

Ⅲ-B356

鋼管包含による凍土の増強効果 (2)

— 合成ばりとしての力学的挙動解析 —

(株) 精研

○正会員 上田保司

(株) 精研

正会員 生頼孝博

東京都立大学名誉教授

正会員 山本 稔

1. 緒言 地盤凍結工法での凍結膨張対策の1手法として、鋼管包含により強度増加を図り、造成凍結土量を減らす事を検討している¹⁾。この場合に設計段階で造成凍結土量を決めるには、複合構造体としての解析手法が必要となる。本報告では前報の実験結果を、モデル化した鋼管・凍土の応力-歪曲線を用いて完全合成ばりとして解析する事を試みた。解析結果に基づいて鋼管包含による増強効果を評価した。

2. 解析手法 複合構造体の解析手法としては鉄筋コンクリート (RC) などに適用される確立された手法がある²⁾が、図1に示すようにRCと鋼管包含凍土とは以下の点に相違があり、RCの手法をそのまま鋼管包含凍土に適用する事は出来ない。

(1) 凍土は圧縮強度と引張強度との差が小さいので、引張側の凍土を無視して解析する事が出来ない。

(2) RCに比べて断面に占める鋼管の形状が大きい為、鋼管内部の応力分布も考慮する必要がある。

図2に示すように上述の事情を考慮した上で、凍土と鋼管の凍着が破壊に至るまで切れる事の無い完全合成ばりとして解析する事とした。図中にも示すように圧縮端または引張端の歪を決めると断面力の釣り合いから中立軸の位置及び降伏領域の大きさが決定される。次にモーメントの釣り合いから上述の歪分布に見合う外部モーメントが求まる。また計算される凍着応力が凍土と鋼管との凍着強度を超えれば、現実には凍着切れを起こす事となる。なお凍土、鋼管各々の圧縮、引張端で降伏歪を超えない段階では降伏領域2, 4, 6, 8は発生しない。鋼管径が中立軸を下回り鋼管断面がすべて引張側にある場合は領域5, 6は発生しない。

3. 実験結果への適用 前報の実験結果¹⁾を上述の手法で解析する事を試みた。解析に必要な凍土、鋼管の応力-歪曲線は別に行った各々の単体の試験結果に基づき、図3のようにバイリニアモデル化した。図4に示す砂凍土に鋼管凍土、凍結膨張、応力-歪関係、室内実験、線形解析

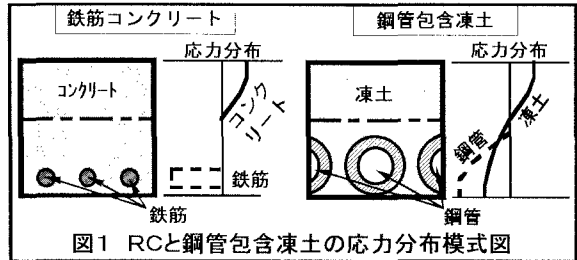


図1 RCと鋼管包含凍土の応力分布模式図

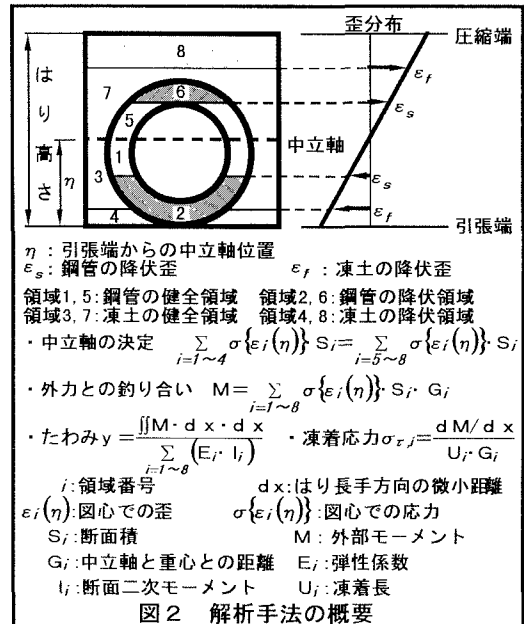


図2 解析手法の概要

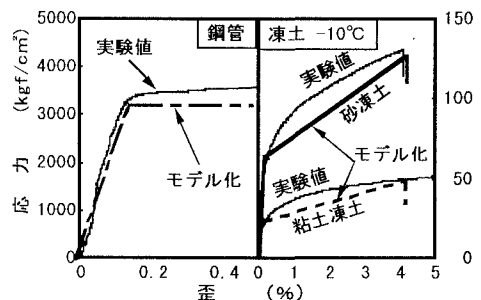


図3 応力-歪曲線のモデル化

管を包含した場合の荷重～たわみ曲線では、実験値と解析値とは概ね一致している。この実験で用いられた鋼管は凍土との凍着力を増す為に表面に溝を設けてあり、砂凍土及び粘土凍土との凍着強度は押し抜き実験で確認されている³⁾。図4の上図に示すように、凍着応力の解析値は凍着強度をかなり下回っており、鋼管と砂凍土の複合ばりは破壊に至るまで合成ばりとして機能したと考えられる。

