

에드벌룬이 室內 爆破로 因하여 5층 建物이 $\frac{1}{150}$ 도 이내로 기울어 졌다

許 埴*



How The 5th floors Bldg structure could be inclined
in $\frac{1}{150}$ degree by the explosion of Ad, Balloon in the room

by Ginn Huh

The primary court house judged that 5th floor's Bldg, structure were inclined 1/150 degree to west-ward by Explosion of Ad, Balloon in the Room. Surveyor made the report to denied the judgement of primary court. With evidently and Theoretically. but It is waiting the juge of higher court house.

Explosion pressure Δp is as follows

$$\begin{aligned} \Delta p &= 4.2100 \times \lambda^{-1.38} = 4.2100 \times 45^{-1.38} \\ &= 4.2100 \times 0.00487 = 0.02 \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

1. 머리말

조현민씨가 셋째줄 끈을 절단시는 에드벌룬은 電線에 감기고 좁은 유리창을 통과하느라 에드벌룬의 1氣壓은 쭉글쭉글한 상태고 내부 水素(H₂)가스는 상당량 漏出되어 있었던 것이다. 따라서 끈을 鐵製 뿔치로 절단하자 에드벌룬의 끈을 메단 끝 부분을 잡아당기므로서 생긴 찢어진 부분의 水素 가스와 이미 漏出된 실내 水素가스(전부 4.7ℓ 추정)가 靜電氣 spark에 의해서 水素가스(4%~75%)에 點火 터지는 순간 0.02kgf/cm²의 압력으로 4층 도로측 복도 외측의 좁은 유리창을 통과하며 外部 電線(잡아 당길때 일부 걸려 있었음)으로 밀려나가 水素 가스는 나가고 에드벌룬 外皮만 電線에 Video에 보이는 것처럼 걸려 있었던 것이다.

[鑑定사항]

(1) 직경 3미터, 비닐두께 0.15밀리미터에 수소가스가 2/3정도 주입된 이 사건 에드벌룬을 철거하던 중 뿔치로 에드벌룬을 에워싸고 있는 줄 2개를 절단하고 3개째 줄을 절단하려는 순간 4층 도로측 복도 창문 외측에서 폭발하여 그 위력이 전체 방향으로 분산된 것을 기준으로 하여

(가) 그 폭발력은 여하한지 : 피크압(kgf/cm²)으로 표시

(나) 이격거리에 따른 피해의 범위 및 정도는 여하한지

(다) 폭발로 인해 이 사건 건물에 입을 수 있는 피해의 범위 및 정도는 첨부 감정서와 비교하여 구체적으로 어떠한지(벽체 균열, 배관파이프 균열 및 건물 수직 기울기에 영향을 미칠 수 있는 지의 여부)

(2) 이 사건 에드벌룬의 폭발에 의해 이 사건 건물이 피해를 입은 부분에 대하여

* 當學會 會長 工博, 技術士

(개) 시설등의 노후화등 건물자체의 특성으로 인해 피해가 증대 되었는지 여부 및 증대되었다면 그 기여도는 어떠한지

(나) 하자 보수 공사비 산정시 시설 노후화에 따른 감가상각비 또는 보수로 인한 가치증대 부분이 공제 된다면 그 내용은 어떠한지

(다) 보수가 불가능한 부분을 감안한 건물의 경제적 가치의 차이는 산정방법이나 그 기준을 삼은 근거를 구체적으로 명시해 주기 바람.

2. 폭파 원인 규명

2-1. 現場 檢證 및 現場 調査 資料

① 事故 場所 : 城南市 중원구 중동 672
최근 콘크리트조 슬라브 5층 상가(준공6년 10個月 경과)4층 408호실 옆 복도 창문

② 애드벌룬 설치일 : 1990년 10월 25일
애드벌룬 폭파사고일 : 1990년 11월 10일

③ 애드벌룬 : 3m직경, 비닐두께 0.15m
容積 14.1m³중 1/3은 빠져 있는 상태

④ 사고원인 : 한전 직원 김창규씨는 애드벌룬을 창문 안으로 당겨서 복도에서 붙잡고 있었고 조현민씨는 애드벌룬을 에워싸고 있는 줄을 뺨치로 절단하여 위 애드벌룬을 하늘로 날려 보낼 생각으로 그 중 2개를 절단하고 3번째 줄을 절단하는 순간 수소가스가 폭발하였다.

