

## 地盤中の埋設管における 2 次元・3 次元解析の比較

技術基幹ユニット 後藤 有志

### 1. はじめに

地表面荷重が地盤中の埋設管に与える影響を解析するような条件において、主に費用の問題で 2 次元平面ひずみ解析が行われることが多い。この場合、地表面荷重は奥行き方向に無限に載荷されるようなモデルとなる。しかし、実問題において地表面荷重が埋設管延長方向に無限に載荷される状態はほとんどなく、有限の範囲に載荷されていることのほうが多い。

ここでは、2 次元平面ひずみ解析と（以下、2D 解析）3 次元解析（以下、3D 解析）を行い、地盤中の埋設管に生じる断面力がどのように異なるかを比較・検討した。

### 2. 解析概要

3D 解析のメッシュ図を図-1 に示す。地表面荷重は等分布荷重を管直上の約  $0.49D$  ( $D$ :管径) 幅で載荷し、管縦断方向の載荷幅を管径の  $0.57$  倍～ $6.9$  倍および両端に変化させて載荷した。

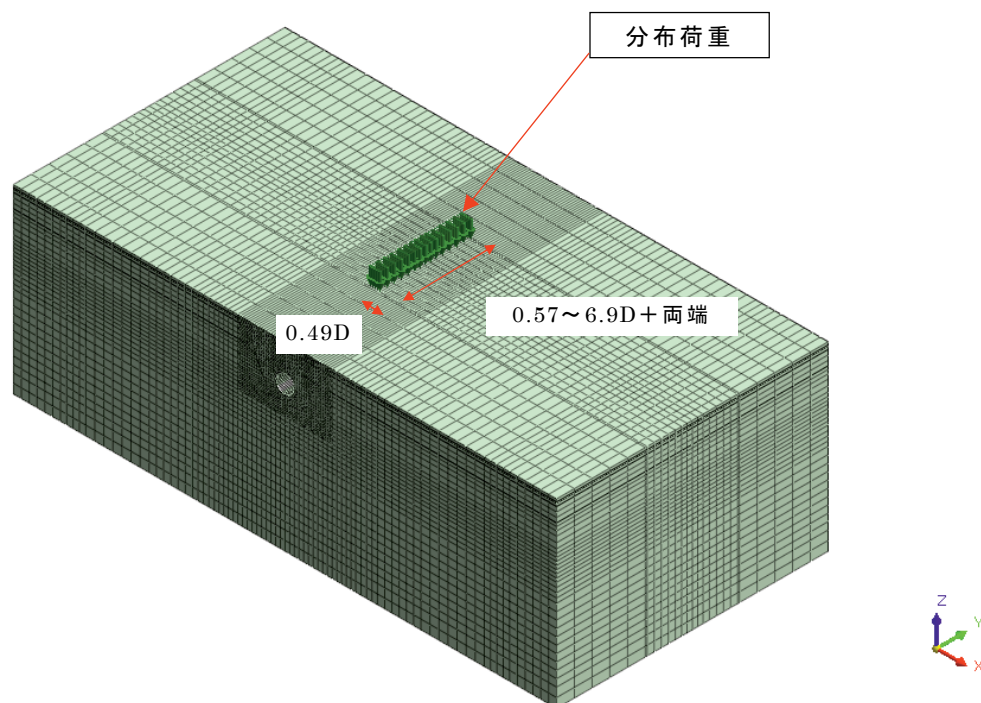


図-1 3D 解析メッシュと荷重位置

また、これとは別に 2D 解析を行った。そのメッシュ図を図-2 に示す。このメッシュは 3D 解析メッシュの管横断面と同一で、管横断面における荷重載荷幅、載荷位置、載荷荷重も 3D 解析と同じである。

