



DR 83-29

laboratorium voor grondmechanica delft
delft soil mechanics laboratory

numerieke
simulatie

van een golf klap

op een asfalt-zanddekte

dit '83.

laboratorium voor grondmechanica delft

stichting waterbouwkundig laboratorium



postbus 69, 2600 AB delft
stieltjesweg 2, delft
telefoon 015-569223
telex: 38234 soil nl
postgiro: 234342
bank: mees en hope nv delft
rek.nr. 25.92.35.911
(giro: 6400)

Numerieke simulatie van een golfklap op een asfalt-zanddijk

Tussentijdse rapportage

oktober 1983

CO-262051

projectleider LGM : dr. ir. H. van der Kogel
systeemanalyst LGM: R. van Weenen
projectleider COW : ir. E.H. Ebbens



Inhoud

Inleiding

Parameterstudie homogene grond

Vergelijking Drucker-Praeger model met MONOT

Doel van dit rapport:

Invoerparameters *waarvan*

Beschrijving Drucker-Praeger

Berekening piekspanning *wellen*

Invloed grootte mesh

Berekeningsresultaten

Samenvatting

Beddingsconstanten

Vergelijking van de resultaten met het SATURN-, BISAR- en verenmodel

Conclusie

Nawoord

Figuren



Inleiding

Bij de beschrijving van het gedrag van met asfalt beklede dijken ten gevolge van golfklappen staat de keuze van het model centraal. We kunnen hierbij denken aan een analytisch of een numeriek model. Bij het analytische model wordt getracht een zoveel mogelijk gesloten oplossing te genereren. Om het probleem echter hanteerbaar te maken moeten veelal sterke vereenvoudigingen aangebracht worden. Het effect van deze a priori aannames is veelal vooraf niet duidelijk. Het verenmodel uit de leidraad asfaltbekledingen kunnen we in deze categorie indelen. De numerieke modellen vertonen veelal een grote flexibiliteit ten aanzien van de aannames, maar hebben veelal het nadeel dat het eindantwoord een beperkter geldigheidsgebied heeft. Voor de statische belasting van asfaltplaten op een verdicht zandbed is een getest programma aanwezig (BISAR). Voor dynamisch belaste platen is op het LGM recent een programma beschikbaar gekomen (SATURN), ontwikkeld in het kader van Toegepast Onderzoek Waterstaat (TOW).

In het navolgende zal worden geschetst op welke wijze SATURN is toegepast bij de golfklapproblematiek.

In het kader van TOW-dynamica zijn in 1982 numerieke simulaties uitgevoerd van de golfklap-laboratorium experimenten van ir. P. Ruijgrok. Hiervoor werd het programma SATURN in combinatie met grondmodel MONOT gebruikt. De resultaten van deze simulaties waren zodanig dat werkgroep 4 van de T.A.W. besloot een opdracht te plaatsen voor een parameterstudie in het kader van het golfklappenproject. Daar het grondmodel MONOT leidt tot excessieve rekentijden werden allereerst resultaten met een 3-parameter grondmodel vergeleken met MONOT. De verschillen waren dermate klein dat besloten werd verder te werken met dit grondmodel (elastisch - D-P plastisch).

Uit informatie van ir. E.H. Ebbens van het COW bleek dat tegenwoordig bij de nieuw aan te leggen dijkvakken de ondergrond goed verdicht wordt. De parameterstudies hebben dan ook uitsluitend betrekking op die situatie. Voor de simulatie van slecht verdichte dijkvakken zullen eerst verdere resultaten uit het TOW-dynamica-programma afgewacht moeten worden. ?



par? ?

Gedurende de loop van de studie zijn verschillende controleberekeningen uitgevoerd. We kunnen onder meer noemen het vergelijken van de resultaten van SATURN met dat van een ander programma en het vergelijken van de numerieke resultaten met experimentele resultaten uit de wegenbouw. → ?

Grote aandacht is besteed aan het verbeteren van de efficiëntie van het rekenprogramma voor het golfklapprobleem, waardoor de rekentijd enorm kon worden teruggebracht ten opzichte van de eerste studies. Daardoor kunnen nu parameterstudies uitgevoerd worden met een realistisch budget. → ?

In het navolgende worden enkele resultaten van het werk in de afgelopen periode getoond. In deze periode hebben P. van Driel en R. van Weenen aan het project gewerkt.

Het ligt in de verwachting dat de definitieve parameterstudies zeer binnenkort gestart worden. Deze resultaten zullen worden vergeleken met de uitkomsten van BISAR en het model van de leidraad asfaltbekledingen.



Saturn
werkingsprincipe

Parameterstudie homogene grond

hoe kom je daar toe
formule oid.

Bij dit onderzoek is gestart met het maken van een zo optimaal mogelijk mesh alswel tijdstap, om de rekentijd te bekorten. Dit resulteerde in een mesh van $10 * 12$ elementen (zie figuur 5 en 6).

Bij deze parameterstudie zijn twee variaties bestudeerd, te weten de stijfheidsmoduli van het zandpakket en de dikte van de asfaltlaag. De stijfheidsmoduli voor een "los" en een "vast" zandpakket met een E-modulus van respectievelijk 10^7 en 10^8 N/m². De dikten van de asfaltlaag respectievelijk 0,2 en 0,4 m. Als meest relevante is in onderstaande tabel de piekspanning en maximale deflectie bij bovengenoemde parameters weergegeven:

lineair elastisch - D.P. model ?

Samenvatting berekeningsresultaten

	dun los dik		dun vast dik		
	A	B	C	D	dimensie
E-asfalt	$5 * 10^9$	$5 * 10^9$	$5 * 10^9$	$5 * 10^9$	N/m ²
v-asfalt	.38	.38	.38	.38	[-]
E-zand	10^7	10^7	10^8	10^8	N/m ²
v-zand	.30	.30	.30	.30	[-]
α	.7432	.7432	1.0683	1.0683	[-]
dikte asfaltlaag	.2	.4	.2	.4	[m]
max. trekspanning	58.0	4.5	16.8	1.9	[Bar]
tijdstip σ_t, \max	55	54	52	52	[ms]
max. deflectie	10.8	7.8	1.4	1.05	[mm]
tijdstip u_{yy}, \max	62	65	52	53	[ms]

$$1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

belasting? tijd



Vergelijking Drucker-Praegermodel met MONOT

in SATURN

waar staan die?

Door Ir. A. Bezuijen zijn berekeningen uitgevoerd met het grondmodel MONOT (dr.ir Molenkamp) in het kader van TOW-dynamica, met het doel de experimentele resultaten van het golfklaponderzoek (Ir. P. Ruijgrok) te simuleren. Door Van Driel zijn berekeningen uitgevoerd met het elastische Drucker-Praeger-plastisch grondmodel met een spanningsonafhankelijke stijfheid.

→ rapport

Het betreft in beide gevallen een lineair elastisch veronderstelde asfaltplaat op een grondpakket. De plaat wordt door een golfklap axiaal symmetrisch belast. Doel van berekeningen van Van Driel was het kwantificeren van verschillen ten gevolge van een verschillend grondmodel. De verschillen tussen de berekeningsresultaten waren klein. Aan de hand van deze vergelijkingsruns werd besloten om het Drucker-Praeger model te gebruiken bij de volgende berekeningen, waarbij ongeveer een factor 10 op rekentijd bespaard werd en waardoor parameterstudies haalbaar werden.



Doel

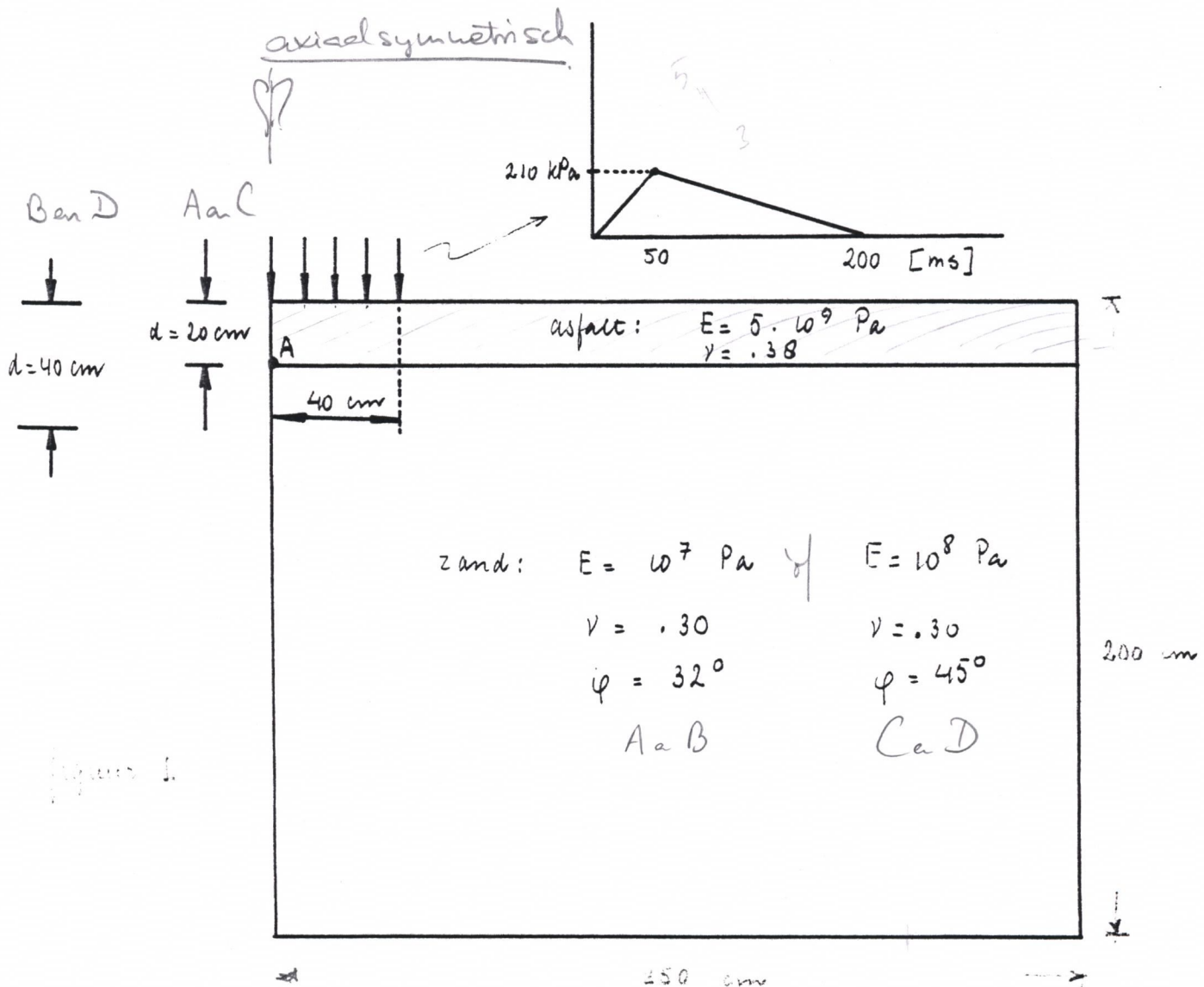
Het doel van de runs A, B, C en D is het bestuderen van de invloed van de variatie van de zandmoduli alsmede van de ^{dikte} geometrie van de asfaltlaag op de maximale trekspanning in het asfalt.

Figuur 1 en tabel 1 geven een overzicht.

Tabel 1:

	run A	run B	run C	run D
E-asfalt	$5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$
ν -asfalt	.38	.38	.38	.38
E-zand	10^7	10^7	10^8	10^8
ν -zand	.30	.30	.30	.30
dikte asfaltlaag	.2	.4	.2	.4

E in N/m^2



figuur 1.



Invoerparameters

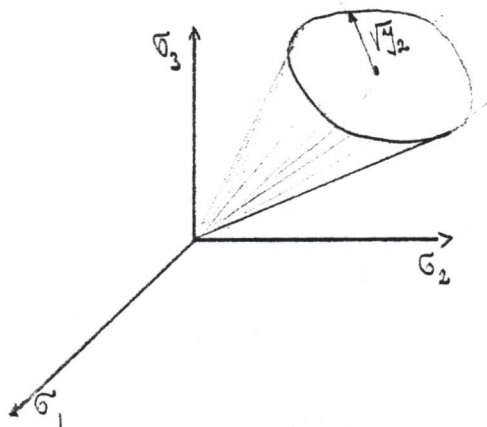
run	A, B "los" zand	C, D "vast" zand	Opmerkingen
K-asfalt	6.95 * 10 ⁹	6.95* 10 ⁹	N/m ²
G-asfalt	1.81 * 10 ⁹	1.81* 10 ⁹	N/m ²
K-zand	8.33 * 10 ⁶	83.34* 10 ⁶	N/m ²
G-zand	3.85 * 10 ⁶	38.46* 10 ⁶	N/m ²
α	.7432	1.0683	t.b.v. tophoek kegel Dr.Pr.-model



Beschrijving Drucker-Praeger model

Het Drucker-Praeger model schrijft in de hoofdspanningsruimte het gebied voor waarbinnen het materiaal linear-elastisch is en waarbuiten geen spanningstoestanden bestaan. Het overgangsgedebied is het bezwijkoppervlak. Bij het Drucker-Praeger model is de vorm van het bezwijkoppervlak voor cohesieloos materiaal een kegel met de top in de oorsprong.

De kegel laat zich beschrijven als:



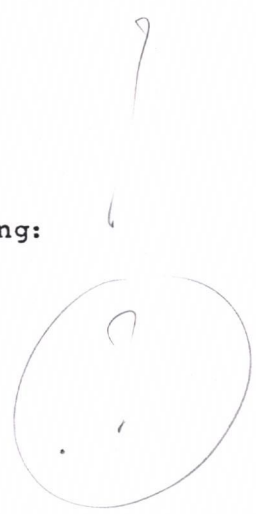
$$\sqrt{J_2} = \beta \frac{\sigma_{kk}}{3}$$

waarin:

$$J_2 = \frac{1}{2} S_{ij} S_{ij}, \text{ deviatorspanning:}$$

$$S_{ij} = \sigma_{ij} - \frac{\sigma_{kk}}{3} \delta_{ij}$$

$$\sigma_{kk} = \sum_{i=1}^3 \sigma_{ii}$$



in π vlak cirkel

Mohr Coulomb



v Mises

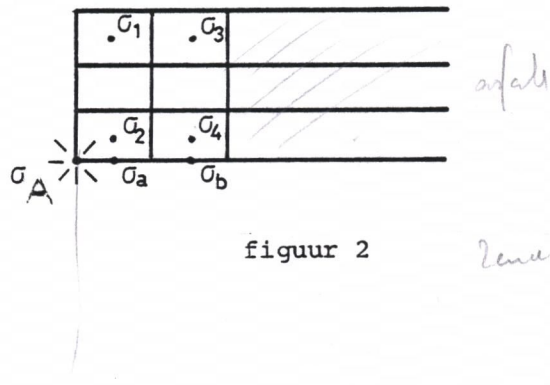
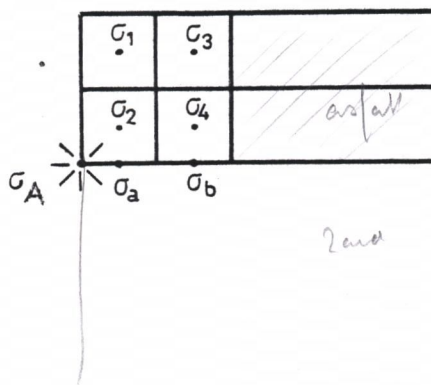




per element
linear verloopende
vierhoekige
problemen.

Berekening piekspanning

SATURN berekent de spanning in de zwaartepunten van de elementen, zodat de spanning in een punt door extrapolatie verkregen moet worden.



