

地中構造物の周辺地盤置換工法による耐震補強効果の検討

佐藤工業(株) 正会員 ○山崎宏晃 鍋谷雅司
 江寄順一 前田健一郎
 中部電力(株) 正会員 児玉守広 橋 泰久

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以降、各機関において耐震設計指針の見直しがなされ、地中構造物においてもレベル2対応の設計が要求されるようになってきている。一方で、指針改訂以前に施工された構造物では、現行の指針を適用した場合、何らかの補強が必要となることがしばしば見られる。また、供用中の地中構造物では内側からの耐震補強が困難となるケースが多い。そこで、本検討では、比較的土被りが小さい既設の地中構造物を対象とし、周辺地盤をEPSまたはコンクリートで置換する耐震補強工法の効果について評価を行った。

2. 検討条件

(1) 検討モデル

検討対象は、岩盤上に直接支持された二連BOXカルバートであり、この側部および上部をEPSまたはコンクリートで置換した7種類のモデルについて比較を行う。各モデルの概要を図-2.1に示す。ここで、モデルAはEPSを台形形状に、モデルBはEPSを逆台形形状に、モデルCはコンクリートを矩形に配置した場合である。各モデルの番号は、1が頂版上部と構造物側部を門型に置換した場合、2が側部のみを置換した場合である。また、参考までに構造物周辺地盤が無い場合(モデルD)についてもモデル化する。

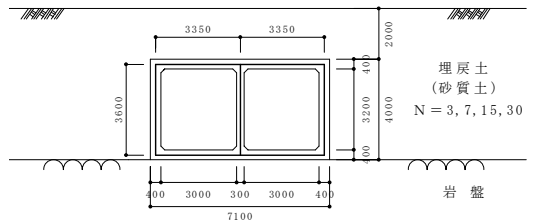
これらのモデルについて二次元動的FEM解析(周波数応答解析)により構造物への補強効果の検討を行う。

(2) 地盤・構造物・補強工の物性

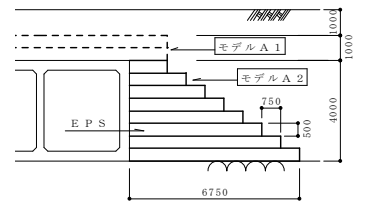
地盤、構造物および補強工の物性を表-2.1～表-2.2に示す。表層地盤は、埋戻土(砂質土)のN値をパラメータにした4ケースとし、図-2.2のひずみ依存性を考慮した等価線形モデルとする。

(3) 入力地震動

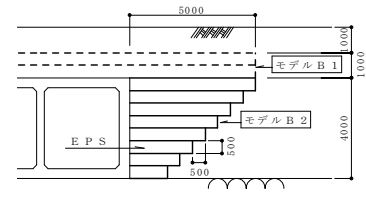
地震動は、『コンクリート標準示方書 耐震設計編 2002年制定』掲載の標準波形のうち、レベル2地震動(海洋型1)の主要動部分を抜粋(5.0秒～42.0秒)して使用する。



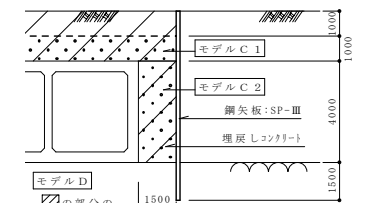
(無補強モデル)



(モデルA: EPS置換工法, 台形)



(モデルB: EPS置換工法, 逆台形)



(モデルC: コンクリート置換工法)

(モデルD: 空洞化, 構造物周辺地盤なし)

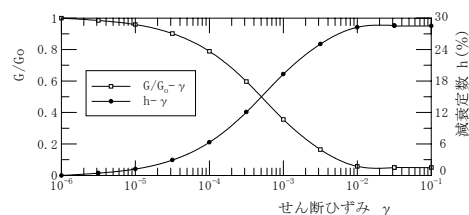


図-2.2 埋戻土の動的変形特性曲線¹⁾

表-2.1 地盤物性値一覧

	N値	単位体積重量 γ_s (kN/m ³)	せん断波速度 $V_s^{*1)}$ (m/s)	せん断弾性係数 $G_0^{*2)}$ (kN/m ²)	ポアソン比 ν	減衰定数 h (%)
砂質土(1)	3	18.0	120	2.60×10^4	0.45	ひずみ依存性
砂質土(2)	7	18.0	150	4.10×10^4	0.45	ひずみ依存性
砂質土(3)	15	18.0	200	7.30×10^4	0.45	ひずみ依存性
砂質土(4)	30	18.0	250	1.15×10^5	0.45	ひずみ依存性
岩盤	-	21.0	610	8.00×10^5	0.40	5.0

