

栃木地震の時の板荷村役場床板の破壊について

正員 工学博士 岡本 舜 三*

ON THE FAILURE OF FLOOR-BOARDS OF THE ITAGA VILLAGE OFFICE DUE TO THE TOCHIGI EARTHQUAKE

(JSCE July 1951)

Dr. Eng. Shunzo Okamoto, C. E. Member

Synopsis On the occasion of the Tochigi earthquake, a hole was made on the floor-boards of the Itaga village office under the wheel of fire-proof-safe.(Fig. 1). By testing the static and dynamical properties of the wooden board, the author deduced that this hole would have been made by shock of a falling body which was jumped up by large acceleration, caused by resonance of floor system to the oscillation of the earth surface. Further, he proposed an empirical formula (1), which determined the strength of wooden board for sudden loading, where W : weight of falling mass (kg), H : height of drop (m), d : depth of board (mm) and n : number of repetition of blow.

要 旨 地震時に物体に異状に大なる力が働らくことは種々の現象から想像されている。栃木地震に於て役場の床板が金庫の下で破壊したのもこの種の現象の一つと考えられる。著者はこの異状に大なる力の原因は、金庫を載せた床板の地震に対する共振にあり、破壊は跳上った金庫の衝撃によると考え、若干の実験的研究を行った。

地震の際に一見奇異な現象が屢々報ぜられる。たとえば福井地震の際にグランドピアノが床上でさかさまに倒れていた由であると早大後藤助教授は筆者に語られたし、栃木地震では日光町白沢に於てコンクリート土間にあつた釜が約 25 cm 跳び上つた由であると井上博士は報告されている。これらの現象は単純な震度論からは理解し難く、したがつてまた構造物に及ぼす地震作用を知る良き手掛りであるが、量的な記録のとれ難い場合が多いことは遺憾なことである。著者は栃木地震調査でこのよう

な事例を見出した。それは板荷村役場の床板が金庫の車輪の下で割れていたことである。(写真一) 金庫は高さ 83 cm 幅 56 cm × 54 cm, その重さは 240 kg と推定され、一方床板の厚さは 15 mm であるから普通ならばそう簡単に板が割れる筈はなく、異常に大なる力が



写真一

加えられたことが推定されたので、帰校後杉板を静的及び衝撃的に割るに必要な力を測ることを試みた。床板を4辺固定版とみなし、その条件のもとに実験を行った。試験片は杉、寸法は 18 cm × 52 cm, 厚さは 6 mm, 9 mm, 12 mm 及び 15 mm の4種とした。板の中央に幅 3 cm 直径 7 cm の半円形鋼製車輪をおき、これを通じて載荷したが、これは役場の金庫と同寸法の車

表一

板厚 (mm)	破壊荷重 (kg)
6	70
9	130
12	440
15	750

である。静的な荷重をアムスラー試験機により加えたとき破壊荷重は表一に示す如くであつた。この結果を今の場合にあてはめてみると、金庫の車輪が4ヶあることを考慮すると床板が静的に割れるためにはその重量の 12 倍の力が加わらねばならないことになるが、一方2倍以上の力が加われば金庫は跳上ることを考慮すれば、この破壊は跳上りによる打撃によると思われる。金庫が床板の上にあることを考えると床板と金庫とで形作る振動系が地動と共振状態に入れば、地動そのものが g 以上の加速度をもたぬ場合にも金庫はとび上る。このとき金庫が床から離れた後は床板の運動は急に減衰し、地動の運動に一致するとみなしうるから跳上つた金庫が再び床に衝突する時の床に対する相対速度は跳上りの初速度と大差ないものと考えられる。この見方に立つて、その上端に重さ W なる重錘をのせ下端に周期的外力をうけるバネの強制振動を考える。バネ常数を k とすればこの振動系の固有振動周期は $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{W}{kg}}$ であるが、普通の床板のバネ常数を知るために学校の床板について先述の載荷板によつて k を測つた結果は棧の間隔や板厚に

* 東京大学教授, 生産技術研究所

よつても異なるが平均 150~300 kg/cm であつた。いま $W=60$ kg として上記の k を代入すれば $T_0=0.13\sim 0.09$ 秒となり栃木地震のように短週期の地震動に対しては共振しやすい条件を備えていることが知られる。このような系には外部からの強制力を $a \sin \frac{2\pi t}{T}$ とすれば $\frac{W}{g} \ddot{y} = -W + k \left(a \sin \frac{2\pi t}{T} - y \right)$ なる関係があるが、かりに定常運動のみを考えてよいものとして運動中にバネのうける力を求めると K を上下動震度とするとき

$$P = W \left\{ 1 - \frac{K}{1 - \left(\frac{T_0}{T} \right)^2} \sin \frac{2\pi t}{T} \right\}$$

