

## Berekening der dynamische responsie van een door TNO gemodelleerde constructie : DSM (davit solidly mounted)

**Citation for published version (APA):**

Baaijens, F. P. T., & Brekelmans, W. A. M. (1982). *Berekening der dynamische responsie van een door TNO gemodelleerde constructie : DSM (davit solidly mounted)*. (DCT rapporten; Vol. 1982.003). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1982

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Berekening der dynamische  
responsie van een door TNO  
gemodelleerde constructie:  
DSM (davit solidly mounted)

F.T.P. Baayens  
ir. W.A.M. Brekelmans

october 1981

WE 81-14

vakgroep Technische Mechanica  
afdeling der Werktuigbouwkunde  
Technische Hogeschool  
Eindhoven

## Inhoud

1. Inleiding
2. Strategie, algemene opzet
3. Modelvorming, discretisering
4. Invoer MARC-programma voor test L1543
5. Aanvullende programmatuur
6. Resultaten berekening voor test L1543
7. Test L 1540
8. Eigenfrequenties
9. Vergelijking der resultaten

## 1. Inleiding

Door TNO-IWECO (instituut voor werktuigkundige constructies) in Delft worden schokberekeningen en schokbankproeven uitgevoerd voor constructiedelen van Nederlandse marineschepen; berekeningen en proeven worden vergeleken.

Ter evaluatie van de verschillende berekeningsmethodieken is door TNO verzocht om voor een concrete, betrekkelijk eenvoudige, constructie (DSM: davit solidly mounted) met de op diverse plaatsen aanwezige programmatuur het dynamisch gedrag te analyseren. De vakgroep Technische Mechanica van de afdeling der Werktuigbouwkunde TME heeft toegezegd een dynamische responsieberekening in het tijdsdomein uit te voeren met behulp van het MARC-programma.

Voor gedetailleerde informatie met betrekking tot de constructie, de experimentele opstelling en de meetgegevens wordt verwezen naar TNO-rapport 5071202-81-1: Shipboard shock response of the model structure DSM; part 1, results of a static, a spectral and a dynamic analysis compared with experimental results, door R. Regoord, mei 1981. De betreffende constructie kan worden beschouwd als een samenstelling van balken. De configuratie is geschetst in onderstaande figuur. Twee verschillende testsituaties worden nader onderzocht:

## 2. Strategie, algemene opzet

De berekening zal worden uitgevoerd op een PRIME-550 rekenmachine omdat op die machine het MARC-programma is geïmplementeerd.

De meetsignalen (versnellingen) verkregen van TNO worden opgeslagen in de files „M43” en „M40” respectievelijk behorend bij test L 1543 en test L 1540. Slechts een gedeelte van deze signalen is van belang, het interessante gedeelte wordt opgeslagen in de file „INV”.

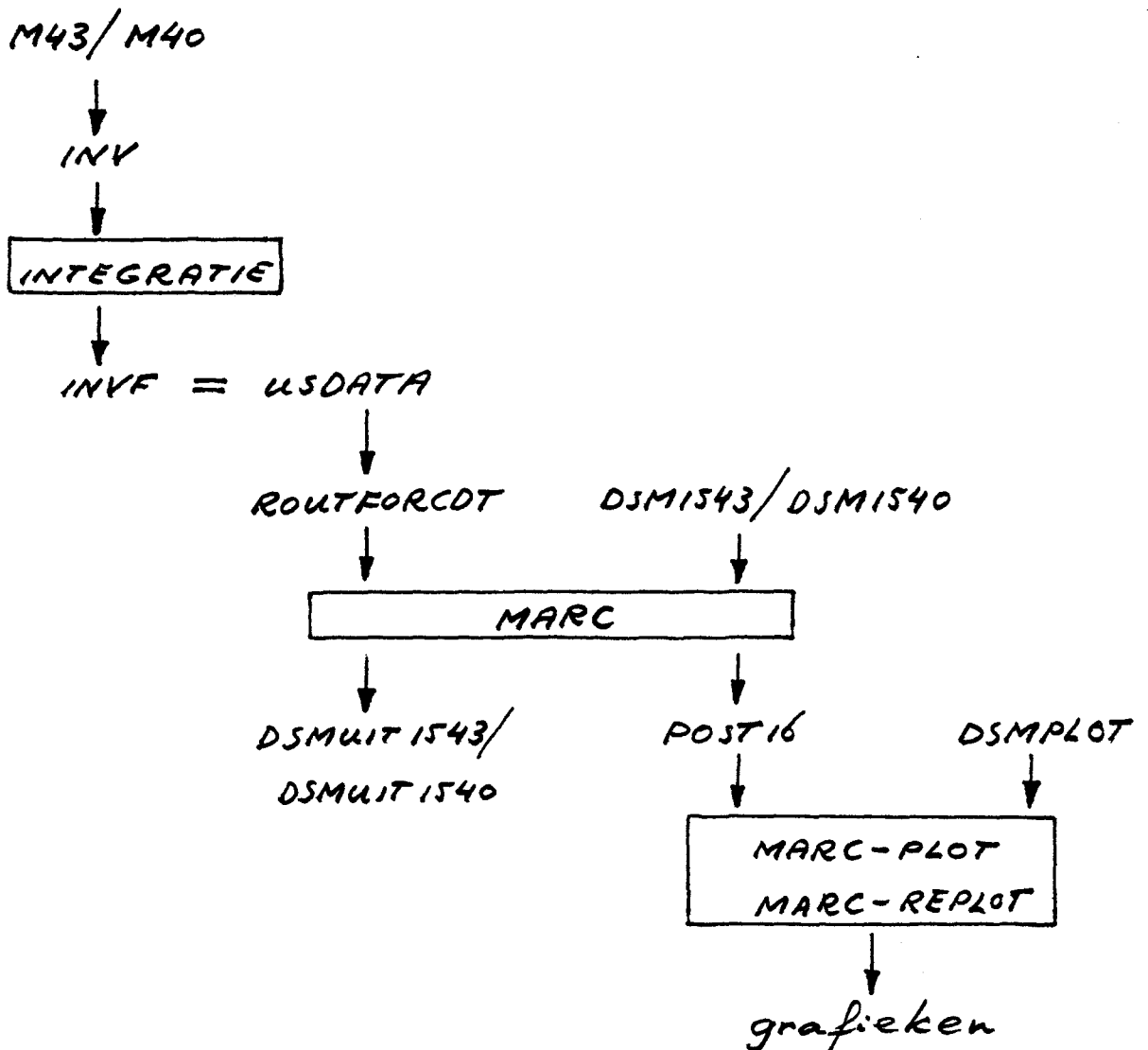
Bij verwerking met het MARC-programma kunnen deze versnellingssignalen niet gehanteerd worden. Nodig is een subroutine (FORCDT, opgeslagen in de file „ROUTFORCDT”) die voor elk tijdsincrement de verplaatsingsincrementen levert. Derhalve is het nodig de versnellingsgegevens te integreren (hulpprogramma „INTEGRATIE”). Het resultaat wordt opgeslagen in de file „INVF” die een voor de subroutine FORCDT geschikte vorm heeft. Om organisatorische redenen wordt de naam „INVF” veranderd in „USDATA”.

Behalve de verplaatsingsincrementen moeten aan het MARC-programma de stuurgegevens en de constructiebeschrijving worden toegevoegd. Voor de beide testsituaties is deze informatie opgeslagen in de files „DSM1543” en „DSM1540”.

Na verwerking met het MARC-programma zijn files met resultaten gecreëerd: de files

„DSMUIT1543” en „DSMUIT1540” met op de gebruiker gerichte informatie en de file „POST16” met gegevens bestemd voor „post-processing” (het grafisch weergeven der resultaten).

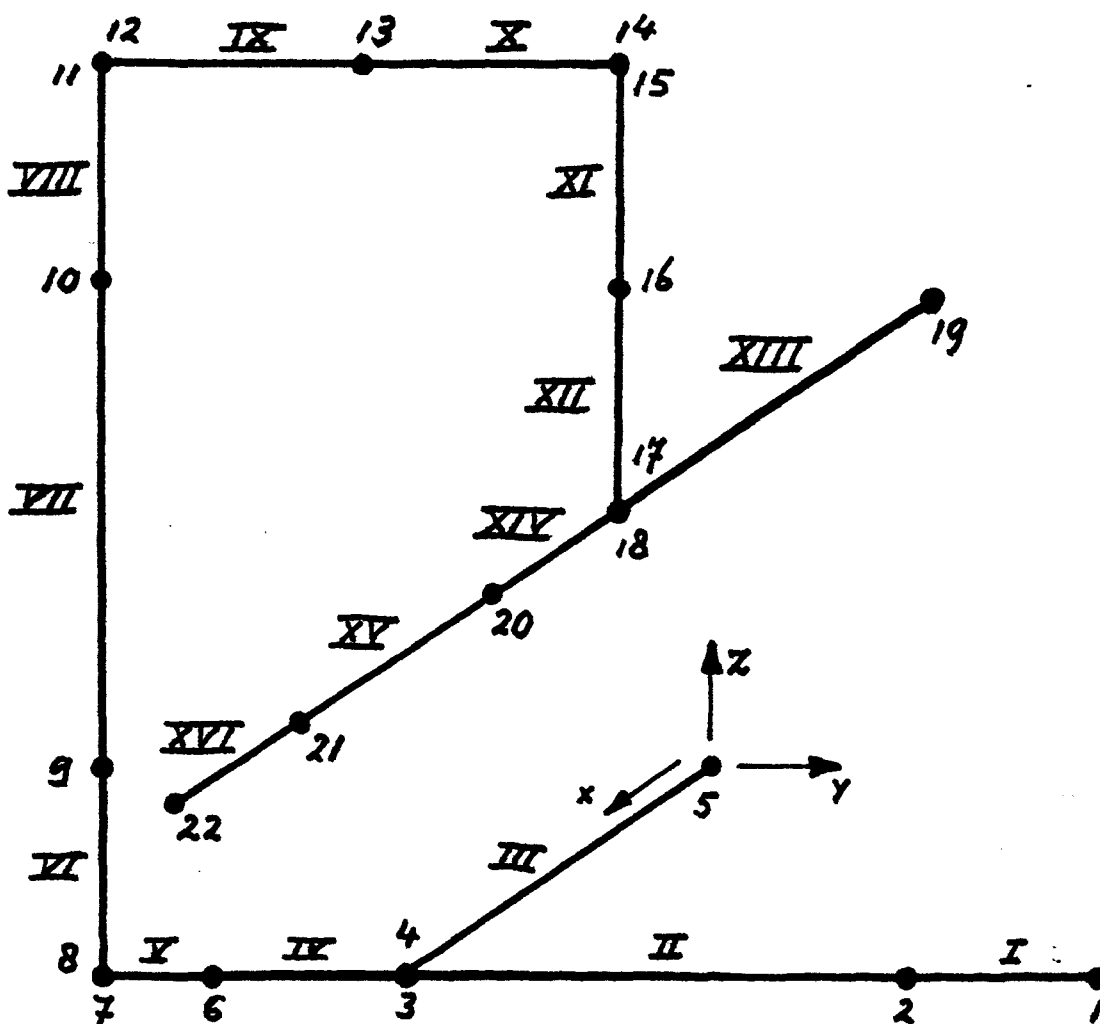
De grafische weergave vindt plaats met de programma's MARC-PLOT en MARC-RELOT, gestuurd met gegevens opgeslagen in de file „DSMPLOT”. Het bovenstaande kan als volgt schematisch worden weergegeven.



### 3. Modelvorming ; discretisering

#### Elementverdeling

Het gedeelte van de constructie met positieve  $x$ -coördinaten ( $yz$ -vlak: symmetrievlak) wordt verdeeld in (elastische) balkelementen met twee knooppunten. Per knooppunt worden de vrijheidsgraden gevormd door de drie verplaatsingen en de drie hoekverdraaiingen met betrekking tot het globale  $xyz$ -assenstelsel. In onderstaande figuur is de nummering van elementen en knooppunten aangegeven.



De knooppunten zijn gesitueerd op plaatsen in de constructie die voor de beschrijving van het model of voor de vergelijking van de resultaten van de analyse van belang zijn. Geconstateerd kan worden dat aan een aantal punten twee knooppuntnummers zijn toegekend. De reden daarvoor is van organisatorische aard: in het MARC-programma wordt (kelaas) voor de specificatie van de geometrische dwarsdoorsnede-grootheden van balken gebruik gemaakt van op constructie-niveau (in tegenstelling tot op element-niveau) per knooppunt te definiëren locale assenstelsels. De vrijheidsgraden in de samenvallende knooppunten worden echter volledig gekoppeld.

### Geometrische (element-) grootheden

Voor een balkelement zijn, indien voor de dwarsdoorsnede een lokaal assenstelsel is gespecificeerd volgens de hoofdtraagheidsassen, als geometrische grootheden van belang het oppervlak, de oppervlakte traagheidsmomenten en de „torsie-integraal“. Aangezien in MARC (in het algemeen ten onrechte) de „torsie-integraal“ wordt geïdentificeerd met het polaire oppervlakte traagheidsmoment moest een speciale voorziening worden getroffen. Voor nadere detaillering hiervan wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk.



## Materiaaleigenschappen

De karakteristieke grootheden voor elk element zijn de elasticiteitsmodulus, de dwarsecontractie-coëfficiënt en de soortelijke massa.

## Geconcentreerde massa's en massatraagheidsmomenten

Extra massa en massatraagheidsmomenten worden toegevoegd aan knooppunt 21 bij test L 1543 en aan knooppunt 16 bij test L 1540.

## Randvoorwaarden

Voor knooppunt 2 en knooppunt 6 wordt de verplaatsing in  $x$ -richting onderdrukt terwijl de verplaatsingen in  $y$ - en  $z$ -richting worden voorgeschreven als functie van de tijd; alle hoekverdraaiingen worden vrij verondersteld.

Voor knooppunt 5 en knooppunt 19 worden randvoorwaarden gespecificeerd die volgen uit de symmetrieconditie.

## Tijdstappen

Als tijdstap voor de dynamische responsie-berekening wordt dezelfde tijdstap gekozen als is gehanteerd bij het registreren der gemeten signalen : 0.001 [s].

#### 4. Invoer MARC-programma voor test L 1543

8

Op basis van de constructiegegevens en de gekozen discretisering kan ten behoeve van het MARC-programma de file met stuurgegevens en constructiebeschrijving, „DSM 1543“, worden samengesteld. De inhoud van de file is in het volgende opgenomen. De onderstaande aantekeningen kunnen daarbij worden gemaakt.

- \* Voor de responsie-berekening is een integratieschema volgens Newmark- $\beta$  gevolgd. Hoewel voor lineaire problemen het proces van modale superpositie meer voor de hand ligt kon daarvoor niet worden gekozen; om nog onbekende redenen met betrekking tot de organisatie binnen het MARC-programma bleek de werkwijze voor het onderhavige probleem onbruikbaar.
- \* Zoals reeds in hoofdstuk 2 is vermeld dient aan het MARC-programma een subroutine (FORCOT) te worden toegevoegd, waarin voor elk tijdsincrement de veranderingen van de voorgeschreven verplaatsingen in de knooppunten 2 en 6 worden berekend. Voor nadere informatie wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk.
- \* Tijdens de analyse met behulp van het MARC-programma wordt een „post-processing file“ gecreëerd (POST16) waarmee een grafische weergave van de resultaten gemaakt

kan worden met de programma's MARC-PLOT en MARC-REPLOT.

- \* Bij de invoer van de geometrische groot-heden van de dwarsdoorsneden der balk-elementen kan de „torsie-integraal” niet worden opgegeven. Door bij de materiaal-eigenschappen de numerieke waarde van de dwarscontractie coëfficiënt aan te passen kan toch de correcte torsiestijfheid in rekening worden gebracht. Er geldt:

$$\nu_{\text{aangepast}} = (1+\nu) \frac{I_{xx} + I_{yy}}{J} - 1$$

waarbij:

$\nu$ : werkelijke dwarscontractiecoëfficiënt

$I_{xx}, I_{yy}$ : oppervlakte traagheidsmomenten

$J$ : torsie-integraal (=  $S_w/G$ )

- \* Er worden 300 tijdsincrementen uitge-voerd met (constante) tijdstap ter groot-te van 0.001 [s]. Het tijdstip  $t=0$  [s] voor de berekening komt overeen met het tijdstip  $t=0.092$  [s] van de meting.

### File DSM1543

```
TITLE,DSM1543
SIZING,10000,16,22,12,0,52,
DYNAMIC,2,
ALL POINTS
FORC DT,2,
MASS POINT,6,
POST,4,
TIE,5,1,2,0,
END
```

## CONNECTIVITY

16,  
 1,52,1,2,  
 2,52,2,3,  
 3,52,5,4,  
 4,52,3,6,  
 5,52,6,7,  
 6,52,8,9,  
 7,52,9,10,  
 8,52,10,11,  
 9,52,12,13,  
 10,52,13,14,  
 11,52,15,16,  
 12,52,16,17,  
 13,52,19,18,  
 14,52,18,20,  
 15,52,20,21,  
 16,52,21,22,

## COORDINATES

22,  
 1, 225.0, 451.0, 0.0, 225.0, 0.0, -100.0,  
 2, 225.0, 325.0, 0.0, 225.0, 0.0, -100.0,  
 3, 225.0, 0.0, 0.0, 225.0, 0.0, -100.0,  
 4, 225.0, 0.0, 0.0, 0.0, 100.0, 0.0,  
 5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 100.0, 0.0,  
 6, 225.0, -125.0, 0.0, 225.0, 0.0, -100.0,  
 7, 225.0, -197.0, 0.0, 225.0, 0.0, -100.0,  
 8, 225.0, -197.0, 0.0, 225.0, -300.0, 0.0,  
 9, 225.0, -197.0, 137.0, 225.0, -300.0, 0.0,  
 10, 225.0, -197.0, 457.0, 225.0, -300.0, 0.0,  
 11, 225.0, -197.0, 594.0, 225.0, -300.0, 0.0,  
 12, 225.0, -197.0, 594.0, 225.0, -197.0, 700.0,  
 13, 225.0, -25.0, 594.0, 225.0, -197.0, 700.0,  
 14, 225.0, 147.0, 594.0, 225.0, -197.0, 700.0,  
 15, 225.0, 147.0, 594.0, 225.0, 200.0, 594.0,  
 16, 225.0, 147.0, 446.0, 225.0, 200.0, 594.0,  
 17, 225.0, 147.0, 297.0, 225.0, 200.0, 594.0,  
 18, 225.0, 147.0, 297.0, 225.0, 200.0, 297.0,  
 19, 0.0, 147.0, 297.0, 225.0, 200.0, 297.0,  
 20, 320.0, 147.0, 297.0, 225.0, 200.0, 297.0,  
 21, 480.0, 147.0, 297.0, 225.0, 200.0, 297.0,  
 22, 575.0, 147.0, 297.0, 225.0, 200.0, 297.0,

## GEOMETRY

4,  
 13.7E2,308.0E4,27.4E4,  
 1,2,  
 5.0E2,0.417E4,10.4E4,  
 3,3,  
 13.7E2,308.0E4,27.4E4,  
 4,12,  
 16.0E2,5.33E4,85.3E4,  
 13,16,

PROPERTY

4,  
 2.1E5,241.23,7.8E-6,  
 1,2,  
 2.1E5,8.658,7.8E-6,  
 3,3,  
 2.1E5,241.23,7.8E-6,  
 4,12,  
 2.1E5,5.553,7.8E-6,  
 13,16,

MASSES

21,1,25.272,  
 21,2,25.272,  
 21,3,25.272,  
 21,4,1.7478E5,  
 21,5,2.0511E5,  
 21,6,6.4444E4,

BOUNDARY CONDITIONS

6,  
 2,2,1,3,  
 6,6,1,3,  
 5,5,1,1,  
 5,5,5,6,  
 19,19,1,1,  
 19,19,5,6,

TYING

100,1,  
 100,3,  
 4,  
 100,7,  
 8,  
 100,11,  
 12,  
 100,14,  
 15,  
 100,17,  
 18,

FORCDT

2,6,

CONTROL

300,10,

0.1

POST

4,16,17,2,1,19,20,  
 1,  
 2,  
 3,  
 4,

END OPTION

DYNAMIC CHANGE

0.001,0.3,300,300,300,

CONTINUE

5. Aanvullende programmatuur

Van de versnellingsignalen die door TNO zijn geleverd, voor test L 1543 opgeborgen in de file "M43", wordt het relevante gedeelte (begin-tijdstip 0,092 [s], 300 tijdstappen met grootte 0,001 [s]) geplaatst in een file "INV". Het begin en het einde van die file zijn hieronder weergegeven.

File INV

95	0.52721E 00	0.42958E 00	-0.56229E-01
96	0.71076E 00	0.62875E 00	-0.56229E-01
97	0.10818E 01	0.10310E 01	-0.56229E-01
98	0.86970E 01	0.74630E 01	0.48966E 00
99	0.35448E 02	0.30879E 02	0.12128E 01
100	0.54951E 02	0.42935E 02	0.96683E 00
101	0.65355E 02	0.49972E 02	0.68490E 00
102	0.60153E 02	0.43036E 02	-0.11144E 01
103	0.59782E 02	0.44340E 02	-0.25249E 01
387	-0.11443E 01	-0.11755E 01	-0.21476E 00
388	-0.16988E 01	-0.17183E 00	0.31395E 00
389	-0.20698E 01	0.33195E 00	0.57791E 00
390	-0.18863E 01	-0.26946E 00	0.36627E 00
391	-0.16988E 01	-0.87088E 00	0.12027E 00
392	-0.16988E 01	-0.66390E-01	0.19055E 00
393	-0.16090E 01	0.14332E 01	0.48966E 00
394	-0.14176E 01	0.25423E 01	0.86062E 00
395	-0.77324E 00	0.24408E 01	0.10371E 01

De versnellingsignalen worden getransformeerd tot verplaatsingsincrementen per tijdsincrement. Daarbij is een expliciet integratieschema gehanteerd volgens Adams-Bashforth. De transformatie wordt verzorgd door het programma "INTEGRATIE" waarvan de tekst in het volgende is opgenomen.

