

I-647 地中埋設ダクトの縦断方向の地震時挙動のシミュレーション

東電設計(株) 正会員 都築 富雄 正会員 安中 正
東京電力(株) 正会員 安田 登 正会員 藤谷 昌弘

1. まえがき 地中埋設ダクトの地震時挙動を明らかにするために、福島県東部において鉄筋コンクリート製の地中埋設ダクトおよびその周辺地盤で地震観測を実施している。本研究では縦断方向の変位分布が地震観測により与えられた場合のダクト縦断方向の地震時挙動の再現性を弾性床上の梁理論により検討した。

2. 地震観測概要 地中埋設ダクトの形状及び計器配置を図-1に示す。ダクトには縦断方向に表面歪計が21台、ダクト周辺地盤にはダクトの縦断方向に平行に2台の速度型地震計が設置されている。

3. 解析方法 ダクトの解析モデルを図-2に示す。ダクトを梁要素でモデル化し、コンクリートの物性は品質管理試験結果に基づき弾性定数: $E=3.92 \times 10^8 \text{ tf/m}^2$ 、ポアソン比: $\nu=0.167$ とし、ダクトの質量と減衰は考慮していない。実際の構造物と同様にダクト全体がジョイントで不連続となるように、ジョイントは空洞としてモデル化した。地震動は縦断方向成分だけをを入力した。縦断方向の地盤変位分布の与え方は、できるだけ簡略化した一様伝播の場合と現実の変位分布に近づけるために補間を用いた場合の2通りの方法で設定した。一様伝播の場合はV1とV2の観測記録の時間ずれから算定した伝播速度でV1の観測波形を縦断方向に一様に伝播させた。補間を用いた場合はV1とV2の観測記録をそのまま用いて2点間を線形補間した。解析の対象には地震動の縦断方向への伝播性が明瞭で一様伝播の条件に近い1989年11月2日の三陸はるか沖地震($M=7.1$ 、震源深さ: $h=0\text{km}$ 、震央距離: $\Delta=332\text{km}$ 、地表での最大速度: $V_{\max}=0.76\text{kine}$)と伝播性が明瞭でない1989年12月9日の茨城県沖地震($M=5.6$ 、 $h=46\text{km}$ 、 $\Delta=80\text{km}$ 、 $V_{\max}=1.03\text{kine}$)の2地震を選んだ。

地盤パネは現実の挙動を再現できる値として $1.0 \times 10^9 \text{ tf/m}^2$ に設定した。茨城県沖地震を対象として2点補間により解析した地盤パネとセグメント歪およびジョイント歪の関係を図-3に示す。なお、ダクト近傍地盤のせん断弾性係数: G は地盤調査から $1.4 \sim 4.0 \times 10^4 \text{ tf/m}^2$ で、地盤パネは G の25~70倍である。

4. 観測記録と解析結果の比較 観測と解析の最大歪の比較を表-1に示す。両地震とも補間した場合の方が一様伝播に比べて観測と解析の最大値の対応が良い。

H7とT3における観測と解析の歪波形の比較を図-4に示す。三陸はるか沖地震については、一様伝播の場合の方が位相が良く合っている。位相が合っていることから伝播速度を見直すことにより振幅は改善されると思われる。補間した場合には振幅は観測と合っているが、観測と解析の位相がややずれている。一様伝播の場合では表現できない19秒付近の鋭いピークが補間した場合には精度良く再現できている。三陸はるか沖地震のように伝播性が明瞭な地震に対しては、一様伝播の条件でも概ね実挙動を再現できることが確認できた。

茨城県沖地震については、補間した場合は位相と振幅ともに観測と良く合っているのに対し、一様伝播の場合は位相がずれて振幅も観測に比べ小さい。補間した場合は初動部分よりも後半の14.5秒付近で観測と同様に最大歪が生じているのに対し、一様伝播の場合は4秒付近の初動部分で最大歪に近い歪が生じている。茨城県沖地震のように伝播性が明瞭でない地震に対しては、一様伝播の条件では実挙動を再現できないが、2点の観測記録を用いて構造物に入力する変位を補間して地盤変位分布を現実近づけることにより、ダクトの実挙動をかなり精度良く再現できることが確認できた。

5. あとがき 福島県東部で実施している鉄筋コンクリート製の地中埋設ダクト及びその周辺地盤での地震観測に基づき、弾性床上の梁理論を用いた縦断方向のシミュレーション解析を実施し、ダクトの縦断方向の挙動がかなり精度よく再現できることを示した。今後の課題としては、設計において縦断方向の挙動を評価するために、地盤パネの合理的な設定方法及び地盤の軸方向の変位分布を予測する手法を開発すること等が挙げられる。