となる。 $P=0$ にて物体は跳上るから跳上りの初速度は

$$v = \frac{gT}{2\pi} \sqrt{\left\{ \frac{K}{1 - \left(\frac{T_0}{T} \right)^2} \right\}^2 - 1}$$

となり先に述べたところにより、これは又跳上つた物体が再びバネに衝突するときの速度とみなすことができる。この式から $K > \left| 1 - \left(\frac{T_0}{T} \right)^2 \right|$ でなければ物体は跳上らないことが知られる。次に板に穴をあけるには如何なる速さで金庫が板にあたらねばならないかを実験的に求めるために衝撃的な力を落下衝撃試験機

によつて加えた。重錘を一定の高さから落し、板を破壊させるのであるが、ある場合は唯1回でこわれ、他の場合には数回の繰返し後こわれた。各々の厚さの板に対する落下高、平均反撥高及び破壊するに要した打撃回数は表-2の如くである。試験結果を利用するには表-2を式で表わすことが望ましいが次の実験式はかなりよく結果を表わしている。

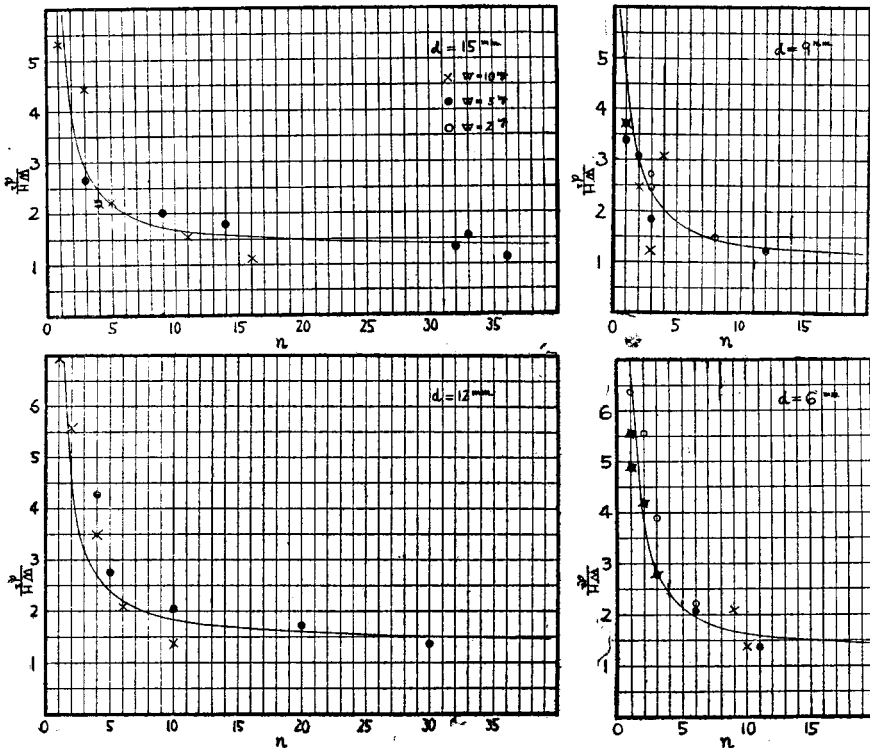
$$\frac{WH}{d^2} = 1.1 + \frac{4.4}{n} \dots (1)$$

茲に W : 重錘の重量 (kg), H : 落下高 (cm), d : 板厚 (mm), n : 破壊までの打撃回数である。常係数は板の支承条件と載荷板の形により当然変わると思われる。(1) による計算値を実測値と比較して図-1 に示した。こゝに (1) は多少の理論づけが出来ぬことはない。衝撃破壊強度がエネルギーに関係することはよく

表-2

板厚 mm	重錘 kg	落下高 cm	反撥高 cm	打撃回数	落下高さ (cm)
6	2	170	0	1	164
	2	100	125	1	122
	2	40	170	1	165
	2	45	170	1	122
	2	30	170	1	122
	2	105	170	1	122
	2	105	170	1	122
	2	105	170	1	122
	2	105	170	1	122
	2	105	170	1	122
9	2	110	170	3	323
	2	100	115	3	372
	2	60	115	3	273
	2	55	115	3	273
	2	30	115	3	273
	2	30	115	3	273
	2	30	115	3	273
	2	30	115	3	273
	2	30	115	3	273
	2	30	115	3	273
12	5	123	44	4	485
	5	80	77	4	370
	5	60	110	4	455
	5	40	110	4	470
	5	100	110	4	486
	5	50	110	4	493
	5	30	110	4	493
	5	30	110	4	493
	5	30	110	4	493
	5	30	110	4	493
15	5	120	345	3	572
	5	100	337	3	610
	5	80	337	3	608
	5	60	348	3	672
	5	60	348	3	672
	5	65	281	3	609
	5	60	337	3	624
	5	60	337	3	610
	5	60	337	3	610
	5	60	337	3	610

