

複合管における内外圧同時载荷試験方法の検討と適用評価 Development and evaluation of combined loading test method for composite renovated pipes

○西谷 憲三*, 垣根 伸次**, 野中 資博***, 石井 将幸***

NISHITANI Kenzo, KAKINE Shinji, NONAKA Tsuguhiko, ISHII Masayuki

1. はじめに

本研究は製管工法（複合管）の「耐荷性」に関する評価手法の検討及び内外圧合成式のパラメータの1つである係数 n の推定を目的として試験を行ったものである。

2. 試験の概要

従来から各工法独自に複合管に対する内圧単独载荷試験等は行われていたが、内外圧を同時に载荷した試験は希少であった。そこで、複合管への内外圧同時载荷時の挙動確認及び内外圧合成式の係数 n の推定を目的として、同時载荷試験を実施した。更生管の载荷試験にあたって油圧ジャッキを用いた専用の内外圧载荷試験機を開発した。供試体には、いずれもヒューム管を製作する段階からスパイラル筋にひずみゲージを貼り载荷時のひずみを連続的に計測した。

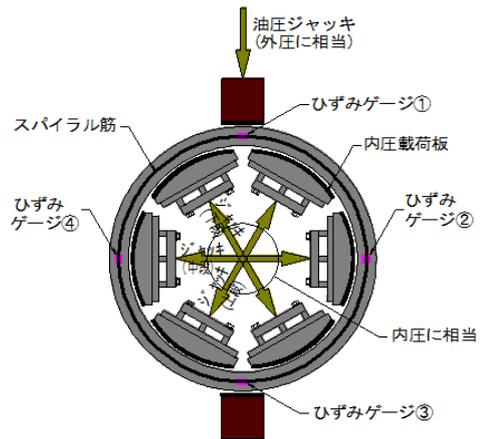


Fig.1 内外圧载荷試験機模式図
Schematic diagram of Combined load test machine

3. 試験の結果と考察

3.1 内外圧同時载荷試験機の検証

不とう性管において内外圧が同時に作用する場合、ひび割れに至る両荷重には次の関係が成立するとされている。

$$\left(\frac{P_H}{P_C/S}\right)^n + \left(\frac{H_P}{H_C/S}\right) = 1$$

ここに、 P_C :内圧が0のとき、管の限界状態に至る外圧線荷重 (kN/m)
 H_C :外圧が0のとき、管の限界状態に至る内圧 (MPa)
 P_H :内圧が H_P のとき、管の限界状態に至る外圧線荷重 (kN/m)
 H_P :外圧が P_H のとき、管の限界状態に至る内圧 (MPa)
 S :安全率
 n :管の種類や構造等によって決まる係数

設計基準¹⁾によれば、コア式プレストレストコンクリート管の実験において $n = 1.5 \sim 3.0$ であったとされ、ヒューム管では $n = 1.5$ を採用するとされている。

今回、ヒューム管（新管）について同時载荷試験を実施した結果をプロットしたものが Fig.2 である。

内側に設置した3本の油圧ジャッキの作用高さが異なることなど、内圧を载荷試験機の油圧ジャッキ作用で表現したことによると思われる結果のバラツキはあるが、概ね $n = 1.0 \sim 3.0$ を示し既往の結果と類似している。そこで、同試験機を用いて係数 n を推定できる可能性があると考えた。

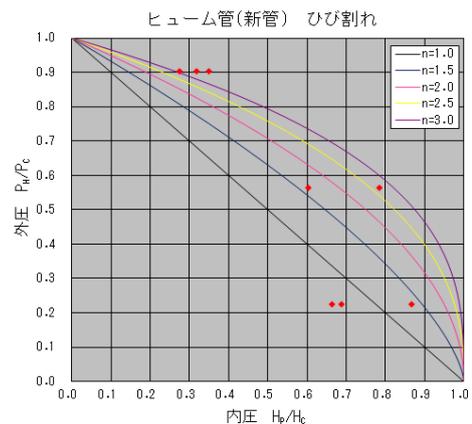


Fig.2 内外圧組合せ荷重曲線（新管）
Cracking load under combined load

* クボタシーアイ株式会社 KUBOTA-C.I.Co.,LTD.