*1) 「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」より、 $V_s = 80 \cdot N^{1/3}$
 *2) $G_0 = \rho V_s^2 = (\gamma_s t/9.8) * V_s^2$

表-2.2 構造物・補強工の物性値一覧²⁾

	材料	単位体積重量 γ (kN/m ³)	弾性係数 E (kN/m ²)	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	ポアソン比 ν	減衰定数 h (%)
構造物	$f_{ct} = 24$ (N/mm ²)	24.5	2.50×10^7	1.04×10^7	0.20	5.0
埋戻しコンクリート	$f_{ct} = 16$ (N/mm ²)	23.0	2.10×10^7	8.75×10^6	0.20	3.0
鋼矢板	SP-III型	77.0	2.05×10^8	7.90×10^7	0.30	5.0
EPS	DX-35	0.35	8.80×10^3	4.00×10^3	0.10	2.0

図-2.1 検討モデル図

キーワード 地中構造物, 耐震補強, EPS置換工法, コンクリート置換工法, 動的FEM解析

〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-20 佐藤工業(株) 土木本部 設計部門 TEL03-3661-1572, FAX03-3661-1604

〒461-8680 愛知県名古屋市東区東新町1番地 中部電力(株) 土木建築部 TEL052-973-2254, FAX052-973-3173

3. 検討結果

二次元動的FEM解析の結果、各モデルの構造物に発生する断面力(曲げモーメント)の比較結果を図-3.1に示す。各ケースとも無補強モデルの断面力に対する比率で表している。また、参考までに構造物の側部地盤および土被りの無い場合(モデルD)を併記する。図-3.1より、発生断面力の無補強モデルに対する比率は、A(EPS台形)、B(EPS逆台形)、C(コンクリート)の順に小さくなる(即ち、断面力低減効果が大きくなる)。また、側部のみ置換した場合(A2、B2、C2)よりも門型に置換した場合(A1、B1、C1)の方が断面力の低減効果は大きい。一方、側部EPS置換(A2、B2)では、表層地盤の剛性が大きくなると、逆に断面力が増加するケースが見られる。これは、EPSで置換した構造物側部の剛性が原地盤よりも小さく、周辺地盤からの応力が頂版部に集中的に作用して構造物の変形が大きくなるためと考えられる。また、モデルC1(コンクリート門型)は、モデルD(空洞化)の発生断面力を下回っており、門型コンクリート置換による効果は、空洞化の場合よりも卓越している。なお、せん断力や頂底板間の相対変位においても同様の傾向が認められた。

