

軟弱地盤免震を考慮した実橋梁構造物の耐震設計

佐賀大学大学院工学系研究科

学生会員

○高田眞治郎

正会員

荒牧軍治

正会員

古賀勝喜

1. まえがき

通常、加速度応答スペクトルが長周期側で大きく減少する事象を利用することを免震と呼ぶ。軟弱な地盤と定義されるⅢ種地盤の中でも特に軟らかい有明粘土層が堆積する佐賀軟弱地盤においては、基盤用として提示された地震波を地盤モデルに入力した場合の加速度応答スペクトルは、固有周期が1秒以下の短周期側になると道路橋示方書で規定された地表面加速度応答スペクトルに比較すると極めて小さな値となる(図-1)。この性質を利用すると、佐賀平野においては剛性が高く固有周期が短い橋梁構造形式の方が有利であると考えられ、このような効果を『軟弱地盤免震』と呼ぶこととする。

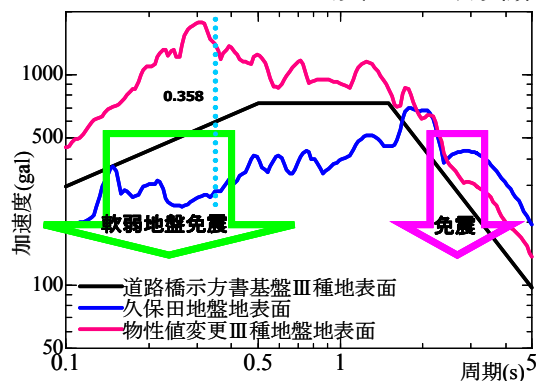


図-1 地表面加速動応答スペクトル

コンクリート標準示方書レベル2内陸型を基盤入力

本研究では佐賀平野に建設される実橋における軟弱地盤免震効果を検証するために、佐賀平野の軟弱地盤(佐賀郡久保田町新田)に建設予定の嘉瀬川橋梁(PC3径間連続ラーメン箱桁橋)の構造物の地震時解析を行い、その特性を明らかにした。

2. 地盤と地震波

本研究では佐賀平野の軟弱地盤として佐賀郡久保田町の物性値を用いて解析を行った。この地盤はせん断弾性波速度 $V_s=58(\text{m/s})$ 、 N 値=0 という非常に軟弱な地盤($T_g=1.38\text{s}$)であり佐賀平野一帯にこのような地盤が広がっている。これと比較する地盤として V_s を $58(\text{m/s})$ の層を仮想的に $160(\text{m/s})$ に変化させた比較的硬い軟弱地盤を用いた。なお、以下では物性値を仮想的に変更した地盤を物性値変更Ⅲ種地盤($T_g=0.94\text{s}$)と呼ぶことにする。

入力地震動として今回はコンクリート標準示方書に準拠したレベル1を1波形、レベル2海洋型を2波形、レベル2内陸型を2波形によって久保田地盤、物性値変更Ⅲ種地盤を通した地震波を作成し解析に用いた。図-2はレベル2内陸型の地表面加速度であり、構造物入力用に地域別補正係数で補正したものである。最大値を比較すると物性値変更Ⅲ種地盤の418galに対して久保田地盤は190galとなっている。

佐賀郡 久保田町 減衰定数=0.05			
地盤特性	深度(m)	$V_s(\text{m/s})$	$\gamma(\text{KN/m}^3)$
盛土層	0.63	58	15.696
蓮池層上部	1.7	58	15.696
有明粘土	2.43	58	14.715
	9.05	58	14.715
蓮池層下部	10.1	58	14.715
	11.8	160	16.677
三田川層	12.92	160	16.677
	20.81	210	17.658
阿蘇-4火砕流堆積物	23.64	240	14.715
中原層上部	24.62	240	14.715
	30.33	170	14.715
	32.27	170	17.658
中原層下部	40.7	290	18.639
	50	350	19.62

表-1 解析に用いた地盤の物性値

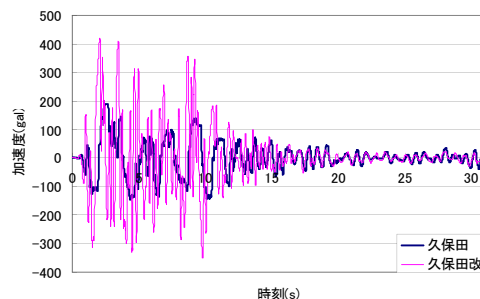
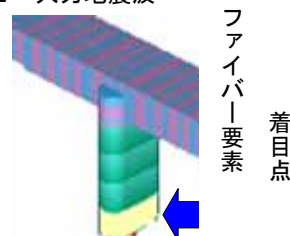


図-2 入力地震波

3. 解析方法とモデル

解析にはFORUM8社のUC-win/FRAE(3D)のファイバーモデルを用いた。これは剛体リンク・分布ばね要素と呼ばれる要素を用い、線要素にモデル化できる鋼製部材や鉄筋コンクリート部材の非弾性状を考慮することができ、軸力も逐次計算し解析を



