

DMS-Installation im Betonbau

Einführung

Die DMS-Installation auf Betonstrukturen stellt den Messtechniker vor einige außergewöhnliche Herausforderungen, egal ob es um Messungen auf der Betonoberfläche, im Beton selbst oder auf Moniereisen im Beton geht. Es sind z. B. besondere Vorbereitungen erforderlich, um sicher zu stellen, dass die Dehnungen von der irregulären Oberfläche des Betons in Gänze in den DMS übertragen werden; und wenn DMS auf Moniereisen installiert werden, müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, um den DMS vor mechanischer Zerstörung während des Betongießens zu schützen und vor den späteren Einwirkungen feindlicher Umgebungsbedingungen im Beton. Dieses Instruktions Bulletin gibt Empfehlungen zur Auswahl der DMS, der Messkabel, der Schutzabdeckmittel sowie für die Installationsmaßnahmen unter den Bedingungen im Betonbau. Die erwähnten Mittel zur Oberflächenvorbereitung und zur DMS-Installation sind im Katalog A-110 *DMS-Zubehör* von Vishay Micro-Measurements detailliert beschrieben.

DMS-Installation auf Beton und anderen irregulären Oberflächen

DMS können auf die Oberfläche von so gut wie allen festen Körpern geklebt werden - einschließlich Beton - wenn die infrage stehende Oberfläche dafür in der richtigen Weise vorbereitet ist. Bei glatten, unporösen Flächen sind lediglich die grundsätzlichen Vorbereitungsschritte erforderlich: Entfetten mit Lösungsmittel, Schmirgeln, Anzeichnen der Installationsposition und das Einstellen des benötigten pH-Werts der Oberflächen mit Conditioner A und Neutralizer 5A. Bei Beton oder anderen unregelmäßigen, rauen und porösen Oberflächen kommt ein weiterer Arbeitsschritt hinzu, um Unregelmäßigkeiten aufzufüllen und Poren versiegelnd zu schließen, bevor der DMS geklebt wird.

Entfetten

Die Oberfläche wird mit einer Bürste und einem milden Reinigungsmittel abgewaschen, um sie von allem Fremdmaterial zu reinigen. Sind Öl- oder Fettverschmutzungen vorhanden, müssen diese mit einem Entfettungsmittel wie CSM-2 entfernt werden. Unregelmäßigkeiten der Oberfläche werden mit einer Drahtbürste oder einem Abstrahl- oder Schleifgerät abgetragen. Danach werden entstandenes Betonbrösel und Schleifstaub sorgfältig weggeblasen oder weggebürstet.



Abb. 1 - Konditionieren der Oberfläche für die DMS-Installation

Konditionierung

Auf den Oberflächenbereich der DMS-Position und darum herum eine großzügige Menge *M-Prep Conditioner A*, einer schwachen Säurelösung, aufbringen und mit einer steifen Bürste schrubben. Verschmutzten Conditioner A mit Reinigungspapier oder Gazetupfer aufnehmen. Danach den Bereich mit sauberem Wasser gut abspülen. Jetzt den Säuregrad der Oberfläche reduzieren, indem man sie mit *M-Prep Neutralizer 5A* abschrubbt. Mit Reinigungspapier oder Gazetupfer abtupfen und mit Wasser abspülen. Die Oberfläche sorgfältig trocknen. Das Trocknen kann mit einem Heißluftgebläse oder einer Gasflamme beschleunigt werden.

Füllen und Versiegeln

Das Aufbringen eines Klebers mit 100% Feststoffanteilen auf den Installationsbereich ergibt eine passende Oberfläche für die DMS-Klebung (Abb. 2). Für Messungen, bei denen die Versuchstemperatur 95°C nicht übersteigt, wird dafür in der Regel *M-Bond AE-10* eingesetzt. Für höhere Temperaturen ist *M-Bond GA61* empfohlen. Die Kleber müssen gut in die Oberfläche eingearbeitet werden, um sie wirksam zu versiegeln, und Unregelmäßigkeiten der Oberfläche mit dem Kleber so gefüllt werden, dass eine ebene, glatte Installationsoberfläche entsteht. Wenn der Kleber ausgehärtet ist, wird die Oberfläche mit 320-Schmirgelpapier abgeschmirgelt, gerade so weit, dass das Grundmaterial wieder zum Vorschein kommt. Werden zum DMS-Kleben niedrig viskose Kleber genommen wie z. B. *M-Bond 200*, darf das Grundmaterial nicht offen liegen.

