

下水道施設の非線形解析に関する基礎的研究 —その3— 二方向版に対するせん断耐力の検証

(株)エーバイシー 正会員 ○堀江 知司 福江 清久 横山 義靖

(株)エーバイシー 金澤 秀樹

(株)エーバイシー フェロー会員 本多 顕治郎

1. はじめに

下水道施設の設計においては、二方向版のせん断耐力は、縦方向・横方向共に、コンクリート標準示方書¹⁾の棒部材のせん断耐力式によって評価している。柱・梁や一方向版に対しては、棒部材式で耐力を満足しない場合、原子力マニュアル²⁾の等価せん断スパンを考慮した棒部材式やディープビーム式によってせん断耐力を再評価することがある。筆者らは、二方向版に対しても同様に、等価せん断スパンを考慮してせん断耐力を評価することを考えている。本論では、その前提として、二方向版がせん断耐力を有しているかを確認するため、材料非線形を考慮した3次元有限要素解析(ソリッド要素)によるせん断耐力の検証を行う。

2. 検証手法

本論では、下水道施設における地下壁を想定し、シェル要素を用いた非線形有限要素解析に対するせん断照査結果と、ソリッド要素を用いた3次元非線形有限要素解析によるせん断耐力を比較検証する。

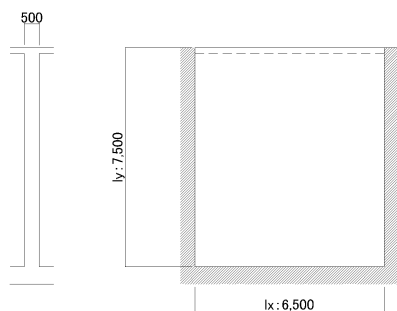


図-1 検討モデル

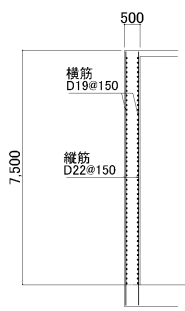


図-2 配筋図

表-1 使用材料

コンクリート			
弾性係数 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ポアソン比
2.35×10 ⁴	21.0	1.75	0.2
鉄筋			
鉄筋種類	弾性係数 (N/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	ポアソン比
縦筋 D22(SD295A)	2.0×10 ⁵	295	0.3
横筋 D19(SD295A)	2.0×10 ⁵	295	0.3

対象構造物は、図-1に示すように、 $L_x=6.50\text{m}$ 、 $L_y=7.50\text{m}$ 、壁厚 $t=0.5\text{m}$ の三辺固定上辺単純支持の二方向版(鉄筋コンクリート造)である。使用材料を表-1に示す。配筋は図-2に示す通り、縦筋:D22@150・芯かぶり50mm、横筋:D19@150・芯かぶり70mmとする。荷重は、初期荷重として静止土圧と自重を考慮し、レベル2地震時を想定した非線形解析における地震時水平力は、震度 $kh=0.6$ 相当とし、自重慣性力及び修正物部・岡部式による地震時土圧を考慮する。発生せん断力に対し、コンクリート標準示方書に則った棒部材式、原子力マニュアルに則った等価せん断スパンを考慮した棒部材式及びディープビーム式によるせん断照査を行い、3次元解析によるせん断耐力と比較検証する。

3. 検証結果

シェル要素を用いた非線形有限要素解析の結果を図-3に示す。発生せん断力の最大値は、縦方向は脚部で約230kN、横方向は端部で約190kNであった。発生せん断力に対して、コンクリート標準示方書による棒部材式にてせん断照査を行った結果、必要耐力の7~8割程度しかせん断耐力を有し

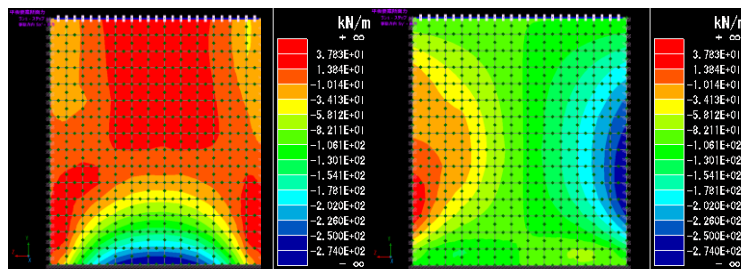


図-3 せん断コンター図

キーワード、下水道施設、地中構造物、非線形有限要素解析、せん断照査、等価せん断スパン

連絡先 〒530-0043 大阪市北区天満 1-19-4 センチュリーパーク東天満ビル 6F (株)エーバイシー設計部 TEL06-6352-5663

ていなかった。

棒部材式で必要耐力を満足しなかったため、原子力マニュアルに則り、等価せん断スパンを考慮したせん断照査を行った。等価せん断スパンは、図-4 に示す通り、2次元解析結果の曲げモーメント図より、曲げモーメントが0となる点を曲げ反曲点として設定する。

