

地震時ボックスカルバートと地盤の相互挙動の特徴について

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正会員 ○井口 真一
正会員 森山 晃士 正会員 塩見 成一

1. 目的

本稿では、過去のボックスカルバートの設計件名を用いて、地震時のボックスカルバートと設置地盤の相互挙動を解析実験的に調べた結果を報告する。その解析結果からボックスカルバートの最大応答変位に着目し、ボックスカルバートと地盤の地震時実挙動の特徴を纏めるものである。

2. 対象とするボックスカルバート

対象とするボックスカルバートは、平成 13 年以降に鉄道構造物等設計標準により設計されたものとし、ランダムに抽出した。それらボックスカルバートの外寸、径間数、土被り厚さ、地盤種を纏めたものを、表-2.1 に示す。
ここに示した 10 連のボックスカルバートは、BOX NO. 5 のみプレキャストで、その他は全て場所打ちのボックスカルバートである。

BOX NO.	外寸 B X H(m)	径間数	土被り厚(m)	地盤種別
1	18.30 X 7.30	3	0.61	G3
2	16.60 X 6.90	3	2.21	G5
3	5.10 X 4.10	1	0.3	G5
4	3.70 X 3.45	1	0.22	G3
5	1.60 X 1.30	1	0.12	G2
6	9.60 X 5.85	1	0.30	G3
7	2.10 X 1.80	1	2.14	G3
8	31.87 X 7.67	4	1.68	G4
9	28.18 X 7.60	4	1.50	G4
10	20.00 X 7.60	3	1.40	G5

表-2.1 ボックスカルバートの諸元と地盤

3. モデル化と計算

解析には、2 次元有限要素法による非線形動的解析プログラムを用いる。解析プログラムに用いるボックスカルバートの入力材料諸値を記す。

コンクリート

- 場所打ち $f'_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$
 $E_c = 25\text{kN/mm}^2$
- プレキャスト $f'_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
 $E_c = 31\text{kN/mm}^2$
- 鉄筋 $f_{suk}=490 \text{ N/mm}^2$
 $F_{syk}=345 \text{ N/mm}^2$
 $E_s =200\text{kN/mm}^2$

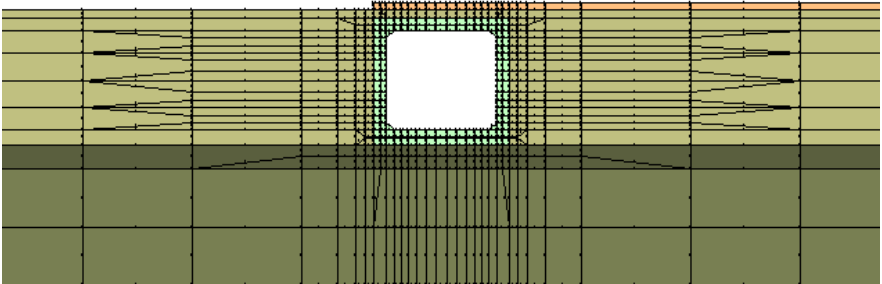


図-3.1 1 径間ボックスの解析モデル例

地盤条件は、設計件名毎に明示された条件を設定する。地盤要素の履歴モデルは R. O. モデルを用い、せん断剛性 : $G_0=11.76\text{N}^{0.8}(\text{N/mm}^2)$
せん断強度 : $Su_{(粘性土)}= G_0/600(\text{N/mm}^2)$, $Su_{(砂質粘性土)}= G_0/850(\text{N/mm}^2)$, $Su_{(粘性土)}= G_0/1100(\text{N/mm}^2)$
残留剛性比 : 0.1
としている。
入力制限から、列車荷重は、80%を外力として、20%を非構造要素の質点として地盤上に設定する。また、載荷範囲は、検討断面の躯体左隅から、地盤要素右端までとする。地下水位の躯体に与える影響は、外力として入力する。

本解析で基盤に入力する地震波は、L2 地震動として、基盤地震動波形(スペクトルⅡ適合波)を用いる。

キーワード ボックスカルバート-地盤の一体動的解析, 変形特性
連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 9 F TEL 06-6303-1446

4. 結果

最大応答時の変位をボックスカルバート高さの比 (δ/H) で表-4.1 に示す.

詳細は、紙面上、発表当日に紹介させて頂くが、軟弱層が躯体側壁位置に存在すれば躯体に大きな変位が生じ、軟弱層が躯体下層に存在すれば躯体変形が小さくなることが確認された.

BOX NO. 1 で、解析値が設計値より大きな値を示しているが、軟弱層が、躯体側壁位置に存在しているケースであり、軟弱層で R. O. モデルの 2 次勾配が影響しているものと考えられる

5. まとめ

FEM によるボックスカルバートと地盤との動的一体解析を行い、既設計成果と比較することで地盤状況との関係を調べた. その結果、躯体サイズによる影響など具体的な点は明確にできなかったが、躯体-土層と δ (FEM)/H の関係が分かった. この関係を概念的に図-5.1 に表し、各解析モデルを特徴ごとに示す. ケース 2 とケース 3 は各 1 モデルしかないこと、地盤に用いた R. O. モデルの 2 次勾配の問題が残されており、今後の確認事項としたい.