DMS-Installation im Betonbau

Positionsmarkierung

Mit einem leeren Kugelschreiber oder einer metallischen Anreißnadel, die eine kugelförmige oder gerundete Spitze haben muss, die Positionsmarkierung für den DMS auf der Oberfläche anzeichnen. Beide genannten Werkzeuge werden die Oberfläche nicht verletzen, sondern lediglich einen Poliereffekt hervorrufen, der sichtbare Linien erzeugt. Dann mit Conditioner A und Neutralizer 5A abreiben und trocknen. Bei Bedarf können diese Linien in ihrer Verlängerung außerhalb der DMS-Klebefläche mit einem Farbmärkerstift hervorgehoben werden.

DMS-Kleben

Für das Kleben der DMS auf die so vorbereitete Oberfläche werden die normalen Prozeduren angewandt. Allerdings müssen einige spezielle Punkte beachtet werden. Zuerst einmal müssen DMS gewählt werden, deren aktive Gitterlänge mindestens 5 mal dem Durchmesser des Zuschlaggranulats entspricht. Das resultiert oft in Gitterlängen von 25mm oder mehr. DMS der Serie N2A oder der Serie EA mit gekapseltem Gitter (Opt. E) sind hier besonders zu empfehlen, da sie, auch bei größerer Länge, in ungeklebtem Zustand flach liegen und so unter diesen Umständen einfach handhabbar sind. Des weiteren ist die Klebung mit Schnellklebstoff wie z. B. M-Bond 200 nicht zu empfehlen, auch wenn die Versuchsbedingungen ihren Einsatz erlauben würden. Der Grund dafür ist, dass bei langen DMS ein akkurates Ausrichten und ein gleichmäßiger Anpressdruck während des Aushärtens schwierig sind. Langsamer härtende Klebern, z. B. M-Bond AE-10 (Abb. 3 und 4), erlauben Ausrichtungskorrekturen noch während des Aushärtens. Ebenso können entsprechende Anpressvorrichtungen eingesetzt werden, wie sie in dem Instruktions Bulletin TT-610 von Vishay Micro-Measurements beschrieben sind.

Löten

Beton und die als Füll- und Versiegelungsmaterial verwendeten Kleber sind relativ schlechte Wärmeleiter. Entsprechend muss man beim Löten von Anschlussdrähtchen direkt an die DMS-Anschlussfäden besondere Vorsicht walten lassen. Überhitzen der Anschlussfäden kann durch den Einsatz von DMS mit Option W (integrierte Lötstützpunkte) oder Option P (integrierte Messkabel, Abb. 5) ausgeschlossen werden.

Befolgt man diese Hinweise, steht der erfolgreichen Installation von DMS auf Beton oder ähnlichen festen Oberflächen nichts im Wege. Tauchen bei besonderen Anwendungen Fragen auf, stehen die Beratungsingenieure der Vishay Micro-Measurements gern zur Verfügung.



Abb. 2 - Füllen von Unregelmäßigkeiten der Oberfläche



Abb. 3 - Aufbringen des Klebers



Abb. 4 - Kleben

DMS-Installation im Betonbau

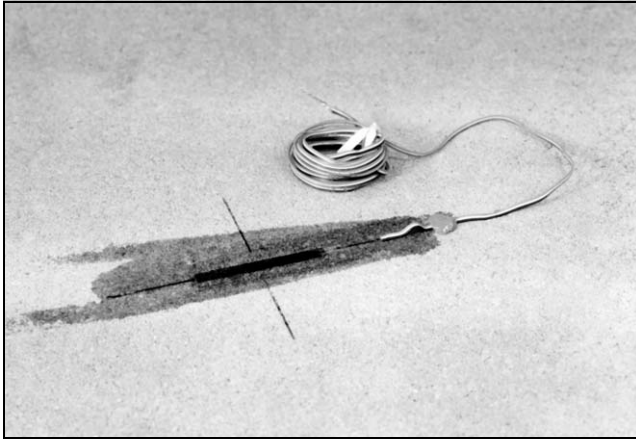


Abb. 5 - Fertige Installation, DMS Typ N2A-06-40CBY-120 mit Opt. P

Dehnungsmessungen im Beton

Einbettbare DMS der Serie EGP von Vishay Micro-Measurements sind speziell für das Messen mechanischer Dehnungen im Inneren von Betonstrukturen gedacht (Abb. 6). Das aktive Messgitter hat eine Länge von 100mm und ergibt so eine mittelwertbildende Überbrückung über das Zuschlaggranulat. Das Messgitter ist voll umschlossen von einer Kapselung aus Polymerbeton, womit eine enge Anpassung an die mechanischen Eigenschaften von typischen Betonsorten erzielt und der Sensor gleichzeitig vor mechanischer Schädigung und gegen Feuchtigkeit und korrosiven Attacken geschützt wird. DMS der Serie EGP sind mit einem 3m langen umhüllten 3-Leiter-Messkabel ausgerüstet. Damit ist ein unproblematisches Arbeiten an der Baustelle gewährleistet und Kompatibilität mit konventionellen Dehnungsmessinstrumenten gegeben.

