

Virkning med vinkler

Af Dipl. Ing. Dirk Fischer og Dr. Uwe Wirringa, KÖSTER Bauchemie AG, Aurich

Opstigende fugt: Overvejelser og betingelser for anvendelse af trykløs injektion

Undersøgelser af fordelingen af ikke vandopløselige harpikser i højt gennemfugtede mineralske substrater, er basis for det følgende, hvor grundlaget for en optimeret fremgangsmåde til trykløs injektion mod opstigende fugt klarlægges.

Murværk der er skadet på grund af opstigende fugt, består kemisk set af et komplekst tofasesystem; det egentlige mineralske byggemateriale (tegl, mørtel og så videre) og en elektrolytopløsning fordelt i byggematerialets kapillarstruktur.

Med enkle byggepladsegnede metoder er det sjældent muligt, at analysere og bedømme graden af skader forårsaget af opstigende fugt. Analyse og bedømmelse må derfor ske i egnede laboratorier, og først på grundlag af de her erhvervede kendskaber, er det muligt at vælge det bedst egnede injektionsmateriale blandt markedets store udbud af produkter.

Det er en udbredt mening, at kun vandbaserede materialer er egnede til injektion i højt gennemfugtet murværk (porefyldningsgrad > 50 %). Dette strider dog imod de kemisk-fysiske kendsgerninger.

Vandopløselige injektionsstoffer fortyndes murværkets indhold af porevand (dette betegnes virkestofdiffusion). Systemer, der udelukkende baseres på fysisk udtørring, behøver derfor yderligere tørreforanstaltninger; ellers reagerer materialet ikke.

Ved saltholdige poreopløsninger kan der ske kemiske efterreaktioner (for eksempel udvaskning af silikater).



Injektion med vinkler

Horisontalspærre: Funktionens fire grundlag

Funktionsdygtigheden af en horisontalspærre på basis af organiske opløsningsmidler, bestemmes af følgende parametre:

1. Opløsningens overfladespænding

Grænsefladespændingen mellem opløsningen og det mineralske byggestof skal være lavere end spændingen mellem vandet og det mineralske substrat. Derved fordeler injektionsmaterialet sig bedre i kapillærveggen, end gennem det forefindende porevand.

2. Viskositet

Normalt skal injektionsmaterialets viskositet være så lav som muligt. Grundlæggende gælder der ved laminare strømninger Hagen-Poiseulle's lov →

Når viskositeten forringes og de øvrige variable holdes konstant, forhøjes volumenstrømmen pr. tidsenhed via viskositetens indflydelse i nævneren.

$$V/t = \pi(p_1-p_2)R^4/(8\eta l)$$

R = kapillarradius
 η = viskositet
 p_1-p_2 = trykdifferens

3. Massefylde

Injektionsmaterialets lave massefylde i forhold til vand understøtter penetrationsprocessen ved opskumning og der gælder Stoke's lov →

Af Stoke's lov følger, at opskumningshastigheden u_r er proportional med trykdifferensen p_1-p_2 af vand og kulbrinte.

$$u_r = 2gr^2(p_1-p_2)/(9\eta)$$

η = viskositet
 p_1-p_2 = trykdifferens

4. Kemisk forgreningsmekanisme

Forgreningsmekanismen (for eksempel polymerisation) skal være uafhængig af fordampning fra såvel porevandet som opløsningsmidlet.

Bevis for funktionens grundlag

De grundlæggende overvejelser medfører, at der straks stilles en række spørgsmål omkring standsning af opstigende fugt.

Som følge heraf, er der til laboratorie- & anvendelsesteknikkens tilfredsstillende gennemført undersøgelser, hvis mål er at bestemme penetration og virkningsopbygning af kunstharpiksopløsninger ved højt gennemfugtede materialer.

Det har ført til en sammenlignende undersøgelse af den absolutte optagelsesmængde ved forskellige gennemfugtningsgrader, med følgende kemisk-fysiske egenskaber for produkterne:

<u>Produktbasis 1:</u>	- Kunstharpiks opløst i isoparafin
Hærdemekanisme:	- Polymerisation ved kontakt med atmosfærisk eller i vand forefindende ilt
Viskositet:	- 1,20 mPa·s
Massefylde:	- 0,76 g/cm ³
Overfladespænding:	- 24,2 mN/m

<u>Produktbasis 2:</u>	- Injektionsstof på basis af alkalisilikat/silikonat i vand
------------------------	---

Der blev anvendt ældre mursten med følgende kendetegn:

Art:	Hele mursten, såkaldt klosterformat
Alder:	Mindst 150 år
Format:	280 x 130 x 85 mm
Vandoptagelseskoefficient:	14,04 kg/(m ² ·h ^{1/2})
Poreindhold:	24,66 %

Injektionen blev udført trykløst indenfor 24 timer på de enkelte mursten, der var forberedt med forskellige fugtindhold (porefyldningsgrader). Resultaterne af denne undersøgelse vises af billede 1.