原子力マニュアルによると、等価せん断スパンを考慮したせん断照査を行う場合には、等価せん断スパン中央部を照査位置とすることができるとしている(ただし $1.5d > x \geq 0.5D$ d :有効高さ, x :照査位置, D :壁厚)²⁾。

照査の結果、等価せん断スパンと部材の有効高さの比(a/d)が2.5程度と大きかったため、ディープビーム式による耐力計算結果は通常の棒部材式と大差なく、必要耐力の8割程度しかせん断耐力を有していない結果となった。次に、等価せん断スパンを考慮した棒部材式を用いた場合には、必要耐力の1.15倍程度のせん断耐力を有するという結果となった。

一方、ソリッド要素による3次元非線形有限要素解析結果における、地震荷重レベル-変位曲線を図-5に示す。ここで、地震荷重レベルとは、2.で示したレベル2地震時荷重に対する比率である。図-5より、設定荷重の約11倍の荷重で破壊に至っており、部材は十分なせん断耐力を有していることが分かる。

これより、等価せん断スパンを考慮して求めたせん断耐力は、3次元非線形有限要素解析との比較の結果、安全側に担保されていることを確認できた。

4. おわりに

二方向版に対してせん断照査を行う場合に、等価せん断スパンを考慮することにより、せん断耐力を現行の照査式よりも大きく評価することが可能である。また、3次元解析結果と比較することにより、十分なせん断耐力を有していることが確認できた。

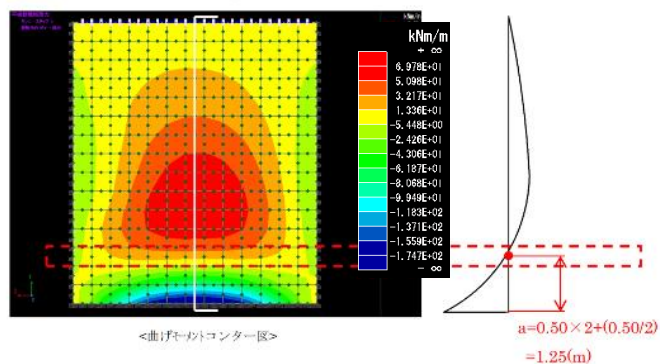
以上のことから、下水道施設の設計においては、地下壁等の面部材に対して二方向版による設計を行った場合にも、等価せん断スパンを考慮したせん断耐力の照査を行うことが可能と言える。また、従来設計よりもせん断補強筋が少なくなるため、経済的な設計が期待される。

今後は、直接的にせん断耐力を求められる非線形有限要素解析を活用して、下水道施設のせん断設計を行う研究を続けていく予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書 設計編，2013
- 2) 土木学会原子力土木委員会：原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針<技術資料>，2005.6

【縦方向の等価せん断スパン】



【横方向の等価せん断スパン】

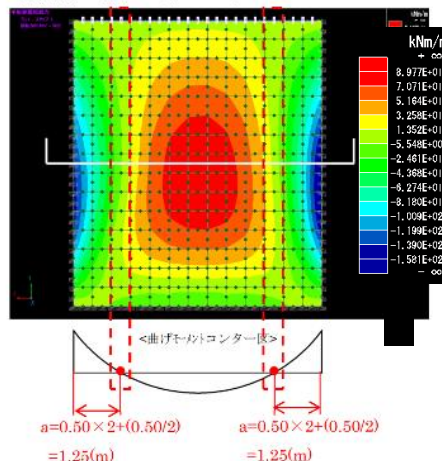
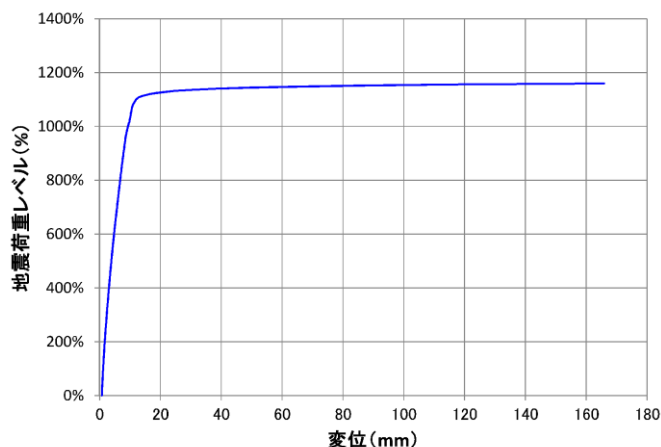


図-4 等価せん断スパンの設定



※変位は版中央付近の節点の載荷方向変位

図-5 3次元非線形解析結果