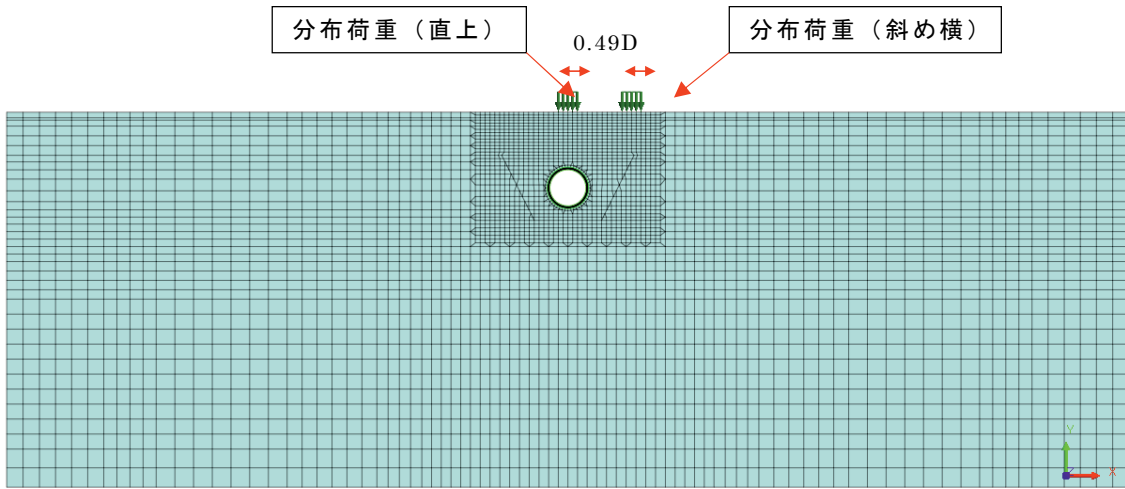


図-2 2D 解析メッシュ (=3D 解析メッシュ横断面) と荷重位置

埋設管のモデル化は、3D 解析ではシェル要素、2D 解析では梁要素で行い、梁要素の断面定数 (I、A) はシェル要素の板厚より設定した。また、地盤は一樣として埋設管の単位体積重量は考慮していない。

解析は、下記の 2 ステップで行った。

STEP1 埋設管を設置、管内は空洞として、地盤の自重を載荷

STEP2 地表面荷重を載荷

### 3. 解析結果

#### 3-1 地盤の自重のみを載荷させた場合の断面力 (STEP1)

3D 解析および 2D 解析において、地盤の自重のみを載荷した場合に埋設管に生じた横断面における断面力である円周方向の曲げモーメント分布図と軸力分布図を図-3 に示す。両者の結果はほぼ一致している。この状態では 3 次元モデルは平面ひずみ状態であるため、当然の結果と考えられる。

