

比較的緩い地盤に支持された地中構造物周囲の地盤改良による耐震補強効果

佐藤工業(株) 正会員 ○山 崎 宏 晃
 佐藤工業(株) 正会員 鍋 谷 雅 司
 (株)テクノ・ロ・エンジニアリング 三 浦 政 之

1. はじめに

近年、地中構造物に対してもレベル2地震動を想定した耐震設計を行うことが一般的になってきている。また、既設の地中構造物において、レベル2地震動に対する耐震性を向上するための対策についても盛んに研究が行われている。著者らの既往の検討¹⁾では、岩盤上に直接支持された構造物の周辺地盤を高圧噴射攪拌工法により比較的高強度に改良した場合の耐震補強効果について評価を行い、耐震性や施工性の面から当該工法の有効性を確認している。しかし、構造物が比較的緩い地盤上にあり堅固な支持地盤が深い場合では、目標とする補強効果を得るためには改良範囲が非常に大きくなり、経済性などの面から適用が困難となる事が懸念された。そこで、本検討では、比較的緩い地盤上に支持された場合について動的解析を実施し、地盤改良工法の適用性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、図-2.1の二連BOXカルバートであり、堅固な支持層上にN値15の比較的緩い層が3m程度堆積した地盤上に設置されている。補強工法としては、構造物側部の高圧噴射改良工法(モデルA)を基本とし、配置形状をパラメータとして比較検討を行う。また、改良範囲低減の対応策として、高圧噴射改良工と鋼管矢板を併用したモデルB、コンクリート柱を密に配置したモデルCについても比較検討を行う。各工法の概要を図-2.2に示す。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)を行い、構造物に対する補強効果の比較検討を行う。

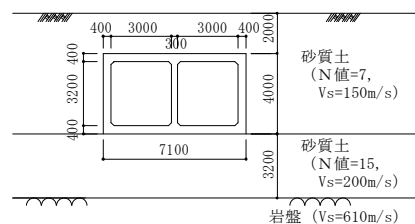
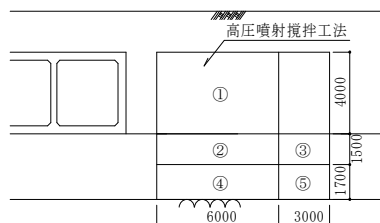
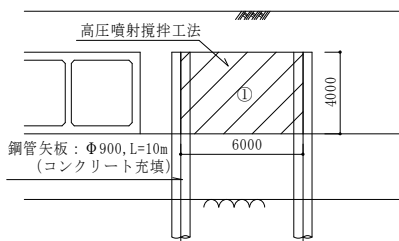


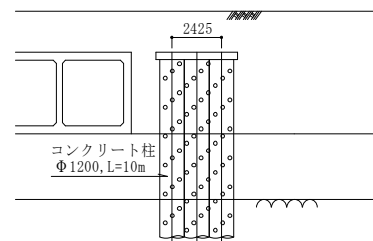
図-2.1 検討モデル(無補強)



モデルA (高圧噴射改良)



モデルB (高圧噴射改良+鋼管矢板)



モデルC (コンクリート柱列)

図-2.2 補強工の概要

(2) 地盤・構造物・補強工の物性

地盤、構造物および改良体の物性を表-2.1～表-2.2に示す。表層及び中間層地盤は、N値7, 15の砂質土とし、せん断波速度Vsを介して、せん断弾性係数を求めている。また、砂質土地盤は、図-2.3のひずみ依存性を考慮した等価線形モデルとする。

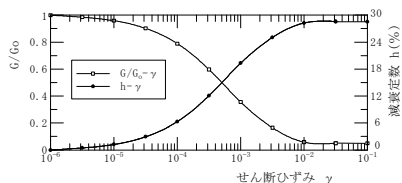
図-2.3 埋戻土の動的変形特性曲線²⁾

表-2.1 地盤物性値一覧

	単位体積重量 γ_t (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)	*アソ比 ν	減衰定数 h (%)
砂質土(N値=7)	18.0	150	4.10×10^4	0.45	ひずみ依存性
砂質土(N値=15)	18.0	200	7.30×10^4	0.45	
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) $G_0 = \rho V_s^2 = (\gamma_t / 9.8) \cdot V_s^2$

表-2.2 構造物・地盤改良体の物性値一覧

	材 料 (N/mm ²)	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)	*アソ比 ν	減衰定数 h (%)
構造物	$f_{ck} = 24$	24.5	2.50×10^7	1.04×10^7	0.20	5.0
地盤改良体	$q_u = 3$	18.0	$3.00 \times 10^5^{*1)}$	1.19×10^5	0.26	5.0
鋼管矢板 (コンクリート充填)	—	29.1	2.50×10^7	1.04×10^7	0.20	5.0
コンクリート柱 ²⁾	$f_{ck} = 18$	21.3	1.48×10^7	6.16×10^6	0.20	5.0

*1) $E = 100 q_u$ (N/mm²)

*2) 鋼とコンクリートの複合材とし、弾性係数比によりコンクリート物性に換算

*3) コンクリート柱による改良率を考慮してモデル化

キーワード 地中構造物, 耐震補強, 高圧噴射改良, 鋼管矢板, 動的FEM解析

〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-19 佐藤工業(株) 土木事業本部 設計部 TEL03-3661-1572; FAX03-3661-1576