⑤ 현장검증(94.5.28) : 서울 고등법원 11부 재판장 주재하에 현장 검증시 조현민씨 사고 재연시 조사자 질문 사항

첫 질의 : 뺨치로 절단하기 위해서 애드벌룬을 창문 안으로 당겨야 하는데 그때 창문 안쪽으로 들어온 부분은 전체 몇분의 일인가?

답 : 들어오기전의 애드벌룬은 1/3정도 가스가 나가서 쭈글쭈글하여 이 조그만 창문을 통해 들어왔으므로 1/3가량의 크기가 들어온 것으로 기억합니다.

둘째 질의 : 애드벌룬 폭발로 인하여 당시 피해 상황은 어떠했습니까?

답 : 제 얼굴에는 2도 화상을 입었고 창문 유리가 2개 정도 파손 되었으며 여기 걸려있는 거울

은 이상이 없었고天井의 스티로폼에 조그마한 흠집이 있는 것을 발견하였고 바닥 “카페트”일부가 까맣게 그슬려졌습니다.

⑥ 현장조사(94.6. 2) : 전상백 건축구조 기술사와 함께 현장조사에 나갔다. 재판부로 부터 인수 받았던 Video내용을 확인하기 위해서 사고 당시 한전 직원 3명과 함께 Video를 보면서 몇가지 보완 설명을 들었다.

첫 질의 : 사고 당시 3명의 역할은 무엇이었습니까?

답 : 조현민씨는 뺨치로 애드벌룬의 끈을 절단하고 김창규씨는 조현민씨 뒤에서 애드벌룬을 붙잡고 있었으며 이 근씨는 건물 앞 도로상에서 작업상의 망을 보고 있었습니다.

둘째 질의 : 김창규씨는 폭파 당시 어떠했습니까?

답 : Video에 나와 있는 거울이 바로 우리 앞에 걸려 있던 것으로 폭파 당시 “팡”하는 소리가 나서 앞 거울에 얼굴을 보니 까만 그을림이 일부 묻어 있었으며 조현민씨와 함께 병원에 갔더니 2도 화상이라고 하여 4일 치료 받은 바 있습니다.

세째 질의 : 유리의 파손은 어느 정도로 보십니까?

답 : 애드벌룬이 통과한 유리창(73cm×55cm크기, 두께 3mm)이 깨져 바닥에 떨어져 있었고 유리창 틀은 Video에 보이는 것처럼 그대로 남아 있었습니다.

네째 질의 : 조현민씨는 절단시 부터 “팡”하는 소리까지의 과정을 다시 정리하여 자세히 말씀하세요.

답 : 애드벌룬의 끈을 매단 끝 부분을 한 손으로 붙잡고 한손의 “뺨치”로 한줄 두줄 절단하고 나머지 셋째줄을 절단하는 순간 “팡”하는 소리와 함께 얼굴이 이상하여 앞에 있는 거울(鏡)을 보니 까만 그을림과 2도 화상으로 병원에 갔다. 그 후 와보니 “애드벌룬”은 터진채 통채로(애드벌룬은 터졌을뿐 조각없음) 먼저 걸려 있던 전선에 매달려 있었다.(Video에 나타남)

따라서 끈을 절단한 것이지 애드벌룬 자체를 절단한 것이 아님.

① 누출된 수소(H₂)가스량

수소는 직경 3m 애드벌룬의 2/3가 있었다하므로

$$(1.5m)^3 \times \pi \times \frac{4}{3} \times \frac{2}{3} = 9.4m^3 (14.1m^3) \times \frac{2}{3} = 9.4m^3$$

수소 가스 9.4m³ 중에서 0.05%(애드벌룬 찢어진 일부 및 밖으로 누출된 부분을 합한 것)가 누출된 것으로 보면, 누출된 수소 가스량은

$$9400 \ell \times 0.05\% = 9400 \ell \times \frac{0.05}{100} = 4.7 \ell$$

수소 가스 4.7 ℓ의 중량은 이상기체로 보고

$$4.7 \ell \times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 \ell} \times \frac{2 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 0.42 \text{ g}$$

즉, 수소 4.7 ℓ (4700CC)는 0.42g이다.

