

Innstøpte sveiseplater



Norges
byggforsknings
institutt
1976

særtrykk 248

Sveising blir mye brukt for å sammenføye betongelementer, men det knytter seg en viss usikkerhet til hvilken effekt sveisewarmen har. Det ble derfor ved Norges byggforskningsinstitutt (NBI) for en tid tilbake (1972) foretatt en del sveiseforsøk. Artikkelen omhandler resultatene av forsøkene. Ytterligere forsøk er planlagt i 1976. Vi vil da se nærmere på hvilken effekt fukt og betongfasthet har.

Sveiseforbindelsene kan deles inn i to hovedgrupper:

1. *Sammenføyning mellom elementer som skal danne en kontinuerlig konstruksjon.*
2. *Sveising brukt for at elementene skal beholde sin innbyrdes plassering. Dette er særlig aktuelt i monteringsstadiet.*

Det er hovedsakelig tre typer skader som kan tenkes å oppstå, når stålplater som er innstøpt i betong sveises. Disse er:

1. *Nedsenelse av delmaterialenes styrke p.g.a. oppvarmingen.*
2. *Oppsprekking av betongen p.g.a. at stålet, tilslaget og cementlimet utvider seg forskjellig.*
3. *Krumning og delaminering av sveiseplatene.*

Før vi omtaler resultatene, vil vi kort komme inn på hvordan delmaterialene, stål og betong, oppfører seg ved oppvarming.

Stål

Stålets materialegenskaper forandrer seg med temperaturen, men de forskjellige egenskaper endrer seg ikke på samme måte. For vanlig varmvalset kamstål begynner flytegrensen å forskyve seg allerede ved 100° C. Ved 600° C er alle egenskapene redusert til ca. 25 av utgangsverdiene. Ved avkjøling gjenvinner imidlertid varmevalset stål sin styrke. Siden de ytre belastninger oftest er små i sveiseøye-

blikket, vil styrkereduksjonen i sveisefasen ved høye temperaturer normalt ikke være kritisk.

På den annen side kan sveiseoppvarmingen av innstøpte stålplater få disse til å krumme seg og endog delamineres. Det er særlig ved store og tykke plater dette kan være et problem. Delaminering skjer hovedsakelig i plater med en tykkelse på 35 mm eller større. Første tegn til delaminering er ofte vanskelig å oppdage p.g.a. at den første mikrosprekken vanligvis oppstår inne i platen. Både delaminering og vridning skyldes temperaturøkningen og temperaturgradienten som oppstår i stålet. Stålets utvidelseskoeffisient er praktisk talt konstant innenfor det temperaturområde som er aktuelt ved sveising.

Betong

Den store forskjellen på varmvalset stål og betong er at betongen ikke bestandig gjenvinner sin styrke etter avkjøling. For temperaturer under 400° C (temperatur i betongen) gjenvinner betongen det meste av sine opprinnelige egenskaper etter avkjøling. Forsøk har vist at opp til ca. 90 % av trykkstyrken er gjenvunnet etter ett år.

Den kritiske temperaturen for cementlimet ligger mellom 500° C og 600° C. Krystallvannet i kalsiumsilikat-molekylene fordampes da. Ved 600° C er fasthetsreduksjonen ca. 70 %, og bare en del av denne styrken gjenvinnes siden.

Betongen består av mellom 75 % og 80 % ballast. Denne har derfor stor innflytelse på egenskapene. F. eks. har en betong med lett tilslag høyere fasthet etter en temperatursyklus enn en med tyngre tilslag. For betong med kvartsholdige tilslag er den mest kritiske temperatur 573° C. Kvartsen går da over fra en såkalt allotrop til en annen fase, som medfører en kraftig volumutvidelse. Denne kan føre til avskalling, særlig i hjørnene.

Et lavt v/c-forhold er gunstigere enn et høyt. Det viser seg også at mengden av fritt vann er avgjørende. En tørr betong påvirkes lite ved temperaturer under 300° C. Det understrekes at man her snakker om temperaturer i betongen, som normalt vil være langt lavere enn romtemperaturen.

