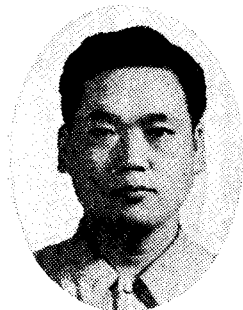


〈論 文〉



釜山直轄市 乘鶴山 單一岩塊 沙汰事故의 環境地質學的 考察

(Geological Discussion of Monolithic Rock Slide
on the Slope of Mt. Seunghag, Dangridong, Busan)

釜山大學校 師範大學副教授

金 恒 默*

〈Abstract〉

A rock slide in amount of 100 tons in weight happened at 7:10 a.m., 4th October 1982, on the southwestern ridge of Mt. Seunghag, Busan City. The original rock mass of the rock slide is located 850m west from the Dangri Crushed Stone Quarry. The geology of the area consists of agglomerate, andesite, andesitic tuff, and shale hornfels of the Cretaceous Yucheon Group. The rock blocks were first shifted along the steep joint plane on an andesite outcrop at the site and then to the eastern foot of the mountain slope where some private houses are placed. The mountain slope is covered with thick superficial soil.

A slided monolithic-block with 83 tons in weight from the rock slide met with an accident of striking against a house with a tremendous force, to which much damage was done as much as its half was destroyed. The rock-slided block pierced the board-floored room only posited at the center and by the bedroom of the house making a pass like a bullet hole, and hence cut a big pine tree with 24 centimeters in diameter at a distance of 26 meters down the house. However nobody was killed or injured in the stricken house, though seven family members were stayed therein at the very time of accident. They really met a rare opportunity in an unhappy disaster.

Measurements of the rock slide were made in the course of the field survey. The monolithic mass was transported by way of saltation, rolling, and sliding to a distance of 300 meters down along the slope dipping 30° east. It took about 16 seconds from the outcrop to the terminal. The acceleration value of the monolithic rock slide is 2.35m/sec². The velocity, the kinematic energy, and the force of the rock slide at the time of striking against the house are approximately 37.6 m/sec, 5,980,980 joule, and 19,936.6 newton, respectively.

* 産業應用技術士(應用地質). 理學博士

The author suggested to build a dike to capture the rock falls, an afforestation around the dike, and the cement filling along the joint openings with the big separations to cope with the accident of rock slide expected. The Busan Municipal Office chose the counter-plan accepting my suggestion by making a dike on the slope 80 meters uphill from the residential district and 220 meters downhill from the original site of rock slide.

A phenomenon of an ascending warm steam from the earth in the early morning of cold winter has been detected many times by many mountain-climbers and the residents just below the height that a signal-fire was lighted in the historical past on the peak of Mt. Hwangryeong in the center of Busan City. The phenomenon is revealed by the formation of steam on the surface when the moist air in room temperature, ascending from the underground openings of big joint-separations, contacts the cold open air in the early morning during winter. We have given it the name of "the opening of warm air" of Mt. Hwangryeong. It will not be a criterion of the hot spring.

An icebound phenomenon on the surface in summer heat has been well known from the past to the people in Korea. It locates in the north mid-valley of Mt. Cheonhwang, Milyang County. We have called it "the icebound valley of Milyang" (Natural Monument, No. 224). The phenomenon is revealed by the formation of ice on the superficial openings when the cold moistened air, ascending from many underground openings in the talus deposit, contacts the hot open air in the hottest period of summer. It is of the meteorological sublimation. On the other hand, the icebound phenomenon has been changed into the phenomenon of the cave of warm air in the cold winter as seen in the cave of warm air of Mt. Hwangryeong.

The icebound phenomenon in the summer is caused by the geological and the meteorological conditions. The geological conditions involve the cooling of the moist air caused by the passing of groundwater through the various kinds of basement rocks in short course under the talus deposit, by the north shade of high mountain, by the topographic disposition, and by some kinds of the possible freezing natural-gas emitted from the basement rocks and CO₂ gas from vegetation in the valley. The meteorological conditions involve the cooling-down of the moist air caused by the sublimation from the moistened air to the ice in the zone between the open air and the openings of talus deposit, by the non-adiabatic lapse as the hot open air influxes in the talus deposit, and by the adiabatic lapse as the cold moistened air from the talus openings emits in the open air.

1. 머릿말

1982년 10월 4일 07:10경 부산직할시 沙下區 堂里洞 뒷산 乘鶴山の 남서쪽 해발 300m 지점 (山洋砂利 주식회사 堂里石山으로 부터 서쪽

850m에 위치)의 능선으로부터 약 100톤량의 安山岩 암괴들이 기슭에 있는 당리동의 민가쪽으로 암석사태를 일으켜 그 중 단일암괴로서 부피 약 29m³ 무게 약 83톤급의 전석이 7명의 가족이 생활하고 있는 가옥 한 채를 반파시킨 사고가 일어났다. 7명의 가족은 天佑神助로 人

命被害가 없는 奇蹟의 사고를 경험한 것이다. 이 사고에 대하여 본 조사자는 부산직할시 시장님과 당시 사하 출장소 소장님으로부터 사고의 원인 규명과 사고 대책에 대한 諮問을 要請받고 현지답사하여 조사한 결과와 이에 따라 판단되는 대책을 本誌를 통하여 考察해 돕으로써 장차의 이에 준하는 사고 해결에 도움이 되었으면 한다.

부산직할시는 산간지역의 해안에 위치하므로 都市環境은 山地와 溪谷 그리고 海岸地帶로 표현할 수 있고 雨期나 해빙기 및 폭풍우가 있을 때는 사태의 위험성이 전국 도시들중 가장 높은 산업도시로서 해마다 사태사고가 일어남은 다른 도시에 비하여 市政에 크게 유의하여야 할 사항의 하나이다. 부산지역이 이처럼 沙汰事故에 敏感한 理由는 이 지역이 백악기 말에 분출한 火山地帶로서 火山岩内部에는 곳에 따라 火山噴出과 관계있는 節理가 지하 深部까지 延長되어 있어 부스러지기 쉽고 土壤의 成分이 또한 미끌어지기 쉬운 性質을 갖고있기 때문이다. 비록 기반암은 안산암이나 “혼펠스”로 되어 있더라도 피복한 토양은 기반암과의 경계부에서 사태를 일으키는 것이다.

부산시내의 사태의 위험성은 과거에도 여러번 필자는 지적한 바 있고 사실 부산시 당국은 다른 도시에서 신경쓰지 않는 이러한 사태예방에 대한 행정적 배려는 필수적인 것임을 확실히 파악하여 도시개발추진에 차질이 없어야 함을 강조하고 싶다. 1982년 8월과 1983년 9월에 각각 부산직할시에 제출하고 본 기술사회지에 掲載한 “부산직할시 山洋砂利 堂里石山の 採石公害 및 碎石骨材評價研究”에서 筆者는 다음과 같이 主張한 바 있다. “본 채석장 북쪽 山頂인 乘鶴山을 비롯한 주위의 山頂部에는 節理가 심히 발달한 岩石露頭가 혼재하므로 이들은 발파진동時 岩石沙汰가 일어나지 않도록 세심한 주의를 기울여 예방조사를 할 필요가 있다.” (기술사회지 16권 3호 p. 48, 1983). 이와 같은 필자의 주장이 있고 약 2개월 후인 1982년 10월 4일 이를 증명이라도 하는듯이 본 논문에서 취급하는 單一岩塊沙汰事故가 일어난 것이다. 筆者의 技術的 主張의 中한 實例가 되고 말았다.