BOX NO.	設計値 A	解析値 B	Ratio B/A
	δ (設計)/H(躯体 最大応答時)	δ (FEM)/H(躯体 最大変形時)	
1	0.00134	0.00165	1.231
2	0.00564	0.00152	0.270
3	0.00887	0.00096	0.108
4	0.00270	0.00133	0.493
5	0.00673	0.00149	0.222
6	0.01386	0.00190	0.137
7	0.00583	0.00312	0.535
8	0.00751	0.00535	0.713
9	0.00566	0.00395	0.698
10	0.00667	0.00275	0.413

表-4.1 δ/H

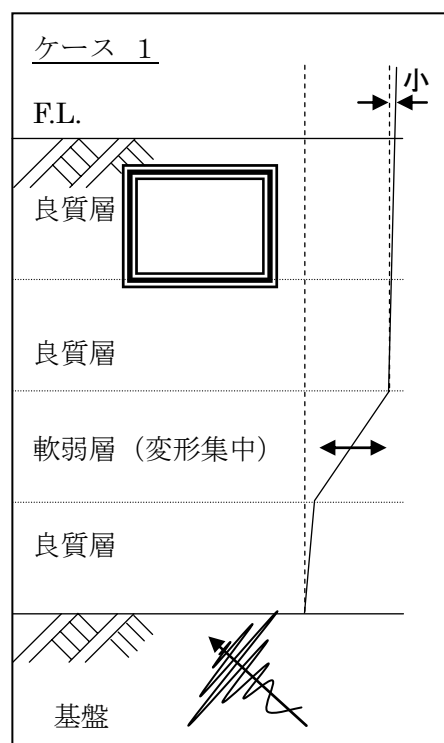
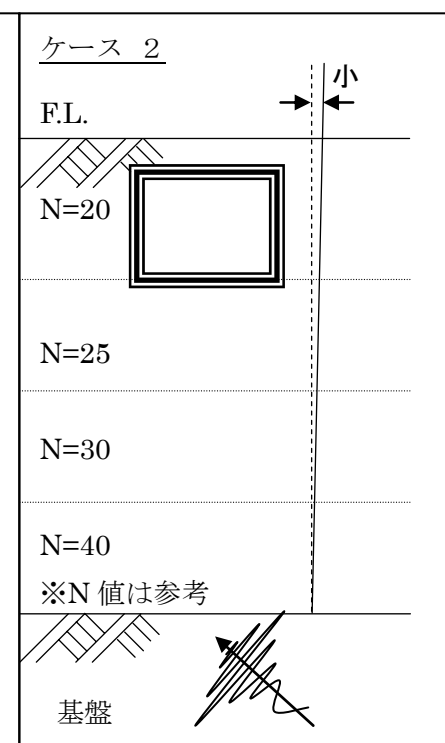
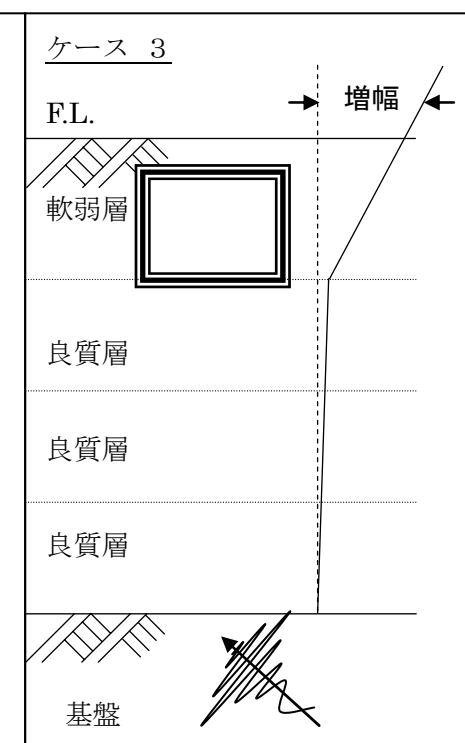
ケース 1	ケース 2	ケース 3
 ボックス下層に軟弱層が存在するなどの土質条件を満たせば免震効果が得られる.	 良い地盤条件(高い N 値, 均質な土層から成り立つなど)中のボックスであれば地盤と挙動が一体となる	 良質の地盤上に設置されかつ、ボックス位置が軟弱層であると、変形が増加する傾向にある.
BOX NO. : 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10	BOX NO. : 6	BOX NO. : 1

図-5.1 地盤とボックスカルバートの地震時応答の概念図

参考文献

- ・鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善株式会社, 平成 11 年 10 月