

9. 암반굴착 및 보강

9.1 굴착공동 주변의 응력분포

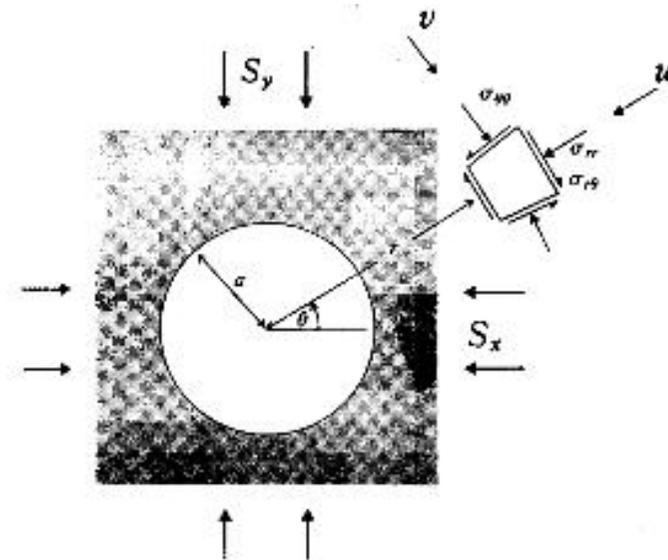
-원형공동주변의 응력 분포

> Kirsch (1898)해에 의한 2차원 평면 응력조건에서의 원형공동주변 응력

$$\sigma_r = \frac{1}{2}(S_x + S_y)\left(1 - \frac{a^2}{r^2}\right) + \frac{1}{2}(S_x - S_y)\left(1 - \frac{4a^2}{r^2} + \frac{3a^4}{r^4}\right)\cos 2\theta$$

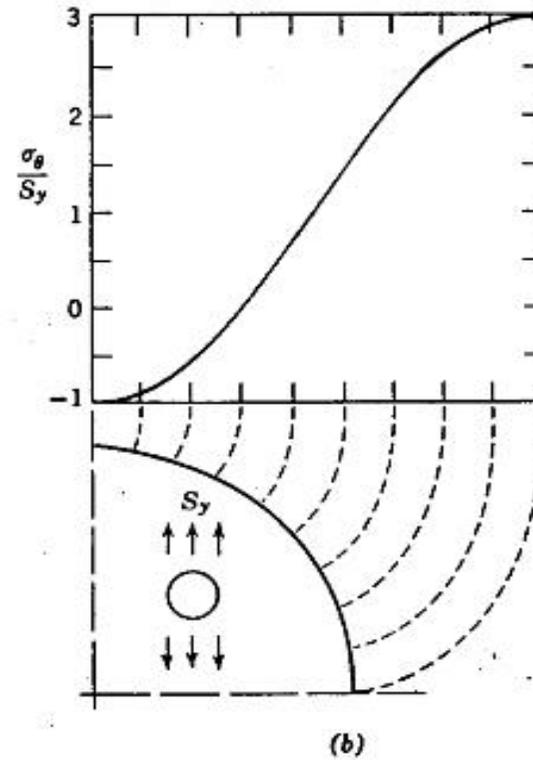
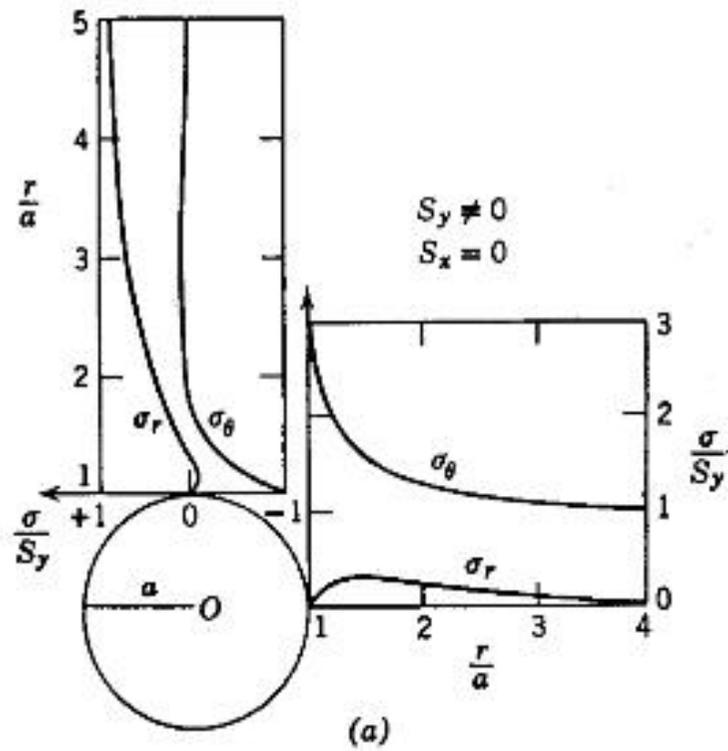
$$\sigma_\theta = \frac{1}{2}(S_x + S_y)\left(1 + \frac{a^2}{r^2}\right) - \frac{1}{2}(S_x - S_y)\left(1 + \frac{3a^4}{r^4}\right)\cos 2\theta$$

$$\tau_{r\theta} = -\frac{1}{2}(S_x - S_y)\left(1 + \frac{2a^2}{r^2} - \frac{3a^4}{r^4}\right)\sin 2\theta$$