For at udelukke at fordampningsprocesser i løbet af injektionen skulle føre til en forkert måling af optagelsesmængden, blev prøvelegemerne pakket ind i plastfolie under injektionen.

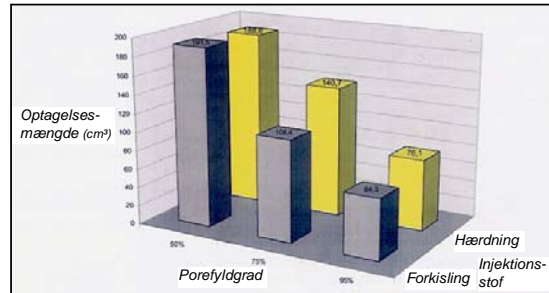
Det må dog understreges at denne undersøgelsesmetode kun kan give et første holdepunkt til penetration af forskellige injektionsmaterialer.

For at undersøge penetrationsforholdene nærmere under praktiske betingelser, blev samme type mursten indmuret i en søjle og trykløst injiceret i 48 timer ved hjælp af "vinkelmetoden" (beskrivelse følger i næste afsnit).

Søjlernes mål var 410 x 410 x 500 mm (bredde x dybde x højde). Som mørtel blev der anvendt en kalkcementmørtel.

Tre uger før, under og efter injektionen stod søjlerne i et vandbad, hvorved vandet efter afslutning af tætningsforanstaltningerne blev tilsat et vandopløseligt farvestof.

To uger efter afslutning af injektionen blev søjlerne, svarende til det på Billede 2 gengivne skema, skåret op, og de enkelte skiver blev stillet i et nyt farvet vandbad.

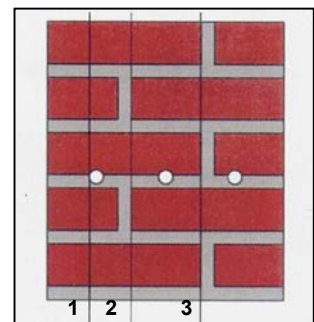


Billede 1: Optagelsesmængde af forskellige injektionsmaterialer afhængigt af porefyldgraden

Kemiske horisontalspærre Funktion og virkning

Kemiske horisontalspærres virkning og funktionsdygtighed afhænger af:

- tilstrækkelig penetration i den mineralske undergrund
- injektionsproduktets reaktion, uafhængigt af fugt- & saltindholdet i byggelegemet



Billede 2: Placering af snitflader og fugtfølere

Dokumentation af de eksperimentelle undersøgelsesresultater

Undersøgelserne af den gennemskårede søjle viste, at den anvendte mørtel var vandgennemtrængelig. Derudover viste snitfladerne en tydelig penetrering af det vandopløselige farvestof op til grænsen af området hvor den hydrofobierende opløsning af kunstharpiks kunne påvises med "dråbemetoden".

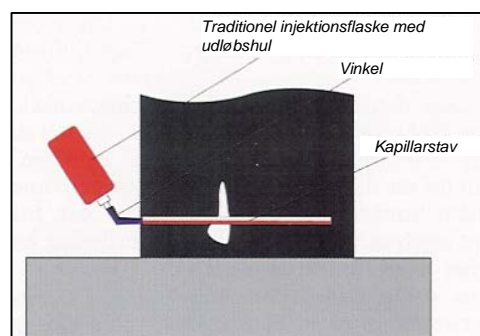
Efter vores opfattelse viser alle disse eksperimentelle undersøgelsesresultater tydeligt, at der gennem trykløs injektion af kunstharpiksopløsning, i løbet af kort tid opbygges en virksom horisontalspærre i murværk.

Udførelsestekniske aspekter

Standsning af opstigende fugt i porøse byggematerialer stiller ikke kun krav til det korrekte valg af injektionsmateriale. På arbejdsstedet står valget af den korrekte metode og udførelse i forgrunden.

