



Notat Altankollaps Dr. Fichs Vej i Kolding

Jørgen Nielsen
John Dalsgaard Sørensen

Udarbejdet for:



Aalborg Universitet
Institut for Byggeri, By og Miljø
Gruppenavn

BUILD Contract Report No. XXX

Notat Altankollaps Dr. Fichs Vej i Kolding

Jørgen Nielsen
John Dalsgaard Sørensen

August 2020

© Aalborg Universitet

Contract Reports benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og BUILD. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt af BUILD.

Udgivet 2020 af
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD)
Thomas Manns Vej 23
DK-9220 Aalborg Ø, Danmark

BUILD Contract Report No. XXX

Seneste udgivelser i BUILD Contract Report serien

Indledning

Den 25. juli 2020 ca. kl. 23 kollapsede en altan hørende til en etageejendom på Dr. Fichs Vej 22 i Kolding. Ved kollapset blev 5 personer kvæstet.

Bygningskonstruktionen

Af BBR-registret fremgår, at ejendommen, se Figur 1, er opført i 1903, at den har et grundareal på 50 m², samt at den har tre etager med en bolig på hver etage.

Bygningen er opført i murværk og udført med træbjælkelag som etageadskillelse. Lejlighederne på første og anden sal er forsynet med altaner.

Kolding Kommunes byggesagsarkiv indeholder tre sager: en sag fra 1999 om udskiftning af tagbeklædning, isolering og tagvinduer, en sag fra 1974 om brandsikring og en sag fra 1961 om indretning af 3 stk. wc rum. Kolding Kommune oplyser, at de ikke ligger inde det oprindelige projektmateriale og ejendommens nuværende ejer oplyser, at han heller ikke har yderligere projektmateriale vedrørende ejendommen. Kun i sagen fra 1974 findes en kort udokumenteret omtale af altanerne. Nedenstående oplysninger er derfor baseret på observationer på stedet.



Figur 1. Ejendommen på Dr. Fichs Vej 22 i Kolding.

Altanerne er 1,84 meter lange og udkraget 1,15 meter. Altanpladen er støbt i beton mellem tre udkragede udliggerjern af typen INP. Opmåling af udliggerjernene var vanskelig under de givne forhold, hvor kun stærkt korroderede dele var tilgængelig, men der kan være tale om et profil med højden 110 mm, hvilket ikke længere er et standardprofil. Disse udliggerjern er understøttet af murværket i facaden og ifølge datidens byggetradition antages de boltet på etagedækkets bjælker, se figur 20. Et trækbånd i form af en ca. 10 mm tyk jernstang er monteret mellem profilerne i en afstand af ca. 0,90 m fra muren. Betonpladen er udstøbt mellem stålprofilerne og er således 110 mm tyk. Den er støbt op mod muren, men ikke ind i den. Der er ikke noget pudslag på undersiden. Et

pudslag på oversiden er forsynet med hulkehl ind mod muren og mod dørtrinnet til altandøren. Pudslaget, der er støbt ca. 30 mm ind i muren, er udført med fald udad, således at tykkelsen nærmest muren er ca. 40 mm faldende til ca. 25 mm ved altanens forkant. Der er ikke nogen omstøbning på stålprofilerne langs altanpladens sider.

Rækværket er udført i smedejern og boltet fast til udliggerjernene i de forreste hjørner. Mod væggen er de ved oversiden muret ind, men ikke forankret mod udtræk.



Figur 2. Altanplade med dæklag.

Hændelsen

Det er oplyst, at der var 5 personer på altanen, da den kollapsede, tre stod op og to sad på en stol. Ved kollapset vipper altanpladen ned og hænger lodret på facaden, se figur 1. Personerne falder ned på en flisebelægning.

Vidner siger, at der lød et smæld, hvorefter kollapset sker som en pludselig hændelse uden varsel. Bortset fra de fem personer, der opholdt sig i ro på altanen, samt et par stole har altanen ikke været belastet med andet end sin egenvægt.