본 조사에 협조하여 주신 崔 鍾鎬 市長님, 사

하구 구청장님, 관계직원 및 주민 여러분에게 감사함을 드린다. 특히 原稿를 고찰해 준 부산대학교 工科大學 土木工學科 趙顯榮博士에게 謝意를 표하는 바이다. 부산대학교 지질학과 權明尾 碩士를 비롯한 金春植碩士, 최재우석사는 지질답사에 수행하고 연구에 헌신을 하여 수고가 컸다.

2. 사태사고의 현장기재

乘鶴山 남서쪽 능선의 岩石露頭로부터 무게 약 100톤의 安山岩 암괴들이 약 30°SE경사의 산사면을 따라 정남방향으로 약 300m 굴러 떨어졌으므로 이 전석이 굴러 내린 산사면의 통로는 멀리서 보아 작은 계곡처럼 보일 정도로 수풀을 전혀 현저히 열려있고 파여있다. 사태전석들은 장애되는 모든 수목들을 쓰러뜨리거나 잘라버렸고 또는 뿌리채 뽑아버렸다. 즉 이 사면은 수 m 미만 두께의 토양과 암편으로 된 表土로 덮여있어 이 육중한 전석에 쉽게 파여질 수 있고 이 사면을 덮고 있는 관목이나 허넝쿨들은 본 전석들이 급속도로 미끌어 풀러 떨어질 때 뿌리채 뽑혀 버림으로서 마치 불도저가 산복 경사로를 만들듯이 폭 3m 정도의 확트인 직선상의 통로가 만들어진 것이다.

100 톤량의 암괴사태에서 약 91 톤급의 전석은 피해가옥으로부터 약 50m 상방에서 기존 암괴에 부딪쳐 3개의 전석으로 분리되고 그 중 가장 큰 것은 29m³ 부피의 약 83톤의 무게를 갖는 것으로 가장 멀리까지 굴러 내려 갔으며 나머지 2개는 약 1.6m³와 1.4m³ 정도의 크기로 그 무게는 각각 약 4.6톤 및 약 4.0톤으로서 가장 큰 전석보다 약 60m 상방에서 멈춰있다.

부피 약 29m³ 무게 약 83톤급의 대형 전석은 마치 총알이 유리창을 통과하여 구멍을 내듯이 민가 가옥 건물을 빠른 속도로 차고나가서 가옥의 통과한 부분만을 파괴시키고 26m 하방에서 소나무와 충돌하여 직경 약 24cm의 소나무 한 그루를 도끼로 찢듯 잘라버리고 그 자리에 멈춰 버렸다. 피해가옥은 單層의 목조건물로서 그 동반부(마루)가 파괴되고 동단부(창고: 제 I 도판 사진 1, 2, E)와 서반부(침실과 부엌: 제 I 도판 사진 1, 2, W)는 그대로 남아 있고 남아있는 가옥

건물에 달린 유리창은 사진에서 알 수 있듯이 파손되지 않고 그대로 있을 정도로 이 대형 전석은 가공할 속도로 이 가옥을 통과하여 버렸던 것이다. 본 전석이 통과한 부분은 가옥을 칼로 도려내듯 깨끗하게 잘라냈으며 사고 당시 마칩 이 가옥의 동반부의 마루에는 한사람도 없었으므로 인명피해는 없었으며 서반부의 침실과 부엌에는 가족들이 식사준비 및 실내생활중이었으나 인체손상을 전혀 받지 않았다. 본 사고로 인명피해가 없었던 것은 첫째로 가옥의 동반부에는 하늘이 도운듯이 한 사람도 머물러 있지 않았으며, 둘째로 파괴상태에서 알 수 있는 바와 같이 전석이 마치 총알이 나르듯 초고속으로 가옥을 통과함으로써 가옥의 다른 부분이 거의 허물어지지 않았기 때문이다.

위에서 설명한 바와 같이 본 대형전석은 산사면을 구르거나(Rolling) 혹은 미끌어지거나(Sliding) 혹은 跳躍(Saltation)을 하면서 약 300m를 통과하면서 본 피해가옥중 사람이 머물지 않은 마루부분을 강타하여 덮친 이 가공할 사실은 확실히 奇蹟의 사실로 간주하지 않을 수 없다. 본 대형전석으로부터 파괴되어 생긴 것으로 보이는 약 4.6톤과 약 4.0톤급의 두 전석중 전자는 가옥피해자가 지은 길이 18m의 單層으로된 가축축사 2.07m 전방에서 덩침으로서 축사내 가축들에게 피해를 전혀 입히지 않았고 후자는 가축사료 창고벽에 부딪쳐 벽을 일부파괴(제 I도판 사진 4)시켰다. 이 양 전석은 축사위의 11.2m 너비의 토양으로 된 발을 만나면서 속도를 급격히 줄이고 미쳐 축사를 강타할 회전력을 잃고 멈추게 된 것이다. 이처럼 위험한 암석사태가 일어났으나 피해가옥으로 부터의 인명피해나 축사로부터의 가축피해가 일어나지 않았으므로 이를 두고 기적의 암석사태라 부르는 것이다. 축사안에 있던 犬公은 크게 놀라 바깥으로 뛰쳐나왔다고 한다.

사고당시 인근의 목격자들에 의하면 산능선 꼭대기의 노두 하위부(제 I도판 사진 1,0)에서 바위가 굴러지더니 눈깜짝할 사이에 산기슭까지 도착하더라는 것이며 바위의 구르는 소리는 뇌성을 방불할 정도였으며 지반은 큰 지진이 일어나듯 흔들리더라는 것이다. 사고의 목격자들은

모두가 하루종일 험기증과 두통을 면치 못했다고 하였으며 필자의 조사 순간까지 주민들은 초조와 공포감으로부터 해방되지 못한 상태였다.

3. 사고의 원인

본 사고는 지구중력을 설명해주는 하나의 암석사태(Rock Slide)의 현상으로 판명되었다. 인공현상이 아니라 자연현상임은 물론이다. 이번 사고지점 남측 民家들 뒤편 山麓에는 옛부터 암석사태로 굴러내린 바위가 돌서령을 만들 정도로 쌓여 있고 암석사태로 굴러내린 80톤급 바위도 여기저기 눈에 띈다. 堂里石山 採石場의 岩石發破로 생긴 지반진동이 이번 암석사태에 얼마만큼의 영향을 주었는지는 본 연구에서 시험되지 않았다. 다만 이번 사고가 일어날 그 시간에는 채석장의 화약발파는 없었다고 한다. 본 암석사태의 원인을 설명하면 다음과 같다. 본 암석사태는 제 I도에서 보는 바와 같이 문제의 암괴 A는 암석각에 달하는 40°의 경사를 갖는 사면위에 놓여 있었으므로 이 사면을 따라 滑動한 것이다. 암괴 A가 작용하려는 두 힘을 생각할 때 사면을 따라 미끌어지려는 힘(a)은 약 53,120 뉴턴이고 사면에 작용하는 법선힘(b)은 약 63,910 뉴턴이나 1) 암괴 A가 과거에 지진이나 기타원인(인근 당리 석산 채석장의 발파 포함)의 충격을 받았고 또 流層面이나 이에 약간 평행한 방향으로 풍화작용을 받았으며 2) CC' 암석사면(EW, 45°S)과 A 암괴 사이의 滑動面을 따라 추석때에 내린 빗물이 소량침투하여 윤활제 역할을 함으로써 마찰력을 줄였으며 3) C' 사면이 凹凸을 보이지 않아 마찰력이 작은 것이었으므로 암괴는 미끌어지면서 D의 위치로 도약 낙하하고 DG의 약 30° 산사면을 따라 跳躍(Saltation), 回轉(Rolling) 및 미끄러지는(滑動: Sliding) 운동을 하게 된 것이다. 4) 본 암괴가 최초에 움직일 당시 높이 약 20m의 절벽을 도약할 수 있는 상태였고 100톤급의 큰 바위였으므로 정지할 수 없이 D에서 F 및 G로 하강할수록 암괴는 가속도를 증가시켜 이동속도는 급속하게 된 것이다. 즉, 암괴의 미끌어지려는 힘이 암괴를 제자리에 지탱하려는 항력과 마

활력을 증가함으로써 암괴를 산기슭까지 끌어내려 가공할 만한 위력을 발휘한 것이다.