9.1 굴착공동 주변의 응력분포

> 연직응력만 작용하는 경우



9.1 굴착공동 주변의 응력분포

-타원, ovaloid 및 둥근모서리 사각형 공동의 접선응력 (Greenspan, 1944)

>공동형상의 정의 : $x = p \cos \beta + r \cos 3\beta$ $y = q \sin \beta - r \sin 3\beta$

>접선응력

Case 1 $S_x \neq 0, \quad S_y = T_{xy} = 0$

$$\frac{\sigma_t}{S_x} = \frac{D \sin^2 \beta + E}{A \sin^2 \beta + B \cos^2 2\beta + C}$$

Case 2 $S_y \neq 0, \quad S_x = T_{xy} = 0$

$$\frac{\sigma_t}{S_y} = \frac{F \sin^2 \beta + G}{A \sin^2 \beta + B \cos^2 2\beta + C}$$

Case 3 $T_{xy} \neq 0, \quad S_x = S_y = 0$

$$\frac{\sigma_t}{T_{xy}} = \frac{H \sin 2\beta}{A \sin^2 \beta + B \cos^2 2\beta + C}$$

$$A = (p - q)(p + q - 6r)$$

$$B = -6r(p + q)$$

$$C = q^2 + 6rp + 9r^2$$

$$D = (p + q) \left[p - q + \frac{2q(p + q - 6r)}{p + q - 2r} \right]$$

$$E = (q - 3r) \left[q + 3r - \frac{2q(p + q)}{p + q - 2r} \right]$$

$$F = (p + q) \left[p - q - \frac{2p(p + q - 6r)}{p + q - 2r} \right]$$

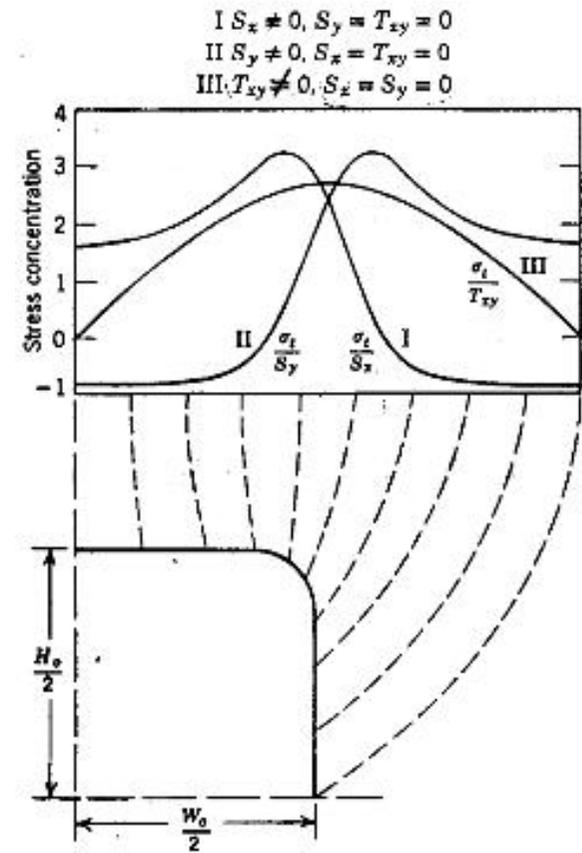
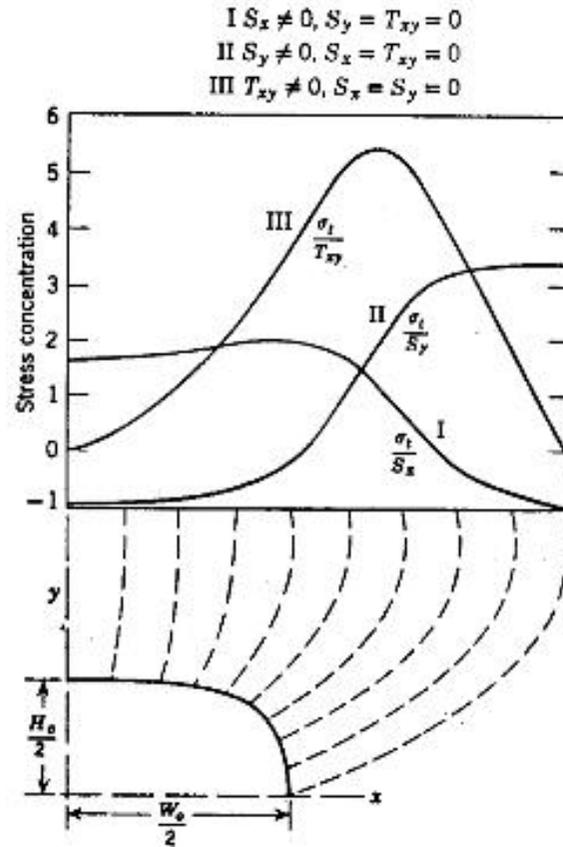
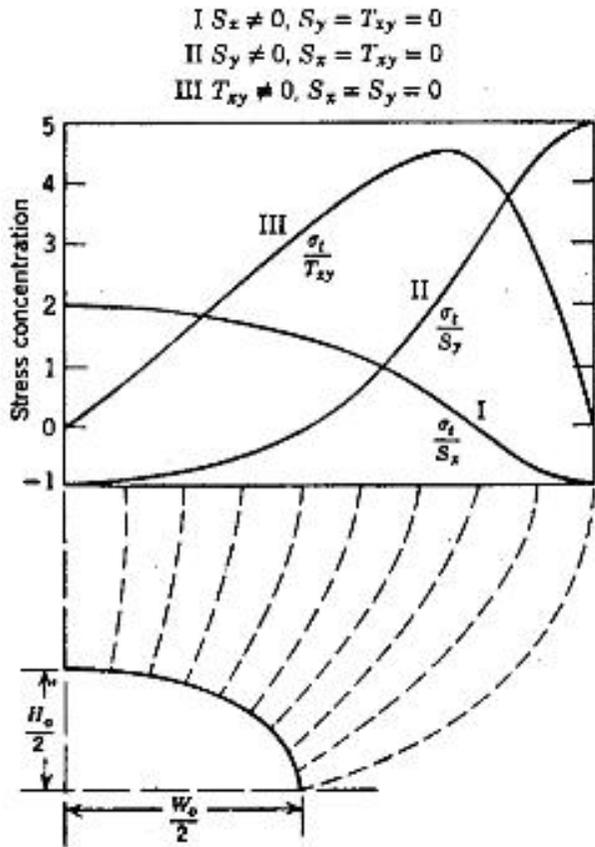
$$G = (q - 3r) \left[q + 3r + \frac{2q(p + q)}{p + q - 2r} \right]$$

