

新構造技術株式会社総合技術本部 正会員 尹 元彪

鹿児島大学工学部海洋土木工学科 正会員 河野 健二

1. まえがき

構造物に作用する地震力を抑制して耐震性の向上をはかり、より安全な構造物の設計を行うため、免震構造は重要な役割を果たしている。1995 年の兵庫県南部地震以来、新しく設計される橋梁等は、多くの場合免震支承を設け、耐震性の向上がはかられている。本研究では、免震装置を構造物の基礎天端に導入して、基礎構造物と地盤との動的相互作用を考慮した免震構造物系の地震応答解析を行う。

2. 地震応答解析および結果

図-1 は本研究で用いた免震を考慮した地盤一構造物系の解析モデルを示している。上部構造物を 1 質点の弾性せん断型のモデルとし、免震装置を基礎構造物と上部構造物との間に導入した。免震部分の履歴復元力特性は、Wen⁽¹⁾の提案による非線形一階微分方程式を用いることとした。基礎構造物は、剛体ケーソン基礎とし、基礎と地盤との動的相互作用が有効地震動と動的復元力の概念からとらえ、原田ら⁽²⁾⁽³⁾の近似式を用いて動的復元力を算出する。全体系の運動方程式を求めるために、動的サブ・ストラクチャー法⁽⁴⁾を用いて試みた。また、本研究では、表層地盤を上層（基礎底面より浅い地盤、S 波速度 V_{ss} ）と下層（基礎底面より深い地盤、S 波速度 V_s ）の 2 層に分割し、基盤からの地震波が下層地盤内を伝播し、上層地盤を通して基礎に入力するものとする。

図-2 はケーソン基礎と地盤との動的相互作用を考慮した場合と、上部構造物の基礎を表層地盤上に固定した場合のそれぞれにおける上部構造物の最大変位応答に及ぼす免震の影響を示したものである。

入力地震波は Kobe NS1995、El Centro NS1940、Taft N21E 1952

の 3 種類の加速度記録を用い、地表面における最大加速度を 600gal とした。免震装置を導入しないとき上部構造物の最大変位応答は、基礎が固定された場合の応答が動的相互作用を考慮した場合により大きく、入力地震波の種類によって約 1.5 倍から 2.5 倍となっている。これは、基礎が上層地盤上に固定された場合に相当するため基盤から入射した地震動が表層地盤で増幅されて上部構造物へ直接に伝達されることに基づくものである。また、動的相互作用を考慮した場合の応答は、下層地盤の剛性が低下すると、上部構造物の最大変位応答が一般に大きくなり、下層地盤の振動特性による影響が示されている。一方、免震装置を導入したとき上部構造物の最大変位応答は、入力地震波の種類や動的相互作用の影響にもかかわらずほぼ一定となっている。これは、免震装置の固有周期 ($T=3.14s$) が十分に大きく、地震動の持つ周期帯あるいは基礎構造物の固有周期帯から上部構造物側の固有周期帯をアイトリットし、上部構造物が免震装置とほぼ一緒に動くこととなっていると考えられる。しかし、図-3 からわかるように動的相互作用を考慮しない場合の免震装置の履歴復元力ループは、動的相互作用を考慮した場合の履歴復元力ループより大きくなっている。これは、免震装置が上層地盤上に固定された場合に相当するため基盤から入射した地震動が表層地盤で増幅されて免震装置へ直接に伝達されることによるものである。

図-4 から図-6 は、上層地盤が動的相互作用を考慮したとき上部構造物の応答に及ぼす影響を示したものである。免震装置を導入しない場合、上層地盤の剛性が低下すると、上部構造物の最大変位、最大速度お

キーワード：免震・非線形履歴復元力・動的相互作用・動的サブ・ストラクチャー法

連絡先：〒136 東京都江東区亀戸 1-42-20 住友不動産亀戸ビル 4F Tel:03-5626-7081 FAX:03-5627-6007

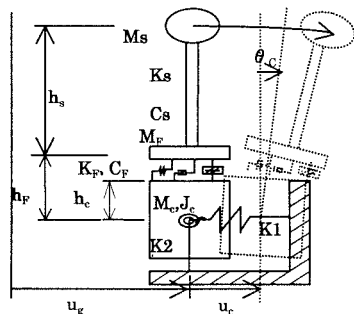


図-1 解析モデル

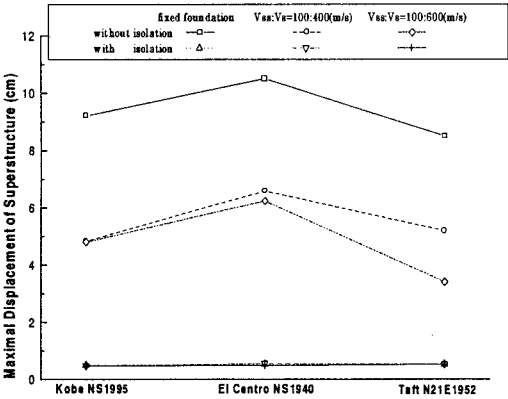
よび最大加速度応答が一般に増大しており、上層地盤による増幅が示されている。免震装置を導入した場合にも同じ傾向が見られている。