Besigtigelse

Altanen blev besigtiget dagen efter hændelsen, men der var ikke adgang til lejligheden, så der var kun mulighed for at foretage observationer fra terræn.

Der blev ikke observeret objekter, som kunne have belastet altanen væsentligt ud over personlasten og altanens egenvægt.

En ny besigtigelse fandt sted den 3. august 2020 under medvirken af ejendommens ejer samt Kolding Politi. Her blev observationerne foretaget fra lejlighedens altandør og fra terræn, hvor en stige var til rådighed.

Altanens dimensioner blev opmålt. Dimensionerne er angivet ovenfor.

Altanpladen hænger lodret ned på facaden, se figur 3. Der er sket bøjningsbrud i alle tre udliggerjern i snittet ved facadens plan. Pladen hænger i udliggerjernenes underflanger, og der ses ikke andre forbindelser. Betonpladen er i det aktuelle tilfælde ikke ført ind i murværket, se figur 2, og pudslaget er kun ført ca. 30 mm ind i muren. Bortset fra en revne i dørtrinnet, se figur 4, ses ikke væsentlige skader over altanniveau, se figur 3, hvilket må tilskrives, at kun pudslaget er ført ind i muren. Fra facadeplan og indad er udliggerjernene ikke omstøbt med beton.

Observationer af udliggerjernenes brudflader viste fremskreden korrosion, se figur 5 til figur 11. De synlige dele af udliggerjernene omkring brudsnittet ligger i en dybde på op til 50 - 70 mm fra betonpladens kant og ind i væggen. I alle brudsnit er kroppladen helt gennemtæret medens underflangen stadig har en tykkelse, som skønnes at være på 3-5 mm, se figur 5. I forbindelse med kollapset er disse underflanger bøjet, men er i stand til at bære altanen. I det venstre (set udefra) udliggerjern er overflangen gennemkorroderet, se figur 7 og 8, og der kan ikke konstateres friske brudflader, medens der i det højre udliggerjerns overflange, som også er stærkt nedbrudt, klart ses et

friskt bud i den resterende del af overflagen, hvilket kun er et areal med en bredde på ca. 10 mm og en tykkelse på 1 – 2 mm, se figur 9, 10 og 11. I det midterste udliggerjern, se figur 5 og 6 er der måske også tale om et friskt brud i overflagen, i så fald med et areal, som kan være ca. 40 mm bredt og 3 mm tykt. Dette profil er lidt bedre beskyttet end de to profiler langs altanens sider. Forankringen af udliggerjernene i etagebjælkerne har her ikke haft betydning for kollapset og forudsættes i orden.

Betonpladen og dæklaget har haft en god vedhæftning til muren, hvilket fremgår af de mange friske brud i mursten, som er i kontakt med betonen, se figurerne 4, 5, 6, 7, 8, og 14.



Figur 3. Facade med altan efter kollaps.



Figur 4. Foto fra altandøren. Man ser skaden på dørtrinnet samt mursten, som er trukket ud af muren som følge af at de er støbt fast i pudslaget.