図5に示す粘土凍土に鋼管を包含した場合の荷重～たわみ曲線では、解析値はたわみ増加に伴う初期の直線的な荷重増加から変曲点を過ぎるあたりまでは実験値によく追従するものの、途中からは実験値と解析値の曲線の傾向が異なっており、破壊荷重は実験値よりも大きくなっている。図5上図の凍着応力の解析値は凍着強度を途中で上回るか近い値となっており、鋼管と粘土凍土の複合ばりの場合は破壊に至る前に凍着が切れて合成ばりから重ねばりへ移行したため、合成ばりでの解析とずれたのではないかと推察される。

図6に示すように破壊荷重の実験値をはりの高さで整理し、解析値と比較した。鋼管包含による増強効果確認の為にを行った凍土単体のはりの実験結果を図中に併記する。砂凍土と鋼管の複合ばりでは実験値（図中の▲）と解析値（図中の実線）とは概ね良好に一致し、上述のように合成ばりで計算出来る事が分かる。これに対して粘土凍土と鋼管の複合ばりの解析値（図中の破線）は実験値（図中の●）よりも大きく、上述の凍着切れの影響が考えられる。この場合は凍着力をより高める事でもっと大きな増強効果が得られる可能性がある。

以上から、本解析手法は鋼管包含凍土に適用出来ると考えられる。

増強効果確認の為、図7に示すように破壊荷重について凍着切れを起こさない解析値と凍土単体の実験（図6の△、○）の平均値の比を、はり高さで整理した。実施工への適用としては鋼管径の2～3倍程度の凍土厚を考えているが、これに見合うはり高さ3～5cmでは砂で4～5倍、粘土では8～15倍の強度増加であり、増強効果は粘土凍土の方が大きかった。はり高さが大きくなると両者の差は小さくなり増強効果も低減するが、実験範囲で2倍以上の強度増加は確保している。

今後本手法を現場に適用するには、安全率を含む設計凍土厚の決め方や、凍土

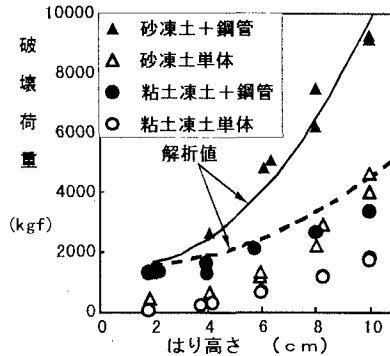


図6 はり高さと破壊荷重の関係

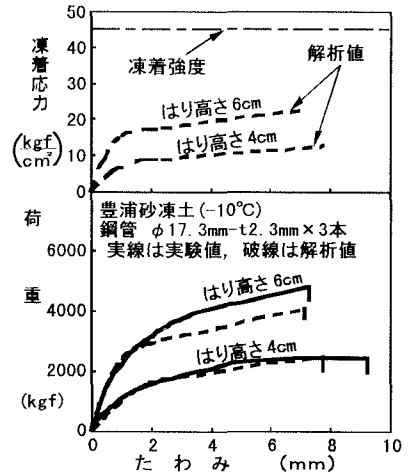


図4 荷重～たわみ曲線の例

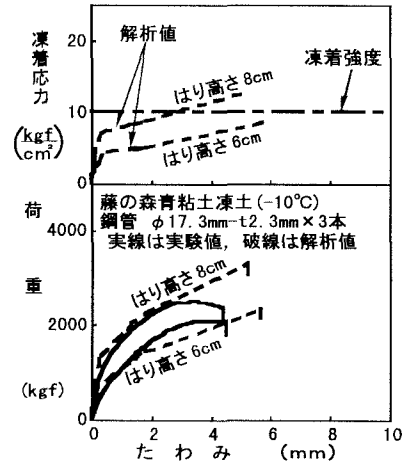


図5 荷重～たわみ曲線の例

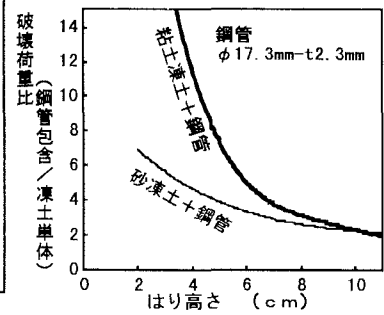


図7 はり高さと破壊荷重比の関係

の力学特性に影響する温度や塩分濃度などの条件が異なる場合の応力-歪曲線のモデル化が必要である。

4. 結言 凍結膨張対策として鋼管を包含して凍土造成量を少なくする目的で、前報の実験の合成ばりとしての解析を試み、その妥当性を確認した。解析では鋼管包含による増強効果は砂凍土よりも粘土凍土の方が大きかった。今後は残された課題を解決して凍結膨張対策に役立てたい。文献 1) 上田他(1996):第51回土木学会, Ⅲ-B368. 2) 土木学会(1996):コンクリート標準示方書, 設計編. 3) 上田他(1995):雪氷学会予稿集, p45.