

武蔵工業大学 正会員 星谷 勝
清水建設(株) 正会員 石井 清
武蔵工業大学 学生員 安藤 成利

§1 はしがき

入力損失の効果についてはすでに多くの事例からその存在が確認されている¹⁾。本研究では地震応答解析例を通じて入力損失の効果を考慮することによって、従来の地震応答解析の結果とくらべ、応答量などがどの程度影響を受けるかについて検討する。ここで、解析例として取り上げた構造物は長大つり橋主塔・橋脚モデルである。この構造物は長周期構造物であることから原子力発電所原子炉建屋²⁾などに比べれば入力損失の効果は設計解析上重要なファクターとはなり得ないであろう。しかし、大型基礎を持つことから、入力損失効果により加速度応答値には相当の差が出ることが予測される。

§2 長大つり橋主塔・橋脚モデル

図-1に示すように主塔・橋脚モデルは200mの主塔、平面45m×60m・深さ100mの基礎より構成されている。主塔頭部はケーブルによる拘束が考慮されている。また、基礎の埋込み深さHは50m、周辺地盤は側壁まわりを $V_s=500$ m/s、底部を $V_s=700$ m/sとした。モデルの重量・ばね定数は参考文献³⁾を参考とし、基礎-地盤のばねのみ別に評価した。減衰定数は上部構造を $\eta=2\%$ とし、基礎-地盤のばねを水平 $\eta=1.5\%$ 、円軸 $\eta=2.0\%$ としている。

構造物は9質点の集中要素系モデルに置換され、基礎版による入力損失の効果は入力地動に対して§3に示す入力損失フィルターを用いて考慮するようにした(図-2参照)。

上記解析モデルの固有値解析結果の一部を図-3に示すが、固有振動数は1次0.7Hz、2次1.7Hz、3次1.9Hzである。また、モーダルダンピングファクターは1次4.4%、2次7.7%、3次3.8%となっている。

§3 入力地動と有効入力波形

入力地動には設計解析で一般に広く用いられているEl Centro(1940, SN成分)、Taft(1952, EW成分)および十勝沖(ハブ)(1968, EW成分)の3波を用いる。

入力損失の効果は、参考文献¹⁾より埋込み深さHを50m、

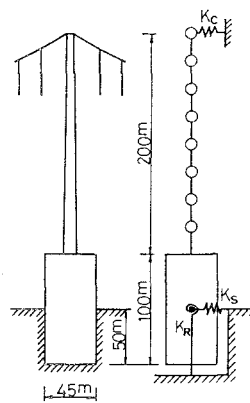


図-1 長大つり橋主塔・橋脚モデル

No.	W (t)	No.	SPRING(t/m)
9	171	8	0.315
8	455	7	0.559
7	585	6	0.923
6	731	5	1.441
5	893	4	3.095
4	1071	3	4.321
3	1266	2	5.880
2	1476	1	6.500
1	648000		$K_c = 1.89 \times 10^4$ t/m
			$K_s = 2.59 \times 10^7$ t/m
			$K_R = 4.38 \times 10^6$ t-m
			$I = 1.054 \times 10^9$ t-m ²

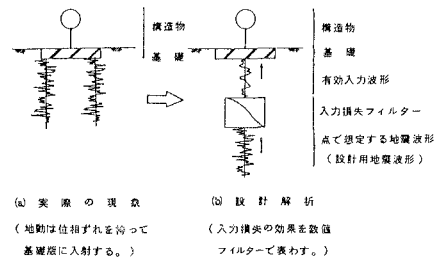


図-2 地震波の入力機構

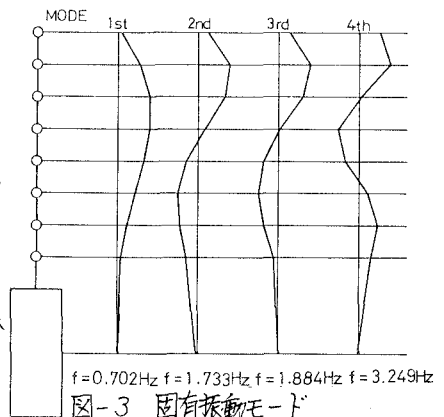


図-3 固有振動モード

倒壊周辺地盤のせん断波速度 $V_s = 500 \text{ m/s}$ としてフィルター定数 τ^* を $\tau^* = 1.92 (H/V_s) + 0.120 = 0.312 \text{ s}$ とし以下のフィルターを考える。

$$|H(f)| = \left| \frac{f'}{\pi f} \sin \left(\frac{\pi f}{f'} \right) \right| \quad 0 \leq f \leq 0.71f'$$

$$= 0.350 \quad 0.71f' \leq f$$

ここで、 f および f' は振動数であり、 τ^* は $1/(0.71f')$ として与えている。図-4はTaft波と上記フィルターによる有効入力波形であるが、有効入力波形は原波形の高周波成分が相当に除去されるとともにその最大値が約3割小さくなっている。

