

鹿島建設技術研究所

田中 益弘
○ 深澤 榮造
塙 信之

I. はじめに

凍土をシールド接合部の耐力壁として利用する場合、凍土の曲げ特性を明らかにしておく必要があるが、凍土の曲げ特性に関する試験データは少ない。そこで、筆者らは凍土の曲げ特性を把握することを目的として、一連の曲げ試験を実施しており、その一部(載荷方法、塩分濃度の影響について)はすでに報告した¹⁾。今回は、試験時のひずみ速度が凍土の曲げ強さにどの程度の影響をおよぼすかについて調べたので、その結果について報告する。

1) 試料：試料は豊浦産標準砂と岐阜県産調整粘土である。供試体は、含水比調整した試料を4cm×4cm×16cmの鋼製モールド内で急冷凍結させて作成した。土性値と供試体作成条件を表-1に示す。

2) 曲げ試験装置：試験装置は、低温恒温槽を有する万能試験機であり、供試体周囲の雰囲気保持は炭酸ガスを用いた。ひずみ速度の設定はプログラム装置によって行い、データはX-Yレコーダで記録した¹⁾。

3) 方法：試験は、-10℃、-20℃で凍結した供試体を万能試験機の低温恒温槽内の載荷装置に設置して、設定したひずみ速度で、図-1に示す中央集中一点載荷方式で行った。ひずみ速度は、0.1、1.0、10%/minの3種類である。

III. 試験結果及び結果の検討

1) 応力～ひずみ曲線

表-1 土の物性値及び供試体作成条件

土の物性値			供試体作成条件		
項目	標準砂	調整粘土	項目	標準砂	調整粘土
比重Gs	2.647	2.660	含水比W(%)	25	60
液性限界 W_L (%)	—	42.5	塑性限界 W_P (%)	95-199	59-164
塑性指数 I_P (%)	—	21.0	飽和度 S_r (%)	95以上	95以上
粒度	砂50%	4	塩分濃度(%)	0,1,2,3	0,1,2,3
組成	粘土0%	35	凍結温度(℃)	-10,-20	-10,-20
	粘土0%	61			

※ 供試体作成時の水の塩分濃度(溶液に対する溶質の重量百分率)で表示。

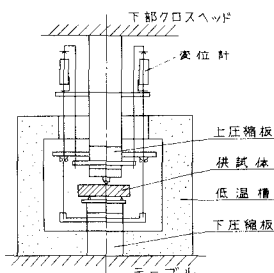


図-1 試験槽(載荷装置)

各ひずみ速度の代表的な応力～ひずみ($\sigma \sim \epsilon$)曲線を、図-2に示す。この図から、 $\sigma \sim \epsilon$ 曲線は、初期の立上りが大きく、破断点まではほぼ直線的に伸び、明らかな破断点を示すぜい性破壊形態を示すものと、初めからゆるやかな上昇カーブを示し、ある荷重からはひずみだけが進行し、破断点が明確に現れない延性破壊形態を示すものとに、大別することができる。これ

を、ひずみ速度($\dot{\epsilon}$)との関係でみると、塩分濃度0%の試料は、砂、粘土とも、 $\dot{\epsilon}$ が大きなものは前者のぜい性破壊形態を示し、 $\dot{\epsilon}$ が0.1%/minと小さくなってくると、後者の延性破壊の壊れ方を示してくる。

これに対して、試料の中に塩分が入ってくると、砂、粘土ともひずみ速度に関係なくすべて延性破壊の壊れ方を示している。図-3は、 $\sigma \sim \epsilon$ 曲線から最大荷重に対応したひずみ(ϵ_{max})をひずみ速度($\dot{\epsilon}$)との関係でプロットしたものである。この図から、最大荷重が現れるひずみ(ϵ_{max})は、 $\dot{\epsilon}$ が0.1%/minでは $\epsilon_{max}=4 \sim 10\%$ と大きい。が、 $\dot{\epsilon}$ が10%/minになると、 $\epsilon_{max}=1 \sim 5\%$ と小さくなっている。また、 ϵ_{max} と破壊形態との関係を個々にみると、 ϵ_{max} が5%以上の値を示す供試体は

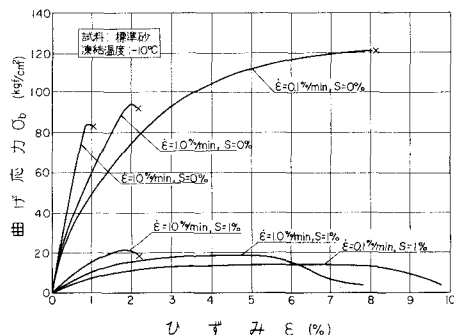


図-2 応力～ひずみ曲線

先の図-2の $\sigma \sim \epsilon$ 曲線で明らかな破断点が見られない延性破壊の破壊形態を示している。このような延性破壊を示す供試体は最大荷重と思われる点で曲げ強さをとると、ひずみの大きな塑性域で値を求めることになり、値を求める計算過程(弾性解)から考えると、無理があるものと思われる。例えば、アスファルトの曲げ試験においては、5%ひずみで規定して曲げ強さを整理している報告がある²⁾。そこで、ここでは、延性破壊を示す供試体の曲げ強さはアスファルトの曲げ試験の整理方法に準じて、5%ひずみの載荷重(5%以下の場合には、それまでの最大荷重)を用いて図-4に示す方法で整理した。

