

技術資料 Vol.3

非線形動的解析による地中ボックス カルバートの耐震照査



株式会社クリアテック

東京都千代田区西神田 2 丁目 5-8 共和 15 番館 6 階

TEL:03-6268-9108 / FAX:03-6268-9109

<http://www.createc-jp.com/>

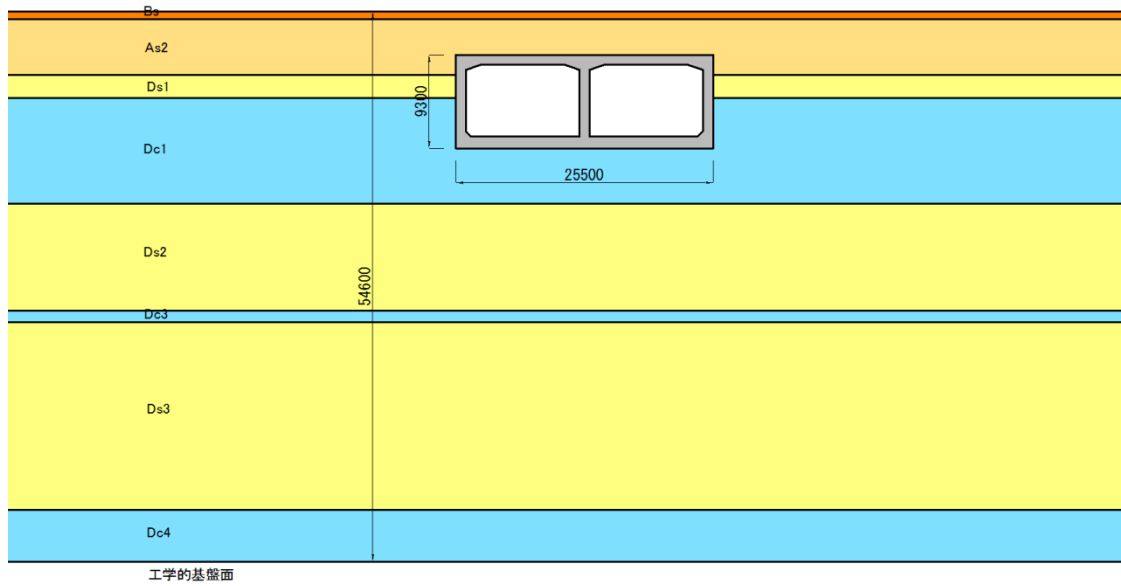
非線形動的解析による地中ボックスカルバートの耐震照査

解析種別	1次元等価線形解析、2次元動的非線形 FEM 解析
キーワード	ボックスカルバート、地盤、等価線形解析、FEM 解析、SHAKE、耐震照査
解析の目的	新設の地中ボックスカルバートについて、2次元動的非線形解析を行い、L1地震時およびL2地震時における要求性能を満足するかを照査する。要求性能を満足しない部材について、配筋を再検討する。
解析の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤の1次元等価線形地震応答解析(SHAKE)により地盤の収束剛性を求める。 ・地盤を平面ひずみ要素、構造物を非線形梁要素でモデル化し、2次元動的非線形解析を行う。 ・解析結果より抽出した構造物の断面力、変形より耐震安全性の照査を行い、要求性能を満足しない部材の配筋を再検討する。
検討の流れ	<pre> graph TD A[構造諸元 (寸法、配筋等) の整理] --> B[地盤条件の整理] B --> C[ボックスカルバートの初期応力解析] C --> D[部材の非線形特性 (M-φ) 算出] D --> E[等価線形解析 (SHAKE) の実施] E --> F[地盤の収束剛性設定] F --> G[2次元 FEM L1 地震応答解析] F --> H[2次元 FEM L2 地震応答解析] G --> I[部材曲率 φ 照査 (降伏)] H --> J[部材曲率 φ 照査 (終局)] J --> K[せん断耐力照査] K --> L[中壁破壊形式照査] L --> M[層間変形角照査] I --> N[NG 箇所の配筋検討] J --> N K --> N L --> N M --> N </pre>
関連資料	・道路橋示方書 (V耐震設計編)・同解説
担当者の所見	・構造物だけでなく地盤も非線形とした解析とするのが厳密であるが、地盤・構造の複合解析では、両要素を非線形とすると収束性が悪くなるため、地盤を等価線形としたことで手順は増えるが設計しやすくなっている。

