

Praktijkervaringen bij het versterken van monumenten



1

*Moderne bekroning van een monument
Modern crown on an old church*

Inleiding

De praktische filosofie van restaurateurs is naar mijn mening gebaseerd op de stelregel: 'Het monument heeft er eeuwen gestaan, dus het draagt qua constructie alle kwaliteiten in zich om zichzelf in stand te houden. Dus constructeur, 'hands off' - alleen metselwerk en hout voorzover nodig vernieuwen, inwatering door herstelde waterafvoer voorkomen, verweerde natuursteen vervangen, stalen ankers door koper vervangen en daarmee basta'.

Ik heb hier begrip voor, maar is een restaurateur ook bereid te erkennen dat bepaalde monumenten van huis uit een constructiefout herbergen, ook al zijn de bouwers daar bepaald niet altijd verantwoordelijk voor te stellen? Zij hadden immers geen statistische gegevens omtrent windkrachten, evenmin over grondweerstand en zettingsverschijnselen, en wisten deze begrippen niet kwantitatief noch met de leer van de mechanica te benaderen.

Is het nodig dat de constructeur van nu in een soort bovenzinnelijke devotie moet aannemen dat de bouwers met al hun feeling geen fouten konden maken? In werkelijkheid zijn de tegenstellingen subtieler en zij vormen de aanleiding tot vaak langdurig overleg of, wanneer en hoe versterkingen zullen worden aangebracht. Wat tevoren vaststaat is dat de constructieve verbeteringen onzichtbaar moeten zijn - ja, dat oudtijds versterkingen, na de stichting uitgevoerd, zo mogelijk moeten worden verwijderd om het gebouw weer in zijn oorspronkelijke vorm te kunnen tonen, versterkt door doeltreffende onderhuidse ribben of inplantingen.

Ik zal de laatste zijn om aan deze stelregel te tornen, maar misschien zit er toch een vraag in: 'Zou het denkbaar zijn nieuwe constructieve elementen ook uitwendig zichtbaar toe te voegen, die het aanzien van het gebouw ten goede komen, althans niet schaden en als een aanvaardbare wijziging van de structuur worden gezien?'

Ik adviseerde bij voorbeeld bij de constructie van een moderne bekroning van de middeleeuwse kerktoeren in Hulst, die in de jaren 1940-45 was afgebrand. Foto 1 laat zien hoe een zuiver gevoelsmatige en esthetisch verantwoorde eigentijdse oplossing kan zijn. De torenafbouw is het resultaat van een prijsvraag. Helaas moet ik U de controversiële discussies hierover in de Monumentenraad besparen. In die tijd heb ik mij ook wel afgevraagd of er een oplossing denkbaar zou zijn waarbij de toren van Pisa door moderne en subtiel gedimensioneerde luchtbogen zou kunnen worden gesteund om deze zodoende niet alleen te behouden, maar ook een eigentijds aspect mee te geven. Nu ik het voorrecht heb gehad door middel van de Pisa-prijsvraag in 1973 waarvoor de fa. De Waal inschreef (zie *Cement* 1974, nr. 1) alle gegevens te bewerken en in teamverband een plan tot stand te brengen dat nauwelijks risico's inhoudt, ben ik van dit idee wel weer af.

Herstellen van constructiefouten

Zichtbare trekstangen hebben wel de kap van de Burgerzaal van het Paleis op de Dam moeten redden!

Tot nu toe is het mijn ervaring dat in veel gevallen vroeg of laat een constructiewijze wordt gevonden die, hoewel uitwendig onzichtbaar, het monument bij herstel in zijn oude luister een nieuwe kans geeft, ook in mechanisch opzicht. Maar gaat dit altijd op?

Een voorbeeld hiervan dat, mutatis mutandis, ook voor de gang van zaken bij de restauratie van monumenten kan gelden, levert het huidige hoofdgebouw van de TH-Delft aan de Julianalaan. Dit gebouw, gemetseld in de periode dat ik mijn colleges volgde in de noodgebouwen op Jaffa, ongeveer 50 jaar geleden, werd voorzien van de destijds ultramoderne, zgn. Hennebique- of betonijzervloeren, berekend door één van de pioniers op dit gebied. Nadat deze gebouwen circa 20 jaren onvoltooid leeg stonden, dwong de oorlogstijd tot ingebruikneming. Toen bleek dat de in aanmerking genomen nuttige belasting slechts 100 kgf/m² bedroeg, die alleen al zou worden 'opgesoupeerd' aan vloerafwerking en plafonds. Behoorlijke scheuren bewezen dat de wapening ook inderdaad geen enkele reserve bood. Allerlei gebruiksvorschriften en kunst- en vliegwerk werden te baat genomen om althans een deel zonder risico te gebruiken, in hoofdzaak de begane grond. Het gebouw werd echter op grond van de onmogelijkheid van restauratie voor definitief gebruik afgekeurd!

Na de oorlog werd de ingebruikneming steeds urgenter. Nieuw onderzoek bracht, dank zij de intussen ontwikkelde voorspanttechniek, een redelijk uitvoerbare oplossing: de balken werden

als het ware omhoog gedrukt met uitwendige spandraden langs de balken, de vloeren werden met spuitbeton en een extra bouwstaalnet versterkt, zodat zelfs de zoldervloer kon worden omgetoverd tot een bruikbare verdiepingsvloer. Hiermee heeft het spannen van constructiedelen bij herstel en vernieuwing van moderne gebouwen zijn intrede gedaan, maar ook bij de restauratie van waardige oude gebouwen bleek het systeem bijzonder bruikbaar.

Moderne technieken

Daarnaast zijn er nog diverse andere moderne technieken beschikbaar gekomen die in de uitvoering van restauraties geïntegreerd kunnen worden, zoals injecteren van metselwerk en natuursteen met kunststoffen, injecteren van zandhoudende slappe lagen, prefabriceren van vervangingselementen, het gebruik van in de grond gemaakte damwanden, staafpalen, spanverankeringen enz. Maar het is vooral van betekenis dat bij restauraties de mechanische eigenschappen van de grond op juiste wijze worden geïnterpreteerd en moderne inzichten hun kans krijgen.

In het kort volgt hier een aantal voorbeelden, eigenlijk een willekeurige greep, omdat zij vrijwel uitsluitend ontleend zijn aan eigen ervaring of aan het van nabij meebelevens. U krijgt dus allerminst een systematisch overzicht, maar er worden slechts enkele saillante gevallen nader beschouwd.

