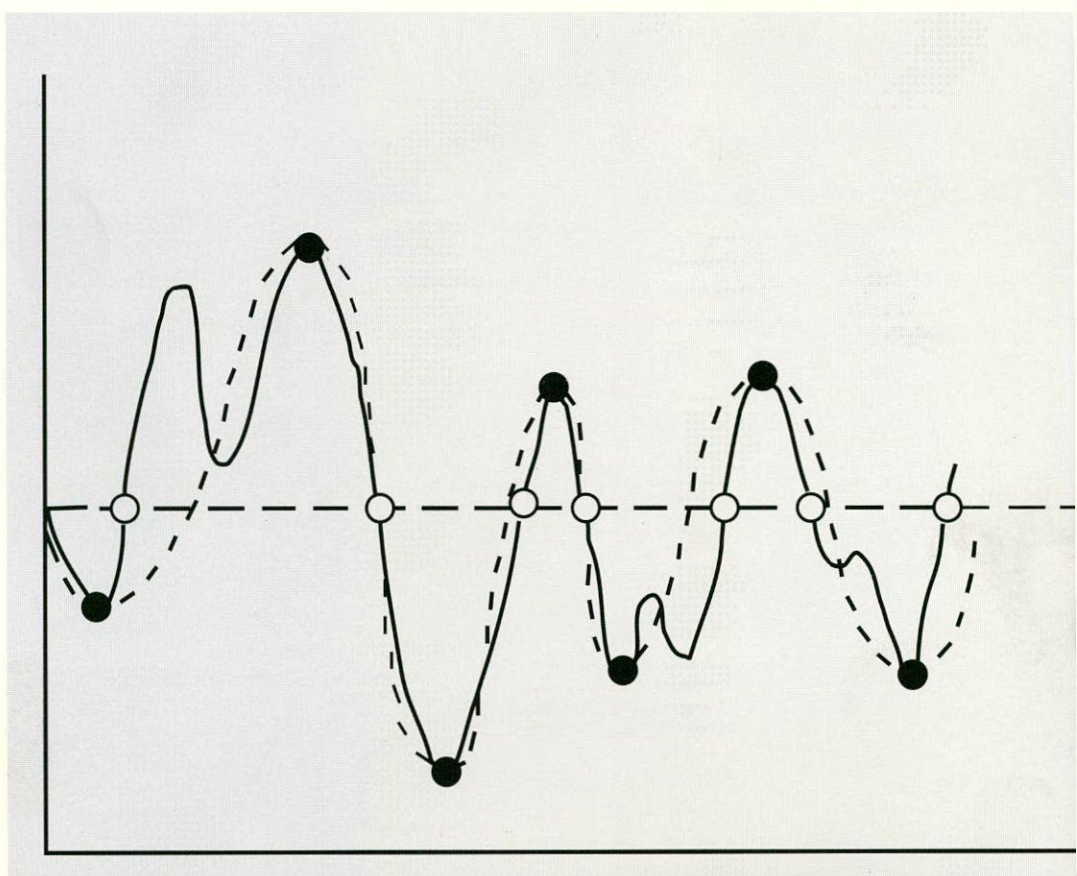


## Vermoeing van beton

### Rekenprocedure en achtergronden



Postbus 420  
2800 AK Gouda  
Telefoon 01820-39600



Postbus 7261  
2701 AG Zoetermeer  
Telefoon 079-411981



93-13  
VERMOEIING VAN BETON

Rekenprocedure en achtergronden

MaTS 18

Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving

branchevereniging voor de nederlandse toeleveranciers  
in de olie- en gasindustrie

Dit rapport is onder de volgende trefwoorden opgenomen in het CUR-infobestand:

centrische druk  
excentrische druk  
experimenteel onderzoek  
Miner, regel van  
rekenprocedure  
rekenvoorbeelden  
semi-probabilistisch  
ontwerp  
telmethoden  
vermoeiing van beton  
wisselende belasting

De CUR en degenen die aan deze publikatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het verwerken van de in deze publikatie vervatte gegevens. Deze gegevens geven de stand van de techniek op het moment van uitgifte weer. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten, dat zich toch onjuistheden in deze publikatie kunnen bevinden. Degene die van deze publikatie gebruik maakt, aanvaardt daarvoor het risico. De CUR sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze publikatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens.