$$H = (p + q)^2 \frac{p + q + 6r}{p + q + 2r}$$

9.1 굴착공동 주변의 응력분포

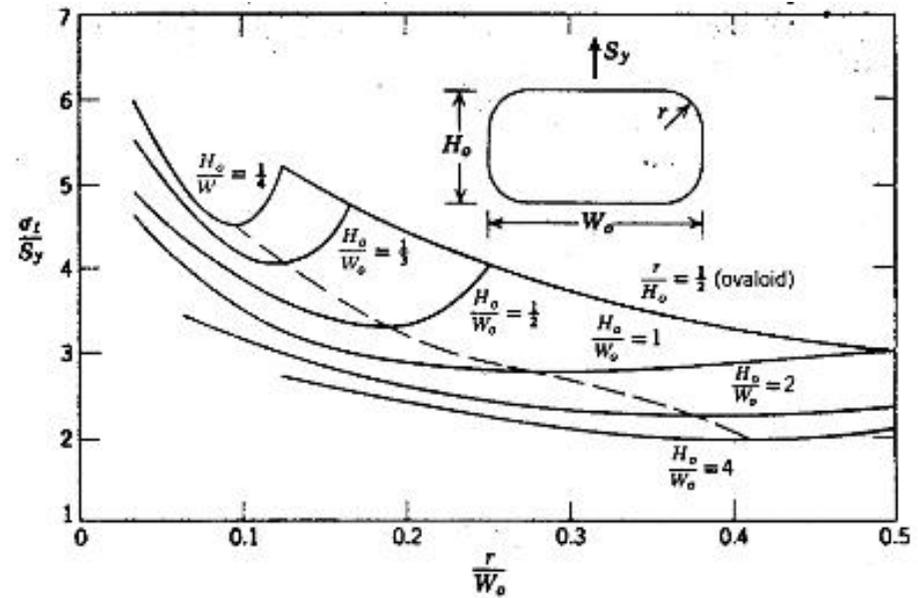
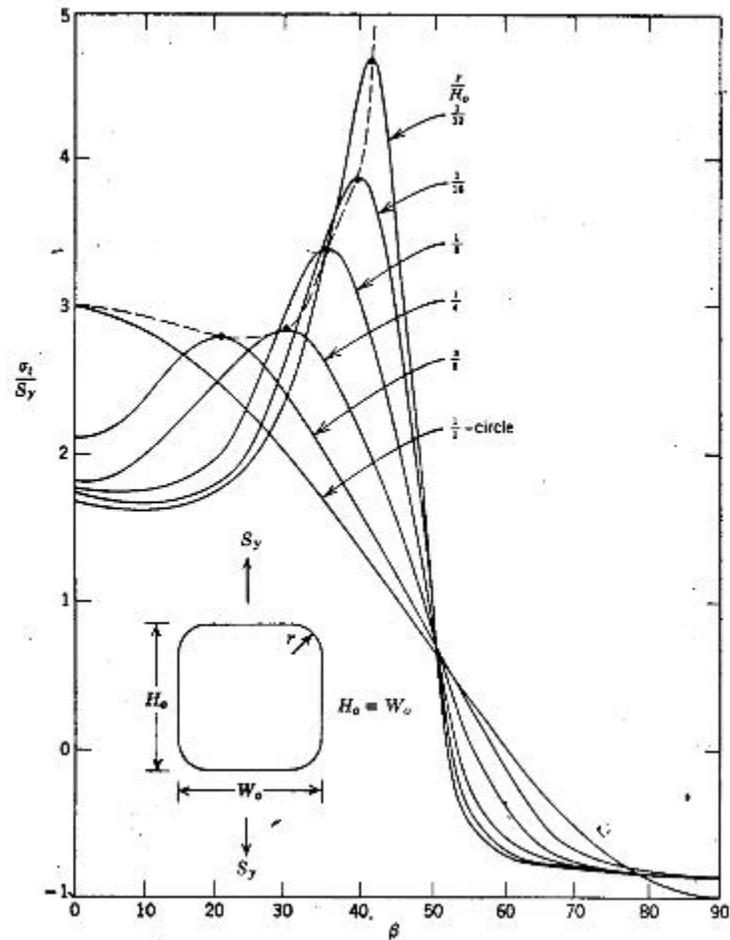
공동 형태 에 따른 상수	타원		Ovaloid		모서리 둥근 사각형	
	2:1	4:1	2:1	4:1	변이 좌표축에 평행인 경우	대각선이 좌표축 에 평행인 경우
p	2	4	2.1	4.19	1	1
q	1	1	1.1	1.19	1	1
r	0	0	-0.10	-0.19	-0.14	0.14
A	3	15	3.800	19.560	0	0
B	0	0	1.920	6.133	1.680	-1.680
C	1	1	0.040	-3.036	0.336	2.016
D	9	25	11.069	30.634	4.982	2.698
E	-1	-1	-1.779	-2.821	-1.667	-0.525
F	-9	-25	-11.821	-34.895	-4.982	-2.698
G	5	9	6.654	14.867	3.314	2.173
H	9	25	8.878	24.545	2.696	4.984

9.1 굴착공동 주변의 응력분포



9.1 굴착공동 주변의 응력분포