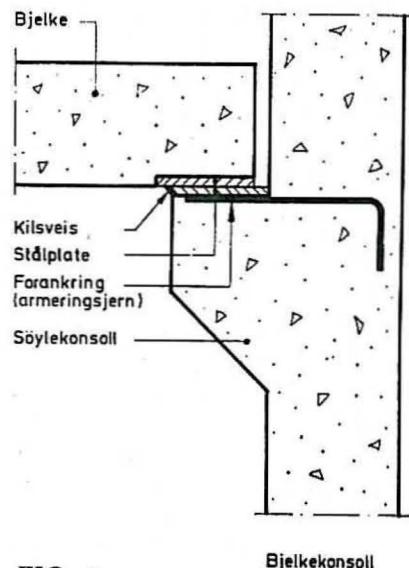


FIG. 1

Bjelkekonsoll

Generelt kan det sies at det største problemet under 400°C er det indre damptrykket. Ved fuktige konstruksjoner (fersk betong) kan trykket bli så stort at det forårsaker en avskaling av betongen. Ved høyere temperaturer endres betongens struktur ved at cementen dehydratiserer eller ved kalsnasjon og forandring av kvartsens struktur. Avskalling kan også oppstå ved at det bygger seg opp store temperaturspenninger i hjørner o. l.

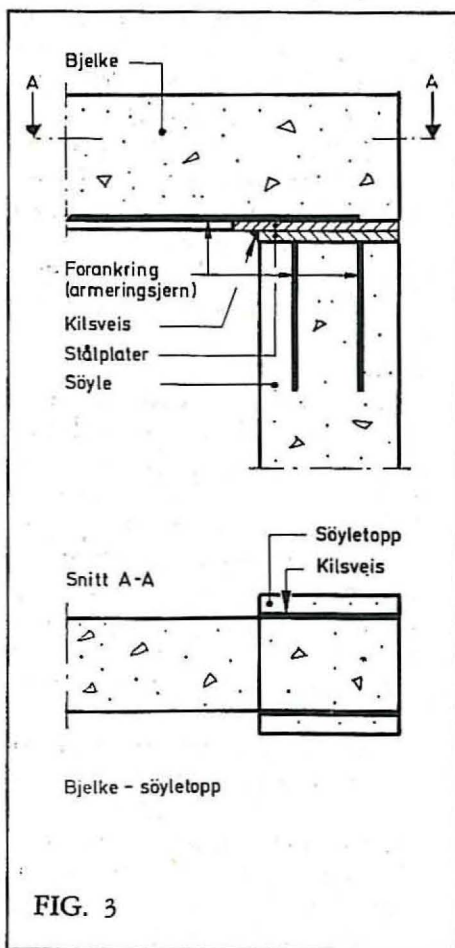
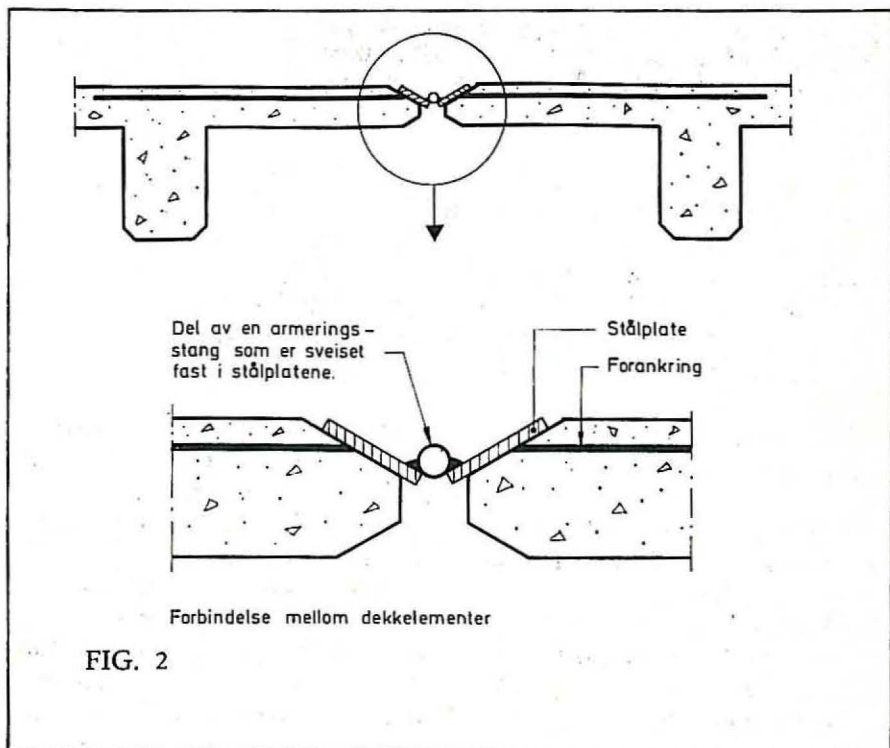
FORSØK

