

WANDBELASTING IN SLEUFSILO'S MET SNIJMAIS

Ir. C. 't Hart (IMAG)

In de sleufsilos op de Waiboerhoeve is de wanddruk gemeten. Dit is gedaan in silo's met snijmais omdat dit produkt natter is dan voordroogkuil en altijd gehakseld wordt ingebracht, en er daarom bij dit produkt een hogere wanddruk moet worden verwacht dan bij voordroogkuil. Er is éénmaal gemeten in een silo met een wandhoogte van 1,20 m; in een silo met 2 m wandhoogte is vaker gemeten. (tabel 1)

Constructie meetwand

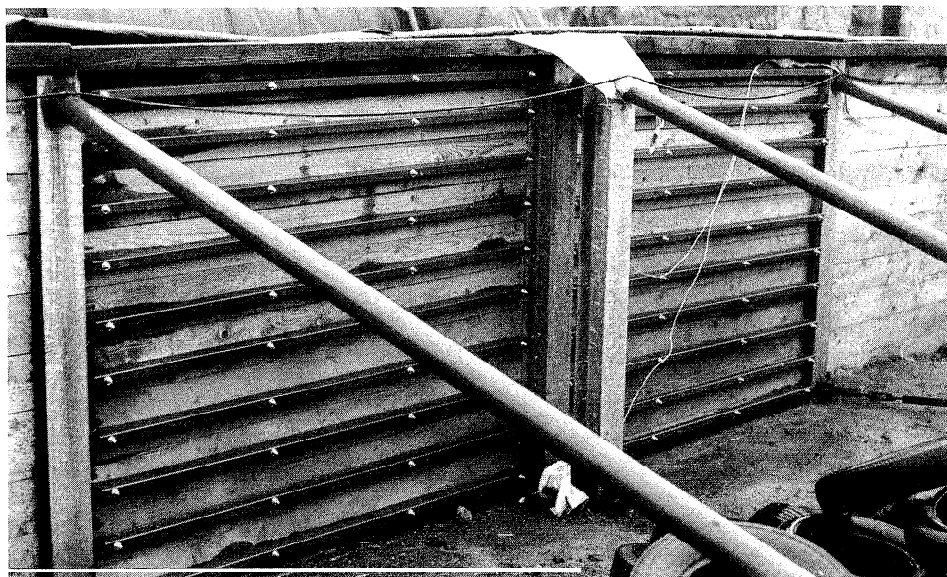
Het constructieprincipe van de meetwand was bij beide silo's gelijk. Over 4,80 m lengte van de silowand waren 2,40 m lange houten planken, op elkaar aansluitend met groef en messing, horizontaal aangebracht. Tussen de meetwand en de silobodem was een spleet van ca. 10 mm aanwezig, zodat de belasting op de meetwand alleen in horizontale richting kon worden afgedragen. In het midden van de totaal 4,80 m lange meetwand was

Tabel 1 Meetresultaten van wanddrukmetingen in sleufsilos gevuld met snijmais en vergelijking van de resultaten met de hieruit afgeleide ontwerprichtlijn

Jaar/ Year	1974	1975	1976	1977	1979
Hakselaar/chopper	Fox 6600	Hesston 4000	Hesston 4000	Hesston 4000	Claas Jaguar 80S
Theoretische haksellengte in mm/ <i>theoretical chop length</i>	6,4	4,7	4,7	4,7	5,5
Drogestofgehalte in %/ <i>Dry matter</i>	19,0	24,5	34,0	26,5	30,5
Gewicht wiellaadschop in kg/ <i>weight loading truck</i>	8800		8500	8500	11500
Gewicht wieltrekker in kg/ <i>weight wheeltruck</i>		7800			
Wandhoogte sleufsilos in m/ <i>depth walled clamp silo</i>	2,0	2,0	1,2	2,0	2,0
Aantal drukopnemers/ <i>number of load cells</i>	1	1	2	2	2
Grootste belasting tijdens het aanwalsen, omgerekend in gelijkmatig verdeelde horizontale belasting in kN/m ² 1)/ <i>peak load during consolidation rolling together, converted into a uniform lateral pressure</i>	7,80	8,65	7,20	10,40	8,65
– na 1 dag/ <i>1 day after</i>	6,70	6,90	4,40	8,50	6,80
– na 7 dagen/ <i>7 days after</i>	4,10	4,40	3,80	6,95	5,40
Maximaal kantelmoment in kNm/m'1	15,60	17,30	5,18	20,80	17,30
Kantelmoment volgens formule in kNm/m'1/2	19,00	19,00	6,02	19,00	19,00

Table 1 Results of wallpressure-measuring in walled clamp silo's filled with maize silage and comparison of this results with the derived design formula

- 1) Een belasting van 1kN/m² komt overeen met een belasting van 100 kgf per m² in oude eenheden.
- 1) a load of 1kN/m² is comparable to a load of 100 kgf/m² in old units.
 - 1 maximum overturning moment
 - 2 overturning moment based on formula



Figuur 1 Buitenaanzicht van een houten meetwand in een sleufsilos met 2 m wandhoogte.

