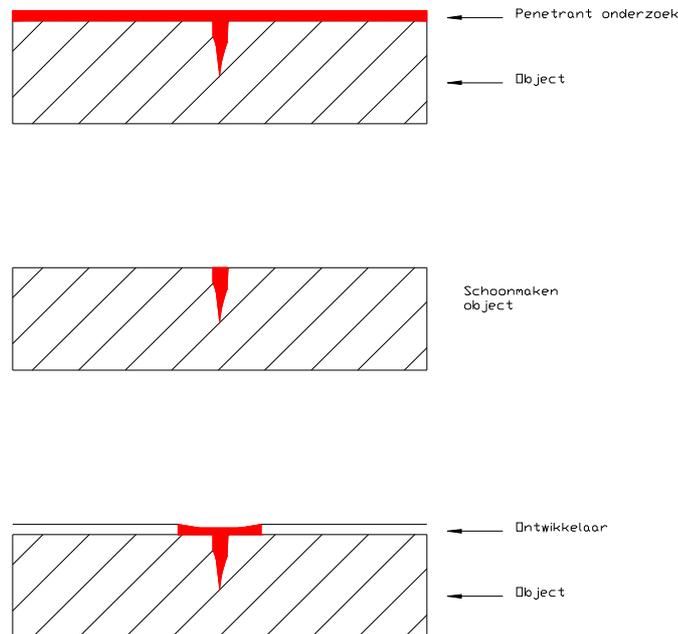


Bild 2: Schematische Darstellung Farbeindringprüfung

Als Alternative zu der farbigen Flüssigkeit könnte auch eine aufleuchtende Flüssigkeit verwendet werden.

Anwendungsbereich

Es werden Oberflächenfehler und innere Fehler identifiziert, die eine offene Verbindung mit der Oberfläche haben. Nur anwendbar ohne Korrosionsschutz. Oberflächenunregelmäßigkeiten und Rauheit können zu nicht-relevanten Ergebnissen führen.

4. Ultraschallprüfung (US)

Methode

Diese Methode beruht auf der Geräuschfortpflanzung mit einer hohen Frequenz (zwischen 0,25 und 25 MHz) in Materialien wie Metall, Kunststoff und Beton mit einer Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom Material.

Es werden Taster mit einem Piezoelement als Kern verwendet, der elektrische Impulse in mechanische Schwingungen umsetzt (Ultraschall Frequenzen) und umgekehrt auch empfängt. Aus der Zeit zwischen Senden und Empfangen kann der zurückgelegte Weg berechnet werden. Siehe auch Bild 3.