# Programma INTEGRATIE

```

$INSERT SYSCOM>A$KEYS
  DIMENSION A1(301),A2(301),A5(301),V1(301),V2(301),V5(301),
  *          Z1(301),Z2(301),Y5(301),DZ1(301),DZ2(301),DY5(301)
  LUN1=5
  LUN2=6
  DTIME=0.001
  CALL OPEN$A (A$READ+A$SAMF, 'INV', 3, 1)
  CALL OPEN$A (A$WRIT, 'INVF', 4, 2)
  CALL DETINC(A1, A2, A5, DTIME, V1, V2, V5, 301, Z1, Z2, Y5, LUN1,
  *          LUN2, DZ1, DZ2, DY5)
  CALL CLOS$A (1)
  CALL CLOS$A (2)
  CALL EXIT
  END

C
  SUBROUTINE INTEGR( N, DT, A, V, VO)
  DIMENSION A(N), V(N)

C Deze subroutine verzorgt enkelvoudige integratie
C in het tijdsdomein.
C
  V(1)= VO
  NN=N-1
  DO 1000 I=1,NN
  IF(I.EQ.1)GO TO 10
  IF(I.EQ.2)GO TO 20
  IF(I.EQ.3)GO TO 30
  IF(I.GE.4)GO TO 40
  10 V(I+1)= V(I)+DT*A(I)
  GO TO 1000
  20 V(I+1)= V(I)+0.5*DT*(3*A(I)-A(I-1))
  GO TO 1000
  30 V(I+1)= V(I)+DT*(23*A(I)-16*A(I-1)+5*A(I-2))/12
  GO TO 1000
  40 V(I+1)= V(I)+DT*(55*A(I)-59*A(I-1)+37*A(I-2)-9*A(I-3))/24
  GO TO 1000
  1000 CONTINUE
  RETURN
  END

C
  SUBROUTINE DETINC( A1, A2, A5, DTIME, V1, V2, V5, N, Z1, Z2, Y5,
  *                LUN1, LUN2, DZ1, DZ2, DY5)
  DIMENSION A1(N), A2(N), A5(N), V1(N), V2(N), V5(N),
  *          Z1(N), Z2(N), Y5(N), DZ1(N), DZ2(N), DY5(N)

C
C In deze subroutine worden de verplaatsingsincrementen bepaald.
C
C De versnellingen worden gelezen uit de file 'INV'.
  DO 15 I=1,N
  READ(LUN1,5) J,A1(I),A2(I),A5(I)
  15 CONTINUE
  5 FORMAT(I5,3E20.5)
  VO= 0.0
  ZO= 0.0

```

```

CALL INTEGR( N, DTIME, A1, V1, V0)
CALL INTEGR( N, DTIME, A2, V2, V0)
CALL INTEGR( N, DTIME, A5, V5, V0)
CALL INTEGR( N, DTIME, V1, Z1, Z0)
CALL INTEGR( N, DTIME, V2, Z2, Z0)
CALL INTEGR( N, DTIME, V5, Y5, Z0)
C
C De verplaatsingsincrementen worden berekend. Er geldt:
C      DZ1(i)= verpl.incr. van knp. 2 in Z-richting.
C      DZ2(i)= verpl.incr. van knp. 6 in Z-richting.
C      DY5(i)= verpl.incr. van knp. 2 en 6 in Y-richting.
C
      NN=N-1
      DO 100 I=1,NN
      DZ1(I)= Z1(I+1)-Z1(I)
      DZ2(I)= Z2(I+1)-Z2(I)
      DY5(I)= Y5(I+1)-Y5(I)
100 CONTINUE
C De verpl.incr. worden nu weggeschreven in de file 'INVF'.
      DO 150 I=1,NN
      WRITE(LUN2,200) DZ1(I),DZ2(I),DY5(I)
      WRITE(LUN2,200) DZ1(I),DZ2(I),DY5(I)
150 CONTINUE
200 FORMAT(3E15.4)
      RETURN
      END

```

*De verplaatsingsincrementen per tijdsincrement worden opgeslagen in de file "INVF". De inhoud van de file "USDATA" is identiek. Het onderstaande geeft begin en einde van die files.*

### File INVF en file USDATA

0.0000E 00	0.0000E 00	0.0000E 00
0.0000E 00	0.0000E 00	0.0000E 00
0.7908E-06	0.6444E-06	-0.8434E-07
0.7908E-06	0.6444E-06	-0.8434E-07
0.1846E-05	0.1647E-05	-0.1406E-06
0.1846E-05	0.1647E-05	-0.1406E-06
-0.9728E-05	0.4714E-05	-0.6295E-05
-0.9728E-05	0.4714E-05	-0.6295E-05
-0.1094E-04	0.7899E-05	-0.5751E-05
-0.1094E-04	0.7899E-05	-0.5751E-05
-0.1192E-04	0.8699E-05	-0.5109E-05
-0.1192E-04	0.8699E-05	-0.5109E-05



De file „USDATA“ met verplaatsingsincrementen per tijdsincrement is direct geschikt voor verwerking door de subroutine „FORCDT“, die aan het MARC-programma gekoppeld dient te worden. De tekst van deze subroutine is geplaatst in de file „ROUTFORCDT“; de inhoud is hieronder weergegeven.

File ROUTFORCDT met subroutine FORCDT

```

SUBROUTINE FORCDT( U, V, A, DP, DU, TIME, DTIME, NDEG, NODE)
  DIMENSION U(1),V(1),A(1),DP(1),DU(1)
$INSERT SYSCOM>ASKEYS
  READ(1,15) DZ1,DZ2,DY5
  15 FORMAT(3E15.4)
C
C Voor de knopen 2 en 6 zullen nu de verplaatsingincrementen worden
C opgegeven.
C Daarbij zal gelden:
C
C          DU(3)= incr. in Z-richting
C          DU(2)= incr. in Y-richting
C
  20 IF(NODE.EQ.2)GO TO 21
  GO TO 30
  21 DU(3)=DZ1
  DU(2)=DY5
  30 IF(NODE.EQ.6)GO TO 31
  GO TO 40
  31 DU(3)=DZ2
  DU(2)=DY5
  40 CONTINUE
  RETURN
  END

```

Als de executie door het MARC-programma is voltooid zijn de voor de gebruiker bestemde resultaten voor test L 1543 opgeslagen in de file „DSMUIT1543“. In verband met de omvang zal de inhoud van deze file hier

niet vermeld worden. Tevens is een file („POST16“) bestemd voor „post-processing“ met MARC-PLOT en MARC-RELOT gecreëerd. De wensen ten aanzien van de grafische weergave der resultaten dienen als stuurgegevens te worden bijgeleverd.

De file „POST16“ is voor het onderhavige probleem zodanig samengesteld dat als functie van de tijd de volgende grootheden in grafiek gebracht kunnen worden :

- \* de verplaatsingen (hoekverdraaiingen), snelheden en versnellingen van elk der knooppunten,
- \* de vier gegeneraliseerde rekgrootheden (axiale rek, kromming om de twee hoofdassen der balkdoorsneden, torsie) voor elk van de drie integratiepunten van elk element.

De file „DSMPLOT“ met stuurgegevens voor de programma's MARC-PLOT en MARC-RELOT is zodanig ingericht, dat uit alle mogelijke grafieken een selectie wordt genomen die voor de vergelijking met meetsignalen zinvol lijkt. De tekst van deze file is nauwelijks interessant en derhalve hier niet opgenomen.

Grafiek 1

Weergave van de versnelling van knooppunt 16 in x-richting, te vergelijken met meetsignaal A0.

Grafiek 2

Weergave van de versnelling van knooppunt 21 in z-richting, te vergelijken met meetsignaal A9.

Grafiek 3

Weergave van de versnelling van knooppunt 21 in y-richting, te vergelijken met meetsignaal A10.

Grafiek 4

Weergave van de versnelling van knooppunt 13 in z-richting, te vergelijken met meetsignaal A11.

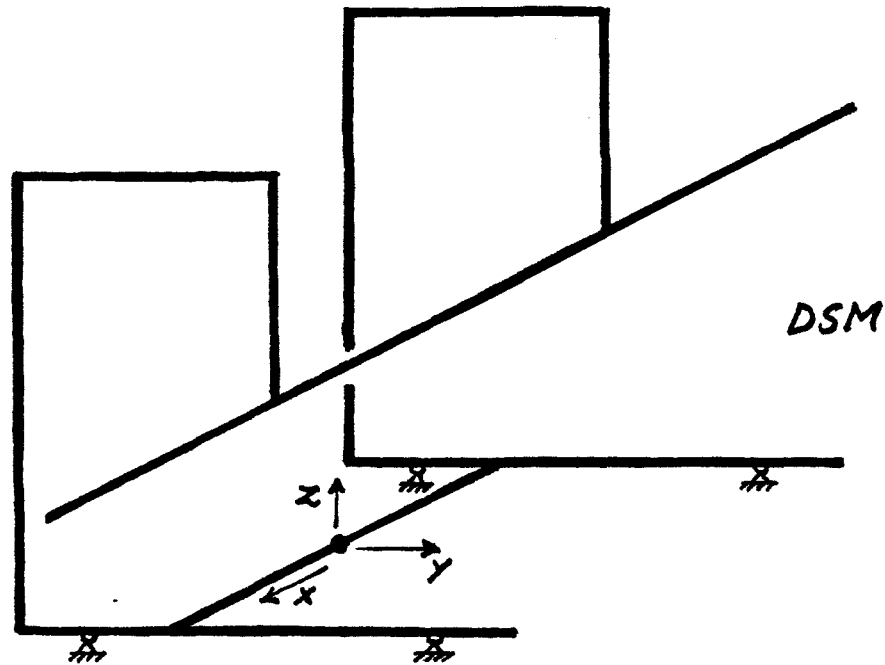
Grafiek 5

Weergave van de axiale rek in het eerste integratiepunt van element VII, dat ongeveer samenvaalt met knooppunt 9. Samen met de resultaten in de grafieken 6 en 7 (lineaire combinatie) kan vergelijkingsmateriaal voor de meetsignalen S14 en S15 worden verkregen.

Grafiek 6

Weergave van de kromming om de negatieve (globale) y-as in het eerste integratiepunt van element VII (knooppunt 9).

test L 1543 en test L 1540, waarbij het verschil is gelegen in de positie van extra aangebrachte „geconcentreerde“ massa.



In verband met de symmetrie (zowel in de constructie als in de experimentele resultaten) wordt slechts het gedeelte met positieve  $x$ -coördinaten beschouwd. Van de ondersteuningspunten zijn, via meting, de versnellingen als functie van de tijd bekend. Door TNO zijn deze gegevens ter beschikking gesteld, bestemd als invoer voor een dynamische responsieberekening.

De dynamische berekening zal worden uitgevoerd met het MARC-programma (versie 7.1) voor beide test-situaties, uitgaande van bovengenoemde meetsignalen. Voor nadere informatie over het MARC-programma wordt verwezen naar de gebruikershandleidingen.

Grafiek 7

Weergave van de kromming om de positieve (globale) x-as in het eerste integratiepunt van element VII (knooppunt 9).

Grafiek 8

Weergave van de axiale rek in het derde integratiepunt van element VII, dat nagenoeg samenvaalt met knooppunt 10. Samen met de resultaten in de grafieken 9 en 10 (lineaire combinatie) kan vergelijkingsmateriaal verkregen worden voor de meetsignalen  $S_{16}$ ,  $S_{17}$ ,  $S_{18}$  en  $S_{19}$ .

Grafiek 9

Weergave van de kromming om de negatieve (globale) y-as in het derde integratiepunt van element VII (knooppunt 10).

Grafiek 10

Weergave van de kromming om de positieve (globale) x-as in het derde integratiepunt van element VII (knooppunt 10).

Grafiek 11

Weergave van de axiale rek in het eerste integratiepunt van element XV, dat nagenoeg samenvaalt met knooppunt 20. Samen met de resultaten in de grafieken 12 en 13 (lineaire combinatie) kan vergelijkingsmateriaal verkregen worden voor de meetsignalen  $S_{20}$  en  $S_{21}$ .

Grafiek 12

Weergave van de kromming om de positieve (globale)  $y$ -as in het eerste integratiepunt van element XI (knooppunt 20).

Grafiek 13

Weergave van de kromming om de positieve (globale)  $x$ -as in het eerste integratiepunt van element XI (knooppunt 20).

Grafiek 14

Weergave van de verplaatsing van knooppunt 2 in  $x$ -richting: signaal A1, dubbel geïntegreerd in het tijdsdomein.

Grafiek 15

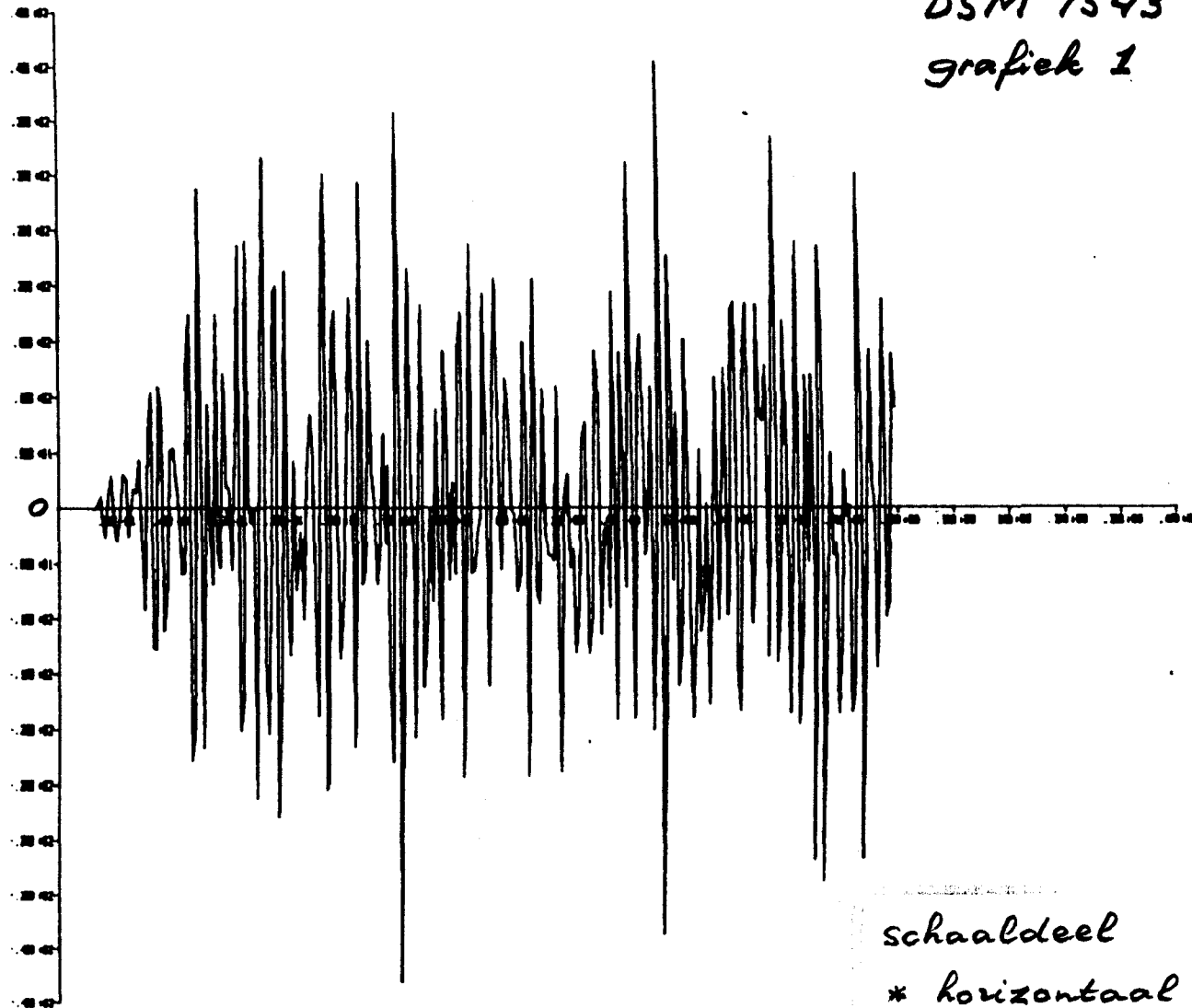
Weergave van de verplaatsing van knooppunt 6 in  $x$ -richting: signaal A2, dubbel geïntegreerd in het tijdsdomein.

Grafiek 16

Weergave van de verplaatsing van knooppunt 2 (en knooppunt 6) in  $y$ -richting: signaal A5 tweevoudig geïntegreerd in het tijdsdomein.

Voor de ingangssignalen (versnel-  
lingen) is er van uitgegaan dat  
als eenheid  $[mm/s^2]$  gehanteerd  
zou zijn. Aangezien dit niet cor-  
rect is (was  $[m/s^2]$ ) dienen  
alle responsieresultaten (versnellingen,  
verplaatsingen, rekgrootheden) met  
een factor 1000 vermenigvuldigd  
te worden.

DSM 1543  
grafiek 1



X-VERSNELLING KNOOPPUNT 16 40

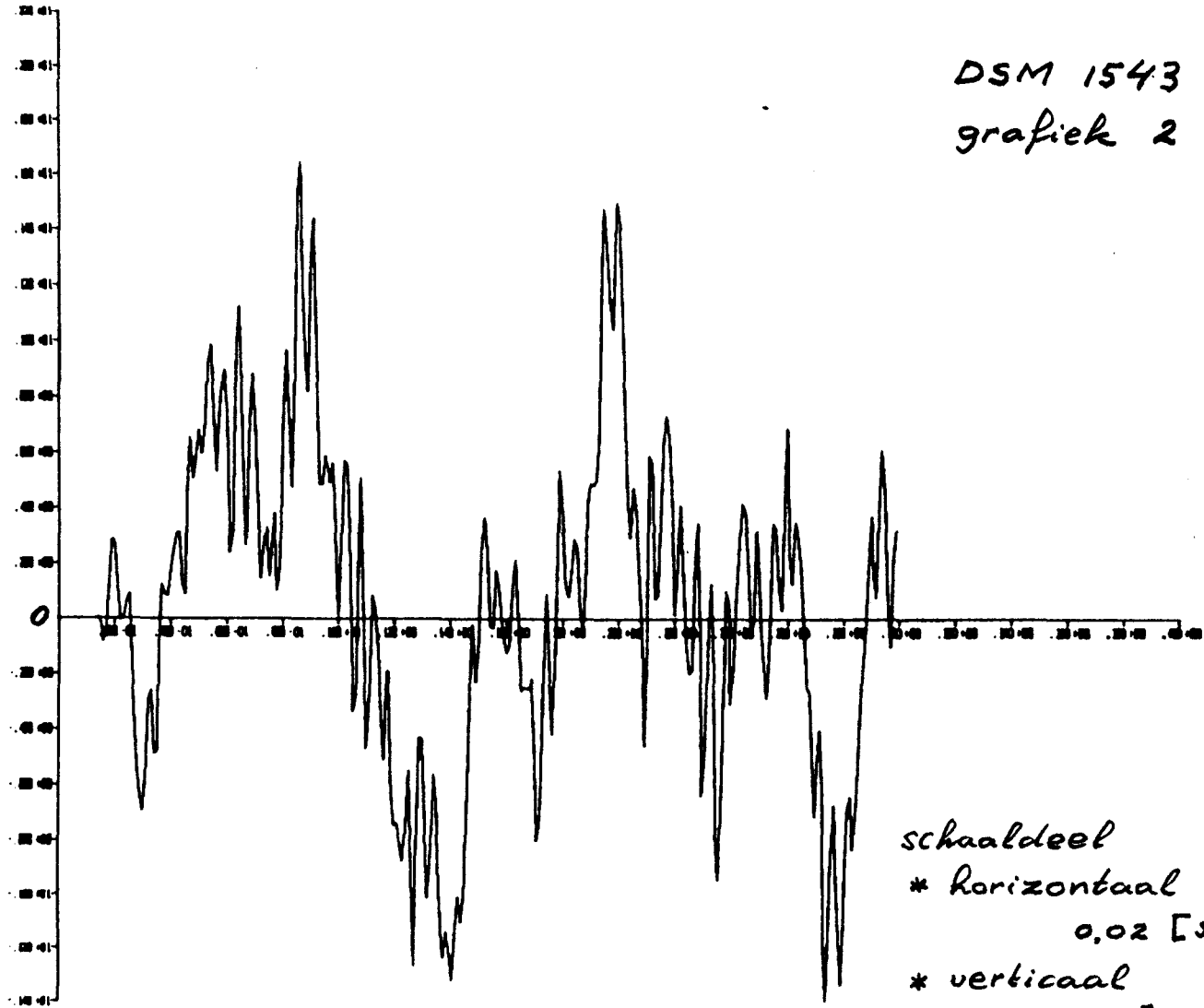
schaaldeel

\* horizontaal  
0.02 [s]

\* verticaal  
5 [mm/s<sup>2</sup>]