Extrapolatie bij 2 lagen:

$$\sigma_a = \sigma_2 + \frac{1}{2} (\sigma_2 - \sigma_1)$$

$$\sigma_b = \sigma_4 + \frac{1}{2} (\sigma_4 - \sigma_3)$$

Extrapolatie bij 3 lagen:

$$\sigma_a = \sigma_2 + \frac{1}{4} (\sigma_2 - \sigma_1)$$

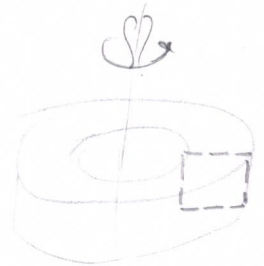
$$\sigma_b = \sigma_4 + \frac{1}{4} (\sigma_4 - \sigma_3)$$

En dan:

$$\sigma_A = \sigma_a + \frac{1}{2} (\sigma_a - \sigma_b)$$

Erratum

Langs alle tijd-assen in de computerplots moet
(msec) en bij de verplaatsing-as (mm) staan.



elementen soort
eigenschappen
interface
meshgrootte?
r.v.w. afzet los/ver





Invloed grootte van de mesh

Teneinde een goed vergelijk te kunnen maken tussen de verschillen, die optreden in resultaten bij berekening met verschillende elementgrootte beschouwen we de spanning in punt A. Er zijn twee berekeningen uitgevoerd, één met 625 elementen en één met 120 elementen (zie figuur 4, 5 en 6).

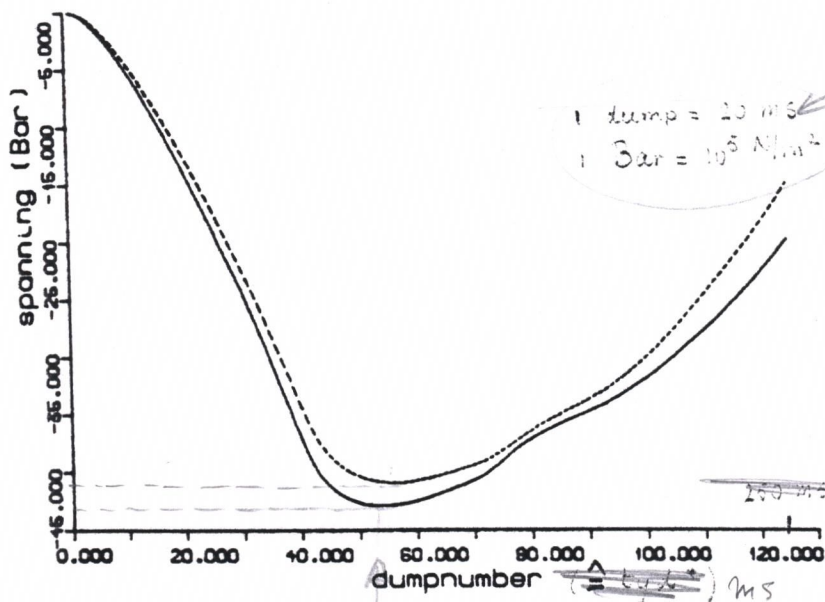
500 2nd elen.

84 2nd 10x12

Van de twee runs zijn in figuur 3 de spanningen in de tijd ⁱⁿ en het te beschouwen punt A (figuur 1) weergegeven.

De ononderbroken lijn is de lijn bij de elementennet van 120 elementen. De gestippelde is bij het net van 625 elementen.

verschil max spanning $\frac{43}{41} = 1,05$



figuur 3
100ms
110ms




ax symm.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	
126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	
176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	
226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	
251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	
276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	
326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	
351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	
376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	
401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	
426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	
451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	
476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	
501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	
526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	
551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	
576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	
601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	

as face

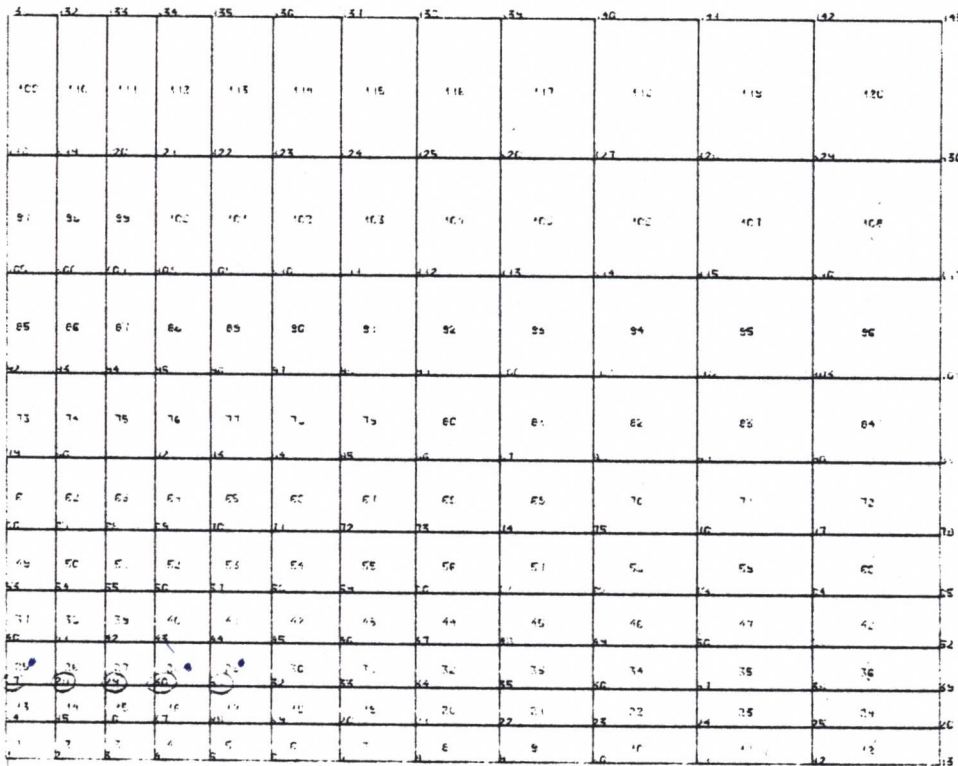
1:2000

 LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT	83-10-03	
	CO-262051 WEE	
	BIJL. 4	

Fluïnmazige mesh.
 20 x 25 elementen ~ 500
 generated mesh



o knooppuntnummers.



y ↑ 22-richting

x → 11-richting

↑ asfalt

1:2000



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT 85-10-25

Bun A en C,
20 cm asfalt.

CO-262031 WEE

elementenverdeling

10 x 12

BIJL. 5



o knooppuntnummers

100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164
165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177
178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203
204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216
217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229
230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242
243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255
256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268
269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281
282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294
295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307
308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333
334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346
347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372
373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385
386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398
399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411
412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424
425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437
438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450
451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463
464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476
477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489
490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502
503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515

↑
asfalt
↓

1:2000



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT 85-10-25

Run B en D.
40 cm asfalt.
elementenverdeling

10x12 Aantal ~ 120
36 af.

CO-262051 WEE

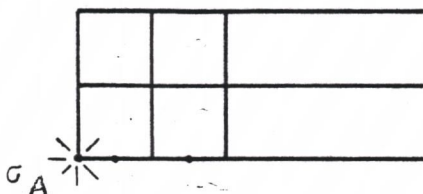
BIJL. 6



Berekeningsresultaten run A

Volgens de in voorgaande paragraaf besproken berekeningsmethode is de piekspanning in de asfaltlaag berekend en uitgezet in fig. A.1.

De maximale optredende trekspanning in het snijpunt hartlijn/laagscheiding is in run 13:



$58 \text{ Bar} \equiv 58 * 10^5 \text{ kN/m}^2$.

Zij treedt op op $t = 55 \text{ ms}$.

*andere
somma*

*58 * 10⁵ kN/m²*

figuur 11

De figuur A.2. geeft de verplaatsingen van enkele relevante knooppunten.

De maximale deflectie is de maximale verplaatsing van knooppunt 27.

Deze maximale deflectie is bijna 11 mm en treedt op bij $t = 62 \text{ ms}$, dus 12 ms na het maximum van de golfklap.



Samenvatting berekeningsresultaten

	A	B	C	D	dimensie
E-asfalt	$5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$	N/m^2
ν -asfalt	.38	.38	.38	.38	[-]
E-zand	10^7	10^7	10^8	10^8	N/m^2
ν -zand	.30	.30	.30	.30	[-]
α	.7432	.7432	1.0683	1.0683	[-]
dikte asfaltlaag	.2	.4	.2	.4	[m]
max. trekspanning	58.0	4.5	16.8	1.9	[Bar]
tijdstip σ_t, max	55	54	52	52	[ms]
max. deflectie	10.8	7.8	1.4	1.05	[mm]
tijdstip u_{yy}, max	62	65	52	53	[ms]

1 Bar = 10^5 N/m^2



Beddingsconstanten

Van alle ^{4 of meer} onderhavige SATURN-runs zijn van twee elementen onder de asfaltlaag de beddingsconstanten bekeken.

De verticale beddingsconstante k wordt bepaald uit:

$$\sigma_{yy} = k \cdot u_{yy}$$

Daartoe zijn van run A en C de gemiddelden van de verplaatsing van de knooppunten 27, 28 en 31, 32 uitgezet tegen de spanning in de elementen 25 en 29 (zie figuur 5).

Van run B en D zijn dit de knooppunten 40, 41 en 44, 45 en de elementen 37 en 41 (zie figuur 6).

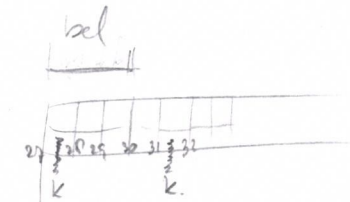
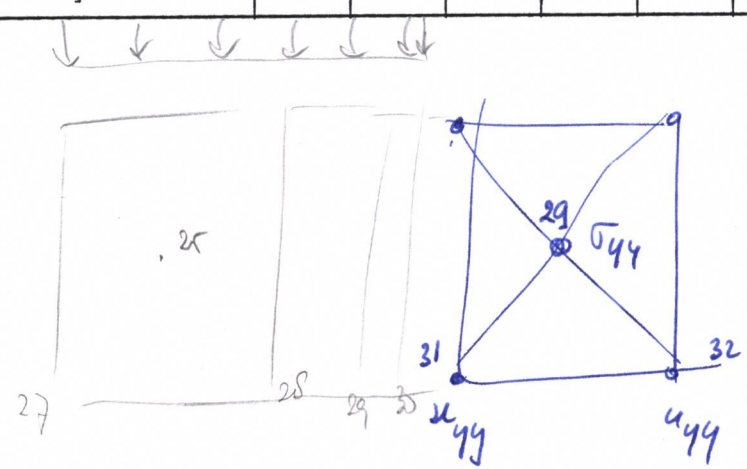
De resultaten zijn geplot in de figuren 7 t/m 10.

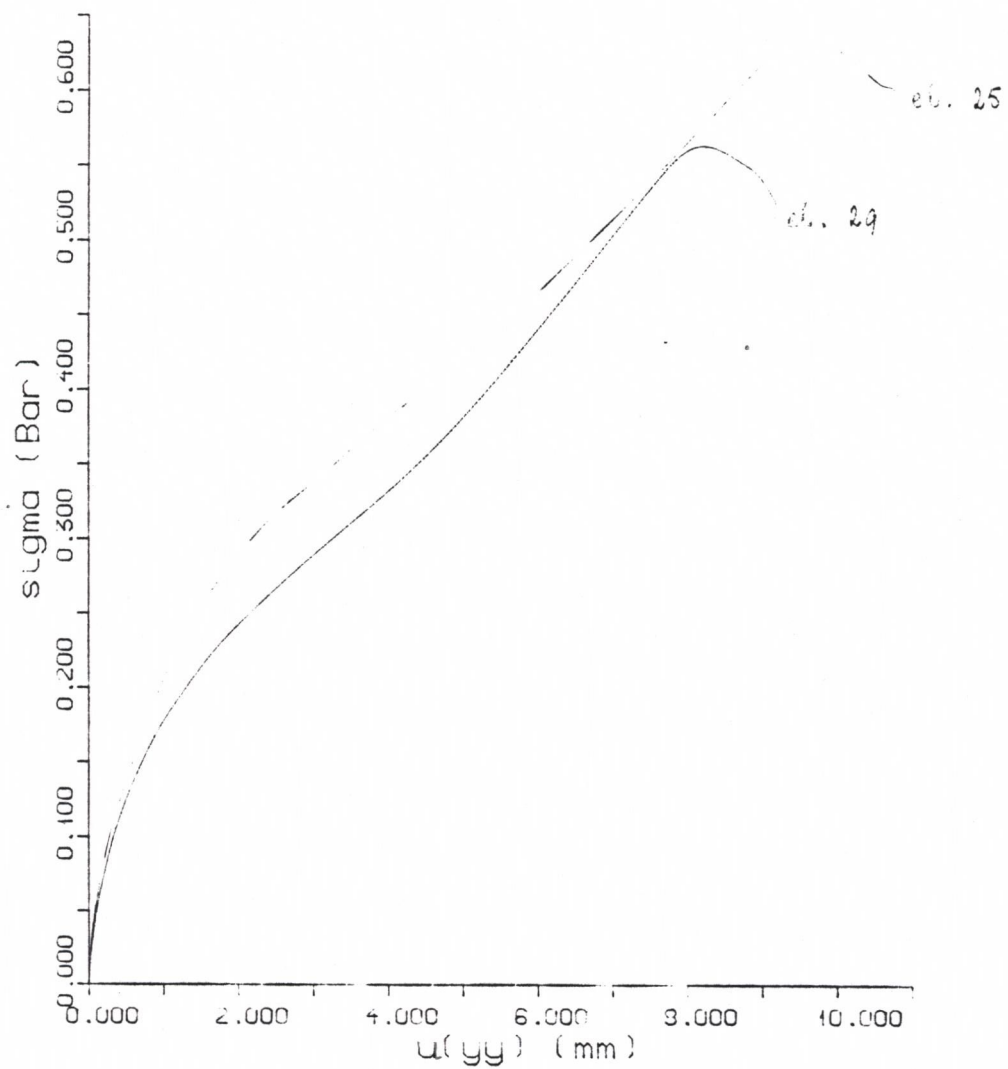
De spanningen en verplaatsing van genoemde knooppunten en elementen in A.4, B.5., C.4 en D.4.