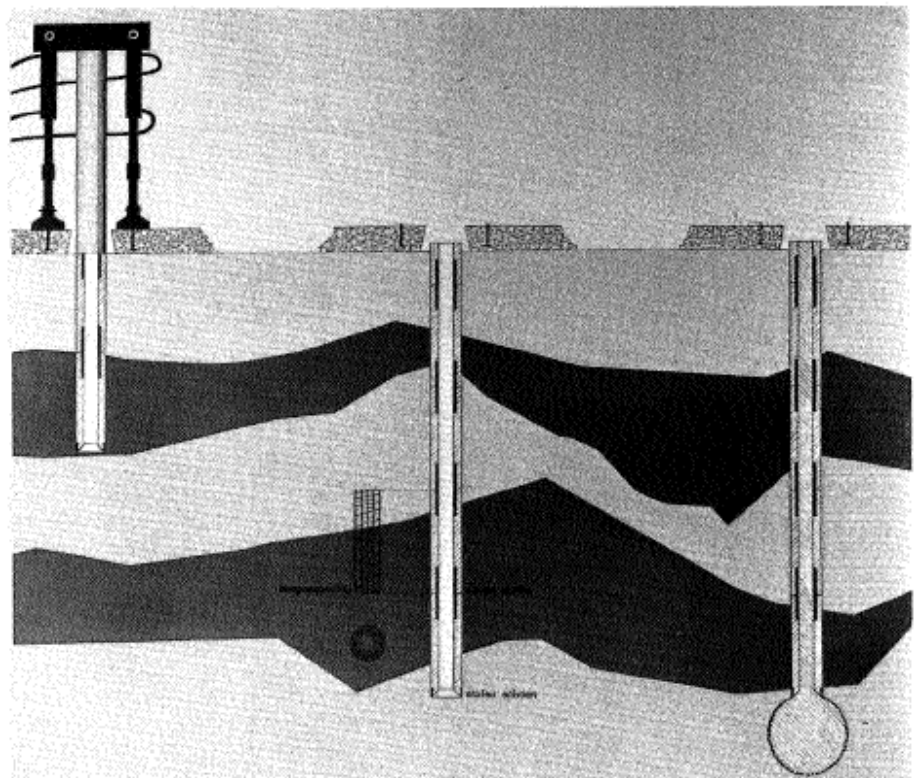
Grondtrillingen

De abdij in Middelburg, die na de oorlog weer geleidelijk aan uit de puinhopen herrees, maar ook naar de maatstaven van vandaag bewoonbaar werd gemaakt, doet mij herinneren aan het volgende voorval. Bij een bestaande kelder moest met het oog op moderne verwarmingsapparatuur de vloer worden verdiept, de muren ondermetseld enz. Nadat het ondermetselen metersgewijs in de vaste kleigrond zonder bezwaren was verlopen, werd bij het uitgraven van de grond van het oude naar het nieuwe peil beweging geconstateerd in de naastliggende gebouwen aan één zijde. Gipspleisters op bestaande scheuren wezen op vergroting van deze scheuren en kelderwand en gebouwdelen weken in de richting van de kelder.

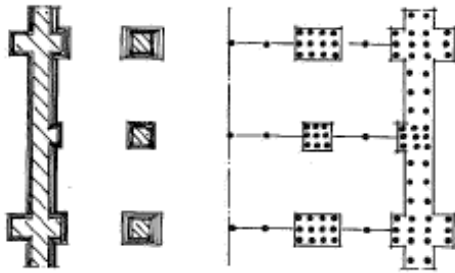
Een adequate stempeling hier zou de werkzaamheden bijzonder bemoeilijken. De oplossing bleek eenvoudiger. Het wegvoeren van de grond geschiedde nl. met kruitwagens achter de betrokken kelderwand. Het getril en gehobbel van deze kruitwagens was al voldoende om in de kleibodem bewegingen te introduceren met de hiervóór omschreven gevolgen. Er zijn toen lange stalen balken aangevoerd, waarover de kruitwagens reden zonder de grond te raken. En hiermee was het euvel verholpen.

Trillingen door palen

Drukpalen, ik denk aan het systeem De Waal (fig. 2), hoezeer ook geëigend om bij restauraties de functies van bestaande funderingen over te nemen, kunnen invloeden van dezelfde aard teweegbrengen, wanneer onder dergelijke omstandigheden de palen van een voet worden voorzien. Uit resultaten van precisie-metingen aan de stalen hulpbokken in Bedum (Groningen) is gebleken dat ook het aanslaan van de voet tot enige samendrukking van de



2
Aanbrengen van een drukpaal (systeem De Waal)
Special foundation pile which is pressed down in order to avoid vibrations in the subsoil



3
*Plattegrond met oorspronkelijk palenplan
 Rijksmuseum Amsterdam
 Plan with original scheme of piles under-
 neath the columns of the underpass
 Rijksmuseum*

grond leidde. Toepassing van deze palen is overigens van bijzonder grote waarde. Daarbij verdient het aanbeveling om met behulp van een zgn. Freyssinet-vijzel of een normale vijzel op de top van de voltooide paal drukkrachten te introduceren en zodoende de nazetting te voorkomen, wanneer het gebouw op de vernieuwde fundering gaat steunen.

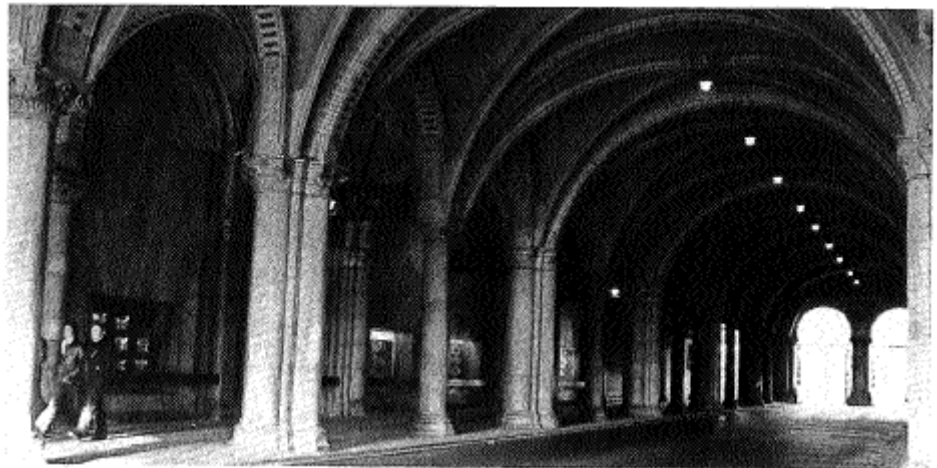
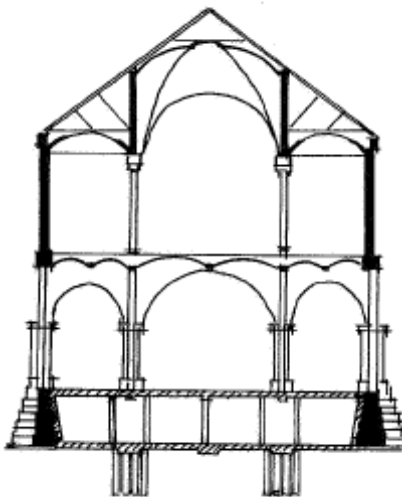
Trillingen door verkeer

Als laatste voorbeeld van de ongunstige invloed van trillingen op een fundering geldt de gedurfde open galerij voor het doorgaande verkeer onder het Rijksmuseum te Amsterdam. Mede ten gevolge van het feit dat hier sprake was van een onvoldoende fundering, veroorzaakten de trillingen door het verkeer fatale zakkingsverschillen tussen de pijlers in de doorgang onderling en ook ten opzichte van het gebouw zelf.

