

나무상자 포장설계실무(5)

김형빈/우진공업포장연구소 소장

목 차

<p>6. 고정기법</p> <p>6-1. 고정기법의 필요성과 목적</p> <p>6-2. 수송 및 하역의 충격</p> <p>6-3. 고정기법의 종류</p> <p>6-4. 고정기법 설계시에 고려해야 할 마찰력에 대하여</p>
--

6. 고정기법

6-1. 고정기법의 필요성과 목적

포장화물은 수송 중에 진동 또는 급제동 및 난폭한 취급 등에 의해서 자주 충격을 받게 된다.

파손되기 쉬운 제품에 대해서는 완충재로서 외력을 흡수하여 파손을 방지하는 속포장이 필요한데 강성이 있는 제품 또는 대형화물의 경우에는 제품을 용기 내부에 확실히 고정하여 내부에서 제품이 이동하므로 손상되지 않도록 해야 한다.

중량물 또는 그 부품을 포장하는 경우에 용기의 설계는 KS기준에 따라서 할 수 있지만 내부의 고정기법은 그 방법 및 작업시방에 있어서 정석이 없고 작업자의 감각 또는 경험에 의하는 경우가 많으므로 그것이 능숙하나 미숙하나에 따라서 자주 손상을 초래하는 원인이 되고 있다. 따라서 여기에서는 고정기법의 고찰방법에 대하여 설명하고자 한다.

6-2. 수송 및 하역 중의 충격

6-2-1. 육상 수송 중의 충격

표1)의 수송 중의 충격치를 보면 전후 방향에서는 트럭 수송에서 최대 1.5G, 또는 2cm단승원에서는 최대 2.3G, 화차 수송에서는 비상 제동의 경우가 최대 3~4G로 되어 있다. (좌우 방향은 항상 이 보다 작다.)

상하 방향에서는 트럭의 2cm단승원에서 최대 2.5G, 화차의 비상제동에서 2G이다. (좌우방향에서는 이 보다 적다.) 따라서 전후, 상하의

충격치를 2.5G, 좌우에서 1G로 보는 것이 타당하다고 생각된다.

KS에서 목재의 허용강도를 산출할 때 충격하중계수를 1/3로 보고 있으므로 누름목으로서 목재를 사용할 때는 1G로 생각하여도 지장이 없다.

철도 수송의 경우에 큰 문제점은 해외의 현지 화물역에서 화차끼리 연결 작업시 철도 수송의 경우에 전후방향의 충격가속도가 10G 이상이 될 때가 있음을 주의해야 한다.

(표 1) 트럭, 철도화차의 방향별 충격치(G)

내 용		상하방향	좌우방향	전후방향	
트럭	주행중의 진동	0.4-0.7	0.1-0.2	0.1-0.2	
	20~40km/h 포장도로	1.3-2.4	0.4-1.0	0.5-1.5	
	35km/h에서 제동	0.2-0.7	—	0.6-0.7	
	포장도로 FULL LOAD	0.6-1.0	0.2-0.5	0.1-0.4	
화차	고속주행 NO LOAD	1.0-1.6	0.6-1.4	0.3-0.9	
	50~60km/h 2cm단 승원	1.6-2.5	1.0-2.4	1.1-2.3	
	50~60km/h에서 급제동	0.2	0.3	0.7-0.8	
화차	주행중의 진동	0.1-0.4	0.1-0.2	0.1-0.2	
	30~60km/h 레일이음때	0.2-0.6	0.1-0.2	0.1-0.2	
	발차·정차	보통	—	—	0.1-0.5
		급제동	0.6-0.9	0.1-0.8	1.5-1.6
	화차끼리의 연결작업	0.5-0.8	0.1-0.8	1.0-2.6	
화차	비상제동	2	1	3-4	
	카리다 통과	0.6-1.7	0.2-1.0	0.2-0.5	

[표 2] 지게차 하역에서의 충격치(G)

