

繰返し荷重を受ける土の変形に関する一法則

九州大学 助 教 授 山 内 豊 聡
 “ 大学院学生 ○羅 文 鶴

1. ま え が き

本文は路床土を対象に、金属の破壊に関する Miner の法則を、金属の破断発生を土のある一定のヒズミ変形で置き換えて、繰返し荷重を受ける土供試体の変形の予測に適用することを試み、実験によってそれが可能であるとを示したのである。

2. 実 験 方 法

通常“赤土”といわれる砂質ローム (LL=55.6%, PI=16.2%) の 2.0mm フリイを通過した部分を所定の含水比 (21.0%) にしたのち、静的締固め法により、直径 5 cm、高さ 12.1cm の供試体に成型した。この供試体に対し一軸的に連続繰返し载荷を行なった。実験機械は丸東製作所製作 (No. S. 67) のものをさらに若干改良したもので、载荷周期は 1 秒以上の適宜の時間に切り換えることができ、载荷荷重は 75kg まで可能である。本実験では 2.5 秒の周期を用い、载荷時間は 1 秒、除荷時間は 1.5 秒である。

3. Miner の法則の応用による土の耐久時間の予測

実験⁽¹⁾より、土が繰返し荷重を受けた場合、载荷強度とそれによって土がある一定のヒズミ、すなわち許容ヒズミに達するまでの繰返し回数 N (log) との関係は、図-1 のように直線になることがわかった。

したがって図-2 が得られる。

直線 AB は図-1 における直線に相当する。a 点以下の载荷強度では土は許容ヒズミに達しないので、それによる繰返し回数は無限大であり、横軸に平行な直線 BC で表わされ、安全繰返し荷重となる。

図-3 にて、土の供試体は载荷強度 p' , p'' を N' , N'' 回繰返し载荷することによって許容ヒズミに達するとすると、その p -log N の関係は (D) 線によって表わされる。同じ供試体にそれぞれ载荷強度 p' , p'' を n' , n'' 回繰

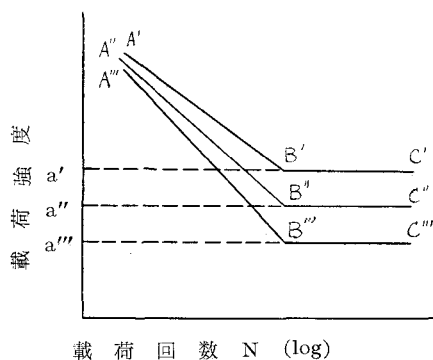


図 - 2

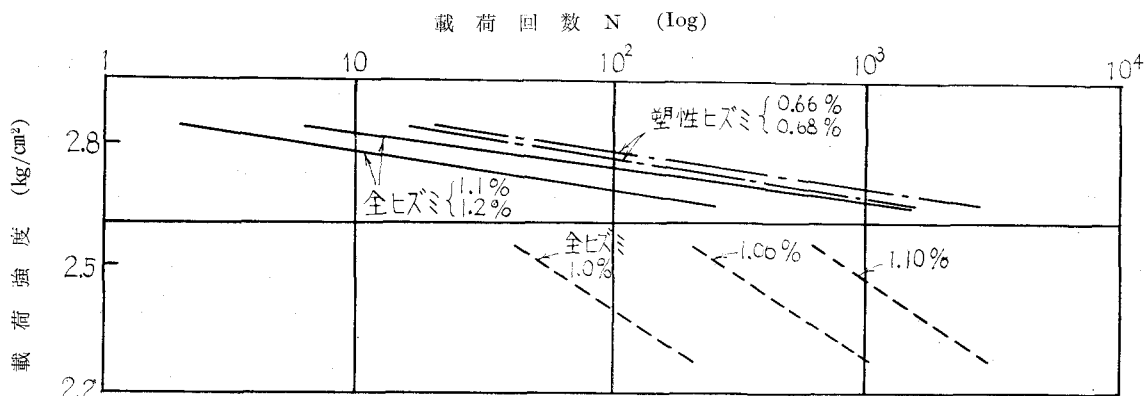


図 - 1

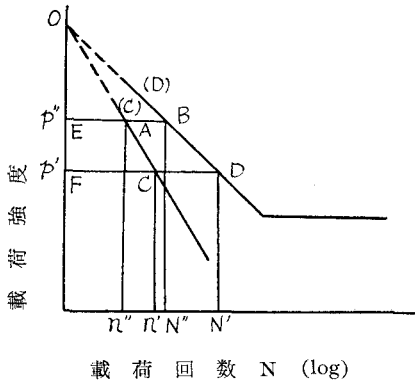


図 — 3

返し載荷することによって許容ヒズミより小さい同じヒズミに達するとすると、その p - $\log N$ の関係は (C) 線によって表わされる。

図より

$$\frac{OE}{OF} = \frac{AE}{CF} = \frac{BE}{DF}$$

$$\therefore AE = n'', CF = n', BE = N'', DF = N'$$

$$\therefore \frac{n''}{n'} = \frac{N''}{N'}$$

$$\therefore n'' = \frac{N''}{N'} n' \dots \dots \dots (1)$$

このようにして、 p' を n' 回繰返して生じたヒズミを生じるために必要な p'' の繰返し回数 n'' は (1) 式より求まる。

土には図—4にて表わすような 載荷強度が繰返される。

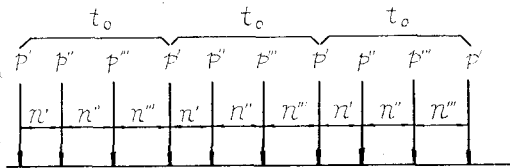


図 — 4

すなわち t_0 なる単位時間内に $p', p'', p'' \dots$ がそれぞれ $n', n'', n'' \dots$ 回繰返され、また t_0 がある一定数繰返され、許容ヒズミに達する。