② 누출된 수소 가스의 爆風壓 計算

(가) 수소의 TNT당량 계산

수소 4.7 ℓ (0.42g)의 TNT당량 계산(p.207, 208 화공안전공학 강순중의 3인 공역)

폭발하는 물질이 TNT와 같은 폭약이 아니고 가스나 액체의 증기인 경우 TNT당량(W_{TNT})계산

$$W_{TNT} = \frac{\epsilon H \alpha W_c \times \eta}{1100}$$

W_{TNT}: 가스의 TNT당량(kg)

W_c: 가스의 질량(kg)

H: 가스의 진발열량(kcal/kg)

ε: 폭발계수, 수소는 0.1(표2-9)

α: 액화가스 기화를 압축가스의 경우 1.0

η: 폭발효율(1~10%)

분모의 1100: TNT의 발열량 Kcal/kg

수소의 진발열량 H는 28900Kcal/kg 수치를 공식에 대입하면,

$$\begin{aligned} W_{TNT} &= \frac{\epsilon H \alpha W_c \times \eta}{1100} \\ &= \frac{\epsilon \times 28900 \text{ Kcal/kg} \times 1 \times 0.00042 \text{ kg} \times \eta}{1100} \\ &= \frac{0.1 \times 28900 \times 1 \times 0.00042 \text{ kg} \times 0.01}{1100} \\ &= 0.000011 \text{ kg} \end{aligned}$$

즉, 수소 4.7 ℓ (0.42g)의 TNT당량은 0.000011kg

(나) 폭발 압력 계산

상승근 법칙(Hopkinson Scaling Law) 및

Kingery와 Pannill이 작성한 도표에 의하여 계산 함.(화학 안전 공학 목연수의 3인 공역 p.332, 333)

$$\lambda = \frac{R}{3\sqrt{Q}}$$

λ: Scale화 거리(Scaled distance) m/kg^{1/3}

R: 폭심에서의 거리(m)

$$\begin{aligned} \lambda(\text{m/kg}^{1/3}) &= \frac{1}{3\sqrt{0.000011}} \\ &= \frac{1}{0.0222} = 45 \end{aligned}$$

Q: 화약의 양(kg)

여기서는 수소의 TNT당량

R: 폭심에서의 거리 1m

그림 7-50 Scale화 거리에 따른 폭풍압 도표

화학안전공학 목연수 외 3인 공역 p.333

에서 λ=45의 폭풍압은 0.02kg/cm²임

$$\begin{aligned} \text{또는 } \Delta P &= 4.2100 \times \lambda^{-1.3988} = 4.2100 \times 45^{-1.3988} \\ &= 4.2100 \times 0.00487 = 0.02 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

③ 자료

수소는 공기중에서 4%내지 75%농도로 함유되어 있을 때, 화염이나 정전기 등에 의하였을 때에만 연소 폭발할 수 있으며 그 단독으로는 연소도 할 수 없다.

주1. 수소 H₂의 연소 범위 공기중 4.1~75%

P.1171 한국 소방 총람 한국소방학회

주2. 연소에 필요한 최소 산소량(MOC) 5% V/VO₂

P.16 폭발 방지 기술의 실제 方純俊역

P.184 화공안전공학 이영순 역

본 계산은 수소가 공기와 충분히 혼합되어 있는 상태에서 나올 수 있는 최대 압력이다. 그러나 실제로는 공기와 폭발농도로 혼합되어 있는 상태가 아니고 대기압하에 있는 애드벌룬에서 실내로 새어나온 수소가스가 소량 연소 폭발한 것이므로 폭풍압 계산으로의 계산은 무리가 있다. 그러나 최대 압력으로의 검토에는 참고가 될 것이다.

④ 質疑하신 爆發力 卽 애드벌룬이 爆破 時 爆風壓은 피크압 0.02kgf/cm²이며 이는 計測值로서 절대압으로 환산하면 0.02+1.033=1.053(kg/

cm²)이다.

