

Referenceblad for vingeforsøg

Dansk Geoteknisk Forenings Feltkomité

Revision 3

August 1999

1. INDLEDNING

Dette referenceblad beskriver retningslinier for udførelse af vingeforsøg i kohæsionsjord. Ved vingeforsøg bestemmes jordens vingestyrke, der normalt er et udtryk for jordens udrænedede forskydningsstyrke.

2. UDSTYR

2.1 Generelt

Vingedyr består af et korsstillet sæt blade monteret på en cylindrisk stang. Bladene har afrundede hjørner og skarpslebne kanter. Over vingeblandene sikre en friktionsring reduktion af friktion mellem stang og det gennemtrængte jordlag.

Ved anvendelse af traditionelt udstyr måles momentet fra håndtaget til vingen gennem en vægt anbragt i en vis afstand fra omdrejningsaksen. Det er dette udstyr, der er beskrevet i nærværende referenceblad.

Alternativt kan målingen foregå direkte med en momentnøgle. Hvis en momentnøgle anvendes, skal det dokumenteres, at forsøgsnøjagtigheden og kvalitetssikringen mindst svarer til det niveau, der er beskrevet i referencebladet.

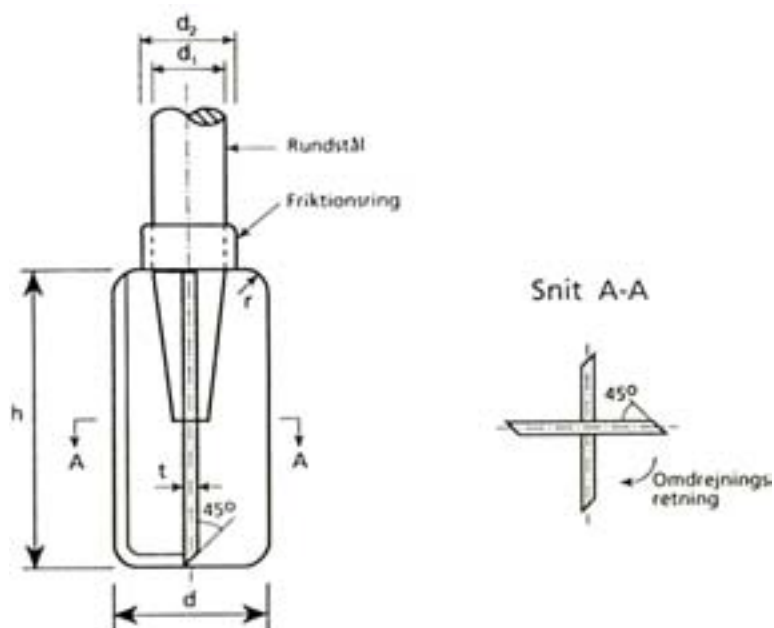


Fig. 1. Vingedyrformning. Den viste vinge er en håndvinge A

Dybvingeudstyr anvendes i bunden af en boring i forbindelse med udførelse af geotekniske boringer. Håndvingeudstyr er et let udstyr, der anvendes til målinger tæt under jordoverfladen.

Vingeudstyr forekommer med varierende bladdimensioner for anvendelse i kohæsionsjord med varierende styrker. Udformningen af samlingen mellem vingeblade og stang fremgår af figur 1. Vingebladene er slagloddet til stangens koniske afsnit.

Vingens højde er to gange diameteren (for V9,2 dog fire gange diameteren), og alle hjørner er afrundede, men med skarptslebne kanter. De sædvanligt anvendte vingeblades dimensioner fremgår af tabel 1, idet V refererer til dybvinger og HV til håndvinger. Generelt accepteres afvigelser i h og d på $\pm 2\%$.

Tabel 1. Geometri for vinger

Type	h (mm)	d (mm)	r (mm)	t (mm)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)
V4	80	40	10,0	3,0	20	26
V5	100	50	12,5	3,0	20	26
V7,5	150	75	18,8	3,0	20	26
V9,2	350	92	23,0	3,0	20	26
HVA	66	33	7,0	2,5	15	18
HVB	96	48	10,0	2,5	15	18

2.2 Dybvinge

Der anvendes fire vingestørrelser, V4, V5, V7,5 og V9,2, hvor tallet angiver vingens diameter i cm.

Momentet måles med en 50 kg vægt og en momentarm (a) på 300 mm, udmålt ved $\frac{3}{4}$ udslag på kraftmåleren. En skematisk opstilling er vist på figur 2.