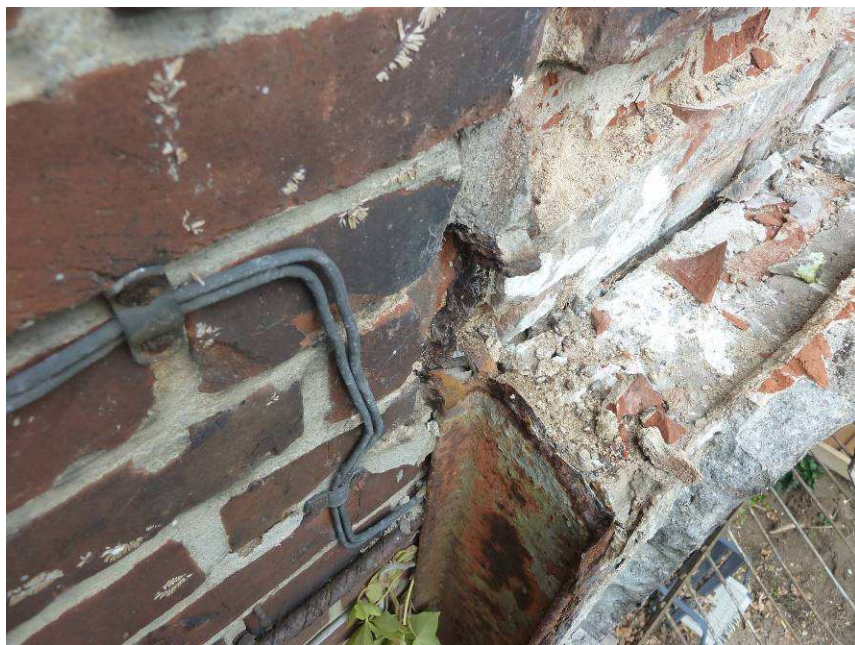
Figur 5. Brudsnittet i det midterste udliggerjern set mod altanpladen. Her ses den bøjede underflange samt korroderede dele af den øvrige del af tværsnittet. Det kan se ud som om overflangen har et friskt brud.



Figur 6. Samme snit som i figur 5, men set ind mod muren.



Figur 7. Brudsnittet i det venstre (set udefra) udliggerjern set mod altanpladen. Her ses det stærkt nedbrudte tværsnit.



Figur 8. Samme tværsnit som i Figur 7, men set fra siden.



Figur 9. Brudsnittet i det højre (set udefra) udliggerjern set mod altanpladen. Her ses det stærkt nedbrudte tværsnit.



Figur 10. Detalje med friskt brudsnit (Udsnit fra figur 9).



Figur 11. Samme tværsnit som i figur 9, men set ind mod muren.

Der er ikke observeret armering i pudslaget eller i betonpladen, bortset fra det tidligere omtalte trækbånd mellem udliggerjernene, se figur 2. Der ses heller ikke rustudfældninger, som kunne stamme fra en sådan armering.

Rækværkets fastholdelse til altanpladen fremgår af figur 12, medens det ses på figur 13, at gelænderet var muret ind i væggen uden forankring for udtræk, hvilket heller ikke har været nødvendigt for at opfylde rækværkets funktion. På figur 13 ses dog, at udtrækningen har efterladt et betydeligt hul i muren.

Pudslagets tilslutning med hulkehl mod mur er vist i figur 14 og 15. Der er tilsyneladende ikke anvendt fugematerialer, idet pudslaget er støbt op mod murværket.

Overfladen af den kollapsede altanplade, se figur 16, fremstår uden misfarvning fra korrosion. Langs begge sider, over udliggerjernene er der sket en delaminering mellem betonpladen og pudslaget i forbindelse med kollapse, se figur 17 og figur 18. Overfladen af de afskallede områder tyder på, at pudslaget har været løsnet før ulykken, formentlig som følge af rustdannelse i udliggerjernenes overflanger, hvor rustlaget når en tykkelse på op mod 10 mm, se figur 17. Afgrænsningen af det delaminerede område i højre side følger en ret linie, se figur 18. Det kunne skyldes en reparation, men overfladerne i pudslaget fremstår ens, så det kunne også skyldes et støbeskel. En revne over det midterste udliggerjern kan være fremkommet i forbindelse med kollapse, men det er mest sandsynligt, at det skyldes delaminering som følge af korrosion af overflangen. Såvel betonpladen som pudslaget ser ud til at være af god kvalitet og bærer ikke præg af nedbrydning. Der er tilsyneladende heller ikke udført reparationer af det. Undersiden af den kollapsede altan var ikke tilgængelig, men den antages at ligne undersiden af den ovenfor liggende altan, se figur 19. Her ser man, at der ikke er noget pudslag på undersiden, så udliggerjernenes underflanger er synlige ligesom de yderste udliggerjern er synlige langs altanpladens sider. De synlige dele fremtræder med stærke angreb af rust, og der ses afskalninger af betonen. Disse synlige angreb kunne i sig selv have ført til et ønske om en grundig undersøgelse, men de har ikke i sig selv været kritiske, idet der ikke er tegn på at de to betonplader mellem udliggerjernene har savnet vederlag på udliggerjernene, og de bøjende momenter i altanpladen optages af betonen, ikke af udliggerjernene. Rust i de kritiske tværsnit har tilsyneladende ikke ført til rustudfældninger på synlige overflader. I det aktuelle tilfælde, hvor betonpladen ikke er ført ind i muren ville en begrænset ophugning ved de yderste udliggerjern have afsløret den kritiske tilstand. En demontering af altandøren ville have åbnet for inspektion af tilstanden i de kritiske tværsnit i det midterste udliggerjern. Altandøren ser dog ikke ud til at have været udskiftet.