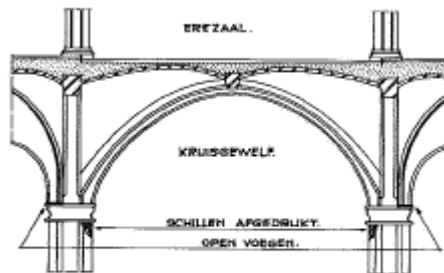
4-6
*Onderdoorgang Rijksmuseum in doorsnede
 en in beeld
 Underpass Rijksmuseum, views and cross-
 section*

Achteraf was dit voor de civiel-ingenieur zo'n wonder niet, want de houten palen onder de tussenpijlers droegen per paal circa 10 ton en die onder de hoofdpijlers 25 ton, een praktisch onaanvaardbaar verschil dus (fig. 3). Het euvel aan het nu ongeveer 100 jaar oude gebouw (foto 4) is circa 10 jaren geleden hersteld door een radicale maatregel: volledige vernieuwing van de paalfundering onder de pijlers, het tot kelderdiepte ontgraven van de grondslag om negatieve kleeft op de palen te voorkomen en het maken van een volledige kelder, dit alles om de grandioze middenpartij opnieuw te funderen en ruimte te winnen (fig. 5, foto 6). Dat een dergelijke ingreep meer zorgen geeft dan de nieuwbouw van welke grote gebouwen ook, wilt U wel van mij aannemen. Ter afsluiting een typisch verschijnsel dat optrad toen wij meenden het gehele probleem

7-8



*Na vernieuwing van de fundering moest de boogwerking naar de kolommen toe door het aanbrengen van zaagsneden in de kolomkoppen worden gecorrigeerd
 After renewing the foundations, the line of pressure through arches and columns had to be remodelled by sawing in the column heads*



onder de knie te hebben: tientallen jaren had het kruisgewelf onderde erezaal zich doordruklijnaanpassing en scheurvorming gewend aan de steeds ongunstiger wordende situatie. Toen echter het nieuwe fundament werd vastgezet, kregen de kolommen van natuursteen op de tussenpijlers de volledige belasting ter plaatse van de voorste rand te dragen, terwijl de voeg aan de achterzijde openstond. Kleine schalen natuursteen werden als gevolg daarvan aan de voorzijde afgedrukt. Mijn opvolgers bij de Rijksgebouwendienst hebben toen de therapie waargemaakt, die ik hier in het kort zal aangeven:

de voorzijde werd opengezaagd zodat de belastingen weer naar het centrum van de zuil werden teruggeleid (fig. 7, foto 8). Een mooi staaltje van modern inzicht en van technisch kunnen.

Verkeerstrillingen kunnen ook voor de handhaving van kleine waardevolle panden funest zijn, wat onze instellingen voor monumentenbehoud vaak met zorg vervult.

Pijlers en funderingen

Het onderwerp pijlers-zuilen-kolommen is daarmee niet uitgeput. Veroudering, brand, ontoelaatbare belasting ten gevolge van constructief verval vormen een gecompliceerd gegeven. Dit zijn zorgelijke aspecten van een toch al voor de normale constructeur tamelijk ondoorzichtig constructief geheel.

De aannamen voor de berekening van een homogeen opgebouwde kolom of pijler laten zich, zo heeft de empirie en de studie gedurende de laatste eeuw wel uitgewezen, redelijk begrenzen. De resultaten van de berekeningen zijn daardoor tamelijk betrouwbaar.

De berekening daarentegen van een inhomogene, haast onsamenhangende stapeling laat zich in feite onder geen enkele berekening vangen. Het mag dan wel waar zijn dat wij in de grondmechanica en ook bij havendammen en zeeweringen, bij grote omvangrijke massa's dus, met een onsamenhangende stapeling te doen hebben, maar nooit bij tegelijkertijd tamelijk slanke steunpunten. Bij restauraties hebben wij immers te maken met toelaatbare belastingen die het 10- of 20-voudige bedragen van die op steenstorting en zand, terwijl voor de toepassing van knikformules de samenhang der delen, de homogeniteit dus, essentieel is.

Het injectie-procédé is het moderne middel, waarmee oude gescheurde, en dus onbetrouwbaar samengestelde zuilen weer in een berekeningskader kunnen worden teruggevoerd. Verschillende proefnemingen op dit gebied zijn verricht. In Utrecht in de St. Pieterskerk, in Doesburg bij een geval van bezwijken van een kolom en ook in de Nieuwe Kerk in Amsterdam. In de praktijk zijn enkele goede en ook soms minder goede resultaten geboekt, maar in elk geval is een en ander nog onvoldoende praktisch en theoretisch vastgelegd; een wetenschappelijk onderzoek zou hier meer klaarheid kunnen brengen.

Onbevredigende uitkomsten van kostbare injecties in de Nieuwe Kerk hadden tot gevolg dat de pijlers nu ongeïnjecteerd op proef staan. Het gesauste oppervlak moet in de toekomst door scheuren daarin voldoende duidelijk aangeven wanneer er veranderingen ten kwade optreden. In verband met de hoogte mag je wel een toneelkijker meenemen.

Alvorens op de algemene problemen van de Nieuwe Kerk te Amsterdam over te stappen, eerst nog een eenvoudig voorbeeld van een moderne aanpak van een oud vraagstuk:

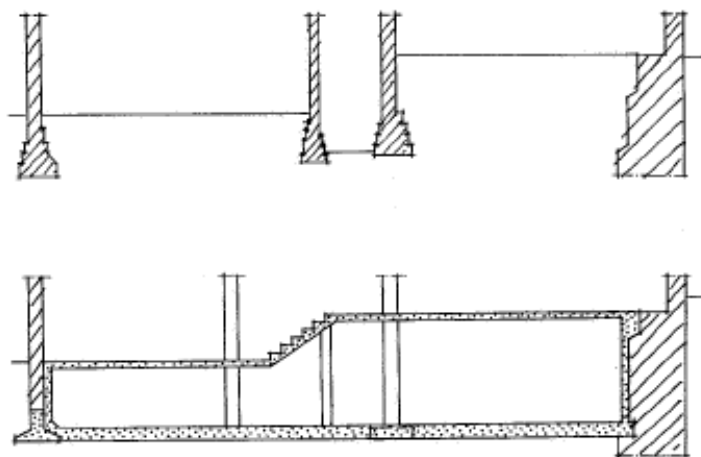
De Groote Sociëteit in Tiel [foto's 9 en 10] was in de loop van de jaren aan alle kanten fataal gescheurd; duidelijke zettingsscheuren, omdat enerzijds gefundeerd was op de rivierdijk, anderzijds op het weinig voorbelaste terrein achter de dijk. Funderen op palen was niet gewenst, noch door het waterschap, noch door mij in verband met mogelijke zettingen die ook een paalfundering kan ondergaan door de ongelijke belasting gezien over de doorsnede van het gebouw in samenhang met de dijk. Wij hebben toen verdere zettingen achter de dijk voorkomen door het verwijderen van grondbelasting en door spreiding van de muurbelastingen over de gehele keldervloer (fig. 11). Dit is gerealiseerd met geprefabriceerde T-ormige muurelementen, voorzien van rijgaten, waardoor de fundatiebalk met behulp van voorspankabels ook nog één geheel zou worden (foto's 12 en 13).