Vingen skal ophænges i en friktionsfri kobling for at hindre nedsynkning under udførelse af forsøget. Ved større dybder indsættes kuglelejer i borestammen for at nedsætte friktion.

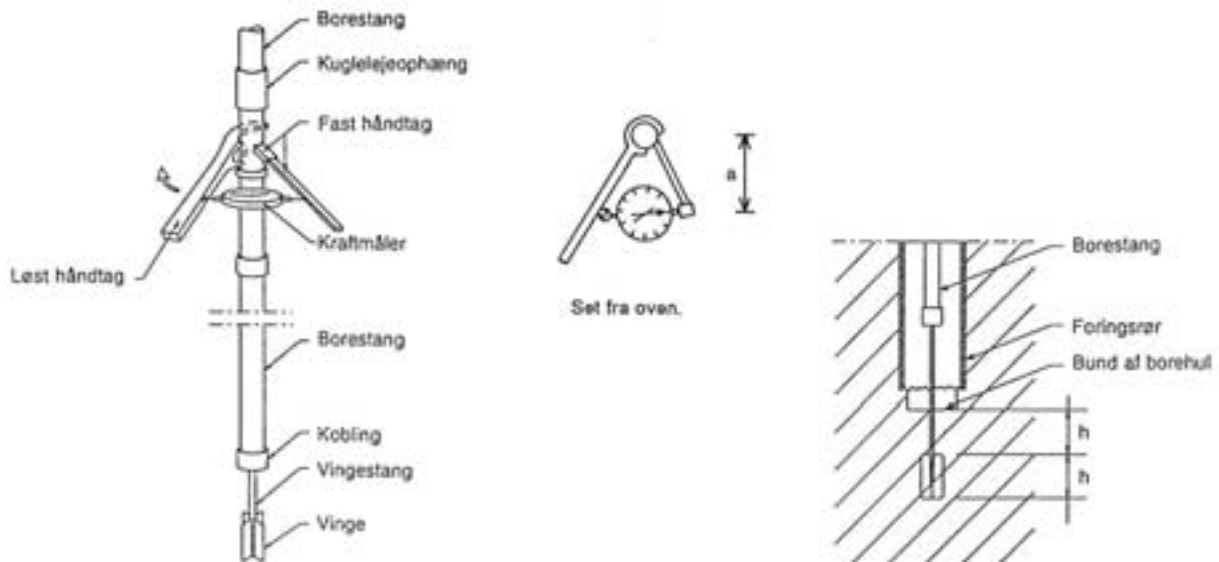


Fig. 2. Skematisk opstilling for dybvingeforsøg

2.3 Håndvinge

Der anvendes to vingestørrelser, HVA og HVB, med vingediameter på henholdsvis 33 og 48 mm (samtlige dimensioner fremgår af figur 1 og tabel 1)

Momentet måles med en 25 kg vægt og en momentarm (a) på 175 mm, målt ved 6 kg og 162 mm for fuldt udslag (25 kg) på vægten. En skematisk opstilling er vist på figur 3. Ved dybe udgravninger kan vingestangen eventuelt forlænges.

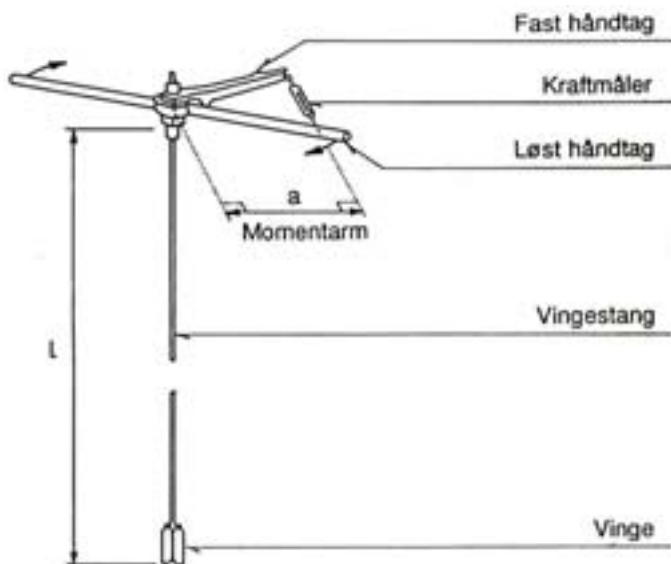


Fig. 3. Skematisk opstilling for håndvingeforsøg

3. UDFØRELSE

Inden udførelsen af vingeforsøg kontrolleres, at vingebladet ikke er beskadiget. Ved valg af vingestørrelse i den aktuelle jordart bør det tilstræbes, at den maksimale aflæsning ved brud ligger i de øverste 2/3 af måleområdet.