図-1



知られる所であるから W/H = 常数 とおくのは妥当であろう。この常数は板厚に關係するが金属に対する charpit 曲げ衝撃試験片におけると同様に厚さの自乗に比例するとおくと実験によくあうがその理由は不明である。繰返し打撃による強度低下については次の如く考えると(1)が導かれる。即ち板の繊維の引張りに対する力変形曲線を簡単に

図-2

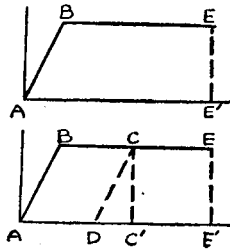


図-2 の如く仮定する。唯1回の衝撃で切れる場合は、変化はABE にそつて進み、破壊に要するエネルギーは ABEE' の面積である。この面積を A_1 とする。2回の打撃でこわす場合は第1回目の打撃では、変化はAB

$$A_n = C + \frac{A_1 - C}{n} \dots\dots\dots(2)$$

CD にそつて進み、第2回目の打撃では変化は DCE にそつて進み E に於て破壊する。したがつて ABCC' の面積を A_2 , CDC' の面積を C とすれば $2A_2 - C = A_1$ である。同様に n 回の打撃で破壊する場合の1回の打撃により加うべきエネルギーを A_n とすれば $nA_n - (n-1)C = A_1$ であるから

重量の $1/4$ とすると、それは 60 kg と推定され 60kg の重錘が打撃により 15 mm 厚の板に穴をあけるに要する最低限の落下高は (1) により 4.1~20.6 cm となる。これより板と衝突するときの速度は 90~200 cm/sec となる。試みに $T_0 = 0.1$ 秒として $v = 90$ cm/sec になる如き地震動の震度と週期を求めれば $T = 0.1 \pm 0.035K$ となり、 T が 0.1 秒にきわめて近い値であることが必要なることが知られる。即ち一般に T が T_0 にきわめて近い値をもつときは共振によつて震度が小さくとも床板に穴をあけうることになる。このことから振動系の上にある剛なる構造は場合によつては異常に大なる力を振動系に及ぼすことが考えられる。従来比較的短週期の地震動による共振現象は余り注意されなかつたが橋脚上にある橋桁、沓、建物内部の調度品等の震害の中にはこの種の原因によるものも注意すべきであろうと思われる。

本研究は文部省科学研究費の一部を費い、加藤年男 佐藤正巳、林田英雄、三塚正衛の諸氏に負う所が多い。こゝに感謝の意を表する次第である。

参考文献

1. 井上宇胤 昭和24年12月26日栃木地震、震験時報第15巻第1号 1950年
2. 松沢武雄 鳥取大地震の時の狛犬の運動 震研彙報22号 1944年
3. 萩原尊礼 筑波山における地震動並びに地鳴、震研彙報 12号 1934年 (昭. 26. 3. 30)

UDC 624.137:624.131.414.1
634.956.585

地被植物の急斜面土壤浸蝕に及ぼす効果

正 員 田 中 茂*

THE EFFECT OF PLANT COVER ON STEEP SLOPE SOIL-EROSION

(JSCE July 1951)

Shigeru Tanaka, C. E. Member.

Synopsis This paper explains a research result of plant cover effect on the steep slope soil-erosion by means of model experiments. The experiments were composed of two tests, namely, in the first test plant cover was comparatively thin, and in the second it was rather dense. By these experimental researches the writer has been able to get many qualitative data concerning the above subject, and trace the causes of the plant cover effect.

要旨 地被植物の急斜面土壤浸蝕に及ぼす効果を模型実験によつて研究したものである。実験は2つよりなり第1実験は比較的粗な地被の場合であり、第2実験は密な地被の場合である。この研究において著者は地被が浸蝕を軽減又は防止する機構を明らかにし、浸蝕

量と地被との間の定量的な關係の一部を求め、さらに流亡土の粒子組成の時間的变化を明らかにし得た。

1. 緒言

古来、禿山に植林することが洪水の防禦に極めて効果的であるとされている。これは樹木が雨水の流出を軽減するのに役立つ以外に土砂の流出防止に重大な役

* 神戸大学助教授、工学部土木教室