§4 計算結果

図-5～図-7には入力地震およびその有効入力波形に対する最大応答値の比較結果を示す。ここで、最大応答としては最大加速度値、最大(相対)変位、最大せん断力および最大曲げモーメントの結果を示している。

図からは入力損失の効果を考えることによって最大応答値が小さくなることがわかる。低減の幅は、最大加速度値において約2割であり、他の最大応答値ではその幅は小さく、約5%の減少にとどまっている。最大加速度を除く他の応答量への入力損失効果の影響度が小さいのは、つり橋主塔・橋脚モデルが長周期構造物であり、応答量が低次(1次)の振動数領域によって支配されるのに対して、入力損失効果が長周期領域では顕著に表われないことによる。

§5 結 論

本研究ではつり橋主塔・橋脚モデルの地震応答解析例を通じて入力損失の効果の影響度を検討した。結果からは最大加速度応答値を除けば最大相対変位量、最大せん断力、最大曲げモーメントなどへの入力損失効果の影響は小さかった。しかしながら、地震観測データによるシミュレーション解析などでは従来の集中要素系解析に本研究の主題とする入力損失効果をさらに考慮することによって加速度応答や他の応答量の適合度も無理なく改良することができよう。

参考文献 1) 石井 清, 実測資料に基づく地震波の入力損失フィルターの提案, 清水建設研究所報, Vol.33, 1980
2) 星谷 勝, 石井 清, 横田佳幸, 入力損失の効果を検討した地震応答解析例, 土木学会第36回年次講演会 I-234, 1981. 3) 山田善一, 後藤洋三, 長大つり橋主塔橋脚の振動特性と地震応答解析に関する諸考察, 土木学会論文報告集, 第207号, 1972.

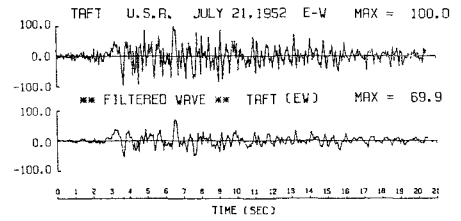


図-4 入力地震と有効入力波形の例

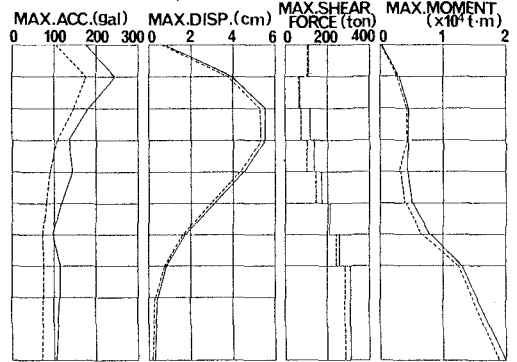


図-5 最大応答結果 (El Centro 1940 NS)

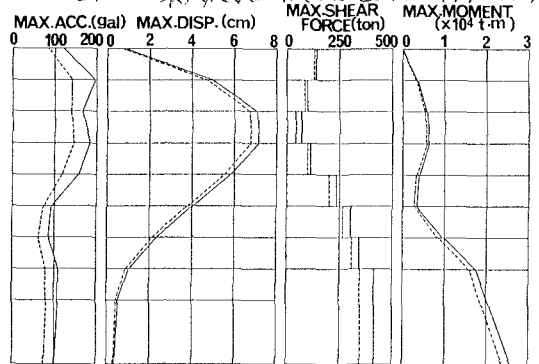


図-6 最大応答結果 (Taft 1950 EW)

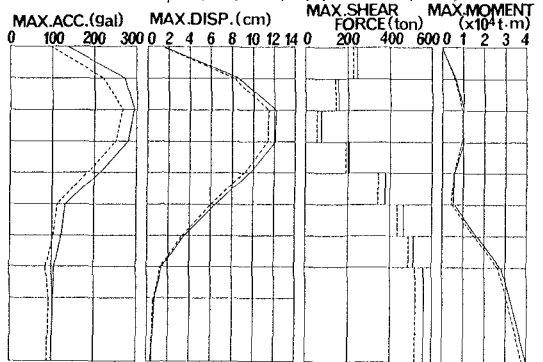


図-7 最大応答結果 (1968 千代田 (H) EW)