Inden udførelse af dybvingeforsøg skal bunden af borehullet oprensnes omhyggeligt, og det skal sikres, at der er vandovertryk i boringen.

Den valgte vinge presses eller rammes ned (forsigtigt og uden omdrejning), indtil vingebladets nederste punkt er den dobbelte vingehøjde under boringens bund, respektive terræn. For vingerne V4, V5, HVA og HVB anvendes dog normalt dybden 0,2 m. Vingerne V7,5 og V9,2 presses 0,3 m, henholdsvis 0,6 m under boringens bund. Normalt udføres forsøget umiddelbart efter nedbringningen.

Drejningen af håndtaget foretages støt og vedvarende, så langsomt som muligt, med maksimal omdrejningshastighed på én omdrejning pr. minut. Den anvendte vingestørrelse og den målte maksimale vægt angives på journalen tillige med dybde under terræn til vingens dybeste punkt.

Efter udførelsen af det intakte vingeforsøg gendrages forsøget, idet vingens forinden drejes i 10 hele omgange. Såfremt der anvendes et mindre antal omdrejninger ved det omrørte forsøg, skal dette anføres i journalen. Den målte kraft ved det omrørte forsøg angives ligeledes på journalen.

For vingerne V4 og V5 kan ovenstående procedure gendrages (måling af intakte og omrørte værdier) 0,2 m under det første forsøg ved forsigtigt at presse (eller ramme) vingen til denne dybde (dobbeltforsøg). For dybvinger udføres forsøg/dobbeltforsøg normalt pr. meter. For håndvingerne udføres forsøgene normalt i dybdeintervaller på 0,2 m.

I forbindelse med udførelse af forsøget skal man være opmærksom på følgende:

Kraftig variation i modstanden (fx fra sten). Observation anføres, men aflæsning noteres ikke i journalen.

Ujævn modstand (fx fra sand- eller gruspartikler). Observation og aflæsning noteres i journalen.

4. JOURNAL

Resultatet af vingeforsøgene angives på borejournalen, respektive kontroljournalen. Disse angivelser skal, udover sædvanlig identifikation, indeholde:

- vingestørrelse
- eventuelt vægtnummer
- dybde under terræn til vingens dybeste punkt
- maksimal kraft ved intakt forsøg
- maksimal kraft ved omrørt forsøg
- eventuelle bemærkninger (ujævnt forløb fx på grund af sand, grus eller sten)

5. BEREGNING

Den intakte vingestyrke (c_v) og den omrørte vingestyrke (c_{vr}) beregnes af :

$$Mc_v = Pg_T a \Rightarrow c_v = \frac{Pg_T a}{M}$$

hvor P : aflæsning på vægtmåler [kg] (på vægten aflæses formelt kg, der kan omregnes til en kraft: $P \cdot g_T$ [N], hvor $g_T = 9,807 \text{ m/sek}^2$)

a : momentarm [m]

M : statisk moment af brudflade [m^3]

Tabel 2 angiver talstørrelser for standardvinger. Det statiske moment består af tre bidrag:

$$M = M_1 + M_2 + M_3$$

som følger:

$$M_1 = \frac{1}{2} \pi d^2 (h - 2r) \quad (\text{cylinderflade})$$

$$M_2 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} - r\right)^3 \quad (\text{endeflader})$$

$$M_3 = 2\pi^2 r \left(\frac{d}{2} - r\right)^2 + \pi^2 r^3 + 8\pi r^2 \left(\frac{d}{2} - r\right) \quad (\text{hjørner})$$