Ved udviklingen af den nedenfor beskrevne fremgangsmåde, er der lagt vægt på en forenklet beregning af borelængden, såvel som en effektiv udførelse af trykløs injektion i tykvæggede bygningsdele.

I det følgende præsenteres en ny udførelsesmetode til trykløs injektion, hvormed det er muligt at føre injektionsmaterialet vandret ind i murværket.



Billede 3:
Skematisk fremstilling af vinklernes virkemåde

Praksisbetingelser: Problemer og løsninger

Den her beskrevne udførelse er en alternativ løsning til udførelse af skrå borer (Billede 4 og 5).

Ved anvendelse af skrå borer under praktiske betingelser opstår der følgende problem for den udførende:

- En eksakt overholdelse af borevinklen og den krævede boreddybde er svær at opnå. Under betingelse af at boreren ender 5 cm før murværkets yderside, kan allerede små vinkelafvigelse enten føre til en gennemboring af hele væggen, eller omvendt til en for lille boreddybde. Som eksempel er der i det følgende udført beregninger for to forskellige vinkler.

$$\text{Boreddybde} = (\text{Vægtykkelse} - 5 \text{ cm}) / \sin \alpha;$$

Ved 45°:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\text{Vægtykkelse} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Boreddybde} = 49,5 \text{ cm}$$

Ved 30°:

$$\alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\text{Vægtykkelse} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Boreddybde} = 40,4 \text{ cm}$$

Som tilnærmet håndformel gælder:

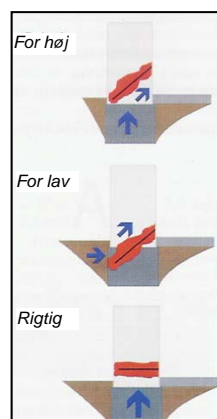
$$\text{Boreddybde} = 1,33 \cdot (\text{Vægtykkelse} - 5 \text{ cm})$$

Allerede her er det tydeligt, at borevinklen under praktiske betingelser har en betydelig indflydelse på den egentlige boreddybde og dermed også på succesen af tætningsforanstaltningerne.

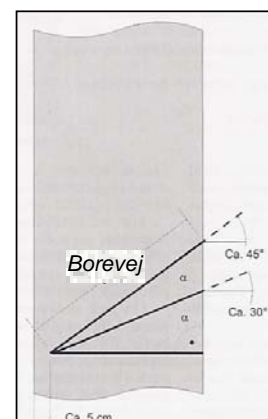
I de ovennævnte tilfælde medfører en vinkelafvigelse på kun 15° en difference på den opnåede boreddybde på ca. 9 cm. Det vil sige, at enten er bygningsdelen gennemboret, eller også er borehullet ikke dybt nok til at muliggøre en fuld penetration af injektionsmaterialet i det samlede vægtværsnit.

- Af beregningen ovenfor følger endvidere, at den skrå borevinkel giver en betydelig arbejdsmerudgift, da det ikke er tilstrækkeligt at anslå boreddybden til vægtykkelsen minus 5 cm, tværtimod skal den minimum svare til vægtykkelsen.
- Specielt ved tykvæggede bygningsdele opstår en problemstilling med hensyn til korrekt anlægshøjde til skrå boring. Dette problem dukker især op når borerne af objektspecifikke grunde kun kan udføres fra den ene side.

Som følge af de her beskrevne problemer ved korrekt boring af huller til trykløs injektion mod opstigende fugt, er der udviklet et nyt injektionssystem, som gør det muligt - trykløst - at bringe materialet horisontalt ind i byggelegemet.



Billede 4:
Mulige fejlkilder ved forkert borehøjde



Billede 5:
Skitse til beregning af borelængden

Højere porefyldgrad - højere materialeoptagelse

Laboratorieundersøgelserne på enkeltstående mursten påviser, at materialeoptagelsen ved høje porefyldningsgrader er 20 - 30 % højere i forhold til ved vandbaserede injektionsmaterialer. På grundlag af disse data, kan det udelukkes, at der ved vandbaserede injektionsmaterialer - gennem virkestoffusion - finder en fordeling sted i murværket. Det kan ligeledes udelukkes, at ikke-vandholdige injektionsmaterialer besidder en dårligere penetration i byggematerialer; det er nærmere det modsatte der er tilfældet.