Resultaten

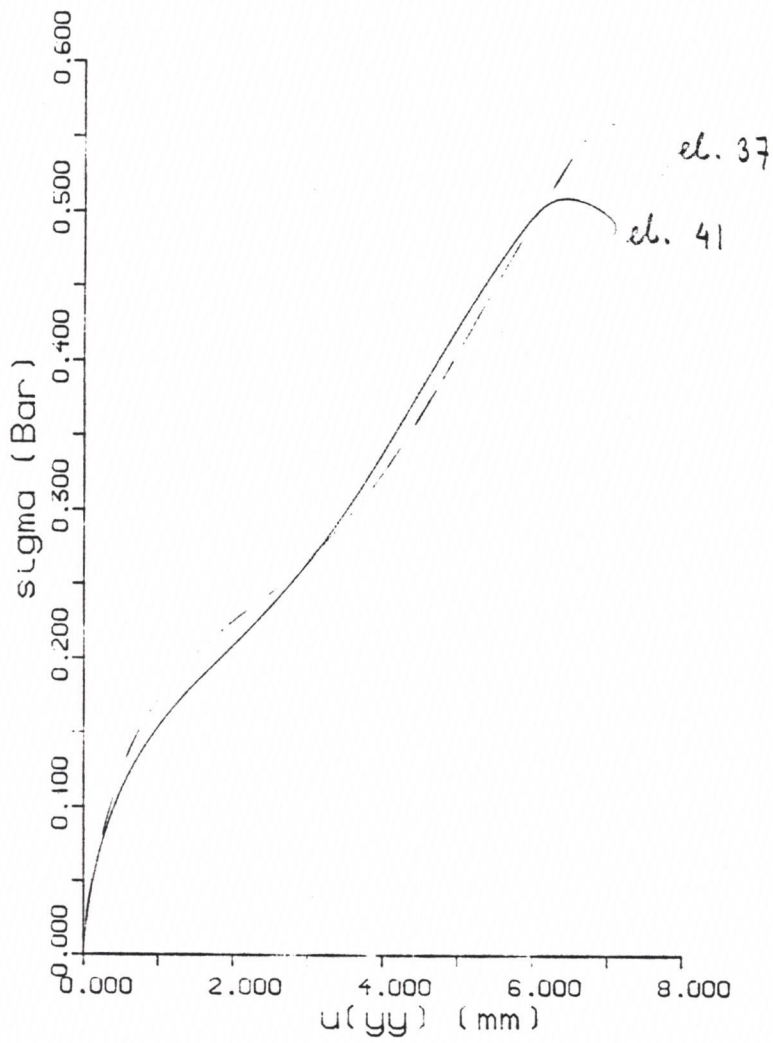
	run A		run B		run C		run D	
Gemiddelde beddingsconstante [MN/m ³]	25	29	37	41	25	29	37	41
Standaard deviatie in k [MN/m ³]	6.5	6.6	7.7	7.8	93.7	72.9	95.6	85.0
	0.13	0.11	0.10	0.10	0.48	0.41	.40	.37

knooppunt





 LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT	83-09-19
Beddingsconstanten	$u(yy)$ = verticale verplaatsing σ = verticale spanning
Rein A	BIJL. 7



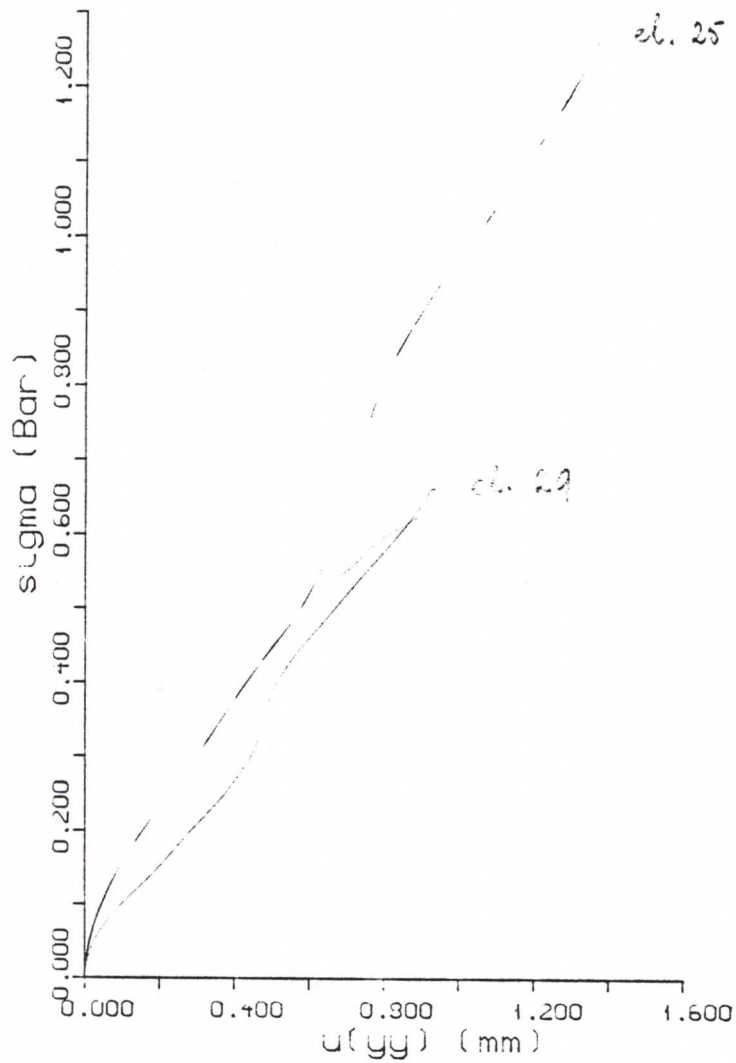
LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT


83-09-19

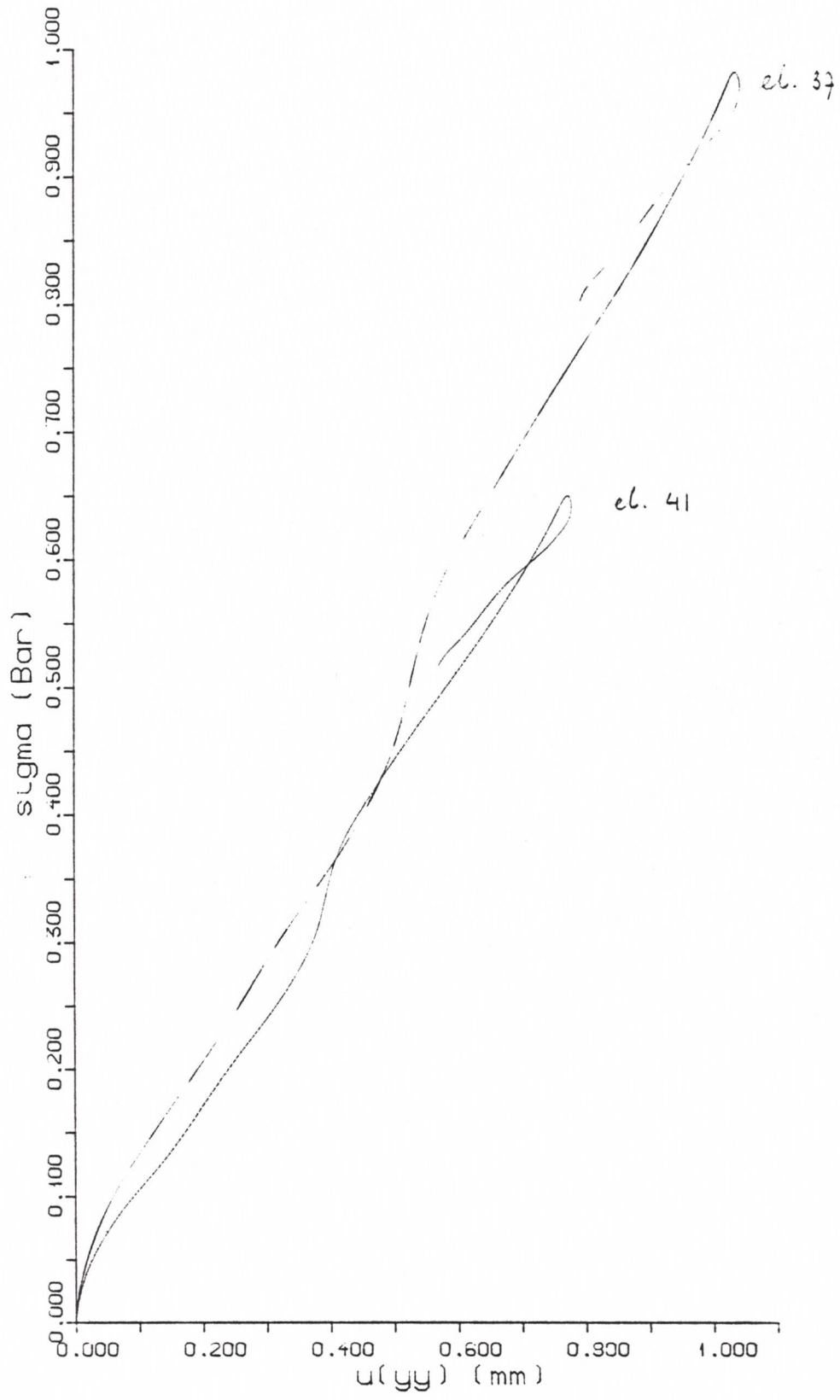
Beddingsconstanten


Run B

BIJL. 8



 LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT	83-09-19
Beddingsconstanten	
Ruim C	BIJL. 9



 LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT	83-09-19
Beddingsconstanten	
Run D	BIJL. 60



Vergelijking van de resultaten met het dynamica-programma SATURN, met het statica-programma BISAR en met het verenmodel

	"los" zand		"vast" zand	
	A	B	C	D
E-modulus (N/m ²)	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁸
dikte asfalt (m)	0,2	0,4	0,2	0,4
beddingsconstante (MN/m ³)	6,5	7,7	93,7	95,6
piekspanning (N/m ²):				
SATURN	5,8.10 ⁶	0,45.10 ⁶	1,7.10 ⁶	0,2.10 ⁶
BISAR	6.10 ⁶	3.10 ⁶	1,6.10 ⁶	1,2.10 ⁶
verenmodel	7,5.10 ⁶	3.10 ⁶	3,9.10 ⁶	1,6.10 ⁶
max.vert.verplaatsing (mm)				
SATURN	10,8	7,8	1,4	1,0
BISAR	18	11	2,5	1,8
verenmodel	11	5,6	1,5	0,9

De berekeningen met BISAR werden uitgevoerd door ir. P. Ruijgrok, waarbij de elastische parameters dezelfde waren als in de SATURN-berekening.

De berekeningen met het verenmodel van de leidraad werden uitgevoerd door ir. E.H. Ebbens met "veerconstanten" en stijfheden voor de plaat, zoals in de SATURN-berekening.

voor de zand grond

De resultaten geven een beeld van de orde-grootte. Een definitieve vergelijking kan pas plaatsvinden nadat de resultaten beschikbaar komen van de definitieve SATURN-runs.





Conclusies

In de runs A, B, C en D is de invloed gekwantificeerd van een verandering van stijfheid van de grond en van de dikte van de asfaltlaag.

De stijfheid van de grond beïnvloedt merkbaar de piekspanning ($E = 10^7$ en 10^8 kN/m² → $\sigma_t = 58$ en 17 Bar). (10)
↓
(3)

In geringe mate wordt de tijd, waarop de maxima optreden beïnvloed ($t = 55$, resp. 52 ms).

De maximale deflectie was respectievelijk 10.8 en 1.4 mm.

De vergroting van de dikte van de asfaltlaag van 20 naar 40 cm (run B en D) had bij dezelfde grondparameters als run A en B een piekspanning van 4,5 en 1.9 [Bar].



NAWOORD

In deze tussentijdse rapportage hebben we getracht een beeld te schetsen van het huidige golfklappenonderzoek. Voor dit doel is een aantal andere bekende modellen vergeleken met de SATURN-berekeningen. Opvallend is de "grote" overeenkomst van de resultaten, vooral bij de dunne platen. BISAR en verenmodel vertonen een vergelijkbare trend van een dunne naar een dikke plaat, terwijl de dynamische SATURN berekeningen een ander beeld geven. De SATURN-berekeningen tonen dat de equivalente veer een niet-lineair gedrag vertoont.

In samenwerking met ir. E.H. Ebbens, C.O.W. zal binnenkort een uitgebreide parameterstudie gestart worden. Verder zal het volgend jaar begonnen worden met onderzoek naar het effect van visco-elastisch gedrag van de asfalt. Eind 1984 kan wellicht gestart worden met het onderzoek van nat zand. Dit hangt mede af van de vorderingen die in TOW-verband worden gemaakt.

?

'87



Figuren

Voor element- en knooppuntnummering zie figuren 5 en 6.

Run A

- A.1 Piekspanning in asfaltlaag (midden onder)
- A.2 Vertikale verplaatsing onderkant plaat in de tijd
- A.3 Horizontale spanningen onderkant plaat in de tijd
- A.4 Vertikale spanningen in de zandlaag net onder de plaat
- A.5 Vervormingsplot $t = 15$ ms
- A.6 $t = 35$ ms
- A.7 $t = 50$ ms
- A.8 $t = 70$ ms
- A.9 Spanningstensorplot $t = 15$ ms
- A.10 $t = 35$ ms
- A.11 $t = 50$ ms
- A.12 $t = 70$ ms

Run B

- B.1 Piekspanning in asfaltlaag (midden onder)
- B.2 Vertikale verplaatsing onderkant plaat in de tijd
- B.3 Horizontale spanningen bovenkant plaat in de tijd
- B.4 Randvoorwaarden bovenkant plaat in de tijd
- B.5 Vertikale en horizontale spanningen onderkant plaat
- B.6 Vertikale spanningen in de zandlaag net onder plaat in de tijd

Run C

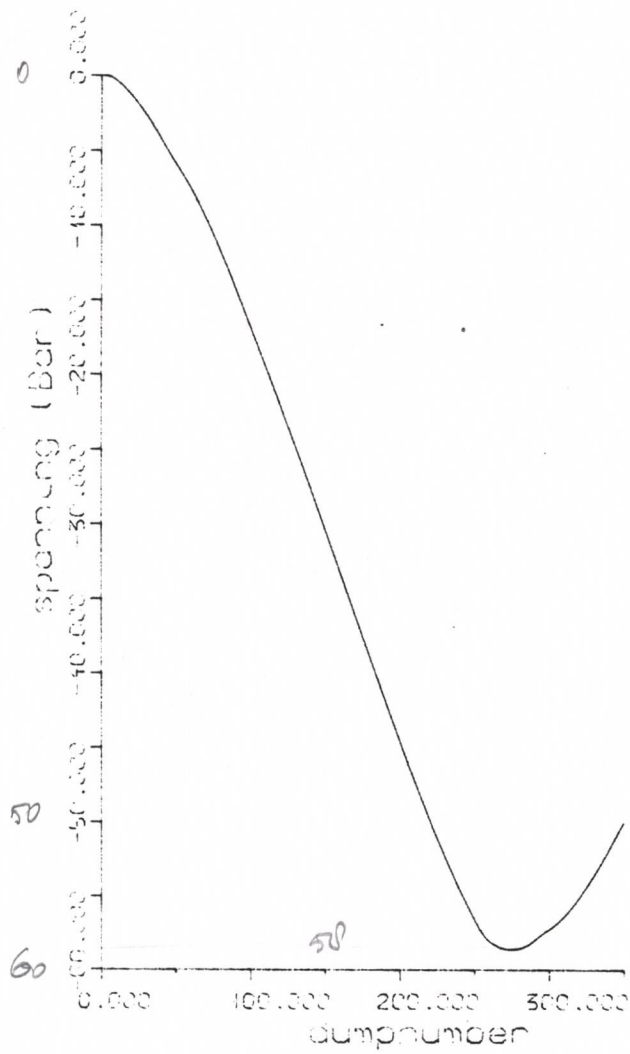
- C.1 Piekspanning in asfaltlaag
- C.2 Vertikale verplaatsing onderkant plaat in de tijd
- C.3 Vertikale spanningen onderkant plaat
- C.4 Vertikale spanningen in de zandlaag net onder plaat in de tijd

Run D

- D.1 Piekspanning in asfaltlaag
- D.2 Vertikale verplaatsing onderkant plaat in de tijd
- D.3 Vertikale spanningen onderkant plaat
- D.4 Vertikale spanningen in de zandlaag net onder plaat in de tijd