4. 암괴사태의 규모와 威力評價

가옥을 반파시킨 낙석암괴의 부피는 29 루베, 안산암의 비중이 2.85 이므로 무게는 약 83t 이다.

$$(29\text{m}^3 \times 2.85 = 83\text{t})$$

암석사태가 일어난 지점의 총 사태량은 약 100t 이었으나, 가옥에 충돌한 단일 암괴의 무게는 83t 이므로 편의상 사태 당시의 岩塊重量을 83t 으로하여 계산코져 한다. 이 낙석은 경사(θ)가 약 30°인 산사면을 따라 굴러서 하방 약 300m 거리(l)에서 單層가옥과 충돌을 일으켰다. 산사면은 수 m 두께의 토양으로 피복되어 있고 수풀이 무성하였다. 그리하여 피복토양과 굴러내린 낙석사이의 동마찰계수(μ)를 0.3 으로 하였다. 민가에 피해를 준 83톤 무게의 사고낙석의 사태시간(t), 속도(v) 및 그 위력(운동에너지 E_k , 힘 F)을 계산하면 다음과 같다.

$$\text{힘}(F) = m\ddot{x}$$

$$m\ddot{x} = a - \mu b$$

a : X 方向의 重力

b : 法線力(Normal force)

\ddot{x} : 加速度

$$m\ddot{x} = mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta \dots\dots\dots(1)$$

식 (1)을 적분하면

$$\int_0^v m\ddot{x}dt = mv \text{ 이므로}$$

$$mv = mg(\sin\theta - \mu\cos\theta)t + C_1 \dots\dots\dots(2)$$

$t=0$ 정지상태이면, $v=0$, 적분상수 $C_1=0$

식 (2)를 적분하면

$$\text{즉 } \int_0^v \int_0^x m\ddot{x}dt = \int_0^v \int_0^x (mg\sin\theta - \mu\cos\theta)$$

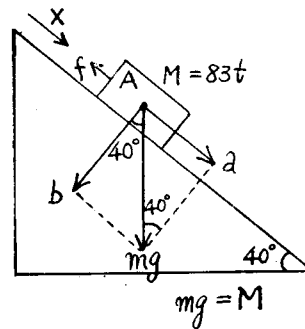
$$\int_0^v mvdv = \int_0^v mg(\sin\theta - \mu\cos\theta)t + C_1$$

$$\int_0^l mvdv = ml \text{ 이므로}$$

$$ml = mg(\sin\theta - \mu\cos\theta)t^2/2 \dots\dots\dots(3)$$

$$l = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)t^2/2$$

M : 重量



$$\begin{aligned} a &= mg\sin 40^\circ = M \times \sin 40^\circ \\ &= 83,000\text{kg} \times 0.64 = 53,120(\text{newton}) \\ b &= mg\cos 40^\circ = M \times \cos 40^\circ \\ &= 83,000\text{kg} \times 0.77 = 63,910(\text{newton}) \\ f &= \mu mg\cos 40^\circ \\ &= 0.3 \times 63,910 = 19,173(\text{newton}) \end{aligned}$$

Figure. A rock-mass sliding down an inclined plane.

마찰계수(μ)를 0.3 으로 하면

$$\begin{aligned} \therefore t &= \sqrt{\frac{2l}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 300\text{m}}{9.8(\sin 30^\circ - 0.3\cos 30^\circ)}} \\ &= \sqrt{\frac{600}{9.8(0.5 - 0.2598)}} = 15.96(\text{sec}) \end{aligned}$$

자유낙하의 경우 수직거리(S)

$$S = v_0t + \frac{1}{2}gt^2 = 150\text{m}$$

$$v_0t = 0 \text{ 이므로 } t^2 = 150 \times 2 / 9.8 = 30.6$$

$\therefore t = 5.5$ 초이다.

즉 사태전석이 산사면을 굴러 가옥에 도착한 시간은 약 16 초로서 공기중에서 수직으로 떨어진 경우보다 약 3 배의 시간이 소요되었다.

식 (2)로부터

$$\begin{aligned} v &= g(\sin\theta - \mu\cos\theta)t \\ &= g(\sin\theta - \mu\cos\theta) \cdot \sqrt{\frac{2l}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}} \\ &= 9.8(\sin 30^\circ - 0.3 \times \cos 30^\circ) \times \\ &\quad \sqrt{\frac{600}{9.8(\sin 30^\circ - 0.3\cos 30^\circ)}} \\ &= 2.3596 \times 15.9653 = 37.6(\text{m/sec}) \end{aligned}$$

자유낙하의 경우 $v = v_0 + gt$, $v_0 = 0$ 이므로

$$v = gt = 9.8 \times 15.96 = 156.4(\text{m/sec})$$

고로 산사면을 굴러내린 낙석의 최종 속도는 37.6(m/sec)로써, 자유낙하시 최종 속도의 약

1/4에 해당함을 알 수 있다.

$$\text{운동 Energy}(E_k) = \frac{1}{2}mv^2, \text{ 質量}(m) = \frac{M}{g} \text{ 이}$$

므로

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{mv^2}{2} \\ &= \frac{M}{g} \cdot g^2(\sin\theta - \mu\cos\theta)^2 \cdot \frac{2l}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)} \\ &= M(\sin\theta - \mu\cos\theta) \cdot l \\ &= 83,000 \cdot (\sin 30^\circ - 0.3 \times \cos 30^\circ) \cdot 300 \\ &= 5,980,980 \text{ Joule} \end{aligned}$$

위와 같이, 운동에너지가 5,980,980(Joule)이므로, 사고낙석이 民屋구조물을 강타할때에 작용한 에너지는 약 5,981톤의 전석을 1m 이동하는데 필요한 크기의 에너지로 계산된다.

식 (1)에서

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= g(\sin\theta - \mu\cos\theta) \\ \ddot{x} &= 9.8(\sin 30^\circ - 0.3 \times \cos 30^\circ) \\ &= 2.35396(\text{m/sec}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore F &= m\ddot{x} = 83,000 \times 2.35396/9.8 \\ &= 19,936.6(\text{newton}) \end{aligned}$$

따라서, 사태낙석이 家屋를 强打할때의 힘은 19,936.6 newton 이다.

사태낙석의 힘의 크기를 비교하기 위하여 자유낙하시의 힘을 계산해 두면 아래와 같다.

$$\ddot{x} = g\sin 30^\circ = 9.8 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 6.93(\text{m/sec}^2)$$

$$F = m\ddot{x} = \frac{83,000}{9.8} \times 6.93 = 56,560(\text{newton})$$

따라서, 산사면을 굴러내린 낙석은 자유낙하시의 힘의 1/2.8 정도의 효과로 작용한 것으로 추정할 수 있다.