내 용		상하방향	좌우방향	전후방향
주행중의 진동 6~7km/h	포장도로	0.2-1.3	0.2-0.3	0.1-0.2
	비포장로	0.6-1.6	0.3-0.4	—
포오크	상승개시	1.7	—	—
	하강개시	0.2	—	0.3
	하강정지	0.4-1.0	1.0-0.2	0.4-0.8
	30cm에서			0.6-1.1
	지상낙하	3-4	—	

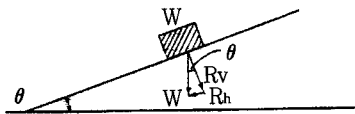
6-2-2. 해상 수송 중의 충격

해상 소송 중의 진동, 충격은 육상수송에 비해서 작는데 롤링, 피칭 또는 선저(船底)가 파두(波頭)를 때리는 팬팅 현상을 생각해야 한다.

이 중에서 팬팅은 상당히 심할 때는 상하방향으로 2~3G 정도이다.

롤링, 피칭에서는 화물의 고정미 불충분할 때 화물이 밀리는 현상을 일으킬 위험이 있다. 이 롤링, 피칭을 정량적으로 검토하면 다음과 같다.

① 바닥면이 경사져 있을 때 미끄러지려는 힘



바닥면이 경사진 경우 화물 W가 전후 좌우로 움직이려 하는 힘, 즉 옆으로 미끄러져 떨어지려는 힘(횡분력) Rh는 위의 그림에서 $R_h = W \cdot \sin \theta$ 이다.

또한 바닥면을 누르는 힘 $R_v = W \cdot \cos \theta$ 이다.

이 경우 화물과 바닥면 사이에 마찰 저항이 생기고 마찰계수를 μ 라고 하면 $\mu \cdot W \cos \theta$ 만큼 횡분력에서 빼야 하는데 바닥면의 상태가 일정하지 않으므로 이것을 무시하고 계산한다.

위의 내용은 바닥면이 정적인 상태에서 θ 만큼 기울어져 있을 때의 정적인 힘인데 실제로는 롤링에 의한 가속도가 가해지고 그것은 배의 동요 중심으로 부터 화물까지의 거리 및 롤링의 복원력의 크기에 좌우된다.

② 롤링에 의한 동적인 힘

이 동적인 힘은 접선력과 원심력으로서 성립되는데 보통 원심력은 대단히 작기 때문에 일반적으로 무시되고 접선력을 R_c 라고 하면,

$$R_c = \frac{4\pi^2 d}{g \cdot T^2} \frac{W}{180} = 0.0703 \frac{d \cdot \theta \cdot W}{T^2}$$

이다.

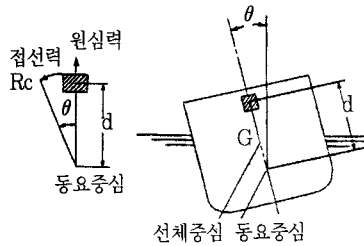
여기에서

θ : 최대롤링 각도 (도)

d : 동요중심에서 화물중심까지의 거리 (m)

T : 롤링주기 (초)

g : 인력가속도 (9.8m/sec²)



따라서 화물의 중심이 배의 중심 선상에 있을 때는 중력의 횡분력과 접선력이 겹치고 롤링으로 인하여

옆으로 미끄러지려는 힘의 합력 최대치 R_{max} 는

$$R_{max} = R_h + R_c = W(\sin \theta + 0.0703 \frac{d \cdot \theta}{T^2})$$

이다.

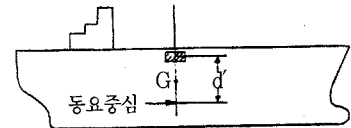
또한 선체의 동요가 비교적 적을 때는 선체 중심에 동요 중심은 가까운데 약천후임 때는 동요각도 일정치 않고 동요 중심도 선체 중심보다 아래 쪽에 있는 것이 일반적이다.

(예) $W=10 \text{ ton}$, $\theta=30^\circ$, $T=16$ 초, $d=12\text{m}$ 라 하면,

$$R_{max} = 10 \times (\sin 30^\circ + 0.0703 \frac{12 \times 30}{16^2}) \approx 6 \text{ ton}$$

따라서 R_{max} 는 0.6G라고 할 수 있다.