2-5. 水素가스(H₂)量 計算

○ 실내에서 폭발된 수소가스의 화염길이
작업자가 얼굴에 화상을 입은 것으로 미루어 볼 때 화염의 직경이 30~70cm로 추정된다. 화염의 직경을 65cm로 하여 수소의 양을 계산한다.

개방공간에 있어서 폭발이 폭풍으로 옮겨지지 않을 때는 폭풍의 효과는 작으나 그의 화염에 의해 보다 광범위하게 연소 효과를 발휘한다.

Frank T. Bodurtha에 의하면 발생하는 화염의 크기는 다음식에 의해 구하여 진다.

$$D_f = 3.86W_f^{0.33}$$

여기서 D_f: 화염의 직경(m)

W_f: 연소량(연료와 이론 산소량의 합)
(kg)

(목연수의 3인 공저 화학안
전공공학 p.322)

화염의 직경을 65cm로 하면, D_f=0.65

$$\text{따라서 } W_f^{0.33} = \frac{0.65}{3.86} = 0.168$$

그러므로 W_f=0.00379(kg)

그런데 W_f=W_{수소}=W_{이론산소량} 이며,

W_f는 H₂+ $\frac{1}{2}$ O₂=H₂O에 의하여 수소(H₂) 1gr에 대하여 산소(O₂)8gr이 혼합된 양이므로 W_{이론산소량}=8W_{수소}가 된다. 따라서,

$$W_f = W_{수소} + W_{이론산소량} = W_{수소} + 8W_{수소} = 9W_{수소}$$

$$\begin{aligned} \text{그러므로 } W_{수소} &= \frac{1}{9}W_f = \frac{1}{9} \times 0.00379 \\ &= 0.00042(\text{kg}) \\ &= 0.42(\text{gr}) \end{aligned}$$

누출되어 폭연된 수소의 양은 0.42gr이고 수소가스의 체적은 이상기체로 보고 수소 1mol은 22.4ℓ이므로

$$\begin{aligned} \text{수소가스의 체적 } V &= 0.42\text{gr} \times \frac{1\text{mol}}{2\text{gr}} \times 22.4 \ell / \text{mol} \\ &= 4.7 \ell \\ &= 4700\text{cc이다.} \end{aligned}$$

즉, 폭연된 수소의 체적은 4.7ℓ (4700cc)중량은 0.42gr이다.

다시 말하면 누출된 수소가스는 4.7ℓ (0.42gr)이다.

[參考事項]

(1) 애드벌룬(H₂)이 터지던 위력은 얼마나 되나?

애드벌룬의 $\frac{2}{3}$, 체적으로는 9.4m³, 중량으로는 0.84kg인 수소가 완폭되었다고 가정하면, 거리 1m에서의 폭풍압은 게이지 압으로 0.9kg/cm², 절대압으로는 0.9kg/cm²+1.033kg/cm²=1.933kg/cm²이다.

그러나, 수소가 폭발하려면 공기와 섞여 있어야 하며 공기중에서 수소의 폭발 한계는 수소 농도로 하한계가 4%, 상한계가 75%임으로, 이 범위내로 공기가 섞이지 않으면 폭발 할 수가 없다. 수소의 연소 온도는 공기중에서 수소의 농도가 31.6%(용적)일때 2045℃이다.(표 5-7한국 소방 총람 p.1172)

수소의 연소 속도는 공기중에서 수소의 농도가 40%일때 2.7m/sec이다.(표 4-2 윤찬희 역 고압 기술 p.111)

(註)

일반적으로는 압력용기를 설계하려면, 그 압력용기내에 있는 가연성가스가 완폭하였을 때 발생하는 가스와 열에 의하여 압력 용기의 내벽이 받는 최고 압력을 알 필요가 있다.