9-11

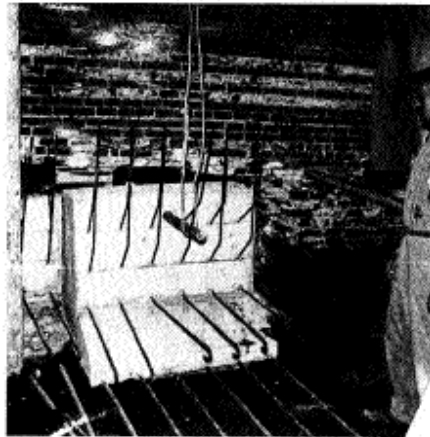
Groote Sociëteit in Tiel; het gebouw van twee zijden en doorsneden van oude en nieuwe situatie

Society House in Tiel; the building from two sides, cross-sections before and after restauration



12-13

Bij de restauratie werden geprefabriceerde muurelementen gebruikt
Precast wall elements were used for restoring the Society House



14
Nieuwe Kerk, Amsterdam
The so-called New Church

Nieuwe Kerk te Amsterdam

De nieuwe kerk (foto 14) is niet veel nieuwer dan de oude kerk, maar wel groot en daarmee ook een belangrijk restauratieproject. Wat zich allemaal in het verleden heeft afgespeeld spreekt uit de samenstelling van metselwerken, natuursteen, ankers, maar ook uit de fundamente, en wel in het bijzonder daaruit (fig. 15-18, foto 19). Immers, het is een kerk gefundeerd op palen, ook de oudste delen. De wijze waarop verschilt echter naar de periode van de ontwikkeling in de heitechniek, alsmede naar de financiële draagkracht van de burgers.

Dit laatste is een opmerking die betekenis krijgt bij vergelijking met de praktijk in andere steden, immers toen Amsterdam alles op de 13-m-laag heide met behulp van bovenlandse dennen, bouwde men bij voorbeeld in Hoorn veelal bij slechtere ondergrond, nog op staal, met alle gevolgen van dien.

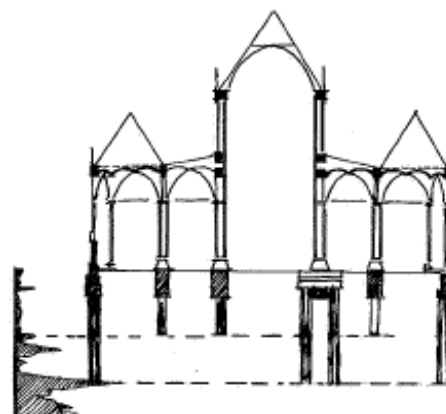
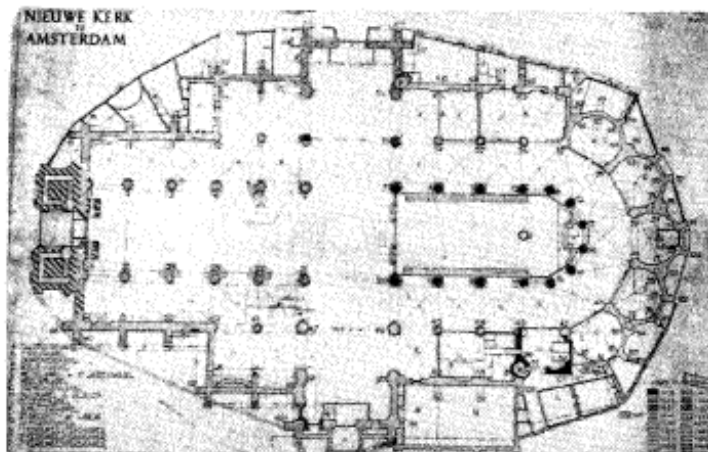
Interessant is de kleine overzichtelijke tentoonstelling van de geschiedenis van het heien in het Ned. Instituut voor Nijverheid en Techniek, Rozengracht 224, Amsterdam.

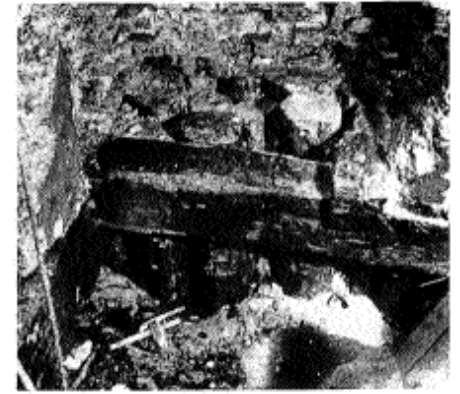
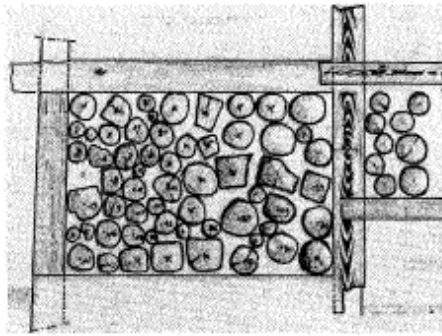
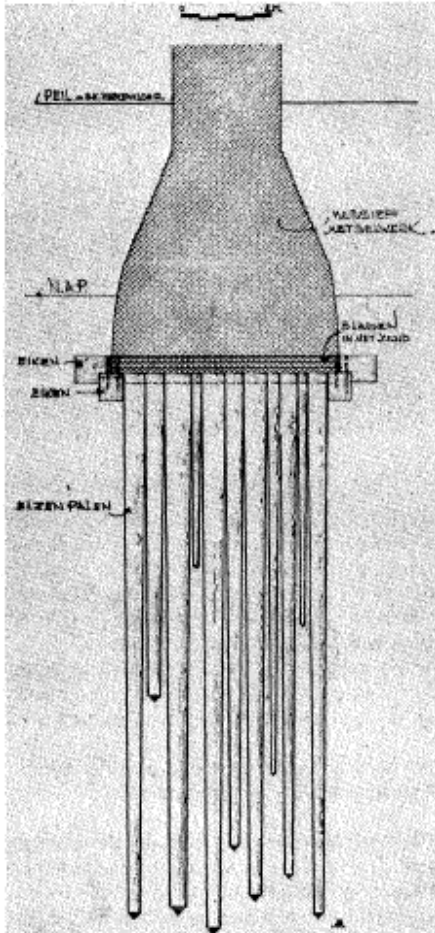
De eerste geheide fundamenteën onder de Nieuwe Kerk bestaan uit mannetje aan mannetje geslagen inlandse slieten, niet altijd van dennehout, lang circa 7 m en vaak verre van rechtdradig gegroeid. Zij werden geslagen tot in de zanderige laag op circa 7 m onder NAP en gaven door hun samenhang en verdichting kennelijk een grondverbetering tot op die laag; de koppen van deze palen werden omsloten door slikhouten (z/e fig. 18 en foto 19). De funderingen uit latere tijd bestonden uit langere palen tot 13 m, overeenkomstig die onder het stadhuis (fig. 16). Dergelijke funderingen zijn vooral te vinden onder de buitenmuren en aan de zijde Gravenstraat. Zij tonen de constructeur die gewend is aan een regelmatig 'één recht - één averecht' een weinig opwekkend beeld. Bij langjarige confrontatie met meer ingewikkelde breipatronen kijk je hier wel wat anders tegenaan. Het restauratieteam onder leiding van prof. Wegener-Sleeswijk en de Amsterdamse architect Van der Steur, gesecondeerd door architect Verheus van de Dienst van Monumentenzorg, nu onder leiding van de eerste en de laatste, propageerden ook hier een 'hands-off'-filosofie. Achteraf, meer dan 15 jaren geleden werd met de restauratie begonnen, lijkt deze stelregel juist te zijn, al moet het mij van het hart dat de bouw van elk diepgefundeed pand binnen 500 m van de kerk, gezien de tijdelijke verlaging van de grondwaterstand, aanleiding zal blijven geven tot grote zorg. Voor alle zekerheid is de mogelijkheid van algehele fundatievernieuwing open gehouden.