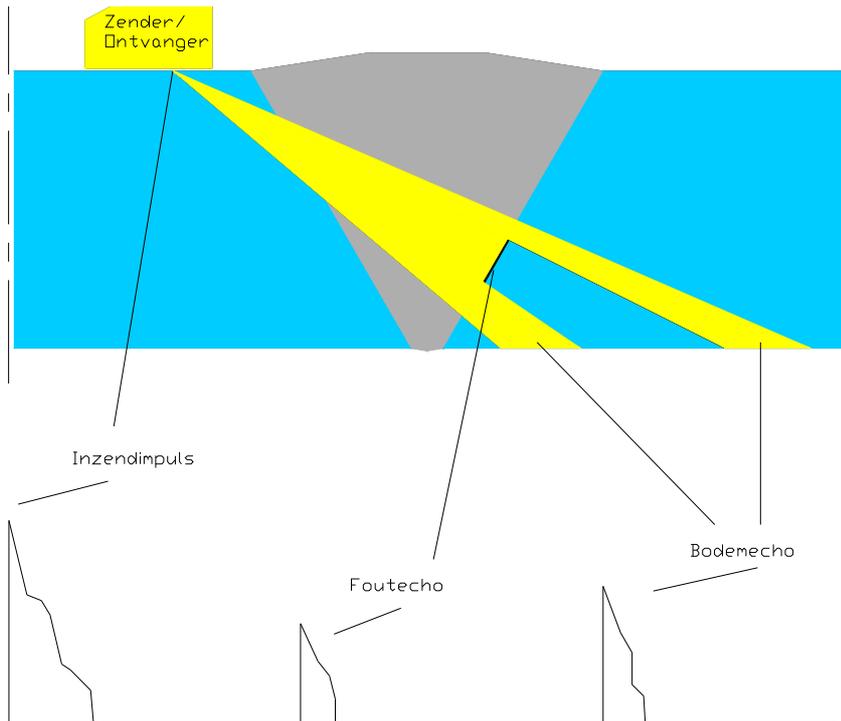


Bild 3: Ultraschallsignale

Bild 3 zeigt dass ein Geräusch, das auf einen Fehler stößt, einen kürzeren Weg zurücklegt als ein Geräusch das bis zur Unterseite des Materials geht. Damit wird das Geräusch, das auf den Fehler trifft, früher empfangen als das ungestörte Geräusch.

Anwendungsbereich

Mit dieser Methode können sowohl 3D als auch 2D Fehler unter der Oberfläche sowie Risse gefunden werden. Die Höhe des Fehlers kann aus den Inspektionsergebnissen berechnet werden.

Diese Methode wird am besten auf einer gebürsteten oder gestrahlten Oberfläche angewandt. Sie kann auch bei einer Korrosionsschutzschicht verwendet werden, wenn diese nicht zu stark dämpft. Die Rauheit hat einen großen Einfluss. Die Methode kann bei allen Materialien eingesetzt werden.

5. Time of Flight Diffraction (TOFD)

Methode

Diese Methode beruht auf den Diffraktionseffekt bei Anstrahlen von Fehlern.

Zwei Taster werden jede an einer Seite der zu untersuchen Schweißnaht positioniert. Der eine sendet Ultraschallimpulse, der andere empfängt. Bei TOFD wird die Streuung von Ultraschall bei den Begrenzungen von den Fehlern wahrgenommen. Weil die Streuung in alle Richtungen statt

findet ist die Richtung vom Defekt nicht spürbar. Bild 4 zeigt TOFD schematisch und Bild 5 zeigt die Signale.

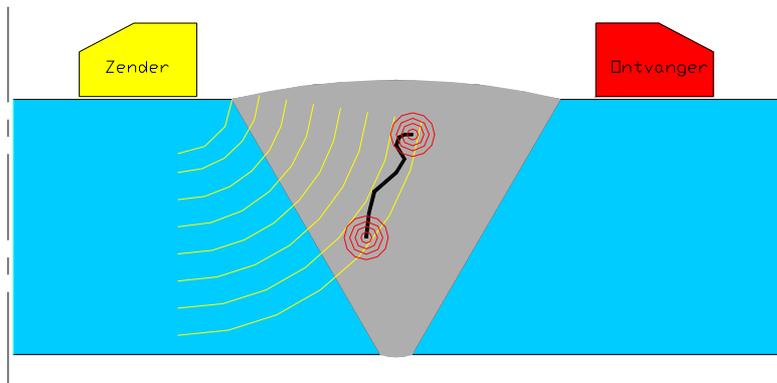


Bild 4: TOFD Sender und Empfänger

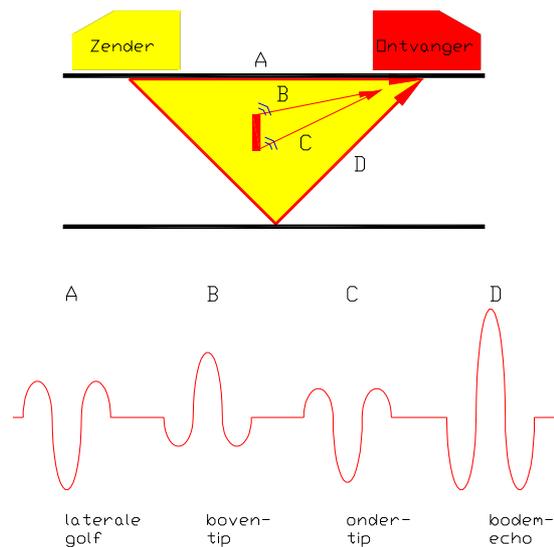


Bild 5, Signale

Am Zeitverlauf zwischen Senden und Empfangen und der gestreuten Signale kann die Position der Ober- und Unterseite des Defekts bestimmt werden