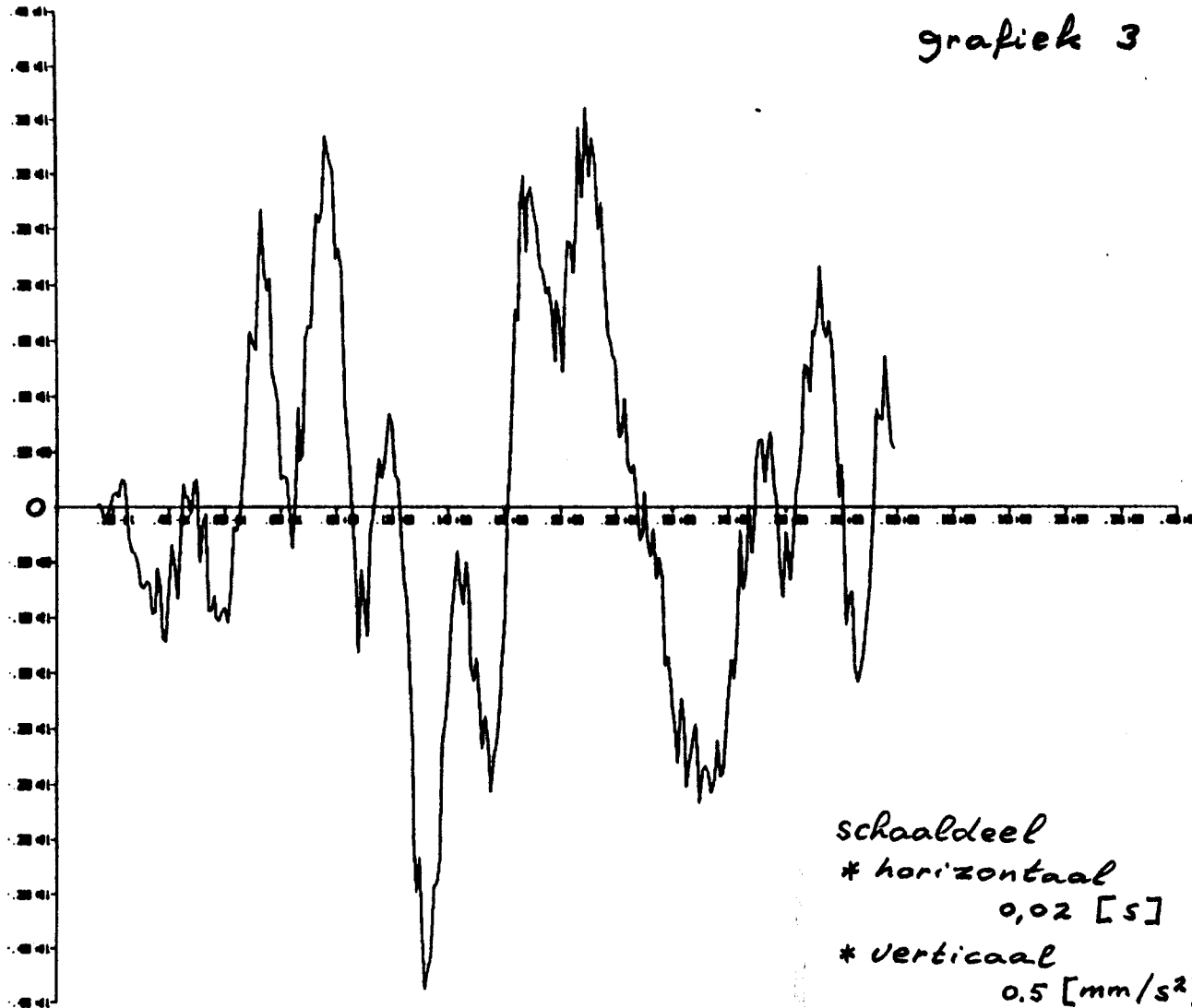
DSM 1543  
grafiek 2



schaaldeel  
\* horizontaal  
0,02 [s]  
\* verticaal  
0,2 [mm/s<sup>2</sup>]

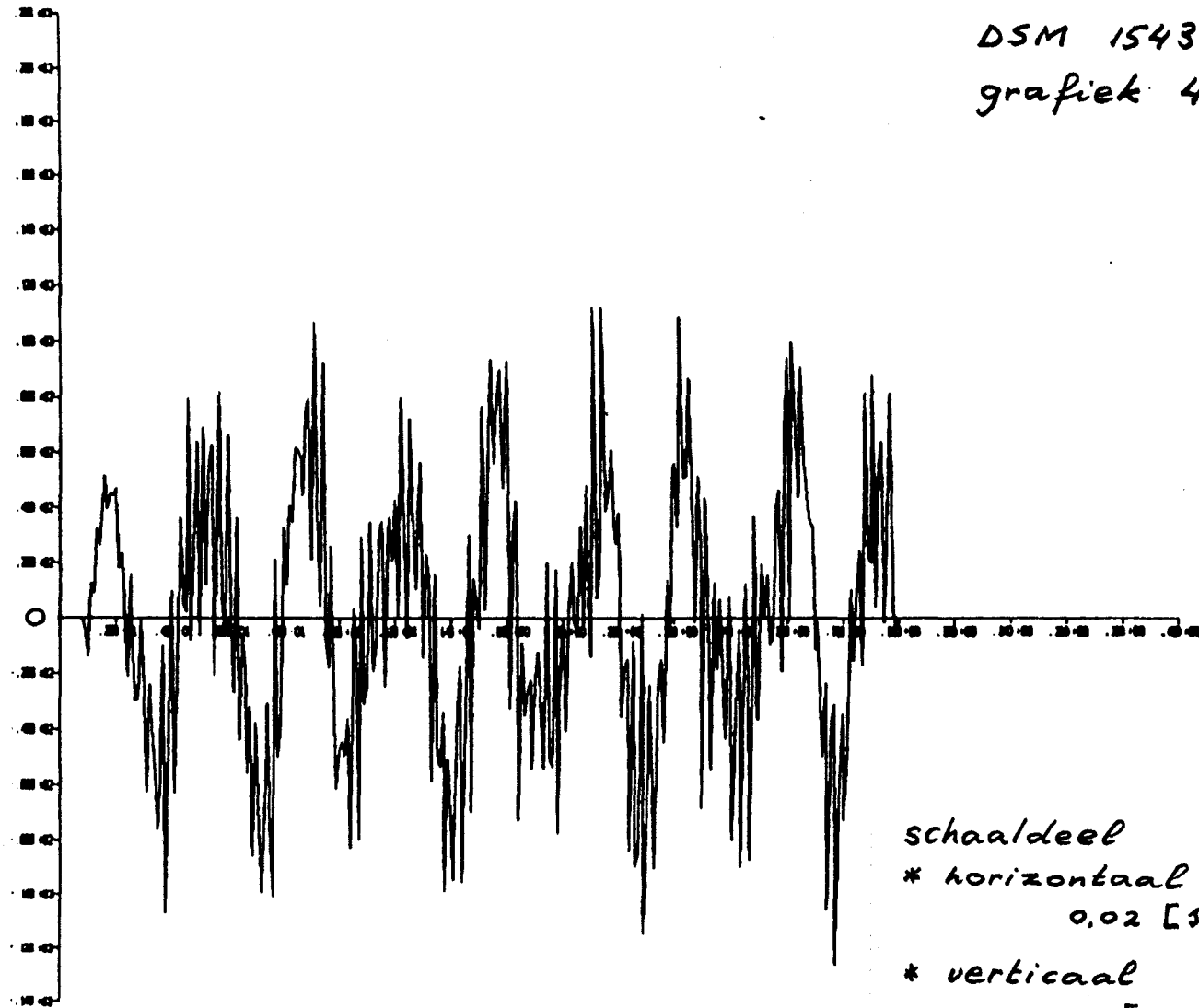
Z-VERSHELLING KNOOPPUNT 21 A9

DSM 1543  
grafiek 3



Y-VERSNELLING KNOOPPUNT 21 A10

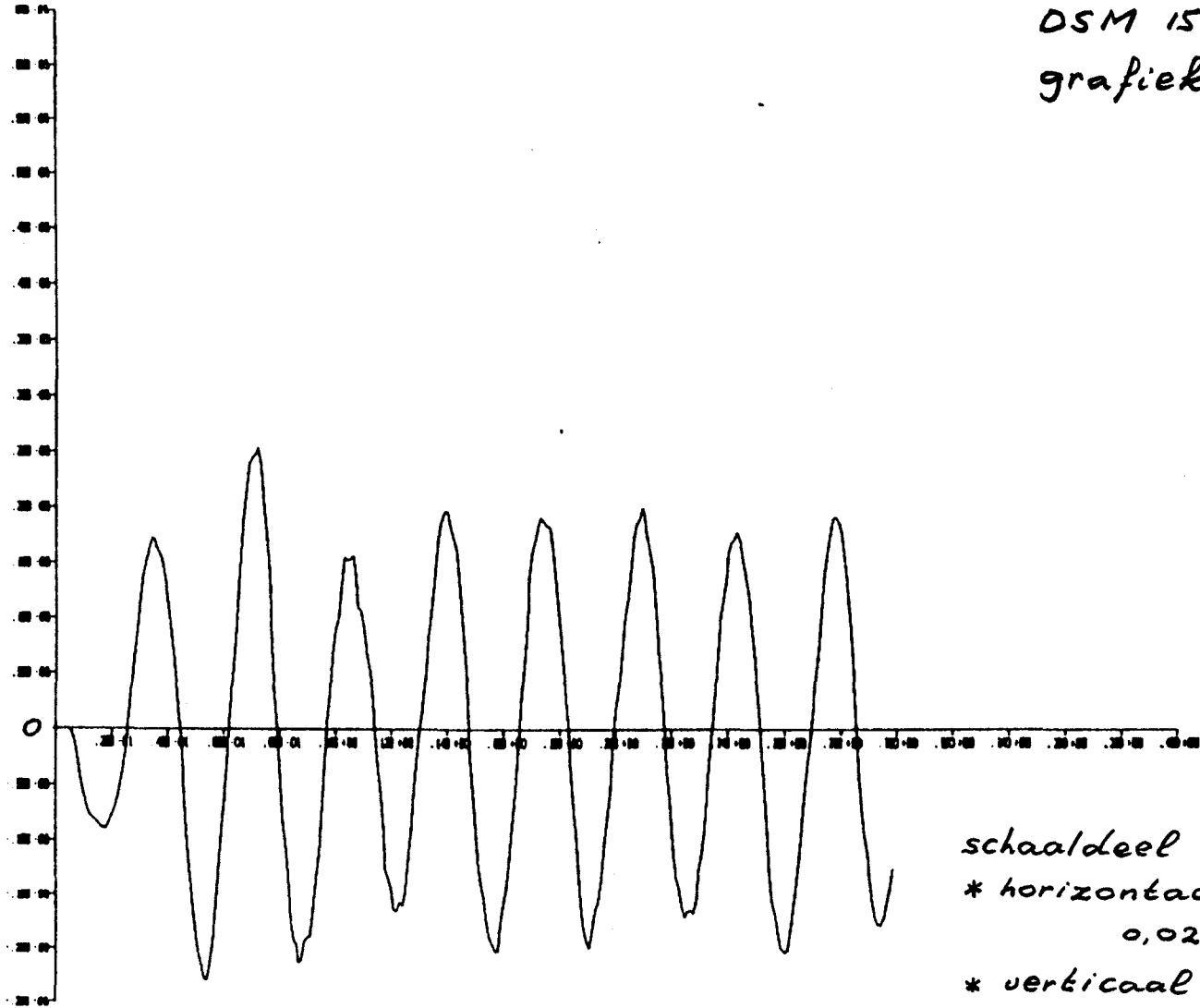
DSM 1543  
grafiek 4



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
20 [mm/s<sup>2</sup>]

Z-VERSNELLING KNOOPPUNT (3 A1)

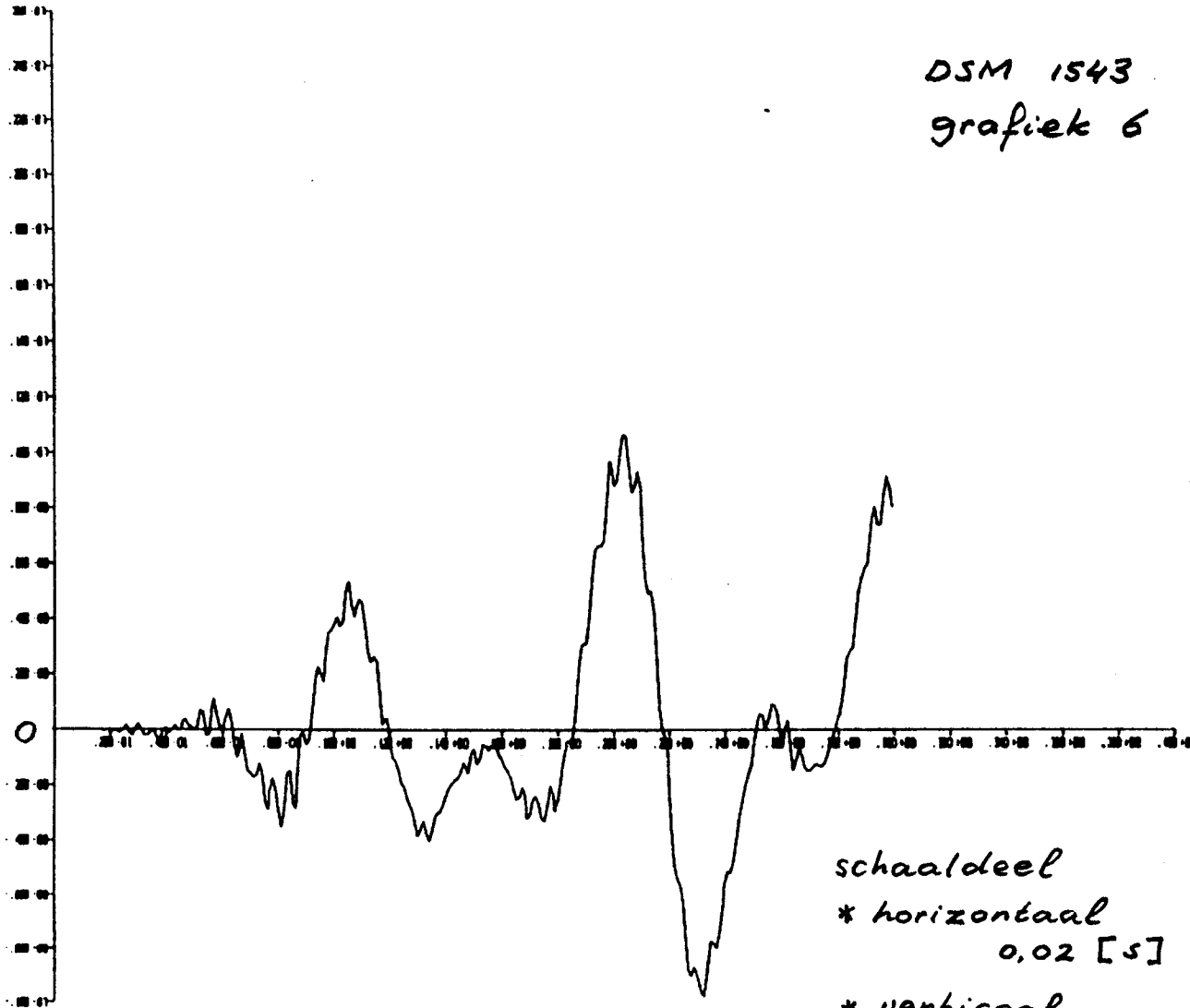
DSM 1543  
grafiek 5



schaaldeel  
\* horizontaal  
0,02 [s]  
\* verticaal  
5 E-7 [-]

AXIALE REK T.P.V. KNOOPPUNT 9 S14/15

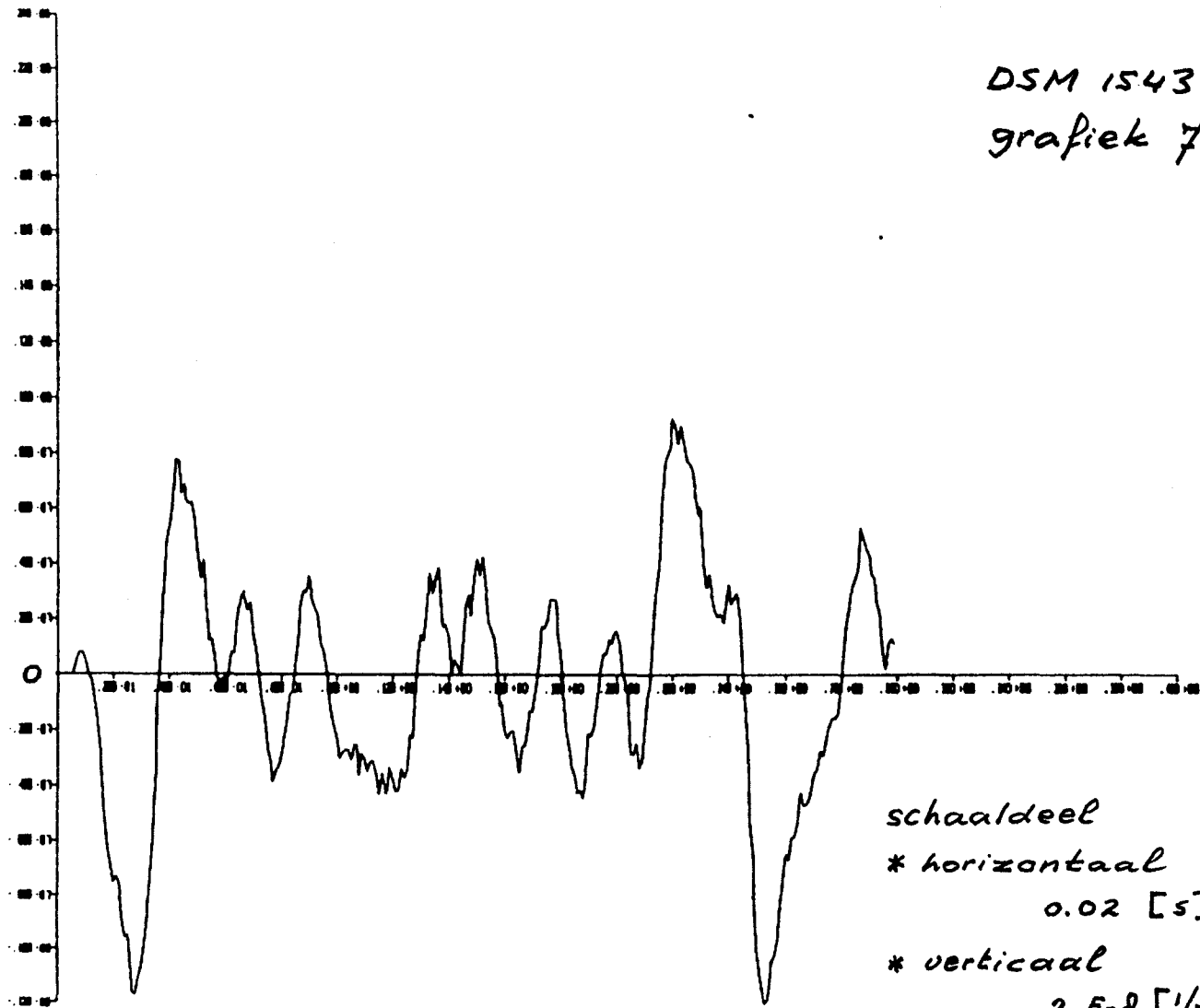
DSM 1543  
grafiek 6



schaaldeel  
\* horizontaal  
0,02 [s]  
\* verticaal  
2 E-9 [ $\frac{1}{mm}$ ]