15-16

Plattegrond en doorsnede over de dwarsbeuken
Plan and cross-section through transept

De genoemde politiek heeft ertoe geleid dat in constructief opzicht meer is waargenomen dan gebouwd, dat de begeleiding van de uitvoering zeer intensief was, zonder dat relatief veel ingrepen hebben plaatsgehad.





17-18
Oorspronkelijk houten fundamente
Original wooden foundation

19
Toestand van de fundering vóór de restauratie
Condition of the foundation before restoration

De waarnemingen betroffen:

- *De zettingen van de pijlers*

Meer dan 15 jaren zijn de zettingen aan de pijlers periodiek uitgemaakt en wel, nadat met niet-geroutineerde meetploegen wonderlijke ervaringen waren opgedaan, door de Stedelijke Meetkundige Dienst. Het is namelijk zo dat het op millimeters inmeten van dergelijke niveaus een geweldige routine en kennis van zaken vereist, wil dit niet tot waardeloze resultaten leiden. Deze nauwkeurigheidsmetingen laten zien dat de kerkpijlers nog voortdurend in beweging zijn (0-1 mm per jaar), maar dat de verschilmetingen niet van dien aard zijn dat binnen afzienbare tijd hierdoor schade aan het gebouw zou moeten ontstaan. Ook het bijplaatsen van enkele De Waalpalen onder de meest kritieke punten, de vieringpijlers met aangrenzende funderingen, verstoren dit beeld niet.

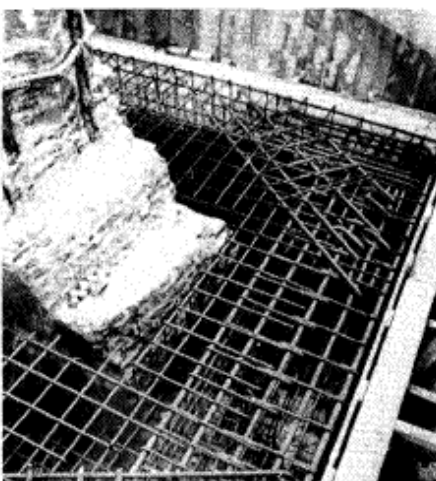
- *De grondmechanische aspecten*

Deze zijn uitvoerig bestudeerd, allereerst om te kunnen overzien of de ongelijkheid in funderingsdiepte aanleiding zou zijn tot zeer ongelijke zettingen. Hierbij is rekening gehouden met de zakkingen die in de loop van de eeuwen zijn opgetreden en door zandaanvullingen in de kerk werden vereffend.

Grondmechanische en bemalingsproblemen moesten ook het beleid bepalen met betrekking tot de uitvoering van het pand van C&A op enkele honderden meters afstand, langs het Damrak. Door ons zijn toen aanwijzingen gegeven om de bemalingsperiode zo mogelijk te verkorten ten einde de schade te beperken. Niettemin heeft de Nieuwe Kerk er zettingen van ondervonden die hier en daar in de orde van grootte van 1 cm liggen. Maar dit heeft het skelet van de kerk ogenschijnlijk zonder klaarblijkelijke kleerscheuren overleefd. Het begeleidend onderzoek, peilbuizen, extra metingen enz. heeft echter wel de nodige extra kosten meegebracht.

Duidelijk is daarbij naar voren gekomen, dat de zettingen niet geheel blijvend maar gedeeltelijk elastisch van aard waren (10 mm zakking herstelde zich mettertijd weer voor de helft). Het plezierige fabeltje dat een afsluitende laag de afdekking vormt van de draagkrachtige laag op 13 m is bij het onderzoek, althans ter plaatse van de Nieuwe Kerk niet opgegaan. Het bemalen van het diepe zand bij C&A heeft wel degelijk zijn invloed op de bovenlagen gehad en de negatieve kleef alsmede de zetting bevordert.

20
ersterking kolomvoet
Reinforcement column base

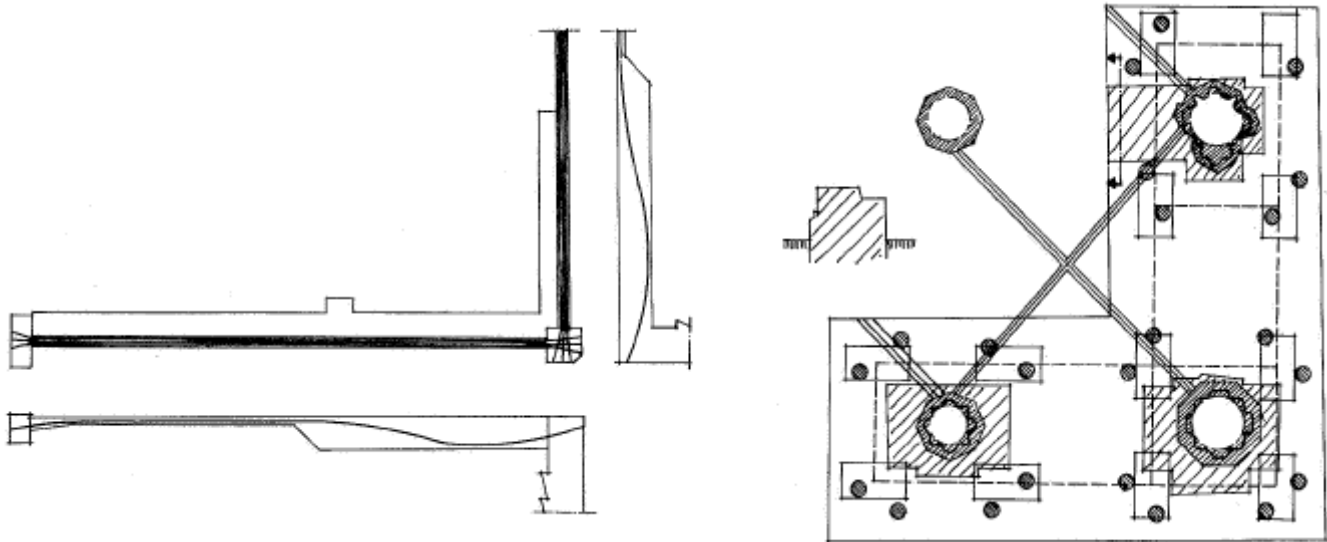


Voorts is een onderzoek ingesteld naar de draagkracht van de fundering, bestaande uit houten palen zowel in organisch-chemisch als in mechanisch opzicht. Sommige zijn na belasting getrokken. De resultaten waren verschillend en niet in alle opzichten overtuigend, maar wel bleek hieruit voldoende dat de oorspronkelijke gedachtenlijn kon worden aangehouden. Het resultaat is dat de Nieuwe Kerk een aantal ingrepen heeft ondergaan om op kritieke punten de samenhang te versterken, echter zonder de betrekkelijke soepelheid van het geheel aan te tasten.

