

ゼラチン等地盤模型振動実験材料の弾性特性

建設省土木研究所 正員 栗林栄一・木本正則

建設省近畿地方建設局 正員 辻 勝成

(株) 福山コンサルタント 正員 佐藤 進・石沢久邦

1 まえがき

軟弱地盤を対象とした模型実験では、模型の縮小率にもよるが、模型材料として一般に非常に小さな弾性係数をもつものが必要とされる。そのため、測定方法とも相まって材料は慎重に選定しなければならない。地盤模型の材料としては、ゴム、ゼラチン、合成樹脂等が考えられるが、このうちでは、比較的任意の形状のものが、任意の強度で、しかも安価に作りだせるという点から、ゼラチンが有効であると思われる。ゼラチンは弾性係数が約 10^{10} cm^2 ～ 1000^{10} cm^2 の範囲で良いものが得やすく、弾性領域も広く、また透明度も良いため、測定方法の面からみても有効な材料といえる。

しかし、以上のような利点はあるが、その反面、強度は冷却時の温度に左右され、また、大きな模型では製作に日時を要し、乾燥、腐蝕の心配があるなど、ゴム材料等と比べて長期試験の安定性に欠ける。ここでは、沈埋トンネルの模型振動実験に先だって、建設省土木研究所内でゼラチンの力学的性質のうち、とくに弾性係数について試験を行なったので報告する。

2 試験の目的および内容

試験には日本皮革K.K.のゼラチンを使用し、つぎの項目について試験を行なった。

1) ゼラチン濃度と弾性係数の関係

ゼラチンの濃度を重量比で6%～30%まで2%ずつ増加させ、ゼラチンの濃度の上昇による弾性係数の変化を調べた。

2) ゼラチン冷却時の温度と弾性係数の関係

ゼラチンの弾性係数は冷却時の温度に非常に左右されるので、ゼラチン濃度が6%、14%、20%の3種類のものについて、冷却温度を5℃、10℃、15℃と変化させ、この関係を調べた。

3) ゼラチン冷却時間と弾性係数の関係

ゼラチンは所定の強度となるまでに20時間程度を要する。大きな模型では模型の製作から測定終了まで3～4日かかる。時間の経過とともに弾性係数が大きく変化するようにでは材料として適当でないので、ゼラチン濃度が10%のものについて、経過日数5日までについて、この関係を調べた。

4) アリセリンの混入による弾性係数の変化

模型材料にゼラチンを用いる場合、測定方法は写真機類によらざるを得ないため、模型はなるべく透明度のよいものが要求される。アリセリンはゼラチンの弾性係数を高めると共に、乾燥を防ぐ役目をもっている。したがって、ゼラチンにより弾性係数の大きな模型を作る場合はアリセリンを添加することによってゼラチン濃度の上昇をふさぎ、透明度をよくすることができるといえる。そこで、ゼラチン濃度が10%、14%、18%の3つの場合について、アリセリンを全体の重量比で5%、10%、15%と増加させて弾性係数の変化を調べた。

3 試験方法

図-1に示すような試験装置により圧縮試験を行ない、各荷重段階ごとの変位量を測定し、応力-ひずみ図を求め、これより弾性係数を求めた。供試体の大きさは直径約7.5 cm、高さ約8.5 cmの内柱型とした。各試験とも供試体の個数は3個とし、弾性係数は3個の平均値をとった。

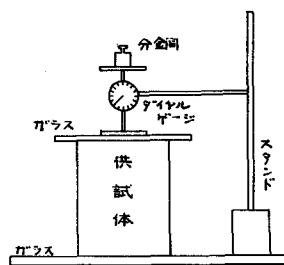


図-1 試験装置

4 試験結果とその評価

1) ゼラチン濃度と弾性係数の関係

各濃度における弾性係数を図-2に示す。供試体の冷却時の温度は25°C ~ 26.5°Cであった。図-2より、弾性係数の変化の度合はゼラチン濃度が低いところでは小さく、高くなるにしたがって大きくなるのがわかる。

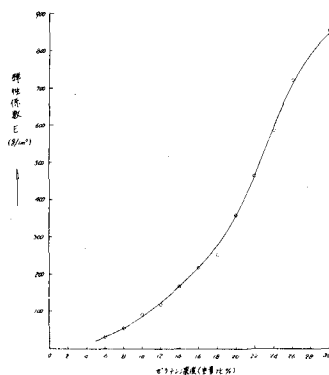


図-2 ゼラチン重量比と弾性係数

2) ゼラチン冷却時の温度と弾性係数の関係

6%, 14%, 20%の濃度に対する弾性係数を図-3に示す。図-3より、各濃度の弾性係数は、冷却時の温度に対してほぼ直線的に変化しているのど、これより冷却時の温度と弾性係数の関係を求めると、つぎに示すような式を得る。

$$\text{ゼラチン濃度 } 6\% : E = -9.4K + 282$$

$$\text{〃 } 14\% : E = -36.6K + 1130$$

$$\text{〃 } 20\% : E = -57K + 1850$$

ここに、K：冷却時の温度

つぎに、ここで得られた関係式を

利用して、任意のゼラチン濃度に対する冷却時の温度と弾性係数の関係を求めてみる。

弾性係数と冷却時の温度の関係式を $E = \alpha K + \beta$ と表わし、6%, 14%, 20%の濃度につりく得られた α , β の値を、横軸にゼラチン濃度をとって表わすと、図-4に示すようになる。