Het overnemen van (delen van) deze uitgave is slechts toegestaan met als bronvermelding "Rapport 93-13, Vermoeiing van beton Rekenprocedure en achtergronden, CUR, Gouda."

## VOORWOORD

Over het inmiddels afgeronde onderzoek op het gebied van vermoeiing van beton is in een 4-delige serie IRO/MaTS/CUR-rapporten verslag gedaan. Het onderzoek is voor een belangrijk deel uitgevoerd in het kader van het Marien Technologisch Speurwerk (MaTS) van de IRO (voorheen Industriële Raad voor de Oceanologie; nu Branchevereniging voor de Nederlandse toeleveranciers in de olie- en gasindustrie).

In dit onderhavige rapport wordt daarvan een kort samenvattend overzicht gegeven. Het uitgevoerde onderzoek heeft het inzicht verschaft dat vele van de bestaande rekenkundige benaderingen van vermoeiing van beton leemten en inconsistenties vertonen. Daarom wordt in dit rapport een voorstel voor een rekenprocedure gegeven, waarmee het mogelijk is om mede op basis van de met het onderzoek verworven kennis het effect van vermoeiing bij betonconstructies te beoordelen. Naast de feitelijke tekst van de procedure zijn ook de technische en wetenschappelijke overwegingen gegeven die tot deze vorm van procedure hebben geleid. In het rapport zijn ook drie rekenvoorbeelden opgenomen, waarvan er één kritisch bleek ten aanzien van het verschijnsel vermoeiing.

De CUR-onderzoekcommissie C 33 "Wisselbelasting" hoopt, dat het onderhavige rapport gebruikt zal worden door de bouwpraktijk. Om de juistheid en bruikbaarheid van de rekenprocedure te kunnen toetsen, is CUR zeer geïnteresseerd in ervaringen en resultaten. Indien deze ter kennis van de CUR worden gebracht, wordt het inzicht in deze materie verbeterd en kan indien zinvol de eventueel bijgestelde rekenprocedure in de regelgeving worden opgenomen.

Bij het uitkomen van het rapport was de samenstelling van de commissie als volgt:

ir. W. Colenbrander, voorzitter

ir. P. Eggermont, secretaris

dr.ir. H.A.W. Cornelissen

dr.ir. D.A. Hordijk

ir. B. Kuiper

prof.ir. H. Lambotte

dr.ir. J.G.M. van Mier

ir. B.J.G. van der Pot

ir. A.W.F. Reij

ir. A.J.M. Siemes

prof.dr.ir. L.Taerwe

ir.drs. J.H.A.M. Vrencken

ir. H.P.J. Vereijken, coördinator

prof.dr.ir. J. Blaauwendraad, mentor

Dit rapport is op basis van onderzoek, uitgevoerd door het Stevinlaboratorium van TU Delft, TNO-Bouw en het laboratorium Magnel van de Rijksuniversiteit Gent, geschreven door ir. A.J.M. Siemes.

Ten slotte spreekt de CUR haar dank uit aan het Ministerie van Economische Zaken en Rijkswaterstaat voor de financiële bijdragen ten behoeve van dit onderzoek.