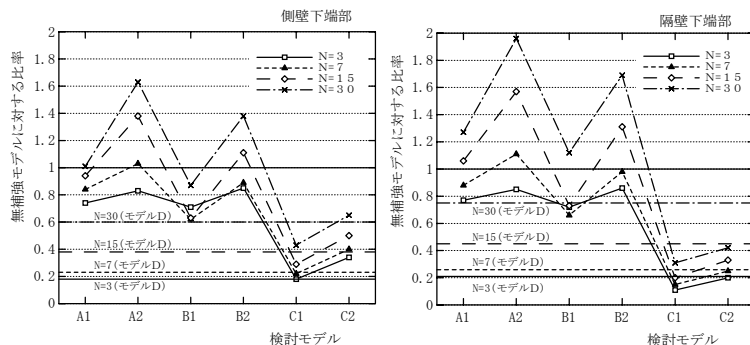


図-3.1 発生断面力(曲げモーメント)の比較

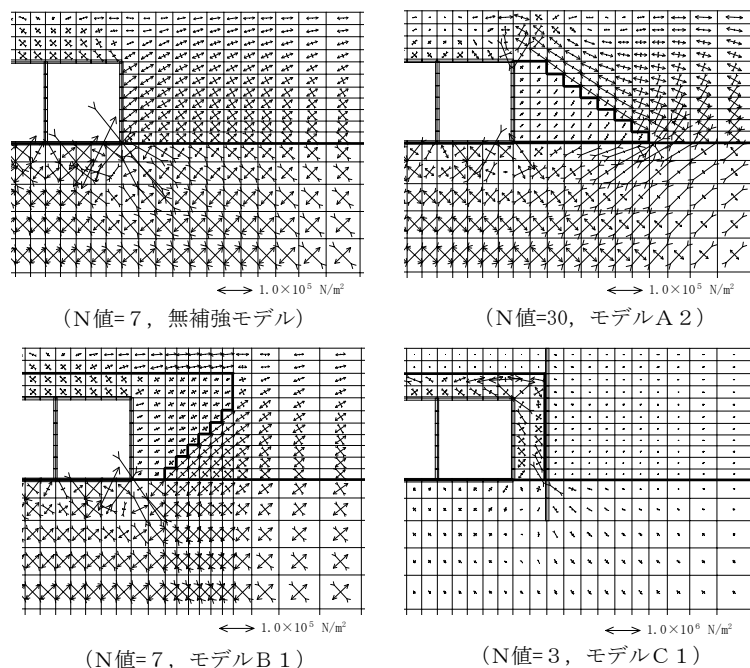


図-3.2 構造物周辺地盤の主応力分布

図-3.1の考察を踏まえ、いくつかの代表的なケースにおける構造物周辺地盤の主応力分布を図-3.2に示す。補強効果が小さいモデルA2では、EPS外側の地盤および構造物頂版部への集中的な応力伝播が見られる。次に、比較的補強効果の見られるモデルB1では、応力がEPS以外の地盤部分に流れ、構造物の周囲に大きな応力は発生していない。最も補強効果の大きいモデルC1では、コンクリート部分で応力の大部分を負担しており、これより構造物周囲の変形が抑制されているものと考えられる。なお、モデルC1の地盤部分については、無補強モデルと同等の応力分布となっている。

図-3.1の考察を踏まえ、いくつかの代表的なケースにおける構造物周辺地盤の主応力分布を図-3.2に示す。補強効果が小さいモデルA2では、EPS外側の地盤および構造物頂版部への集中的な応力伝播が見られる。次に、比較的補強効果の見られるモデルB1では、応力がEPS以外の地盤部分に流れ、構造物の周囲に大きな応力は発生していない。最も補強効果の大きいモデルC1では、コンクリート部分で応力の大部分を負担しており、これより構造物周囲の変形が抑制されているものと考えられる。なお、モデルC1の地盤部分については、無補強モデルと同等の応力分布となっている。

4. まとめ

- 連続体を仮定した動的FEM解析により、土被りの小さな岩盤上の地中構造物を対象として構造物周辺地盤をEPSまたはコンクリートにより置換する工法の耐震補強効果について検討を行った結果、以下の事が確認された。
- ・EPSによる置換形状は、台形よりも逆台形の方が効果は大きく、更に側部のみよりも門型に置換した方が効果は大きくなる。また、側部のみの置換では、表層地盤の剛性が大きな場合に断面力が増加するケースがある。
 - ・コンクリート置換工法においても、側部のみよりも門型に置換した方が断面力低減効果は大きい。また、門型に置換したモデルの断面力低減効果は、空洞化モデルと同等かそれよりも大きくなる。
 - ・EPS置換工法よりもコンクリート置換工法の方が、構造物の発生断面力の低減効果が大きく、コスト面でも優位な結果となる。

今後は、現地発生土を用いたセメント系固化体による置換工法等の適用性についても検討していきたい。

参考文献

- 1) 岩崎敏男, 龍岡文夫, 高木善和: 地盤の動的変形性に関する実験的研究(II) 土木研究所報告153号の2 土木研究所
- 2) EPS工法 設計・施工基準書(案) 2002年5月 発泡スチロール土工法開発機構