③ 피칭의 동적인 힘



이 경우 횡분력과 접선력의 합력(화물의 중심이 배의 중심선에 있을 때)의 최대치를 P_{max} 라고 하면,

$$P_{max} = W(\sin \theta + 0.0703 \frac{d \cdot \theta}{T^2})$$

이다.

(예) $W=10\text{ton}$, $\theta=5^\circ$, $T=5$ 초, $d=12\text{m}$ 라고 하면

$$P_{max} = 10(\sin 5^\circ + 0.0703 \frac{12 \times 5}{5^2}) \approx 2.56 \text{ ton} \approx 0.25G$$

위의 θ 를 10° 라 하면

$$P_{max} = 10(\sin 10^\circ + 0.0703 \frac{12 \times 5}{5^2})$$

$$\approx 5.12 \text{ton} \text{ 약 } 0.5G \text{이다.}$$

이상과 같이 화물이 동요의 중심에 가까울수록 또는 동요주기가 길수록 화물의 안전이 좋다. 따라서 강도상 미묘한 제품을 수출할 때는 되도록 배의 동요중심에 가까이 선적해줄 것을 요망하는 것이 좋다.

6-3. 고정기법의 종류

제품의 형상, 질량, 이손성 등에 의해서 각종의 고정기법을 고려할 수 있다.

일반적인 고정기법에는 아래와 같은 방법이 적용된다.

가. 골판지에 의한 방법

골판지상자의 비교적 소형, 경량 물의 고정에 골판지를 절곡하든지 제품의 형상에 맞추어 가공하여 제품을 고정하는데 이용한다. 이 때 골판지의 특성을 살려서 완충 효과도 함께 기대하는 예가 많다.

특히 최근에는 발포성완충재의 폐기 문제가 거론되면서 가전제품에도 완충 및 고정재로서 많이 이용되는 경향이 있다.

나. 스트랩핑에 의한 방법

제품에 취부구멍이 없고 목재에 의한 고정이 바람직하지 않을 때 피파밴드 등의 스트랩재료를 이용하여 고정하는 방법.

이와 같은 스트랩핑에 의한 고정 방법은 활재부 용기를 사용하여 화물이 전도되지 않는 것을 전제로 하여야 한다. 그리고 당연히 스트랩재료의 인장용력에 스트랩핑 개수를

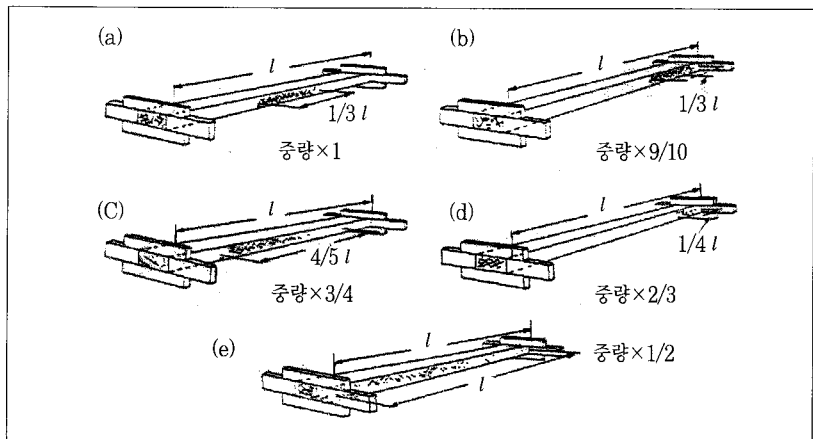
곱한 힘이 제품질량에 G값을 곱한 수치보다 커야한다.

