BOX 応答震度法用１次元応答解析 UWLC

-地盤の地震応答解析による BOX 耐震用の応答震度-

有限会社トライシステムラボ

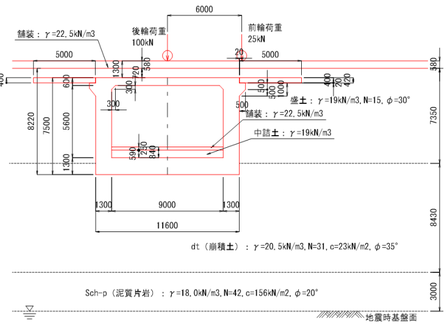
概要

近年、ボックスカルバートの大断面化に伴い、地中構造物のレベル２地震時の耐震設計が必須となってきた。地中構造物の特性を考慮して耐震計算の手法には、地盤の地震動による応答加速度から、深さ方向に沿った設計水平震度を構造物に作用させる方法として、応答震度法がある。他に地盤バネを介して地盤変位を外力として与える方法として応答変位法がある。本対象構造物は、地盤と構造物を連成でモデル化する、前者の応答震度法を用いて耐震設計することになった。そのため、本検討では UWLC による地盤の地震応答解析を実施した。

地盤は、上から盛土、崩積土、泥質片岩の地層構成となっている。解析では、上２層を RO モデルとし、泥質片岩を線形弾性とした。地震波は道路橋示方書のレベル１(L1)を１波、レベル２のタイプ１(L2-1)を３波、タイプ２(L2-2)を３波の合計で全７波を検討した。解析結果は、深さ方向に最大応答加速度の分布を整理した。レベル２についてはタイプ毎に３波平均を算出した。

取りまとめた応答震度を、UC-1 ボックスカルバートの設計のプログラムに入力することで、応答震度法による耐震照査を行った。

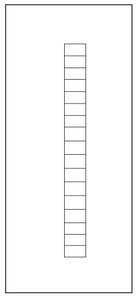
モデル図



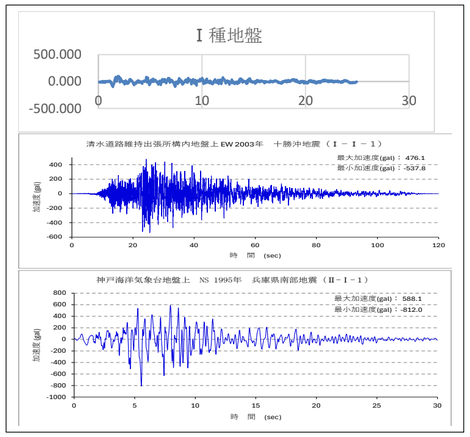
▲ボックスカルバートと地層構成

内空９(m)の１連ボックスカルバート

地層としては３層（盛土、崩積土、泥質片岩）



▲解析モデル



▲地震波形（上から L1, L2-1，L2-2）

解析条件

１） 解析手法：一次元地震応答解析（逐次時刻歴非線形解析）

２） モデル：地盤：盛土と崩積土を RO モデル、泥質片岩を線形弾性

３） 境界条件：底面を固定

４） 入力物性値

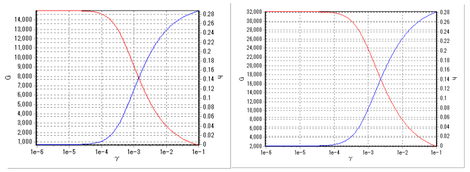
RO model

層番号	G0	σm'	m	ν	C	Φ	Rf	Roα	Roβ	地質
	kN/m2	(kN/m2)			kN/m2	°				
1	15000	46.6	0.5	0.400	0	30	1	3.440	2.782	B 盛土
2	32148	149.3	0.5	0.350	0	35	1	3.440	2.782	dt 崩積土

線形弾性

層番号	E(仮数)	E(指数)	ν	地質
	kN/m2	(kN/m2)		
3	1.176	5	0.300	Sch-p 泥質片岩

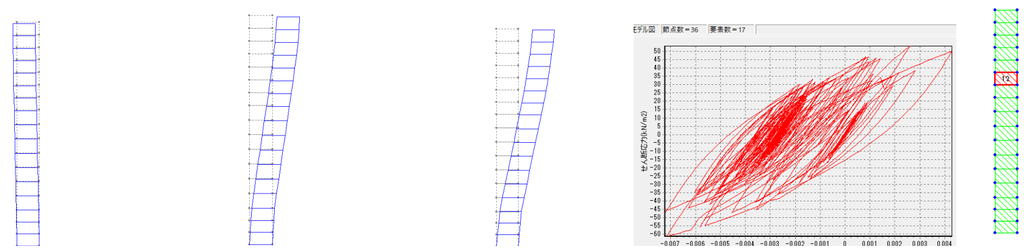
地盤の非線形特性として、ひずみ依存性がある。せん断ひずみγが増加するにしたがって、せん断剛性 G が低下する性質を持つ。ひずみ依存性は、右図のような G～γ曲線で表す。