3. あとがき

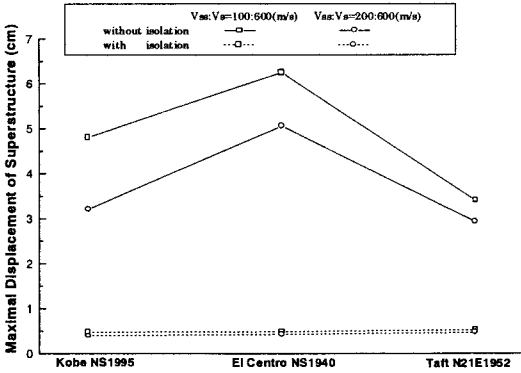
本研究では免震を考慮した地盤－構造物系の地震応答解析を行った。基礎構造物と地盤との動的相互作用を考慮した場合の応答は表層地盤の振動特性に大きく影響されることがわかった。免震に及ぼす基礎構造物と地盤との動的相互作用の影響を明確にしておくことが重要であると考えられる。

4. 参考文献

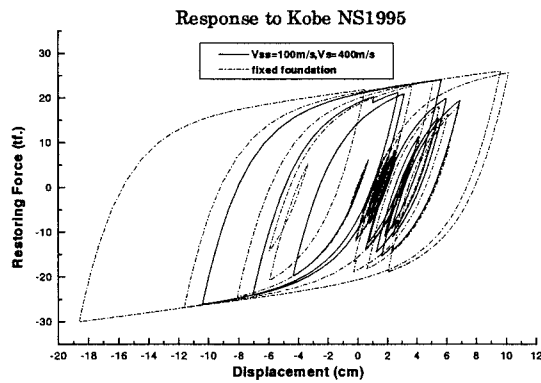
1)Y.K.Wen: Equivalent Linearization for Hysteretic System Under Random Excitation, Journal of Applied Mechanics, ASCE, Vol.47, March 1980,pp.150-154
2)原田隆典,久保慶三郎,片山恒雄,廣瀬利光:地中円筒剛体基礎の動的ばね係数と減衰係数, 土木学会論文報告集第 339 号, 1983, pp.79-88
3)本州四国連絡橋公団:明石海峡大橋耐震設計要領(案)・同解説, 昭和 63 年 3 月
4)山田善一,竹宮宏和,河野健二,平野明:動的相互作用を考慮した多点入力系高橋脚橋の地震応答解析, 土木学会論文報告集第 328 号, 1982, pp.1-10



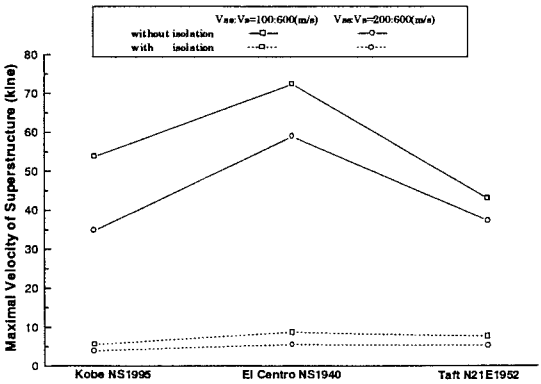
図－2 最大変位応答に及ぼす免震の影響



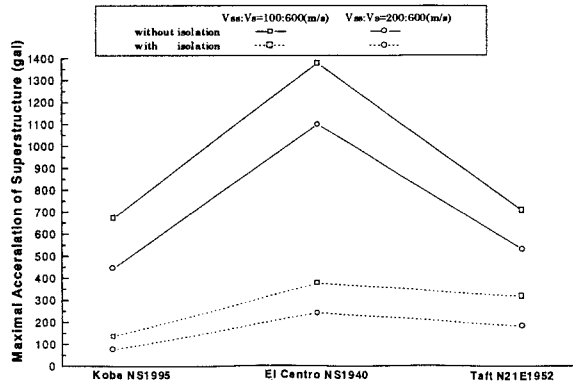
図－4 最大変位応答に及ぼす上層地盤の影響



図－3 履歴復元力と動的相互作用の関係



図－5 最大速度応答に及ぼす上層地盤の影響



図－6 最大加速度応答に及ぼす上層地盤の影響