Figure 1 Outside view of a wooden pressure measuring wall in a walled clamp silo with a height of 2 m.

een verticale stalen steun aangebracht, die dus de belasting van de 2,40 m wand kreeg te dragen (De belasting van de resterende 2,40 m meetwand wordt immers verdeeld over de vaste silowand aan weerszijden). Deze steun rustte op de vloer via een neus die in het binnenvlak van de silowand de verticale belasting kon afdragen. Hierdoor werd bereikt dat de metingen niet door wandwrijving werden verstoord. De stalen stijl werd gesteund door een tweede, meer naar buiten geplaatste stalen stijl, die in de betonfundering van de silo was ingestort. (foto 1)

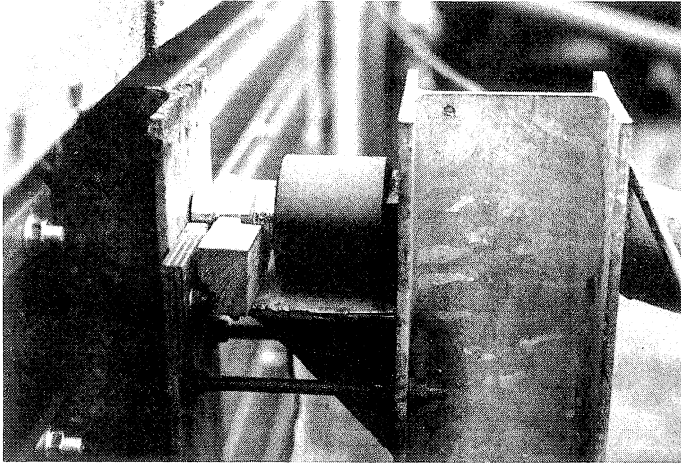
Tussen de stijlen werden drukopnemers geplaatst (foto 2 en 3). De eerste twee jaar werd alleen met een drukopnemer boven gewerkt, zodat alleen het benodigd inklemmingsmoment voor 2,40 m wand werd gemeten. Daarna is gemeten met twee drukopnemers, zodat ook de ligging van het zwaartepunt van de belastingen en de dwarskracht bekend was. De belastingen op de drukopnemers werden met een schrijver continu geregistreerd tijdens de vulling, met papersnelheid van ca. 600mm/h.

Gemeten belastingen

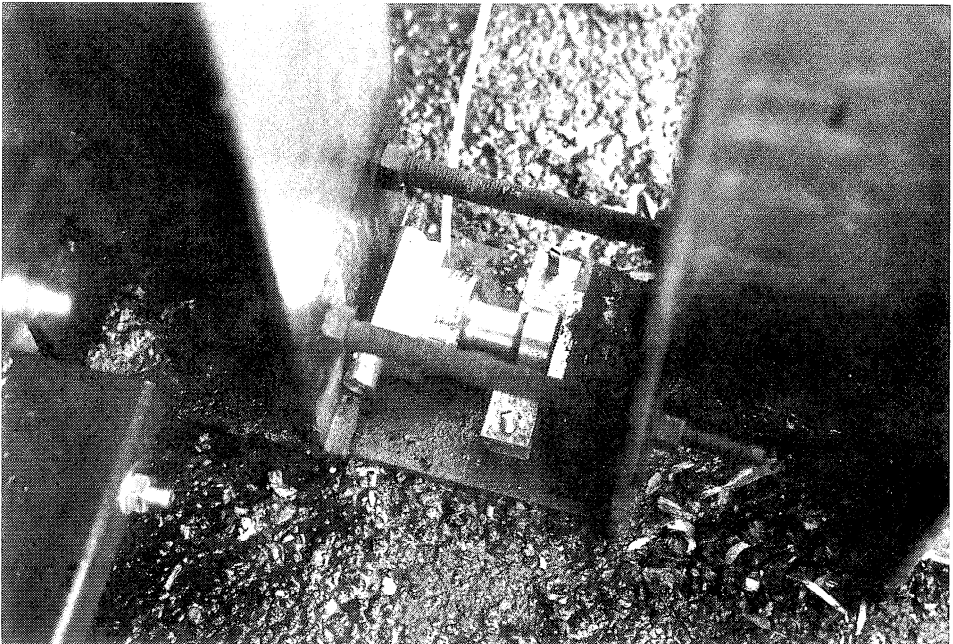
De hoogste belasting werd gemeten tijdens het vullen (tabel 1), waarbij de bovenste drukdoos bij beide wandhoogten een hogere belasting aanwees dan de onderste drukdoos.