5. 釜山地方의 環境地質學

5-1. 일반지질

첨부된 지질도에 도시된 바와같이 본 사고지역의 지질은 백악기 경상계 유천층군의 화산암류와 “세일 혼헬스”로 구성된다. 승학산 남서쪽 능선 끝부분 직경 50m 정도의 구역에는 집괴암, 그외는 안산암 용암류 및 안산암질 응회암이 분포되어 있다. 집괴암은 직경 1m 미만

정도의 화산암괴를 다량 함유한 것으로 이 지점이 용암을 공급한 火道 내지 분화구였음을 시사하고 있다. 안산암 용암류는 이 분화구로부터 유출된 용암류로, 그리고 안산암질 화산각력質 응회암은 이 분화구로부터 분출된 화산분출물로 유추된다. 流層面을 따라 변후안산암화작용(Propylitization)으로 생긴 녹니석 및 녹염석 변성광물이 다량 발달한다. 이들 화산암류는 成層岩으로서 流層面을 잘 보여주며 流層面의 주향은 N18°E 경사는 23°SE로서 암괴적하의 사면 CC'에 아평행한 상태에 있다. 즉 이 층리면에 아평행한 절리를 따라 암석사태가 발생한 것이다.

堂里石山の 2工區 現場에는 安山岩質 “혼헬스”가 검사되는데 이들은 層理가 몹시 模糊하게 확인된다. 따라서 安山岩과 “혼헬스”의 예리한 경계를 찾을 수 없다. 이러한 양상은 부산 및 경상남도(부산·거제 등) 일대의 유천층군에서 흔히 관찰되는데 이것은 未固結상태의 퇴적물중에 安山岩의 熔岩流나 貫入岩의 열수용액이 쉽게 침투하여 同化시킨데 그 원인이 있는 것으로 생각된다. 1공구와 2공구사이 채석장 사무실 앞에는 10~40cm 脈幅의 석영맥으로 된 유화광맥(N82°W, 수직)이 관찰되고 소규모 석영반암암맥이 발달하는데 이것은 직경 5cm의 捕獲岩을 함유한다.

堂里石山の 採石母岩은 安山岩, 安山角礫岩, 安山岩質角礫凝灰岩, 凝灰質의 含角礫砂岩 및 泥質岩源 “혼헬스”이다. 堂里洞과 山洋砂利 堂里石山の 中間地點에는 砂岩과 泥岩의 互層이 발달하는데 사암은 角礫을 含有하고 兩者는 凝灰質이며 지층의 走向과 경사는 각각 N30°W, 6°NE이다. 본 互層의 “혼헬스” 중에는 composite “셋트”를 이루는 2“셋트”의 斜交層理가 발달되어 있고 水流의 方向은 양자가 310°이며 “셋트”두께는 양자가 8cm이다. 또 하나의 斜交層理가 응회질 中粒砂岩중에서 표본채취되었는데 “셋트”두께는 15cm 流向은 130°였다. 이곳에서 혼헬스와 안산암의 구분의 증거는 사층리가 된다.

본 능선 남단부의 분화구로 추정되는 지점에서 약 80m 북쪽에는 산사면 표토위 높이가 약 60m에 달하는 암석노두가 위치하며 이 노두의 최하단부에서 이번 암석사태가 일어난 것이다. 이

불안한 암석노두로부터 조사한 자료를 바탕으로 앞으로 암석사태의 발생가능성 여부를 지적하면 아래와 같다.

5-2. 지적된 문제점들

1) 압괴 A의 잔여부 압괴(사태구역)

CC' 사면위에 아직 남아있는 불안한 압괴는 약 5루베부피의 약 14톤의 무게를 갖는 원위치의 岩塊(in situ rock mass)이다(제 1도 IA). IA는 앞으로 풍화작용이 진전됨에 따라 CC' 면을 따라 D의 위치로 낙하할 것이나 규모로 보아 민가에까지 피해를 줄 수 있는 압괴는 아니다.

2) D의 위치 바로옆에 놓여있는 약 45톤급 바위

본 압괴는 암석사면위에 놓인것이 아니고 암설과 토양으로 이루어지는 사면표토위에 있으므로 당장의 위험성은 없으나 앞으로 주의하여 관찰할 필요가 있다. 시간이 경과함에 따라 안전도(Fs)가 감소될 것으로 보인다.

3) 압괴 IA로부터 북쪽 10m 지점의 위험압괴

본 압괴는 부피 $3.3 \times 2.1 \times 3.0 = 20.8(m^3)$, 무게 $20.8 \times 2.85 = 59.28(톤)$ 에 달하고 N47°E, 40°SE의 암석사면상에 놓여 있으므로 가장 위험한 압괴로 지적되었다. 왜냐하면 암석사면의 경사가 40°이므로 이는 안식각을 육박한 것으로, 사고를 일으킨 압괴 A의 동일한 상태에 놓여있기 때문이다. 이 지점 安山岩流의 成層面은 N50°E, 20°SE이다.

4) 압괴 IA로부터 북쪽 60m 지점의 위험압괴

본 압괴는 부피 $3.5 \times 3.5 \times 3.0 = 36.8(m^3)$, 무게 $36.8 \times 2.85 = 104.88(톤)$ 에 달하고 N15°E, 32°SE의 안산암질 응회암의 成層面上 높이 약 10m의 절벽위에 놓여 있으므로 장래 언젠가는 암석사태를 일으킬 운명에 놓인 압괴로 지적되었다. 본 압괴 직하위의 기반암이 이미 일부 파쇄되어 있음이 관찰되었다. 그러나 그 경사방향 약 150m 아래에는 山麓平地가 넓게 발달하므로 별다른 위험성은 없으나 다만 어떤 지반진동이 있을때나 해빙기에는 이 위험한 바위 하방이나 부근에의 통행인들의 접근은 위험할 것으로 판단된다.

港都 부산은 태백산맥 남단부에서 중장년기

(中壯年期)지형을 나타내며 높은 산지와 깊은 골짜기, 화산지대, 용기해안단구 및 천해매립지를 포함한다. 부산은 많은 시설물들이 흡수성이 높고 粘土鑛物중 綠泥石(Chlorite)을 다량 포함한 토양위에 놓여 있으므로 沙汰現象을 쉽게 유발할 수 있는 지질환경을 갖추고 있다. 이 綠泥石 鑛物은 1次的인 것과 2次生成의 것이 包含된다. 본 점토광물은 다른 점토광물에 비하여 粘着性이 낮은 것으로 밝혀져 있다. 부산지방은 지형과 구조물의 盛土, 지질 그리고 지반조성 물질의 성격에 있어 沙汰에 특히 留意할만하다. 1970年代에 부산에서 사태 현상이 일어난 지점을 들면 피정 2동, 釜谷洞 草邑洞, 연산동의 盍山, 양정동의 菊嶺山, 大淵洞, 下端洞의 釜山女高 뒷산, 岩南洞, 荒嶺山 西側 東義大學 운동장 뒤 경사지 등이다. 釜山市內에서 單一岩塊沙汰가 가장 쉽게 관찰되는 곳은 황령산 동측사면(남천동쪽 斜面)으로서 여기에서는 매일 새벽 자그마한 전석들이 산아래로 굴러 떨어지고 있다. 그러나 이곳은 落石(Rock fall)을 일으키는 전석의 크기가 작기 때문에 이번에 일어난 당리동의 암석사태처럼 위험한 것은 아니다. 그러나 이곳의 낙석사고의 원인규명은 황령산 火山 폭발시에 발달한 절리와 단층의 구조선들의 성격에서 고찰되어야 할 것으로 생각된다. 낙석이 일어나고 있는 지점은 황령산 산정의 峯燧台(봉수대)로부터 南西南方 375m 지점, 해발 360m 고지로서 치밀안산암으로 구성되어 있다. 이 지점의 절리들은 간격(Spacing) 15cm, 절리틈(Separation)이 5mm 이상인 Open joints가 혼재하며 Separation이 10cm에 달하는 節理도 측정되었다. 이들 절리는 山稜部에 추정되는 N7°E 60°W의 단층선 연변의 것으로서 火山性의 구조절리로 생각되며 이러한 성격의 절리들은 지하심부까지 연장되고 이곳 岩盤의 脆弱性을 설명해 준다. 낙석현상은 이 峯燧台로부터 다른 인공진동의 효과와는 무관하게 자연적으로 일어나고 있다.