Daarom werd volstaan met het versterken van de vieringpijlers met aangrenzende steunpunten en funderingen daaronder (fig. 20).

Het is duidelijk dat deze plaatsen tot de meest kwetsbare moeten worden gerekend: zij zijn het zwaarst belast, aan één zijde ontbreekt de buurman, terwijl de pijler aan de andere zijde het meest kritiek was. De eenzijdigheid is opgeheven door trekelementen aan te brengen langs de triforiumgalerij (dat is de smalle gang boven de spitsbogen) (f/g. 21) alsook door het herstellen en vernieuwen van de volkomen weggeroeste trekstangen ter hoogte van de geboorte van de kruisgewelven.

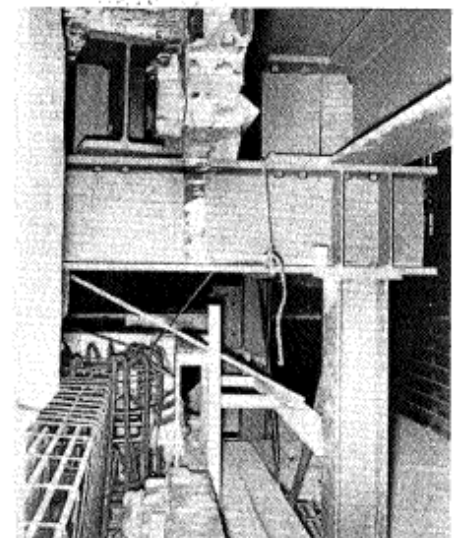
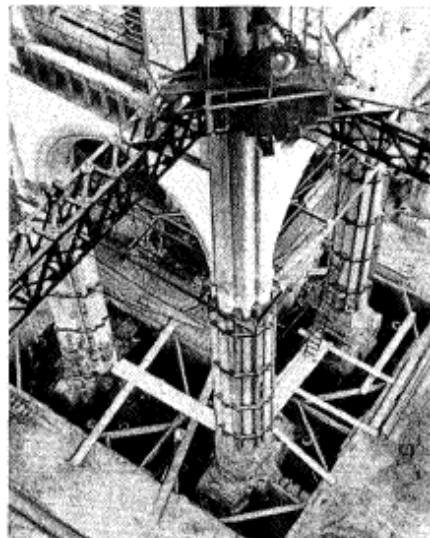
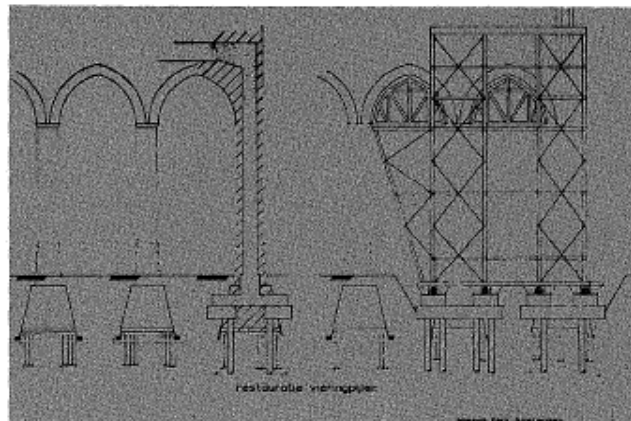
De vieringpijlers met bovenbouw hadden vóór de restauratie reeds kennelijk de neiging naar elkaar toe te komen. Men had althans vroeger al enkele primitieve middelen (lijkend op trekbanden) aangebracht van hoekpunt naar hoekpunt om hier iets aan te doen. Het is niet waar-



21
Voorgespannen trekbanden vanaf de vieringpijler in de triforiumgalerijen verlopend
Ties of prestressed concrete from the main pier in the triforium galleries

22
Horizontale doorsnede over de vervangen vieringpijler en aangrenzende kolommen
Horizontal section through main pier and adjacent columns which had to be replaced

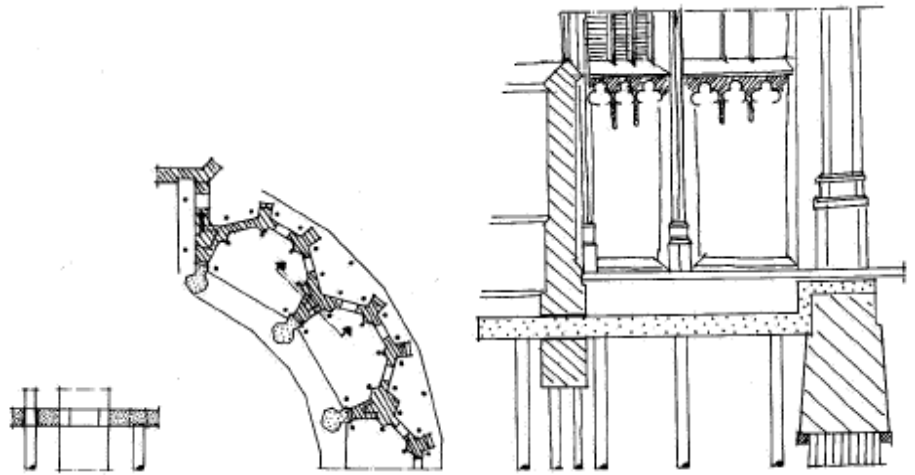
schijnlijk dat deze veel hebben bijgedragen; wij hebben na verwijdering van de oude 'trekbanden' de vieringpijlers tijdelijk door tralieliggers op elkaar afgestempeld. Ook andere pijlers vertoonden knikpunten door gebrek aan koppeling. Een tijdelijke staalconstructie werd ontworpen om één van de vieringpijlers met de twee erhaast staande pijlers te kunnen vervangen (fig. 22-23, foto 24). De gewichten werden overgenomen door stalen elementen (foto 25) in de bogen alsmede in de triforiumgalerij. Om niveaוזakkingen door lengteverandering en buiging in het staal, evenals door zetting van de funderingen te voorkomen, werd de staalconstructie onder elke hoofdstijl omhoog gevijzeld tot de berekende spanning in deze stijl aanwezig was. De pijlers waren hiermee spanningsloos en konden zodoende worden vernieuwd en herzien.



23-25
Tijdelijke staalconstructies bij de kolomrestauraties
Temporary steel structures during renovation of the columns

26-27

De fundering onder de kapellenkrans werd geheel vernieuwd
The foundation under the chain of chapels had to be thoroughly renewed



28

Het plaatsen van een drukpaal
Placing of a press pile

Onder de kapellenkrans achter het koor werd de fundering wel geheel vernieuwd. In tegenstelling tot het overgrote deel van de kerk, bleek in de loop der jaren dat de fundering van de kapellenkrans achter het koor toch wel te veel zakkingsneiging vertoonde. Dit had duidelijk desintegratie van de stenen gewelven tussen krans en koor en in de kapellen zelf tot gevolg. Daarom is hier een grote maar eenvoudige ingreep verricht die in korte tijd de kapellenkrans een geheel nieuwe fundatie gaf. Dit geschiedde door de aanleg van een funderingsplaat die door De Waalpalen wordt gedragen (fig. 26 en 27, foto 28). Een dergelijke grote ingreep is eenvoudiger dan het apart restaureren van de afzonderlijke funderingspunten, onder meer omdat door het vooraf aanbrengen van de funderingsplaat voldoende tegenwicht wordt gevonden voor het drukken van de palen door de gespaarde gaten.

