砂と粘土の互層凍土梁の曲げ実験(3) -縦断面に平行な互層凍土梁の場合-

精研	正会員	○姜	仁超
精研		山本	英夫
精研	正会員	生頼	孝博

1. はじめに

地盤凍結工法において, 互層地盤凍土の力学 特性を把握する目的で, 互層凍土梁の曲げ実験 を行なってきている. 前報 ^{1), 2)}では, 図1, 2 の互層凍土梁の実験結果を示した. 今回は, 図 3に示す縦断面に平行な互層凍土梁(以下,合 成凍土梁(Ⅲ)と略称)とそれを砂凍土に置き換 えた等価砂凍土梁の曲げ実験結果を示す.

2.供試体作製と実験方法

試料土は、藤の森青粘土と豊浦硅砂を用いた(以下、粘土、砂と略 称).水と風乾粘土でスラリー粘土を作り、鋼製型枠に空気が入り込 まないようにスラリー粘土を充填後,上面と側面を断熱材で覆い, -10℃の低温室内で型枠底面から一次元凍結させた. 凍結した粘土試 料の上端面を整形し、長さ 160×幅 10×高さ 40mm の粘土凍土2本を 予め作製して、鋼製型枠の両側面に設置し、鋼製型枠及び整形した粘 土凍土を約-2℃に維持しながら、型枠底面に打撃を加えながら型枠内

に所定量まで 0℃附近のプラス温度まで冷却 した水練り砂を充填した.上面と側面を断熱 材で覆い、-10℃の低温室内で型枠底面から一 次元凍結させた.凍結完了後,上端面を整形 したものを合成凍土梁供試体とした(図3).

梁の上(下)縁の中央部及び側面のひずみ, 梁中央部たわみの経時変化を計測した.実験 温度は-5℃及び-10℃,梁の上(下)縁の実験 ひずみ速度は*ἑ*=0.12~0.17%/min であった.





4

3

2

1

0

0

1

2

図5 荷重~たわみ曲線(-10℃)

3

たわみ (mm)

荷重

- 粘土

- 砂

- 砂1

- 砂2

4

合成

5

3. 実験結果

合成凍土梁(Ⅲ)では、荷重スパン内の凍土にクラックが生じて破壊した.図4と5に-5℃と-10℃の荷重~たわ み曲線の例を示す.本節で示す図中にある"砂1"および"砂2"は、合成凍土梁(Ⅲ)を砂凍土梁に等価変換し たもので、等価変換の詳細は次節で述べる.粘土凍土と砂凍土梁の実験結果も併記した.凡例に示す"合成"が合 成凍土梁(Ⅲ)である.-5℃と-10℃ともに,等価砂凍土梁の変形挙動とほぼ一致することがわかる.図6と7に-5℃, -10℃の荷重~ひずみ曲線の例を示す.曲線の最後は赤矢印で示したデータが乱れているのは、ひずみゲージが凍土 から離れたためである。ひずみゲージが凍土から離れる前の引張と圧縮ひずみの形は左右対称形でほぼ一致してい る.図8に最大荷重と実験温度の関係を示す.温度が低くなると最大荷重が大きくなる.

5

(kN) 3

荷重

2

1

0

0

-5°C

2 3

1

粘土 - 砂

- 砂2

7

砂1

合成

4 5 6

たわみ (mm)

図4 荷重~たわみ曲線(-5℃)

(a)

キーワード 互層, 凍土, 等価曲げ剛性, 等価変換, 曲げ

連絡先 〒542-0066 大阪市中央区瓦屋町2丁目11番16号 ㈱精研 技術本部 TEL06-6768-5031





4. 考察

梁の弾性曲げ理論により曲げモーメントに対する曲 率 ϕ , たわみ δ は各々次式で与えられる³⁾.

$$\phi = \frac{M}{\sum_{i=1}^{n} E_{i} I_{i}} \qquad (1) \qquad \qquad \delta = \int_{A}^{B} \phi x \, dx \qquad (2)$$

ここに, E_i は第 i 部材の弾性係数, $\sum_{i=1}^{n} E_{i}I_{i}$ は合 I_iは第 i^{ⁱ部材の梁中} 成凍土梁断面の等価曲げ剛性, 立軸に関する断面二次モーメントである.