Anwendungsbereich

TOFD kann Risse unter der Oberfläche finden und ihre Tiefe lokalisieren. Die Richtung wird nicht bestimmt. Die Oberfläche muss sauber sein vorzugsweise gestrahlt, damit eine maximale Signalübertragung statt findet und nicht relevante Wahrnehmungen soviel wie möglich ausgeschlossen werden. TOFD kann auf jedem Material verwendet werden, aber die Taster müssen für das betroffene Material kalibriert und geeicht sein.

6. Radiographische Untersuchung

Methode

Bei dieser Methode beleuchtet Strahlung aus einem Röntgenelement oder Isotop durch ein Material eine empfindliche Platte. Meistens wird versucht mit der Strahlungsquelle die zu untersuchende Stelle lotrecht zu beleuchten. Dabei ist wegen der Genauigkeit der minimale Abstand im Bezug der Unschärfe zu beachten Diese wird bei Röntgenelemente angedeutet mit f.f.d (focus film distance) und bei Isotopen mit s.f.d (source film distance).

Die Strahlung wird teilweise vom durchstrahlten Material absorbiert, abhängig von Materialtyp und Dicke. Die restliche Strahlung beleuchtet den Film. Bei Entwickeln des Films erhält man also einen Eindruck von den Defekten. Bild 6 zeigt eine mögliche Konfiguration.

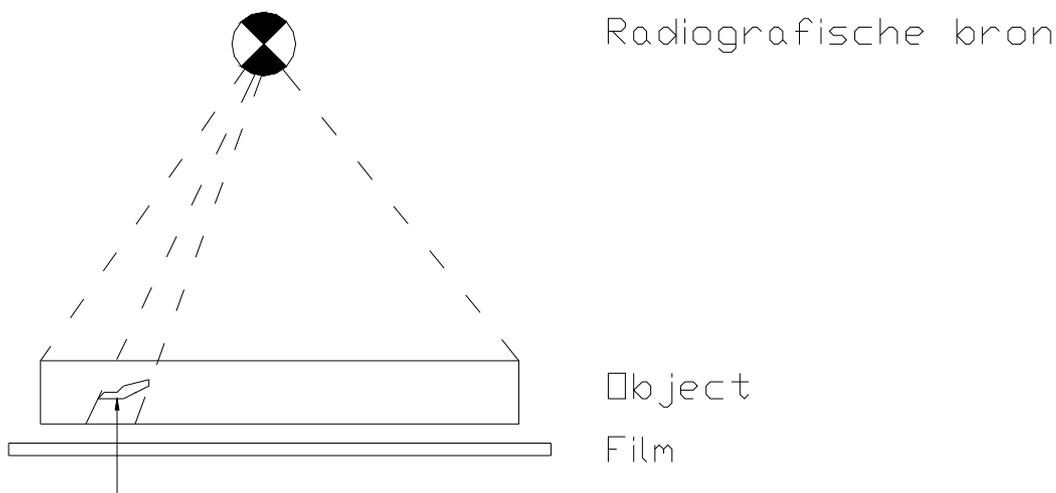


Bild 6: Radiographische Aufstellung

Einige Eigenschaften der radiographischen Methode:

- Unsichtbar
- Strahlungsgeschwindigkeit ist gleich der Lichtgeschwindigkeit
- Strahlung geht durch fast alle Materialien
- Strahlung wirkt ionisierend
- Strahlung ist eine Bedrohung lebendige Zellen

Anwendungsbereich

Mit der radiographischen Untersuchung werden 3D Fehler unter der Oberfläche gefunden. Abhängig von der Anstrahlrichtung können auch 2D Fehler gefunden werden, Für eine bessere Interpretation muss die Oberfläche im Vorfeld inspiziert werden. Die Radiografische Untersuchung wird meistens bei Stahl verwendet, kann aber auch für Beton und sogar Kunststoff angewandt werden.