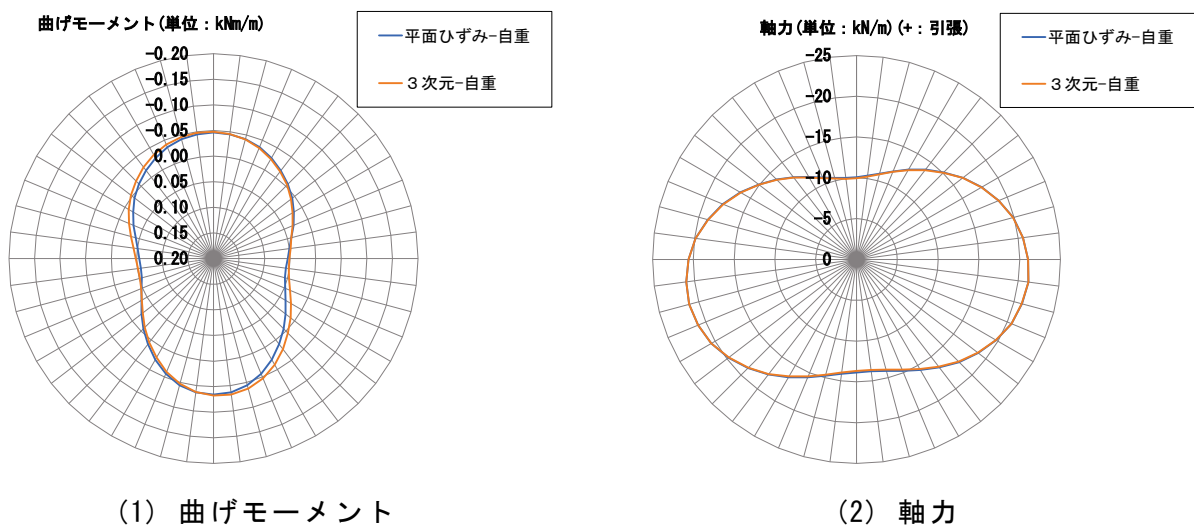


図-3 地盤の自重載荷時の断面力分布図

### 3-2 地表面（直上）に荷重を載荷した場合の断面力と地表面変位（STEP2）

3D解析において、地表面直上に荷重を載荷した際に生じた最大断面力および最大地表面沈下量を2次元解析における最大断面力および最大地表面沈下量で割った値の分布図を図-4に示す。ここで、両端まで荷重を載荷したケースの載荷幅は、便宜上両端間の距離をDで割り、14.46Dとした。

この図より、載荷幅が狭い場合は、3D解析と2D解析の結果は大きく異なり、載荷幅が広がるほど一致していくことがわかる。また、3次元解析において分布荷重の載荷幅を両端とした場合（14.46D）、3次元モデルは平面ひずみ状態となり、両者の結果はほぼ一致しこの比は1となる。