DMS-Installation

Für die DMS selbst sind keinerlei Vorbereitungen erforderlich. Allerdings muss, wie bei geklebten oder aufgeschweißten DMS, Sorge getragen werden, dass sie während des Installationsprozesses sorgfältig entlang der Richtung der zu messenden Dehnung ausgerichtet werden. Der DMS muss in dieser Position dann gesichert und das Kabel in geeigneter Weise befestigt werden, bevor das Betongießen beginnt. Der einbettbare DMS muss ganz von Beton umschlossen sein, um eine vollkommene Dehnungsübertragung zu gewährleisten; wozu die ganz normalen Betongießtechniken hinreichend sind.



Abb. 6 - Einbettbarer DMS der Serie EGP

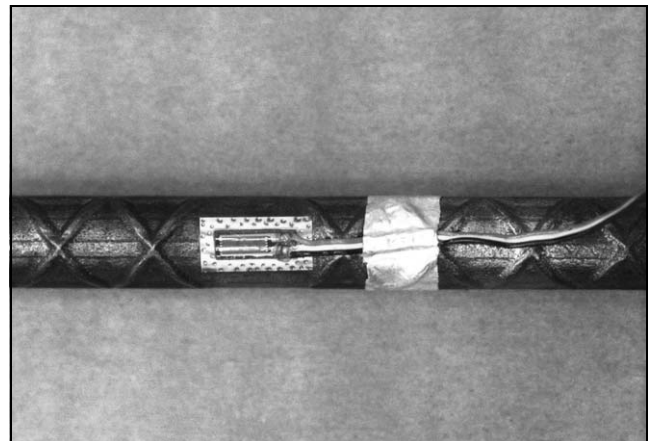


Abb. 7 - Ausschweißbarer DMS der Serie CEA

Kabelspleißen

Die DMS der Serie EGP sind bereits mit einem 3-Leiter-Messkabel von 3m Länge ausgerüstet. Das erlaubt ein Spleißen des Kabels außerhalb des Betons zur Weiterführung zum Instrument. Wenn gespleißt wird, müssen alle Verbindungsstellen gelötete und mit geeigneten Mitteln gegen Feuchtigkeit und anderen negativen Einflüssen gut geschützt werden (Schrumpfschlauch, etc.).

DMS-Installation im Betonbau

DMS-Installation auf Moniereisen

DMS-Installationen auf Beton-Moniereisenstangen folgen den gleichen allgemeinen Regeln wie sonstige Installationen auf Messobjekten aus Stahl. Die Moniereisen sind jedoch mechanischem Abrieb und einer feuchten, korrosiven Umgebung ausgesetzt, und es müssen deswegen die folgenden Punkte beachtet werden:

Oberflächenvorbereitung

1. Die Messstelle im Bereich der Installation auf eine Länge von mindestens 150mm mit CSM-2 Entfettungsmittel sorgfältig entfetten.
2. Die Stangenoberfläche im Bereich der Installation rundherum glatt schleifen. Eine glatte Länge von etwa 75mm ergibt eine hinreichende Fläche für die DMS-Installation und das Aufbringen der Schutzabdeckung. Nach dem Schleifen sollte eine effektive Rauigkeit von ca. 5µm entstanden sein.
3. Mit Conditioner A und SCP-1-Schmirgelpapier Körnung 220 nass abschmirgeln. Genügend Conditioner A benutzen, damit während des Schmirgelns nichts auf der Oberfläche trocknet.
4. Mit Reinigungspapier oder GSP-1-Gazetupfer trocknen und Schritt 3, diesmal mit Schmirgelpapier der Körnung 320 wiederholen.
5. Nach Abschluss von Schritt 4 sollte eine effektive Oberflächenrauigkeit von 1,5 bis 3,5µm entstanden sein.
6. DMS-Position und Orientierung anzeichnen.
7. Den Installationsbereich mit Conditioner A und einem Wattestäbchen (CSP-1) abreiben. Mit Reinigungspapier oder Gazetupfer abtrocknen.
8. Den ganzen Bereich mit Neutralizer 5A und Wattestäbchen gut abreiben; danach mit Reinigungspapier oder Gazetupfer abtrocknen. Diesem Vorgang muss große Sorgfalt gewidmet werden, damit wirklich alle mit Conditioner A behandelten Flächen (Schritte 3 bis 7) chemisch vollkommen neutralisiert werden.
9. Mit Klebeband (Cellophan PCT-2M oder Mylar® MJG-2) um die Installationsstelle herum eine Maske abkleben, womit der Bereich des um den DMS herum ausgequetschten Klebers definiert eingegrenzt und die vom Schutzabdeckmittel bedeckte Fläche in ihrer Größe entsprechend optimiert werden kann.