다. 목재 또는 합판에 의한 방법
목재는 제품의 밑부분을 고정시키고 지지목 또는 제품의 전후, 좌우 및 상부를 확실히 고정하기 위한 누

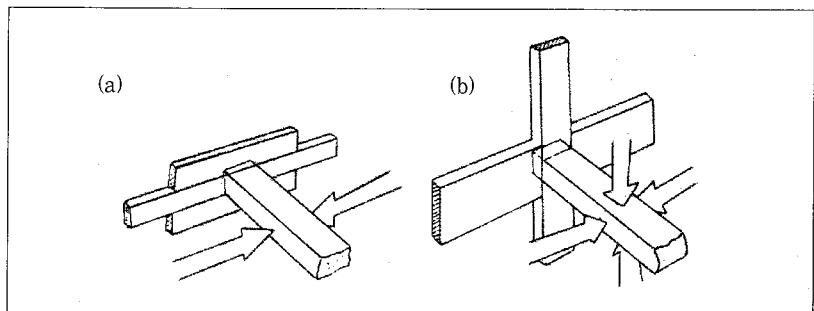
름목으로 사용한다. 밀폐형 나무상자의 내부에 사용하는 목재는 될 수 있는 한 함수율 18% 이하인 건조재를 사용하는 것이 바람직하다.

누름목의 용이는 제품과의 접촉면(즉 부재의 압축부)에 오도록 하고 되도록 중심에 용이가 있는 것은 피

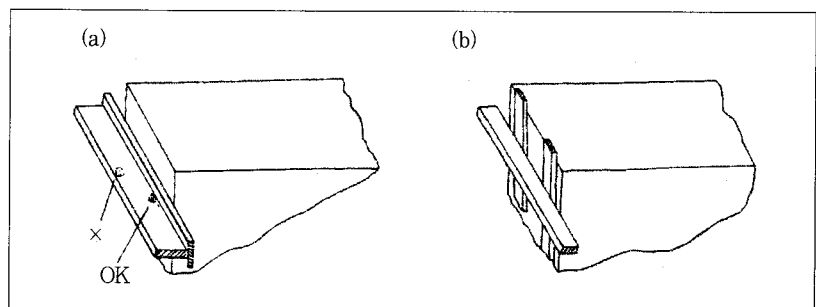
[그림 1] 누름목의 하중조건과 치수의 선택 (볼트로 고정하지 않은 제품)



[그림 2] 누름목의 고정



[그림 3] 제품의 약한 면의 고정에 사용하는 사이 채우개



하는 것이 좋다. 필요한 누름목의 치수는 그림.1을 참고로 하는 것이 바람직하다.

단, 제품의 하부가 볼트로 충분히 고정되어 있을 때는 제품의 중량을 1/4정도로 고려해도 지장이 없다. 누름목은 되도록 상자의 안길이 만큼 잘라서 상자의 내면에 못으로 박아 고정한다. 이 경우 틀부재를 벗어날 때는 틀부재와 같은 두께의 부재를 미리 외판 내면에 붙여서 사용하고 되도록 그림2와 같은 고정재를 사용한다. 평각의 누름목을 사용할 때는 되도록 목단방향으로 사용하는 것이 유리하다. 그 때 제품의 표면이 약하다고 생각할 때는 그림.3과 같이 사이채우기를 사용해서 접촉면적을 넓히는 것이 좋다.

제품의 표면이 손상되는 것을 방지하기 위해서 누름목과의 사이에 완충재를 사용한다.

라. 볼트고정에 의한 방법

볼트는 보통 흑피볼트, 기계볼트, 캐리지볼트, U볼트, J볼트 등이 사용된다.

제품의 밑면에 설치용 볼트 구멍이 있는 것은 부하상재에 볼트를 이용하여 고정한다. 이 경우 볼트의 머리가 부하상재의 밑으로 오도록 하고 와샤를 사용한다. 제품을 고정하는 너트 쪽에는 목재의 수축에 의해서 느슨해지는 것을 방지하기 위해서 스프링와샤를 사용하든가 풀리는 것을 막기 위해서 나사부에 페인트를 칠한다.

마. 목재 또는 금속으로 후레이밍 하는 방법

제품의 밑면이 돌출되어 변형된

것은 가대가 필요한데 금속재료 또는 목재로 가대를 만들어 고정한다. 이 경우 특히 전후, 좌우의 충격치 또는 동요를 고려해야 한다.