7. Wirbelstromverfahren

Methode

Diese Methode beruht auf der induktiven Kupplung d. h. der gegenseitigen Beeinflussung zwischen „Spule“ und eines in ihrer Nähe beweglichen Elements.

Durch die Spule wird ein Wechselstrom geleitet, der in der Spule ein magnetisches Feld verursacht. Wenn diese Spule in der Nähe von einem elektrisch leitenden Material gebracht wird, wird ein Strom erzeugt: Induktionsstrom. Diese Induktion wird das wechselnde magnetische Feld in der Spule beeinflussen. Dieser Einfluss an der Spule ist messbar, weil sich der Widerstand ändert, die so genannte „Impedantion“. Sie kann von einem Messsystem wiedergegeben werden. Ursachen können sein:

- Änderung der Durchlässigkeit des Materials
- Änderung der magnetischen Eigenschaften
- Änderung der Materialstärke
- Ein Riss an der Oberfläche oder nahe an der Oberfläche im Material
- Änderung der Dicke der Korrosionsschutzschicht

Bild 7 zeigt die Funktionsweise der Methode.

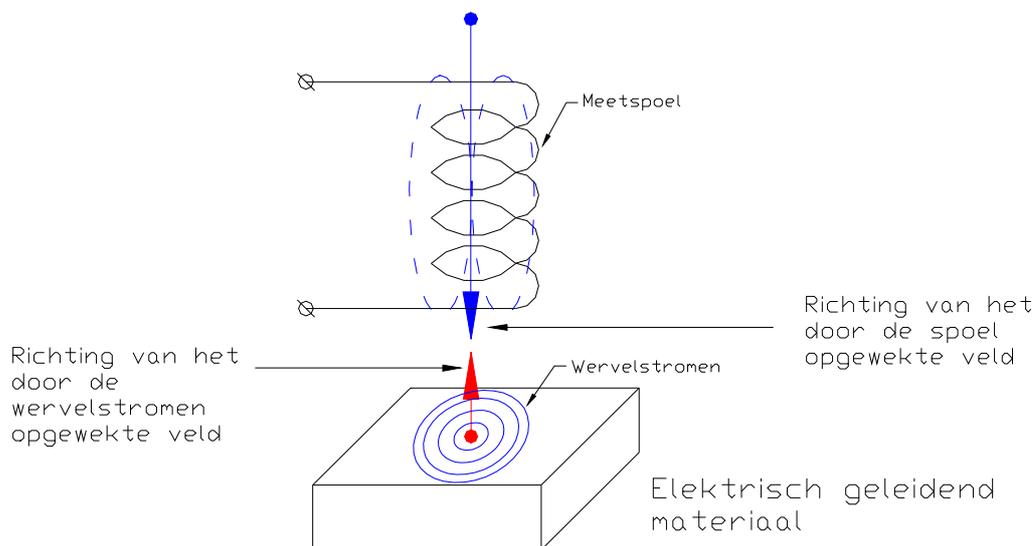


Bild 7: Wirbelstromverfahren mit einer Oberflächenspule

Anwendungsbereich

Mit dem Wirbelstromverfahren können Fehler, Gasblasen, eingeschlossene Fremdkörper auf und meistens nahe an der Oberfläche gezeigt werden, wenn diese Störstellen minimal die Größe des Spulendurchmessers haben. Die Tiefe ist abhängig vom „Skin Effekt“ der verwendeten Frequenz. Die Methode ist auch bei der Analyse von mechanischen Eigenschaften, Strukturen und chemische Zusammensetzungen geeignet.

Die zu untersuchenden Oberflächen müssen entmagnetisiert sein. Kenntnis der Konstruktion ist notwendig für eine gute Interpretation der Signale. Die Methode kann bei jedem Elektrizität leitendem Material verwendet werden. Magnetische Materialien brauchen eine spezielle Fürsorge damit die Eigenschaft die Messung nicht beeinflusst wird.