Kleberauswahl

Wenn Feldinstallationen einen Kleber erfordern, der bei Raumtemperatur aushärtet, ist M-Bond AE-10 eine gute Wahl. Der Kleber härtet bei 24°C in 6 Stunden aus. Abhängig von den Versuchsbedingungen können auch die Kleber M-Bond AE-15, M-Bond 600/610 oder M-Bond GA61 infrage. Bei ihrer Anwendung sollte man den beigegebenen Gebrauchsanweisungen folgen.

DMS-Auswahl

Ist der Durchmesser der Moniereisen 3mm oder größer, fällt die Wahl meistens auf DMS der Serie CEA. Wenn es um höchstmögliche Stabilität der Messstelle geht (z. B. bei Versuchszeiten von mehr als einem Jahr) und Moniereisen mit mehr als 6mm Durchmesser, sind DMS der Serie WK zu empfehlen. Sind aber die Installationsbedingungen für einen Klebeprozess ungünstig, können aufschweißbare DMS der Serie CEA oder LWK (Abb. 7) eingesetzt werden.

Elektrische Anschlüsse und Messkabel

Wird mit einem einzelnen DMS in Viertelbrückenschaltung gemessen, ist es auf jeden Fall gute Praxis auf eine 3-Leiterverdrahtung zurück zu greifen. DMS der Serien EA und CEA von Vishay Micro-Measurements können mit einem integrierten 3-Leiterkabel geliefert werden (Opt. P und PS). Damit fällt das Anbringen der DMS-Anschlüsse am Ort der Installation unter oftmals nicht idealen Bedingungen weg, und die Installationszeit wird beträchtlich reduziert.

Alternativ können nach dem Kleben Anschlussdrähtchen an die Anschlussfahnen der DMS angelötet werden. Kommen parallele oder verdrehte 3-Leiterkabel zum Einsatz, werden am Kabelende die drei Leiter auf eine Länge von ca. 25mm voneinander getrennt. Bei Teflon-Isolation, wird die Isolation mit Tetra-Etch behandelt, bei PVC-Isolation mit verdünntem M-Coat B. Beide Mittel dürfen nicht in das Innere der Leiter gelangen.

Danach lässt man das M-Coat B bei Raumtemperatur für mindestens 2 Stunden trocknen, und als nächster Schritt werden die Leiter thermisch abisoliert, die abisolierten Enden und die DMS-Anschlussfahnen vorverzinnt und die Leiter angelötete. Für die meisten derartiger Installationen werden mit dem Lötzinn 361A-20R ausgezeichnete Ergebnisse erzielt. Mit dem Flussmittel-Lösungsmittel RSK-1 Rosin Solvent müssen nach dem Löten alle Flussmittelreste sorgfältig entfernt werden, bevor Schutzabdeckmittel aufgebracht werden.

Schutzabdeckungen

M-Coat J auf die Installation aufbringen. Dabei den Anweisungen des Instruktion Bulletin B-147 von Vishay Micro-Measurements genau folgen. Diese Abdeckung so aufbauen, dass sie eine Schicht von ca. 5mm Dicke um den Umfang des Moniereisens herum bildet (Abb. 8). Diese Schicht muss auch den Kabelbereich bedecken, der vorher mit M-Coat B oder Tetra-Etch behandelt wurde. Diese Abdeckschicht muss bei Raumtemperatur 24 Stunden aushärten oder 4 Stunden bei 50°C.

DMS-Installation im Betonbau



Abb. 8 - Schnittbild der Installation

Das Messkabel muss jetzt in der Länge, in der es durch den Beton geht, in eine Schutzhülle eingeführt werden, um es vor mechanischer Zerstörung zu schützen. Natürlich sollte man die fertige Installation vor dem Betongießen mit dem DMS-Installationstester Modell GIT 1300 überprüfen. Ein sachgerecht installierter und abgedeckter DMS auf einem in Beton eingegossenen Moniereisen kann für viele Jahre einwandfrei funktionieren und wertvolle Messdaten während der gesamten Lebenszeit der Betonstruktur liefern, von den Kräfteinwirkungen während der Bauphase an bis zu späteren, unerwartet auftretenden Betriebskräften.