

III-30 更正されたコンクリート管の載荷実験に対する FEM 解析

阿南工業高等専門学校 正会員 吉村 洋

同 上 ○学生会員 中村有佑

同 上 学生会員 保岡稔映

同 上 学生会員 林 雅子

1. まえがき 都市部では老朽化した下水管が耐用年数を迎え、その更正方法が問題となっている。現在、非開削による管更正の工法は、①既設管が外力を分担せず、内側に巻きたてた更正管のみが外力を分担するものとする自立管、②既設管と更正管の両方で外力を分担するものとする複合管、③既設管が土圧を分担し、更正管は水圧のみを分担するものとする二層構造管に分けられる。ここでは、二層構造管の構造系を確定するために行った集中線荷重載荷実験¹⁾に対する FEM 解析について報告する。

2. 実験概要 載荷試験は、表-1 に示すコンクリート管 (3.2mm 単鉄筋が 26mm 螺旋ピッチで中立軸付近に配筋)、内巻きライナー管 (3 層構造の樹脂含浸ガラスライナー) およびそれらを組み合わせた二層構造管の管頂・管底部に集中線荷重 P を載荷して、管の鉛直変位量 ΔD と管壁のひずみを測定した。二層構造管は、あらかじめコンクリート管のみに繰り返し荷重を与えて管頂・管底および管側部の鉄筋がほぼ破断するまで損傷させたものに内巻きライナー管を設置したものである。図-1, 2 にコンクリート管および二層構造管の載荷結果をそれぞれ示す。

3. FEM 解析 FEM 計算では二層構造管実験の対称性を考慮し、半断面について平面ひずみ条件で行った。図-3 にメッシュ図を示す。コンクリート管、内巻きライナー管を管厚方向にそれぞれ 4 層、2 層とし、円周方向に 20 分割した。コンクリート管と内巻きライナー管の間にはジョイント要素を用いた。さらに、コンクリート管の管頂・管底および管側部に生じたクラックや鉄筋の破断を考慮して、これらの箇所では管厚方向にジョイント要素を用いた。管厚方向のジョイント要素では、管頂・管底では内側から $3/4$ 管厚、管側部では外側から $3/4$ 管厚分だけ、開口を許容した。コンクリート管要素および内巻きライナー管要素の材料定数は表-1 に示したものを与えた。

表-1 管の緒元

	外径 D (cm)	管厚 t (cm)	管長 L (cm)	ヤング率 E (kgf/cm ²)	ポアソン比 ν
コンクリート管	36	3	59	350,000	0.167
内巻きライナー管	30	0.52	59	42,000	0.3

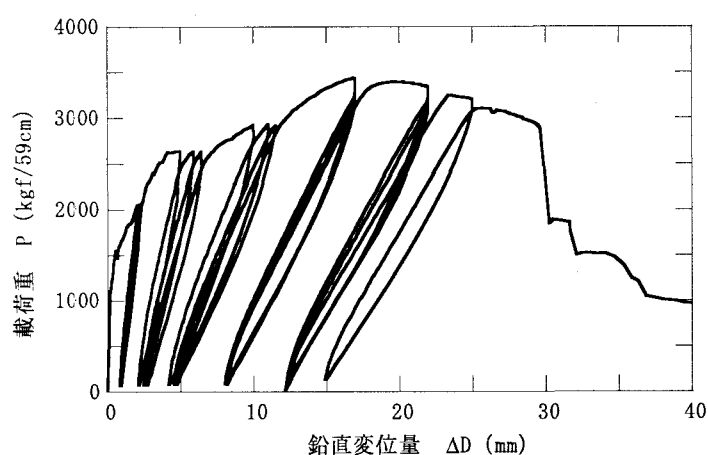


図-1 コンクリート管の載荷実験の結果

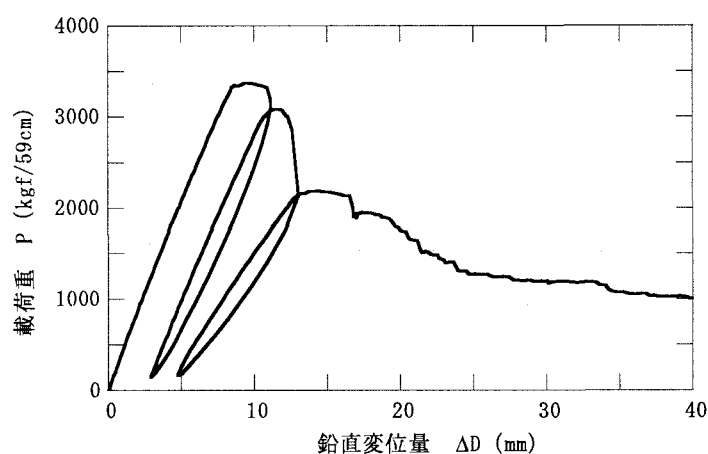


図-2 二層管の載荷実験の結果

今回の解析では、コンクリート管と内巻きライナー管および管頂・管底・管側部で管厚方向に挿入したジョイント要素の剛性の変化による鉛直変位量 ΔD について調べた。

図-4 はコンクリート管と内巻きライナー管は完全に滑るものと仮定し、ジョイント要素のせん断剛性 k_s をゼロとおき、垂直剛性 k_n を 10^3 , 10^4 , 10^5 kgf/cm^2 と3通りに変化させたときの ΔD を、荷重 $P=3,776 \text{ kgf/59cm}$ の場合について示したものである。なお、管厚方向のジョイント要素の剛性は $k_n=k_s=1.2 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ とし、引張りが生じたジョイント要素では、 k_n と k_s をゼロと置き直して計算し、開口を考慮した。この結果から、コンクリート管と内巻きライナー管のジョイント要素の剛性が変化しても管の鉛直変位量は大きく変化しないことがわかる。

