

I - B 389

非線形動的解析による複合構造物の耐震検討手法について

阪神高速道路公団 正会員 田坂 広  
 (株) 日 建 設 計 ○ 正会員 坂本 仁昭  
 (株) 日 建 設 計 正会員 古市 和行

1. まえがき

兵庫県南部地震による構造物・橋梁の被害は予測をはるかに超えるものであり、これまでの耐震設計のあり方に大きな課題をなげかけた。被災直後より、建設省をはじめとして官・学・民をふくめて耐震設計の見直しが鋭意進められている。今回、地下鉄・建物および高架道路橋が一体となった複合構造物の耐震検討を実施したので、手法および検討結果を報告する。

2. 解析手法の概要

検討対象とした施設は、昭和 44 年に竣工した構造物で、地下部分に地下鉄を持ち上部には事務所・商業ビル、さらに道路橋のピアを受けている複合一体構造物である。解析手法としては地盤と構造物全てを非線形モデルとして検討を行うのが最善であるが、ここでは3ステップに分け検討を実施した。Step-1として地盤と構造物による連成動的解析を実施し、Step-2として地上部建物と道路橋の多質点系動的解析を実施し、Step-3では道路橋部分のみの非線形骨組動的解析を実施した。

(Step-1)：地下鉄の耐震性及び地上部の構造物への入力波作成のため地盤～構造物の連成解析を実施した。地下1階部に剛性の高い梁があることから、地下2階部以深をFEMでモデル化を行い、地下1階以上の地上部を多質点系モデルでモデル化した。地盤はせん断剛性のひずみ依存性をHardin-Drnevichモデルを考慮した平面要素でモデル化を行った。基盤面入力地震波は、神戸海洋気象台で得られたNS成分の速度記録を周波数領域で微分して求めた加速度波形を用いた。

(Step-2)：建物の耐震性を確認するため、地下1階以上の地上部を多質点系モデルでモデル化し、Step-1で求めた地下1階での加速度波形を入力した。復元力特性は建物及び道路橋の架構モデルを作成し、静的弾塑性解析により求めた。

(Step-3)：橋脚の耐震性を確認するため、橋脚のラーメン部架構を作成し、Step-2で得られた道路橋基部の加速度波形を入力した。架構の各結合部はマルチスプリングモデルにより非線形性を表現した。