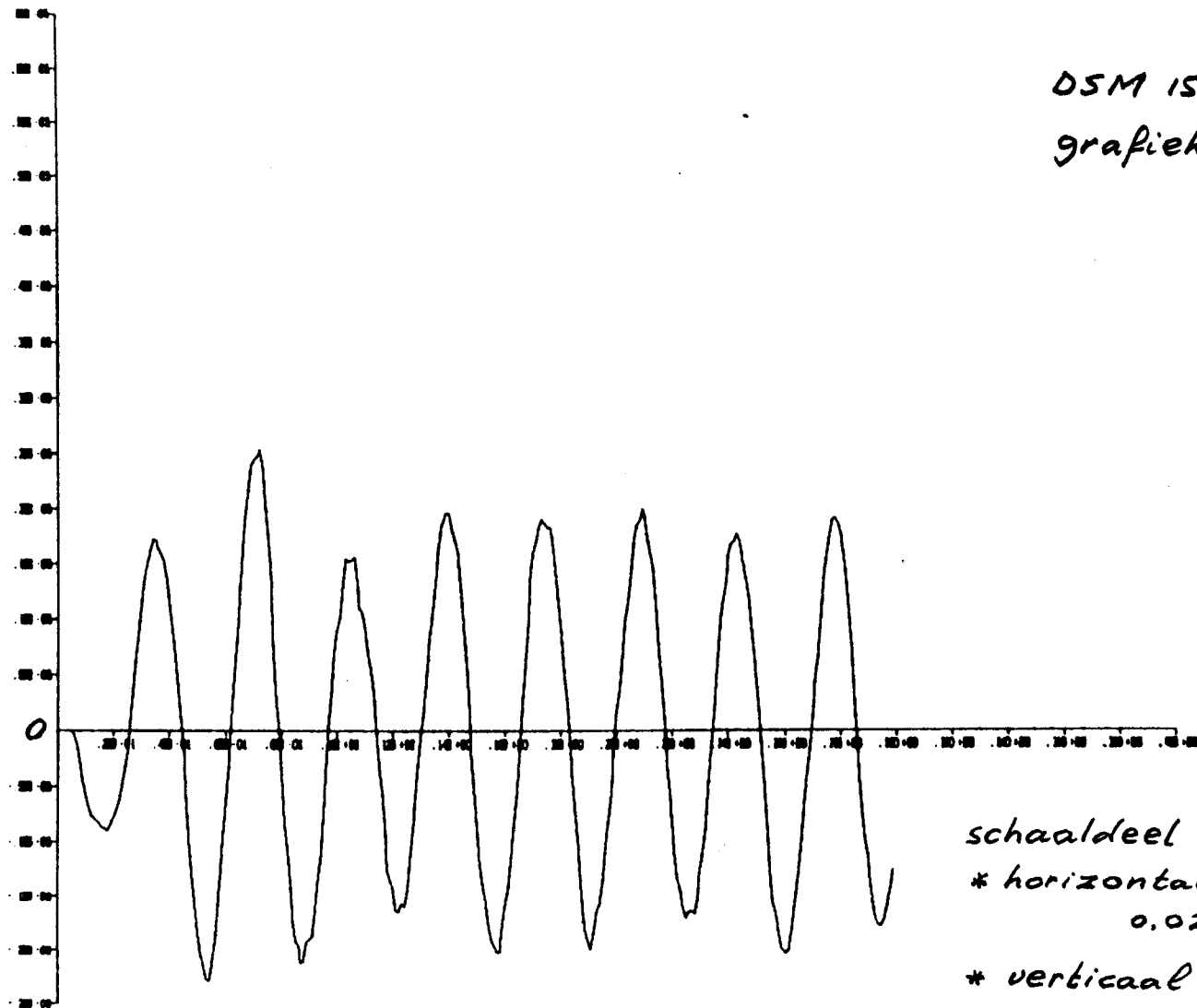
KROMMING NEG. Y-AS KNOOPPUNT 9 S14/15

DSM 1543  
grafiek 7



KROMMING PCS. X-AS KNOOPPUNT 9 S14/15

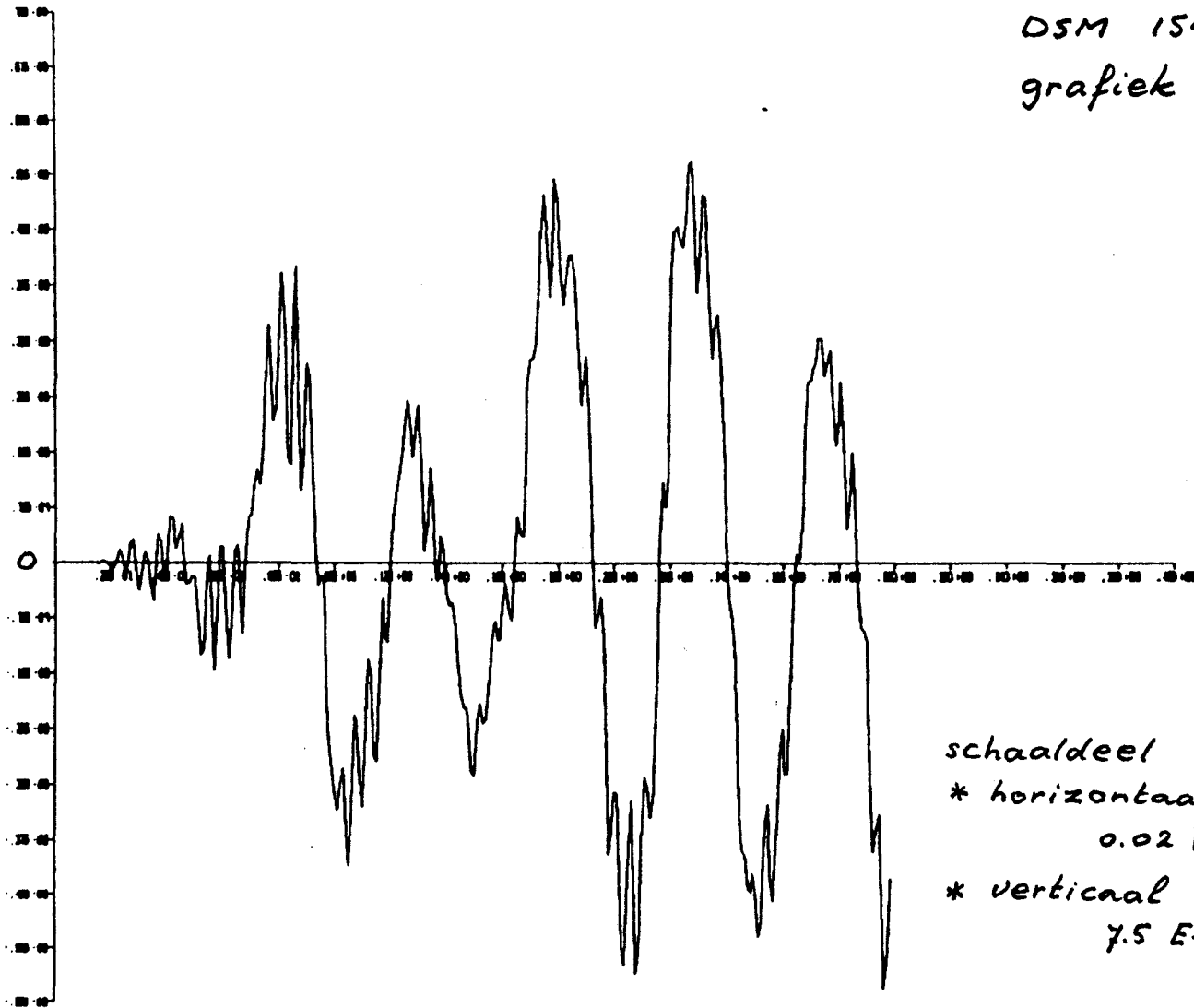
DSM 1543  
grafiek 8



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
5 E-7 [-]

AXIALE REK T.P.V. KNOOPPUNT 10 516/17/18/19

DSM 1543  
grafiek 9

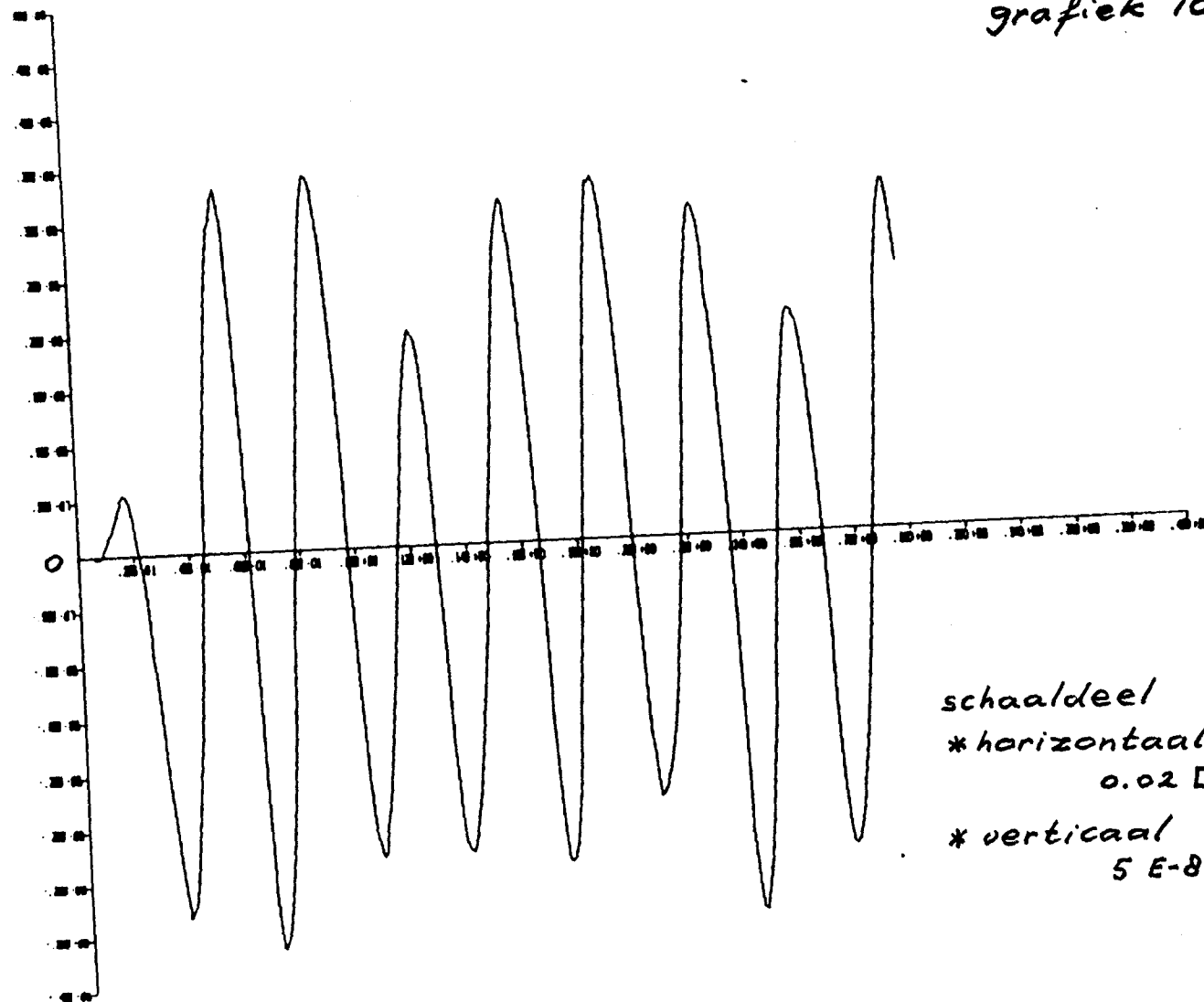


schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
 $7.5 \cdot 10^{-10}$  [1/mm]

KROMMING NEG. Y-AS KNOOPPUNT 10 516/17/18/19



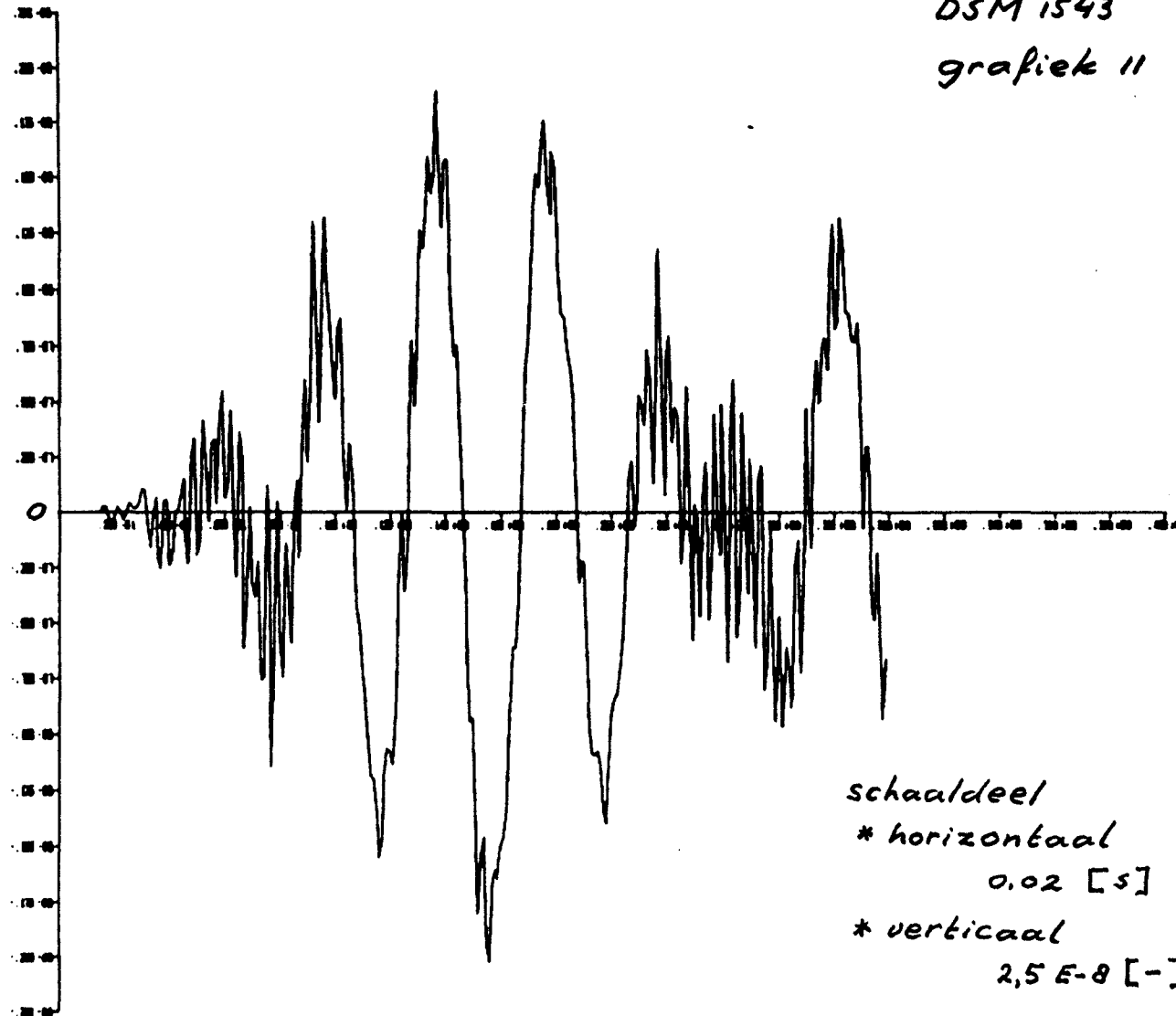
DSM 1543  
grafiek 10



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
 $5 \cdot 10^{-8}$  [1/mm]

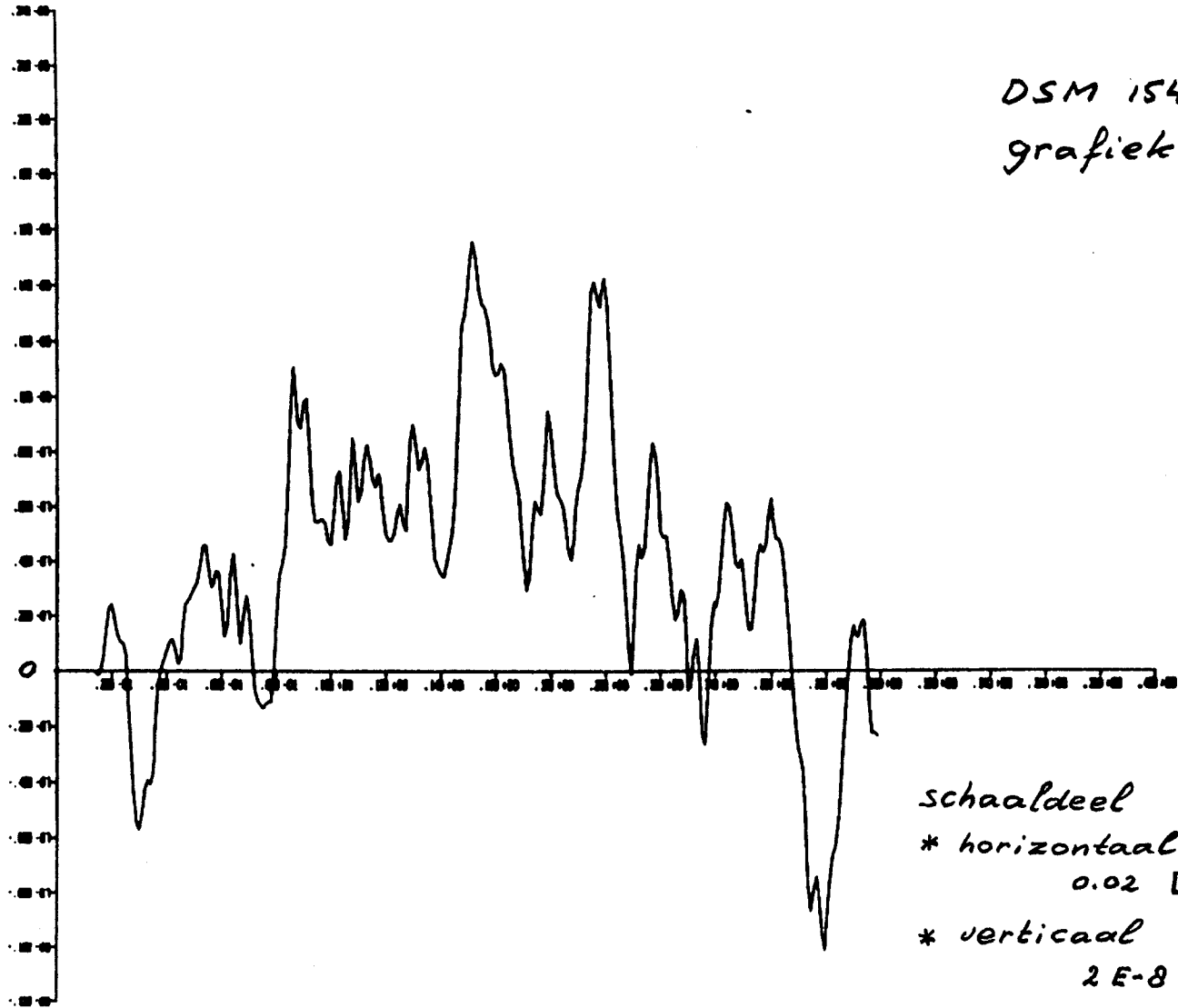
KROMMING PCS. X-AS KNOOPPUNT 10 516/17/18/19

DSM 1543  
grafiek 11



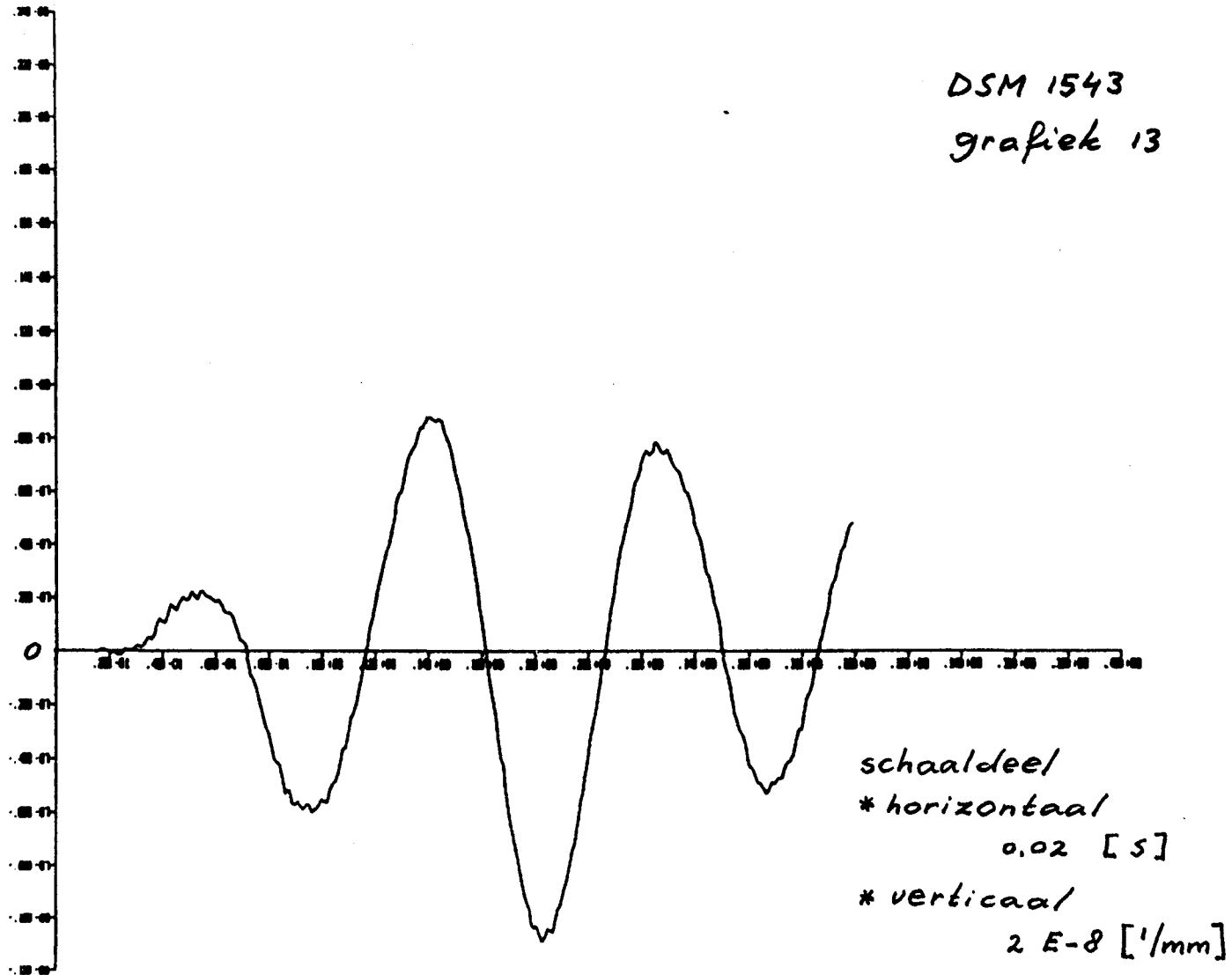
AXIALE REK T.P.V. KNOOPPUNT 20 520/21

DSM 1543  
grafiek 12



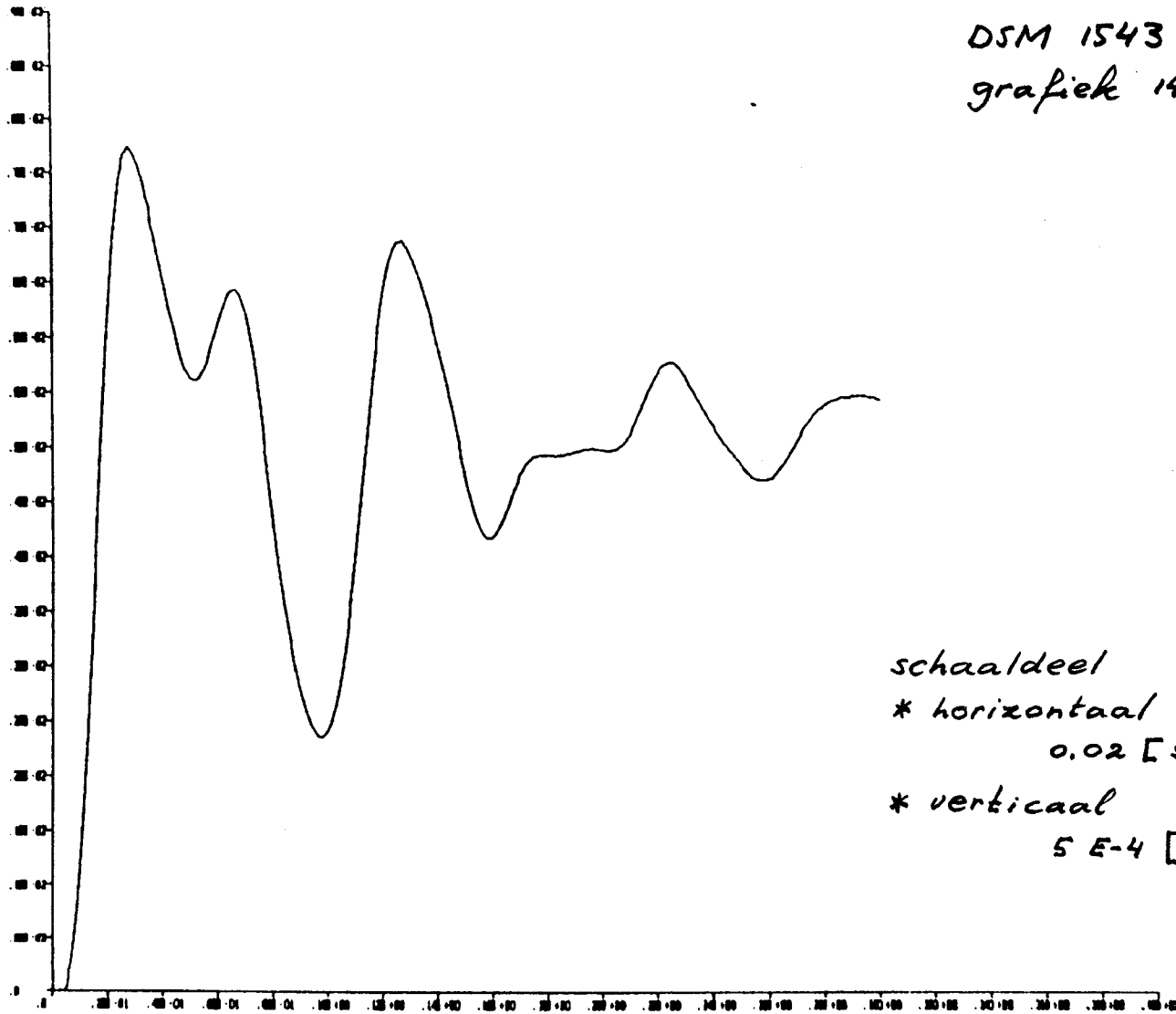
schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
 $2 \cdot 10^{-8}$  [1/mm]