Vinkelmetoden og dens komponenter

Den vigtigste komponent ved denne metode er kapillarstaven. Formålet med denne vægeagtige injektionshjælp er at optage injektionsmaterialet fra Flaskevinklen og give det videre til byggematerialet ved kapillar transport.

Herved bliver borehullerne ikke, som ellers, fyldt med injektionsmateriale. Det transporteres derimod via kapillarerne over grænsefladen mellem kapillarstaven og hullets væg ind i byggematerialet.

Anvendelsen af kapillarstavene forhindrer materialespild i murens hulrum og tilbageløb af injektionsmateriale til borehullets munding (ved horisontale borer, Billede 3). Kapillarstaven svulmer op når den mættes med væske og sikrer derved den nødvendige tætte kontakt mellem stav og borehul.

En anden komponent i denne fremgangsmåde, er den såkaldte Flaskevinkel, hvis formål er at dosere injektionsmaterialet jævnt til kapillarstaven i takt med at det opsuges i væggen, uanset væskestanden i doseringsflasken.

Fremstilling af de 4 udførelsestrin

1. Boringer

Der bores med 14 mm bor, i den nederst tilgængelige fuge, med en indbyrdes afstand jf. brochuren for CRISIN 76.

Der bores i en dybde til ca. 5 cm fra murværksafslutningen.

Efter boringen rengøres hullerne, for eksempel med trykluft.

2. Tilskæring af kapillarstave og isætning af sugevinkler

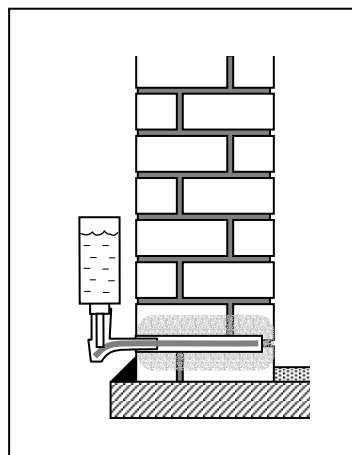
Kapillarstavene afmåles så de er ca. 7 cm længere end borehullet. Enden af kapillarstaven stikkes ned i flaskevinklens forrådsbeholder og sammen trykkes de ind i borehullet, så flaskevinklen sidder godt fast.

3. Forvanding af kapillarstave

Et par gange fyldes en smule vand i forråds-kammeret på hver flaskevinkel. Dette får staven til at svulme op og presse mod borehullet.

4. Opsætning af doseringsflasker og injektion

Doseringsflaskerne indsættes i flaskevinklerne og forbliver der indtil de er fuldstændigt tømte eller i 48 timer. Afsluttende lukkes borehullerne, hvorved kapillarstavene forbliver i murværket.



Billede 6



Udførelse af de horisontale borer



Tilskæring af kapillarstav



Vanding af kapillarstave over vinklerne



Injektion

Injektion med vinkler

De væsentligste fordele er:

- Eksakt overholdelse af den påkrævede boreddybde på grund af forenklet beregning i forhold til skrå huller.
- Hurtigere udførelse af borer og mindre slid på boremaskine, på grund af en betydeligt kortere borevej og boring i forholdsvis blød mørtel.
- Indbygning af horisontalspærre nær gulvhøjde, hvorved horisontalspærren hverken kan over- eller underløbes.

Facit

Fremstilling af en permanent funktionsdygtig horisontalspærre mod opstigende fugt afhænger ikke kun af en korrekt analyse af den aktuelle skadesituation og dermed valg af egnet injektionsmateriale. Der er i lige så høj grad tale om en udførelsesteknisk udfordring. For udviklere af nye anvendelsesteknikker, må udelukkelsen af fejlkilder ved fremstilling af tætningsmaterialer stå i første række. Det er derfor tvingende nødvendigt, at optimere de udførelsesmetoder der i lang tid har været stærkt etableret. Det er formålet med ovenfor præsenterede metode.

Brochurens oplysninger, anvendelsestekniske råd og anbefalinger, afgives efter vor bedste viden og svarer til vore seneste oplysninger og erfaringer, men er i betragtning af de mange mulige anvendelsesformål uforbindende for os. Køber må derfor selv kontrollere om produkt og metode er egnet til det konkrete formål, f.eks. ved at udføre prøver. Vore almindelige salgsbetingelser er gældende. Denne brochure erstatter alle forudgående.

Rev. 04.08

MB Projekt ApS • Mølledamsvej 12 • 3460 Birkerød • Telefon 45 82 03 18 • Telefax 45 82 05 18