바. 기타 이름을 조합하여 시행하는 방법

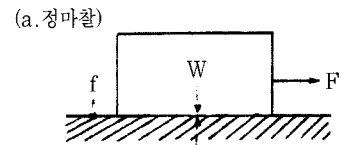
6-4. 고정기법 설계시에 고려해야 할 마찰력에 대하여

두 개의 물체가 접촉하고 있을 때 면에 따라서 움직이도록 하면 접촉면에 미끄럼을 막기 위한 정항력이 생긴다. 이와 같은 현상을 미끄럼마찰(Sliding Friction)이라 하고 이 저항력을 마찰력(Friction Force)이라고 한다.

1)정마찰 (Static Friction)

그림과 같이 무게 W의 물체를 수평면에 따라 움직이도록 하면 접촉면에 생기는 저항력 f를 정마찰력이라고 한다.

정마찰력 f는 물체에 가한 힘 F와 반대 방향으로 크기는 접촉면을 수직으로 누르는 면압력 R에 비례한다.



(면압력 R는 무게 W와 같고 방향이 반대이다.)

물체가 미끄러지기 시작한 때의 상태를 식으로 나타내면,

$$f_o = \mu_o R \dots \dots \mu_o = \frac{f_o}{R} \dots \dots \textcircled{1}$$

μ_o : 정마찰계수
 f_o : 최대정마찰력

2) 마찰각(Angle of Friction)

그림에서 경사면을 점차로 크게 할 때 물체가 미끄러지기 시작할 때

[표 3] 각종 재료간의 정마찰 계수

내용	마찰면	μ_o	마찰면	마찰면	μ_o
연강	연강	0.35-0.4	철	물	0.027
석재	금속	0.36-0.4	스키	눈	0.08
목재	금속	0.2(습)-0.6(건)	연강	주철	

[표 4] 못의 1면 전단에 대한 허용내력

못의 치수		장기하중에 대한 값		단기하중에 대한 값		사용판재두께 (cm)
호칭	직경(mm)	삼목	적송	삼목	적송	
N 40	2.0	7	9	21	27	1.5
N 45	2.3	9	12	27	36	1.8, 1.5
N 50	2.3	9	12	27	36	1.8, 1.5
N 65	2.6	11	15	33	45	2.4, 2.1, 1.8
N 90	3.5	20	27	60	81	3.0, 2.4, 2.1
N100	4.0	27	35	81	105	4.0, 3.0, 2.4
N130	4.5	34	44	102	132	4.5, 4.0, 3.0
N150	5.0	42	54	126	162	6.0, 5.0, 4.5

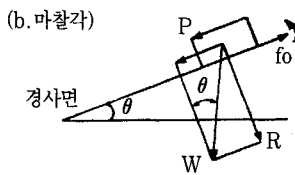
비고. 1. 위표의 값은 목재의 섬유방향에는 관계없다.
 2. 목재의 목구에 못을 박을 때는 위표의 70%로 한다.
 3. 충격하중에 대한 내력은 단기의 40%로 한다.
 따라서 밀고정목 등에 사용하는 못의 내력은 충격하중으로서 위 표의 단기내력, 삼목의 값이 40%로 보는 것이 타당하다.

의 경사각 ϕ 를 마찰각이라고 한다.

ϕ 와 μ 의 관계는 $f_0 = p$,
 $f_0 = \mu R$, $R = W \cos \phi$, $P = \sin \phi$
 로 부터,

$$\mu_0 W \cos \phi = W \sin \phi$$

$$\therefore \mu_0 = \frac{\sin \phi}{\cos \phi} = \tan \phi \dots \textcircled{2}$$



금속 제품을 포장하는 경우는 목재와 금속의 마찰계수가 되는데 목재의 함수율에 따라서 계수가 변화하는데 포장용 목재로서는 0.4가 타당하다.

다음으로 못의 허용전단응력에 대하여 살펴보자.

(1) 볼트의 허용인장강도

목재에 볼트를 사용할 때는 볼트 머리와 너트가 목재에 박혀 들어가는 것을 방지 하기 위해 와샤를 사용해야 한다.