Tabel 2. Beregning af vingestyrker

Type	α [mm]	β [mm/kg]	M [m^3]	K_1 [$\text{kN m}^{-2} \text{ kg}^{-1}$]	K_2 [$\text{kN m}^{-2} \text{ kg}^{-2}$]	P_{\max} [kg]	$C_{v, \max}$ [kN/m^2]
V4	300	0	$0,2097 \cdot 10^{-3}$	14,030	0	50,0	701
V5	300	0	$0,4096 \cdot 10^{-3}$	7,183	0	50,0	359
V7,5	300	0	$1,3820 \cdot 10^{-3}$	2,130	0	50,0	106
V9,2	300	0	$4,7588 \cdot 10^{-3}$	0,6182	0	50,0	31
HVA	179,1	-0,6842	$0,1201 \cdot 10^{-3}$	14,624	-0,0558	25,0	331
HVB	179,1	-0,6842	$0,3703 \cdot 10^{-3}$	4,743	-0,01812	25,0	107

For håndvingen varierer a typisk med ca. 10 % afhængigt af momentet, hvorimod a er næsten konstant for dybvingen. Generelt kan a tilnærmelsesvist skrives:

$$a = \alpha + \beta P$$

Vingestyrken bliver herefter:

$$c_v = \frac{P g_T (\alpha + \beta P)}{M} = K_1 P + K_2 P^2$$

hvor

$$K_1 = \frac{\alpha g_T}{M}$$

og

$$K_2 = \frac{\beta g_T}{M}$$

De angivne værdier af K_1 og K_2 svarer til vægtens kg skala.

6. KVALITETSSIKRING

Momentarmen, dvs. den vinkelrette afstand fra borestangens centrum til vægtmålerens akse, skal være 300 mm (for 35 kg tilspænding) ved dybvingeforsøg, respektive 175 mm og 162 mm (for 6 kg og 25 kg tilspænding) ved håndvingeforsøg. Alternativt kan beregning af $c_{v, \max}$ direkte baseres på de målte værdier af momentarmen.

Hver vægt bør forsynes med nummer, og det skal med jævne mellemrum kontrolleres, at vægtmåleren måler korrekt (kalibrering). Dette kan gøres ved brug af lodder af kendte vægte. Defekte vægte må ikke anvendes.

Efter hver forsøgsrække skal vingen kontrolleres for eventuelle beskadigelser. Skæve vinger og vinger, der afviger i forhold til målene angivet i afsnit 2.1, må ikke anvendes.

Ved dybvingeforsøg kontrolleres desuden jævnligt, at de friktionsreducerende foranstaltninger ikke forårsager nogen målelig friktion ved at dreje vingen én omgang i en position lige over bunden af borehullet.

Den samlede apparaturnøjagtighed forventes med de beskrevne forudsætninger at være inden for $\pm 10\%$. Slidte vingebåde kan dog forøge denne unøjagtighed.

Tabel 3. Omsætningstabel for vingeforsøg

P [kg]	c _v [kN/m ²]					
	HVA	HVB	V4	V5	V7,5	V9,2
1	15	5	14	7	2	0,6
2	29	9	28	14	4	1,2
3	43	14	42	22	6	1,9
4	58	19	56	29	9	2,5
5	72	23	70	36	11	3,1
6	86	28	84	43	13	3,7
7	100	32	98	50	15	4,3
8	113	37	112	57	17	4,9
9	127	41	126	65	19	5,6
10	141	46	140	72	21	6,2
11	154	50	154	79	23	6,8
12	167	54	168	86	26	7,4
13	181	59	182	93	28	8,0
14	194	63	196	101	30	8,7
15	207	67	210	108	32	9,3
16	220	71	224	115	34	9,9
17	232	75	238	122	36	10,5
18	245	80	253	129	38	11,1
19	258	84	267	136	40	11,7
20	270	88	281	144	43	12,4
21	282	92	295	151	45	13,0
22	295	96	309	158	47	13,6
23	307	100	323	165	49	14,2
24	319	103	337	172	51	14,8
25	331	107	351	180	53	15,5
26			365	187	55	16,1
27			379	194	57	16,7
28			393	201	60	17,3
29			407	208	62	17,9
30			421	215	64	18,5
31			435	223	66	19,2
32			449	230	68	19,8
33			463	237	70	20,4
34			477	244	72	21,0
35			491	251	75	21,6
36			505	259	77	22,3
37			519	266	79	22,9
38			533	273	81	23,5
39			547	280	83	24,1
40			561	287	85	24,7
41			575	294	87	25,3
42			589	302	89	26,0
43			603	309	92	26,6
44			617	316	94	27,2
45			631	323	96	27,8
46			645	330	98	28,4
47			659	338	100	29,1
48			673	345	102	29,7
49			687	352	104	30,3
50			701	359	106	30,9