

製管工法で更生された老朽下水道管の集中線荷重載荷試験

大阪市建設局 大杉朗隆・中西啓輔 大阪市大 東田 淳・○狭間智一
 阿南工業高等専門学校 吉村 洋 中央復建コンサルタント 井上裕司

まえがき 老朽下水道カルバートを更生する工法には、既設管の内面に熱硬化性や熱可塑性のプラスチックライナーを巻きたてるライニング工法(口径 800 mm 未満の枝線に適用), uPVC 製の板材 (Plastic Strip, 以下 PS と呼ぶ) を嵌合して既設管内で PS 管を作り, 既設管と PS 管の間をモルタルで充填する製管工法、ならびに既設管に新管を挿入し, 間隙をモルタルで充填する鞘管工法がある。

既設管と更生部材から構成される更生後の管を更生管と呼ぶ。更生管の外力分担の考え方には、既設管に外力を分担させない自立管、既設管が土圧を、またライナーが水圧をそれぞれ分担する二層構造管、既設管と更生部材が一体となって外力を分担する複合管の 3 つがある。著者らは、ライニング工法と鞘管工法で築造された更生管に対してバックリング理論に基づく二層構造管の設計法を提案した¹⁾。一方、口径 800 mm 以上の幹線カルバートでは、ライニング工法は適用範囲外であり、また鞘管工法も新管挿入用の立坑が築造できない場合は適用できないため、これらの条件では製管工法を採用せざるを得ない。この場合、更生管は複合管の考え方に基づいて設計されるが、この設計法は、既設管の残存強度の把握、および既設管の経年劣化に伴う強度低下の把握が困難なところに基本的な問題がある。そこで、著者らは製管工法によって更生した管に対しても、二層構造管と同じく PS 管のバックリングに基づく設計法の適用を提案している²⁾。

本報告では、製管工法で更生した管の力学挙動を把握するために実施した集中線荷重載荷試験について述べる。なお別報³⁾で動的遠心実験に基づいて更生管の地震時安全性を検討しているので併せて参照されたい。

集中線荷重試験に用いた管

実験に用いた 8 本の管を図-1 に、PS 材の断面を図-2 に示す。寸法と機械的性質は、既設管として用いたコンクリート管(RC2 種管): 外径 $D=360$ mm・管厚 $t=30$ mm・管長 $L=59$ cm、PS 管(PS 材を嵌合した管): $D=278$ mm・ $t=9$ mm・ $L=59$ cm、PS 材: 降伏応力 $\sigma_F=320$ kgf/cm² (支持点間隔 144 mm の 3 点曲げ試験で図-2 の上側から載荷した場合の値) ~ 249 kgf/cm² (同じく下側から載荷した場合の値)・ $E=19440$ kgf/cm²・ $\nu=0.38$ 、PS-M 材(図-2 の PS 材の溝にモルタルを充填した部材): $\sigma_F=595$ kgf/cm² (上側から載荷) ~ 283 kgf/cm² (下側から載荷)・ $E=19700$ kgf/cm²・ $\nu=0.38$ 、充填モルタル(2 号): 圧縮強度 $\sigma_c=258$ kgf/cm²・ $E=770000$ kgf/cm²・ $\nu=0.24$ である。

コンクリート管の管頂・管底に集中線荷重 P を載荷し、図-3 の P (管長 59 cm 当り) $\sim \delta_v$ (鉛直たわみ量)曲線を得た。図-3 ならびに実験時の観察から以下が分かった。① $\delta_v < 0.1$ mm の範囲ではコンクリート管は弾性挙動を示す。② $\delta_v = 0.2 \sim 0.5$ mm で管頂と管底にクラックが生じ、 P が一旦低下した後、再び増加する。③ $\delta_v = 10 \sim$