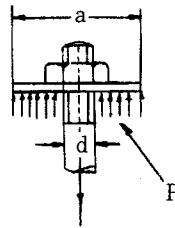
그림과 같이 P를 목재의 허용지압응력으로 하면 다음 식이 30kg/cm²이하가 되는 면적의 와샤를 사용하지 않으면 볼트 자체의 인장응력은 효과를 얻을 수 없다.

$$\text{정방형의 와샤 } P = \frac{d^2 f_1}{4a^2 - d^2}$$

$$\text{원형의 와샤 } P = \frac{d^2 f_1}{a^2 - d^2}$$

(표 5) 볼트의 인장허용응력과 와샤(건축 목재구조 기준)

d(mm)	와샤치수(cm)	장기하중에 대한 값(ton)	단기하중에 대한 값(ton)	P(kgf/cm ²)
9	2.5×2.5×0.3	0.28	장기하중에 대한 값의 1.5배	50
13	3.5×3.8×0.3	0.5		38
16	5.0×5.0×0.45	0.8		34
19	6.0×6.0×0.6	1.13		34
22	6.5×6.5×0.6	1.5		39
24	7.0×7.0×0.6	1.8		38



여기에서

P : 목재의 허용지압응력 (30kgf/cm²)

f1 : 볼트의 인장응력 (400kgf/cm²)

a : 정방형의 한 변 또는 원형의 직경(cm)

d: 볼트의 직경(cm)

이와 같은 관계로부터

정방형의 한 변 a는 $a \geq 3.36d$

원형의 직경 a는 $a \geq 3.78d$ 이 되어야 한다.

목재구조의 기준으로서 한 변 또는 직경의 길이는 3.5d 이상, 두께는 d/3이상이 되어 있다.

표5는 일반적으로 사용되는 흑피 볼트에 의한 것이다.

또한, 이 표에 의해서 와샤를 사용도 지압응력 P는 30kgf/cm²를 상회하기 때문에 약간 목재 속으로 박히게 된다.

일반적으로 포장용으로서 원형 와샤가 많이 사용되고 치수, 두께 모

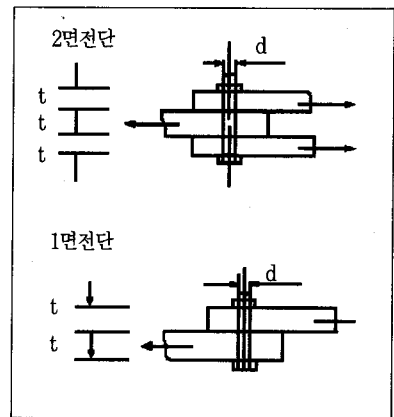
두 이 보다 작은 것이 많다. 따라서 조일수록 와샤가 파먹고 들어가는 경향이 많기 때문에 위 표의 1/2 이하로 생각하면 위험하다.

(2) 볼트의 허용전단강도

볼트에 의한 접합은 그림과 같이 2면전단과 1면전단이 있다.

금속과 금속의 볼트 접합에는 글자 그대로 전단이 발생하는데 목재와 목재 또는 목재와 금속에서는 전단이라기 보다 볼트의 만곡과 목재의 갈라짐이 일어난다.

따라서 목재의 수중에 좌우되게 된다.