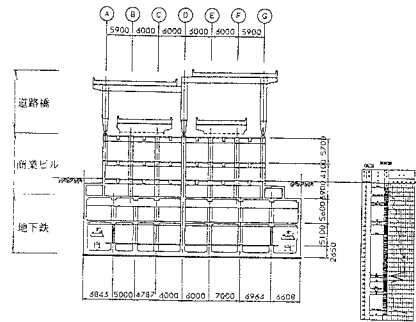


図-1：検討対象横断面図

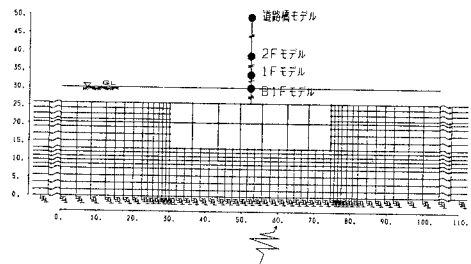


図-2：Step-1モデル

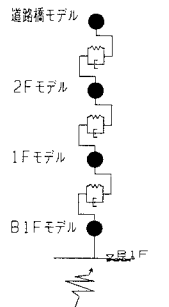


図-3：Step-2モデル

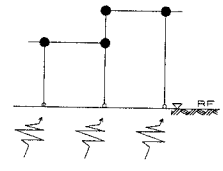


図-4：Step-3モデル

キーワード：複合一体構造物・非線形動的解析・耐震検討

連絡先：大阪市中央区高麗橋 4-6-2 TEL：06-203-3694 (代) FAX：06-227-1534

3. 解析結果と考察

Step-1では基盤に入力した地震波が、地下1階で810gal、地表面（B1Fバル）では970galとなった。地震波の増幅は、地下構造物を伝達するよりも地盤内を伝達する方が大きくなっている。これは地下駅舎部に耐震壁が多く配置されており、剛な構造物となっているためと考えられる。Step-2では、B1F・1F・2Fともに塑性率は1.0以下であり弾性域にあることも解った。Step-3の道路橋耐震性能については、橋脚は若干塑性域に入っているが塑性率で見ると約1.5程度の値を示し、許容じん性率には達しておらず耐震性は確保されている。そこで各ステップの道路橋位置での水平変位を比較して見ると、道路橋を非線形モデルとした各ステップの結果はほぼ同じ値となった。この建物には多くの耐震壁が効率良く配置されており、建物としてかなり剛な物であれば、今回の様なStep-1（地盤の非線形性）・Step-2（構造物の非線形性）・Step-3（道路橋の非線形性）と実施した結果の妥当性はあると考えられる。ちなみにStep-3のモデルにStep-1で求めた地表面の地震波を入力すると、結果は同じ様な応答値を示した。この建物は剛な構造物であって、建物によって増幅された波も地表面での波も同じ様な挙動を示すと考えられる(Step-3)。

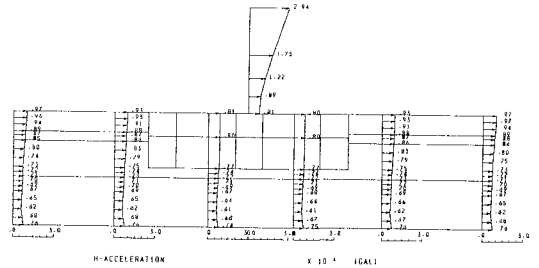


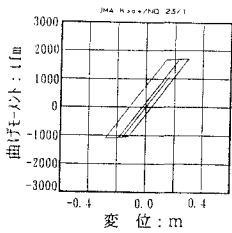
図-5：最大加速度分布図（Step-1）

階	応答せん断力	層間変形	層間変形角	塑性率
道路橋	5216t	31.23cm	1/31	2.07
2F	7839t	0.27cm	1/1905	0.68
1F	12969t	0.23cm	1/1790	0.93
B1F	17708t	0.18cm	1/2131	0.38

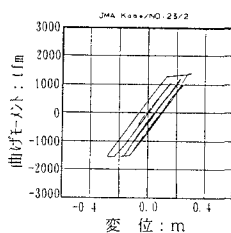
表-1：最大応答値（Step-2）

	Step-1	Step-2	Step-3	Step-3'
最大変位(cm)	24.30	31.23	29.58	29.92

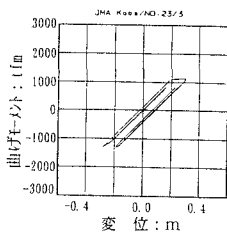
表-2：道路橋部最大水平変位



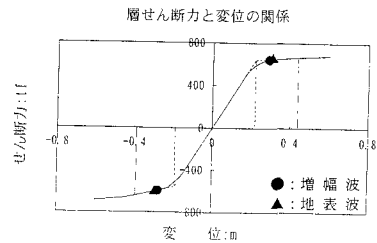
(a)：橋脚1履歴曲線



(b)：橋脚2履歴曲線



(c)：橋脚3履歴曲線



(d)：耐震検討結果（スカルプ）

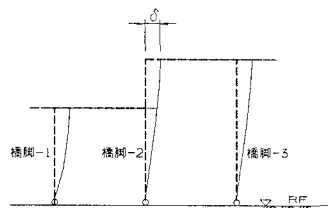


図-6：橋脚の応答解析模式図（Step-3）

4. まとめ

地下鉄・建物及び高架道路橋が一体となった複合一体構造物の耐震性能を行う場合は、今回の様に3ステップに分けて検討を行うことにより、各構造物の構造的特徴を考慮した解析を行う事が出来た。そして兵庫県南部地震レベルにおいては、建物の応答値は弾性域にあり安全である。また建物等の複合構造物において、建物自体に耐震壁を十分に配置した構造物であれば、上部構造と下部構造を分離して地表波での単独検討を行っても大差はないと考えられる。

なお、本検討手法に際し京都大学大西有三教授・家村浩和教授に御指導頂き、ここに感謝の意を表します。