I forbindelse med inspektionen oplyste ejendommens nuværende ejer, at han ikke kendte til de senere års indsats for at få undersøgt ældre altaner. Han overtog ejendommen for ca. et år siden. Der blev ikke lavet en tilstandsrapport i forbindelse med anskaffelsen, fordi det er en erhvervsejendom, og der var ingen spørgsmål i forbindelse med forsikring af ejendommen. Ejeren af naboejendommen, som har en tilsvarende alder, er først nu med anledning i ulykken blevet opmærksom på, at to tilsvarende altaner i hans ejendom bør undersøges nærmere.



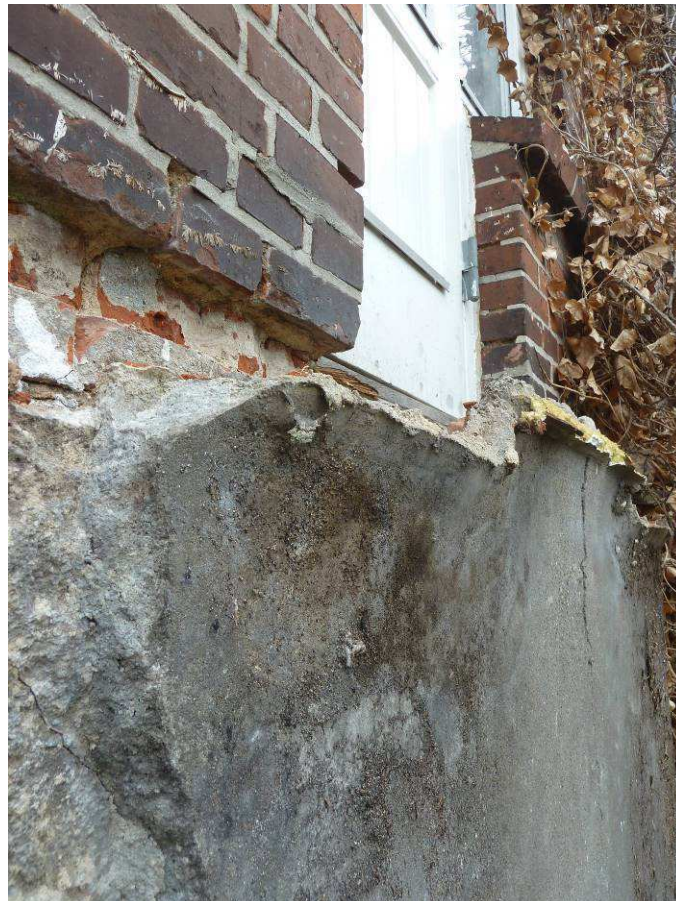
Figur 12. Detaljer fra et hjørne af altanen. Heraf fremgår fastgørelsen af rækværk til udliggerjern samt bolt til fastholdelse af trækbånd – boltene i den modsatte side var forsvundet.



Figur 13. Del af rækværk på altan. Man ser hullerne i væggen, hvor rækværket har været indmuret, samt de ender af rækværket, som har været indmuret.