Torens

Wanneer in het algemeen gesproken een gebouw gefundeerd is op staal, en onder de aanleg bevinden zich op geringe diepte samendrukbare lagen, dan hangt het van de plattegrond en de opbouw van het gebouw af, of hier minder prettige consequenties aan verbonden zijn. Een in twee richtingen symmetrisch uitgevoerd en samenhangend bouwwerk zal nog niet zo gauw in moeilijkheden komen.

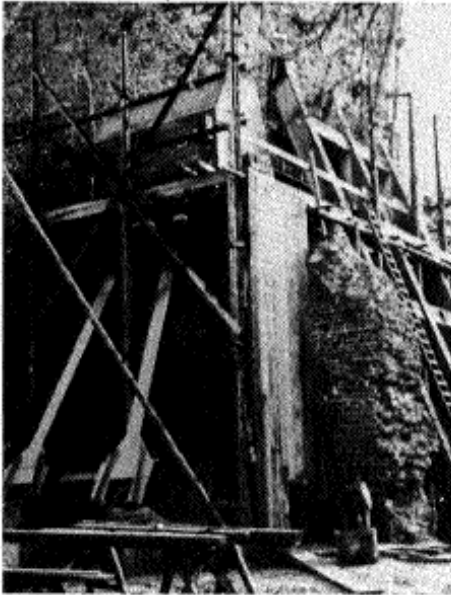
Een eenvoudig Nederlands kerktype bestaande uit een kerkzaal, eventueel met zijbeuken en koorafsluiting en aan het andere eind een toren, die in evenredigheid hoog opstreeft en een kleine plattegrond heeft, is echter bepaald niet van dit type. In dwarsrichting gezien is de symmetrie volkomen afwezig en de toren alleen weegt evenveel als de hele kerk. De druk op de diepere grondlagen is daardoor in het geheel niet gelijkmatig en zal onder de toren verreweg het grootst zijn (en ook daaronder geenszins gelijkmatig).

De gewichtsdruk door de toren zal aan de kerkzijde, via de eindgevel van de kerkzaal nog redelijk gespreid worden, maar aan de ingangzijde is dat veel minder het geval. Het is dan ook een gebruikelijk verschijnsel dat de toren in de eerste plaats geneigd is zich te zetten t.o.v. de kerkzaal en in de tweede plaats af te wijken van het kerkschip. Voorbeelden zijn de torens van Spijkenisse, Piershil en Bedum. Alleen op een goede funderingsgrond blijven torens in deze situatie recht staan. Men kan als het ware voorspellen: staat de toren recht, dan is de grondslag bijzonder goed of is het geheel voldoende onderheid. In het algemeen behoort een toren natuurlijk met zijn zwaartepunt boven het zwaartepunt van zijn fundering te liggen. Dit is dus dikwijls niet het geval, omdat de kerkmuur als funderingsuitbreiding moet worden gezien. Maar ook de toren in Dordrecht, waar van een andere afwijking sprake is, blijkt met dit zwaartepunt fout te zitten; hij staat geheel asymmetrisch op zijn gigantische fundamenten in de klei. Bij de restauratie is hier voortgeborduurd op het oude idee van uitbreiding van het fundament, zonder daar in principe gewicht aan toe te voegen.

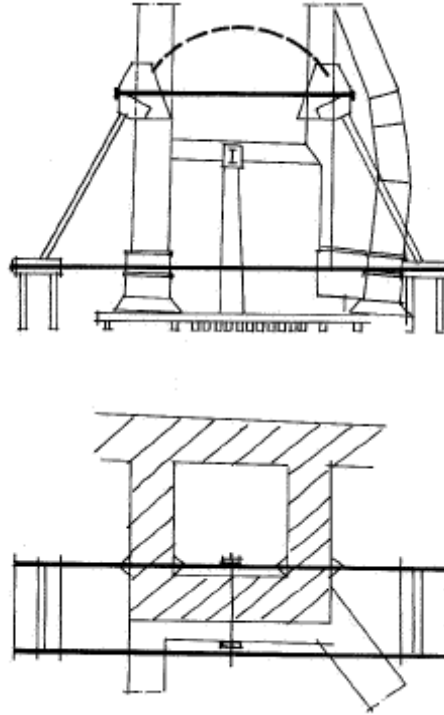
Aan het begin van dit artikel werd er op gewezen dat men onze voorouders niet de gebrekkige kennis van de funderingsproblematiek kan verwijten. Toch mag geconstateerd worden dat zij soms blij gaven van groot opportunisme, zoals dat spreekt uit de toren in Spijkenisse, die zichtbaar in de loop van de bouw zodanig zakte, dat hij gedurende de uitvoering steeds bijgekromd moest worden.

Een juistere vorm voor een torenfundament zou zijn, van meet af aan tegenover de kerkmuur, dus naast de ingang, zware steunberen aan te brengen, die tot een grotere egalisatie van de gronddrukken hadden kunnen leiden. Vaak treft men wel steunberen aan, maar deze dateren uit een veel latere periode, toen het verzakkingsproces zichtbaar al aan de gang was. Het ongeluk wil dat de steunbeer dan geen soelaas meer kan bieden, want die heeft zijn aanvangszakking niet gehad, de grondslag is niet geconsolideerd en hij scheurt van de toren af, tot zolang de toren nog mee naar voren trekkend.

Dit was onder meer het geval bij Bedum. De genoemde steunberen zijn dan ook bij de restauratie weer verwijderd.

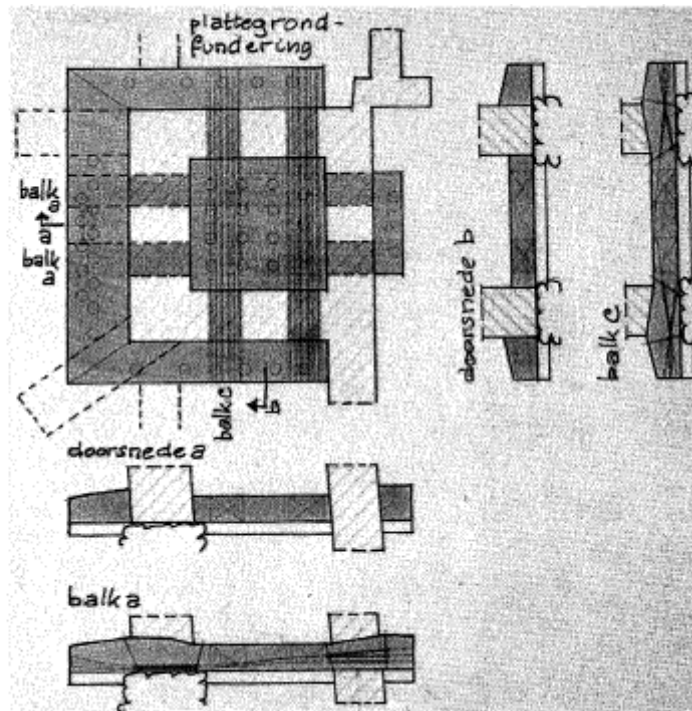
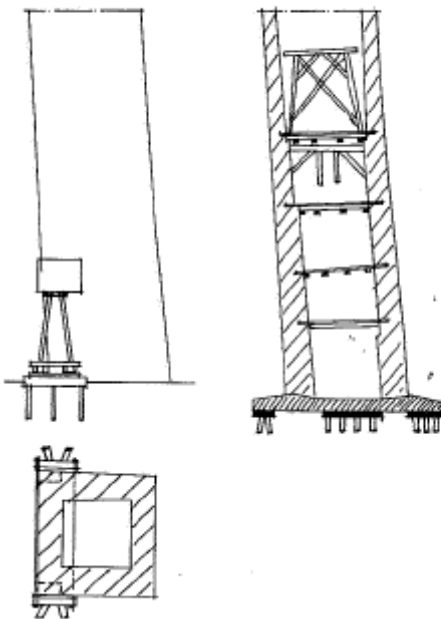