DSM 1543  
grafiek 13



KROMMING PGS. Z-AS KNOOPPUNT 20 S2D/21

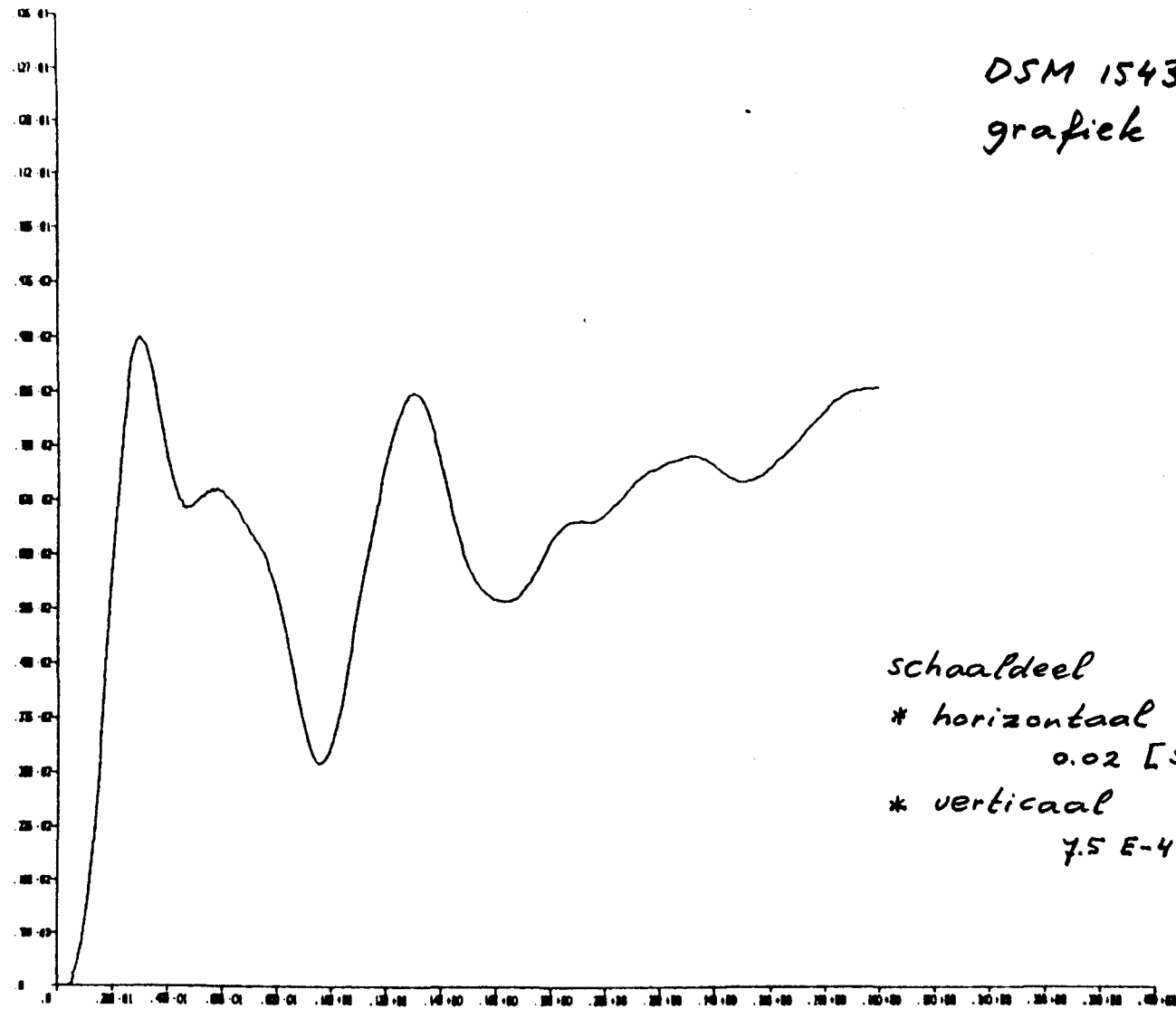
DSM 1543  
grafiek 14



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
5 E-4 [mm]

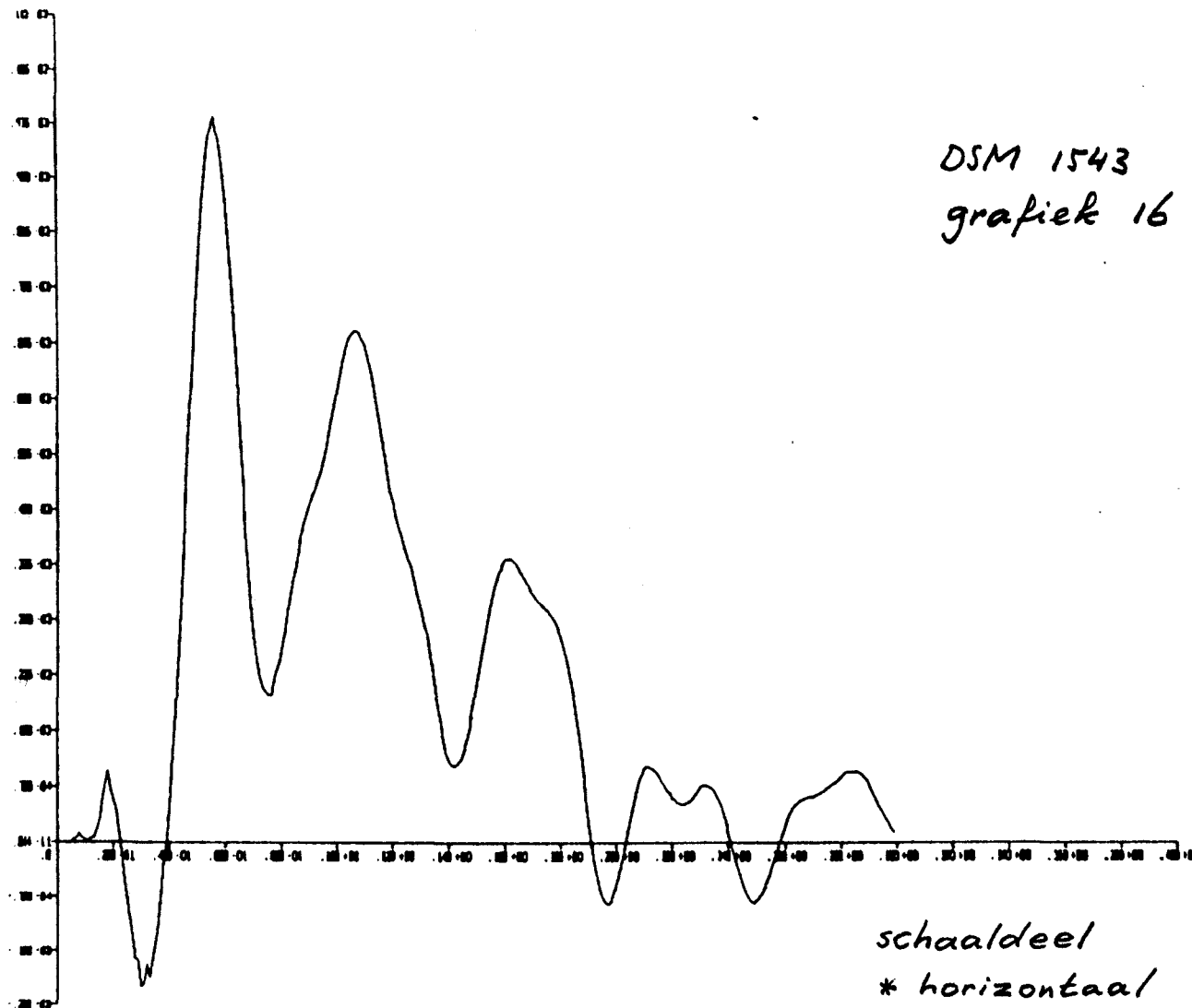
Z-VERPLAATSING KNOOPPUNT 2

DSM 1543  
grafiek 15



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
7.5 E-4 [mm]

Z-VERPLAATSING KNOOPPUNT 6



DSM 1543  
grafiek 16

Y-VERPLAATSING KNOOPPUNT 2

schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
 $7.5 \cdot 10^{-5}$  [mm]

## 7. Test L 1540

De configuratie voor test L 1540 is afwijkend van die voor test L 1543 door de positie van de extra aangebrachte (geconcentreerde) mana. Verwezen wordt naar TNO-rapport 5071202-81-1 voor nadere informatie.

Het zal duidelijk zijn dat bij deze test een specifieke set invoersignalen behoort, opgenomen in de file "M40" (zie hoofdstuk 2). De consequentie daarvan is dat de files "INV", "INVF" en "USDATA" ten opzichte van het voorgaande gewijzigd zijn.

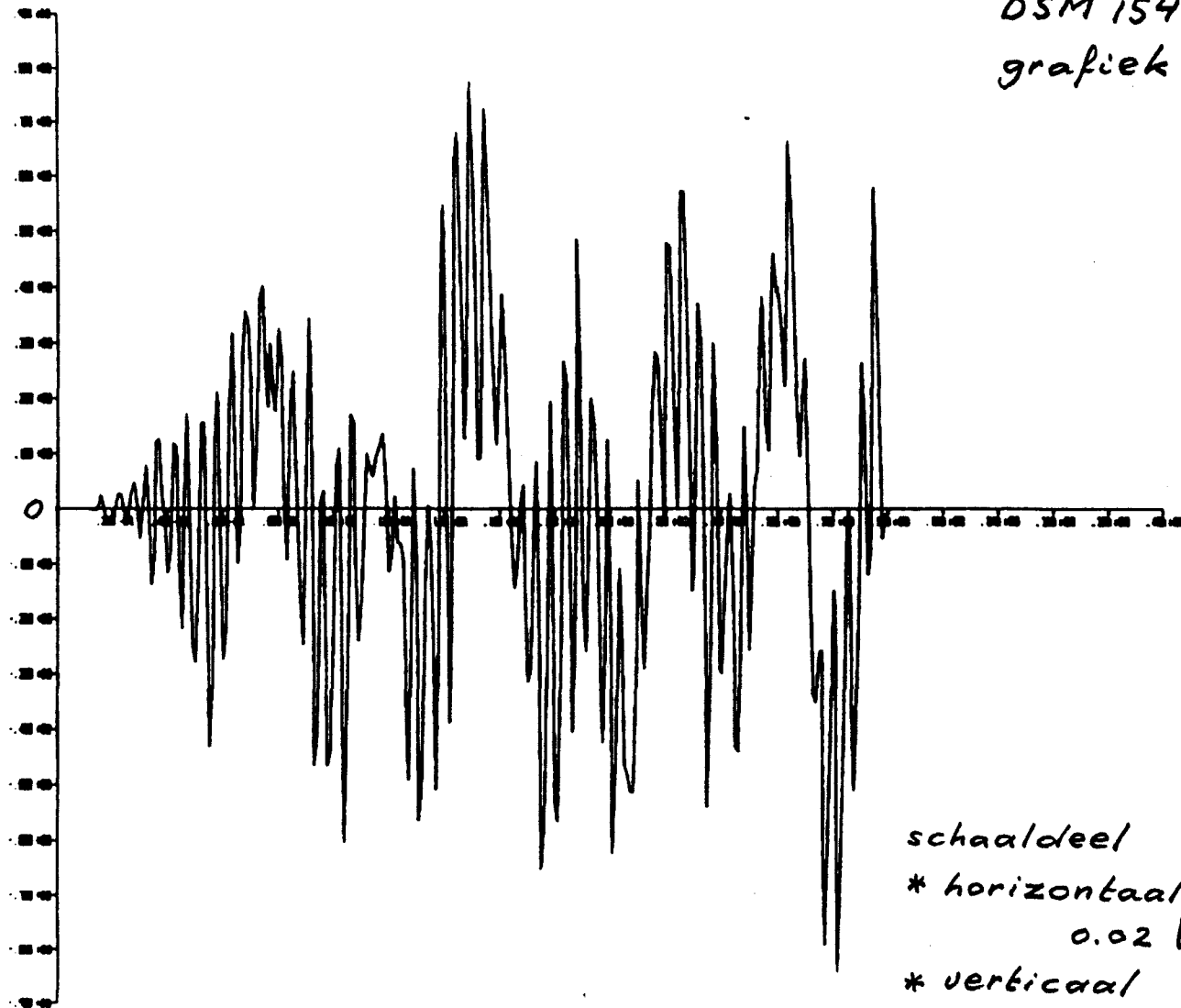
De aanpassing in de invoerfile voor MARC: "DSM1540" is zeer beperkt; het onderstaande geeft de modificatie weer.

```
MASSES
16,1,25.272,
16,2,25.272,
16,3,25.272,
16,4,1.7861E5,
16,5,6.4444E4,
16,6,1.4929E5,
```

Voor test L 1540 worden de resultaten op precies dezelfde wijze, als in hoofdstuk 6 voor test L 1543, gepresenteerd. Nadere toelichting is hier derhalve overbodig.



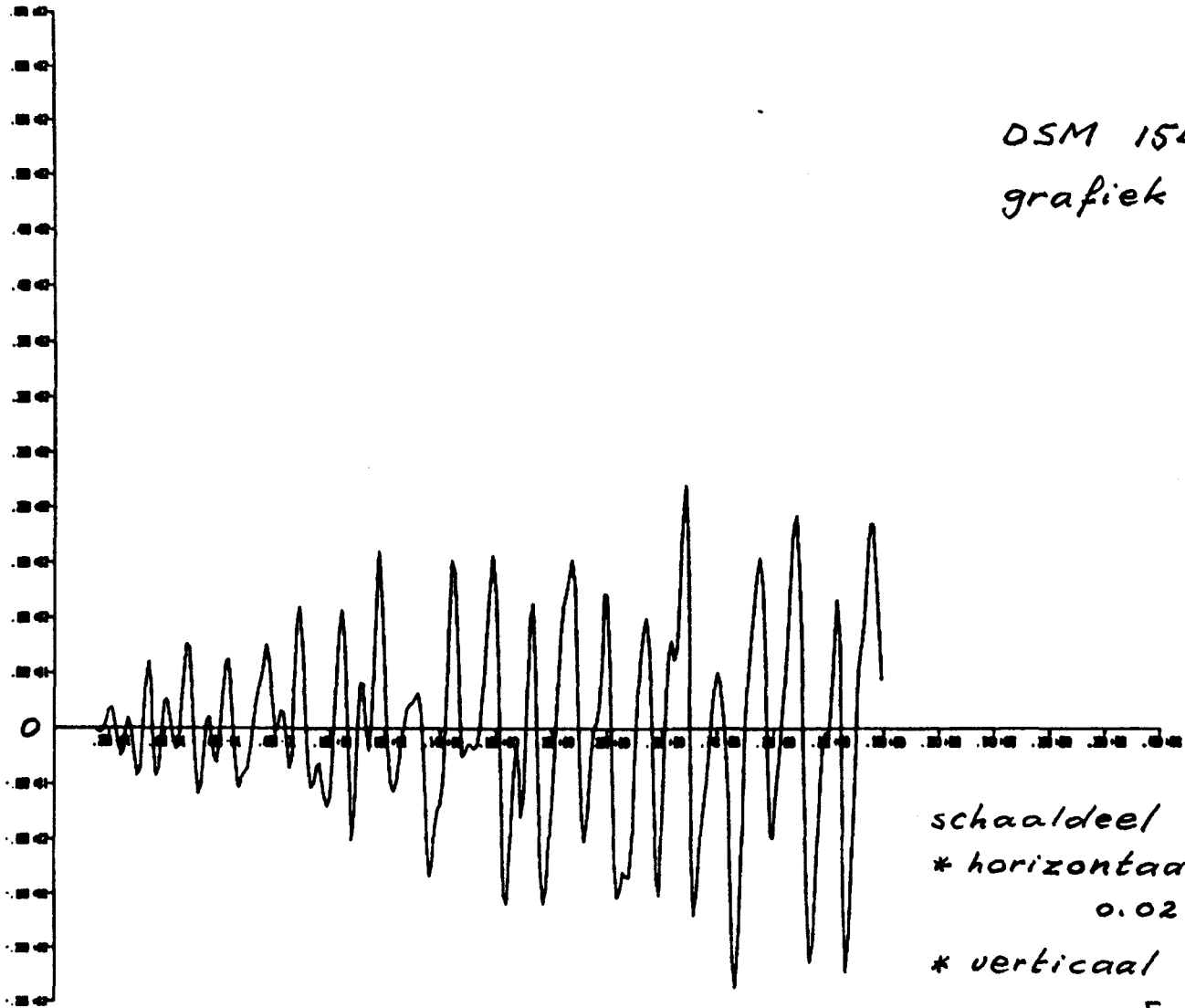
DSM 1540  
grafiek 1



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
0.1 [mm/s<sup>2</sup>]

X-VERSNELLING KNOOPPUNT 16 40

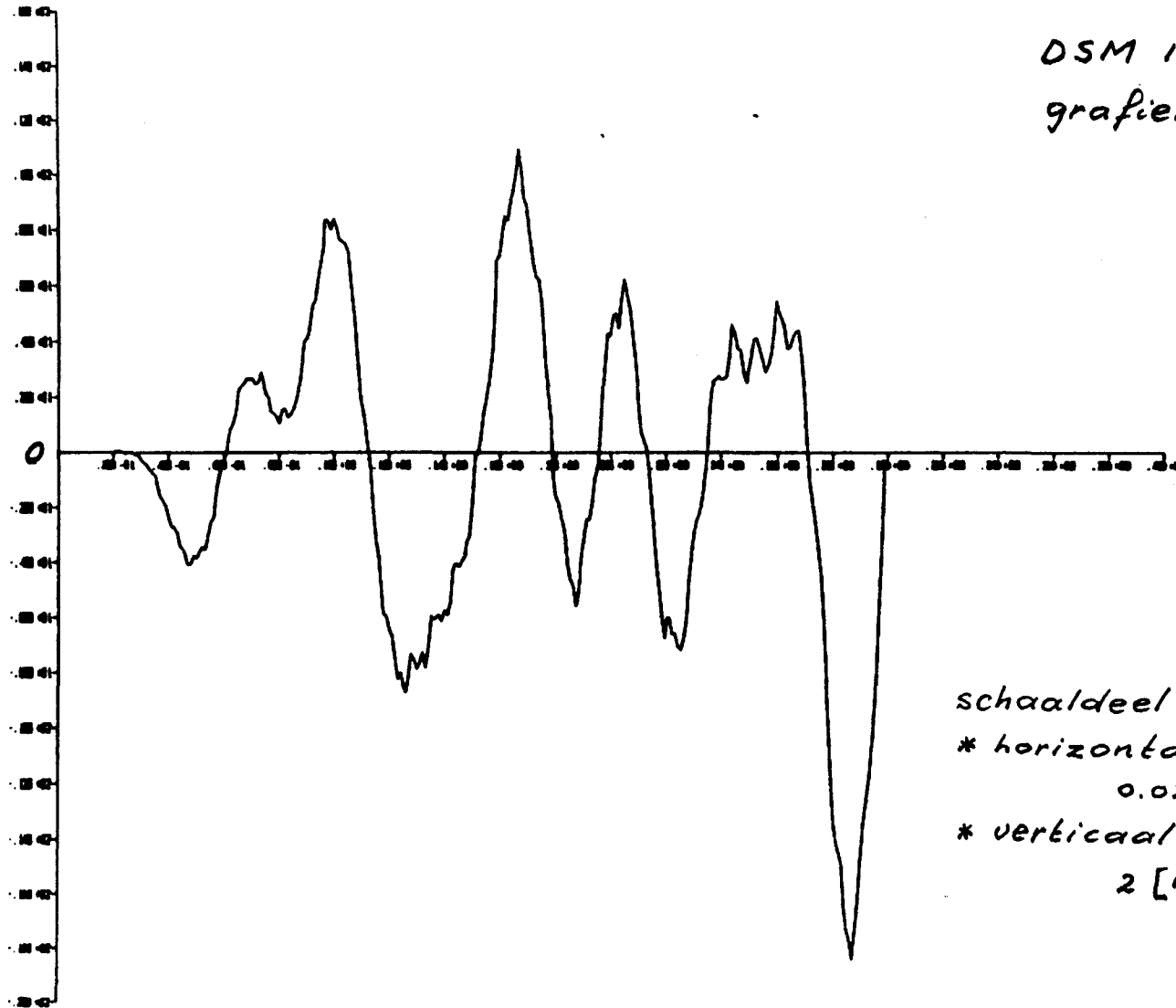
DSM 1540  
grafiek 2



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
5 [mm/s<sup>2</sup>]