폐쇄공간을 구형이라 하고, 그 중심에서 화염이 전파한다고 생각하면, 최고 도달 압력은 다음식으로 구할 수 있다.(김홍외 3인 공역, 방폭공학 p.216)

$$P_{2\text{max}} = P_1 \frac{n_2 T_2}{n_1 T_1}$$

여기 P_{2max}: 최고 도달 압력(kg/cm²)(절대압력)

P₁: 구내의 가스의 초기압력 kg/cm²(절대압력)

n₁: 처음의 mole수(폭연전)

n₂: 폭연후의 mole수

T₁: 폭연전의 절대온도 °K

T₂: 폭연후의 절대온도 °K

여기서는 연소온도 2045℃를 적용 T₁ 실온 10℃

$$P_{2\text{max}} = P_1 \frac{n_2 T_2}{n_1 T_1} = 1.033 \times \frac{2.88 \times (273 + 2045)}{3.38 \times (273 + 10)}$$

=7.21(kg/cm²) (절대압력)

=6.18(kg/cm²)(게이지 압력)

그런데, 수소의 양은 애드벌룬 체적의 $\frac{2}{3}$ 이므로 수소 폭발시 애드벌룬의 내벽이 받는 압력 P는

$$P=P_{2max} \times \frac{2}{3} = 7.21 \times \frac{2}{3} = 4.8\text{kg/cm}^2(\text{절대압력}) \\ = 3.77\text{kg/cm}^2(\text{게이지 압력})$$

이상 기체의 Boyle의 법칙적용 PV=K(온도만의 상수, 일정)

P : 압력(내부) V : 기체의 용기

애드벌룬 내에 충분한 공기가 수소와 섞여 있을 때에만 폭연을 할 수 있으므로, 이 계산은 최고치이며, 압력용기 설계시 필요한 자료와 사용될 수 있다.

(2) 애드벌룬이 안터지는 理由

수소는 공기중에서 4%내지 75% 농도로 함유 되어 있을때, 화염이나 마찰 또는 정전기 등에 의하였을때에만 연소폭발을 할 수 있으며, 그 단독으로는 연소도 할 수 없다.

주1. 수소 H₂의 연소 범위 공기중 4.1%~75%

한국 소방 총람. 한국 소방 학회 p.1171

주2. 연소에 필요한 최소 산소량(MOC)5% V/V O₂

緒方純俊 譯 폭발방지기술의 실제 p.16

이영순외 3인 공역, 화공안전공학 p.184

수소가 공기와 충분히 혼합 되어 있어야 전폭이 진행된다.

산소가 없는 한 연소가 진행되지 않는다.

애드벌룬내에는 대기압으로 수소가 들어가 있는 것임으로(처음에 꼭 채워졌을 때는 대기압 이상으로 있다가 세어나오면서 대기압과 같아졌을 것이다.) 세어는 나오지만 공기는 들어갈 수 없다.

따라서 내부의 수소는 안터지고 새어나온 것만 연소한다.(폭발한계 내의 농도에 있는 것만)수소가 100% 일때는 폭발하지 않는다.

수소는 분해폭발을 하지 않고 연소폭발을 하므로 반드시 공기와 혼합되어 있는 상태에서만 발화된다. 따라서 기구내에서는 수소만 있으므로 기구내의 것은 연소 폭발할 수 없고, 밖으로 나와 있는 부분만(즉 공기와 접촉된 부분) 연소 폭연이 된다. 공기가 없으면 전폭이 안된다. 발화

폭발의 경우 시간이 짧았다.

실내에 수소가 대량 누출되었다면, 많은 피해가 있었을 것이나 상황으로 미루어 보아 초기 누출시에 발화가 되어 피해가 적은 것이다.

시간이 경과 했다면 대형사고를 유발할 가능성이 있었다. 그때는 작업자의 안전 화상정도가 아닙니다.

[質 問]

폭발력은 여하한지(kgf/cm²)

[答]

애드벌룬이 폭발시 폭풍압은 0.02kgf/cm²으로 일반적으로 통용되고 있는 다음 폭풍압과 그 효과를 참고하시기 바랍니다.

防爆工學 金鴻外 3人 공역

또한, 각 실험에서 에틸렌의 발열량을 12,060kcal/kg로 해서 TNT(1,000 kcal/kg)로 환산하면 각각의 TNT상당량이 된다. 여기에서 말하는 TNT상당량은 앞에서 서술한 TNT환산량 및 TNT당량에서 상당하는 것으로 이 실험에서 TNT수율은 1.0(100%)이었다.