29
 Zichtbaar een steunbeer die het verder gaan van de ongelijkmatige zakking bij de kerktoren van Bedum moest voorkomen
 An early counter fort which should have saved Bedums tower from leaning over more and more



30-31
 Een hulpconstructie t.b.v. vernieuwing van de fundering
 An auxiliary structure for renewing the foundation of the tower

32-33
 De nieuwe funderingsplaat waaronder drukpalen staan
 The new foundation slab beared by press piles



Het zal duidelijk zijn dat herstellingswerkzaamheden niet zover gaan dat de scheve torens weer worden rechtgezet. Zij worden in hun schiefstand gestabiliseerd. Men zou het doel voorbij schieten door bij voorbeeld de toren van Pisa weer te lood te stellen, al zou dit met de genoemde prijsvraagoplossing van 1973 d.m.v. de jack-block vijzels mogelijk zijn. Het schietlood speelt bij restauratie echter wel een belangrijke rol. Het is een van de meest effectieve bewakers van de gedragingen van torens bij herstelwerkzaamheden aan het fundament. Het hangt vanaf een hoog punt in de toren naar beneden tot vlak boven een cirkelvormige oriëntatieplaat, waarop mm's verplaatsing naar alle windstreken kunnen worden afgelezen. Bij alle herstelde torens speelde deze opstelling zijn rol. Nauwkeurige waarnemingen leerden dat verplaatsingen niet alleen met werkzaamheden aan de fundamente te maken hebben, maar dat ook de zonnestand waarneembare invloed heeft, ja, dat ook eb en vloed hun invloed kunnen doen gelden.

34

De funderingsplaat werd voorgespannen
The foundation slab was prestressed

35

De oude fundatie bevatte nog zwerfstenen,
gezet in een klei-mortel
The old foundation was built up with erratic
stones bound by a clay-mortar



De kerktoeren van Bedum

Een zeer illustratief voorbeeld ten slotte voor herstellingswerkzaamheden aan torens is dat in Bedum, waarvan de gebreken in het voorgaande reeds uiteengezet zijn. Bij het opnieuw funderen op palen werd hier van nieuwe principes uitgegaan, waarbij op grote schaal de voorspanttechniek werd gebruikt.

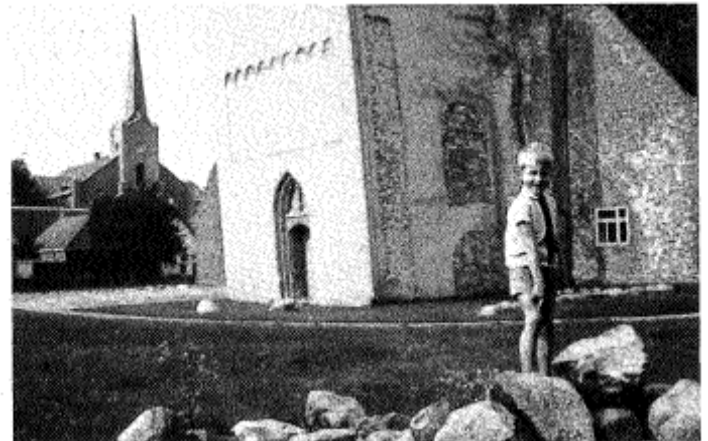
Nadat in de tweede wereldoorlog bij een scheefstand van 1 : 15 de dreiging voor instorten werd bezworen door aan de noordzijde een drietal schoren (foto 29) aan te brengen die op houten palen werden gefundeerd, werd de toren definitief gerestaureerd in de jaren 60. Deze schoren werden toen vervangen door een andere hulpconstructie die tijdelijk het torengewicht grotendeels moest overnemen om de fundering te kunnen onderheien (fig. 30). Met behulp van hydraulische vijzels werden de hulpsteunen aan weerszijden tegen de torenschacht geklemd. De hulpfundaties, alsmede de aangrijpingsklemmen aan de toren waren onderling door voorspankabels op elkaar afgespannen (foto 31).

De verankering van de hulpconstructie aan de toren was aangebracht op een hoogte waar de ontstane drukboog nog door redelijk goed metselwerk kon worden opgenomen. De herstellingswerken zelf bestonden uit de aanleg van een funderingsplaat van voorgespannen beton en het daaronder plaatsen van drukpalen (fig. 32, 33, foto 34).

Foto 35 laat een stuk oude fundering zien, opgebouwd uit zwerfstenen en kleimortel.

36-37

Thans een monument bewaard voor de
toekomst
A monument now maintained for the future



Besluit

Bij Bedum ervoer ik de betrekkelijkheid van individuele meningen inzake restauraties. Een goede vriend van mij uit Den Haag, geboren in die streek, had commentaar toen ik hem vertelde, dat ik bezig was de toren constructief weer op poten te zetten. Hij zei: 'Zorg ervoor, dat hij niet omvalt, want ik kijk je niet meer an!' Een vriendin van me, ook uit die omgeving afkomstig, zei: 'Moet er aan die bouwval nog zoveel geld worden besteed - slopen maar!' Het geeft duidelijk de instelling aan van de mensen die hun prioriteiten voornamelijk leggen bij de dingen van vandaag en anderen, die de band met historische werken niet verloren willen zien gaan, ja, emotioneel bij het behoud daarvan betrokken zijn.

De laatste opvatting spreekt voor mij wel heel sterk uit de opofferingen die bijv. een Rockefeller zich heeft getroost om in New York op een prachtig punt aan de Hudson een klooster te laten bouwen, waar de sfeer van middeleeuws Europa wordt opgeroepen en geïllustreerd met ingevoerde fragmenten van zuilen, bogen, gewelven enz. De bewoners van dit land, waarvan er één zei: 'Er zijn geen Amerikanen, wij zijn allemaal aan Europa gebonden', kunnen die band met het verleden ook maar moeilijk missen en zouden wij die dan moeten laten schieten? Voor de afbeeldingen hartelijk dank aan de medewerkers van de Rijksdienst voor de Monumentenzorg, de Rijksgebouwendienst, het raadgevend ingenieursbureau Aronsohn en het funderingsbedrijf De Waalpaal.