峯燧台(봉수대)가 설치되어 있는 황령산 산정은 두꺼운 토양(두께 10m 이상)으로 피복되어 있는데 이는 慶北 義城郡 塔理의 金城山 火山體 山頂 및 神佛山 山頂과 동일한 양상을 띤다. 金

城山 山頂은 噴火口의 자리임을 밝힌바 있다(筆者). 荒嶺山 산정의 東側사면에 발달한 崖錐퇴적물로부터 필자는 직경 12cm의 안산암 火山彈을 발견한바 있고 본 산정 西南方 937m 지점에는 수직절리(N20°E, 86E)를 보여주는 推定火山岩頸의 노두가 위치한다. 上述된 몇가지 지질자료는 황령산 峯燧台의 산정이 화산활동시 분화구였음을 示唆해준다.

5-3. 황령산(釜山市立公園)의 溫風穴현상

황령산정의 峯燧台로부터 남동방 25m 下位 南川洞쪽 산사면의 해발 380m 지점에는 溫風穴이 발달한다. 溫風穴이란 아무리 한겨울 추운 아침일지라도 지하로부터 온난 증기가 발산되는 곳으로서 강설량이 아무리 많더라도 이곳만은 눈이 녹아버리며 한편 여름엔 찬공기가 올라오는 곳이다. 風穴은 여름에 시원한 공기가 나오는 것을 강조한 용어라면 溫風穴은 風穴과 같은 지점에서 발생하나 겨울에 온난공기가 발산되는 것을 강조한 명칭이다.

筆者는 1981年 1月 23日, 1月 27日, 2月 8日, 그리고 수차례에 걸쳐 荒嶺山 溫風穴의 원인을 규명하고자 現地를 답사하였다. 답사중 1月 27日에는 KBS TV 방송국이 차량을 제공해준데 대하여 감사할 드리는 바이다. (1981.1.27 밤 KBS TV 뉴스프로 放映) 본 溫風穴은 예로부터 인근 주민들에게는 神秘의 전설로 알려져 있고 최근에는 溫泉의 徵候라하여 世人 특히 山主(대연동 정주호氏)의 주목을 끌어온 터이다. 이 溫風穴은 과거 한 때 주민들에 의해 깊이 1.5m로 試掘(Trench)된 채로 오늘날까지 폐기되어 오고있다. 溫風穴의 절리를 따라 소량발달한 토양에는 이날 조사당시 생달나무와 대망초(부산대 약대 梁漢錫 博士 감정), 뱀고사리이끼류, 곰팡이 및 바위웃이 마치 봄철과 같은 상태로 무리없이 生長하고 있었다. 대망초 잎은 조사당시 길이가 8cm였으나 여름에는 그 길이가 오히려 반감되어 4cm 정도였다. 즉 겨울철에 산꼭지에서 더 잘 생육할 수 있었다. 이곳의 뱀고사리의 높이는 18cm였다. 본 溫風穴에서 南東方 40m 지점의 들서렁속에서는 뱀고사리의 草本性 식물이 높이 80cm까지 완전히 자란것을 이날

채집하기도 하였다. 이러한 現象은 세계적으로 不可思議(Mystery)로 人口에 膾炙되고 있는 저명한 北極海의 외딴섬 산니코프섬에 草原과 湖水가 있어 (1947.2.11. 미국의 버어드氏 探險) 樹木과 花草가 자라는 현상이나 아이슬란드섬에서 熱帶性 작물인 도마도가 栽培되고 있는 현상과 類似現象이라 할 수 있다. 추위(영하 60도F)와 죽음의 세계 북극해에 등실 뜬 幻想의 섬 南國의 이 초록빛 樂園은 最近에 와서 地質學者들에 의하여 이것은 地板境界部에서의 地熱上昇에 그 原因이 있는 것으로 解明케 되었고 그 妥當性을 懷疑할 수 없게 되었다. 이 世上에는 많은 不可思議가 있으나 이들은 科學에 의해 그들의 神秘의 가면이 벗겨질 운명에 있는 것이며 미해결로 남은 不可思議의 진실을 파헤치기 위하여 科學은 不斷히 探究하여야 할 것이다. 偶然의 불가사의는 존재할 수 없는 것이며 알고보면 그들은 科學現象 이상이랄게 없다.

荒嶺山 溫風穴의 神秘를 파헤치기 위하여 우선 1차적으로 氣象觀測을 실시하였다. 당시 기상관측된 자료는 제 1표와 같다.

제 1 표 荒嶺山 溫風穴의 氣象觀測

	1982년 1월 27일 15:00 측정		1982년 2월 8일 13:30 측정	
	風穴內	風穴바깥	風穴內	風穴바깥
기온	13~15°C	-2°C	14.5°C	6°C
습도	95%	95%	100%	43%
수분	토양이 젖어 있음	토양이 젖어 있으나 얼지 않았음	토양이 젖어 있음	토양은 얼지 않았음

이 資料에서 알 수 있는 바와 같이 荒嶺山 溫風穴內의 온도는 15°C 미만으로서 이것은 地下의 밀폐된 空間의 기온과 일치한다. 한편 여름철에는 온난증기가 발산하는 일이 없다. 前述한 바와 같이 荒嶺山 山頂은 噴火口 일대에 흔히 발달하는 절리틈(Separation)이 큰 절리틈이 발달하므로 이들 절리틈이 地下에서 큰 空所를 만들고 있음이 이번 조사에서 확인되었다. 즉 火山地帶의 틈이 넓은 절리틈이 地下 깊은데까지 연장됨으로서 황령산 봉수대 지하에 밀폐된 空所를 크

게 만듦으로서 절리들을 따라 스며든 습기가 습윤한 공기를 形成하고 이 습윤한 공기가 겨울철에 차거운 바깥 大氣를 만나면 눈에 보이는 증기현상이 일어나게 된다. 이 증기현상이 과거에 이곳 주민들에게는 溫泉現象으로 오인되어 온 것이다. 뱀고사리가 자라는 곳은 溫風穴이 돌서령위에 形成된 곳이다. 황령산의 溫風穴이 한 겨울에 따뜻한 것은 한 겨울에 바깥에 있다가 터널속에 들어가면 따뜻한 것과 원리에 있어서는 다를 바 없을 것으로 보인다. 荒嶺山 溫風穴은 차지하는 면적이 100m² 정도에 달하므로 冬節에 山頂의 溫室植物(Greenhouse plants), 원예(Horticulture) 혹은 관상용 어항양어(魚缸養魚: Fish-breeding in bowl)가 가능할 것이다. 황령산 온풍철에 유사한 현상은 釜山大學校 뒷산 金井山의 南西側(華明洞 北東쪽) 중턱 安山岩중에도 관찰되나 荒嶺山 溫風穴 만큼 현저한 것은 아니라고 한다(釜山大學校 氣象學 專攻 文勝義 敎수, 地質學 전공 金正珍敎수 對談資料).

위에서 설명한 바와 같이 溫風穴은 한 겨울에 습윤하고 온난한 공기가 지표로 나와 한냉한 외기와 접할 때 김안개가 형성되고 그 바닥은 얼지 않을뿐 아니라 내린 눈이 쌓일 겨를도 없이 녹아 버린다. 外氣의 온도가 낮으면 낮을수록 이와 같은 현상은 더 한층 현저해진다.