그러나 이 실험은 미리 충분히 혼합되어 있고 No.2-2실험에는 벤토나이트 20g을 사용하여 폭발시키고 있어서 일반적인 사고에 이 수율을 적용하는 것은 가능하지 않지만 폐쇄공간의 경우 개방공간과 달리 TNT

爆風壓과 그 效果

爆風壓 Δρ (kgf/cm ²)	爆風壓의 效果(被害)
0.002	비틀린 커다란 유리창에 금이간다.
0.003	Jet기의 충격음(약 150horn)
0.007	비틀린 작은 유리창에 금이간다.
0.01	유리창이 금이간다.
0.02	폭풍에 의한 파편비산의 한계
0.03	경미한 가옥의 손상
0.05	창틀이 빠지고, 때때로는 창틀이 부서진다.

爆風壓 Δp (kgf/cm ²)	爆風壓의 效果(被害)
0.06	지붕에 손상을 받는다.
0.08	서 있는 나무의 가지가 부러진다. 수리하지 않으면 거주불능
0.1	스레트벽 파괴, 지붕이 들떠서 이동
0.15	지붕파괴, 서있는 나무가 30%정도로 쓰러진다. 고막이 터진다.
0.2	서있는 나무의 90%정도가 쓰러진다. 철골구조가 휘어진다.
0.3	기름탱크가 갈라진다. 철주가 쓰러지고, 나무기둥이 부러진다.
0.5	화차전복, 가옥전괴, 폐에 상처를 받는다.
0.7	벽돌벽전괴
1.0	기름탱크 압괴

備考 1. 이 표는 ft·lb법으로 표시된 文獻^{16), 17), 18)}의 값을 메타법으로 換算해 대략적으로 종합한 것이다.
 2. 一般家屋은 風壓에 대해 0.006kgf/cm²以上, 마루의 荷重에 대해서는 0.018kgf/cm²以上이다.

距離 (m)	避 害 状 況	推定爆風壓 (kgf/cm ²)	λ (m/Q ^{1/3})	TNT當量 (kg)
200	建物中破	0.06	20	1000
500	유리창이 거의 파괴	0.018	50	1000
1000	驛, 公民館等の 유리창의 一部分이 파괴	0.007	96	1130
2000	小學校의 유리창이 8枚파괴	0.0025	200	1000

年平均1000

3. 建築構造 編

3-1 검증 및 감정건물개요

철근 콘크리트 슬래브지붕 지하1층 지상5층 근린생활시설 및 숙박시설

1층 : 219.3m²(주차장 및 사무소)

2층 : 228.76m²(목욕탕)

3층 : 228.76m²(목욕탕)

4층 : 228.76m²(여관)

5층 : 228.76m²(보일러 및 대중음식점)

*연면적 : 1,353.64m²(*건축물 관리대장 기준 면적임)

건축년도 : 84년 10월 2일 준공(경년 9년 8개월)

3-2. 검증 및 감정의 목적

본 건 1990년 11월 10일 직경 3m, 비닐두께 0.15mm에 수소캐스가 2/3정도로 빠져있는 애드벌룬이 고압선에 걸려 있어 이를 공중으로 날려 보낼 작정으로 한전 작업원 조현민이 여관 4층 복도 창문에서 철거하던중 뿔치로 애드벌룬을 에워싸고 있는 줄 2개를 절단하고 3개째 줄을 절단하려는 순간 4층 도로쪽 복도 창문 외측 1.5m에서 폭발하여 그 위력이 전체 방향으로 확산되었다. 이 사고로 인하여 원고가 주장하는

가. 원고건물이 전체적으로 동쪽방향으로 기울어져서, 동쪽 출입구가 침하되고 북동쪽 2층 외벽이 눌러서 돌출되어 있고 반면에 서쪽 출입구 계단 이음부분이 들떠 있으며 건물의 서쪽 외벽부분에 많은 균열이 있음.

나. 지층의 천정에서 누수가 됨.

다. 1층중 주류도매상이 있는 천정에서 누수가 됨.