** 積水化学工業株式会社 SEKISUI CHEMICAL CO.,LTD.

*** 島根大学生物資源科学部 Faculty of life and Environmental Science, Shimane University

キーワード：管路更生、複合管、内外圧

3.2 複合管の係数 n の推定

石井ら²⁾は、複合管の破壊解析を行い、複合管への内外圧合成式の適用可能性を示唆するとともに、その係数 $n=1.5\sim 2.0$ を導いている。そこで、本研究では複合管への内外圧同時載荷試験を行い、複合管における係数 n の推定を行った。

ここで、複合管の係数 n の推定にあたって複合管の限界状態とその指標を新たに設定する必要がある。すなわちヒューム管等では、ひび割れが生じると漏水や圧力低下に至るため「ひび割れ発生」を指標としている。しかし、複合管では水密性は表面部材に要求される性能であり、複合管において「ひび割れ発生」を指標とするのは、複合管による更生効果をないがしろにするものである。そこで、複合管に求められる基本性能と限界状態及びその指標等について新たに整理し、「耐荷性」に関して鋼材降伏に相当するスパイラル筋のひずみを基に試験値を整理した。

Table.1 複合管の基本性能と限界状態及び照査指標
Verification indicator and limit state and basic performance of composite pipe

基本性能	性能項目	限界状態	照査指標	限界値
通常の維持管理でパイプラインとしての機能が維持できること	水密性	想定される作用(内外圧)に対して、漏水がない状態	表面部材の水密性	設計水圧×2.0以上
	耐荷性	想定される作用(内外圧)に対して、部材が安全な状態	鋼材の応力度	鋼材降伏

外圧試験機により破壊したヒューム管に更生を施した複合管に対する同時載荷試験の結果が Fig.3 である。複合管の載荷試験においては、ヒューム管(新管)の場合に比して n 値にばらつきが見られた。これは内圧を油圧ジャッキの作用で表現したことによるもの他、供試管がヒューム管を外圧破壊した後、更生した管であり、先行したヒューム管の破壊状況が一様でなかったことなどが要因と考えられる。

しかし、複合管は不とう性管であるコンクリート系管路の中にモルタル等の不とう性材料を充填することから、構造的にはヒューム管等と何ら変わるものでないこと、またほとんどのデータが $n=1.5$ の曲線より右側に位置していることから、複合管への内外圧合成式の適用にあたって安全側となる $n=1.5$ を適用することが考えられる。

4. おわりに

本研究では、油圧ジャッキを用いた内外圧同時載荷試験機を開発し、その適応性評価並びに製管工法(複合管)の内外圧合成式適用にあたって係数 $n=1.5$ の推定を行った。今後は内圧負荷の再現性を高めるため内圧載荷方法の改善とともに、さらなる追加実験によるデータ蓄積や解析による補足等により係数 n の精度向上を図る必要がある。

なお、本稿は官民連携新技術開発事業「管路更生工法の性能規定化における照査技術の開発」の研究成果の一部であることを申し添える。

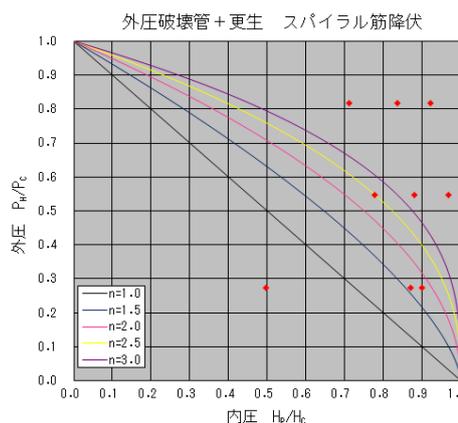


Fig.3 内外圧組合せ荷重曲線(複合管)
Fracture load under combined load

参考文献 1) 農林水産省編(2009): 土地改良事業計画設計基準「パイプライン」基準書・技術書 pp. 207
2) 石井、野中、鈴木、渡辺: 「組合せ荷重下における更生管のひび割れ強度」農業土木学会全国大会講演要旨集 pp. 926-927, 2006