Run A

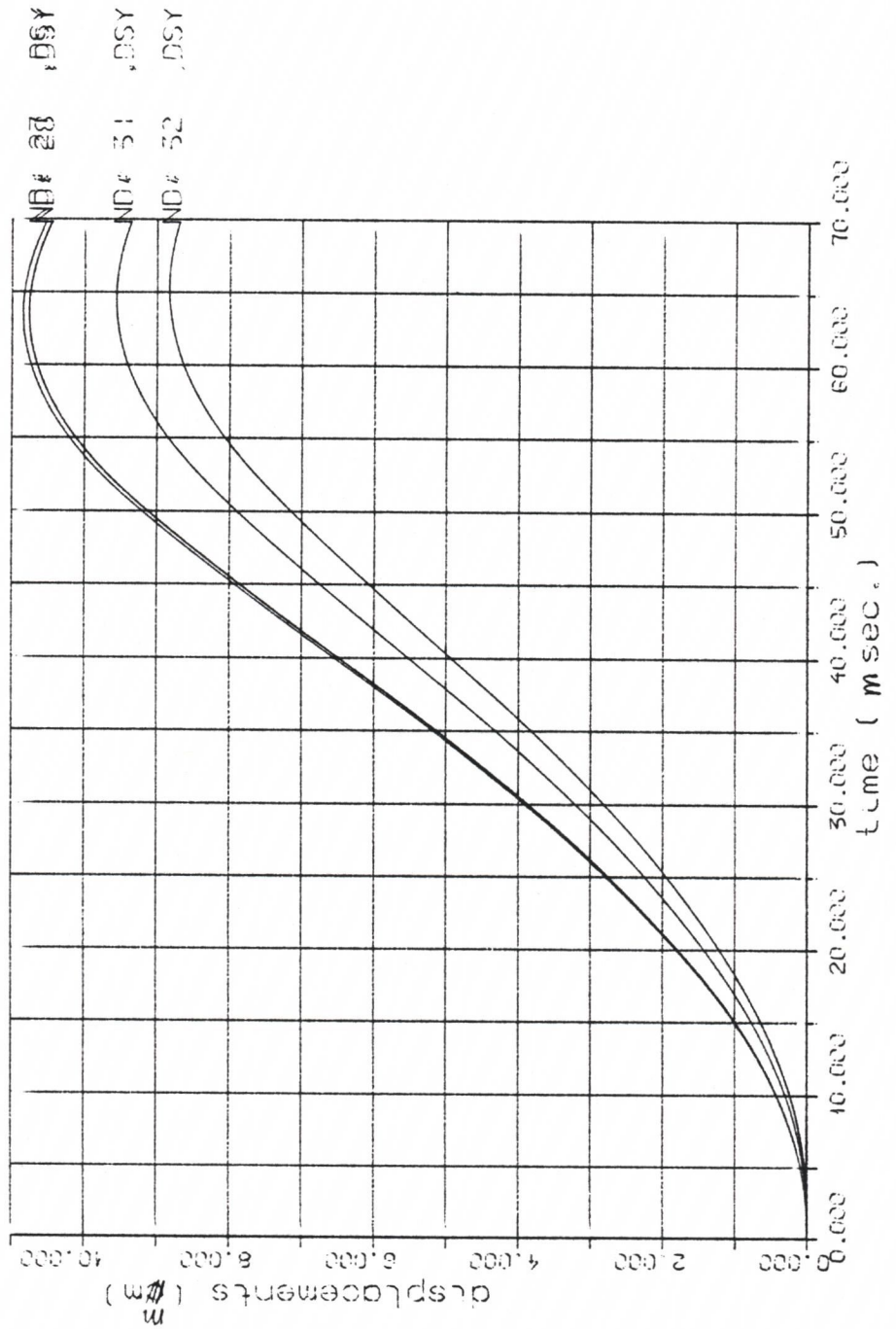


LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT 85-07-13

Peekspanning in asfaltlaag in punt A (zie fig 1)

Run A

BIJL. A.1



DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

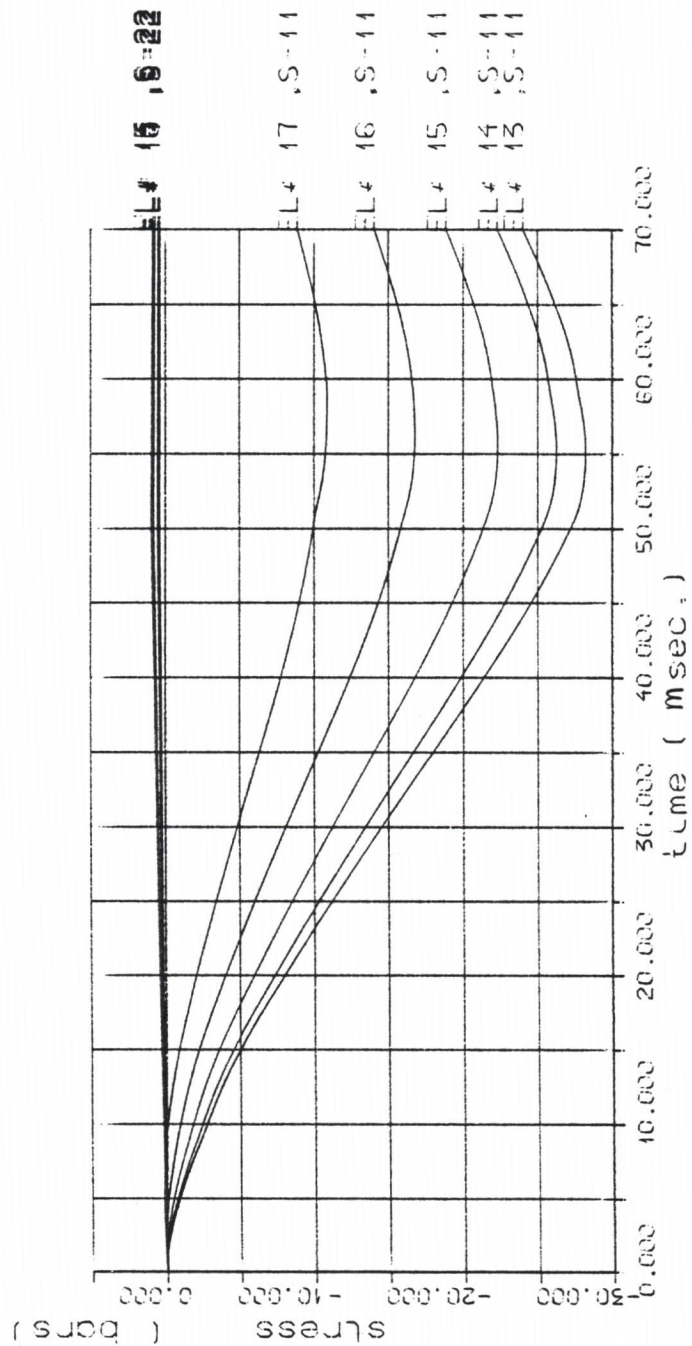
83-07-11

Time histories run 13
Drift zone met 20 cm asphalt

CO-262051 WEE

BIJL. A.2





DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

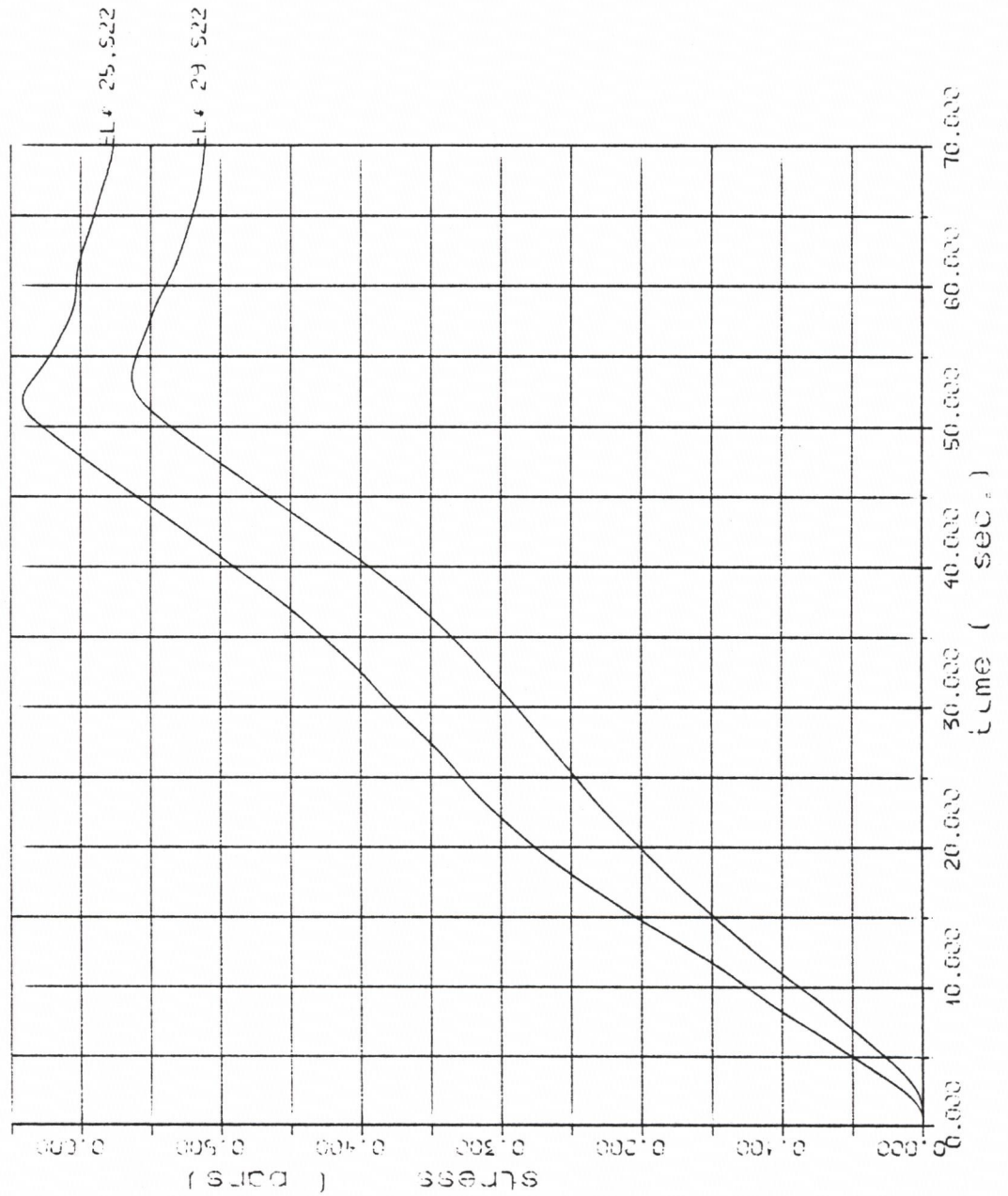
85-07-11

Time histories run 13
Dr-Pr zand met 20 cm asfalt

CO-262051 WEE

BIJL. A.3





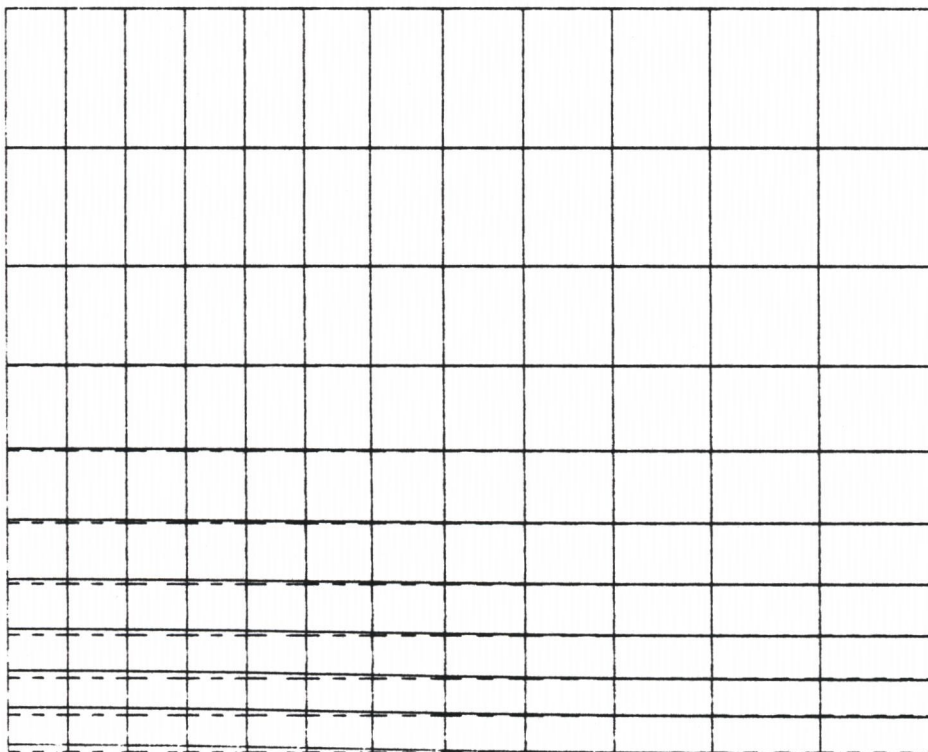
DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

83-09-15

Time histories run 13
Dry-Po zand met 20 cm asfalt

CO-262051 WEE

BIJL. A.4



cycle =600

factor =0.1000E+01

1:2
1:2000



DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

83-07-11

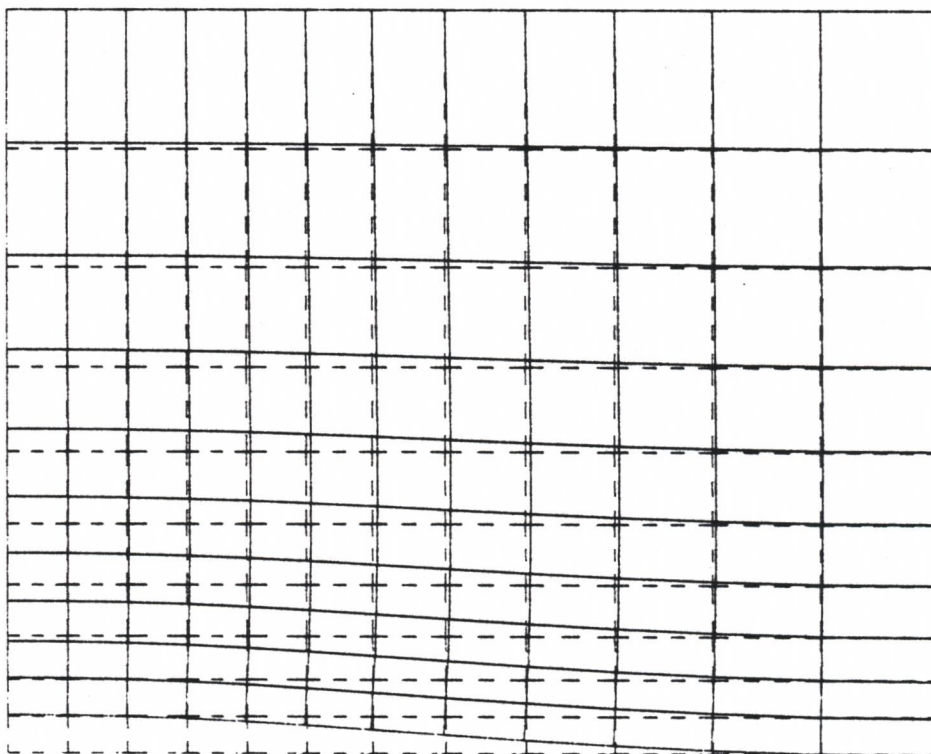
Time histories run 13
Dr-Pr zand met 20 cm asfalt

CO-262051 WEE

soil distorted mesh plot

,t=0.1500E+05



BIJL. A.5 4

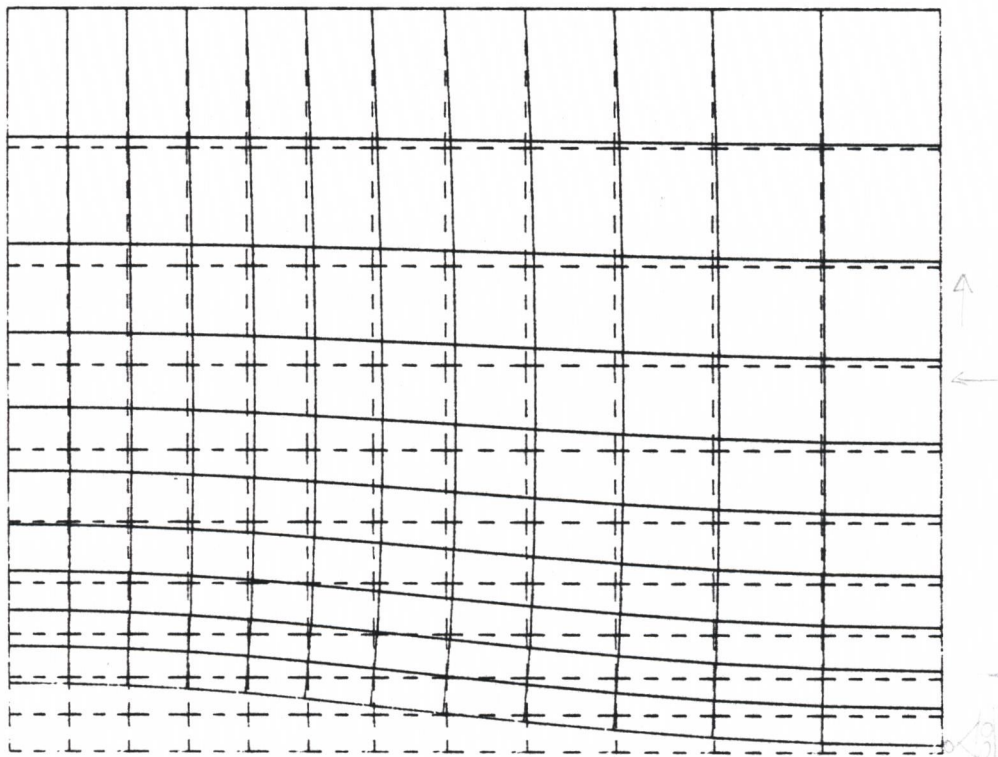


cycle = 1400

factor = 0.1000E+01

1:10
1:2000



	DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY	83-07-11	
Time histories run 13 Dr-Pr zand met 20 cm asfalt		CO-26205	WEE
soil distorted mesh plot		, t=0.3500E+05	BIJL. A.6 