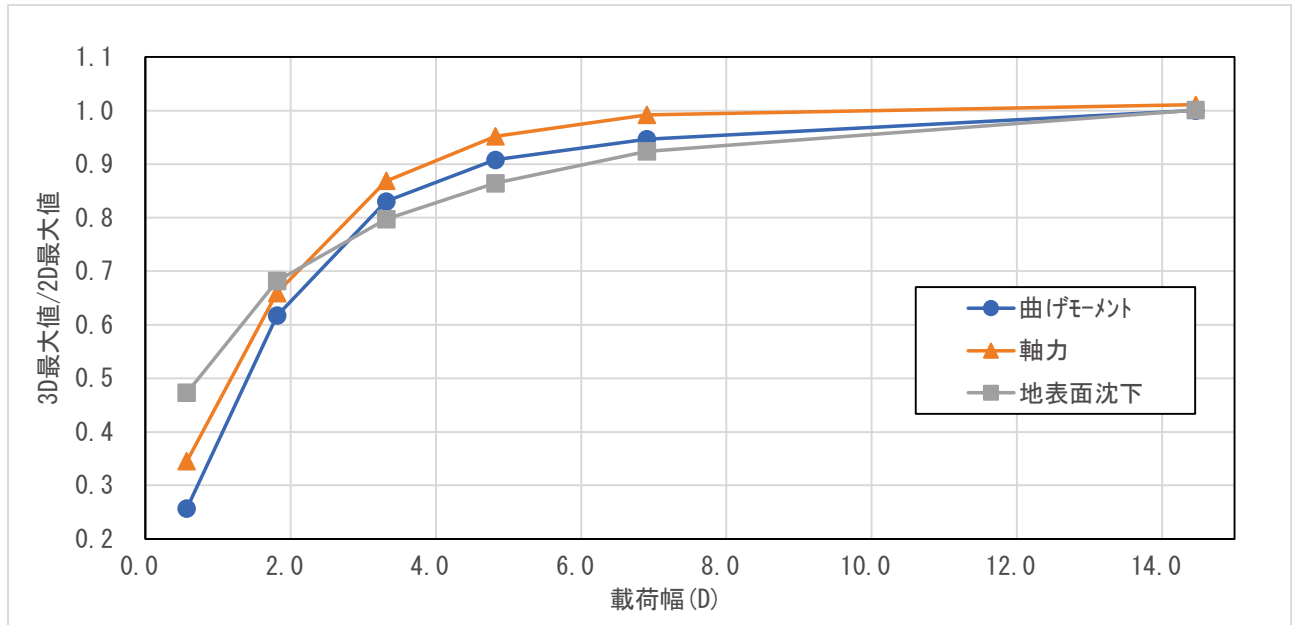


図-4 最大断面力および最大地表面沈下量における3D最大値と2D最大値の比

### 3-3 地表面（斜め横）に荷重を載荷した場合の断面力と地表面変位（STEP2）

地表面斜め横のみに荷重を載荷した結果を図-5に示す。なお、この図では両端まで荷重を

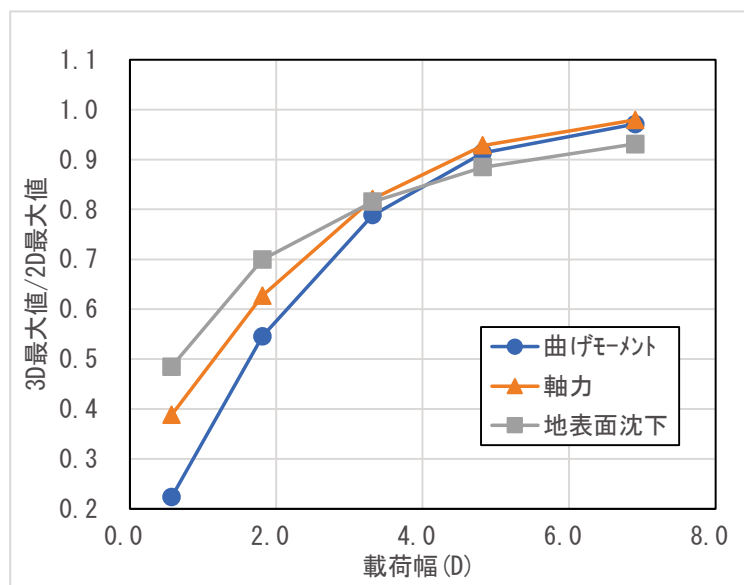


図-5 最大断面力および最大地表面沈下量における3D最大値と2D最大値の比

載荷した3次元解析は実施していない。直上のケースに比べて、載荷幅の狭い場合の最大値比のバラツキが大きく、載荷幅の広い場合の最大値比のバラツキが小さいが、ほぼ同様の傾向である。

### 3-4 ここで問題点

今回の解析において、管に生じる円周方向の軸力分布は図-6に示すように縦断方向に一樣にならず、メッシュが小さいところで特異な値が生じた。また、曲げモーメントも図-7に示すように、わずかではあるが一樣にはなっていない。このため、結果のまとめでは、縦断方向中央部の値を用いている。

このような現象が生じた原因として、メッシュのサイズが縦断方向にかなりの不均一になっていることに対して、メッシュが一次要素であるためメッシュの精度が対応しきれていないことが考えられる。