Figur 14. Man ser pudslag siddende på betonpladen og et hul i muren, ca. 30 mm dybt, hvor det har siddet i muren. Man ser endvidere friske brudflader i mursten og mørtel.



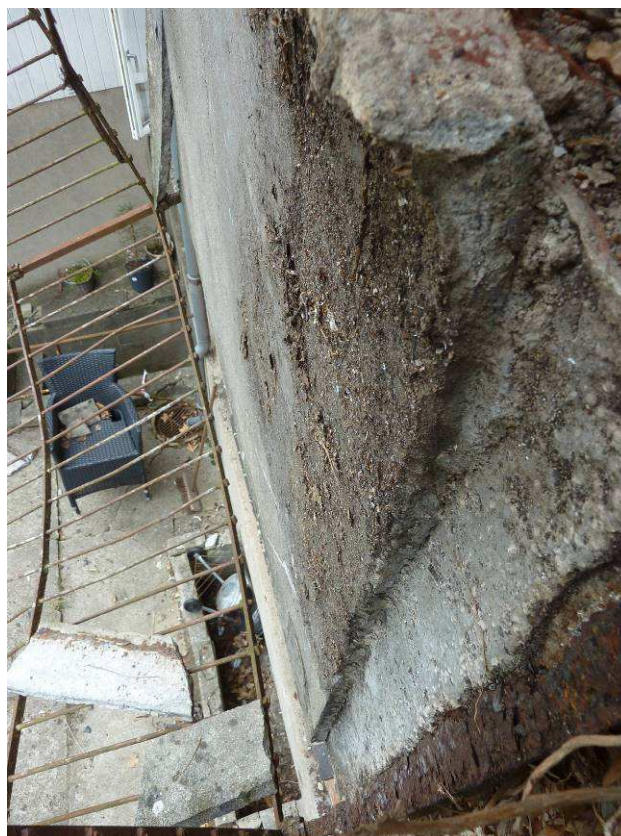
Figur 15. Pudslagets hulkehl.



Figur 16. Oversiden af den kollapsede altanplade.



Figur 17. Venstre side (set udefra) af den kollapsede altanplade.



Figur 18. Højre side (set udefra) af den kollapsede altanplade.



Figur 19. Altanen ovenover den kollapsede altan set nedefra.

Observationer i forbindelse med nedtagning

Den ovenfor beskrevne besigtigelse efterlader et ønske om en besigtigelse i forbindelse med nedtagning med det formål at:

- At få en sikker identifikation af udliggerjernenes profil (ved frihugning)
- At lave en mere detaljeret inspektion af brudfladerne i udliggerjernene, specielt det midterste
- At undersøge om betonpladen er armeret (den kollapsede altanplade slås i stykker)
- At få et kvalitativt indtryk af om beton og pudslag stadig, efter 117 år, har en rimelig kvalitet

- Observationer i forbindelse med nedtagning af den anden altan med det formål at afgøre hvor langt den er i nedbrydningsprocessen

Analyse af kollaps

Kollapset skyldes, at udliggerjernene er nedbrudte på grund af korrosion,

Det kritiske punkt i den udkragede konstruktion er de tværsnit, hvor udliggerjernene afleverer deres last til murværket. De tværsnit er samtidigt de mest udsatte for miljøpåvirkninger, der kan lede til korrosionsskader. Som altanen er bygget ophører betonen og dens beskyttende virkning i facadeplanet, og først inden for muren er klimaet så tørt, at der kun sker en meget langsom nedbrydning. Uden for facadeplanet er udliggerjernene kun delvist omstøbt, og hvor overfladerne ligger frit er de angrebet af rust i betydeligt omfang, men langt fra i samme omfang som i de kritiske snit inden for facadeplanet. Dette mønster stemmer med observationer i tilsvarende altaner, som er blevet renoveret, og forklares ved længere vådtid (kondens, murværkets fugtsugning) og evt. galvanisk korrosion.