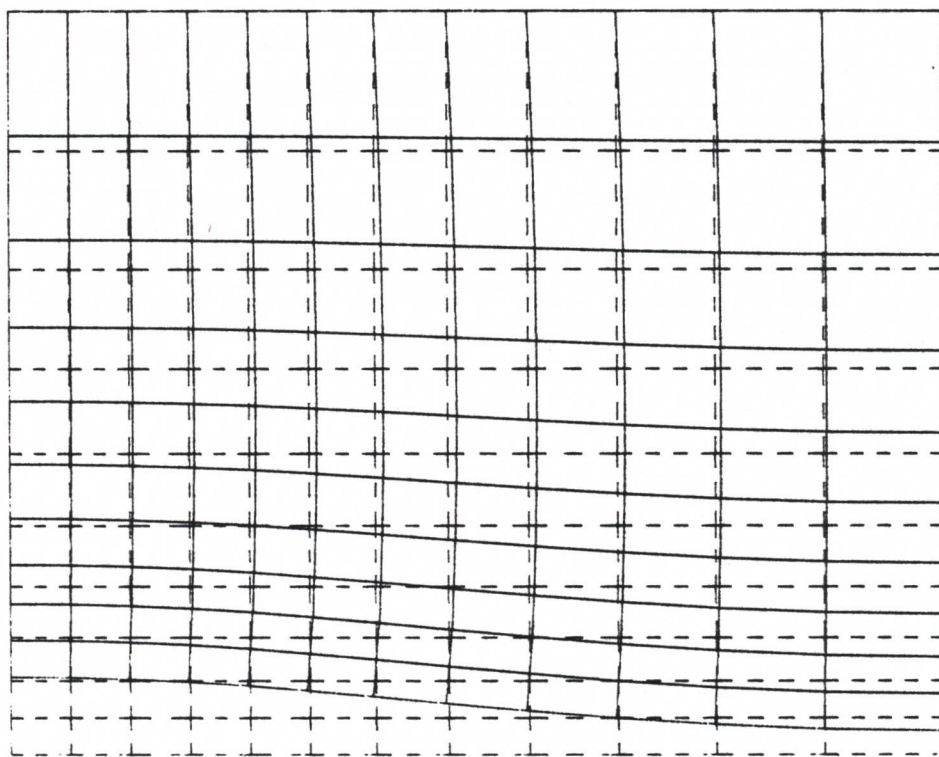


cycle -2000

factor =0.1000E+01

↑ 1:18
← 1:2000


	DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY	83-07-11	
Time histories run 13 Dr-Pr zand met 20 cm asfalt		CO-262051	WEE
soil distorted mesh plot		,t=0.5000E+05	BIJL.A.7 

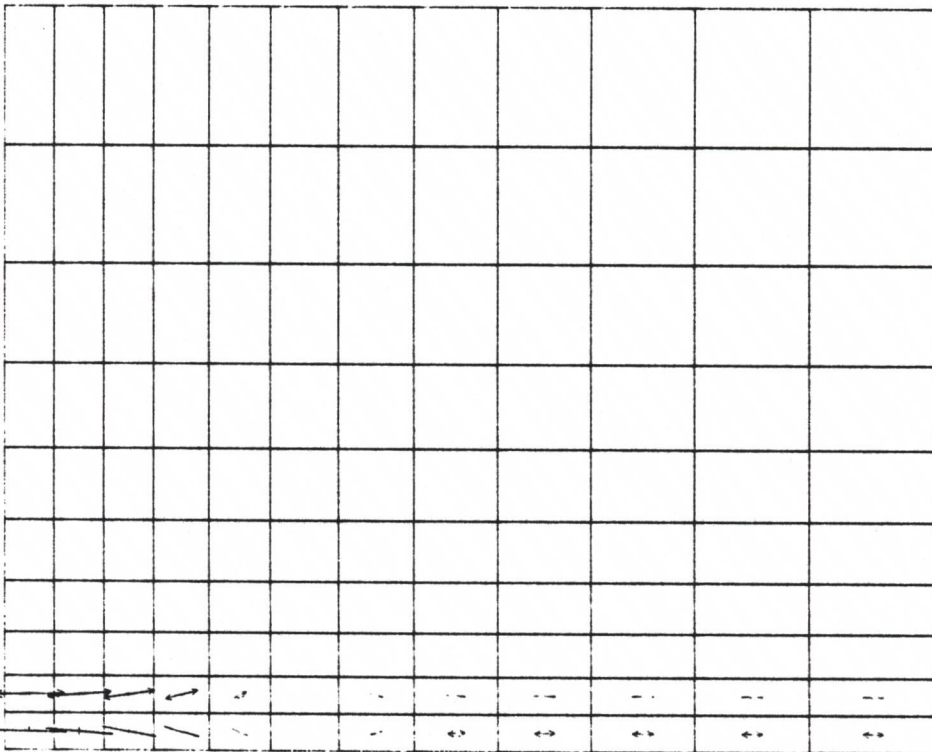


cycle = 2800

factor = 0.1000E+01

1:21
1:2000

	DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY	83-07-11	
Time histories run 13 Dr-Pr zand met 20 cm asfalt		CO-262051	WEE
soil distorted mesh plot		, t=0.7000E+05	BIJL. A.8 10




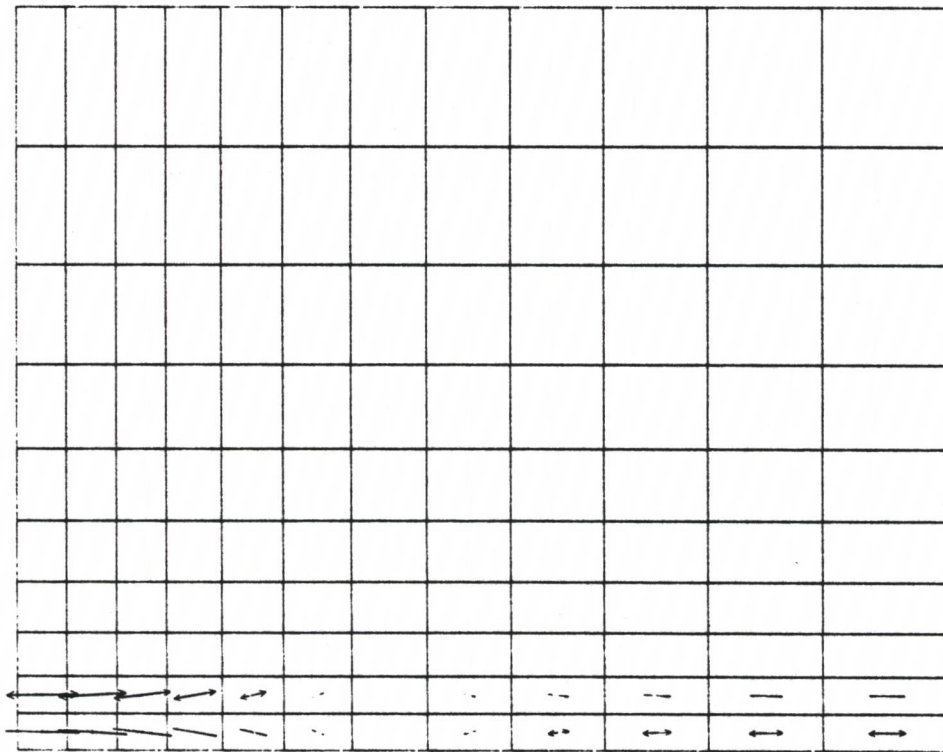
cycle = 600

factor = 0.5274E-05

→ Krachten?
←

1:2
1:2000

	DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY	85-07-15	
Spannungstensorplots run 13 Dr-Pr zand met 20 cm asfalt		00-262054	WEE
eff. stress tensor plot		t=0.1500E+05	BIJL. A.9 *



cycle = 1400

factor = 0.1946E-04

1:2
1:2000



DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

85-07-15

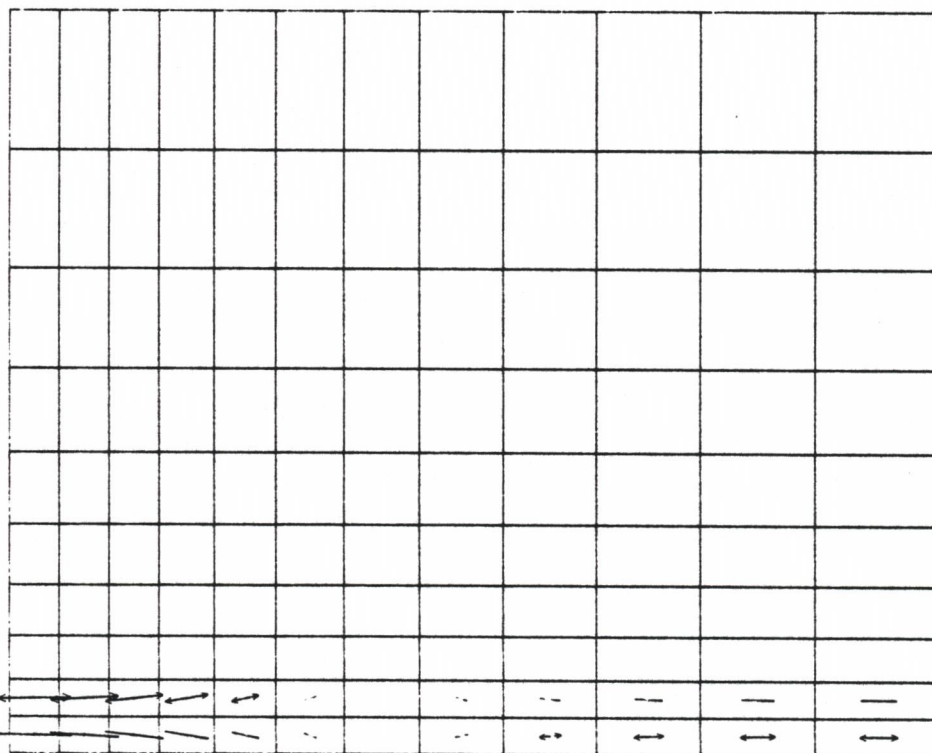
Spannungstensorplots run 13
Dr-Pr zand met 20 cm asfalt

CO-262051 WEE

eff. stress tensor plot

,t=0.3500E+05

BIJL. A.10 2




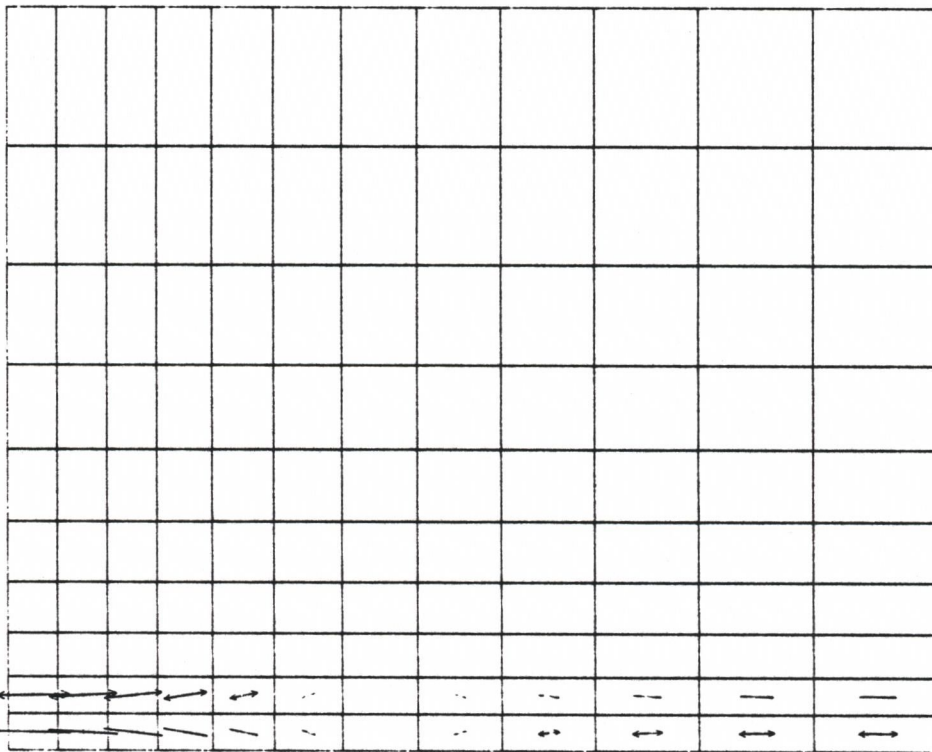
cycle = 2000

factor = 0.2766E-04

1:2

1:2000

	DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY	93-07-15	
Spannungstensorplots run 13 Dr-Pr zona met 20 cm asfalt		CO-262051	WEE
eff. stress tensor plot		t=0.5000E+05	SIJL. A.11 3

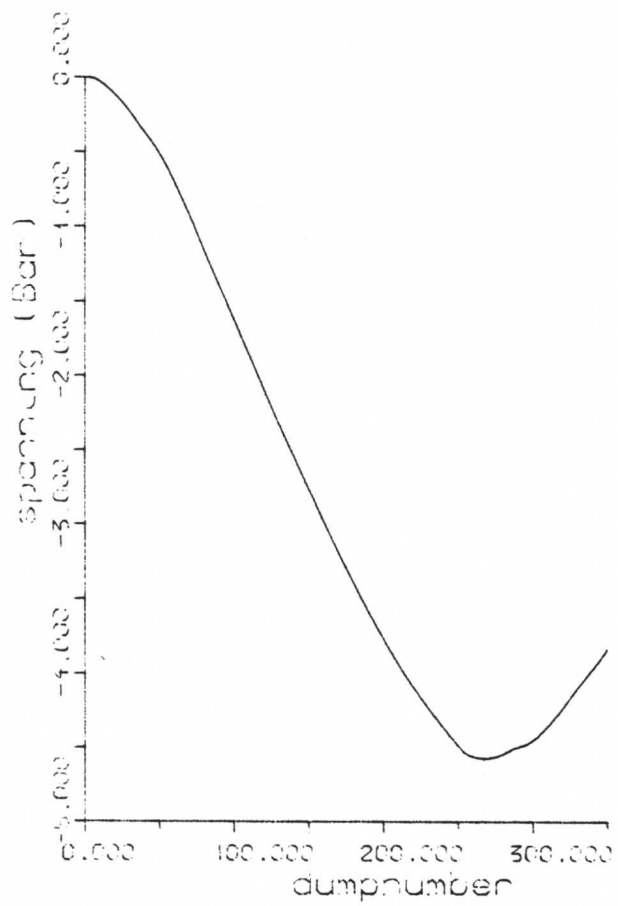


cycle = 2800 factor = 0.2450E-04 1.2
1:2000

	DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY	83-07-15	
Spannungstensorplots run 13 Dr-Pr zona met 20 cm asfalt		CO-262051	WEE
eff. stress tensor plot		t=0.7000E+05	BIJL. A.12 4