非線形動的解析による地中ボックスカルバートの耐震照査

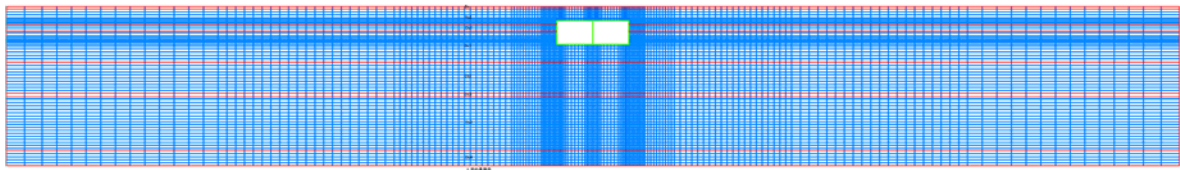
対象構造物

- ・ 1層2径間ボックスカルバート

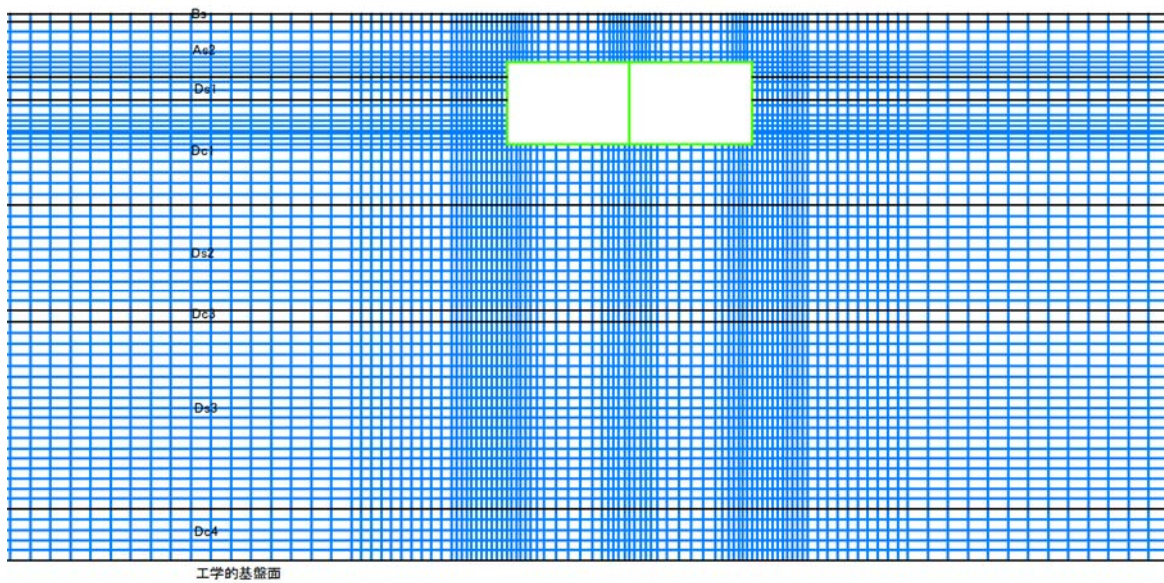


対象構造物および地層条件

解析モデルおよびメッシュ分割



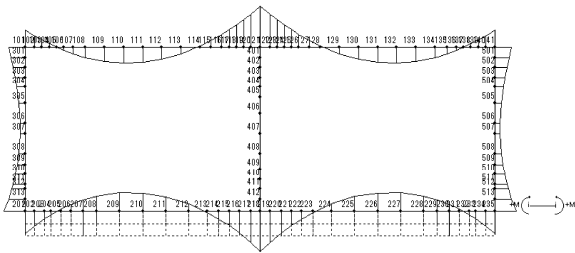
メッシュ分割全体



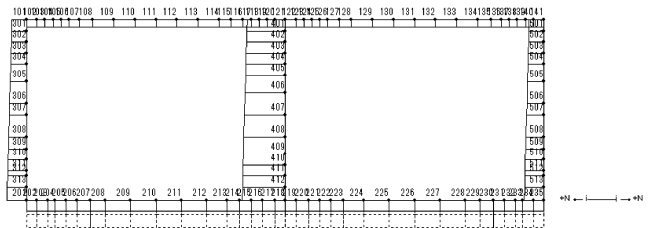
メッシュ分割詳細

非線形動的解析による地中ボックスカルバートの耐震照査

初期応力解析結果



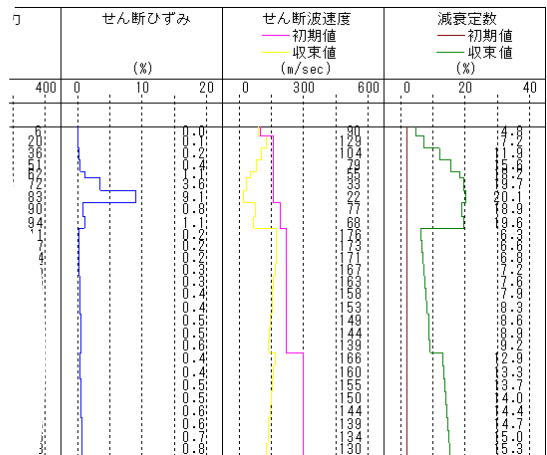
曲げモーメント図



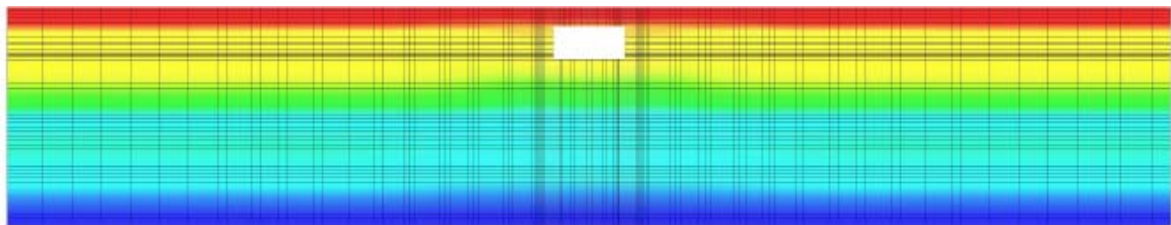
軸力図

地盤の等価線形地震応答解析 (SHAKE) の結果例

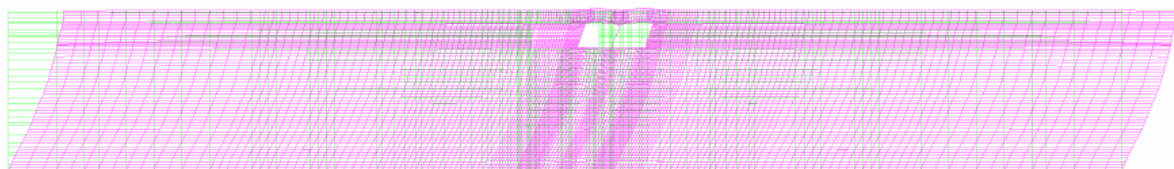
地層番号	深 度 (m)	絶対加速度			絶対速度			相対変位		
		0	1000	2000	0	200	400	0	30	
地表	0.0			88.4			7.4			4.3
2	1.78			80.0			7.4			4.7
3	2.70			87.2			7.3			4.6
4	4.30			85.5			7.6			4.7
6	7.42			73.2			5.6			3.7
7	8.42			76.6			4.5			3.0
8	9.42			77.6			4.6			3.1
10	10.66			77.2			4.6			3.1
11	11.66			76.6			3.6			2.3
13	15.60			74.8			3.7			2.4
14	13.60			73.4			3.6			2.3
15	14.70			71.5			3.4			2.1
16	15.00			69.1			3.1			1.9
17	16.00			68.5			2.9			1.8
10	10.00			63.2			2.7			1.6
10	10.07			59.7			2.7			1.6
20	20.17			57.4			2.6			1.5
21	21.27			55.0			2.4			1.4
22	22.27			52.4			2.4			1.4
23	23.27			49.8			2.1			1.3
24	24.27			47.5			1.9			1.2
25	25.27			45.5			1.7			1.1
26	26.27			43.9			1.4			0.9
27	27.27			42.3			1.2			0.8
28	28.27			40.9			1.1			0.7
29	29.27			39.5			1.0			0.7