2) ひずみ速度と曲げ強さとの関係

ひずみ速($\dot{\epsilon}$)と曲げ強さ(σ_b)との関係を、図-5に示す。図は、砂と粘土の塩分濃度0%と3%の凍結温度-10℃と-20℃の値を示したものである。また、塩分濃度0%の一軸圧縮強さの値を示した。この図から、 $\dot{\epsilon}$ と σ_b との関係は、塩分濃度0%の砂試料でわずかに逆勾配の形を示しているが、粘土試料ではほぼ一定である。また塩分濃度3%の試料ではひずみ速度と共に若干曲げ強さは大きくなるが、全体的には、曲げ強さは、ひずみ速度に関係なくほぼ一定の値を示している。これらの傾向は、温度によってもほぼ同じであり、一軸圧縮強さにおよぼすひずみ速度の影響に比較して、曲げ強さにおよぼすひずみ速度の影響が小さいことがわかる。図-6は、曲げ強さ・圧縮強さ比(σ_b/σ_u)とひずみ速度の関係を示したものである。その比は、ひずみ速度が小さいほど大きくなり、特に粘土においては、ひずみ速度が1%/min以下になると曲げ強さは圧縮強さより大きくなる。ひずみ速度が10%/minになると粘土と砂の強さ比(σ_b/σ_u)の差は小さくなり、その値(0.4~0.7)は凍土の設計基準強度例などにみられる強さ比に近くなっている。

IV. まとめ

今回の試験結果をまとめると次のようになる。

- 1) ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ の大きい $\sigma \sim \epsilon$ 曲線は、せい性破壊形態を示すが、 $\dot{\epsilon}$ が小さいと、延性破壊形態を示す。
- 2) 塩分含有の違いにより、若干の差はみられるものの、曲げ強さはひずみ速度に関係なくほぼ一定の値をとり、ひずみ速度が曲げ強さに反ばす影響は小さい。
- 3) 曲げ・圧縮強さ比 σ_b/σ_u は、砂よりも粘土の方が大きく、また $\dot{\epsilon}$ の増加とともに小さくなる傾向がある。

V. あとがき

今回、延性破壊を示す供試体の曲げ強さは、5%ひずみで規定し、ひずみ速度との関係を調べた。一部、圧縮強さよりも曲げ強さの方を上まわるといった結果も生じているので、これらの点については、今後さらに検討していく予定である。

参考文献

- 1) 田中他、凍土の曲げ特性について、第18回土質工学発表会、昭和58
- 2) 重松他、フィルム透水登用アスファルトコンクリートの凍断現象について、東島年報20昭和47
- 3) 土木研究所、地盤凍結工法指針(案)土木研究資料 1540号、昭和55

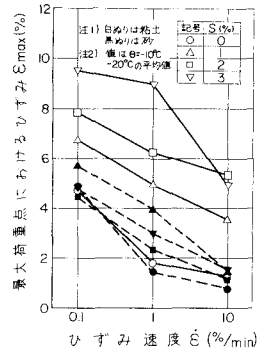


図-3 ひずみ速度と最大荷重点におけるひずみとの関係

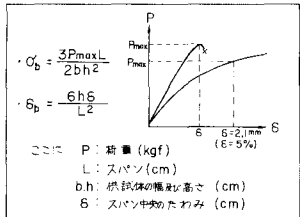


図-4 曲げ強さの整理方法

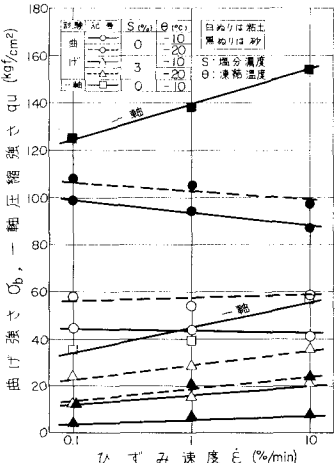


図-5 ひずみ速度と曲げ強さとの関係

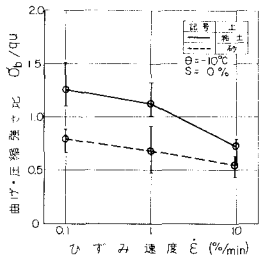


図-6 ひずみ速度と曲げ・圧縮強さ比との関係