Run B

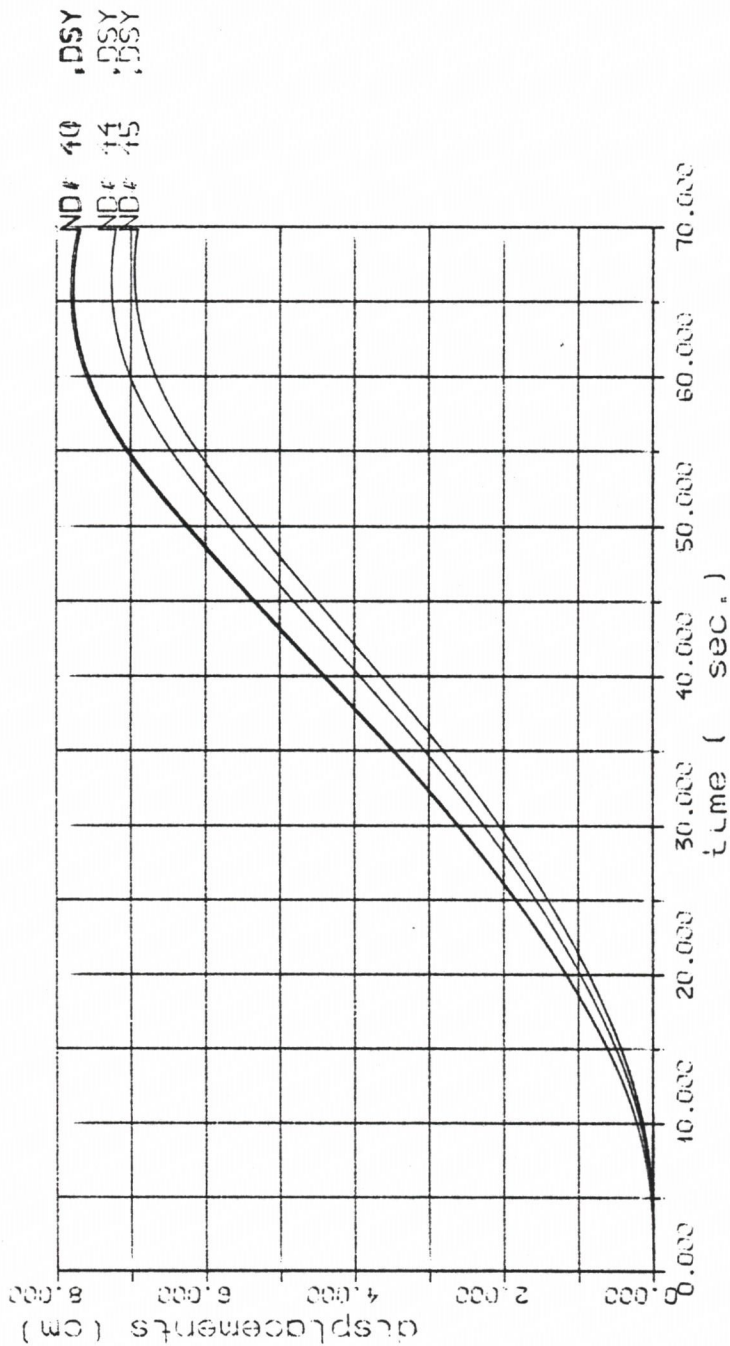


LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT 83-07-15

Flexspanning in asfaltlaag

Run B

BIJL. B.1



DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

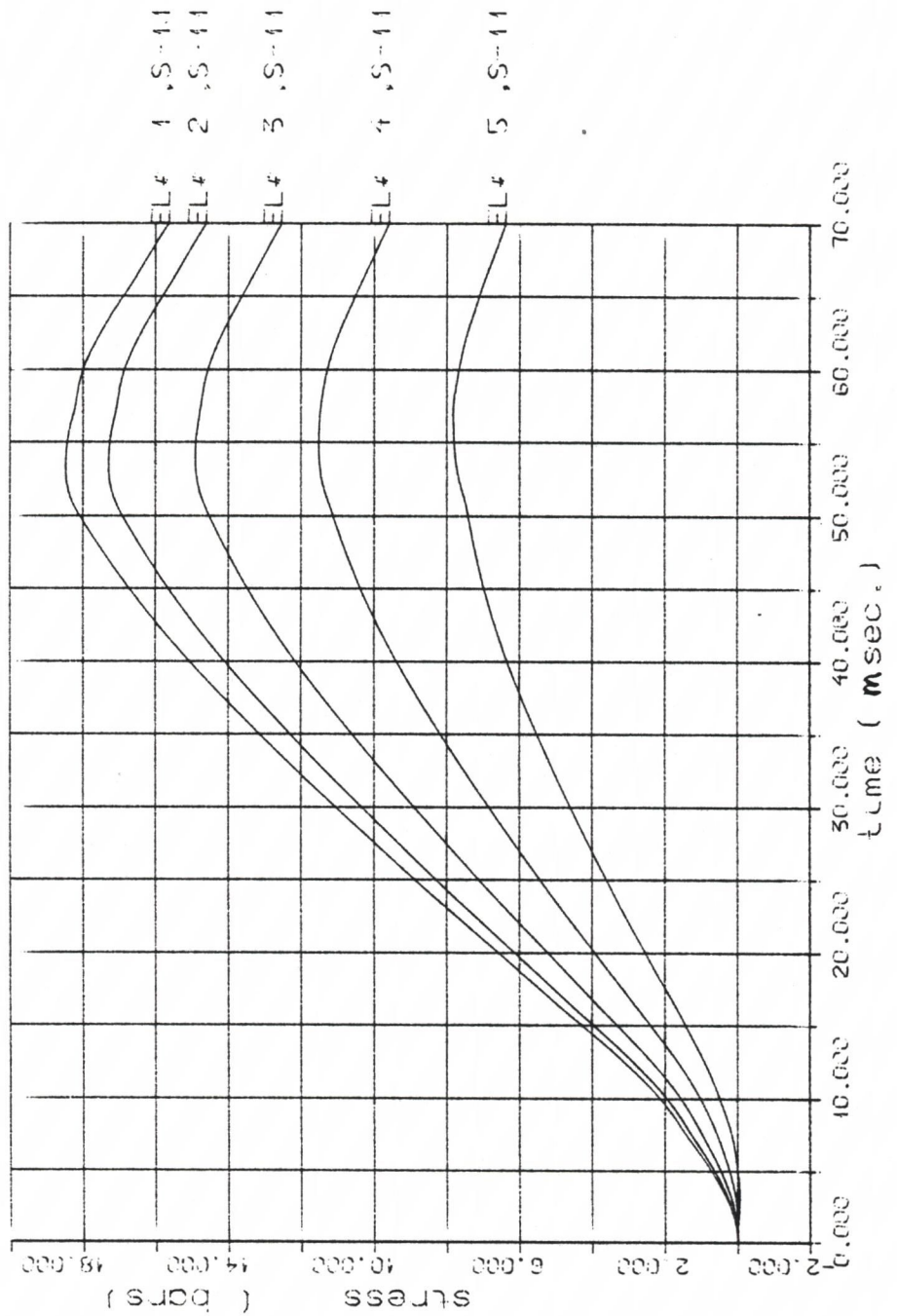
83-07-15

Time histories run 14
Dr-Pr zand met 40 cm asfalt

CO-262051 WEE

SIJL. B.2

#



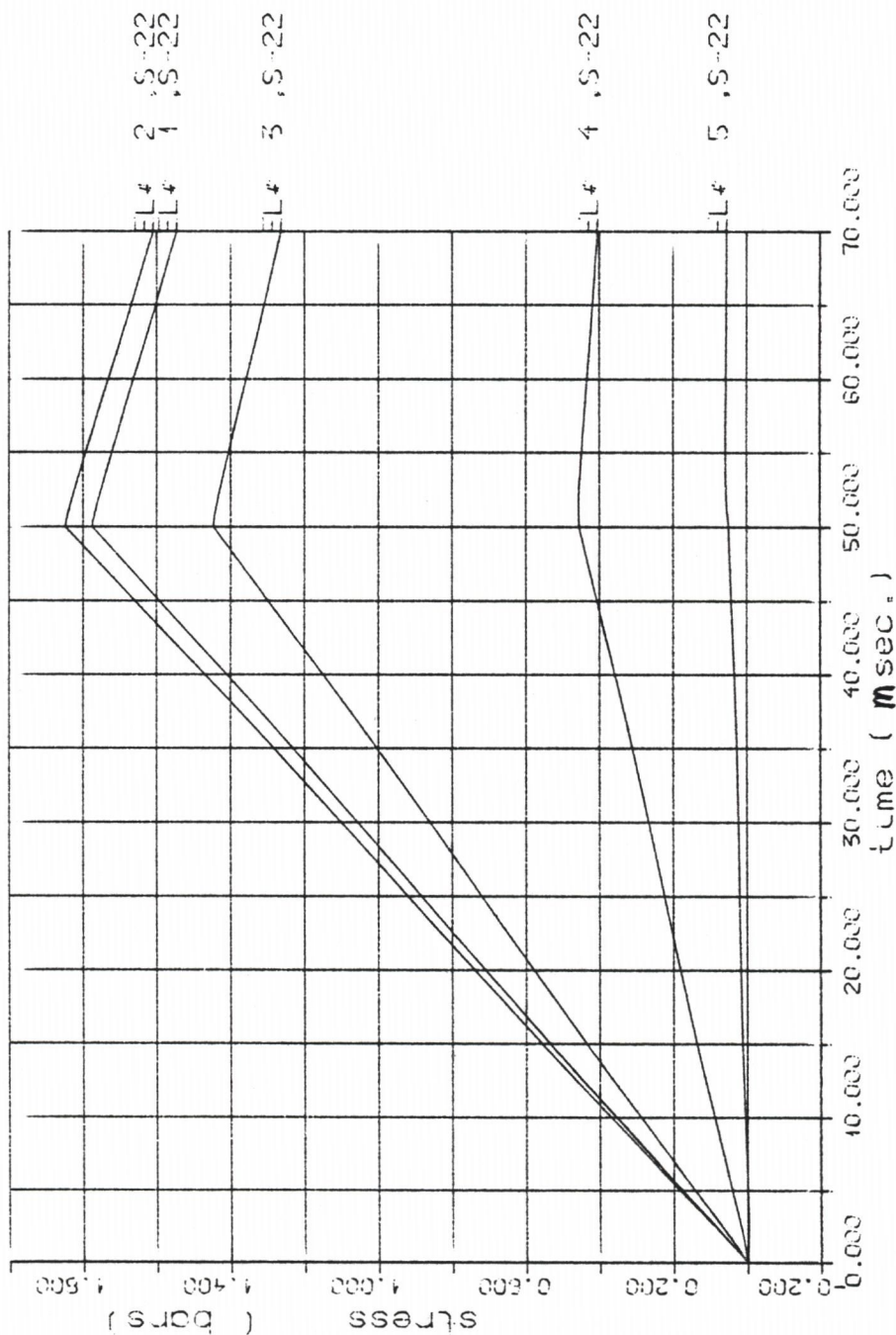
DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

83-07-15

Time histories run 14
Dr-Pc zand met 40 cm asfalt

CO-262051 WEE

BIJL. B.3 70



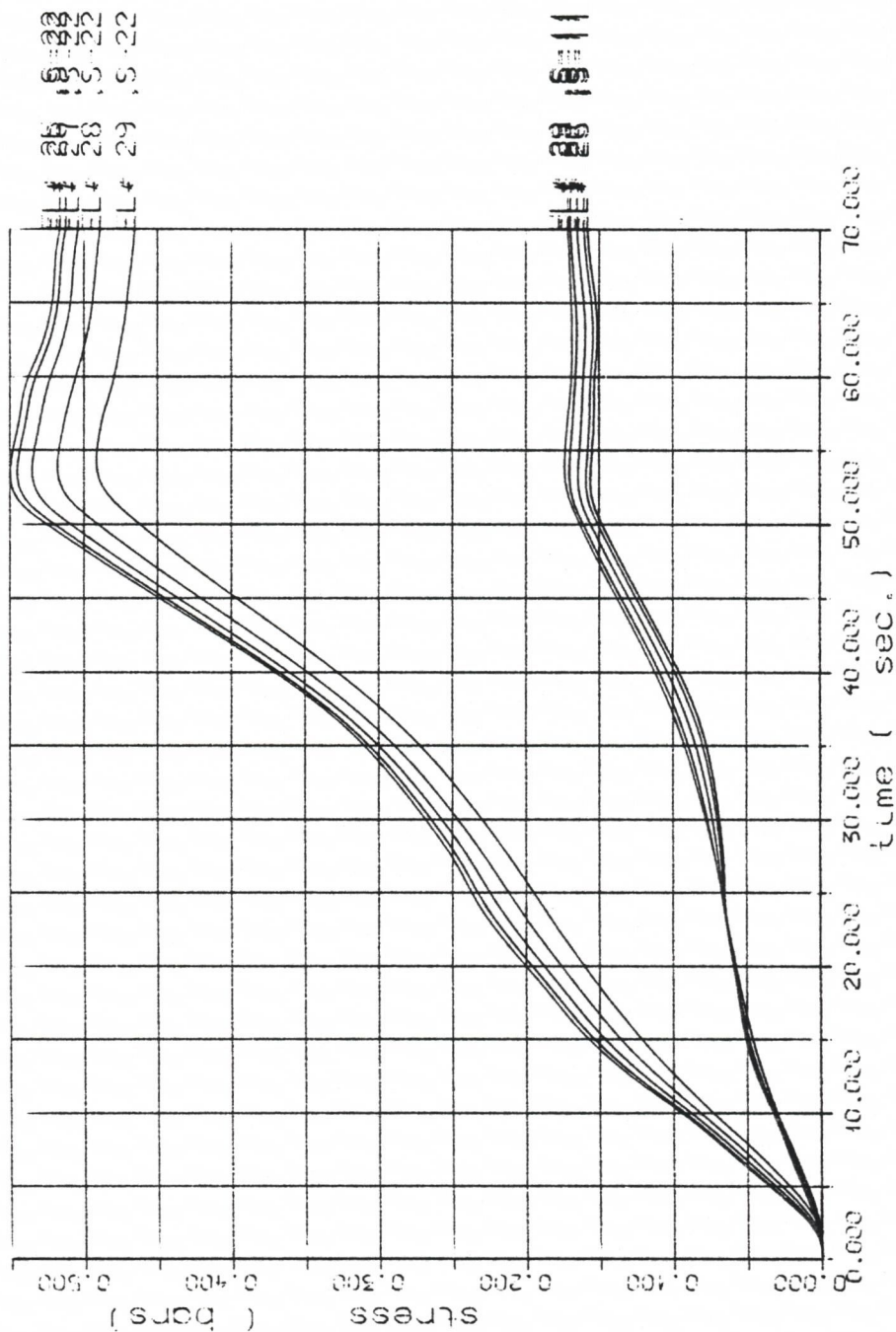
DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