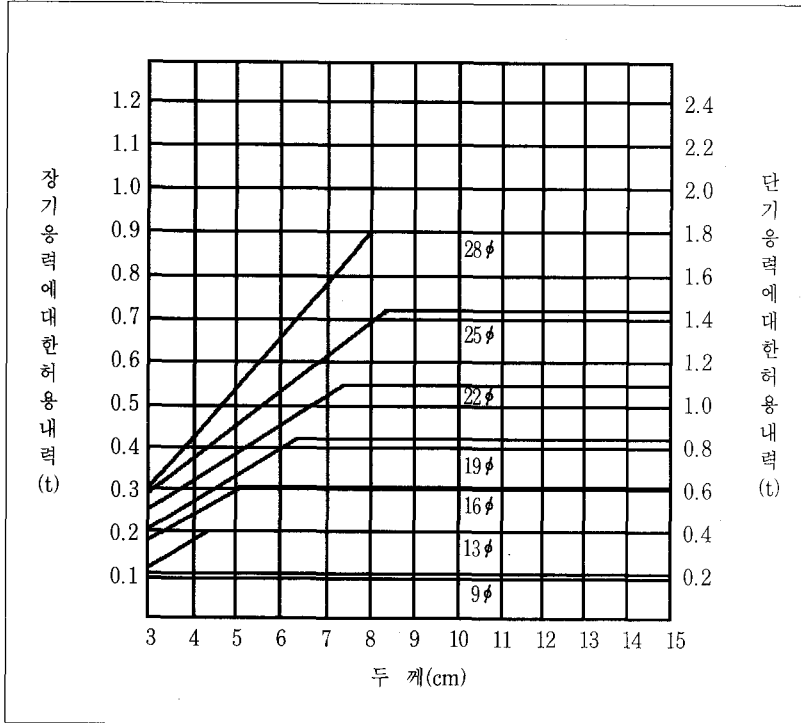


최대마찰력 fo는 $f_0 = \mu_0 R = 0.4 \times 2,000 = 800 \text{ kgf}$

한편, 움직이게 할려는 힘은 $2,000 \times 2 (G) = 4,000 \text{ kgf}$

따라서 $4,000 - 800 = 3,200 \text{ kgf}$

[표 6] 1면전단의 허용강도(볼트 1개)



* 내용품의 볼트고정에 대한 유통과정의 충격에 의한 전단외력에 대해서는 표의 단기응력으로 보이도 좋다.

(예) 질량 2,000kgf의 기계를 부하상자에 13mm볼트 4개로 고정하고, 수평방향의 충격 2G가 작용한다고 가정했을 때의 밀고정목의 설계. 단, 이 경우의 정마찰계수는 0.4이다.

가 충격력이 된다.

표6에 의한 볼트의 1면전단의 허용강도는 13mm에서 400kgf (단기)이다. 이것이 4개로서 1,600kgf이다. 따라서 밀고정목으로서 필요한 내력은 $3,200 - 1,600 = 1,600$ kgf이다.

라그스크류의 허용전단력을 볼트와 같다고 하면 두께 4.5 cm 이상의 밀고정재에 13mm의 라그스크류를 편측에 4개 이상 사용해야 한다. (9mm의 경우는 8개가 필요하다)

못의 경우는 표 4의 못의 1면 전단에서 단기하중의 삼목으로서

N130에서 105kgf, N150에서 126kgf이므로 N130은 16개, N150은 13개가 필요하다.

그러나 볼트조임에 의한 면압력의 증가를 고려하면 이보다 약간 적게 할수 있다.

지금까지 나무상자의 설계실무 기초에 대하여 설명하였는데 실제로는 포장할 제품이 다종 다양하고 수출선 또는 수출 형태에 따라서 유통조건 및 설계 기준 등이 다르므로 이를 위해서 수출업체(또는 제조업체)는 출하시방서, 포장사내규격서, 작업표준서 및 각국의 포장규격서 등

을 갖추고 있어야 한다.

아울러 효율적인 포장 업무의 수행을 위해서는 다음과 같은 자료들을 구비하고 설계, 시공, 포장 계획을 수립할 때에 충분히 참고해야 한다.

- ① 각국의 기후에 대한 자료
- ② 각국의 항만 시설 및 육로 수송기관에 대한 자료
- ③ 도착항구로 부터 현장까지의 도로 조건에 대한 조사 자료.
- ④ 각국의 무역에 대한 법규
- ⑤ 현지의 하역, 운송 등에 종사하는 사람들의 습성
- ⑥ 보관 조건 및 도난에 대한 위험성 여부
- ⑦ 포장 재료의 규제 사항에 대한 조사
- ⑧ 중량물, 활대품 수송장비의 보유 현황
- ⑨ 이에 관련한 각종 자료 및 문헌 등

이와 함께 새로운 포장 재료의 발굴 및 포장기법의 개선에 끊임없는 노력을 하므로서 가장 합리적이고 경제적인 포장이 가능하게 된다. **ko**