I forsøkene ved NBI har vi ikke prøvd å frembringe spesielle skadetyper. Forsøksvariantene er valgt ut fra ønsket om å prøve ut de mest brukte sveiseløsninger.

Sveiseforsøk i andre land har vist at betongens overflatetemperatur under og ved siden av sveiseplatene bare unntaksvis overstiger 450°C . Det var hovedsakelig følgende effekter vi ønsket å belyse nærmere med våre forsøk; utvidelse av stålet, oppbygging av innvendig damptrykk og forskjellig utvidelse av betongen p.g.a. den temperaturgradient som oppstår. Av disse kan vi til en viss grad kontrollere skadene som kan oppstå ved oppbygging av det innvendige damptrykket. Dette kan gjøres ved å unngå å sveise konstruksjoner som er sterkt nedfuktet. Selv om betongen skulle være helt tørr vil vi ikke helt unngå vandamptrykkoppbygging. All betong har en bestemt likevektsfuktighet pluss at kalkens bundne vann fordampes ved ca. 170°C .

Alle de ovenfor nevnte skadeårsaker frembringer en oppsprekking av betongen. I våre forsøk prøvde vi derfor i så stor utstrekning som mulig, å kartlegge den utvendige og innvendige oppsprekking.

Noen av de sveiseforbindelser vi prøvde å etterligne er vist i fig. 1



til og med fig. 3. For ikke å innføre alt for mange usikkerheter, måtte vi prøve å utforme prøvelegemene så likt det som brukes i praksis som mulig. Det ble prøvd fire forskjellige serier. Oppsprekkingen ble kontrollert visuelt og ved hjelp av ultralyd. Nedsettelse av detaljenes bæreevne etter at sveisingen var ferdig ble også prøvd. Dette ble gjort ved prøvebelastninger.

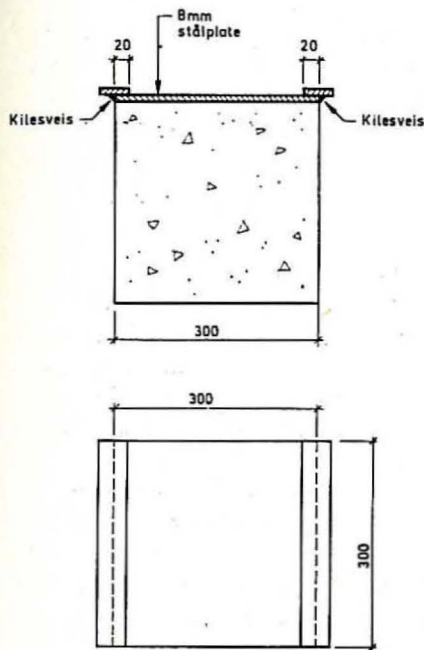
Sveisetiden og -mengden ble målt og benyttet som et uttrykk for mengde av tilført varme. Det ble benyttet 4 mm Fonas gule elektroder med en strekkfasthet på 420 N/mm^2 .

Betongens 28 døgns fasthet var for alle forsøkene ca. 30 N/mm^2 .

Prøveserie 1

Figurene 4 og 5 viser hvordan prøvelegemene så ut. Den totale sveisemengde var i alle forsøkene ca. $8,5\text{ cm}^3$, og sveisetiden ca. 2,5 minutter.

Disse prøvene er ment å belyse de skader som kan oppstå ved an-



Påsvetsede kantplater

FIG. 4

vendelse av forbindelsene vist i fig. 1 og 3. Det viste seg at oppsprekningen var minimal. Nærmest hjørnet fikk vi antydning til noen små riss, men disse lukket seg igjen etter at prøvene var avkjølt. Ved prøvebelastning oppnådde vi samme kapasitet for sveisede og usveisede prøver.