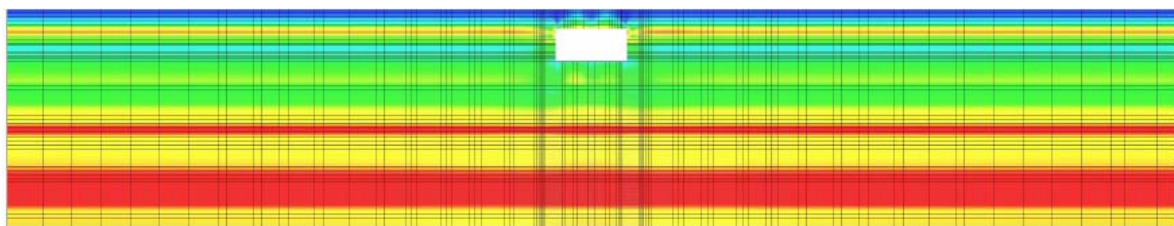
L2 地震応答解析結果例



最大加速度コンター



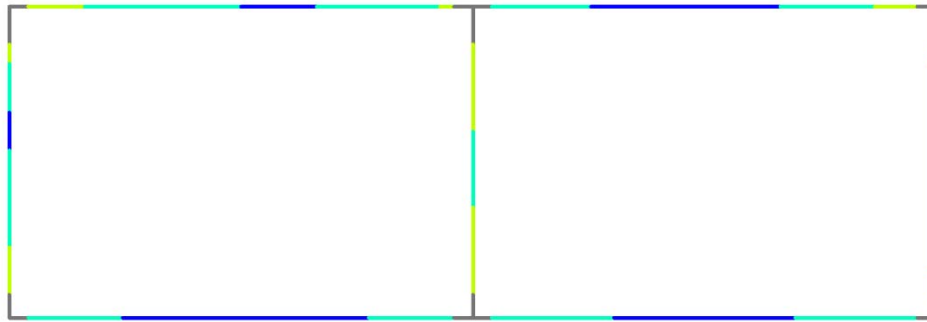
最大変形図



最大せん断ひずみ図

非線形動的解析による地中ボックスカルバートの耐震照査

部材の照査



部材の非線形状態

曲率照査例

部材名	照査位置	引張り位置	許容曲率 $\phi_a(1/m)$	要素No	応答曲率 $\phi(max, min) (1/m)$				判定結果	
					L2-T1-b-1	L2-T1-b-2	L2-T1-b-3	L2-T1-平均	判定	比率(ϕ/ϕ_a)
頂版	頂版(左)-左	下側引張	0.0223	102	0.00124	0.00100	0.00168	0.0013	OK	0.06
		上側引張	-0.0373		-0.00178	-0.00279	-0.00147	-0.0020	OK	0.05
	頂版(左)-中	下側引張	0.0223	106, 114	0.00036	0.00033	0.00036	0.0004	OK	0.02
		上側引張	-0.0373		-0.00132	-0.00074	-0.00127	-0.0011	OK	0.03
	頂版(左)-右	下側引張	0.0141	119	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	OK	0.00
		上側引張	-0.0192		-0.00104	-0.00122	-0.00112	-0.0011	OK	0.06
	頂版(右)-左	下側引張	0.0141	122	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	OK	0.00
		上側引張	-0.0192		-0.00124	-0.00182	-0.00104	-0.0014	OK	0.07
	頂版(右)-中	下側引張	0.0223	127, 135	0.00037	0.00053	0.00035	0.0004	OK	0.02
		上側引張	-0.0373		-0.00113	-0.00056	-0.00136	-0.0010	OK	0.03
	頂版(右)-右	下側引張	0.0223	139	0.00165	0.00122	0.00152	0.0015	OK	0.07
		上側引張	-0.0373		-0.00142	-0.00217	-0.00175	-0.0018	OK	0.05

せん断照査例

照査位置		単位	頂版左				頂版右		
			上側引張り時	下側引張り時	上側引張り時	下側引張り時	上側引張り時	下	
断面寸法	部材幅	b	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	
	部材高	h	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	
	有効高	d	mm	850.0	850.0	800.1	850.0	800.1	
	鉄筋かぶり	d'		150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	
コンクリート	有効高に関する補正係数	Ce	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	軸方向引張鉄筋の断面積	As	mm ²	D35 - 6.67本 D0 - 0.00本 = 6380.5	D38 - 6.67本 D0 - 0.00本 = 7603.8	D35 - 6.67本 D35 - 3.33本 = 9566.0	D38 - 6.67本 D0 - 0.00本 = 7603.8	D35 - 6.67本 D35 - 3.33本 = 9566.0	D38
	軸方向引張鉄筋比	pt	%	0.751	0.895	1.196	0.895	1.196	
	引張主鉄筋比に関する補正係数	Cpt	-	1.350	1.437	1.500	1.437	1.500	
	平均せん断応力度	τ_c	N/mm ²	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	
	コンクリートの負担するせん断力	Sc	kN	424.6	451.9	444.1	451.9	444.1	
め引張鉄筋	斜め引張鉄筋の断面積	Aw	mm ²	D19 - 3.33本 = 954.0	D19 - 3.33本 = 954.0	D19 - 3.33本 = 954.0	D19 - 3.33本 = 954.0	D19 - 3.33本 = 954.0	D19 - 3.33本 = 954.0
	斜め引張鉄筋の部材軸方向間隔	s	mm	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	
	斜め引張鉄筋の降伏点	σ_{sy}	N/mm ²	345.0	345.0	345.0	345.0	345.0	
	斜め引張鉄筋の負担するせん断耐力	Ss	kN	810.9	810.9	763.3	810.9	763.3	
正負交番作用の影響に関する補正係数	(タイプI)	Cc1	-	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	
	(タイプII)	Cc2	-	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	
	タイプI せん断耐力	$P_s = S_c \cdot Cc1 + S_s$	kN	1065.7	1082.1	1029.8	1082.1	1029.8	
タイプII せん断耐力	$P_s = S_c \cdot Cc2 + S_s$	kN	1150.6	1172.5	1118.6	1172.5	1118.6		