

## 定荷重を作用させた鋼管複合凍土梁の変形と破壊

(株)精研 技術本部 正会員 森内 浩史  
 (株)精研 技術本部 正会員 上田 保司  
 (株)精研 技術本部 正会員 生頼 孝博

**1. はじめに** 鋼管複合凍土梁の曲げ実験を行い、凍土の破壊や凍着切れが生じる荷重を調べてきた<sup>1)</sup>。しかしながら実施工では、実験とは異なり定作用荷重で長期開放状態に曝されるため、凍土のクリープ変形が生じる。今回、鋼管複合凍土梁に定荷重を作用させた曲げ実験を行い、変形と破壊荷重を調べた。

**2. 実験方法** 図1に鋼管複合凍土梁の実験模式図を示す。試料土は豊浦硅砂で、実験温度は -5 である。梁の三等分点に定荷重を載荷した状態で、実験中における梁の中央部凍土のたわみを差動トランスで計測した。同時に図1に示す位置に貼り付けたポリイミド製の歪ゲージによって、鋼管および凍土の梁長手方向の歪を計測した。作用荷重 P は、表1に示すように 7.14kN, 10.72kN の2種類とした。P=7.14kN とは、表1に示す構造解析<sup>2)</sup>結果から、鋼管複合凍土梁の最大応力発生箇所である凍土圧縮縁に、 $\sigma_c=2.0\text{MPa}$  が生じる荷重である。

$\sigma_c=2.0\text{MPa}$  とは、図2に示す凍土単体梁における曲げクリープ強度に相当するクリープ限界応力である。また、これらの実験での表面の滑らかな鋼管以外に、溝を設けて凍着せん断強度を高めた鋼管を用いた鋼管複合凍土梁に  $\sigma_c=3.0\text{MPa}$  が生じる荷重を作用させた実験を加えて、凍土と鋼管との凍着せん断強度の違いによる影響も調べた。以下では、溝なし実験、溝あり実験と区別して示す。

なお、実験結果を検討する際の参考にするために、凍着せん断試験<sup>3)</sup>から凍着せん断強度と歪速度の関係も調べた。

### 3. 実験結果 3-1. たわみの経時変化と破壊荷重

図3に、 $\sigma_c=2.0\text{MPa}$  を生じさせた場合と、 $\sigma_c=3.0\text{MPa}$  を生じさせた場合の、溝なし実験における凍土たわみの経時変化を示す。

まず、 $\sigma_c=2.0\text{MPa}$  の場合、鋼管複合凍土梁の凍土たわみの増加は緩やかであり、図中に併記した凍土単体梁がクリープ破壊に至った時間を過ぎても、鋼管複合凍土梁の凍土ではクリープ破壊は生じなかった。なお、鋼管単体梁（作用荷重 7.14kN）のたわみとの比較から、鋼管複合凍土梁では鋼管はクリープ変形せず、凍土のみクリープ変形することが確認される。次に  $\sigma_c=3.0\text{MPa}$  の場合、載荷後 1.6 日程度で凍土がクリープ破壊した。破壊後の梁の目視観察では、凍土と鋼管の凍着が切れていた。

図4に  $\sigma_c=2.0\text{MPa}$  での凍土および鋼管の歪の経時変化を示す。荷重を増加させる曲げ実験<sup>4)</sup>では途中で凍着切れが生じると凍土の