また、ポアソン比、減衰定数は『建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針』³⁾により設定し、線形体としてモデル化する。

(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。

3. 検討結果

各モデルの構造物側壁に発生する断面力の比較結果を図-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。なお、補強効果の比較として岩盤上に直接支持されたモデルの結果も併記する。これより、高圧噴射改良の最小範囲であるモデル A①では、3～4 割程度の低減効果となり、改良深さ、幅を上げたモデル A③は低減効果が最大となる。支持層まで改良した A④、A⑤は、A③と同程度か若干効果が低下する結果となる。これは、既往の検討¹⁾より、改良体の縦横比が起因しているものと考えられる。また、モデル A①と同範囲で岩盤上に直接支持されたモデル（以下、岩盤上モデルと呼ぶ）と比べると、緩い地盤上では、補強効果が 1/2 から 1/3 程度に低下しており、岩盤上のモデルと同程度の補強効果を得るためには、改良範囲を約 1.5 倍としたモデル A③程度の改良範囲が必要となる。また、高圧噴射改良と鋼管矢板を併用したモデル B では、岩盤上モデルと同程度の効果となり、コンクリート柱列モデル C では、岩盤上モデルよりも 3 割程度補強効果が增加しており、これらの対応策は改良範囲を低減できうるものと考えられる。上記を踏まえ、いくつかの代表的なモデルについて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 A①では基礎地盤が緩く、地盤の変形と共に改良体も変形するため改良体が分担する側方地盤からの応力は他モデルに比べ小さくなる。一方、鋼管矢板モデル B では、鋼管矢板の剛性により改良体の変形が抑制されるため改良体の応力分担が大きくなり、発生応力度は岩盤上モデルと同程度となる。

4. まとめ

連続体を仮定した動的 FEM 解析により、比較的緩い地盤上に支持された地中構造物を対象として構造物周辺地盤を改良した各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。

- ・ 構造物側部のみを改良した場合、比較的緩い地盤に支持されたモデルの低減効果は、岩盤に支持されたモデルと比べて 1/3 から 1/2 程度に低下し、岩盤モデルと同程度の効果を得るためには改良体を底版レベルよりも掘込み、改良高さの 1.5 倍程度の改良幅が必要となる。
- ・ 高圧噴射改良と鋼管矢板の併用案やコンクリート柱列案では改良範囲を低減でき、岩盤モデルと同程度の補強効果が得られる。但し、本検討は連続体を仮定したモデル化であり、高圧噴射改良と鋼管矢板、コンクリート柱列の一体性の評価については、今後、設計・施工の両面から成立性を確認する必要があると考える。

参考文献

- 1) 河村, 東川, 亀谷, 山崎, 鍋谷: 地中構造物周囲の地盤改良による耐震補強効果, 第 40 回地盤工学会研究発表会, 2005 年 7 月, pp. 2091-2092
- 2) 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
- 3) 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針, 平成 9 年 7 月, 日本建築センター

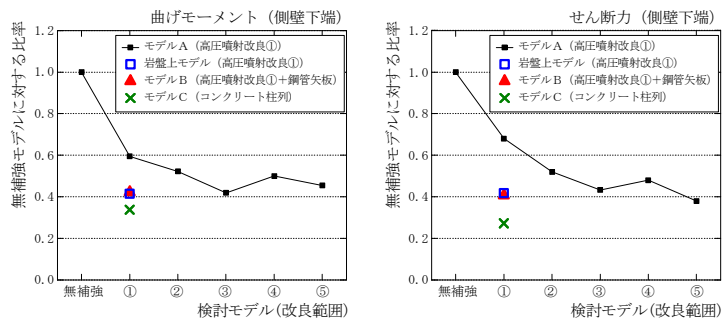


図-3.1 発生断面力の比較

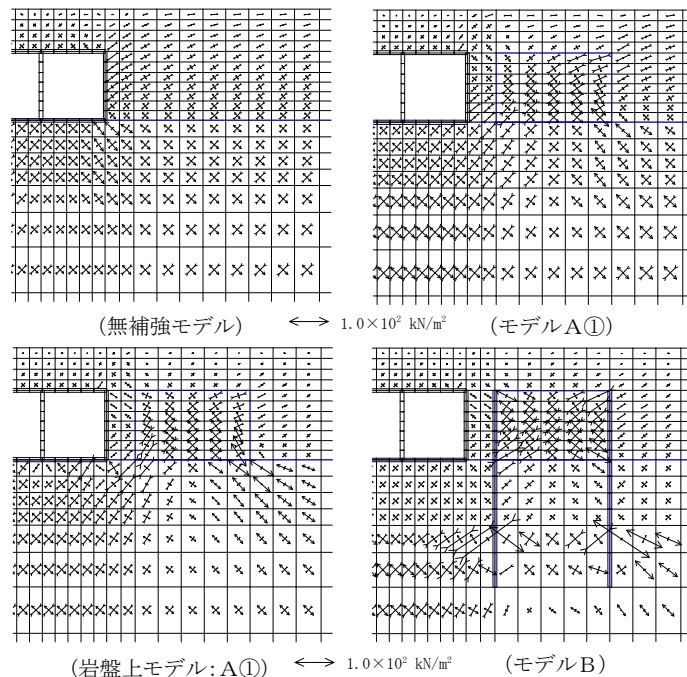


図-3.2 構造物周辺地盤の主応力分布