

## 地下構造物の地震作用直交方向の外壁が層間変形に及ぼす影響

(株)日建設計シビル 正会員 西山誠治 田辺篤史  
○ 青木佑輔 川満逸男

### 1. はじめに

近年、都市地下構造物の耐震診断・補強として、鉄道や道路の開削トンネルに加えて、地下街等の耐震診断も精力的に進められている。ここで、地下街は壁構造を有することが多く、建築基準または土木基準により設計されてきている。建築では地盤変位は考えずに耐震壁要素で水平力に抵抗させ、土木基準では骨組構造主体で、応答変位法により地盤変位を考慮して設計されることが多く、それぞれ異なる考え方となっている。

地震直交方向に壁の多い地下構造物の場合は、地盤変位と壁の面内剛性の考慮するのが合理的である。すなわち、建築・土木の両者設計の考え方を適切に反映させるのがよい。しかし、これらの地下構造物の挙動は3次元的な応答になるため、明らかにされているとは言い難い。よって、本検討では、一例として、比較的平面の大きい地下構造物の地震作用直交方向の外壁が層間変形に及ぼす影響を3次元 FEM 解析により検討する。

### 2. 3次元 FEM 解析による応答震度法

(1) 対象構造 対象とする構造物を図 1 および表 1 に示す。実構造物を単純化し長辺 180m、短辺 60m、高さ 12m の柱・梁構造とした。柱梁間に薄い床版および側壁が設置されている。一般に、これらの床版・側壁は、主に常時土圧等に対して設計され、非耐震要素として地震時の検討は実施されない。

(2) 検討条件 構造および地盤は地震時の剛性低下を等価剛性として考慮した弾性解析とする。妻壁(地震作用直交方向壁)は損傷による剛性低下を考慮して、本来の壁厚 400mm に対して、壁厚 200mm の場合も検討する。地盤は  $V_s=100\text{m/s}$  および  $200\text{m/s}$  程度を想定し、せん断剛性は初期値の 0.25 倍程度の等価剛性とする。さらに、地下構造直下が岩着の場合と、地下構造物下に 2m 表層地盤がある場合(土中)を検討する。結果として、計 8 ケースについて検討する(表 2 参照)。

(3) 検討方法 検討方法は図 1 の 3次元モデルによる応答震度法として、横方向に慣性力を載荷して検討する。本検討では妻壁の影響度合いの把握が主のため、単位震度として(1G)を載荷する。また、比較検討のため、2次元解析相当として、柱 1 スパン分による平面歪状態での検討も実施している。

### 3. 妻壁の影響検討

解析結果の一例を図 2 に示す。妻壁の影響範囲を確認するために、構造物上・下床版間の相対変位の長辺方向の分布を妻壁の影響無(2次元解析相当)の値で正規化して図 3 に示す。これより以下のことが分かる。

- ・層間変形は妻壁部分で小さく、中央側で一定値に収束する傾向である。その割合は、短辺妻壁幅程度に離れた 60m 位置では、2次元状態に対して支持地盤が土中の場合は 0.9、岩着の場合は 0.8 程度である。柱のせん断力分布も図 3 に示すように、妻壁幅程度以内では低減が見込めると言える。
- ・妻壁の剛性が低下した場合(実線と破線)は、妻壁近辺では 1.5 倍程度層間変形量は大きくなった。妻壁の影響を考慮できる前提として、妻壁が剛性を発揮できる程度に耐力を維持している必要があると言える。
- ・地盤剛性の影響は岩着の場合(黒・青)は地盤  $V_s$  が大きい方が層間変形が大きい。地盤剛性の増加により、構造物のみかけの剛性に対して地盤剛性が増加し、地盤変位が伝達されやすくなったと判断される。
- ・土中の場合は、地盤剛性によらずに妻壁からの距離に対する正規化相対変位は同程度であった。これは、2次元相当の層間変形量で正規化しているために地盤物性の影響が除外されて構造体のみ影響が現れたと考えられる。岩着の場合は、地盤剛性の差が表れており、詳細は今後の検討としたい。
- ・紙面の都合で図示は省略するが、非耐震要素である側壁のコンクリート縁引張応力度は最大  $35\text{N/mm}^2$  程度で漏水等の懸念がある。地震後の性能確認の観点からは側壁にも注意する必要があると言える。

キーワード 地下構造物, 地下街, 耐震設計, 3次元解析, 応答震度法

連絡先 〒 541-0054 大阪市中央区南本町 3-6-14 (株)日建設計シビル 技術開発部 TEL 06-6229-6372

以上より、妻壁を有する地下構造物の層間変形の試算を行い、妻壁を考慮することにより、地下構造物の柱の耐震補強等を合理的に評価できる可能性が確認された。また、3次元解析により側壁・各柱のせん断力分布など詳細な情報を得ることができ、合理的な耐震補強に資する可能性が確認された。