行う。

軟弱地盤上での橋梁構造全体の応答を検証するために「平成 17 年度嘉瀬川高架橋詳細設計資料」を参考に PC3 径間連続ラーメン箱桁のモデルを作成し解析を行った。モデル化に当たっては、橋脚部に非線形部材を用い、橋梁部は弾性ばりとして作成した。また、橋梁部は死荷重を厳密に再現できるよう断面形状の異なる 16 種類を作成した。ここでは橋軸方向加振の場合のみについて述べる。



図-4 嘉瀬川橋梁モデル

4. 解析結果

図-5 最上部は図-2 に示したレベル 2 内陸型タイプ 地震動を入力した際の河川内左岸橋脚基部の $M-\phi$ 関係をグラフ化したものである。初降伏時の曲率は解析結果より $\phi_{y0}=0.013311$ 、最大曲率を ϕ_m とし、 ϕ_m/ϕ_{y0} の値を塑性率として求めると、久保田地盤が 0.02 に対し、物性値変更種地盤では 0.12 と共に破壊域には達していないが、塑性率の値としては大きく変化しているのが分かる。また、図-1 の加速度応答スペクトルのグラフで固有値解析によって求められた $T=0.358(s)$ の時の加速度を見ると久保田地盤の 280gal に対して物性値変更種地盤の 1304gal と約 4.7 倍の加速度となっている。

このことはレベル 2 内陸型タイプに限らず、その他の地震波についても同様の傾向が見られた。これは図-1 に示す加速度応答スペクトル図の加速度に応じた $M-\phi$ 関係の結果となった。

各入力地震波入力における最大 $M-\phi$ 値をプロットした (図-6) 結果、久保田地盤に関してはひび割れ域に留まり塑性域に入ることはなかったが、物性値変更種地盤に関しては地震波によって降伏限界を越して塑性域に入った。

5. まとめ

以上の結果をまとめると佐賀平野の軟弱地盤上では固有周期が 1 秒以下になると加速度が減少する軟弱地盤免震が起これと考えられ、構造物の解析を行ってみても軟弱地盤免震の効果によって構造物の応答が小さくなったことが確認できた。この事は他に解析を行ったレベル 1 地震動・レベル 2 時振動内陸型タイプ や海洋型地震動タイプ でも同様であった。佐賀平野のような超軟弱地盤で実際に設計する際には、ラーメン橋脚やラーメン橋など固有周期が 0.3 秒前後の短周期な構造物を設計することで今の基準よりも低い基準で設計することが可能になる。

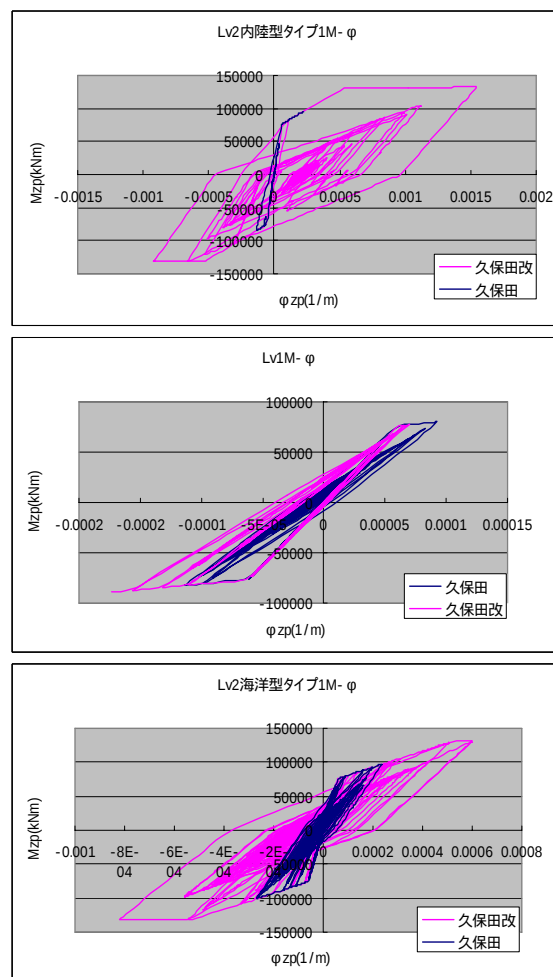


図-5 嘉瀬川橋梁モデル $M-\phi$

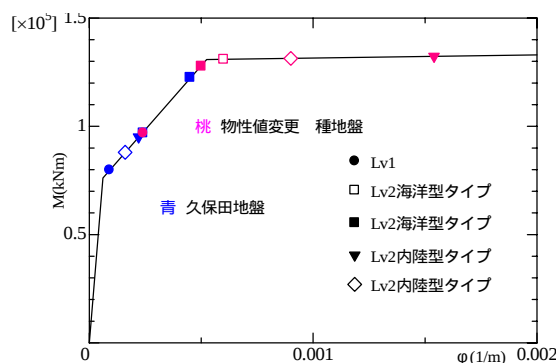


図-6 各入力地震波における最大 $M-\phi$ 点

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編 平成 14 年 3 月
- 2) 平成 17 年度嘉瀬川高架橋詳細設計資料