Vane Test에 관한 토의

채 영 수
수원대학교 토목공학과 부교수

1. 베인 시험기

- 변형제어형
  - 기어식
  - 레버식
  - 토크렌치식
- 응력제어형

1) 기어식

롯드에 고정된 회전 눈금판(큰 것이 좋다)의 외주에 철선을 감아 기어로 철선을 당겨 베인 회전력을 주는 것으로 수동이며 회전속도를 일정하게 할 수 있다.

2) 레버식

롯드를 중심으로 하고 양측에 수동으로 회전 레버를 돌려서 하는 것으로 토층의 연약에 의하여 힘의 배분이 어렵고 회전속도를 일정하게 제어하는 것이 1)보다 어렵다.

3)토크 렌치식

레버에 의하여 롯드를 회전함으로 회전속도는 일정하게 하기 어렵고 축의 중심을 유지하기가 쉽지 않다. 용량이 적은 것과 큰 것 두 가지가 있으면 더욱 좋다.

*Calibration 이 가장 중요사항

2. 롯드와 베인 크기

· 베인 삽입으로 인한 지반 교란의 영역에 의한 Cu 차이 문제

국내 롯드 크기는 시추공에서는 직경이 40.5mm로 하여 베인 날개 축은 직경 12mm로 하고 베인 크기는 국내표준이 D=5.0cm, H=10cm 로 규정되어 있다.

외국의 경우는 Bureau of Reclamation (U.S.A)는 3종

D=2in(50.8mm)　　H=4in(101.6mm)

D=3in(76.2mm)　　H=6in(152.4mm)

D=4in(101.6mm)　　H=8in(203.2mm)

ASTM(1992)의 경우는 아래표로 규정

Casing Size	Diameter, *D* mm (in.)	Height, *H* mm (in.)	Thickness of blade, mm (in.)	Diameter of rod mm (in.)
AX	38.1 (1½)	76.2 (3)	1.6 (1/16)	12.7 (½)
BX	50.8 (2)	101.6 (4)	1.6 (1/16)	12.7 (½)
NX	63.5 (2½)	127.0 (5)	3.2 (⅛)	12.7 (½)
101.6 mm)[b]	92.1 (3⅝)	184.1 (7¼)	3.2 (⅛)	12.7 (½)

이 때 베인 크기는 지반이 연약할수록 직경 D가 큰 것을 사용하도록 규정한다.