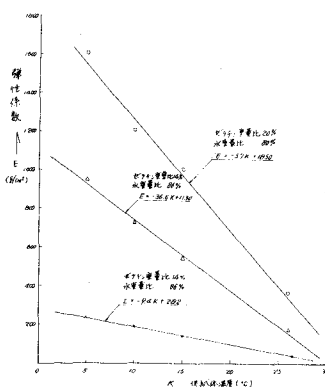


図-3 供試体温度と弾性係数

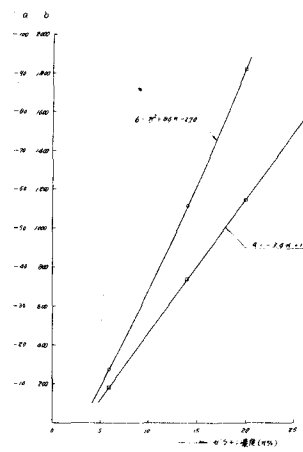


図-4 $E = \alpha K + \beta$ における α , β とゼラチン濃度の関係

図-4より、 α , β の値として、

$$\alpha = -3.4n + 11$$

$$\beta = n^2 + 86n - 270 \quad \text{ここに、} n : \text{ゼラチン濃度}$$

を得ることが出来る。したがって、任意のゼラチン濃度に対する関係式は、

$$E = (-3.4n + 11)K + n^2 + 86n - 270 \quad \text{----- (1)}$$

と表わすことができる。この式を求めた6~24%までのゼラチン濃度に対する関係式を図-5に示す。

提案した(1)式によって計算した値をふりがえて図-2に示す実測値と比較すると、図-6に示すとうりぐ、ゼラチン濃度が20%以下の場合では両者は非常によく合っている。しかし、22%以上になると両者にかなり差がくぐり、濃度が高い場合は計算値に多少の補正が必要である。いま、この補正量として、図-

6に示す実測値と供試体温度での計算値の差をとることにして、これを冷却時の温度が15℃の場合に換算すると、図-6の上側に示ようになる。同様な方法で、冷却時の温度が5℃、10℃、15℃、20℃、25℃の5つの場合について、6%~30%までのゼラチン濃度に対する弾性係数を求めると、図-7に示すとうりぐある。実際の実験ぐは、ゼラチンの濃度は透明度の関係から12%以下くらいとするのがよく、この場合には図-6からぐ補正の必要はなく、ここに提案した計算式で計算される値ぐ十分ぐあるといふよう。

3) ゼラチン冷却時間と弾性係数の関係

冷却時間が23、30、41、48、72、88、96、117時間と経過した後、の弾性係数を求めると図-8に示すとうりぐある。図-8では、測定時の温度が異なるため、測定値にバラツキがあるが、(1)式を用いて冷却時の温度が15℃の場合に換算すると、図-9に示すようになり測定値がある範囲にまとまってくる。図-9より、測定値に多少のバラツキはあるが、5日程経過しくも、弾性係数には実用上変化はないと判断しくしよいようである。ただし、乾燥には十分注意しなくてはならない。