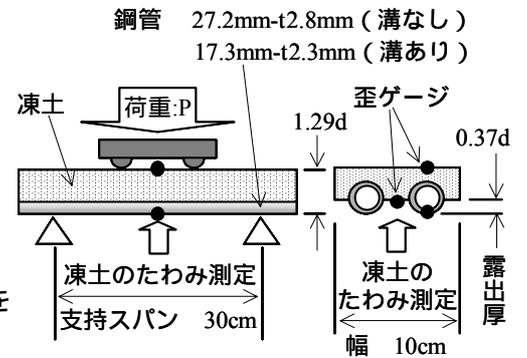


図1 鋼管複合凍土梁の曲げ実験模式図

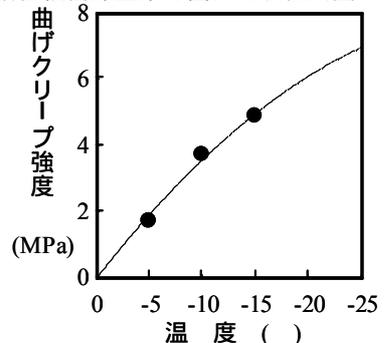


図2 凍土単体梁における曲げクリープ強度

表1 クリープ限界応力条件での構造解析<sup>2)</sup>結果

凍土圧縮応力 $\sigma_c$ (MPa)	2.00	3.00
(曲げクリープ強度)		
凍土引張応力 $\sigma_t$ (MPa)	0.40	0.60
凍着せん断応力 $\sigma_{tf}$ (MPa)	0.24	0.37
作用荷重 P (kN)	7.14	10.72

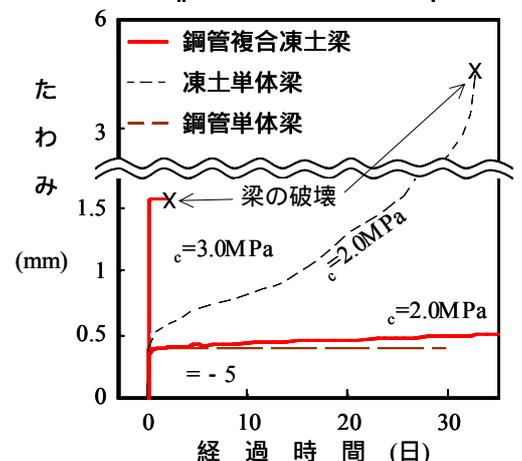


図3 凍土たわみの経時変化

キーワード 凍土, パイプルーフ工法, 凍着

連絡先 〒542-0066 大阪市中央区瓦屋町2丁目11番16号 (株)精研 TEL:06-6768-5031 FAX:06-6768-1508

歪が鋼管の歪に追随しなくなるが，図4では凍土引張端の歪は鋼管引張端の歪に追随しており，凍着切れは生じていない．また，凍土引張端の歪（梁長手方向）はほとんど増加しないことから，鋼管複合凍土梁における凍土のクリープ変形は，主に梁高さ方向に生じる．

以上の結果から，鋼管複合凍土梁では，鋼管との凍着によって凍土のクリープ変形が抑制されるため，凍土にクリープ限界応力が発生してもクリープ破壊に至るとは限らないことがわかる．

3-2. 凍着せん断強度の違いによる梁の破壊の有無

図5に  $\sigma_c=3.0\text{MPa}$  を生じさせた溝なし実験と溝あり実験の凍土たわみの経時変化を示す．溝なし実験では1.6日経過後に破壊に至ったが，溝あり実験では凍土と鋼管との凍着が維持されており，載荷後4日経過してもクリープ破壊に至らなかった．つまり，凍土と鋼管との凍着が維持される限り，凍土のクリープ破壊は生じないと考えられる．

3-3. 歪速度による凍着せん断強度の低下と梁の破壊に及ぼす影響

試験から得られる凍着せん断強度と，本実験における凍着せん断応力解析値とを比較して，凍着切れと梁の破壊との因果関係を調べた．通常，凍着せん断強度は歪速度  $0.1 \sim 1.0\%/min$  程度の凍着せん断試験（以下，短期凍着試験）から求めるが，定荷重が作用した鋼管複合凍土梁の凍着面における歪速度は極めて遅く，凍着せん断強度は短期凍着試験の結果よりも小さいと考えられる．

そこで，図6に歪速度を変化させた短期を含む凍着せん断試験の結果を示す．図中に溝なし実験および溝あり実験での凍着せん断応力解析値を破線で併記する．また，凍着せん断試験における荷重を一定に保ち，凍着面に  $0.24\text{MPa}$ （表1参照）を作用させた状態で，鋼管押し込み量から凍着面における歪速度を求めた．図6の解析値（破線）上に示す凍土単体梁がクリープ破壊に至った32日経過後の歪速度を，溝なし実験における歪速度の目安とする．