På ulykkestidspunktet med 5 personer på altanen har altanen været udsat for et samlet bøjende moment i de kritiske indspændingstværsnit på ca. 7000 Nm.

Hvis det antages, at der er tale om et friskt brud i det midterste udliggerjern med en brudflade på 120 mm^2 , vil det kunne bidrage med en styrke på ca. 4000 Nm. Hertil kommer et bidrag på ca. 500 Nm. fra arealet af det friske brud i det højre udliggerjern. Det viser, at en stor del af bæreevnen må tilskrives sekundære bæreevner, som normalt ikke tages i regning ved dokumentation af sikkerheden. I dette tilfælde drejer det sig primært om to bidrag, et fra pudslagets vedhæftning til muren og et fra rækværket.

Rækværket var ikke forankret i muren. Alligevel efterlod udtrækningen et hul, som viser, at der har været en betydelig udtræksstyrke. Det skønnes, at rækværkets bidrag, kan have haft en størrelse på omkring 1500 Nm. Det betyder, at en del af lasten er båret af pudslagets vedhæftning til muren. Her er det største bidrag formentlig kommet fra området ved døren, hvor pudsens overside får en opadrettet komponent i forbindelse med pladens rotation. Det kan kun ske ved brud i pudslaget eller brud i dørens fodtrin. Eftersom et brud i fodtrinet blev observeret, må pudslaget styrke have været betragtelig, og giver en sandsynlig forklaring på, at kollapset ikke er sket tidligere. Det betyder endvidere, at altanen sandsynligvis ville være kollapset, hvis man f.eks. fjernede dæklaget i forbindelse med en reparation.

På denne baggrund antages det, at kollapset er udløst af et adskillelsesbrud i de udliggerjern, hvor der observeredes et friskt brud. Efter dette brud har det ikke været muligt at etablere en ny ligevægtstilstand ved hjælp af sekundære bæreevner, De sekundære bæreevner er heller ikke forbundet med sejhed, så bruddet bliver uvarslet med totalt ophør af bæreevne, hvilket er i overensstemmelse med øjenvidneberetningerne.

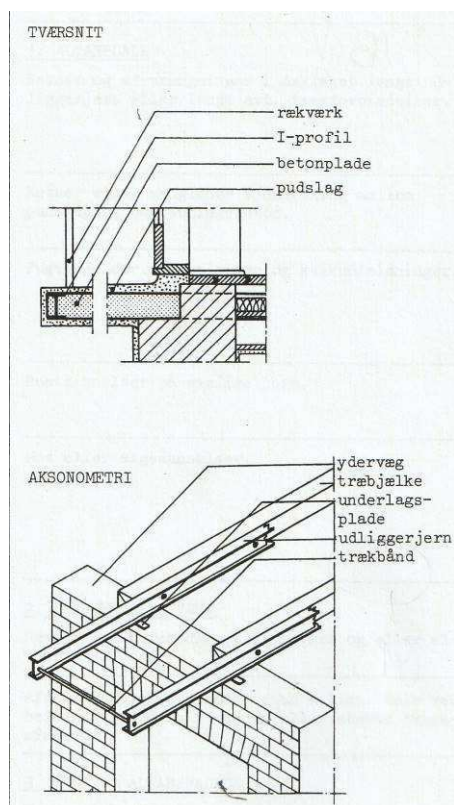
Analyse af altanen som den blev bygget

Altanens oprindelige bæreevne bestemmes her alene med udnyttelse af bæreevnen i udliggerjernene, hvilket er i overensstemmelse med både nutidens og datidens praksis.