라. 2층 목욕탕 대표하는 방의 방바닥에서 누수가 되고, 여탕의 탈의실과 욕실의 천정에서 누수가 됨.

마. 3층 남탕의 탈의실과 욕실의 천정에서 누수가 됨.

바. 4층과 5층중 401호, 402호, 410호, 4층 카운터천정, 509호, 512호등에 누수가 됨

사. 건물 서쪽방향의 각층계단부분의 내벽에 균열이 있고 누수가 됨.

등의 건물 피해 사실에 대하여 폭발위력과 건물 구조의 상관 관계를 공학 및 과학적으로 조사 분석하여 사실(事實)로 입증(立證)될 수 있는지를 판단한다.

3-3 爆發의 역학적(力學的)조사 分析

건물에 손상을 줄 수 있는 피해한계의 검증

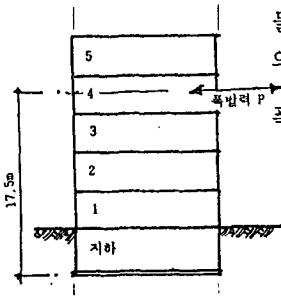
① 건물 기울어짐의 可能性

이 건물의 무게는 약 1037*톤이다. 4층 높이 (기초에서 17.5m)에서 이 건물을 기울게 할 수 있는 힘을 역학적으로 계산하면

폭발력×폭발작용높이≥건물무게

의 공식이 성립함으로

$$\begin{aligned} \text{폭발력 } P &= \frac{\text{건물무게}}{\text{폭발작용높이}} \\ &= \frac{1,037\text{톤}}{17.5\text{m}} \\ &= 59.26\text{톤} \end{aligned}$$



즉 59.26톤 이상의 압력(힘)이 필요하다.

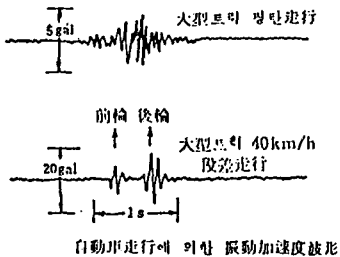
별론 단면적이 $(1.5^2 \times \pi) = 1.5^2 \times 3.14 = 7.07\text{m}^2$

그러므로 $P = 7.07\text{m}^2 \times 200\text{kg/m}^2 = 1.41\text{톤} < 59.26\text{톤}$ 기울어짐은 불가 따라서 이 폭발로 인하여 거대한 건물을 이 수소기구(氣球)로 기울게 한다는 것은 있을 수 없다.

따라서 계단 부분에서 상하로 전달되는 압력은 2번 굴절되었으므로 건물과피의 능력을 갖지 못한다.

누수는 폭발 압력보다 반복진동으로 인한 방수층 봉수(封水)막의 파손이 원인이 될 수 있으므로 이 건물 전면 도로(20m 폭, 4차선)에 빈번히 통행하는 중량차의 반복, 장기 진동이 원인으로 볼 수 있다.

대형 트럭의 진동량은 5gal임으로 수소기구 폭발 압력 0.02kg/cm²보다 훨씬 크다는 것에 유념할 필요가 있다.



自動車走行에 의한 振動加速度波形

* $228\text{m}^2 \times 7\text{상관} \times 0.65\text{톤/m}^2 = 1037\text{톤}$

자료 : 지반 진동 이론과 실제 [천병식의 1인 공저, 건설연구사 (1987)]

③ 기타의 각종 피해

②항의 폭발풍의 확산 경로인 폭발풍 유입 창문에서 양방향 복도와 계단에 면한 창문, 커튼, 나무문짝, 전등, 벽지등은 이 사고로 손상을 입을 수 있는 가능한계 범위가 되고 4층을 제외한 5, 3층 부에서는 계단에 연한 창문 유리를 제외한 어떠한 부분도 피해를 입을 수 없다.

그 증거로는

㉠ 계산상 폭발 압력(peak시 1m 거리)이 0.02kg/cm²인점

㉡ 애드벌룬 취급작업원(1명은 완전히 무사)이 고막, 눈, 피부의 손상이 전혀 없었다는 점.

