

V-11

列車振動が泥水掘削溝に与える影響について

JR東日本 東京工事事務所 正員 ○石島 朝男
 " 建設工事部 正員 増田 達
 " 建設工事部 正員 桑原 清
 " 上信越工事事務所 正員 渡邊 明之

1. 研究の目的

都市部の大規模な掘削工事においては、断面剛性が大きい地下連続壁が採用されることが多い。しかし、地下連続壁はその施工方法から施工時の溝壁安定について検討が必要になる。

現在、一般的に用いられる溝壁安定の検討手法は、3種類程（地中連続基礎協会が例示するもの¹⁾：半円形すべり理論、三次元円筒すべり理論、プロトジャコノフの理論）がある。しかし、その安定検討には不確実な部分が多く、また、列車振動等の影響が明確でない。

今回は列車振動による泥水掘削溝への影響を把握するため、実地盤での測定結果に基づいて数値解析を行い、列車振動の評価を試みるものである。

2. 解析の概要

列車振動による溝壁への影響解析は、(1)非線形解析を考慮できること、(2)地盤表面での点加振と表面波の伝播を考慮できること、(3)要素として液体を考慮できること、などより、“SuperFLUSH/2D”（株式会社構造計画研究所・株式会社地震工学研究所）を用いた。

入力する列車振動には大井町駅付近の実測データを用いる事とし、加速度波形を時間間隔1/100秒でデジタル化した時刻歴を用いた。実測データは軌道中心より1m離れの位置で測定されたものであり、今回の解析では、線路直角方向の加速度時刻歴を直接入力した。また、列車速度による影響を検討するために測定データには列車速度の遅いケース（測定点通過速度68km/h）、及び速いケース（同 119km/h）を選択した。（図-1）

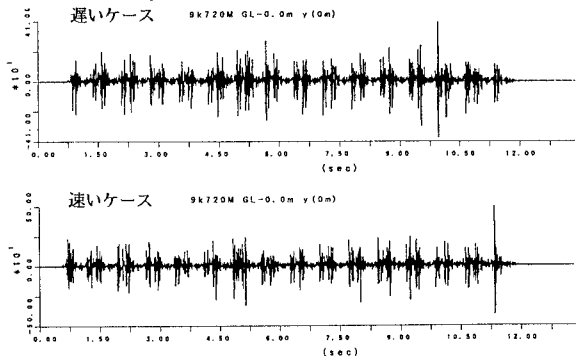


図-1 加速度時刻歴

表-1 地盤定数

深度 (m)	ポアソン比	単位体積重量 (t/m ³)	せん断波速度 (m/sec)	減衰定数 (%)
0.0~1.0	0.450	1.75	150	2.7
-1.0~-2.7	0.457	1.80	160	2.4
-2.7~-5.5	0.480	1.84	180	2.1
-5.5~	0.490	1.84	300	2.2

解析する振動数の上限は、列車振動の卓越周波数である50Hz付近までと通常の振動数で問題となる範囲である20Hzまでの2種類を検討した。

材料定数は、砂質土のみで構成された解析モデルを設定し、一般的な鉄道路盤の地質性状を勘案した簡易な地盤を想定した。表-1に設定した地盤定数を記す。

要素には平面ひずみ要素を用いた。連壁の掘削溝に対する要素は、泥水が満たされていることを想定して物性値を定めた。振動解析の場合、境界面での進行波の反射を考慮して、要素を小さく、モデルサイズを十分大きくする必要がある。当初、側面の境界条件はエネルギー伝達境界とし、メッシュ数の低減を図る予定だったが自由地盤の固有値計算が収束しない場合があったため、側面を粘性境界として解析を行った。また、底面の境界条件には粘性境界を用いた。

解析は、線路直角方向の地盤を想定した2次元モデルで行った。

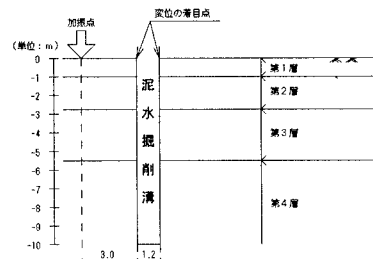


図-2 モデル概要図

複線区間で上下線の列車振動による連壁掘削溝の壁面への影響を検討するため、列車振動を軌道中心における節点加振で入力し、線間中心を対称軸としてこれより所定の距離離れた掘削溝を設定した。モデルのサイズは、溝壁の離れを軌道中心（加振点）より3m離れ、掘削溝深度を10m、溝幅を1.2mとし、幅30m、深さ12m程度の範囲をモデル化した。図-2にモデル概要図を示す。