図-5 は管厚方向に用いたジョイント要素の剛性を $k_n=k_s$ とし、 1.2×10^4 , 1.2×10^5 , $1.2 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ と3通りに変化させたときの ΔD と P についてのFEM解析の結果をそれぞれ▲, ○, △印で表し、実験結果と併せて示したものである。ジョイント要素の剛性を小さくすると ΔD は大きくなっていく。

これは、ジョイント要素の剛性を小さくすることで、管頂・管底、管側部の開口幅が大きくなり、管の鉛直変位量 ΔD は大きくなるものと考えられる。また、 $k_n=k_s=1.2 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ の場合、荷重実験で荷重が最大になるまでの範囲において、FEMの結果は実験結果とよく一致している。したがって、ジョイント要素の剛性を適切に選定することによって、二層構造管の荷重実験をFEMでシミュレートできるものといえる。

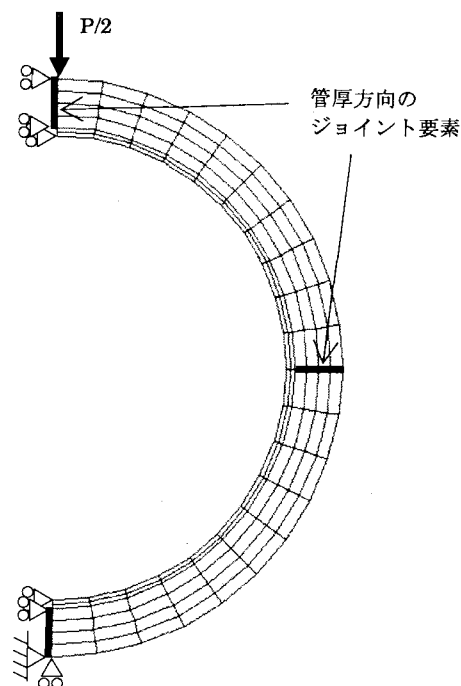


図-3 メッシュ図

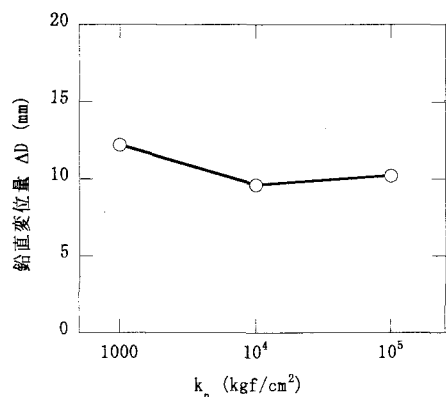


図-4 コンクリート管と内巻きライナー管のジョイント要素の k_n 変化による ΔD

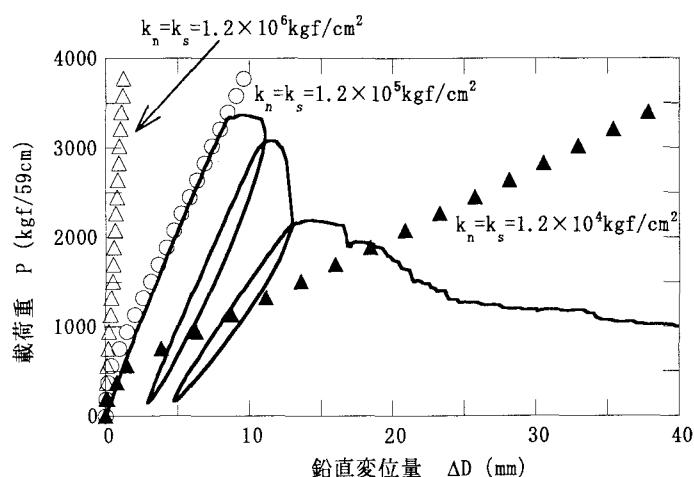


図-5 管厚方向に挿入したジョイント要素の剛性の変化による ΔD

4. あとがき 二層構造管の荷重実験をFEMでシミュレートすることがわかった。今後、二層構造管の土中挙動の解明を目指して、土層実験に対する解析を行う予定である。

謝 辞 大阪市立大学・東田淳助教授には貴重なご意見をいただきました。ここに感謝申し上げます。

参考文献 : 1)井上他, 更正下水管(二層構造管)の荷重試験, 第39回地盤工学研究発表会, 2004. (投稿中)