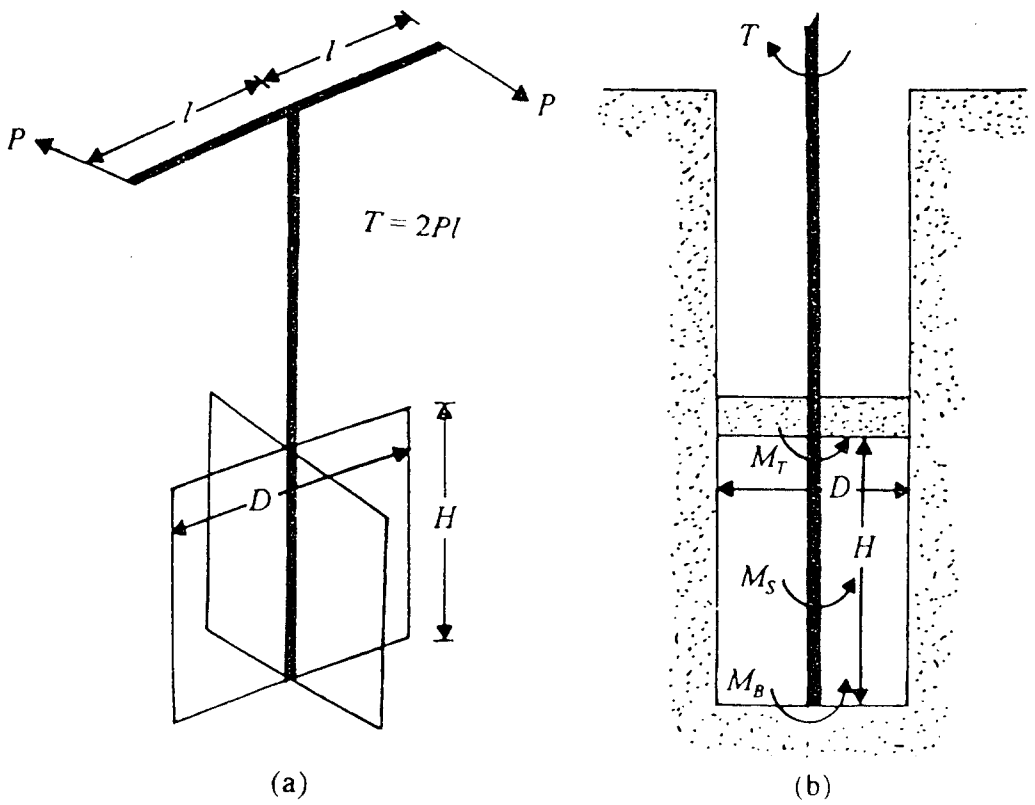
BS 1377은 다음표와 같이 규정

Cu(KPa)	베인 크기		롯드 직경(mm)
	D(mm)	H(mm)	
<50	150	75	<13
50~75	100	50	<13
>75	적용불가		

*국내지반 여건에 따라 Cu값 크기에 따른 BS규정과 유사하게 제안하는 것이 합리적이라고 판단되며 이때 ASTM과 같이 베인 날개 두께로 가능한 범위에서 얇게 규정함이 바람직함.

3. 베인 시험과 관련한 사항들

3.1 베인 시험의 원리



(a) (b)

$$T = M_S + M_T + M_B$$

여기서 $$M_S = \pi D H \frac{D}{2} C_u$$

$$M_T = M_B = \frac{\pi D^2}{4} \beta \frac{D}{2} C_u$$

이 때 $M_T = M_B$계산시 진단 저항 분포에 관해 3가지로 주장

1)삼각형($\beta = \frac{1}{2}$)

2)등분포($\beta = \frac{2}{3}$)

3)포물선($\beta = \frac{3}{5}$)

따라서 $$C_u = \frac{T}{\pi[\frac{D^2 H}{2} + \beta \frac{D^3}{4}]}$$

만약 베인의 M_T가 없는 경우는 $T = M_S + M_B$가 되어

$$C_u = \frac{T}{\pi[\frac{D^2 H}{2} + \beta \frac{D^3}{8}]}$$

상기 식들에 의한 Cu 값은 베인 날개가 삽입된 지반의 평균 Cu값임

3.2 시험 실시

베인 시험시 보링공 저면에서 베인 직경의 3~5배 이상 혹은 보링공직경의 3배 이상되는 깊이까지 관입시켜 5분 존치시킨 후 시험을 시행하는 것으로 되어 있으나 NGI는 보링공 직경 6배 이상 하부에서 실시하는 것으로 규정됨.

3.3 토의 내용

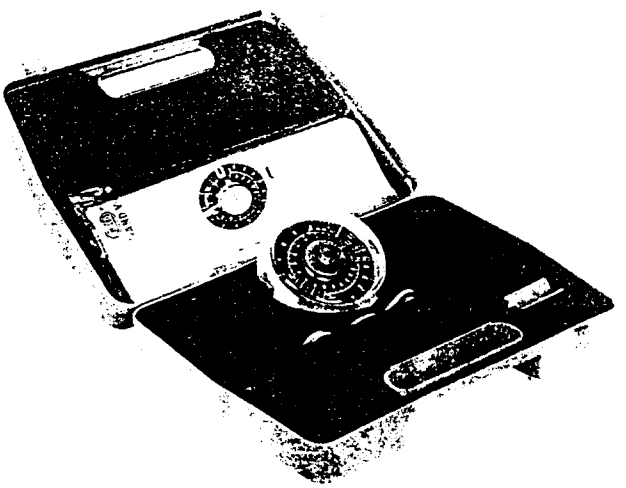
(1) 3.2절의 베인 시험실시 위치와 관련하여 일반적으로 비교적 깊은 위치에서는 토피하중이 크면 Cu값이 크게 나오는 문제점과 롯드 길이가 길어지면 롯드 연결로 인한 오차 문제점.