Prøveserie 2

I denne serien benyttet vi samme type prøvelegemer som i serie 1 (se fig. 6). Men i stedet for å forbinde platene langs kantene ble det sveiset på et flatt stål tvers over den innstøpte platen.

Den totale sveisemengden var i alle forsøkene ca. 10 cm^3 , sveisetiden ca. 3 minutter.

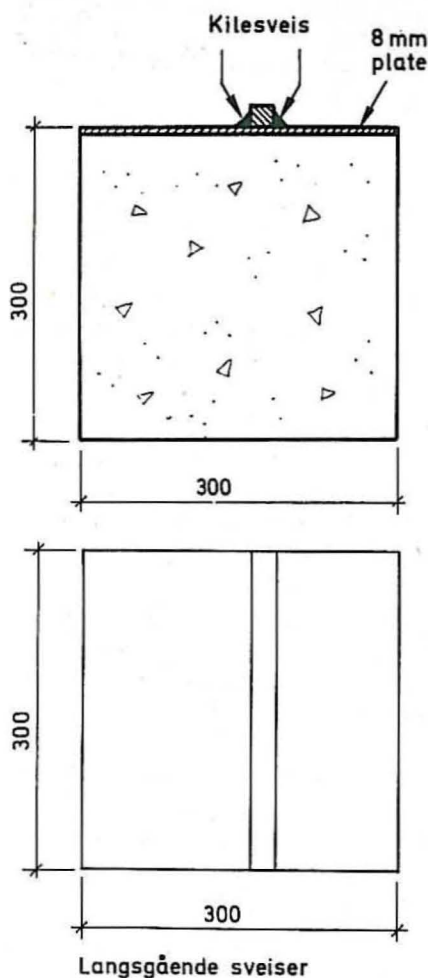
Ingen av forsøkene viste noen som helst svekkelser av betongen.

Prøveserie 3

Det ble støpt seks prismer som vist i fig. 7. I hvert av prismene ble det støpt inn to $300 \times 40 \times 8 \text{ mm}$ jern. I to av prismene ble det lagt inn trelister langs begge sidene av platene. Disse listene ble fjernet



FIG. 5



Langsgående sveiser

FIG. 6

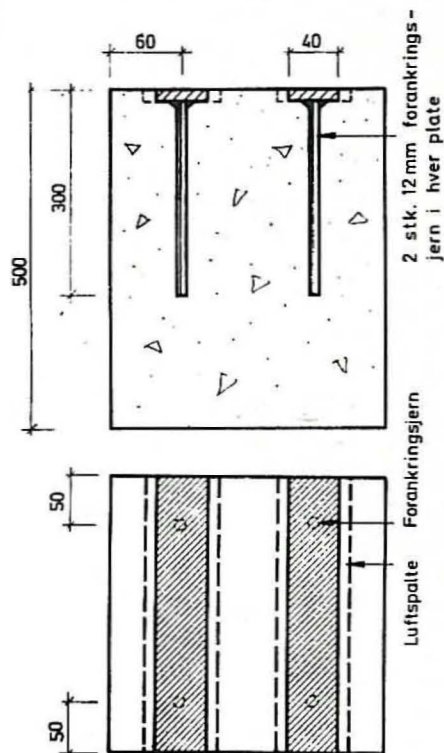


FIG. 7

etter ett døgn. Det oppsto da en luftspalte på hver side (disse er stiplet inn på fig. 7). Luftspaltene ble laget for at stålplatene uhindret skulle kunne utvide seg.