85-07-15

Time histories run 14
 Dr-Pr zona met 40 cm asfalt

CO-262051 WEE

BIJL. B.4 #



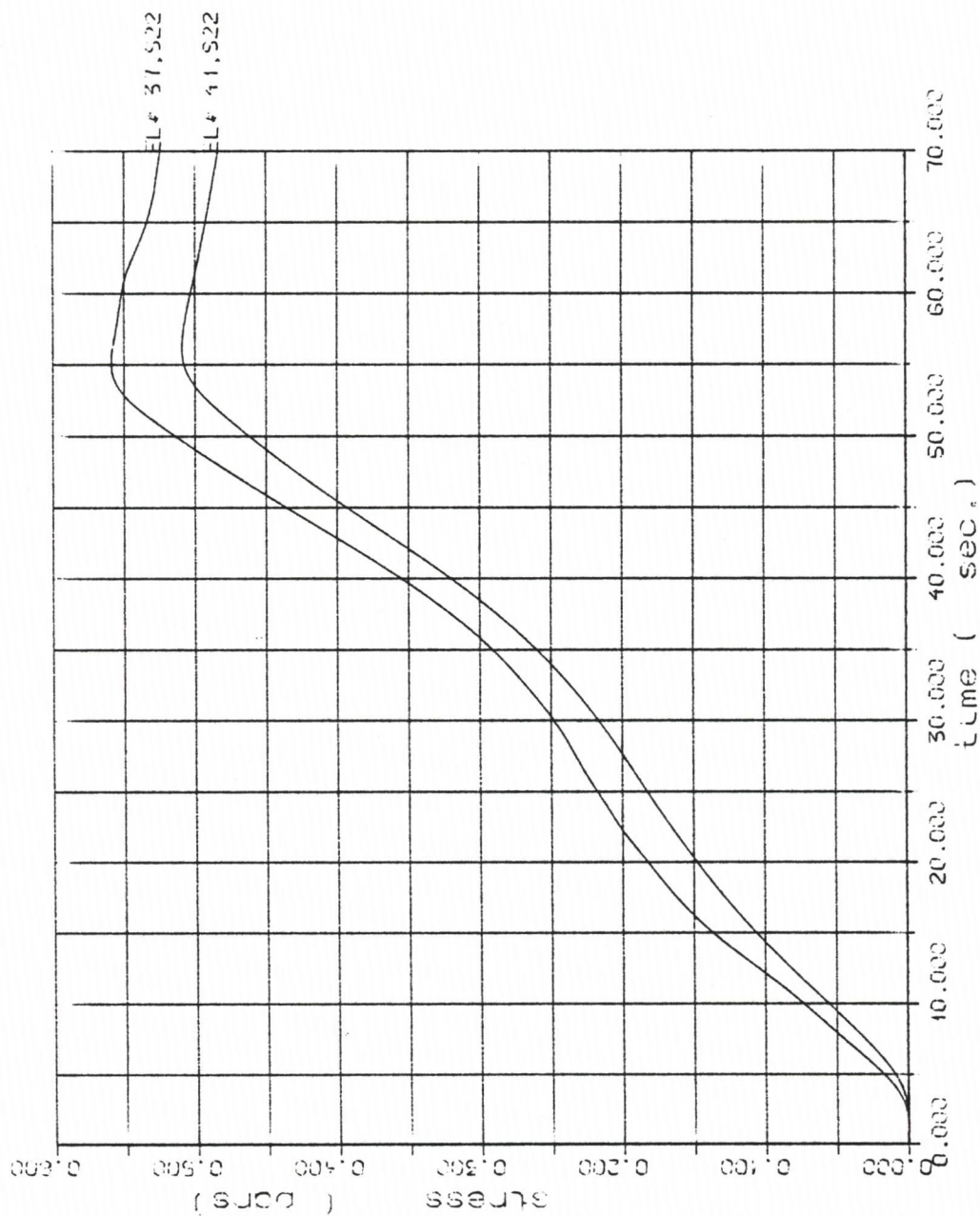
DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY


83-07-15

Time histories run 14
Dro-Pn zand met 40 cm asfalt

CO-262051 WEE

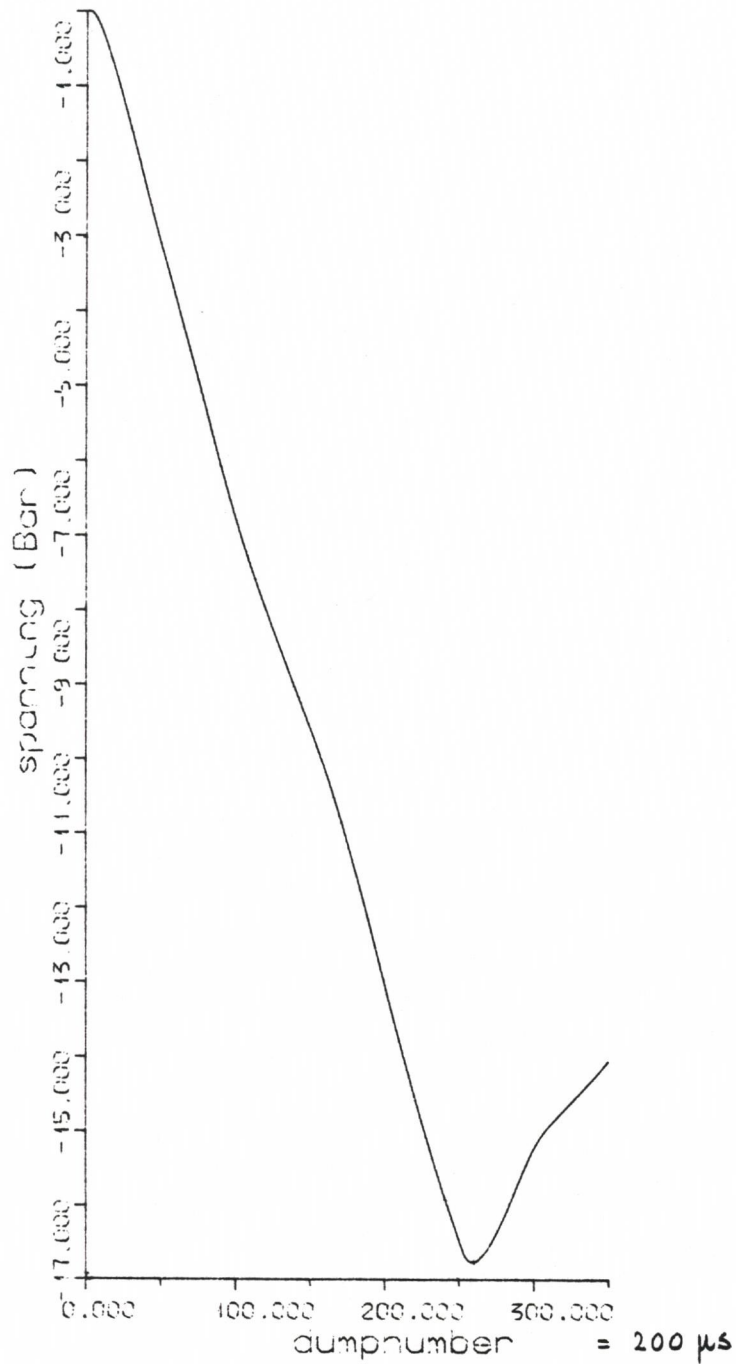
BIJL. B.5



	DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY	83-09-19	
Time histories run 14 Dr-Pr zand met 40 cm asfalt		CO-262051	WEE
		BIJL. B.6	#



Run C



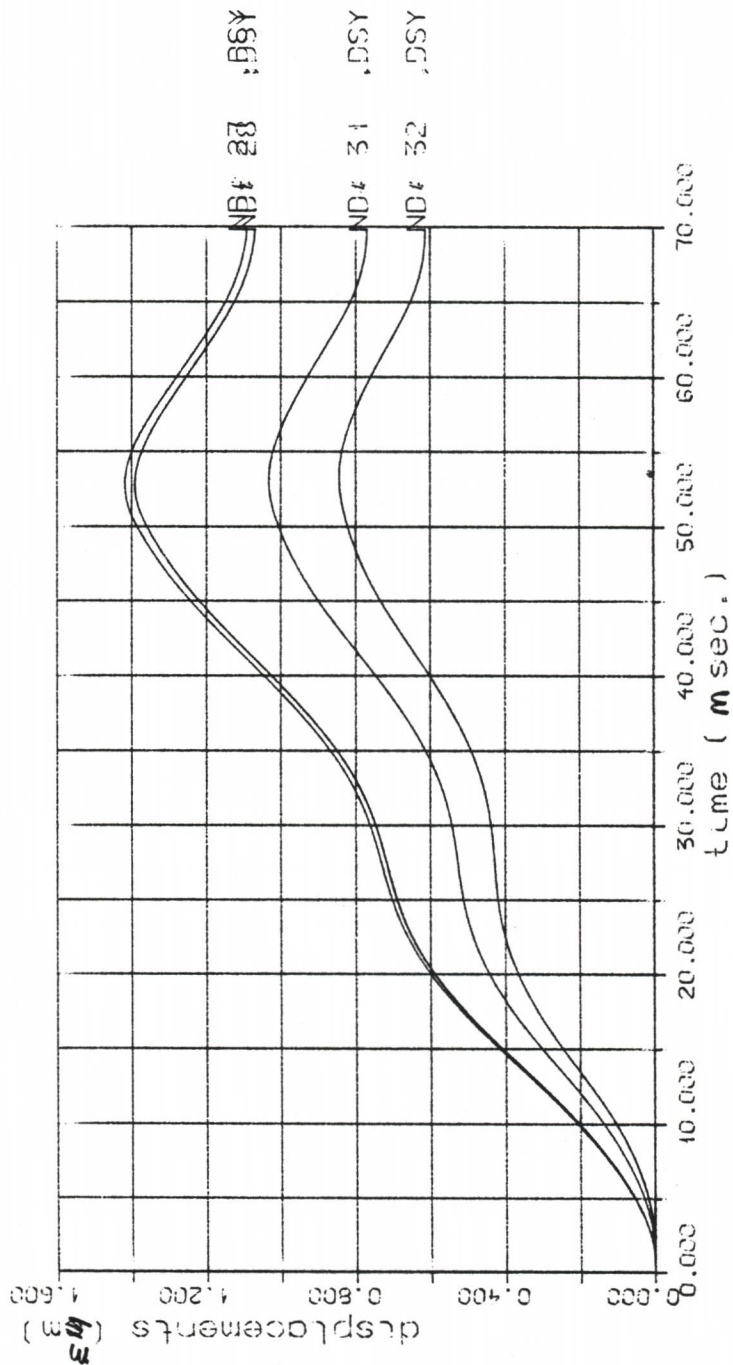
LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT 83-07-13


Piekspanning in asfaltlaag

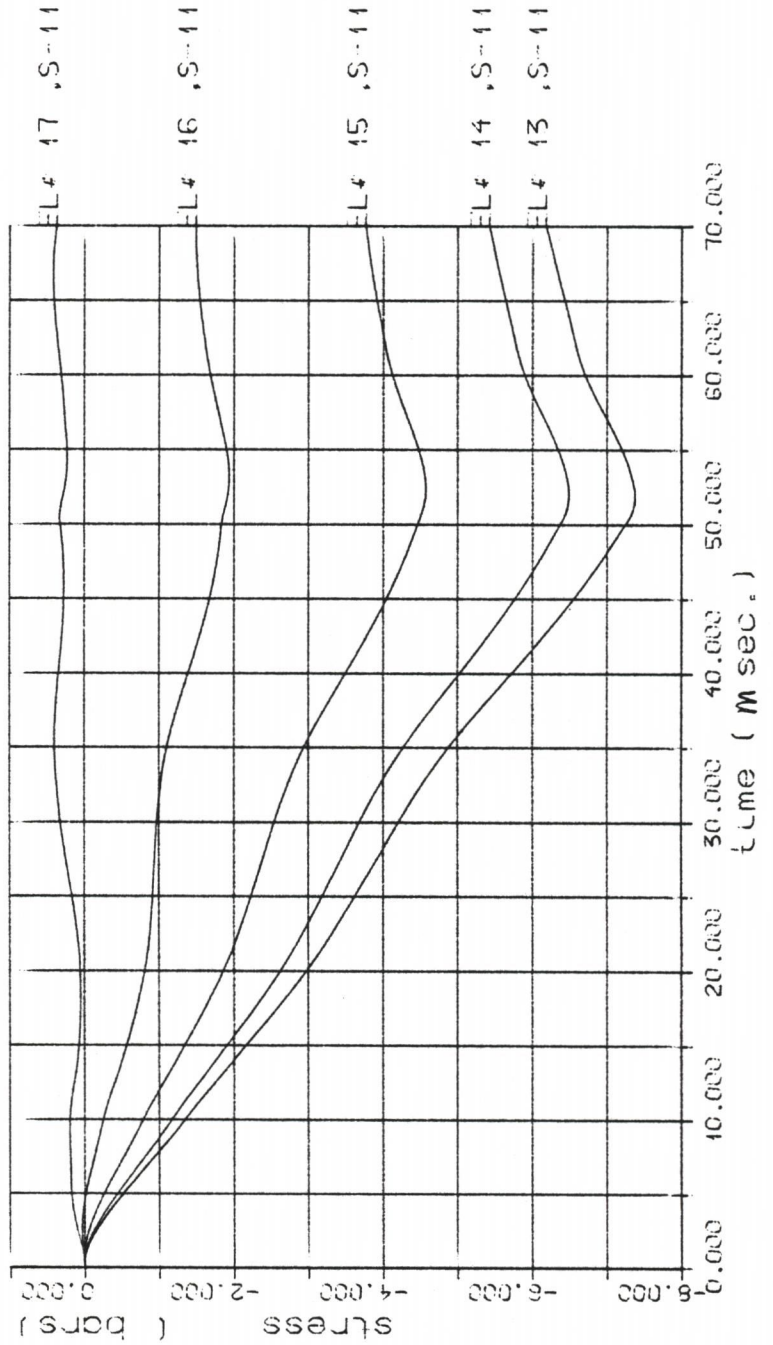
Ruin C-

BIJL. C.1

5



 DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY	83-07-13	
	Time histories run 15 Dr-Pr zone met 20 cm asphalt	CO-262051
	SIJL.C.2	#



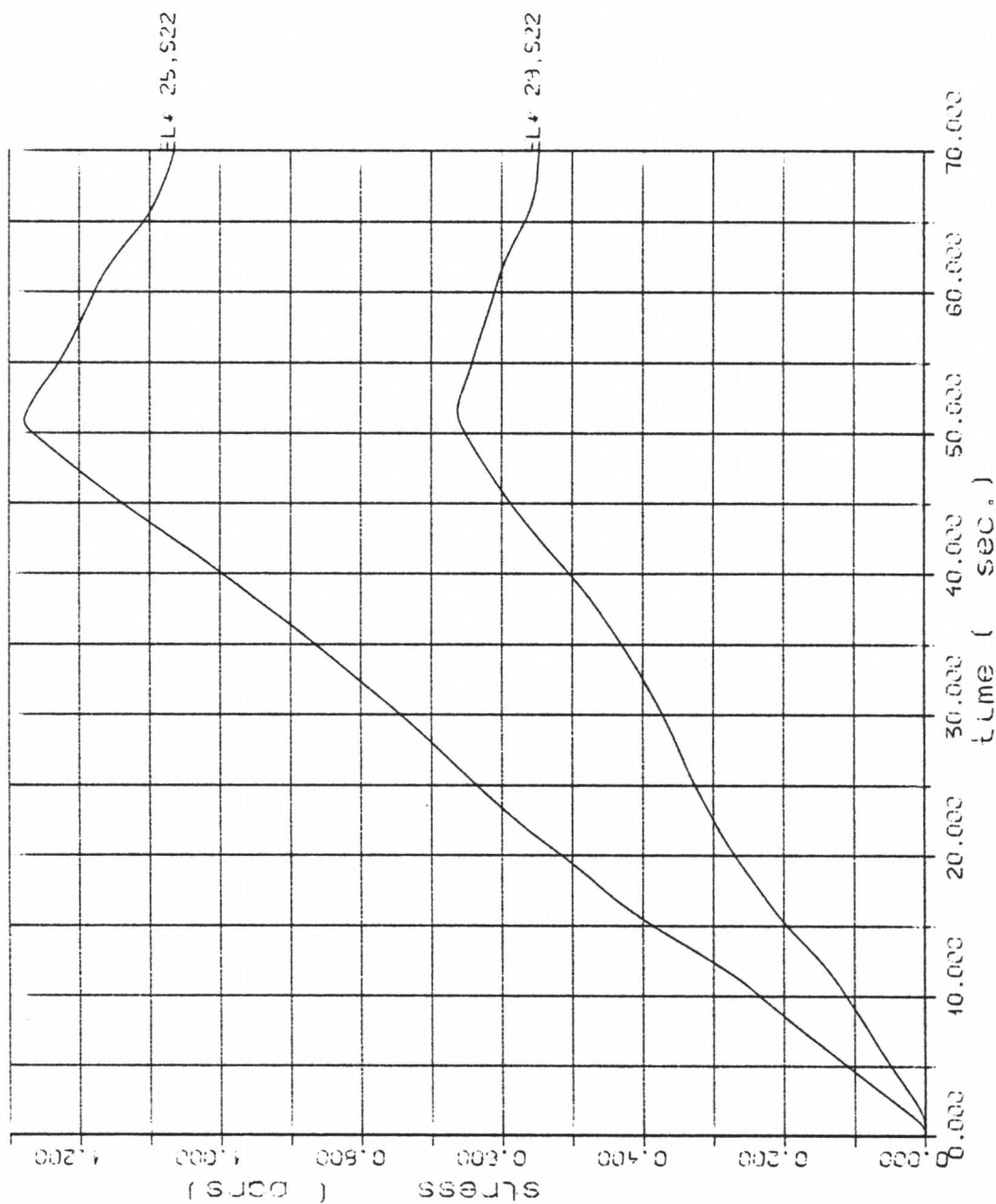
DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