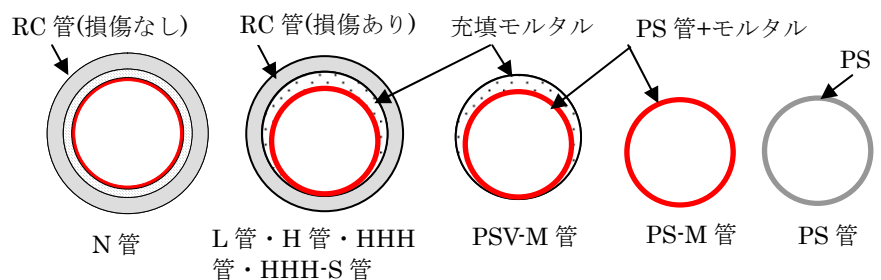


図-1 集中載荷試験に用いた管

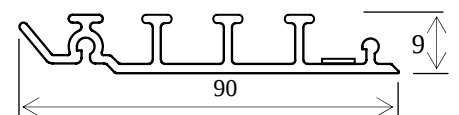
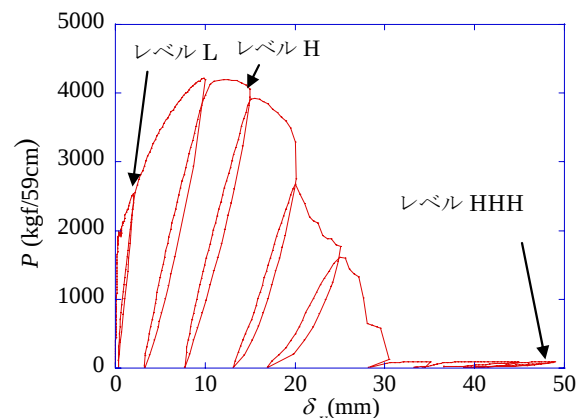


図-2 PS材(#90S)の断面(unit: mm)

図-3 コンクリート管の P - δ_v 曲線と損傷レベル

キーワード: 老朽下水道管、更生、製管工法、集中線荷重載荷試験、損傷レベル

連絡先: 大阪市住吉区杉本 3-3-138、大阪市立大学工学部、TEL & FAX: 06-6605-2725

15 mm で P が最大となる。④ $\delta_v=20$ mm 付近で管側部内面のコンクリートが圧壊し、続いて管側部の鉄筋が破断し、それに伴って急激に P が低下する。⑤ $\delta_v=30$ mm 付近で管頂・管底の鉄筋も破断し、管は 4 つ割りのブロックとなり、曲げ剛性を失う。以上の結果に基づいて、図-3 に示す 3 通りの損傷レベル(レベル L: 管が弾性範囲を超える程度、レベル H: 鉄筋が塑性変形を生じる程度、レベル HHH: 鉄筋が破断し、管がブロック化する程度)をコンクリート管に与えて、既設管の劣化程度をシミュレートした。

損傷コンクリート管、および損傷のない管(損傷レベル N)を鉛直に立て、その内側に、PS 材(図-2)を嵌合した PS 管をいれ、PS 管の溝、および PS 管とコンクリート管との隙間(ボイド部)にモルタルを充填して 5 本の更生管を作製した。これらの更生管を既設管の損傷レベルを用いて N 管、L 管、H 管、HHH 管と呼ぶ。また HHH-S 管は、PS 管と充填モルタルを強制的に縁切りするために、PS 管の溝にモルタルを詰め、その外側にビニールシートを巻いた後、ボイド部にモルタルを打設した。それ以外の 3 本の管は、図-1 に示すように、既設管が劣化によりブロック化した状態に対応する PSV-M 管(既設管なし・ボイド部と PS 管の溝に充填モルタルあり)、さらにボイド部の充填モルタルも消滅した状態と対応する PS-M 管(PS 管・溝にモルタルあり)、および PS 管(モルタルなし)である。なお N 管は管中心接合、それ以外の更生管と PSV-M 管は管底接合とした。

いずれの管も、コンクリート管と PS 管の内外面に、左半分では 22.5° 間隔で 9 箇所、右半分では 45° 間隔で 3 箇所にひずみゲージを貼り付けた。また、端面や管頂・管底付近にも多数のひずみゲージを貼付した。

集中線荷重試験の結果

更生管の載荷試験はモルタルを打設してから 4 週後に実施した。図-4 に更生管の $P\sim\delta_v$ 曲線を、また図-5 に PSV-M 管、PS-M 管、PS 管の $P\sim\delta_v$ 曲線を示す。