5-4. 密陽얼음골(天然記念物 224호, 1970. 4. 24. 指定)

얼음골이나 風穴現象이 가장 잘 觀測되는 곳은 우리나라의 密陽얼음골이다. 이 얼음골은 경상남도 밀양군 山內面 南明里 山 95의 1, 2의 天皇山 중턱계곡에 위치한다. 그밖에 경기도 포천군, 충북 丹陽郡, 경북 義城縣 春山面 氷溪書院 강원도 旌善郡, 咸北 明川郡에서도 얼음골 현상이 보고되어 왔다. 權明尾碩士에 의하면 강원도 華川郡 大成山에서도 여름철 얼음골 현상이 이곳저곳에서 多量의 얼음덩이들로 관찰된다고 한다. 얼음골은 돌틈에서 氣流의 이동이 심하고, 여름에는 얼음이 얼고 겨울에는 더운 김이 올라오는 곳이다. 夏季結氷現象인 얼음골은 美國이나 日本등지에는 報告된 것이 별반 없을 정도이며 구라파나 세계적으로도 매우 드물 것으로 생각

되고 혼한 현상은 결코 아니다. 경북 의성군 氷溪書院 얼음골은 백악계 상부 楡川層群으로 이루어진 뱀산(船岩山) 기슭에 위치하여 뱀산 火山이 폭발할때 熔岩으로 분출한 Rhyodacite와 玄武岩의 境界部가까이 돌서령에 위치한다. 이 얼음골에서 과거에는 얼음을 볼 수 있었다. 그러나 專門家의 자문없이 美觀上의 이유로 보다 보기 좋게 손질한 것이 結氷現象을 停止시킨 결과로 초래케 되어 요사이 얼음을 볼 수 없게 되고 결국 바람만 나오는 風穴로 된 것이다. 얼음골이나 風穴은 사실상 同一한 원인의 自然現象으로서 地下에 空洞을 많이 갖는 돌서령이나 절리空洞을 풍부히 발달하는 地質條件下에서 昇華熱冷却(文勝義 1979), 非斷熱冷却(Cooling-down by nonadiabatic lapse)이나 斷熱冷却(Cooling-down by adiabatic lapse)이 良好하게 일어날 수 있는 氣象條件을 갖춘 곳에서 일어나는 現象으로서 溫泉現象과는 區別되는 것이다. 밀양 얼음골은 6월 초순부터 얼음이 얼기 시작하여 더위가 심해질수록 얼음이 증가하여 三伏 더위때 가장 현저하다. 겨울철이 들면서 얼음이 녹기 시작하고 겨울에는 돌서령의 틈에서 얼음 대신에 증기가 올라오고 계곡을 흐르는 물도 얼지 않는다. 結氷現象은 돌서령과 外氣의 접촉경계부인 돌서령의 돌틈에서 일어난다.

筆者는 1979년 여름에 結氷現象의 地質學的 원인을 밝히기 위하여 氣象學의 文勝義博士와 함께 天皇山(1,189m)아래의 밀양 얼음골을 답사한 바 있다. 계곡의 安山岩 기반암의 절벽아래 발달한 돌서령에 流入된 河川水와 이에 첨가됐을 가능성이 있는 岩盤地下水가 冷却되고 돌서령 空間(Openings)에 밀폐된 습윤한 공기가 더욱 冷却하여 大氣와 돌서령의 틈 사이에서 夏節에 結氷을 하게된 것이다. 結氷의 원인을 分析하면 아래와 같다. 이 일대 地質의 特徵이 좁은 범위안에서 (1) 岩種이 달라지는 등 地層이 急變하고, (2) 수 10m 두께의 돌서령(Talus)이 발달하며 “結氷”현상은 이들 돌서령위에 자리잡고 있다. 돌서령 밑바닥에서부터 흘러나오는 개울물은 돌서령퇴적물의 最下端에서 시험할 수 있는데 한여름에는 너무나 차가와 발이 끊으므로(Numb) 물속에 손발을 담그고 오래 견딜 수

가 없는 상태이다. 基盤岩의 바위 틈에서 結水 현상이 觀察되는 곳은 없다. 地層分布의 變化를 보면 天皇山 山頂部에는 石英安山岩, 그 아래는 安山岩 그리고 기슭에는 이들 兩者를 貫入한 花崗岩으로서 安山岩은 혼펠스로 變成되어 있고 非熱은 보다 낮게 되었으며 金屬性을 띤다. 일반적으로 성질이 다른 地下水가 循環하거나 地層이 變할때 혹은 Bays에 의하면 地表에서의 汚染에 의해서 地下水의 水溫은 下降하는 것으로 알려져 있다. 산정이나 중턱으로부터 돌서령의 밑바닥에 흘러내린 지하수는 (3) 太陽熱에 차단되어 溫度가 보다 下降케 된다. 이 지역의 이와 같은 지질 특징은 夏季結水現象의 好條件을 보여주고 있다. 이러한 地質條件의 바탕에 (4) 돌서령들의 습윤 기체로부터 얼음이 만들어지는 순간에 생기는 昇華熱冷却, 바깥 공기가 돌서령 아래로 流入했을 때의 (5) 非斷熱冷却 그리고 다시 냉각된 돌서령내의 공기가 틈을 통하여 고온인 대기중으로 방출될때의 (6) 斷熱冷却등의 氣象現象의 好條件이 添加하여 얼음골이 形成된 것으로 볼 수 있을 것이며, (7) 地形配置 역시 結水現象의 好條件을 갖추었다고 생각된다. 즉 얼음골은 天皇山의 북측응달 절벽 아래 위치하며, 지형에 따른 (8) 氣流 分析도 요망된다. 그 밖의 微微하나마 水溫降下의 要因으로서 주위의 우거진 (9) Joule-Thomson 계수의 관점에서 植物들로부터 방출되는 CO₂ 가스를 들 수 있을 것이고, 암반으로부터 (10) 冷却가스의 湧出(Bays이론) 여부도 검토해 볼 필요가 있겠다.

乘鶴山稜의 沙汰地點, 荒嶺山 溫風穴地點, 氷溪書院 얼음골 地點, 金井山 溫風穴地點 그리고 密陽얼음골 地點등은 모두 白堊紀末에 火山이 폭발한 地帶이다. 그러므로 한국의 風穴이나 얼음골은 주로 백악기 말의 火山地帶에 발달하고 이들은 火山性의 질리로 地下空洞이 풍부한 곳이나 아니면 落石 및 岩石沙汰로 생긴 돌서령이 발달하는 곳에서 발견된다. 岩石沙汰도 백악기 말의 火山地帶에서 잘 일어나고 있으므로 岩石沙汰, 落石, 風穴 및 얼음골은 火山地質과 깊은 관계가 있는 것이라 할 수 있다.

6. 사태사고의 대책

이번 岩石沙汰 사고의 對策이라 함은 주로 앞으로 일어날 가능성이 있는 岩石沙汰의 豫防策을 意味한다. 본 沙汰로 일어난 災害는 單層의 民家 한채가 半破되고, 畜舍의 벽이 일부 파괴되고 축대가 무너진 정도이므로 이들의 복구는 簡單하게 처리될 수 있었다.