8. In der Praxis eingesetzte Methoden

- Visuell
- TOFD
- US
- Slofec

Seit Moerdijkbrücke:

- Wirbelstrom

High Strength Fibre Concrete Overlay” Moerdijkbrücke

Die Moerdijkbrücke über das “Hollands Diep” bei Moerdijk im Zuge der Autobahn A16 von Rotterdam (NL) nach Antwerpen ist eine der meist befahrenen Brücken in den Niederlanden und der Verkehr steigt noch immer an. Bild 1 zeigt das Verkehrsaufkommen in zwei Richtungen, als Vergleich ist auch die Brienoordbrücke bei Rotterdam abgebildet. Etwa 15 % sind LKW.

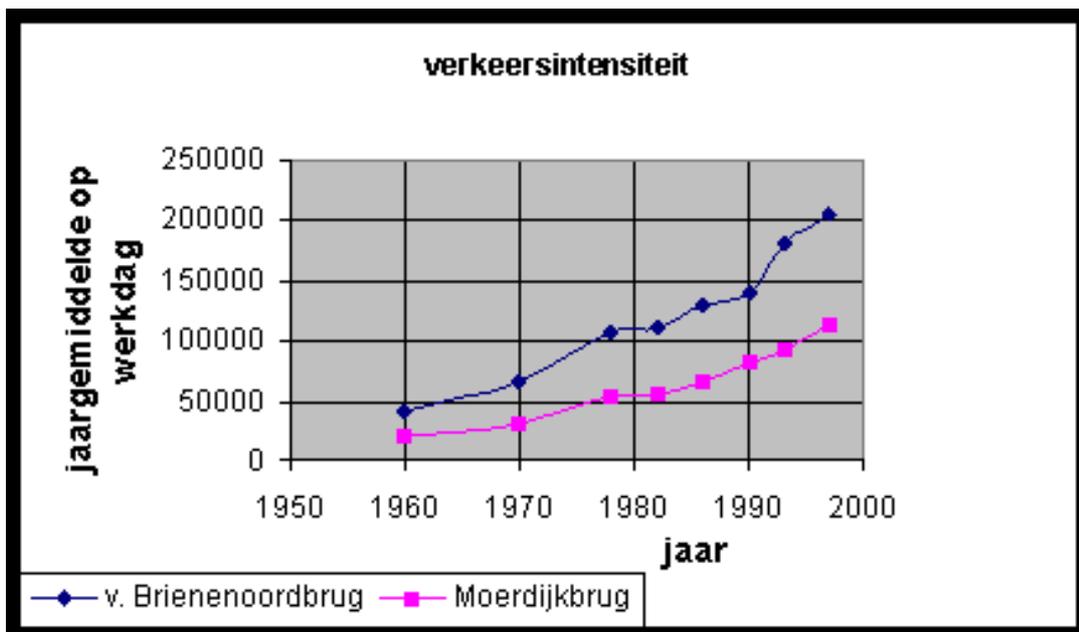


Bild 1: Verkehrsaufkommen bei Moerdijk und Rotterdam

Die Brücke besteht aus 10 Brücken teile von 100 m, jedes teil ist statisch gelagert. Ihre Breite ist 42.9 m. Die Autobahn hat drei Fahrstreifen mit einer Standspur in jede Richtung.

Bild 2 und 3 zeigen die Brücke von oben und unten. Bild 4 zeigt einen Querschnitt.



Bild 2: Moerdijkbrücke von oben



Bild 3: Moerdijkbrücke von unten

Die Brücke ist ein geschlossener zweizeiliger Kastenträger mit einer orthotropen Fahrbahn.

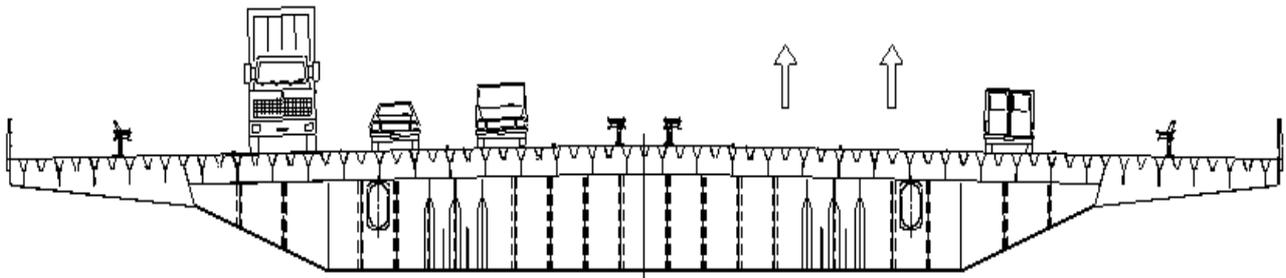


Bild 4: Querschnitt

In früheren Projekten wurden die Längsschweissnahten ausgebessert.