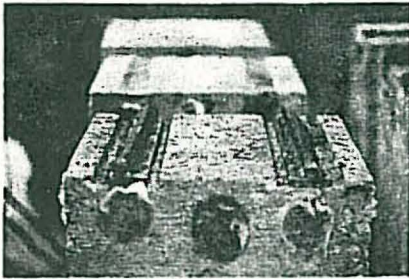


FIG. 8

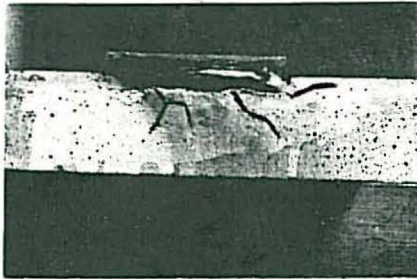


FIG. 11



FIG. 9

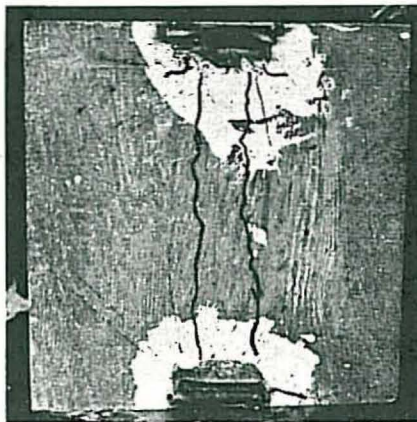
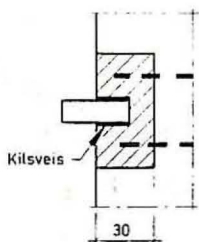
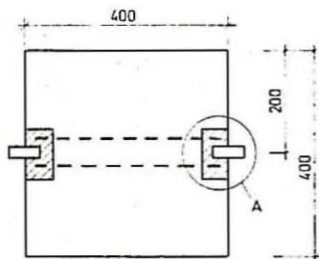


FIG. 12



Detalj A

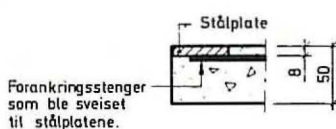
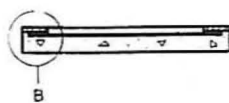


FIG. 10

Etter at prøvestykkene var tilstrekkelig herdet, ble det på fire av prismene sveiset fast et armeringsjern langs stålplatene. Dette er vist i fig. 8. Det ble plassert en sveis på hver side av armeringsjernene.

Den totale sveisemengde var i alle forsøkene ca. 19 cm³ og sveisetiden ca. 5 minutter. De to prismene som det ikke ble sveiset stenger til, hadde ikke luftspalte langs sidene av platene.

Det viste seg at oppsprekningen ble noe større i denne serien enn for de platene som dekket hele søyletoppen. Sprekkene oppsto hovedsakelig langs ytterkanten, og da særlig i hjørnene. Disse sprekkene forsvant ikke etter at prøvestykkene ble avkjølt. Det var da lett å plukke vekk større betongbiter med hendene (se fig. 9). Ved å ha en luftspalte på sidene hindret en at kantene falt av, men vi fikk likevel en svak oppsprekking rett under platen.

Prøvebelastningene indikerte også at de mindre sprekkene rett under platen nedsatte bruddkapasiteten noe. Men forskjellene er små og prøveantallet lite, så konklusjonen er usikker.

Prøveserie 4

Prøveprismene som ble brukt var 400 × 400 × 50 mm (se fig. 10). Etter at prøvelegemene hadde herdet tilstrekkelig, ble stålstenger sveiset til platene som vist i detalj A.

Sveisemengden på hver plate var 1,3 cm³ og sveisetiden 25 sek.

Fig. 11 viser et typisk sprekkbilde av platekanten. Etter at de innstøpte platene på hver side av prøvelegeme var sveiset, oppstod det sprekker som vist på fig. 12. Sprekkene lå rett over forankringsjernene og skyldes utvidelsen av disse. Like etter sveisingen var sprekkbredden i prøvelegemets sidekanter oppe i 0,2 mm. Disse lukket seg igjen etter avkjøling.

KONKLUSJON

Forsøk ved NBI og andre steder viser at betong vanligvis ikke blir oppvarmet så mye ved sveising, at den dehydratiserer. I forsøkene viste det seg at utvidelsen av stålet voldt størst skade. Men det må understrekes at til alle forsøk som ble gjort, ble det brukt tørr betong. Dette gjør at det indre damptrykket var lite.

Ikke i noen av våre forsøk krummet sveiseplaten seg eller løsnet fra betongen. Det viste seg også at oppsprekningen i forbindelse med massive konstruksjoner var minimal, men at tynne konstruksjoner med små sveiseplater var mer utsatt. Ved riktig detaljutforming skulle det heller ikke være så store problemer med slike løsninger. Det eneste problemet med massive konstruksjoner er kanter og hjørner. Disse kan under ugunstige forhold få en minimal avskalling.