De silo's werden in het midden ongeveer 1 m boven de bovenkant van de silowand gevuld met een zo steil mogelijk talud langs de kant (foto 4).

In 1979 is gemeten tijdens het gebruik van een zeer zware wiellaadschop met gelede besturing (Volvo BM motorlaadschop LM 846). Een overzicht van de belastingen tijdens het vullen, na één en na zeven dagen is gegeven in tabel 1.



Figuur 2 Drukopnemer aan de bovenzijde van de wand.
Figure 2 Load cell at the top of the wall.

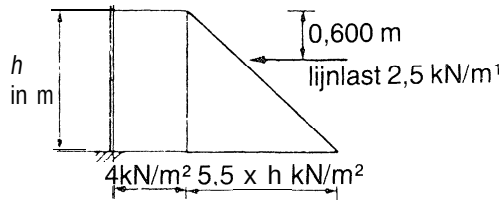


Figuur 3 Drukopnemer aan de onderzijde van de wand.
Figure 3 Load cell of the bottom of the silo.

Kantelmoment

In tabel 1 is de maximale druk telkens vergeleken met het kantelmoment volgens de hieronder gegeven ontwerpformule. De meting van 1977 geeft een 10% overschrijding van de richtlijn te zien. Gebaseerd op onze metingen en naar voorbeeld van de door het Engelse Ministerie van Landbouw en Visserij voorgeschreven karakteristieke belastingen in sleufsilo's (Farm Building Progress (59) january 1980) is een drukdiagram (tekening) opgesteld, waarvoor het kantelmoment geschreven kan worden als:

$$M = \frac{5,5h^3}{6} + 2 h^2 + 2,5 h - 1,5 \text{ kNm/m'}$$



Voor de berekening van horizontale elementen steunende tegen stijlen mag de lijnlast verdeeld worden over 0,60 m.

De belastingen zijn:

- inclusief de invloed van het voertuig voor het aanwalsen van het voer;



Figuur 4 Vulling van de silo met de snijmais met een wiellaadschop met gelede besturing, zwaarte 11.500 kg.

Figure 4 The filling of a silo with maize with a loading truck with joined steering, weight 11.500 kg.

- voor een gewicht van het walsvoertuig tot 115 kN;
- geldig voor wandhoogten tussen 1,20 m en 2,50 m;
- overhoogte van het voer boven bovenkant wand in het midden van silo ca. 1 m.

De genoemde belastingen gelden voor verticale of nagenoeg verticale wanden. Het voer laat zich langs de kant van verticale wanden ook beter verdichten dan bij een schuin geplaatste wand. Als schuin geplaatste zijplaten niet rusten op een grondwal, worden ze ook bijzonder zwaar belast door de langs de kant aanrijdende tractor.

Praktische toepassing

Gebaseerd op bovengenoemde richtlijn voor wandbelastingen in sleufsilo's zijn voorbeeldberekeningen gemaakt voor sleufsilo's met wandhoogten van 1 m, 1,50 m en 2 m, evenals een ontwerp voor een sleufsilo op palen voor het veenweidegebied (wandhoogte 1,50 m). Deze ontwerpen zijn voor geïnteresseerden verkrijgbaar via het Consulentenschap voor Boerderijbouw en Inrichting te Wageningen of rechtstreeks bij het IMAG.

Samenvatting

In een sleufsilo met verticale wanden is de horizontale druk gemeten. Voor dit doel werd een deel van de wand gesteund door drukopnemers. In dit artikel worden de resultaten vermeld van de metingen gedurende het vullen van de silo en één en zeven dagen nadat de vulling was voltooid. De meeste metingen zijn uitgevoerd in een silo met 2 meter hoge wand. Op basis van deze metingen is een drukdiagram opgesteld voor wandhoogten tussen 1,20 m en 2,50 m. Hierop gebaseerde voorbeeldontwerpen zijn verkrijgbaar.

Summary

Lateral pressures have been measured in a walled clampsilo with a vertical wall. For this aim part of the wall rested against load cells. In this article the results of the measurements taken during the filling of the silo and one day and seven days after filling was completed are mentioned. The majority of the measurements has been done in a 2 m deep walled clamp silo. From these measurements a design pressurediagram has been derived for silo depths of 1,20-2,50 m. Examples of structures based on these pressures are available.