㉢ 창문으로 유입된 폭풍압은 복도에 연하여 2번씩 굴절되었고 거리의 자승에 비례하여 약화되었다는 점.

㉣ 길건너 건물등의 유리창등에 손상을 입었다는 신고가 전혀 없었다는 점 등을 들 수 있다.

④ 시설등의 노후화등 건물 자체의 특성으로 인해 피해가 증대되었는지의 여부 및 증대 되었을 때의 기여도

이 건물의 경년은 폭발 당시 6년 10개월(84. 10. 2. 준공)이나 내부 카펫, 벽지, 천정, 배관등은 건물 수명 종명시까지 평균 3~5년 단위로 수시 교체하는 것이 일반적이다.(자동차 부속품 같이)

따라서 상기 각 부분의 노후화된 재료의 손상은 정도의 차이는 있으나 피해가 증대 되었다고 하는 것보다 엄밀히 말해서 노후화 정도 만큼 피해액이 감소된다고 할 수 있다.

⑤ 하자 보수공사비 산정시 시설 노후화에 따른 감가상각비 또는 보수로 인한 가치 증대 부분이 공제 된다면 그 내용은 어떠한지

신품 재료로 보수 한다면 건물의 가치는 그만큼 증대 되는 것은 사실이나 피해자가 원치 않는 부분의 부득이한 가치 증대임으로 증대 부분의 공제 방법은 곤란하다고 보여짐.

그러나 이 사건은 애드벌룬의 설치 및 부주의

한 관리로 위험한 고압선상에 애드벌룬을 낙하시키게한 원인 제공자가 건물 피해자 쪽에 있으므로 이에 대한 원초적 책임은 물어야 한다고 판단됨.

⑥ 보수가 불가능한 부분의 경제적 가치의 감소치의 산정 방법이나 그 기준을 삼을 수 있는 근거는

본 폭발의 압력은 계산상 0.02kg/cm²이고, 사건 당시의 작업원의 신체적 손상 정도, 과학적으로 판단한 사실피해 범위등을 종합하면 보수가 불가능할 정도의 피해는 없다.

⑦ 건물 피해액 계산
건물 피해 부위를 폭발 압력의 전달 경로를 추적하여 산정한 피해액은 아래와 같다.

피 해 액 계 산

층별	명 칭	규 격	단위	수 량	단 가	금 액
4층	창호 1.45×1.45m	내부목조 외부샷슈 유리 3mm	개소	5	233,305	1,166,530
	커튼	1.5×2.0m	개소	5	56,400	282,000
	현관출입문	여관 정문	장	2	500,000	1,000,000
	출입문(방)	후랫슈문 0.9×2.0m	개소	3	225,308	675,924
	전등		개소	약 5	10,000	50,000
	비닐벽지		m ²	100	3,743	374,300
	카펫	일부보상 시가의 1/2	m ²	33	5,464	180,312
5층	창호 1.45×1.45	내부목조 외부샷슈 유리 3mm	개소	5	233,306	1,166,530
3층	창호 1.45×1.45	내부목조 외부샷슈 유리 3mm	개소	2	233,306	466,612
	기타		식	1		1,000,000
	공과잡비		식	1		2,537,792
	합계	상기금액의 40%				8,900,000

(주) ① 단가에는 기존 철거, 신설재료, 노임, 운반비를 포함한 일괄 금액임.
② 1994년 5월 기준 월간물가정보 가격에 의함.

4. 맺는말

첫째, 애드벌룬이 폭발시 폭발압은 0.02kgf/cm²으로 유리창에 금이 가는 정도로서 약 1037톤의 건물 무게가 기울어짐은不可能的 일이다.

둘째, 사고당시 1990년 11월 10일 현재 건물 피해액 계산 1994년 6월 24일자 이매 제출한 감정 보고서 내역중 건물 피해액 계산은 1994년 5

월 기준 월간 물가 정보 가격에 의한 것임으로
물가지수 1990년 100
1994년 128.4
₩8,900,000 ÷ 1,284 = ₩6,900,000
즉, 1990년 11월 기준 건물 피해액은 ₩6,900,000입니다.