83-07-13

Time histories run 15
Dr-Pr zand met 20 cm asfalt

CO-262051 WEE

BIJL. C-3 #



DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

83-09-16

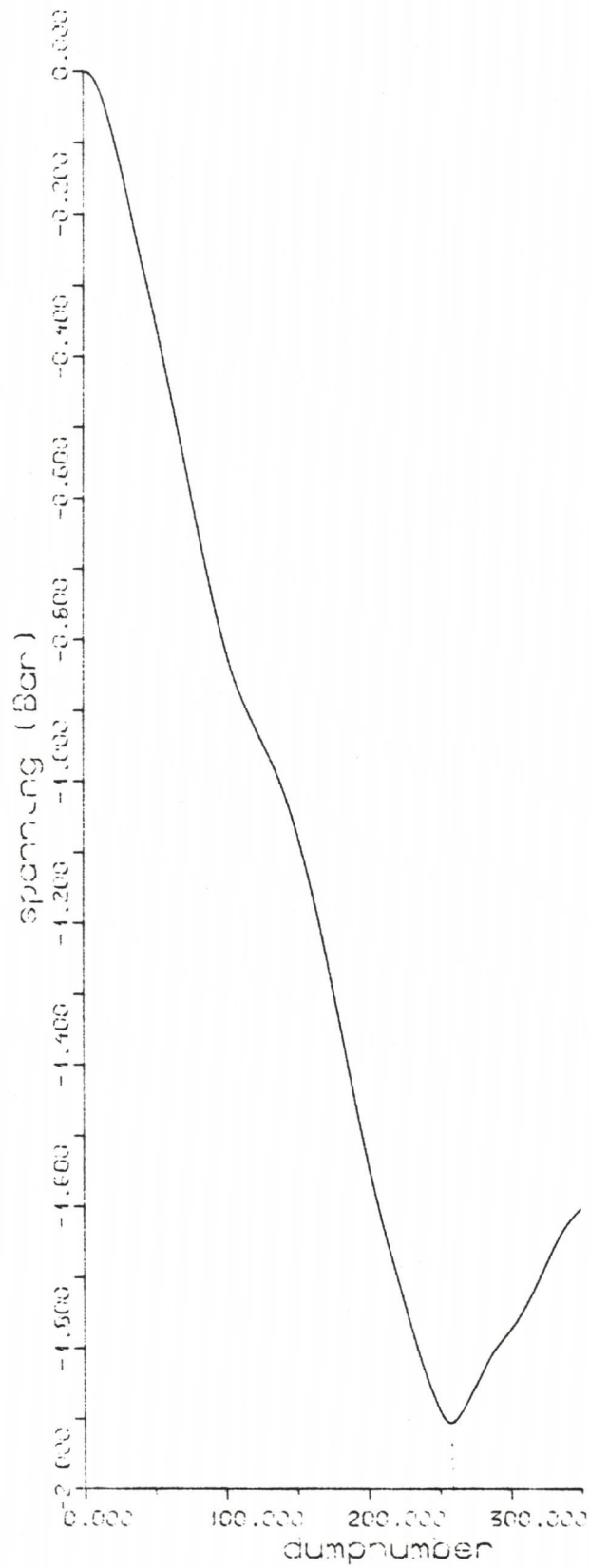
Time histories run 15
Dr-Pr zand met 20 cm asfalt

CO-262051 WEE

BIJL. C.4 *h*



Run D

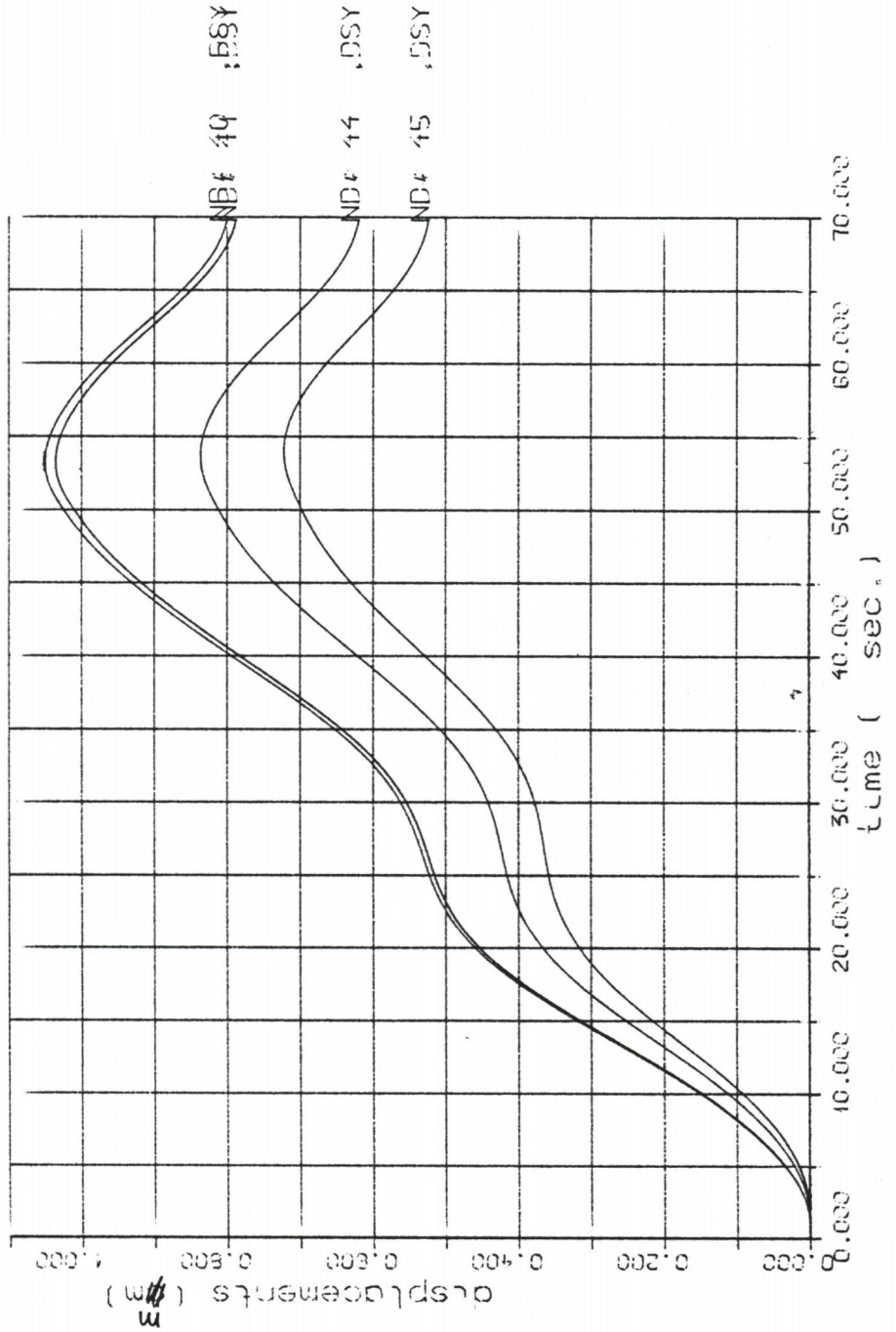


LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT 83-07-15

Rekspanning in asfaltlaag

Run D

BIJL. D.1



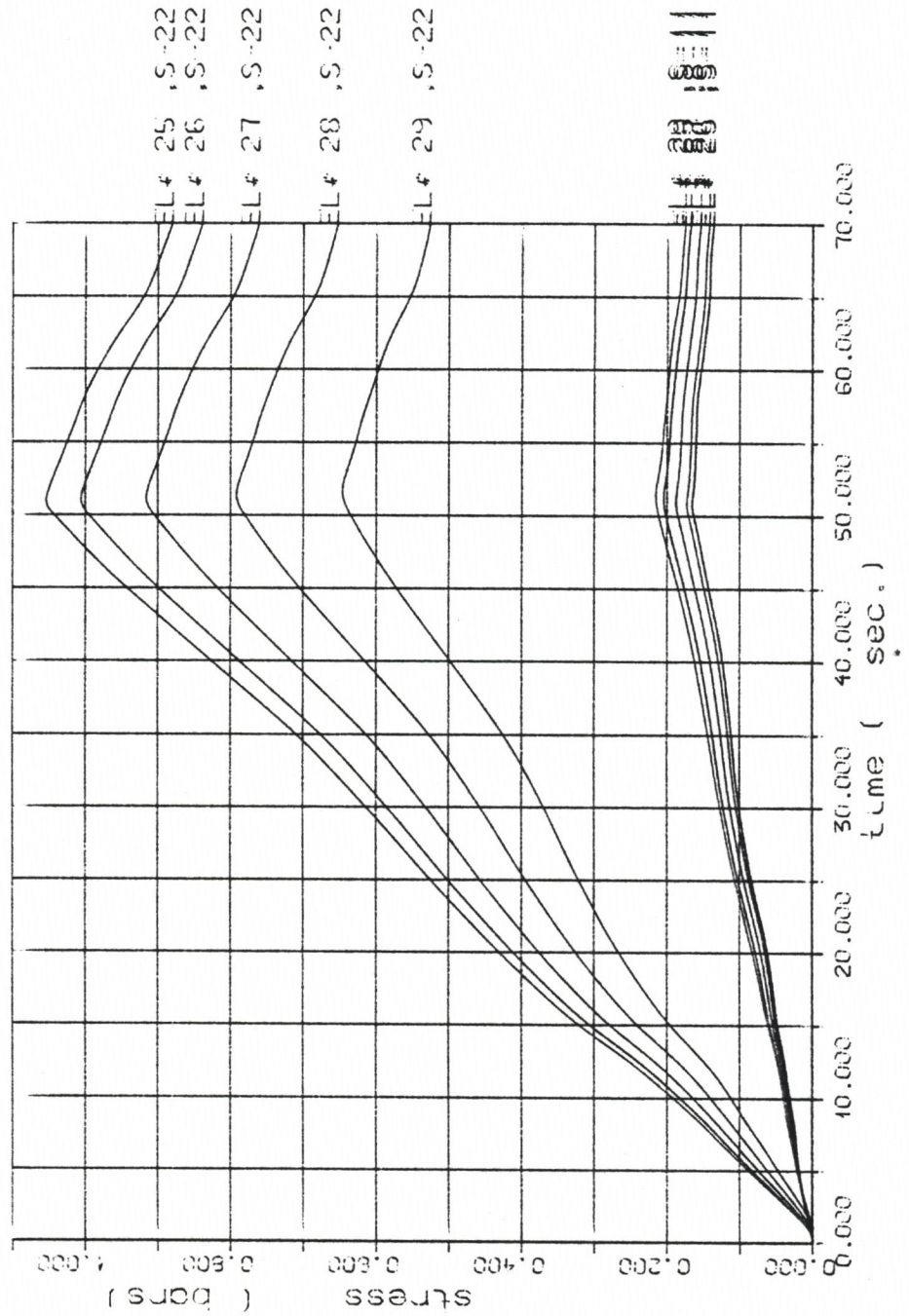
DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

83-07-15

Time histories run 16
Dro-Fr zand met 40 cm asfalt

CO-262051 WEE

SIJL. D.2



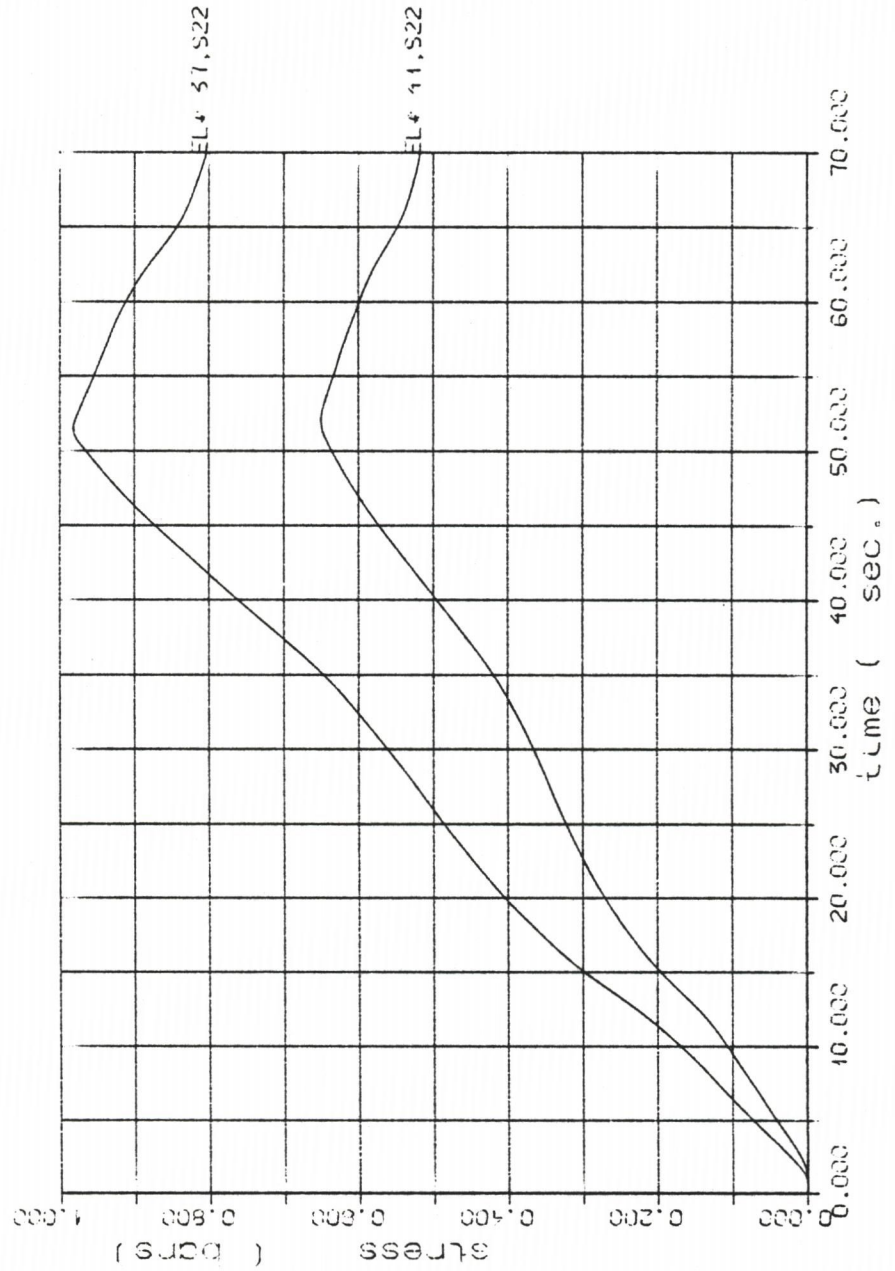
DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

83-07-15

Time histories run 16
Dr-Pr zand met 40 cm asfalt

CO-262051 WEE

SIJL. D.3 #



DELFT SOIL MECHANICS LABORATORY

93-09-19

Time histories run 16
Dr-Fr zand met 40 cm asfalt

CO-262051 WEE

BIJL. D.4 2