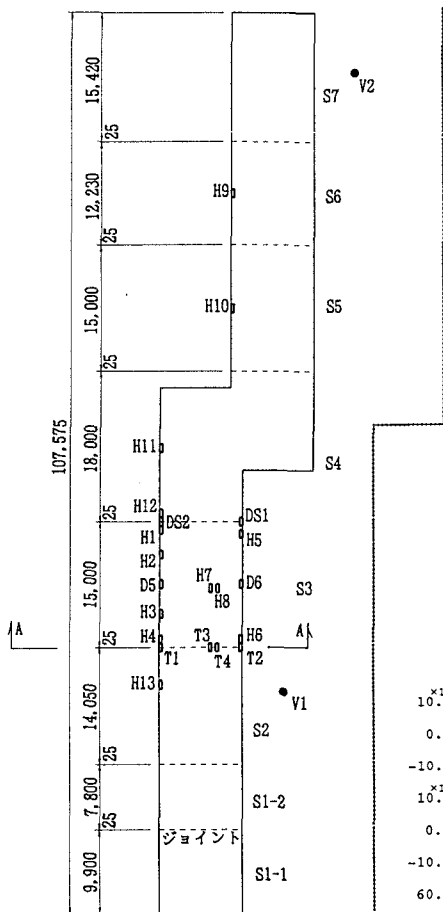


図-1(1) 計器配置 (平面図) 図-2 解析モデル

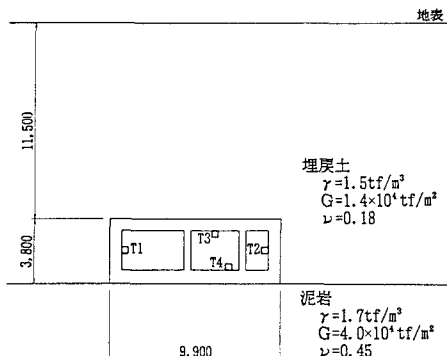


図-1(2) 計器配置(A-A断面)

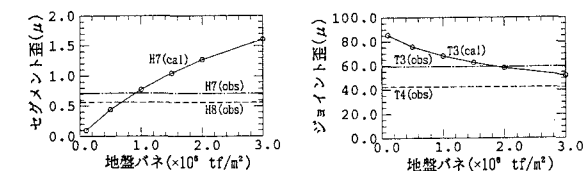


図-3 地盤パネとダクト歪の関係

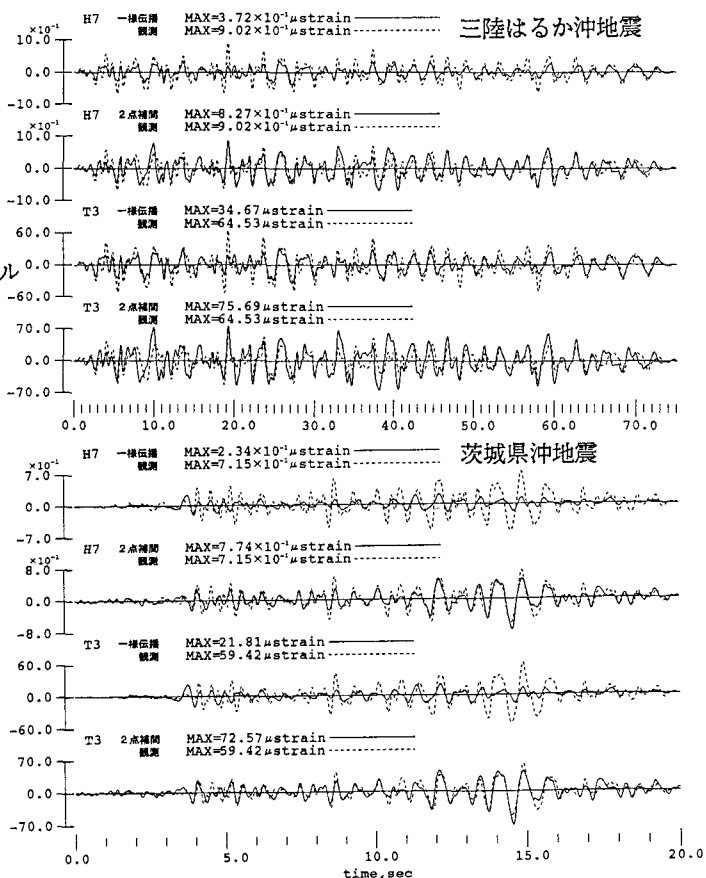


図-4 歪波形の比較

表-1 最大歪の比較

(単位: μstrain)

計器	計の位置		三陸はるか沖地震			茨城県沖地震		
	セグメント	レベル	観測	一樣	補間	観測	一樣	補間
H9	S6	北側中央	0.80	0.27	0.60	0.94	0.17	0.52
H10	S5	北側中央	0.74	0.38	0.86	0.77	0.24	0.72
H11	S4	北側中央	0.32	0.13	0.39	0.41	0.08	0.30
H12	S4	北側中央	0.08	0.07	0.18	0.08	0.05	0.14
H1	S3	北側中央	0.13	0.08	0.17	0.11	0.05	0.16
H2	S3	北側中央	0.52	0.29	0.65	0.40	0.18	0.60
D5	S3	北側中央	0.52	0.38	0.83	0.29	0.24	0.78
H3	S3	北側中央	1.35	0.29	0.64	1.02	0.18	0.61
H4	S3	北側中央	0.09	0.08	0.17	0.09	0.05	0.16
H13	S2	北側中央	0.20	0.29	0.63	0.16	0.18	0.62
H5	S3	南側中央	0.66	0.12	0.27	0.56	0.08	0.25
D6	S3	南側中央	1.38	0.38	0.83	0.75	0.24	0.78
H6	S3	南側中央	0.14	0.08	0.17	0.13	0.05	0.16
H7	S3	中央頂版	0.90	0.37	0.83	0.72	0.23	0.77
H8	S3	中央底版	0.69	0.37	0.83	0.56	0.23	0.77
DS2	S4-S3	北側中央	49.76	32.85	77.73	49.40	20.64	64.05
DS1	S4-S3	南側中央	86.44	36.64	87.31	75.71	23.02	72.16
T1	S3-S2	北側中央	69.89	34.68	75.69	72.80	21.82	72.58
T2	S3-S2	南側中央	48.18	34.68	75.69	50.12	21.82	72.58
T3	S3-S2	中央頂版	64.53	34.68	75.69	59.42	21.82	72.58
T4	S3-S2	中央底版	45.84	34.68	75.69	42.36	21.82	72.58