december 1993

Het bestuur van de CUR

## INHOUD

Hoofdstuk	1	INLEIDING . . . . .	5
Hoofdstuk	2	PROBLEEMSTELLING . . . . .	6
Hoofdstuk	3	RECENT VERMOEIINGSONDERZOEK OP BETON . . . . .	7
Hoofdstuk	4	BESTAANDE REKENPROCEDURES VOOR VERMOEIING VAN BETON . . . . .	15
Hoofdstuk	5	KORT OVERZICHT VAN DE REKENPROCEDURE . . . . .	18
Hoofdstuk	6	REKENVOORBEELDEN . . . . .	23
	6.1	Inleiding . . . . .	23
	6.2	Viaduct in een autosnelweg uitgevoerd als een ter plaatse gestorte massieve plaat . . . . .	23
	6.3	Viaduct in een autosnelweg uitgevoerd in prefab kokerliggers . . . . .	36
	6.4	Spoorwegviaduct . . . . .	41
	6.5	Nabeschouwing . . . . .	44
Bijlage	A	REKENPROCEDURE . . . . .	46
	A1	Inleiding . . . . .	47
	A2	Algemeen . . . . .	47
	A2.1	Onderwerp . . . . .	47
	A2.2	Definities . . . . .	48
	A2.3	Symbolen en dimensies . . . . .	49
	A3	Belastingen en dynamisch gedrag . . . . .	50
	A3.1	Algemeen . . . . .	50
	A3.2	Belastingstypen . . . . .	51
	A3.3	Vastleggen van belastingen en effecten . . . . .	52
	A4	Materiaalgedrag . . . . .	55
	A4.1	Opgelegde materiaaleigenschappen . . . . .	55
	A4.2	Eigenschappen volgend uit experimenteel onderzoek . . . . .	62
	A5	Grenstoestanden . . . . .	63
	A5.1	Eisen ten aanzien van veiligheid en bruikbaarheid . . . . .	63
	A5.2	Telmethode . . . . .	65
	A5.3	Controle op vermoeiingsrelevantie . . . . .	67
	A5.4	Gebruikstoestand . . . . .	69
	A5.5	Uiterste draagvermogen . . . . .	69
	A6	Ontwerp- en uitvoeringsaanwijzingen . . . . .	70
	A7	Inspectie en reparatie . . . . .	70
	A8	Samenvatting van de rekenprocedure . . . . .	71
		SAMENVATTING . . . . .	72
		SUMMARY . . . . .	73
		LITERATUUR . . . . .	74

## HOOFDSTUK 1

### INLEIDING

Door TNO-Bouw is onderzoek uitgevoerd naar het gedrag van beton onder drukspanningen die op een grillige, zogenaamde "random" wijze in de tijd variëren.

Het vormt een logische voortzetting van het eerder bij TNO-Bouw uitgevoerde onderzoek in opdracht van de StuPOC (Stuurgroep Problematiek Offshore Constructies) [1] en van eerder onderzoek in samenwerking met de CUR [2, 3 en 4].

Het voorstel voor het onderzoek staat omschreven in [5]. In dat voorstel is een vijftal onderzoekjaren voorzien. In de eerste drie jaren zijn centrische drukproeven uitgevoerd, gevolgd door excentrische drukproeven in de laatste jaren.

Door het Stevinlaboratorium van de Technische Universiteit Delft is vermoeiingsonderzoek verricht op ongewapend beton. Daarbij werd uitgegaan van trekspanningen of van spanningen die vanuit het drukgebied overgingen naar het trekgebied. Bij deze experimenten werd gewerkt met centrische belastingen. Aanvullend hierop is door het Belgische Laboratorium Magnel van de Rijksuniversiteit Gent (RUG) onderzoek verricht met buigbelastingen.

Het onderzoek is voor wat betreft het experimentele gedeelte afgerond en gerapporteerd [6, 7, 8 en 9]. Conform de planning [5] wordt het geheel afgesloten met een rekenprocedure voor betonconstructies, die wisselend worden belast en waarvoor vermoeiing een mechanisme zou kunnen zijn, dat tot bezwijken leidt. Het ligt in de lijn van het uitgevoerde experimentele onderzoek en van recente ontwikkelingen in de techniek, om de procedure een probabilistische grondslag te geven, of tenminste een verschijningsvorm die zoveel mogelijk geënt is op de semi-probabilistische ontwerpprocedures, die reeds geruime tijd worden gehanteerd voor overwegend statisch belaste betonconstructies. Voorbeelden daarvan zijn te vinden in de Technische grondslagen voor bouwconstructies TGB 1990 - Voorschriften Beton. Constructieve eisen en rekenmethoden (VBC 1990), in de overige TGB's en in de concepten van de Eurocodes.

De rekenprocedure is beschreven in bijlage A. In deze bijlage is onder A 2.3 tevens een symbolenlijst opgenomen.