このため、メッシュを各節点間に中間節点を配した二次要素にして解析を行った。

この結果、管の軸力および曲げモーメントは、図-8,9に示すように縦断方向に一樣となった。

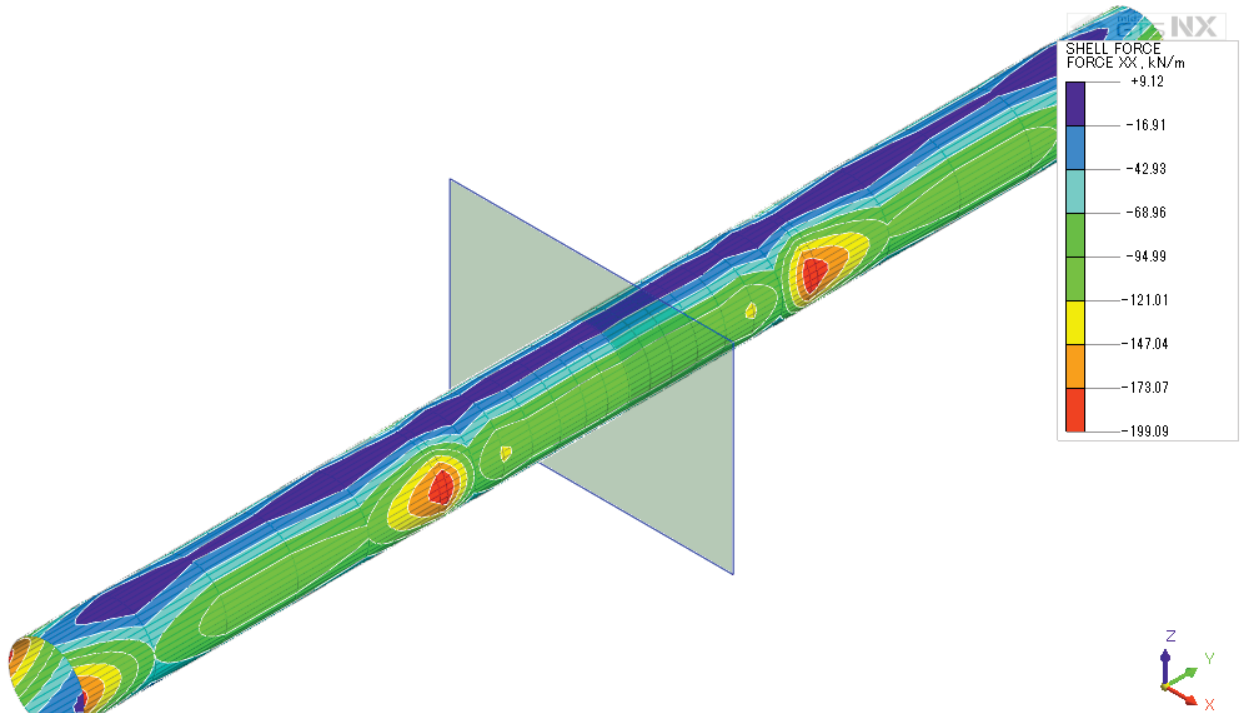
## 4. おわりに

埋設管を有する地盤の地表面に荷重を載荷した際に、地表面における管延長方向の荷重の載荷幅が埋設管に生じる断面力や地表面沈下に与える影響を調べ、この載荷幅が解析結果に与える影響を調べた。

この結果、管延長方向の荷重の載荷幅によって、管に生じる断面力や地表面沈下量が大きく異なることがわかった。

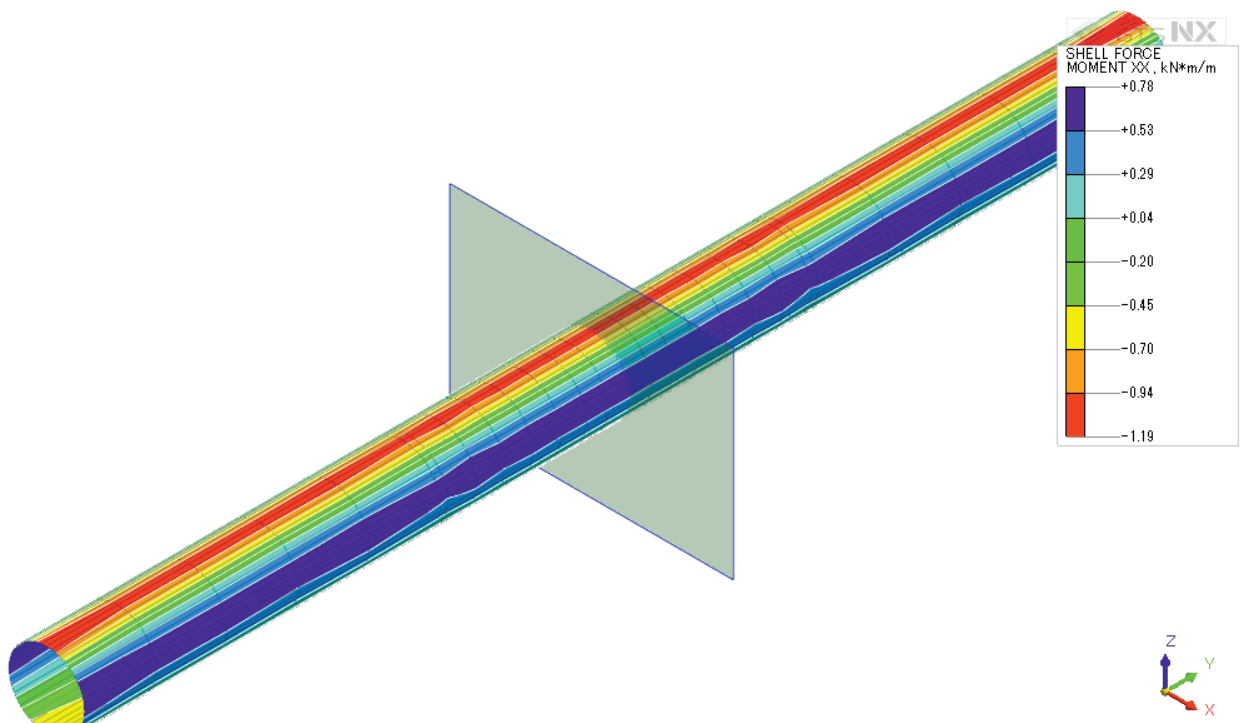
荷重の載荷幅が狭いケースにおいても、コスト等の関係で3D解析ではなく、2D解析を用いることが多い。このような場合には、極端に安全側の解となることに留意する必要がある。