Z-VERSNIJL (NG KNOOPPUNT 21) A9

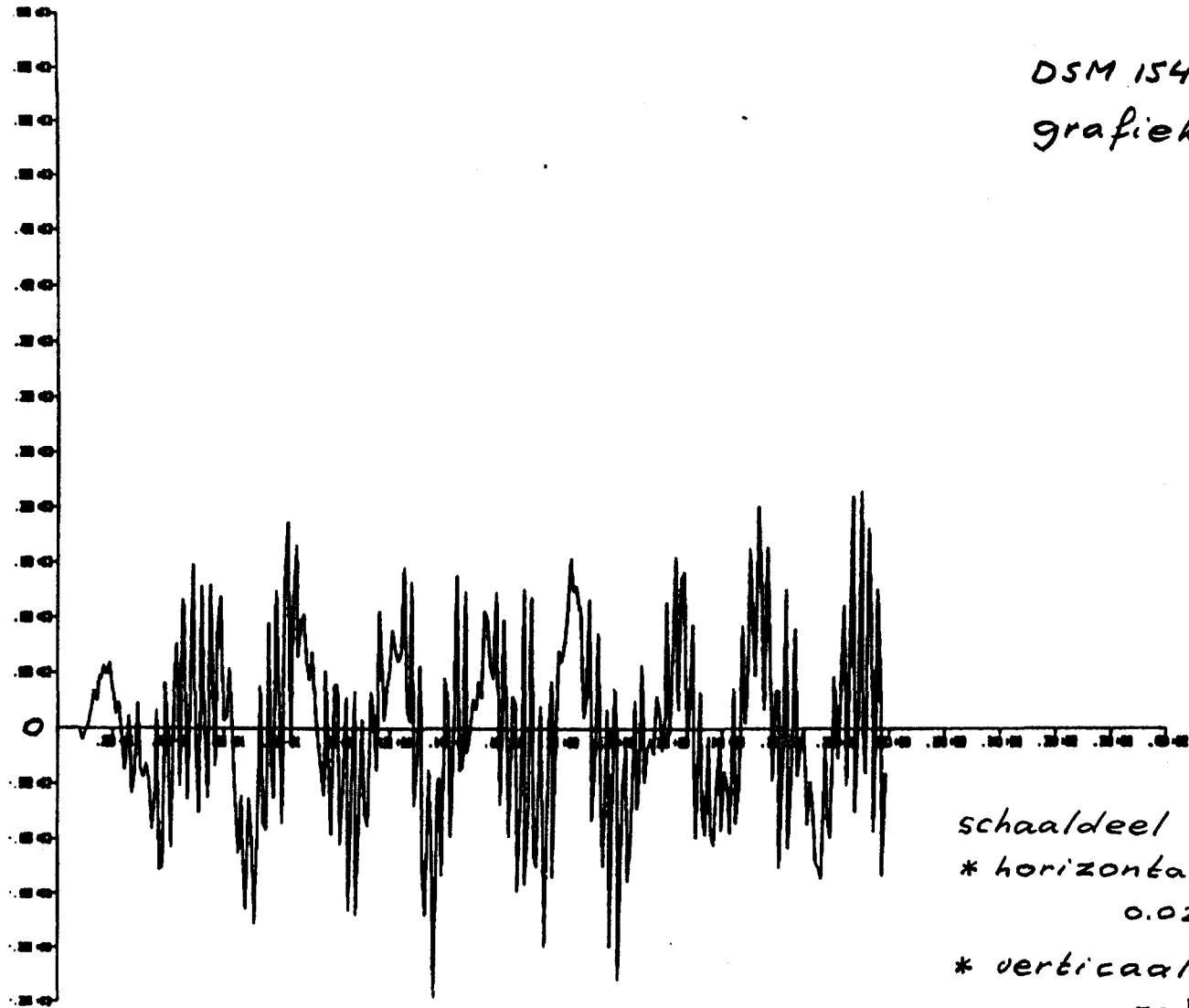
DSM 1540  
grafiek 3



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
2 [mm/s<sup>2</sup>]

Y-VERSNELLING KNOOPPUNT 21 A10

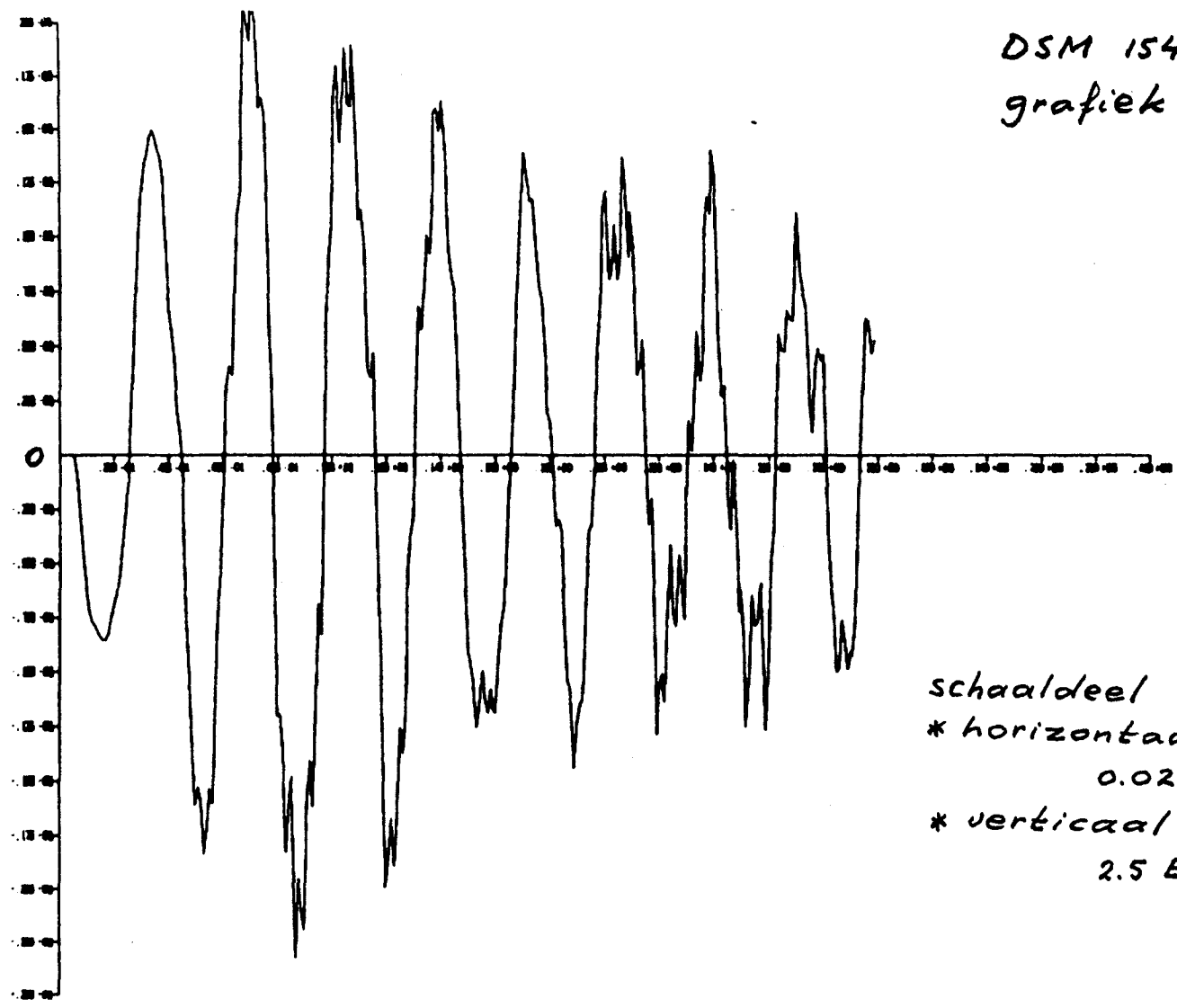
DSM 1540  
grafiek 4



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
50 [mm/s<sup>2</sup>]

Z-VERSHELLING KNOOPPUNT 13 A11

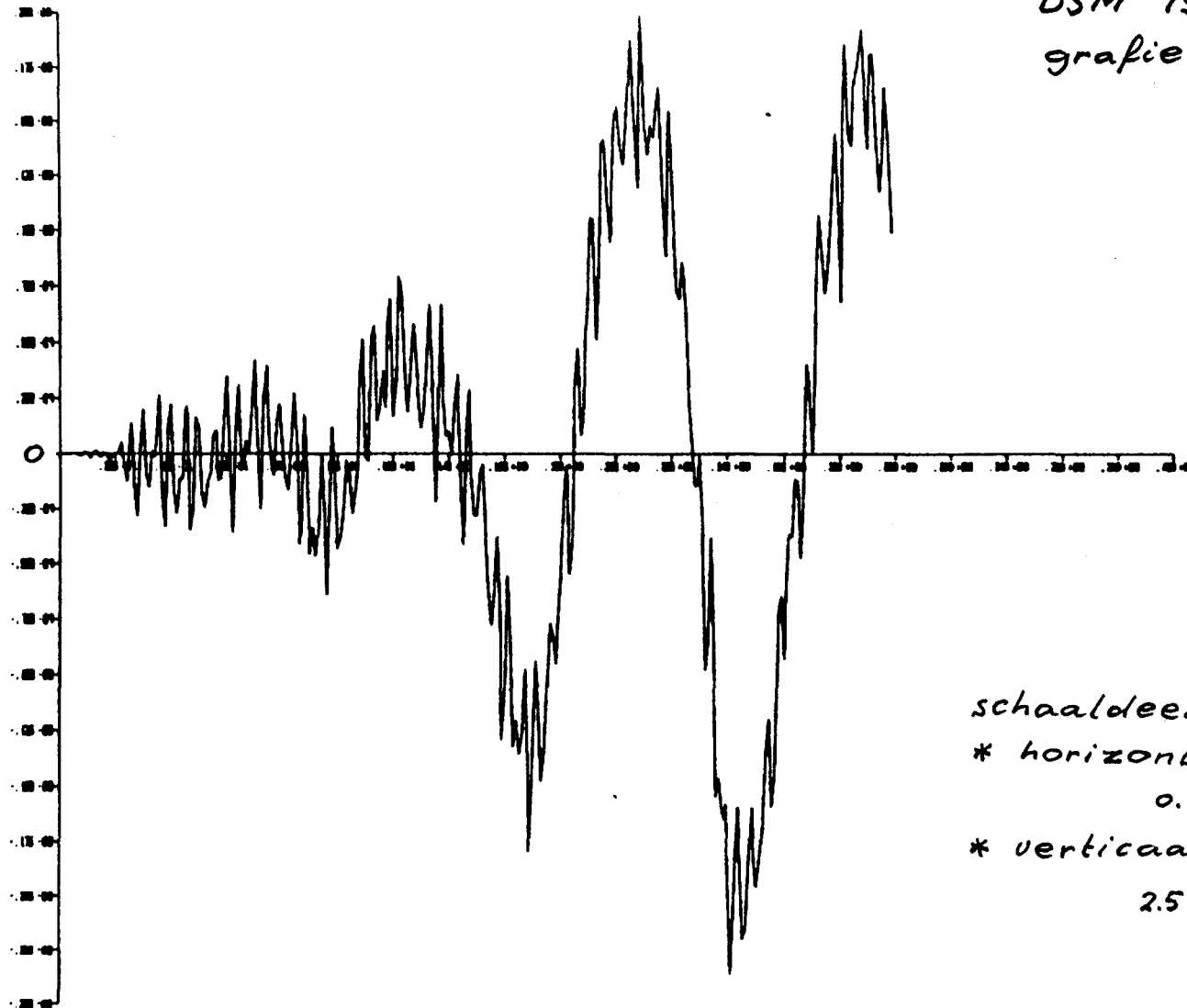
DSM 1540  
grafiek 5



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
2.5 E-7 [-]

AXIALE REK T.P.V. KNOOPPUNT 9 S14/15

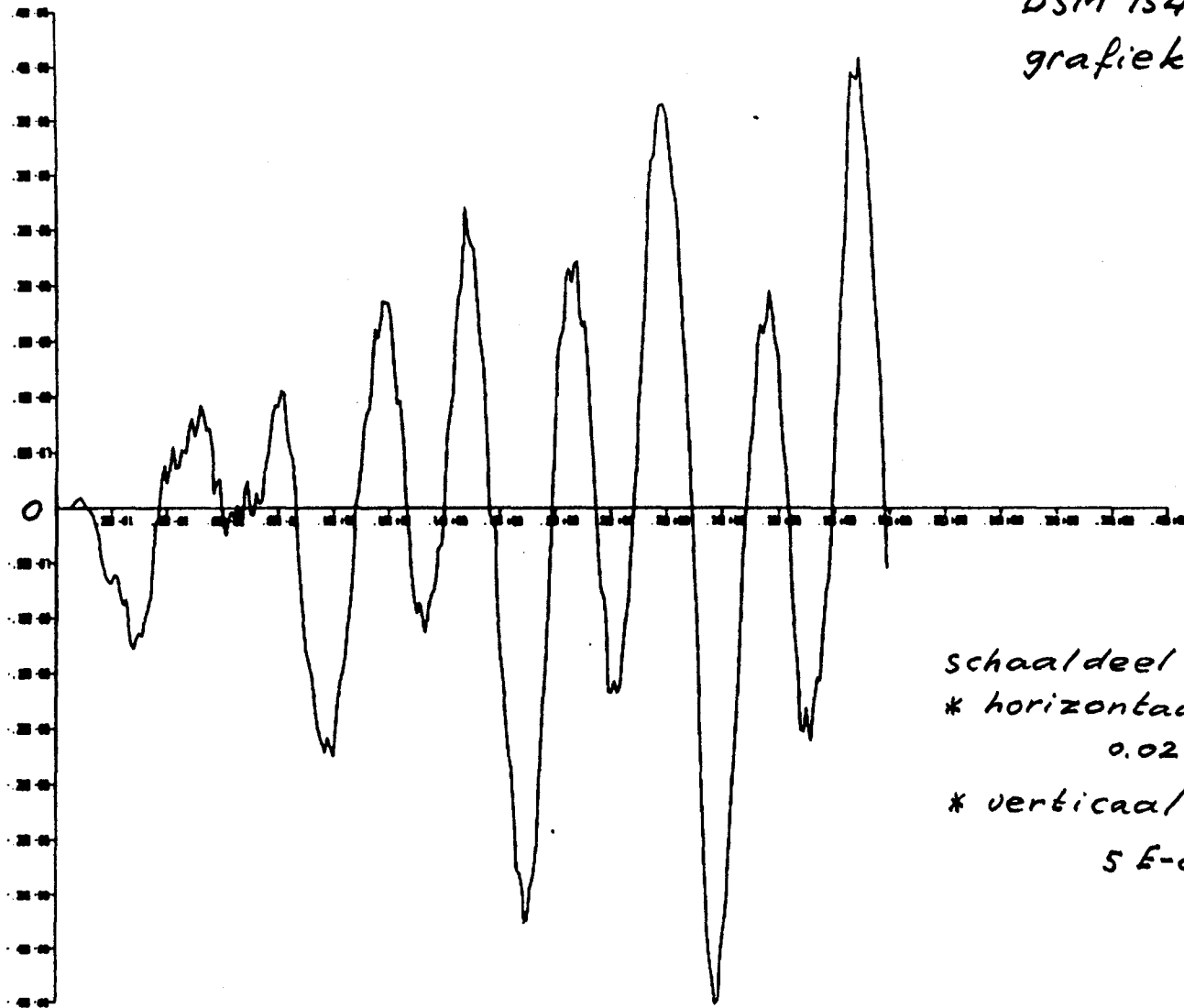
DSM 1540  
grafiek 6



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
 $2.5 \cdot 10^{-10}$  [1/mm]

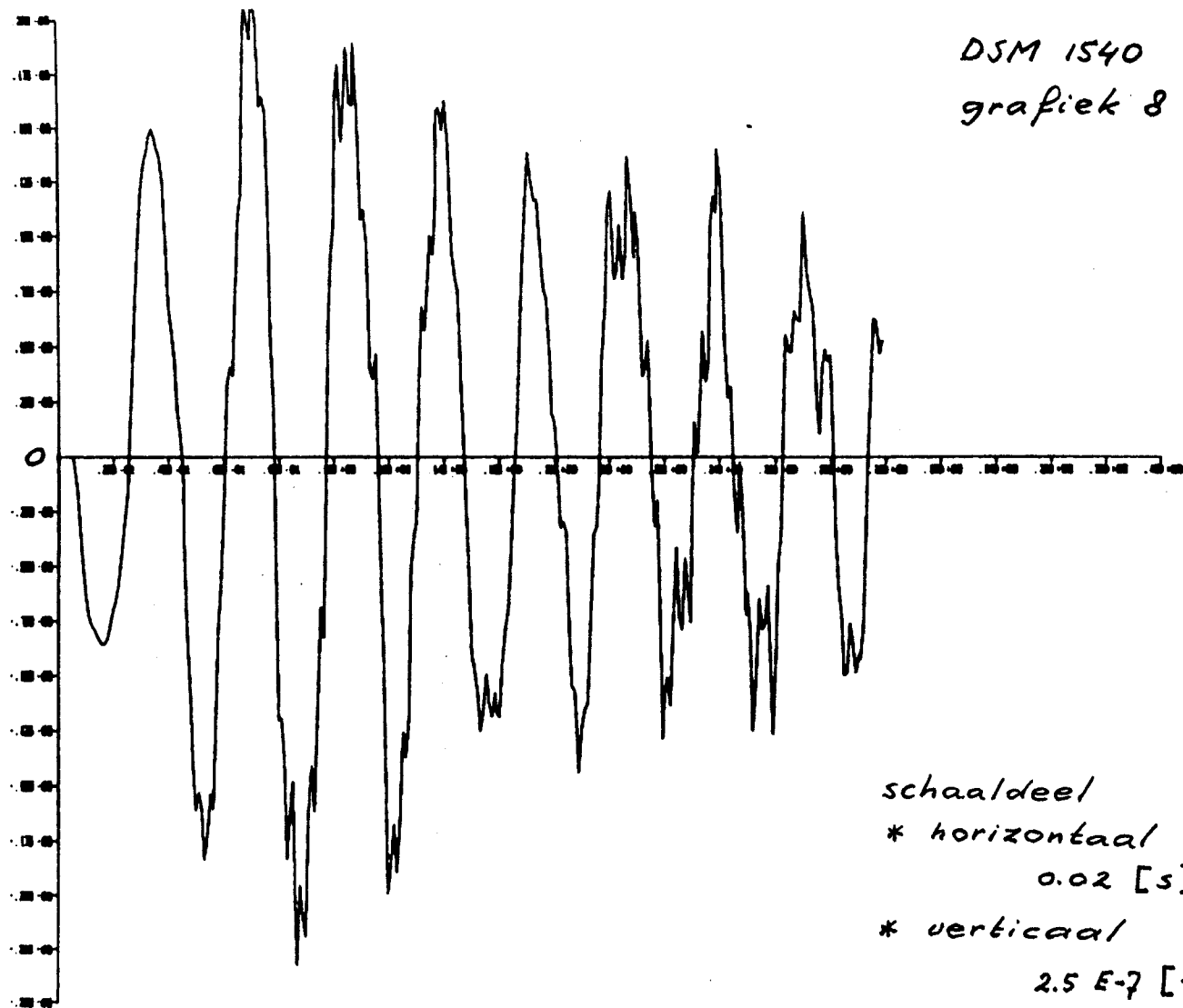
KROMMING NEG. Y-AS KNOOPPUNT 9 S14/15

DSM 1540  
grafiek 7



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
 $5 \cdot 10^{-8}$  [1/mm]

KROMMING POS. X-AS KNOOPPUNT 9 514/15

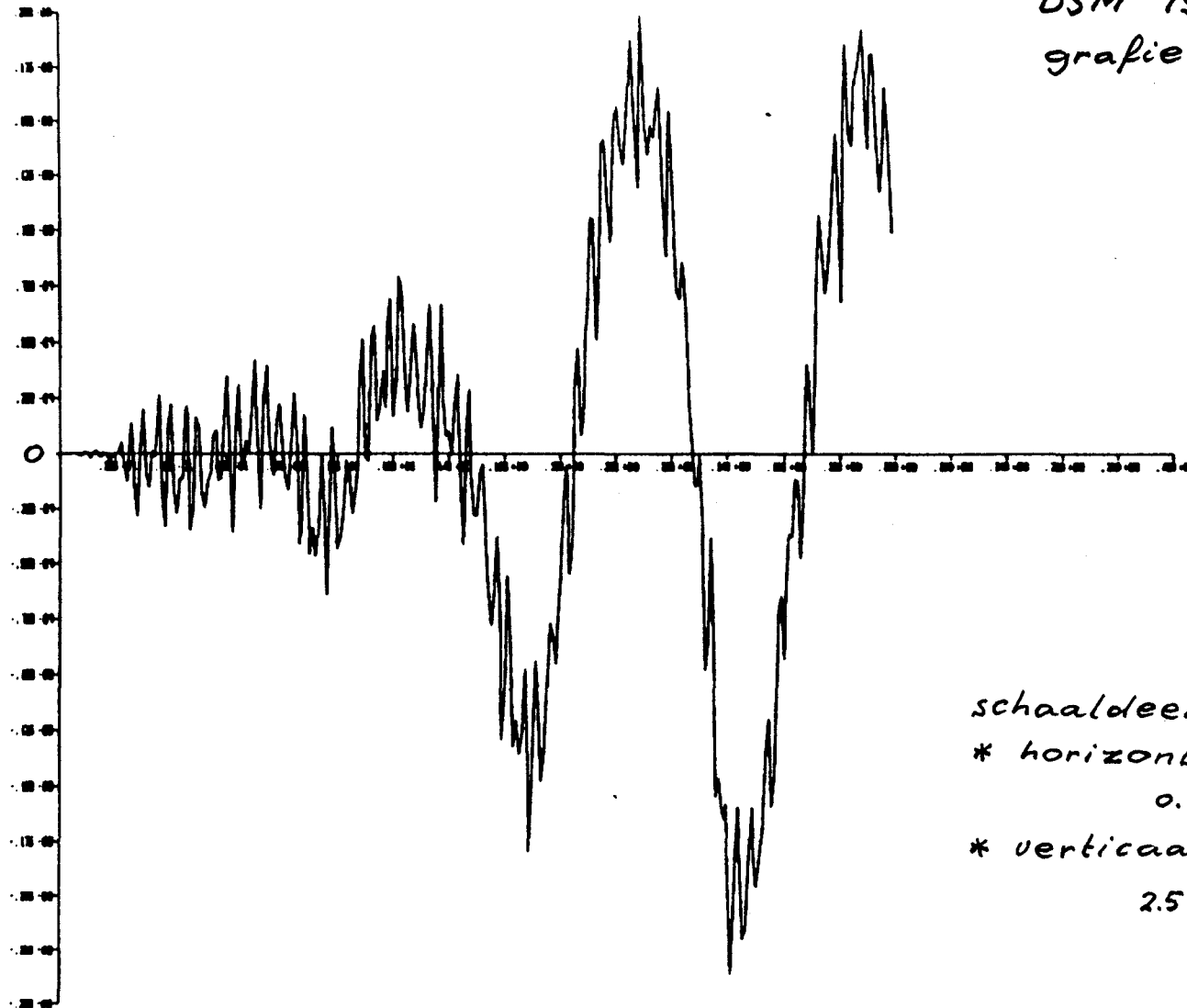


schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
2.5 E-7 [-]