Skempton의 식

$\frac{C_u}{\sigma_v'} = 0.11 + 0.0037(PI)$의 Cu 값은 베인 시험으로 구한 결과임

(2) 3.1 절의 베인의 M_s 만의 값을 확인하기 위한 베인 원주부분에서 저항력만 측정하는 방법

(3) 실내 실험용(아래그림 참조)Torvane 기구 활용문제



이 기구 베인 크기들 (D=12.7mm($\frac{1}{2}$″) H=1″ D=19mm, D=33mm)의 적절한 선택 문제

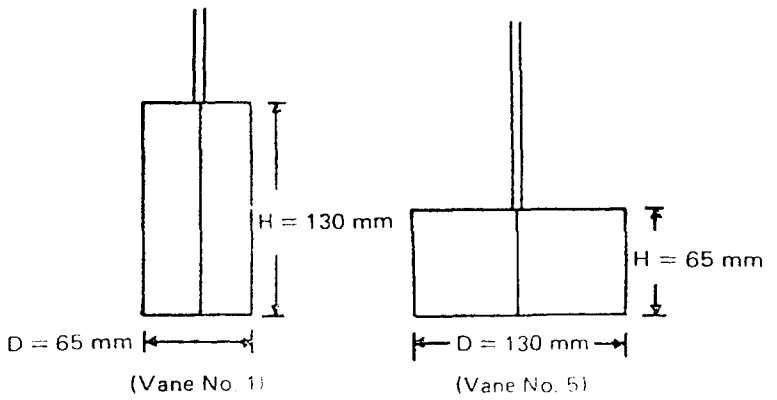
일반적으로 적용범위는 Cu=0~28 KPa

이때 실내시험시 시료 샘플 Tube내에서와 Tube에서 추출한 시료의 Cu 비교 검토

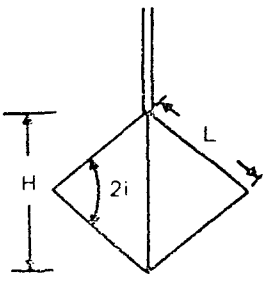
(4) 베인 날개 모양의 다양성에 의한 시험

$\frac{H}{D}$=2.0 인 베인 날개 모양이 표준이나 경사진 것, 정 4각형, $\frac{H}{D}$가 서로 다른 구형들, 쌍곡선형등이 개발된 것들에 의한 시험결과 검토(아래 그림 참조)

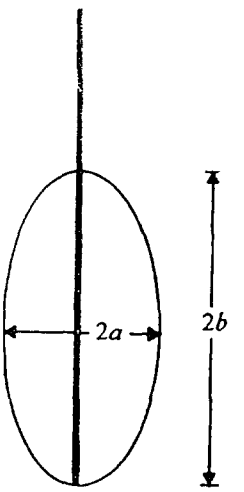
Rectangular vanes

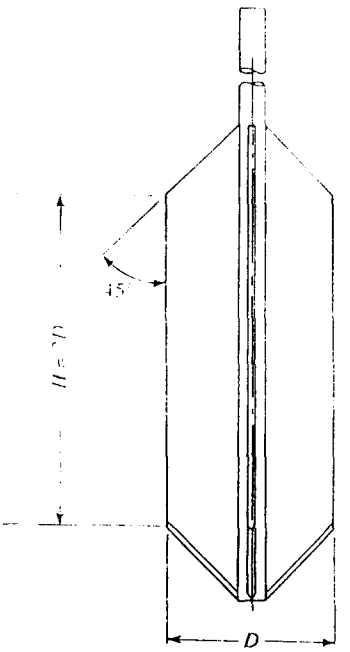


Triangular vanes



Vane No.	L (mm)	2i (deg)
2	100	60
3	100	90
4	100	120





(5) 지반이 이방성인 경우

정규압밀 퇴적지반은 일반적으로 $Cu_{(v)} < Cu_{(H)}$

상당히 과압밀된 지반은 $Cu_{(v)} > Cu_{(H)}$ 이다.

이방성 규명에 대해서는 (2), (4)에서 언급한 베인 날개 모양과 시험방법을 여러 가지로 바꾸어 같은 흙에 대해서 시험하면 이방성비($K=Cu_{(v)}/Cu_{(H)}$)가 구해지고 정지토압계수에 관해서도 중요한 추정을 내릴 수 있다.

(6) 선행압밀하중, 과압밀비에 관한 사항

Mayne and Mitchell(1988)에 의해

$$P_C = 7.04[C_{u(vane)}]^{0.83}$$

$$OCR = \beta \frac{C_{u(vane)}}{\sigma_v'}$$

여기서 σ_v' = 연직유효응력

$$\beta = 22(PI)^{-0.48}$$

$$\beta = \frac{222}{w(\%)} \quad \text{(Hansbo(1957))}$$

$$\beta = \frac{1}{0.08 + 0.0055(PI)} \quad \text{(Larsson(1980))}$$

(7) 예민비와 관련한 사항

베인 시험으로 예민비를 구하고자 할 때 교란시키는 규정에 관한 사항

(8) Vane의 회전속도

(9) Vane의 시험기의 손상

(10) 타 시험결과들과의 상관관계