이곳 암석사태의 豫防策으로서 筆者는 첫째로 암석사태가 일어난 地點일대의 火山岩露頭에서 沙汰의 위험성을 안고 있는 部分을 찾아내어 岩塊가 굴러내리는 것을 방지할 몇가지의 豫防策을 취하도록 하였다. 즉 滑動할 가능성이 있는 節理틈을 시멘트로 充填하여 地下水의 浸透를 방지토록 하고 安全도가 낮은 岩塊는 除去토록 하였다. 둘째로 만일의 경우 어떤 岩塊가 굴러내릴 것을 對備하여 事故 家屋으로부터 약 80m 上方에 沙汰轉石의 豫상通路를 가로막는 길이 약 60m 높이 4m 정도의 防築(Dike)을 쌓도록 조치하였다. 만약 암석사태가 再發한다면 사태전석이 본 防築쪽으로 굴러내리다가 방축 바로앞의 凹地에 捕獲되도록 設計되었고 전석이 凹地에서도 계속 前方을 향하여 구르는 경우에는 본 방축에 의하여 정지되도록 構想된 것이다. 셋째로 土壤이 두껍게 피복되어 있는 본 사태암괴의 下方 傾斜地와 방축 일대에 뿌리가 깊게 내리는 樹種을 선택하여 植木토록 권장하였다.



Figure. Prevention dyke of rock-slide. It was made as a counter-plan by the Busan Municipal Office after the accident of rock-slide at the slope of Mt. Seunghag.

제 1 도의 사태암괴 A로부터 북쪽 10m 지점의 약 40톤 급의 위험암괴는 安全도가 매우 낮은 것으로 評價되므로 除去토록 하였다. 岩塊 A의 殘餘岩塊 IA와 IA로부터 북방 60m 地點에 놓인 安全도가 매우 낮은 위험암괴(약 70톤 급)에 대하여는 등산객과 주민들의 接近을 금지

시켜야 할 것이다. 이들은 장래 언젠가는 落石沙汰를 일으킬 것으로 판단 되었으므로 지반진동이 일어나거나 해빙기가 올때는 住民들이나 등산객은 주의함이 좋겠다.

이번 암석사태로 굴러내린 岩塊 G의 학술적 意義와 釜山市民의 경각심을 일으키기 위하여 沙汰岩塊 G를 안전자세로 바르게 앉혀서 현 위치에 그대로 보존해야 된다. 본 岩塊 G는 당시 日刊新聞에 보도된 바도 있다.

본 岩石沙汰는 海岸地帶 山間都市인 釜山 直轄市의 경사지 건물 및 주택들에 대하여 커다란 경중을 올려주는 전형적인 事例로 評價된다. 筆者는 본 난을 통하여 山洋 砂利 堂里 石山 일대의 岩石沙汰豫防을 위한 精密 地質調査를 實施할 것을 山洋砂利주식회사와 관계당국에 다시 한번 強力하게 권고드리는 바이다. 筆者의 所見으로는 부산직할시내의 산록 산업구조물 및 주택지 일원에 대한 연약지반의 전반적인 사태안전도 조사를 실시하여 사태사고로 생긴 災害豫防에 市民과 行政當局은 最善을 다해야 할 것으로 생각된다.

7. 結 論

1) 乘鶴山(496m)으로부터 670m 南西方의 山稜地點(제Ⅲ도판 사진 1)은 백악기末 내지 제3기초에 安山岩 熔岩과 火山碎屑物을 供給한 분화구의 자리였던 것으로 추정된다.

2) 1982년 10월 4일 오전 7시 10분경 沙下區 堂里洞 승학산 아래 民家 家屋을 파괴한 沙汰現象은 單一岩塊의 岩石沙汰(Rock Slide) 事故로 밝혀졌고 自然災害의 實例로 평가된다.

3) 岩石沙汰가 발생된 지점은 上記 분화구 자리로부터 약 60m 地點의 安山岩 노두이며 岩石沙汰의 滑動面은 成層面에 亞平行한 節理斜면으로 南向으로 40°未滿의 傾斜를 가지고 있다.

4) 본 암석사태의 원인은

① 본 사고지점의 노두는 火山地帶에서 흔히 관찰되는 절리틈(Separation)이 넓은 절리계가 발달되어 있고, ② 절리면으로 대표되는 滑動面이 직상에 놓인 약 100톤의 암괴들 直下에서 平時에 풍화작용을 받아 암반의 지탱력이 약화되었고, ③ 1982년 10월 1일 중추절 전후에 내린

빗물이 스며들어 사면의 마찰력을 감소시켰고, ④ 과거에 지진 및 기타의 지반을 진동시키는 작용이 본 암괴의 지탱력을 감소시키는 영향을 준 것으로 이들 복합요인에 의해 야기된 사고로 분석된다.

5) 본 암석사태가 일어난 노두지점에서는 岩石沙汰의 중량이 약 100t 정도로 추산되나 家屋을 半破시킨 沙汰落石은 單一岩塊로서 29루베 83톤급에 달한다. 인명의 피해나 가축의 손상은 없었다.

6) 83톤급 沙汰轉石은 평균 30° 경사의 土壤山斜面을 굴러내렸다. 본 사태암괴의 사태시간은 약 16초, 가속도는 2.35396m/sec², 가속과 충돌당시의 사태속도는 약 37.6m/sec, 운동에너지는 약 5,980,980Joule, 그리고 사태의 힘은 약 19936.6newton으로 概算되었다.

7) 암석사태 지점의 岩石露頭 一帶에는 節理에 의하여 노두모양으로부터 분리되고, 安全도가 낮은 滑動性 斜面上에 놓인 不安한 岩塊가 수개 확인되어 이들에 대한 적절한 조치가 要望되었고 地下水의 浸透로 安全도를 낮게 하는 절리틈에 대해서는 시멘트처리가 要望되었으며 본 사태지점으로부터 약 220m 下方에는 沙汰事故를 예방키 위하여 防築(Dike)을 설치토록 한 바 있다. 다른 한편 본사태가 일어난 土壤斜面에는 造林事業이 要望되었다. 釜山市 當局에서는 筆者의 要望事項들중 防築을 설치하는등 重要한 事項은 實施措置하였다.

8) 부산직할시 일원에 대한 환경지질학적 평가에 의하면 一般 岩石沙汰에 준하는 예상사태 지점과 構造物의 연약地盤에 대한 安全度 점검이 사태사고의 예방대책으로 추천된다.

9) 荒嶺山山頂 峯燧台 直下の 冬節 따듯한 수증기 發散 現象은 溫泉現象이 아니라 溫風穴現象으로서 火山地帶의 大規模 節理에 의한 地下深部空間의 溫暖多濕의 空氣가 바깥의 찬공기를 만날때 증기가 만들어짐으로써 起因된 것이다. 밀양 얼음골의 夏季結氷現象은 절리구조에서 생긴 것이 아니라 地下에 空間을 다량 發達시키는 돌서명(Talus) 위에 形成된 것이나 이 현상도 荒嶺山 溫風穴과는 그 成因에 있어서 同一한 범주에 속하는 것으로 밝혀졌다(本文 參照).