t_0 内に生じるヒズミと同様なヒズミを生じるための載荷強度 p の繰返し回数 n はつぎのようにして求まる。

$$\left(\frac{n'}{N'} + \frac{n''}{N''} + \frac{n''}{N''} \right) d = \frac{n}{N} d$$

$$\therefore n = \sum \frac{n_i^{(i)}}{N_i^{(i)}} N = N \sum R_i \dots \dots \dots (2)$$

t_0 を B 回繰返すことによって、許容ヒズミ d に達すると

すると

$$B \sum R_i d = d$$

$$\therefore B \sum R_i = 1 \dots \dots \dots (3)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots \dots \dots$$

いっぽう土が図—5に示すような載荷強度によって、図—4にて示す載荷強度によって生じたと同様なヒズミを生じたとする。

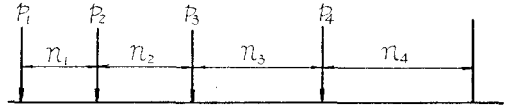


図 — 5

この場合 Miner の法則にしたがい、次式が得られる。

$$\sum R_i' = 1 \dots \dots \dots (4)$$

$$R_i' = \frac{n_i}{N_i}, \quad i = 1, 2, 3, \dots \dots \dots$$

したがって (3) = (4) より、次式が得られる。

$$B \sum R_i = \sum R_i'$$

(3) 式と (4) 式は実際には 1 にならない、しかし実験よりほぼ同様な値が得られるので、つぎのように修正して、実用上近似的に B を求めることができる。

$$B = \frac{\sum R_i'}{\sum R_i} \dots \dots \dots (5)$$

(5) 中 $\sum R_i'$ は実験にて容易に求まり、 $\sum R_i$ は計画より決まる、したがって B が求まり、必要繰返し回数 N が求まる。このようにして土の供試体が所定のヒズミに達するまでの耐久時間を予測できる。

4. 土に対する $\sum R_i'$ の値の実験結果

上述のような $\sum R_i'$ について、実験によって求めた結果は表—1 に示すとおりである。

表中 No. 1 から No. 6 まではいずれも最初に最小の載荷強度をある一定数繰返し、その後で減または増等異った方式で適宜に載荷強度を切り換え、連続的に許容ヒズミ 1.1% に達するまで繰返した。この結果はいずれも 1.30 前後の値を示し、1 よりも大きい。このことは最初に小さい載荷強度を多数回繰返すので、土の変形に対する抵抗の効果がよりよくなるからである。No. 7 と No. 8 にては最初に大きい載荷強度を多数繰返し、そののち小さい載荷強度に切り換え、ひき続き許容ヒズミに達するまで繰返した。その結果 0.7 前後値を示し、1 より小さい。これはより大きい載荷強度を繰返すので、土の変形に対する抵抗が减小するからである。

表一 許容ヒズミ 1.15% に対する $\sum R'_i$ の値

No.	$\frac{n_1}{N_1} \rightarrow \frac{n_2}{N_2} \rightarrow \frac{n_3}{N_3} \rightarrow \frac{n_4}{N_4} \rightarrow \frac{n_5}{N_5} \rightarrow \frac{n_6}{N_6} \rightarrow \frac{n_7}{N_7}$	$\sum R'_i$
1	$\frac{1800}{2800} \rightarrow \frac{200}{560} \rightarrow \frac{10}{45} \rightarrow \frac{2}{20}$	1.32
2	$\frac{600}{2800} \rightarrow \frac{627}{1200} \rightarrow \frac{43}{180} \rightarrow \frac{10}{32}$	1.28
3	$\frac{600}{2800} \rightarrow \frac{11}{32} \rightarrow \frac{29}{180} \rightarrow \frac{703}{1200}$	1.30
4	$\frac{600}{2800} \rightarrow \frac{640}{1200} \rightarrow \frac{90}{180} \rightarrow \frac{2}{32}$	1.30
5	$\frac{209}{2800} \rightarrow \frac{9}{32} \rightarrow \frac{19}{1200} \rightarrow \frac{35}{180} \rightarrow \frac{348}{560} \rightarrow \frac{170}{1200} \rightarrow \frac{210}{2800}$	1.39
6	$\frac{1420}{2800} \rightarrow \frac{36}{45}$	1.31
7	$\frac{30}{45} \rightarrow \frac{90}{2800}$	0.70
8	$\frac{33}{45} \rightarrow \frac{19}{2800}$	0.74

5. 結

論

実験により、土供試体に Miner の法則が適用できることを示された。したがって Miner の法則を利用して土の耐久時間を予測する方法を考え、実験によって確めた。この方法によれば、繰返し比の累積 $\sum R'_i = 1$ における $\sum R'_i$ の値を実験によって求めれば、繰返し载荷を受ける土の耐久時間は容易に近似的に求まる。 $\sum R'_i$ が 1 にならず、より大きい値を示すことは、土はより小さい载荷強度で繰返し载荷されることによって、変形に対する抵抗を増大することを示す。1 より小さい値を示すことは、土はより大きい载荷強度で繰返し载荷することによって、変形に対する抵抗を減小することを示す。

以上のようにして、Miner の法則は繰返し载荷を受ける土の設計に役立つものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 羅文鵬, 山内豊聡: 繰返し荷重を受ける土の強度変化の表われ方について, 土質工学会秋期講演会, 昭 38. 11.