土質構成が異なる凍土梁でも,同じ大きさの荷重を受けて同 じ大きさのたわみが生じる場合があり、このとき、その挙動を 等価変形,それらの梁は等価梁と呼ばれる.

等価変形が起る必要条件は,式(1),(2)から等価曲げ剛性 が等値となることである.図9に合成凍土梁(Ⅲ),等価砂凍 土梁1,等価砂凍土梁2の横断面の写真を示す.そこで、"1 回等価"が合成凍土梁(Ⅲ)を等価砂凍土梁1への梁横断面で の幅方向, "2回等価"が等価砂凍土梁1を等価砂凍土梁2へ の梁横断面での高さ方向の等価変換である.等価砂凍土梁1の 高さは 40mm, 幅が A であり, その中の B は合成凍土梁(Ⅲ) の 20mm 粘土部分と曲げ剛性の等値により求める, 等価砂凍土 梁2は,幅が40mmであり,等価砂凍土梁1の横断面寸法から,

砂 砂 40 砂 40 回等 回等 20 20 粘土 B 40 40 40 価 価 合成凍土梁(Ⅲ) 等価砂凍土梁1

(kN)

最大荷重

3

2

1

0

O 合成

Δ砂1

×砂2

-11-10 -9 -8 -7 -6 -5

図8 最大荷重~温度関係

温度 (℃)

等価砂凍土梁2

40

4

合成凍土梁(Ⅲ)と等価砂凍土梁の等価変換の例 図 9

表1 実験例の横断面パラメータ(-5℃)

梁の種類	E (Gpa)	$\frac{\Sigma \text{EI}}{(\text{Gpa} \cdot \text{mm}^4)}$	I (mm ⁴)	高さ (mm)	幅 (mm)
合成(粘土)	0.87	92800	106700	40	20
合成(砂)	2.05	218700	106700	40	20
合成		311500	213400	40	40
砂1	2.05	311500	151800	40	A=28.4
砂2	2.05	311500	151800	H=35.7	40

実験例の横断面パラメータ(-10℃) 表2

梁の種類	E (Gpa)	$\frac{\Sigma \text{EI}}{(\text{Gpa} \cdot \text{mm}^4)}$	I (mm ⁴)	高さ (mm)	幅 (mm)
合成(粘土)	2.28	243200	106700	40	20
合成(砂)	5.40	576000	106700	40	20
合成		819200	213400	40	40
砂1	5.40	819200	151800	40	A=28.4
砂2	5.40	819200	151800	H=35.7	40

曲げ剛性の等値により等価砂凍土梁2の高さHを求める.等価変換した結果を表1と表2に示す.なお,表中の"合 成(粘土)"と"合成(砂)"は合成凍土梁の粘土と砂凍土の意味である. 合成凍土梁(Ⅲ)と等価砂凍土梁の実験 結果を図4~8に示す.実験結果が弾性変形と弾塑性変形にもかかわらず、全ての曲線がほぼ一致する.これより、 合成凍土を砂凍土に置き換えた等価変換は、弾塑性変形にも適用できることを示している.

5. まとめ

1) 合成凍土梁(Ⅲ) は曲げ剛性を等値することによって得られる等価砂凍土梁と同じ(等価)変形挙動が起る.

2) 等価砂凍土梁に幅と高さ方向に2回等価変換ができる. 3) 温度が低下すると最大荷重が大きくなる.

参考文献

1) 姜仁超他:砂と粘土の互層凍土梁の曲げ実験,土木学会第60回年次学術講演会,3-348, pp695-696, 2005.9.

- 2) 姜仁超他:砂と粘土の互層凍土梁の曲げ実験(2),土木学会第61回年次学術講演会,3-359,pp713-714,2006.9.
- 3) 谷資信 :構造力学(I), 鹿島出版会, pp. 176~182, 1995.2