上記のように、今回の解析では表-2で示す5ケースについて解析を行い、掘削溝の加振点側（内側）と外側の水平、鉛直両相対変位量を解析した。

3. 実験結果と考察

粘性境界とエネルギー伝達境界の違いによる相対変位は水平方向ではほとんど違いが見られない。また、鉛直方向では相対的にエネルギー伝達境界のほうが小さな値となっているが、一部で境界条件によらず同程度となる箇所がある。したがって、粘性境界を用いた今回のモデルはおおむね妥当であると考えられる。

列車速度の違いでは、遅い速度のケースが鉛直方向、水平方向、溝壁の左右に関わらず大きな相対変位を与えている。ただし、同時に測定したレール歪みが速度の遅いケースが 1226μ に対して、速いケースが 1174μ となっており、列車重量、或いはレールに伝わる衝撃による影響についても検討する必要があるものと考えられる。

また、解析周波数領域50Hzと20Hzによる差は、解析の結果ほとんど見られなかった。

上記の結果より、代表例としてケース1（列車速度：遅い、周波数：20Hz）について考察する。

水平相対変位は、溝内側において、地表面で4.94cm、外側で、2.81cm程度の変位が見られた。変位は地表面で最大となり、深度3m程度迄で急激に減少し、それ以深は漸減している。

また鉛直相対変位は、内側では地表面で最小となり、地盤条件の変わる深度3m付近より漸増する。したがって、鉛直相対変位は地盤条件に大きな影響を受けているものと考えられる。

水平・鉛直両相対変位とも、深度6m付近で、掘削溝面の両側の値がほぼ一定の値に収束している。したがって、溝壁の影響を受けるのは、このケースの場合は深度6m付近までであると考えられる。

さらに、水平相対変位について、地下連続壁施工時におけるガイドウォール設置後の状態をシミュレーションするために、ガイドウォールの要素を組み入れたモデルで再解析を行ってみた。その結果、溝壁内側の変位は地表面で1.05cmとなり、大きく減少した。したがって、ガイドウォール設置後の変位について、列車振動による影響を検討する必要性は小さいものと考えてよいと思われる。

今回のケースでは、列車振動が泥水掘削溝に与える影響は少ないと考えられるが、今後もう少しデータを集めて、深度化していきたい。

【参考文献】1) 地盤工学編：地盤工学ハンドブック、第1巻、土木研究所、pp. 67~75、1991

表-2 解析ケース

粘性境界とエネルギー伝達境界		case 0	
		周波数	
		20 Hz	50 Hz
通過速度	遅い	case 1	case 2
	速い	case 3	case 4

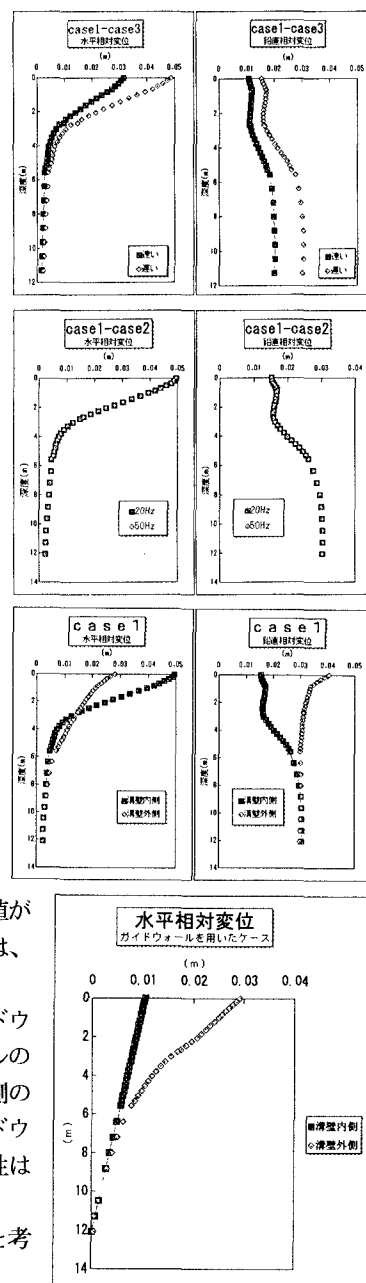


図-3 解析結果