なお、本例はあくまで一例であり、設計的な2次元解析によっても同等の評価ができれば設計実務上有用と考えられ、今後検討を深めていきたいと考える。

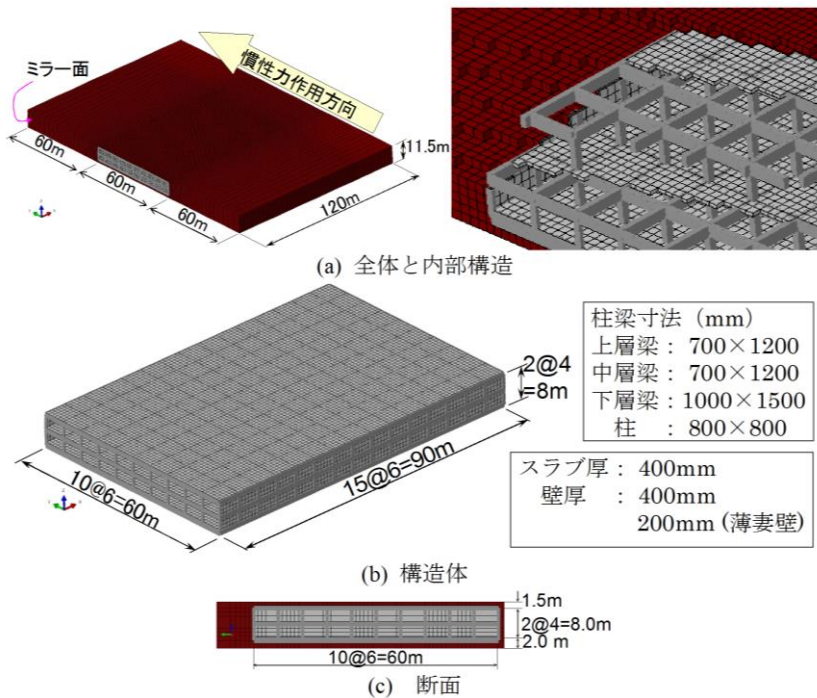


図1 対象構造物

表1 材料物性

	地盤1 $V_s \approx 100$ m/s	地盤2 $V_s \approx 200$ m/s	RC
弾性係数 $E$ (kN/m <sup>2</sup> )	15000	60000	$25 \times 10^6$
ポアソン比	0.49	0.49	1.667
密度	1.8	1.8	2.5

表2 検討ケース

		地盤	
		地盤1	地盤2
妻壁	通常妻壁 (400mm厚)	Model 1-1	Model 2-1
	薄い妻壁 (200mm厚)	Model 1-2	Model 2-2

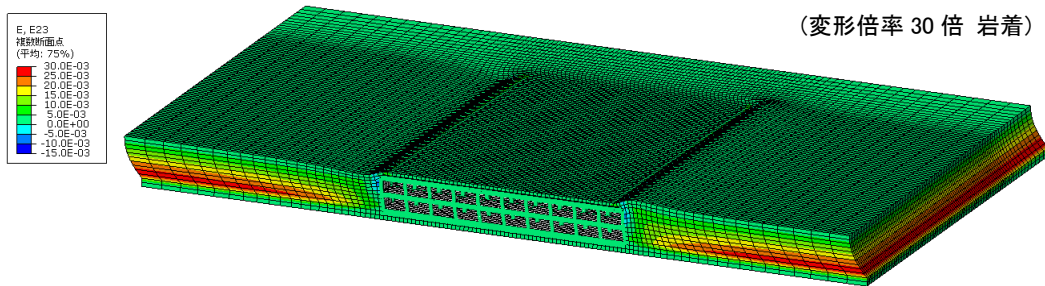


図2 応答震度法結果例(Case1-1,せん断歪分布)

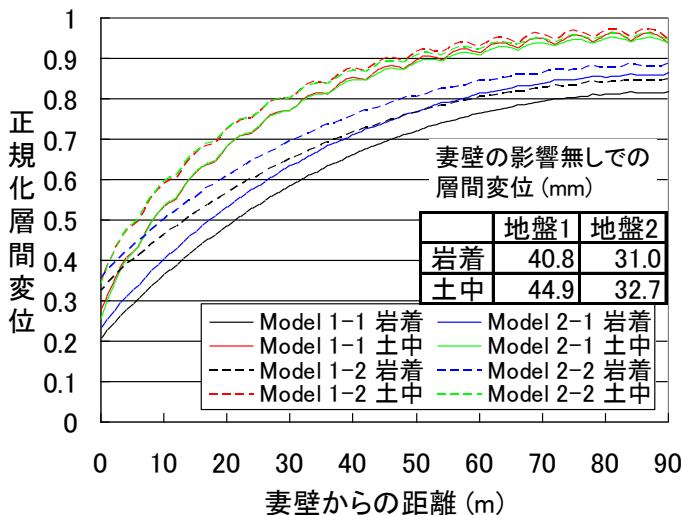


図3 相対変位～妻壁からの距離

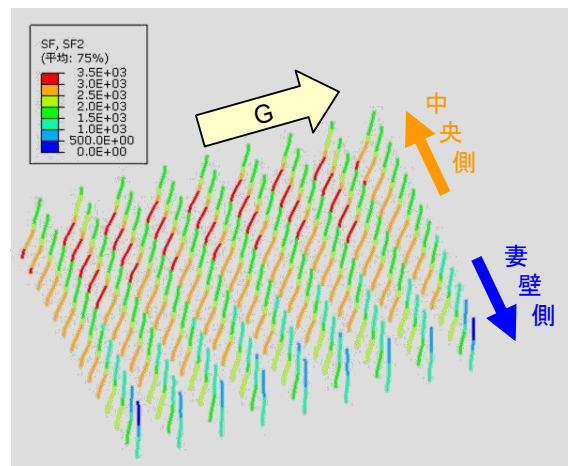


図4 各柱のせん断力分布