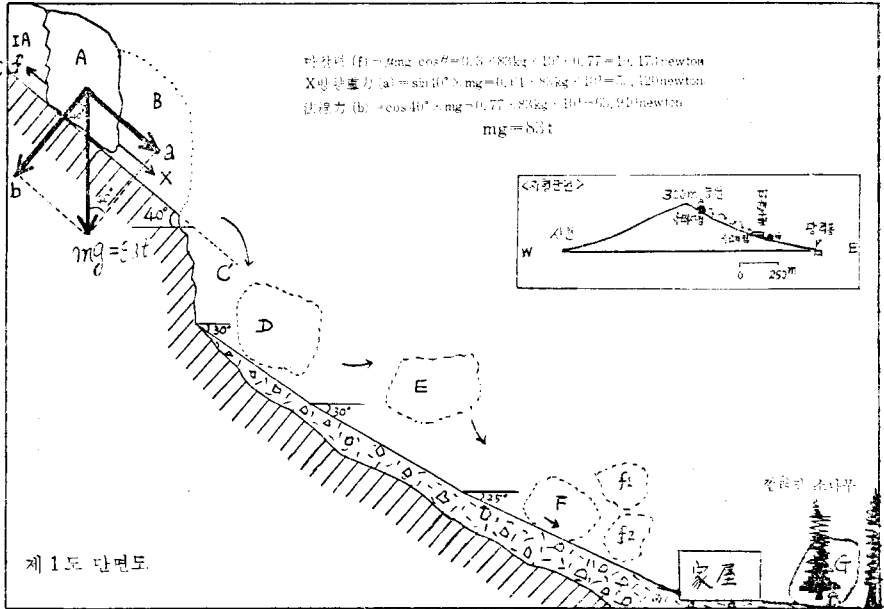
10) 釜山一圓의 楡川層群 火山岩類 연변의 퇴적암혼펠스는 이들 火山岩과 同時期 堆積物의 變質物로 밝혀졌고 본 혼펠스가 야의 및 鏡下에서 安山岩盤岩과 區別이 어려운 이유는 혼펠스의 모체인 당시 퇴적물이 未固結상태에서 火山岩의 熱水溶液을 공급받아 混成作用(Hybridization)을 일으킨데 기인하는 것으로 밝혀졌다. 혼펠스와 安山岩類의 貫入境界가 명료치 않음은 본 이론으로 說明이 가능하며 그 경계가 뚜렷한 곳은 기반 퇴적암이 충분히 固結된 후에 안산암들이 貫入했기 때문으로 판단된다. 위에 설명한 혼펠스는 從前에 河陽層群에 對比시켰으나 이들은 乾川里層보다 上位에 놓여야 하는 것으로 楡川層群地層이다.

11) 荒嶺山 頂上部에 위치한 溫風穴은 밀양얼음골에 준하는 자연의 신비로 看做되므로 그 稀貴성과 도시환경 및 자연보존의 見地에서 철책울타리로 보존할 가치가 있는 것이다. 따라서 荒嶺山風穴은 市指定보호물로 지정할 가치가 있는 것으로 판단된다.

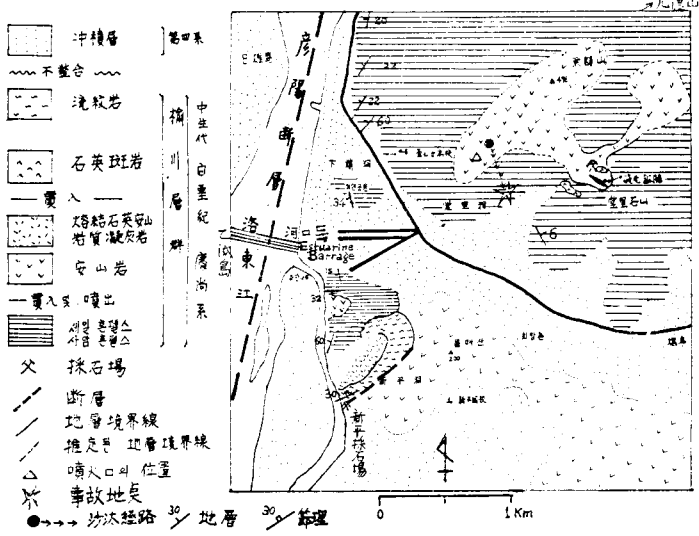
12) 금탄 사태사고를 일으킨 노두지역 일대는 岩石力學的 검토를 거쳐 암반의 安全度를 영구토록 유지하것끔 工學的조치가 요망된다.

〈參 考 文 獻〉

1. 金永琪, 1981, 浦項地域의 斷裂現象에 대한 地質工學的 考察: 지질학회지 제17권 제4호.
2. 金恒默, 1982, 부산직할시 서구 당리동 승학산 암석사태의 조사보고서: 부산대학교 지질학과 연구실.
3. ———, 1983, 釜山直轄市 山洋砂利 堂里石山의 採石公害 및 碎石骨材 評價研究: 기술사회지 제16권 제3호.
4. ———, 1983, 부산직할시 협화골재주식회사 신명채석장의 암석발파에 의한 진동공해: 부산대학교 環境問題研究所 研究報 제1권.
5. University of Colorado Studies, Ralston Creek Landslide, Jefferson County.
6. Coates, D.R., 1981, Environmental Geology: John Wiley & Sons.
7. Keller, E.A., 1979, Environmental Geology: Charles E. Merrill Pub. Co.
8. Arthur N. Strahler & Alan H. Strahler, 1973, Environmental Geoscience: Hamilton Publishing Co.
9. 金相敦의 9名 共譯, 1962, 現代大學物理學(Modern University Physics by J.A. Richards, F.W.Sears, M.R. Wehr & M.W. Zemansky, 1960): 探求堂
10. 車文星, 東萊溫泉에 관한 考察.
11. Gregory J. Nunz, 1979, The hot dry rock, geothermal energy development program: Edited by M. Brown & G. Cremer, LASL 79-79.
12. Update, 1980, Hot Dry Rock, Geothermal Energy Development Program: LASL 80.
13. 日本地熱調査會, 1973, 地熱發電とは?: 地熱 別冊 第1號(改訂版).
14. 林漢旭·康鍾秀, 1980, 터널 굴착에 있어 암반의 力學的 分類와 그 응용: 기술사회지 제13권 제3호
15. 三寶地質株式會社, SGR 工法.
16. B. Barton, R. Lien, and J. Lunde, Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support.
17. 石鍾基, 1981, 釜山 金井山 주변의 산록퇴적물의 考察: 釜山大 自然科學論文集 제32집.
18. Moon, S.E., 1976, Climatic Change in Historical Times in Korea: Climatic Change and Food Production, Ed. K. Takahashi, M.M. Yoshino.
19. 文勝義, 黃水鎮, 1979, 密陽얼음골의 夏季結氷現象에 관하여: 釜山大 師大 論文集.
20. 韓禎祖, 1977, 地下水學(Hydrogeology): 한국건설주식회사.
21. Leichnitz, W. & Natau O., The Influence of Peak Shear Strength Determination on the Analytical Rock Slope Stability



제 3 도. 山洋砂利 堂里石山 一帶의 地質圖



도판설명

제 I 도판 설명

1. 단일 岩塊沙汰의 經路(화살표)와 正面에서 본 破壞家屋의 모습. 이 經路는 수풀속의 登山路를 만들었음이 사진에서 확인된다.
2. 背面에서 본 파괴가옥의 모습. 岩塊가 家屋을 탄알처럼 통과했다. G: 사태암피, T: 잘려진 소나무.
3. 畜舍뒤의 沙汰岩塊(4톤). 성냥이 놓인 앞면은 슬리큰사이드面.
4. 假畜舍뒤의 沙汰岩塊(4톤). 사고당시 축사의 시멘트벽을 파괴했다.

제 II 도판 설명

1. 沙汰地點(R)의 오른쪽에 乘鶴山(S)이 보인다. 安山岩의 熔岩을 噴出한 위치는 C 지점에 있었던 것으로 생각된다.
2. 土壤위에 茂盛했던 수풀을 헤치고 岩塊沙汰는 巨大한 山斜面 通路를 만들어 놓았다.
3. 岩石沙汰의 예방을 위해 事故直後에 W와 같은 防築(Dike)을 設置하였음. R은 沙汰岩塊를 포함했던 주의해야 할 岩石노두.
4. 沙汰岩塊의 位置(R).
5. 事故住宅에서 堂里石山을 바라본 모습. Q₁: 당리석산 현장, Q₂: 과거의 石山 채굴跡.
6. 荒嶺山 峯巖台 아래 溫風穴의 위치. 釜山 西面에서 山頂을 向해 撮影.