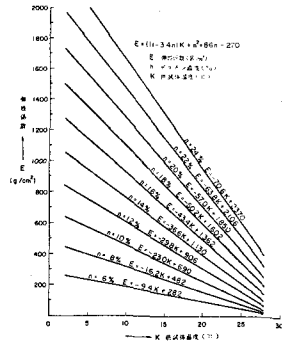


図-5 各ゼラチン濃度における供試体温度と弾性係数の関係

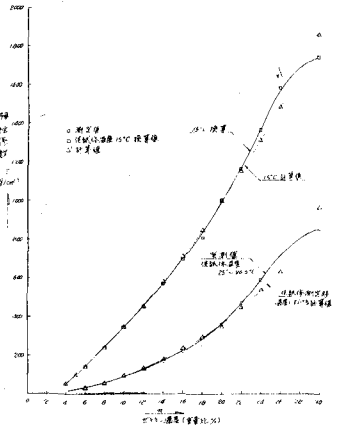


図-6 ゼラチン濃度比と弾性係数

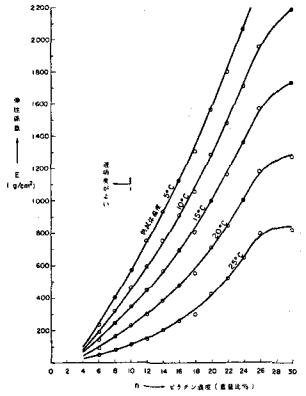


図-7 各温度におけるゼラチン濃度と弾性係数の関係

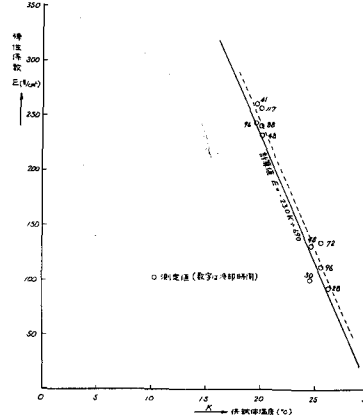


図-8 冷却時間と弾性係数 (その1)

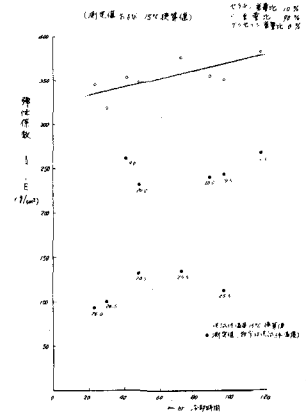


図-9 冷却時間と弾性係数 (その2)

4) グリセリンの混入による弾性係数の変化

供試体の冷却時間が22～26時間経過

した後の弾性係数を求めると、図-10に示す通りである。ここで、冷却時の温度はゼラチン濃度が10%の場合が約25℃、14%、18%の場合が約19℃でほぼ一定であった。図-10より、ゼラチンの各濃度とも、グリセリンの混入量の増加に伴って弾性係数は増加するが、その増加の割合はゼラチン濃度が高いほど大きい。

つぎに、図-10では、供試体の冷却時の温度に少し差があるが、これを一定にするため(1)式により、15℃での弾性係数に換算すると図-11に示すようになる。これらの図から、ゼラチン濃度が10%の場合には、グリセリンの添加による影響はあまり大きくないことがわかる。

なお、ゼラチンの単位体積重量はゼラチン濃度が10%の場合で約1.01～1.02 g/cm^3 であり、濃度の大小による差は些少であった。また、グリセリンを添加した場合はわずかに増加したが、これも増加の程度は些少であった。

5 あとがき

以上、地盤模型材料としてのゼラチンについて試験を行ない、弾性係数と濃度あるいは冷却時の温度等の関係を調べた。それによると、弾性係数には冷却時の温度が非常に大きな影響をおよぼすことがわかり、これについてよく実験式を得ることができた。また、この式に基づいて特定の温度について、冷却温度と弾性係数の関係を示した(図-7)が、実験時の温度がわかれば、必要とする剛さの模型を得るに必要なゼラチンの濃度を容易に求めることができる。模型が小さく、さらに複雑になれば、模型の製作に日数を要するため、冷却時間と弾性係数との関係、さらにゼラチンの組成あるいは原料の相違による影響などにについては、今後さらに検討を加えることが必要であるといえよう。

参考文献

- 1) 栗林・若崎・江: "沈埋トンネルの耐震性に関する調査報告—沈埋トンネルの模型振動実験—", 土木研究所資料 第747号, 1972年3月
- 2) 田村・岡崎: "沈埋トンネルの模型振動実験", 第11回地震工学研究発表会議演習要, 1971年7月
- 3) 土木学会岩盤力学委員会: "土木技術者のための岩盤力学", 1966年11月
- 4) 宮城化学工業株式会社 カタログ: "食用ゼラチンゼライズ他"

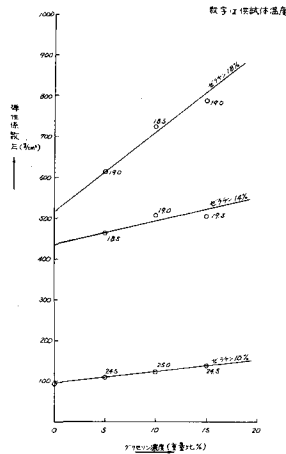


図-10 グリセリン重量比と弾性係数(その1)

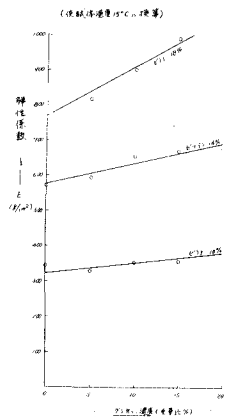


図-11 グリセリン重量比と弾性係数(その2)