Udliggerjernene er muligvis udført i et profil, som ikke længere er standard, et INP-profil med højden 110 mm. Ved (ikke-lineær) interpolation fra standardprofiler får man et modstandsmoment på $43,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$. Med en antaget karakteristisk flydespænding på 200 MPa for det anvendte stål fås, at altanen, ud over sin egen vægt, ville kunne bære en last på ca. 300 kg. Her er der tale om karakteristiske værdier uden indregning af partialkoefficienter. Dette forekommer at være en lav bæreevne, og ved inspektion efter nedtagning bør det kontrolleres om, der er tale om et stærkere

profil. Den her beregnede bæreevne betyder, at altanen allerede ved opførelsen ikke har haft den sikkerhed, der kræves i dag, hvor kravet til nyttelast for en altan er 250 kg/m^2 . Med et areal på ca. 2 m^2 og en partialkoefficient på 1,5 ville altanen ud over sin egenvægt skulle bære ca. 500 kg. Et brud i den oprindelige konstruktion ville dog have været varslet, idet der ville være store nedbøjninger før et egentligt kollaps.

Altanen er bygget før der var myndighedskrav til altaners bæreevne. Først fra 1920 stilles der specifikke krav til altaners bæreevne [1]. I [1] findes en beskrivelse af en traditionel udførelse af altaner båret af udliggerjern, se figur 20. Den aktuelle altan adskiller sig fra denne løsning især ved at der er tre udliggerjern, at betonpladen ikke er ført ind i murværket, samt at der kun er pudslag på oversiden. Et trækbånd som det, der blev observeret i den aktuelle altan, ses også på figur 20. Trækbåndet sikrer buevirkning i betonpladerne mellem udliggerjernene, hvilket betyder, at de efter datidens byggeskik kan være uden armering, hvilket kan forklare at der ikke er observeret rustpletter på betonfladerne. De foreløbige observationer tyder endvidere på at kvaliteten af betonen i pladen, såvel som i pudslaget er god. Der er således grund til at antage, at altanen i al væsentlighed er udført efter datidens byggetradition for så vidt angår materialer, dimensioner, udførelse og kvalitet. Med hensyn til detaljerne i udformningen (omstøbning af profiler, pladens indmuringsdybde mv.) har der på det tidspunkt dog næppe været etableret nogen fast praksis.



Figur 20. Traditionel udførelse af altaner båret af udliggerjern [1].

Konklusion

Den direkte årsag til kollapsedet er nedbrudte udliggerjern. I lyset af den tidligere hændelse i Nykøbing er det ikke overraskende at en altan af den pågældende type og alder har mistet en stor del af sin bæreevne. Altanen har været særdeles farlig i adskillige år. Selv en reparation omfattende en fornyelse af pudslaget ville sandsynligvis have ført til kollaps.

Synlig rust på udliggerjernene og revner i pudslag over udliggerjern burde have givet anledning til en grundig undersøgelse. Formentlig takket være et veludført pudslag med hulkehl, har rusten i de kritiske tværsnit dog ikke givet anledning til synlige rustudfældninger. I det aktuelle tilfælde, hvor

betonpladen ikke er ført ind i muren ville en begrænset ophugning ved de yderste udliggerjern have afsløret den kritiske tilstand. En demontering af altandøren ville have åbnet for inspektion af tilstanden i de kritiske tværsnit i det midterste udliggerjern.

Der er grund til at antage, at altanen i al væsentlighed er udført efter datidens byggeskik for så vidt angår materialer, dimensioner, udførelse og kvalitet, men som ny har altanen tilsyneladende haft en lavere sikkerhed, end der i dag foreskrives. Her ville der dog have været tale om et varslet brud, hvor der ville forekomme nedbøjninger af en størrelse, som bl.a. ville trække gelænderet ud af væggen, inden kollaps.

Med baggrund i et kollaps af en tilsvarende altan i Nykøbing Falster i 2016 har der de senere år været fokus på sikkerhedsniveauet af disse gamle altaner, bl.a. med udgivelser af vejledninger om undersøgelse af gamle altaner udgivet af Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen og Grundejernes Investeringsfond / Teknologisk Institut. Hertil kommer et Byg-Erfa blad. Mange altaner er siden blevet undersøgt på det grundlag.

Litteratur

[1] BPS-renoveringsdetaljer. Altaner. 1982.