AXIALE REK T.P.V. KNOOPPUNT ID 516/17/18/19



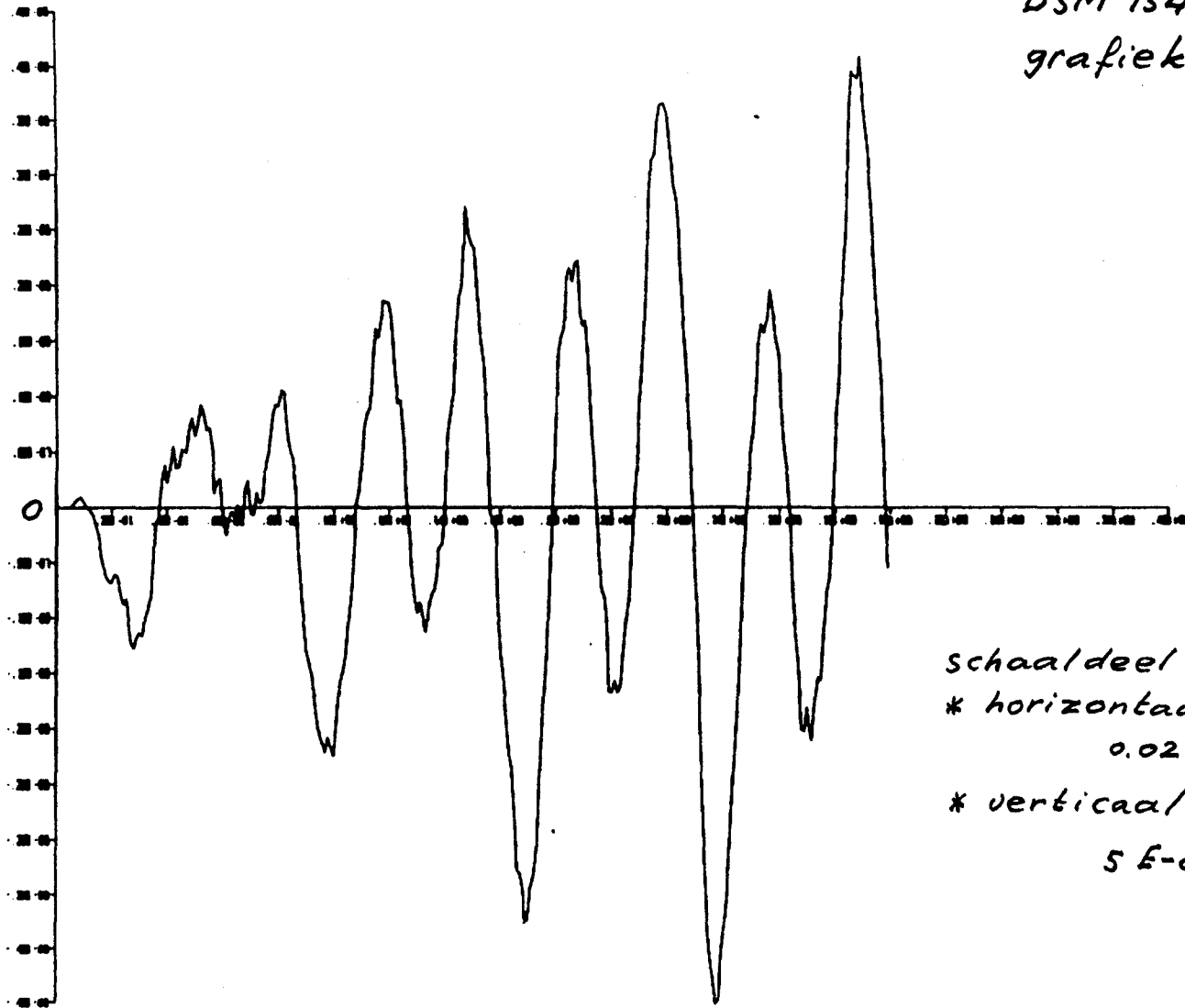
DSM 1540  
grafiek 6



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
2.5 E-10 [1/mm]

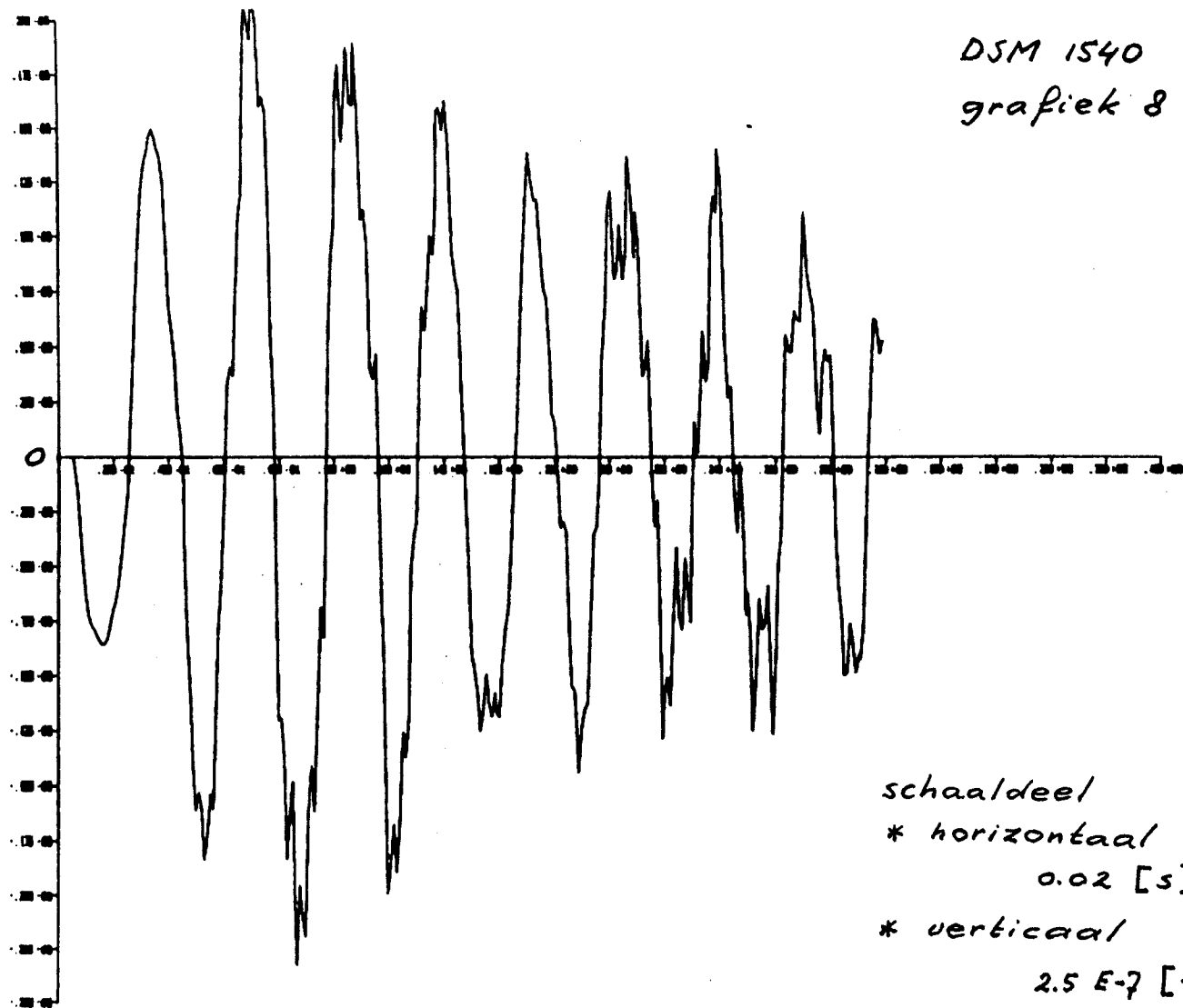
KROMMING NEG. Y-AS KNOOPPUNT 9 S14/15

DSM 1540  
grafiek 7



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
 $5 \cdot 10^{-8}$  [1/mm]

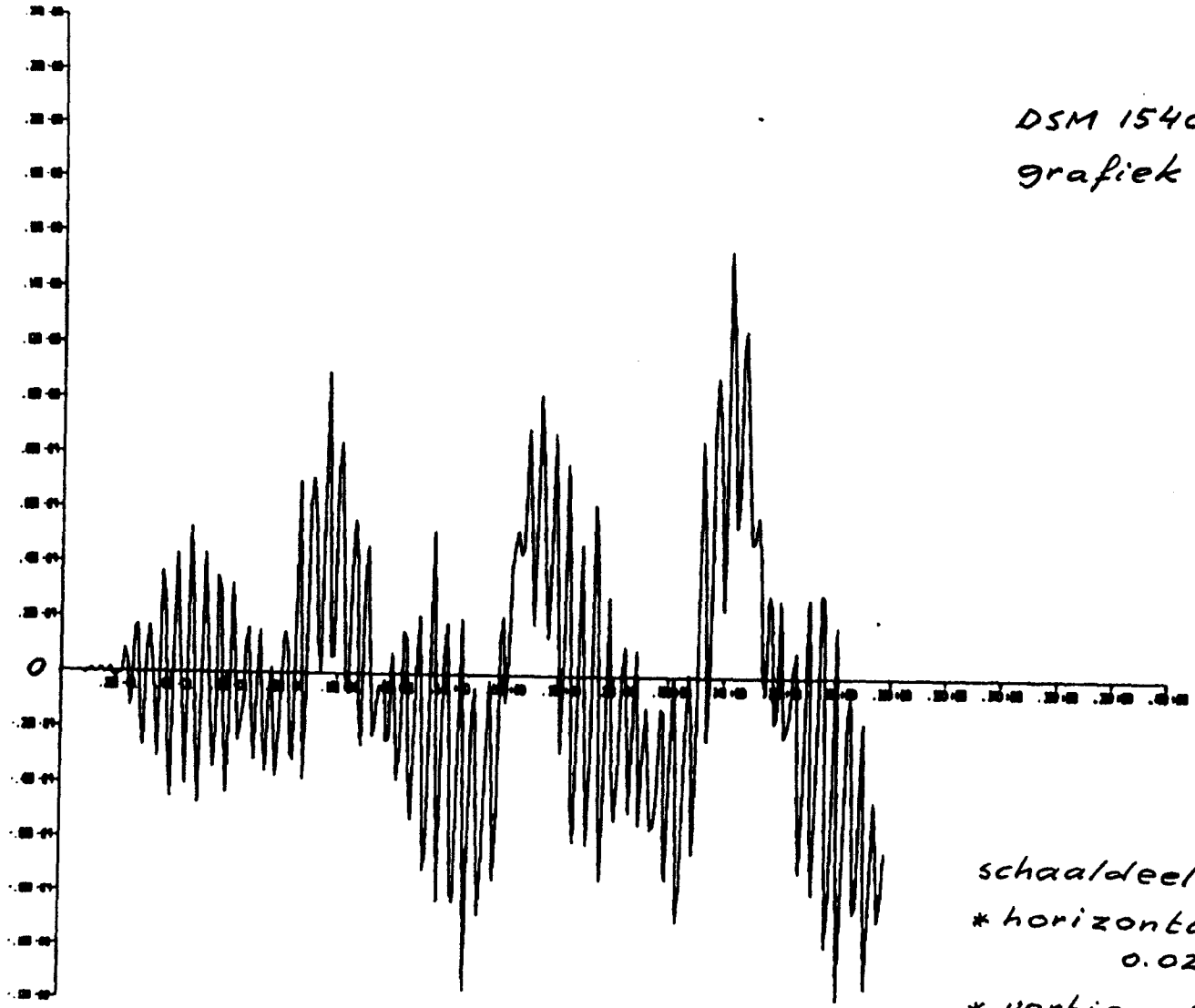
KROMMING POS. X-AS KNOOPPUNT 9 514/15



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
2.5 E-7 [-]

AXIALE REK T.P.V. KNOOPPUNT ID 516/17/18/19

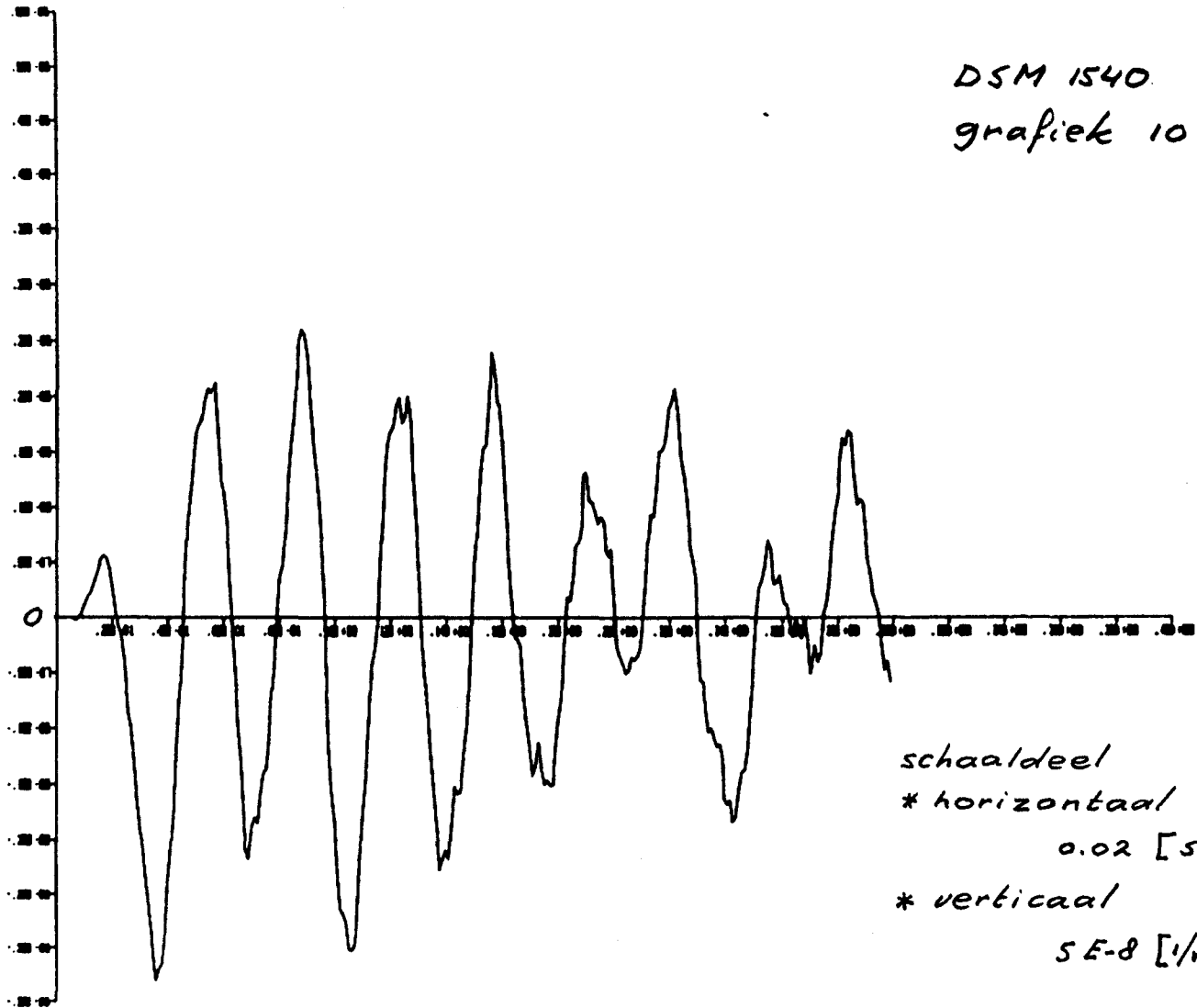
DSM 1540  
grafiek 9



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
 $2 \cdot 10^{-10}$  [1/mm]

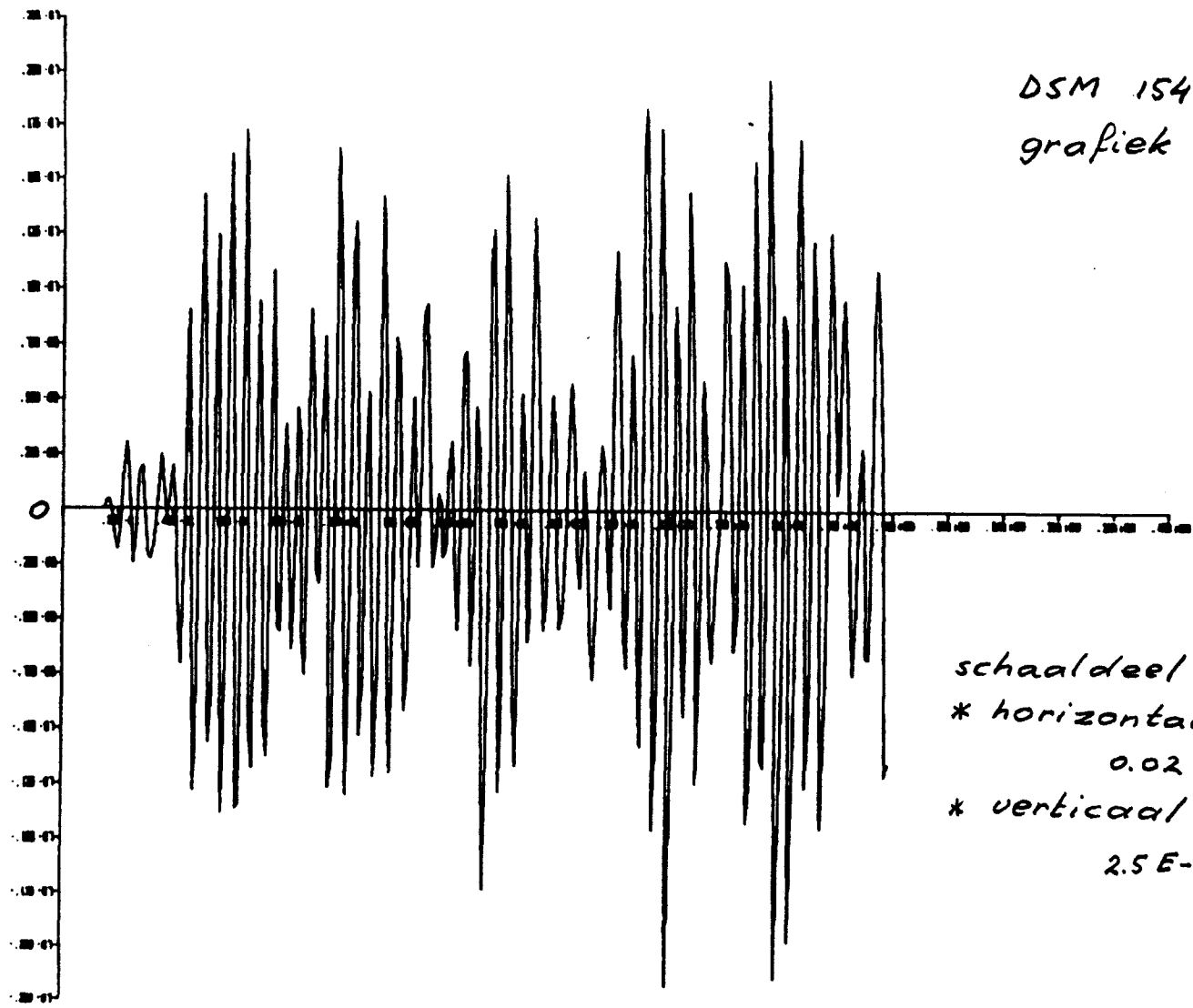
KROMMING NEG. Y-AS KNOOPPUNT 10 S16/17/18/19

DSM 1540  
grafiek 10



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
5 E-8 [1/mm]