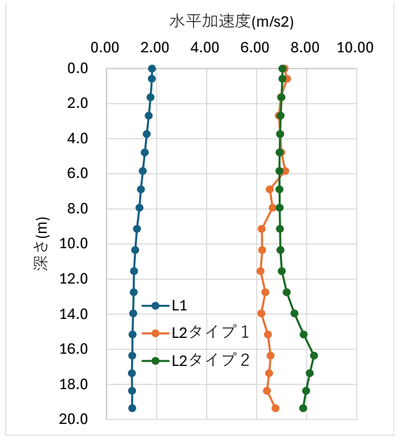
G～γ曲線（左：盛土、右：崩積土）

解析結果

❑ **一次元地震応答解析の結果**

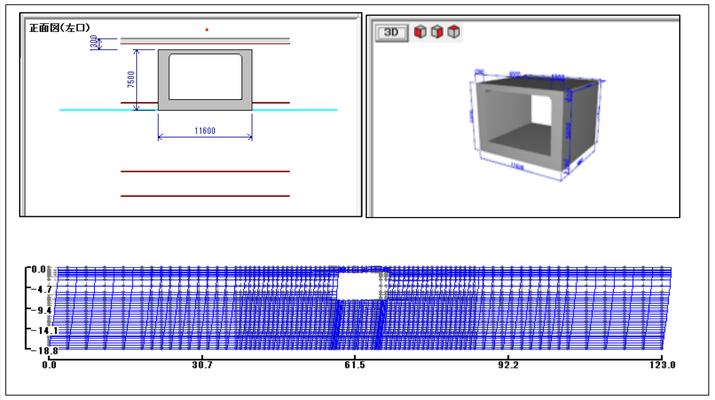


▲解析結果 – 変形図（左から L1, L2-1, L2-2）変位の描画倍率２０倍　▲解析結果 –地盤の履歴特性（盛土）



▲解析結果 – 深さ方向の加速度分布

L2 は加速度の３波平均



▲解析結果 –UC-1 ボックスカルバートの計算

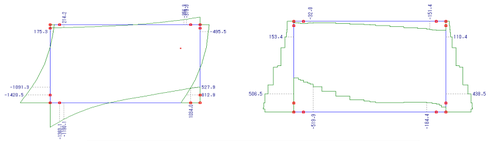
左上：正面図、右上：鳥瞰図、下：応答震度法

考察

❑ **安全性の評価**

従来のボックスカルバートでは内空断面も小さく、地中構造物ということもあり、耐震性は重要視されてこなかった。しかし、近年ではＬ２の耐震性を確保するため、応答震度法が基準に組み込まれている。そのため、精度の高い地震時の加速度を求める事が重要である。本件では、地盤の非線形特性を考慮して逐次時刻歴非線形解析手法を用いた、一次元地震応答解析により地盤の深さ方向の応答震度（加速度）の分布を得た。

UC-1 ボックスカルバートの計算プログラムに応答震度を入力することで、基準に沿ってＬ２地震時の耐震照査を行った。曲げ曲率照査、せん断耐力照査および層間変形角に関して、許容内であるかを判定し、その結果、すべての項目で安全を確保した。



レベル1地震時　レベル2地震時

	照査位置	φ (1/m)	S (kN)
頂版	左隅角部	0.002048 ≦ 0.016951	32.0 ≦ 286.1
	支間部	-0.002803 ≧ -0.015625	---
	右隅角部	-0.002982 ≧ -0.015625	151.4 ≦ 319.0
側壁	上隅角部	-0.000543 ≧ -0.014140	153.4 ≦ 826.3
	支間部	-0.001156 ≧ -0.013437	---
	下隅角部	-0.001502 ≧ -0.011846	506.5 ≦ 826.2
底版	左隅角部	-0.001290 ≧ -0.011689	519.9 ≦ 849.0
	支間部	-0.001129 ≧ -0.011710	---
	右隅角部	0.001175 ≦ 0.012760	184.4 ≦ 778.2

▲解析結果 –左上：曲げモーメント図、

右上：せん断力図、下：照査結果一覧表