また、不均一なメッシュを作成した場合、結果に対して不適切な影響を与える場合がある。解く問題に応じた適切なメッシュの作成に留意する必要がある。



[DATA] 直上全体, タイヤ荷重-5-1, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, m

図-6 一次要素を用いた場合の管に生じる円周方向軸力（载荷幅：両端）



[DATA] 直上全体, タイヤ荷重-5-1, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, m

図-7 一次要素を用いた場合の管に生じる円周方向曲げモーメント（载荷幅：両端）

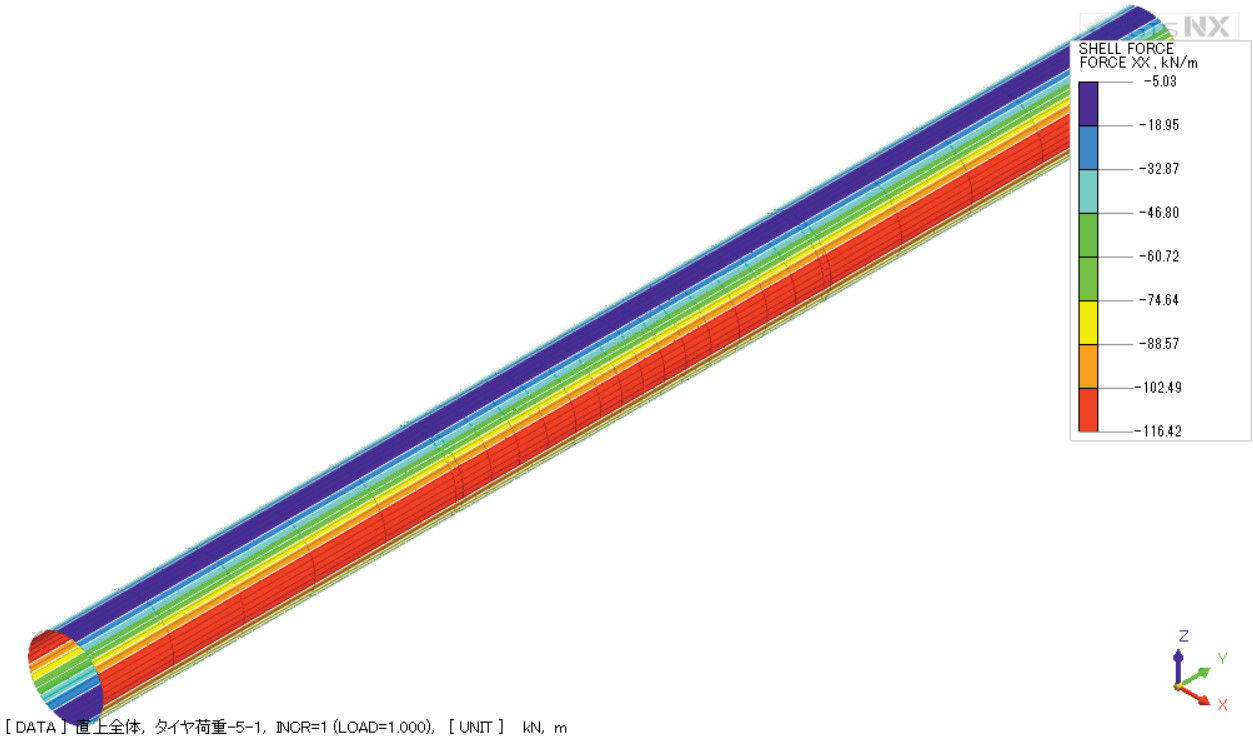


図-8 二次要素を用いた場合の管に生じる円周方向軸力（载荷幅：両端）

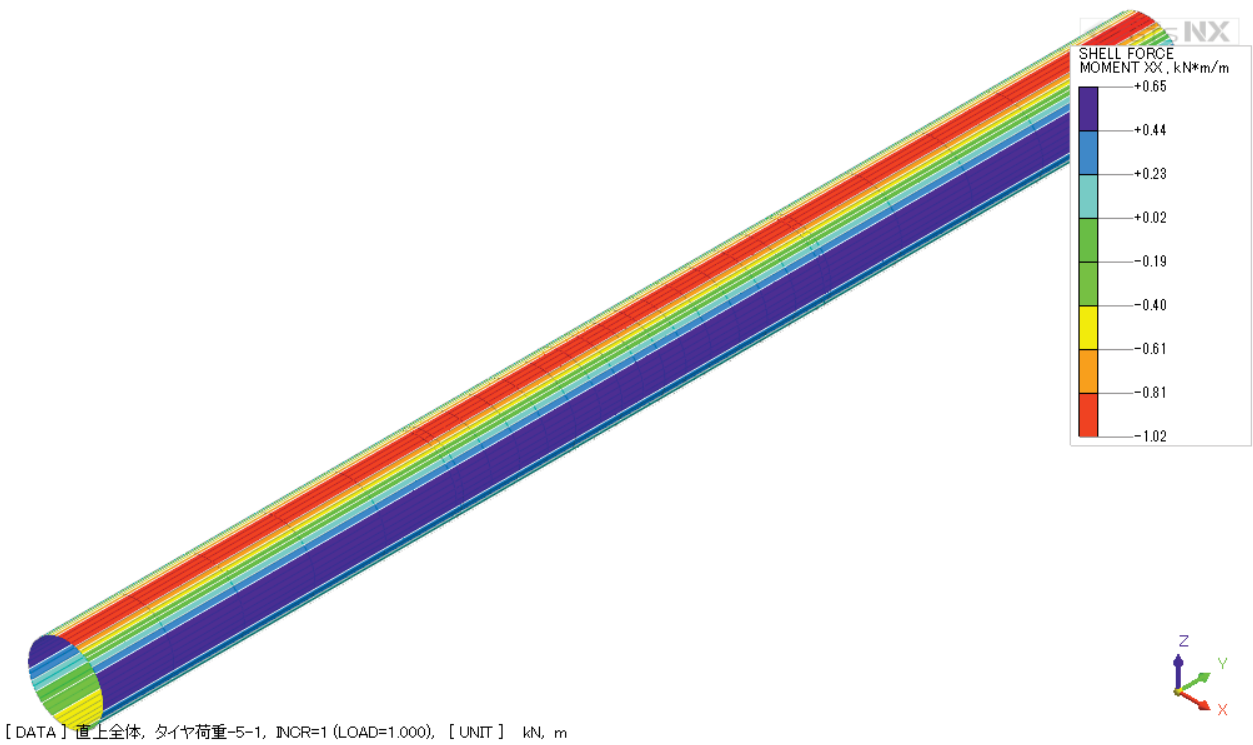


図-9 二次要素を用いた場合の管に生じる円周方向曲げモーメント（载荷幅：両端）