溝なし実験における  $\sigma_c=2.0\text{MPa}$  の場合，凍着面の歪速度（ ）では実線が破線を上回り，凍着切れが生じていないことが確認できる．一方，  $\sigma_c=3.0\text{MPa}$  では，短期凍着試験での歪速度  $0.1 \sim 1.0\%/min$  では実線が破線を上回るが，歪速度が  $10^{-4}\%/min$  以下では両者の大小関係が逆転するため，低歪速度による凍着せん断強度の低下が梁の破壊を招いたと推察される．なお，溝あり実験については のような歪速度の確認を行って

いないが，溝あり鋼管の凍着せん断強度は溝なし鋼管よりも3～5倍程度大きく，溝あり実験では歪速度が低下しても凍着せん断強度が破線の応力解析値を下廻らなかったと推察される．

以上より，定荷重が作用した鋼管複合凍土梁の安全性を検討する場合，低歪速度による凍着せん断強度の低下を考慮する必要がある．

4. まとめ 定荷重が作用した鋼管複合凍土梁の変形と破壊荷重を調べた結果，以下のことがわかった．

- 1) 鋼管との凍着により凍土のクリープ変形は抑制される．
  - 2) 凍土と鋼管との凍着切れが生じない限り，鋼管複合凍土梁における凍土のクリープ破壊は生じない．
  - 3) 定荷重が作用する鋼管複合凍土梁の安全性を検討する場合，凍着せん断強度の歪速度依存性を考慮する必要がある．
- 参考文献 1) 森内他(2004),土木概要集, -008,pp.15-16. 2) 上田他(2001),土木論文集, No.694/ -57, PP.81-90. 3) 森内他(2003),雪氷予稿集, pp.186. 4) 森内他(2003),土木概要集, -377, pp.753-754.

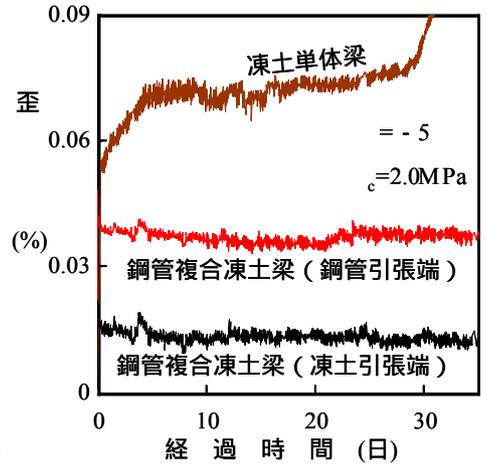


図4 凍土および鋼管の歪の経時変化

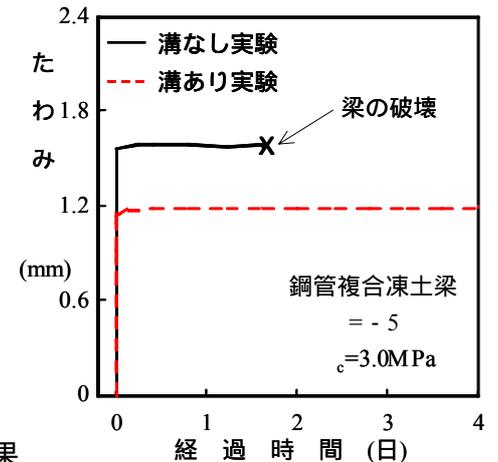


図5 鋼管表面の溝の有無による梁変形の相違

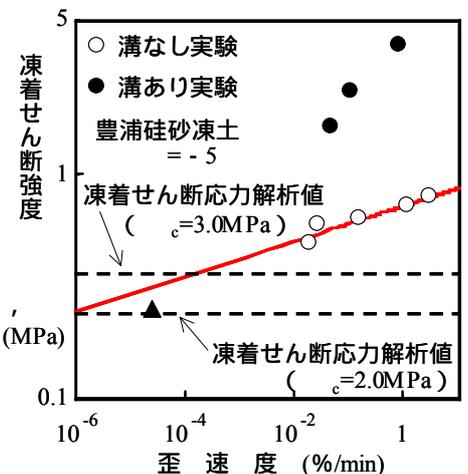


図6 歪速度と凍着せん断強度との関係