

偏心更生を行ったヒューム管のフレーム解析

Frame analyses of eccentrically renewed Hume pipe

○石井 将幸*・野中 資博*・渡辺 充彦**・鈴木 隆善**・福田 宏樹***

ISHII Masayuki, NONAKA Tsuguhiko, WATANABE Mitsuhiko, SUZUKI Takayoshi, and FUKUDA Hiroki

1. はじめに

管更生工法は老朽化した管渠の補修だけでなく、強度や耐久性を向上させることもできる。しかし、更生管の強度を評価する方法はまだ完全には確立されておらず、既存手法のどれが適用可能であるかも明らかではない。管種によって破壊の定義が異なるうえ、更生工法によっては更生管が既設管とは違う挙動を示すことから、更生管の強度評価には最適な手法を慎重に選ぶ必要がある。そこで本研究では偏心更生を行ったヒューム管を対象として、フレーム解析の適用に必要な各種断面係数算定式の導出と、フレーム解析による曲げモーメントとひび割れ荷重の計算を行った。

2. 偏心更生管に適した解析手法

管更生工法では既設管内に各種の更生材を内巻きし、劣化した内面の保護や管厚の増大を図る。更生工法の種類によっては、更生材の厚さを場所によって変化させることができ、既設管の劣化状況や作用する荷重、あるいはコスト縮減など、目的に応じた更生を行うことが可能である。ここでは円形管の更生を対象とし、更生材の厚さが一定である更生を中心更生、既設管と更生管の中心が一致せず、更生材の厚さが場所によって異なる更生を偏心更生と呼ぶ。

断面厚が一定な円形管では、断面積や断面二次モーメントなどの断面量が一定であるため、集中荷重や分布荷重で生じる断面力が理論式として求められている¹⁾。これらは中心更生を行った更生管にも適用可能であるが、偏心更生を用いる際には断面量が場所によって変化するため、適用が不可能になる。フレーム解析や数値解析などを用いなければならないが、本研究ではフレーム解析を採用した。内圧作用下の円形管に生じる断面力は引張が主となるため、漏水防止の点からひび割れの発生をもって破壊とみなす必要がある。ひび割れ発生前の弾性域における解析が主となるため、破壊解析よりフレーム解析の方が適していると判断した。

管にひび割れの生じる荷重を求めることが主目的であることから、解析の流れを以下のように定めた。すなわち、材料物性値と作用荷重を定める 更生管の部位ごとに合成ヤング係数と合成断面二次モーメントを求める フレーム解析で断面力を計算する 引張縁での引張応力が材料の引張強度に達する荷重を求め、ひび割れ荷重とする。

3. 解析の条件と結果

解析対象とした原管と更生管の概要を Table 1 と Fig.1 に示す。更生管は、原管の内側にスチール補強材を備えたプロファイルをらせん状に巻いて内管を構成し、原管と内管の空隙に裏込め材を充填して一体化させたものである。

偏心更生の状態を示すパラメータとして、偏心率を導入する。中心更生の場合を偏心率 0%、Fig.1 のように下端で裏込め材の厚さが 0 となる場合を 100%とする。作用する荷重は上下端から鉛直方向の集中荷重のみとし、断面量、断面力や変形が左右対称となることから、照査を行う位置を Fig.1 に示す 7ヶ所とした。偏心率の値によって、これらの位置における裏込め材の厚さが変化し、剛性も変化する。そのため、軸力と曲げモーメントの分布は一般的な円形管のものと異なると予想される。

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

**積水化学工業(株)；Sekisui Chemical Co.Ltd.

***大鉄工業(株)；Daitetsu Kogyo Co.Ltd. 更生管, フレーム解析, ひび割れ荷重

Table1 更生管の概要 Properties of renewed Hume pipe

原 管 部	
構造寸法	内径：1000mm，管厚：82mm，鉄筋かぶり：20mm
コンクリート	圧縮強度：57.6MPa，引張強度：4.41MPa，ヤング係数：32.6GPa
鉄筋	ヤング係数：200GPa，鉄筋量： ϕ 4mm-18本/m
更 生 部	
構造寸法	裏込め材厚：50mm 一定 (中心更生)， 0~100mm(偏心更生)
裏込め材	圧縮強度：14.1MPa，引張強度：1.23MPa，ヤング係数：6.3GPa
スチール補強材	降伏強度：205MPa，ヤング係数：165GPa