In dem Projekt von 2005 – 2006 und 2007 – 2008 wurde die Gussasphaltschicht durch einen bewehrten hochfesten Stahlfaserbeton ersetzt.

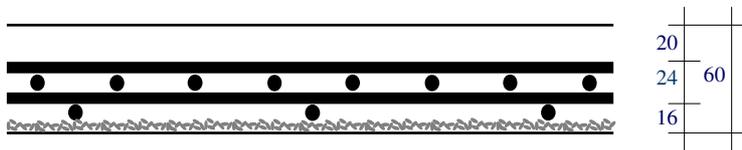


Bild 5: Querschnitt



Bild 6: Draufsicht

Aufbau 2005 – 2006:

Hochfester Stahlfaserbeton:

- B 105
- Dicke etwa 50 mm
- 3 Schichte Bewehrung \varnothing 8 – 50 [mm]
- Abstandelemente \varnothing 8 - 500
- Epoxy-slurryschicht auf Stahloberfläche

Mit dem System wie verwendet bei der Calandbrücke in 2003 werden die Spannungen im Deckblech und in der Trogge mit einem Faktor 4 bis 5 reduziert.

Aber bei der Moerdijkbrücke Ostseite (2005 – 2006) traten die folgenden

Probleme auf:

- Mischungsverhältnis nicht in Ordnung
- Viskosität (zu dick)
- Schichtdickenverlauf 45 – 100 mm
- Unebenheiten
- Rutschfestigkeit bei Regen

Lösungen:

- Rollmatten
- Größere Betondicken > 55 mm
- Bewehrung 2 x $\varnothing 12 - 75$ und $\varnothing 8 - 50$
- Kleinere Betondicken < 55 mm
- Bewehrung $\varnothing 12 - 75$ und $\varnothing 8 - 50$
- Abstandelemente $\varnothing 8 - 500$
- Überhöhungen von 5 mm werden nachträglich mechanisch abgearbeitet
- Mobile Betonzentrale
- Epoxy Verschleißschicht

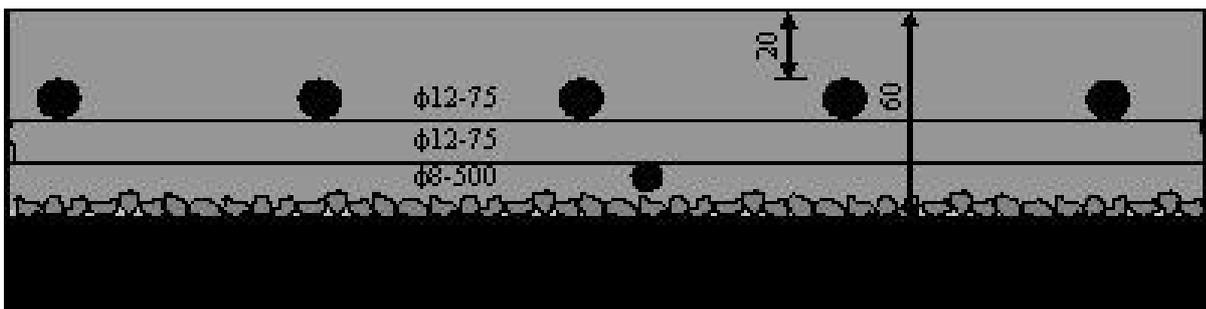


Bild 6: Verbessertes Aufbau Moerdijkbrücke 2007 - 2008

Schlussfolgerungen:

- Hochfester Stahlfaserbeton ist eine gute Lösung um Ermüdung zu überwinden
- Die Ausführungsmethode ist empfindlich für kleine Abweichungen