> 곡률반경과 높이/폭 변화에 따른 접선응력 변화 (일축압축)



9.1 굴착공동 주변의 응력분포

>단일공동 주변 접선응력의 특징

1. 공동의 한 축 방향으로 수직 응력이 가해진 경우, 그 축의 끝 부분에서의 응력집중은 대략 -1 정도이다. 즉 공동 경계에서의 접선 응력은 가해진 축방향 응력과 크기는 거의 같고 부호는 반대이다.
2. 공동의 단축 방향으로 수직응력이 가해진 경우, 공동의 장축 끝에서의 응력 집중은 공동의 단축에 대한 장축의 길이의 비가 증가함에 따라 증가한다.
3. 공동의 단축 방향으로 수직응력이 가해진 경우, 장축 끝에서 발생하는 최대 응력 집중은 장축 끝에서의 곡률 반경이 작아질수록(즉 뾰족한 모양이 될수록) 증가한다. 따라서 동일한 장축/단축 비를 갖는 경우 타원에서의 응력집중은 ovaloid에서의 응력집중보다 항상 크다.
4. 공동의 장축 방향으로 수직응력이 가해진 경우, 단축 끝에서의 최대 응력 집중은 공동의 단축에 대한 장축의 길이의 비가 증가함에 따라 감소한다.
5. 공동의 어느 한 축 방향으로 응력이 가해진 경우, 최소 곡률 반경이 다른 축의 끝 부분이 아닌 다른 곳에 있다면 최대 응력 집중은 응력이 가해지지 않은 방향의 축의 끝이 아닌 다른 곳에서 발생할 수도 있다.