KROMMING POS. X-AS KNOOPPUNT 10 S15/17/18/19

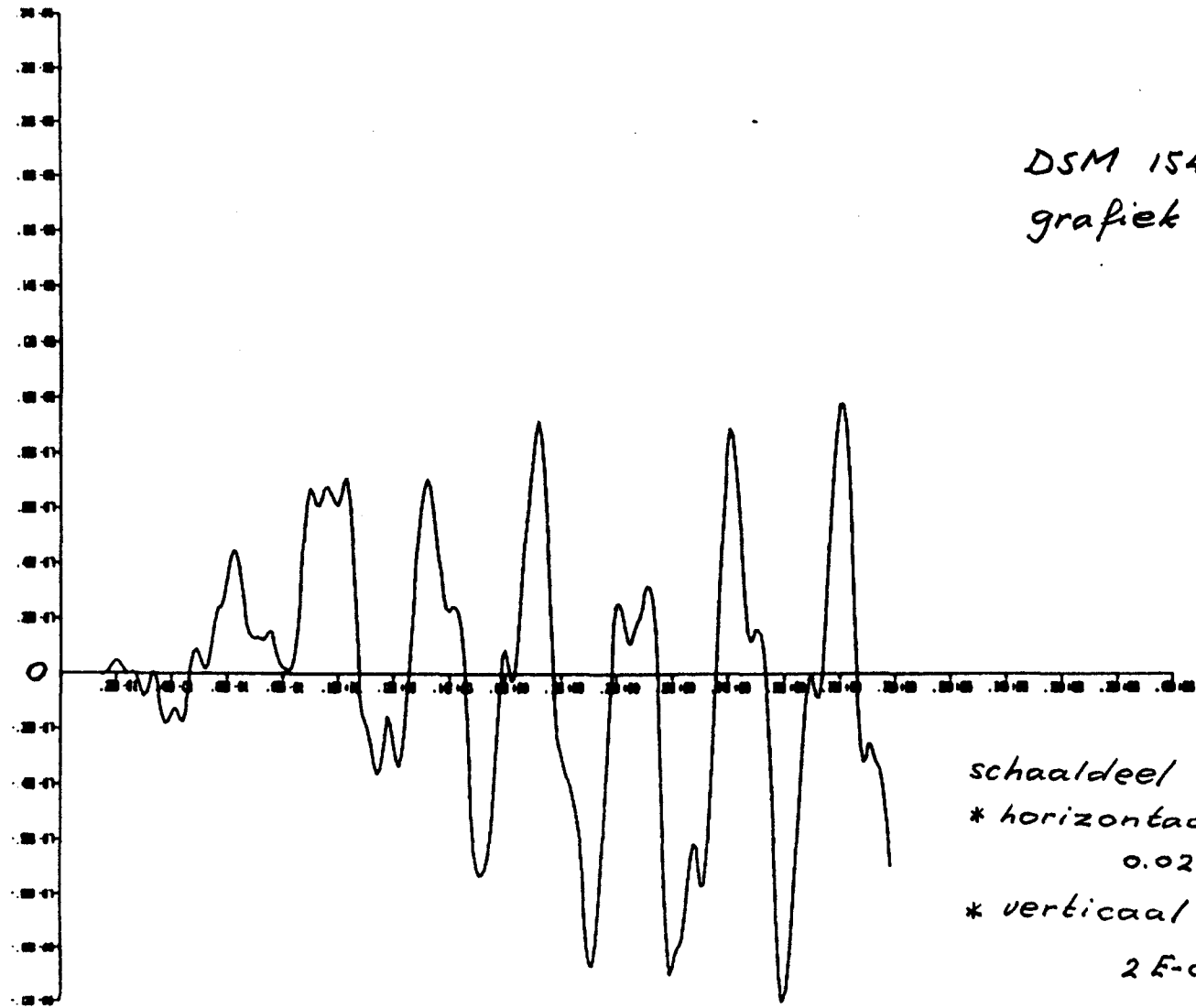


DSM 1540  
grafiek 11

schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
2.5E-9 [-]

AXIALE REK T.P.V. KNOOPPUNT 20 S20/21

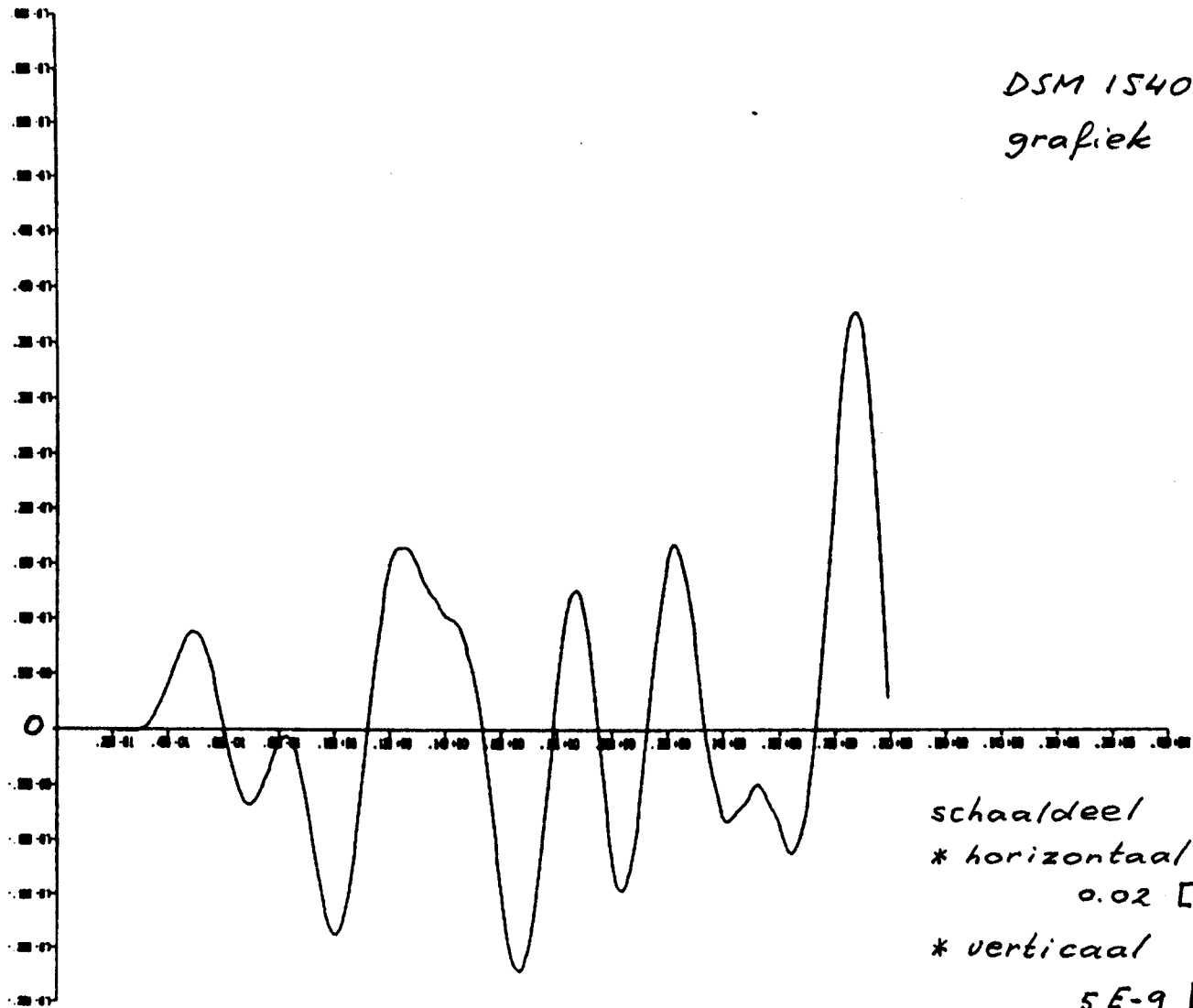
DSM 1540  
grafiek 12



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
2.5-8 [1/mm]

KROMMING POS. Y-AS KNOOPPUNT 20 S2D/21

DSM 1540  
grafiek 13

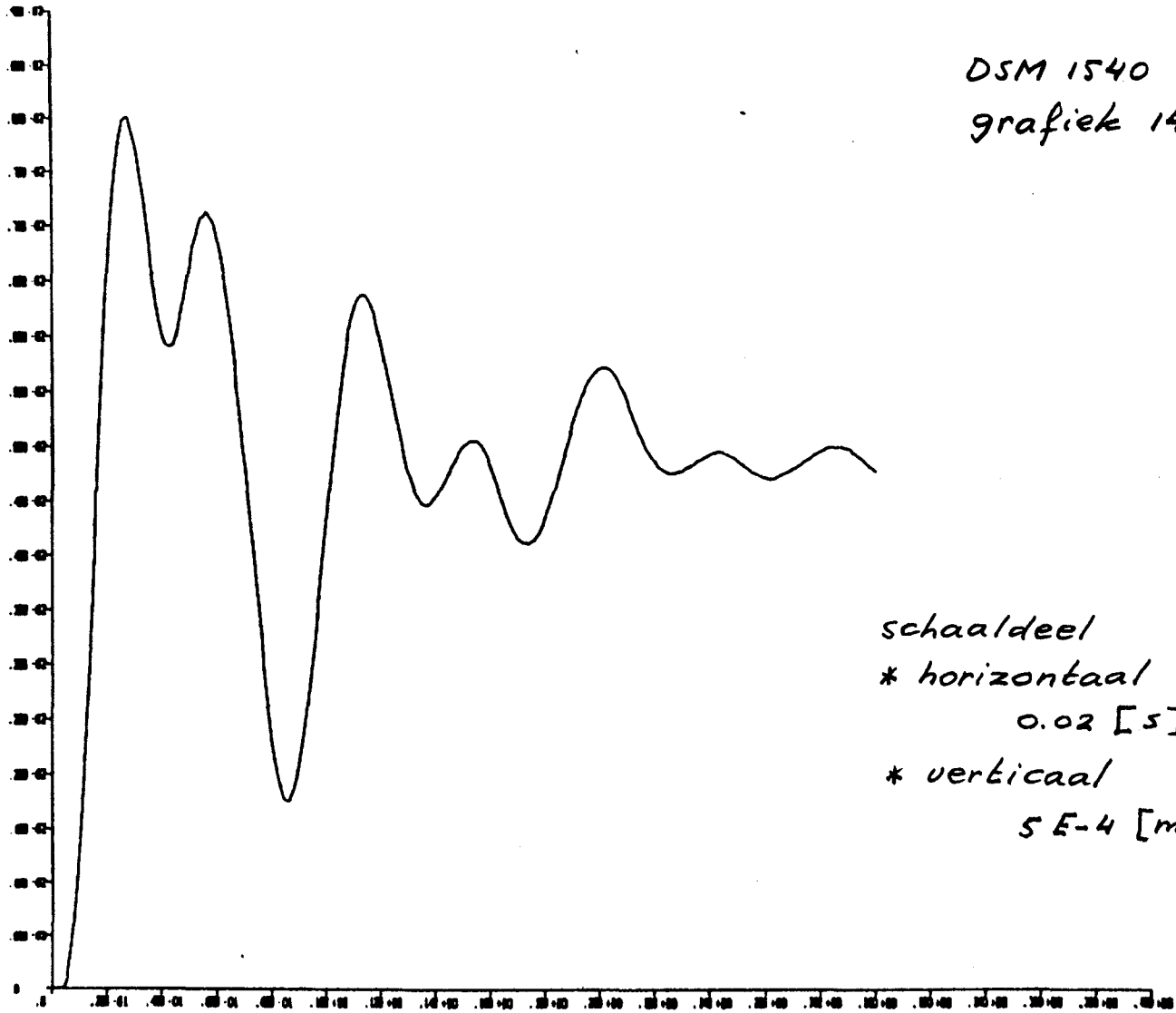


schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
 $5E-9$  [1/mm]

KROMMING POS. Z-AS KNOOPPUNT 20 S20/21

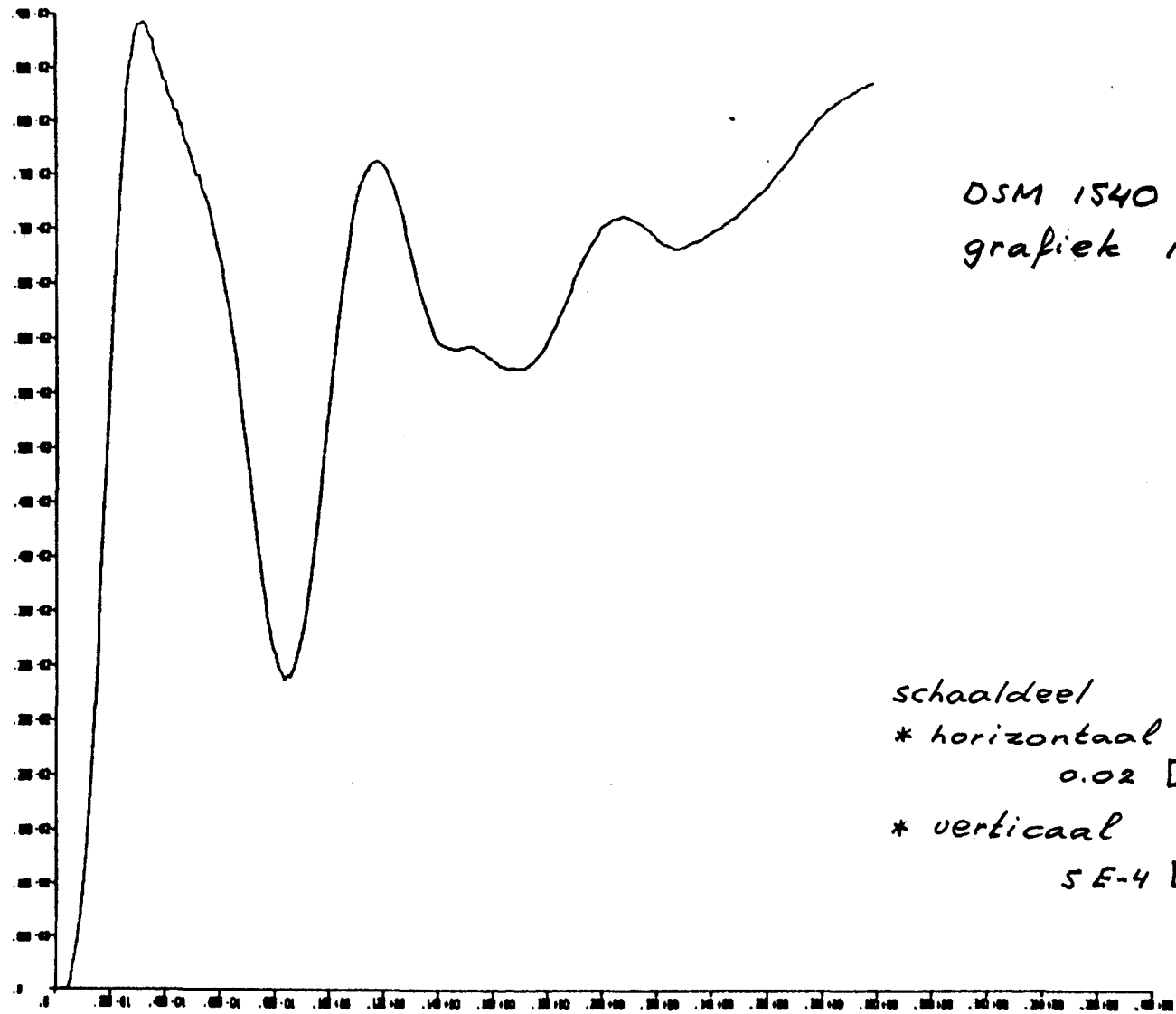


DSM 1540  
grafiek 14



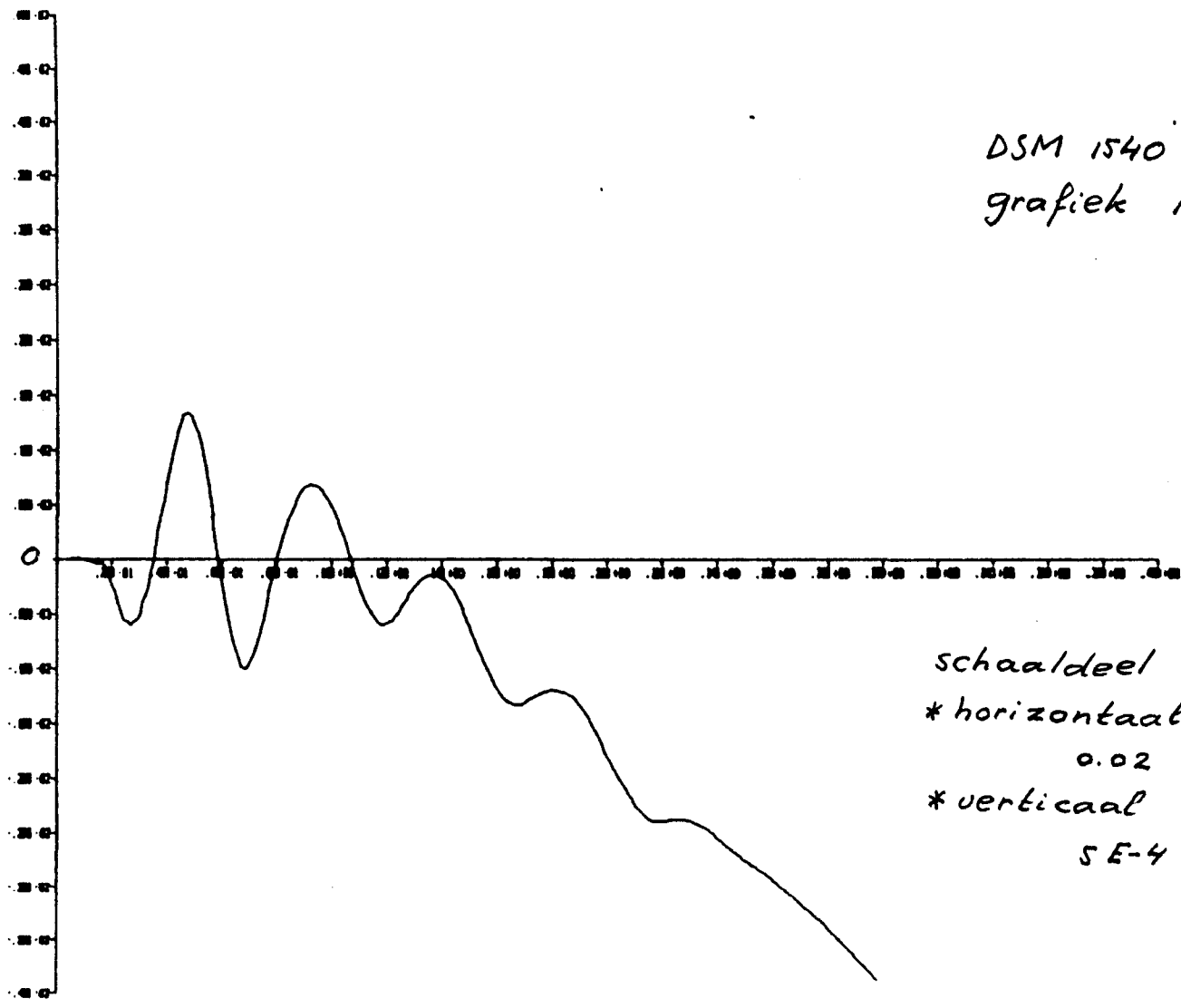
schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
5 E-4 [mm]

Z-VERPLAATSING KNOOPPUNT 2



Z-VERPLAATSING KNOOPPUNT 6

DSM 1540  
grafiek 16



schaaldeel  
\* horizontaal  
0.02 [s]  
\* verticaal  
5 E-4 [mm]

Y-VERPLAATSING KNOOPPUNT 2

## 8. Eigenfrequenties

Met slechts een geringe wijziging in de files "DSM 1543" en "DSM 1540" is het mogelijk de eigenfrequenties voor de configuraties te berekenen. De resultaten voor de tien laagste eigenfrequenties worden vermeld.

Eigenfrequenties in [Hz]		
	L 1543	L 1540
1	8.156 E-2	8.156 E-2
2	1.251 E-1	1.251 E-1
3	2.225 E-1	2.233 E-1
4	2.775 E-1	2.814 E-1
5	2.875 E-1	2.886 E-1
6	3.188 E-1	3.163 E-1
7	3.732 E-1	3.706 E-1
8	5.206 E-1	5.190 E-1
9	5.823 E-1	6.034 E-1
10	6.108 E-1	6.794 E-1

## 9. Vergelijking der resultaten

Een vergelijking van de resultaten der berekeningen met de gemeten signalen zal door TNO plaats vinden. Hoewel ten behoeve daarvan door TNO ten aanzien van de presentatie der rekenresultaten specifieke wensen zijn gewit en formuleren voor een korte samenvatting zijn geleverd, is voor de presentatie een weg gekozen die niet geheel aan de verlangens tegemoet komt. De volgende opmerkingen kunnen daarbij gemaakt worden.

- \* De wensen ten aanzien van de schalen in de grafieken zijn genegeerd. Het is ondoenlijk om bij een complex programma systeem (MARC-PLOT, MARC-REPLOT) wijzigingen aan te brengen in de voorgeprogrammeerde (en in beperkte mate desondanks) flexibele voorzieningen. Het is overigens voor het vergelijken van de resultaten nauwelijks noodzakelijk te noemen dat schalen in grafieken overeenstemmen.
- \* Vragen met betrekking tot de grootte van de "1<sup>e</sup> piek" en de "2<sup>e</sup> piek" in het berekende verloop van bepaalde grootheden zijn meervoudig interpreteerbaar. Het is onduidelijk wat als precieze definitie van een "piek" wordt beschouwd.
- \* Het is niet duidelijk waarom snelheden

en (relatieve) verplaatsingen die worden verkregen uit de berekeningen, vergeleken zouden moeten worden met overeenkomstige grootheden uit de metingen. De „gemeten“ grootheden zijn ontstaan door integratie der versnellingsignalen en derhalve lijkt vergelijking van de versnellingen voldoende. Voorkomen wordt dan dat verschijnselen als „drift“ een vertekend beeld geven.

- \* De berekende geseeneraliseerde rekgrootheden (axiale rek, krommingen) zouden nog samengesteld moeten worden om rekken op specifieke plaatsen te verkrijgen. Hoewel dit in principe mogelijk is (exercities met een complexe file „POST16“, post-processing uitvoerfile van MARC) lijkt de omgekeerde werkwijze aanzienlijk eenvoudiger. Het manipuleren met de meetsignalen der rekken teneinde geseeneraliseerde rekgrootheden te verkrijgen moet zonder probleem uitgevoerd kunnen worden, hetgeen TNO wordt gesuggereerd.