断面量の値は偏心率によって変化するが，その中で図心まわりの断面二次モーメントの様子を Fig.2 に示す。偏心率の増大によって，裏込め材が厚くなる断面上部では断面二次モーメントの値が大きくなり，断面下部では逆に小さくなっている。裏込め材のヤング係数はコンクリートと比較して非常に小さいものの，モルタルが厚いため値の変化は大きい。

これらの値を 36 分割のフレームモデルに適用するために，各辺に対応する断面量を角度に応じて計算し，設定した。そして長さ 1m の管に 20kN の集中荷重が上下から作用した場合の断面力をフレーム解析で計算した。得られた曲げモーメントの値を Fig.3 に示すが，偏心率の値による変化は少ない。偏心更生した管の合成断面二次モーメントは場所によってかなり異なるものの，それによる曲げモーメント分布の変化はそれほど生じないことがわかる。

得られた曲げモーメントの値に基づき，各照査位置にひび割れが生じるひび割れ荷重の値を計算した。ひび割れ荷重は，軸力と曲げモーメントによって生じる引張応力が，引張側に用いられている材料の引張強度に達する荷重として定義した。得られた値を Fig.4 に示すが，引張強度の小さい裏込め材が引張側になる頂部と基部においてひび割れ荷重が小さく，また基部の値は偏心率が大きくなるにつれてさらに小さくなる。偏心率 100%では基部である 270° の値が大きくなっているが，この位置に裏込め材が入らなくなり，コンクリートが引張を受ける状態になるのが理由である。

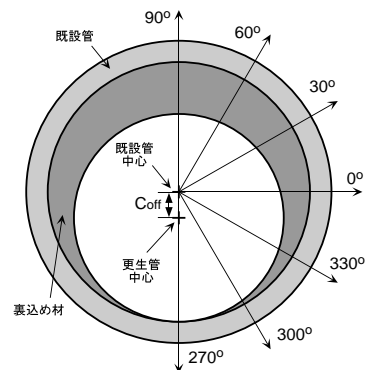


Fig.1 更生管の断面と照査位置
Cross section of renewed Hume pipe

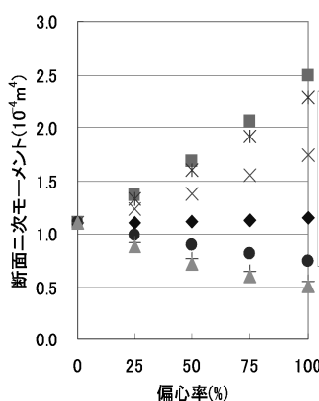


Fig.2 偏心率による断面二次モーメントの変化
Second moment of area and eccentricity ratio

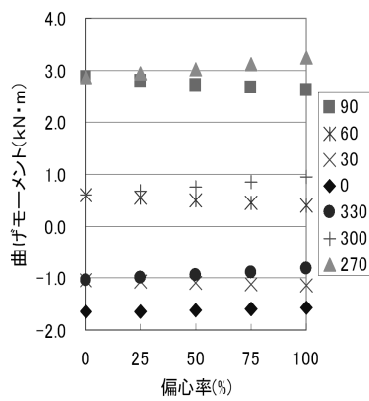


Fig.3 偏心率による曲げモーメント分布の変化
Bending moment and eccentricity ratio

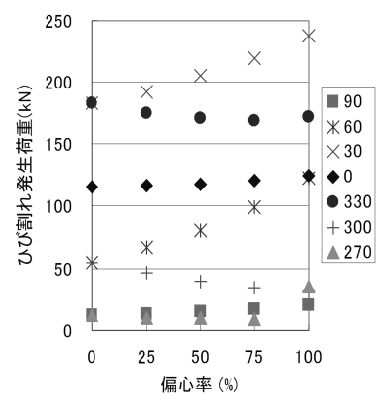


Fig.4 偏心率によるひび割れ荷重の変化
Cracking load and eccentricity ratio

参考文献

1) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」基準書 技術書，pp.53-55，1998.