① 図-4 から、N 管、L 管、H 管の $P\sim\delta_v$ 曲線は、図-3 に示したコンクリート管の $P\sim\delta_v$ 曲線に比べて、 $P_{\max}$ が 30 % 程度大きい。全体の傾向はよく似ており、 δ_v の増大につれて繰返し載荷ループの勾配がゆるくなることが分かる。 $P_{\max}$ が増えたのは、更生によって管厚が増したためである。また、N 管を合成構造と考えて算定した EI はコンクリート管の EI よりも 1.6 倍程度大きく、この比は N 管とコンクリート管の $P\sim\delta_v$ 曲線の初期勾配の比とほぼ一致した。したがって、これらの更生管は、 δ_v が小さい範囲では合成構造に近い。そして、 δ_v が増大すると更生管の挙動は外側のコンクリート管の挙動に支配される。すなわち、コンクリート管が経年劣化によって損傷が進むにつれて、更生管の耐荷力もコンクリート管と同様に減少する。

② 同じく図-4 から、HHH 管と HHH-S 管の $P_{\max}$ はごく小さく、N 管・L 管・H 管の最後のループの P 程度しかないことが分かる。したがって、製管工法の適用は、文献 4) に規定されているように、外側のコンクリート管の鉄筋が健全な状態に限定すべきことが確認された。

③ 図-5 から、PSV-M 管 > PS-M 管 > PS 管の順に $P\sim\delta_v$ 曲線の初期勾配と $P_{\max}$ が小さくなるが、その差は小さく、充填モルタルは剛性増にあまり寄与しないことがわかる。

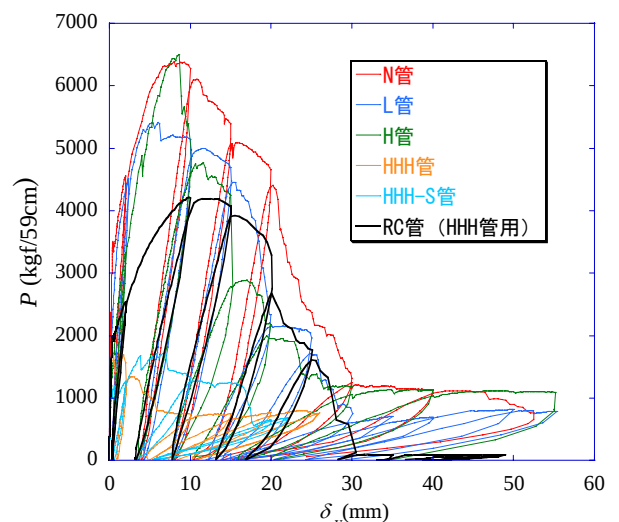


図-4 更生管の $P\sim\delta_v$ 曲線

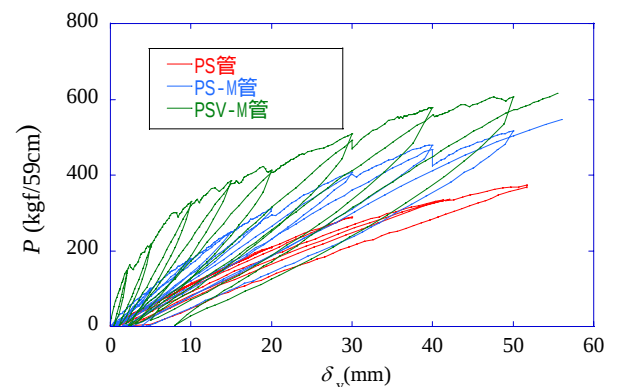


図-5 PSV-M 管、PS-M 管、PS 管の $P\sim\delta_v$ 曲線

参考文献 1) 井上他(2005): 更生下水道管(二層構造管)のバックリング挙動と設計法、第 50 回地盤工学シンポジウム、pp.271-278. 2) 東田他(2007): 老朽化した下水道幹線管渠の更生工法と設計法に関する考察、第 42 回地盤工学研究発表会、pp.1535-1536. 3) 大杉他(2009): 製管工法で更生された老朽下水道管の地震時安全性に関する動的遠心実験、第 64 回土木学会年次学術講演会(投稿中). 4) 日本下水道協会(2001): 管更生の手引き(案).