

変位制御ダンパーを有する多径間連続高架橋の地震応答性状 —入力位相差効果について—

岡山大学工学部 正員 竹宮 宏和
岡山大学大学院 学生員 ◯魚谷 広太郎

1. まえがき 多点入力系では、地震波の伝播を考えると、各入力の位相差効果を一様入力と比較して把握する必要がある。今回の報告は、変位制御(桁筋)ダンパーを有する多径間連続高架橋の橋軸方向の地震時挙動を対象に、上記の効果について検討したものである。定式化には、動的サブストラクチャ法を適用した。(1)(2)

2. 定式化 動的サブストラクチャ法を適用することにより、図1に示す解析対象構造物を図2のように部分構造系に分割し、各部分系において、それぞれ運動方程式をたて、分割された各部分系が互いに連続性を保つように、力の平衡条件、変位の適合条件を用いて、全体系の運動方程式を作成する。

〔多径間高架部〕 通常のF.E.M.により、多質点モデルとする。並進運動が回転運動より卓越するとし、静的縮合を施し、内部自由節点変位を、全境界点を拘束した状態における慣性力による動的変位と、これらの拘束点を原系の挙動を満足するように解除することによる準静的変位との和と考える。また、拘束系において、固有振動モード分解が適用できるものとし、必要な固有振動モードのみを採用して運動方程式の自由度の低減を計る。

〔橋台部〕 地盤バネを考慮した2自由度(水平並進、回転)剛体モデルとする。

〔変位制御ダンパー特性〕 減衰力は、図3に示すように変位制御ダンパーの取付両端間の相対速度に依存する。本研究では、同図の実線のような双一次型で近似する。

〔可動支承部の摩擦抵抗〕 高架部の解析モデルでは、橋桁両端部は可動支承となっているが、現実には理想化されたローラ支承ではなく、同部分の接触圧 N に比例して摩擦抵抗が働く。本研究では、図4に示すように、支承の相対速度 $\dot{\delta}$ に依存すると仮定する。

〔連成系〕 本解析における高架部と橋台との連続性は、力の平衡条件であり、全体系の運動方程式は、

$$\sum_k ([M]_{sub,k} \{\ddot{x}\}_{sub,k} + [C]_{sub,k} \{\dot{x}\}_{sub,k} + [R]_{sub,k} \{x\}_{sub,k}) = \sum_k (\{F_n\}_{sub,k} + \{F_g\}_{sub,k}) \quad (1)$$

で得られる。ここに、 $[M]_{sub,k}$ 、 $[C]_{sub,k}$ 、 $[R]_{sub,k}$ は、各部分系の慣性、減衰、剛性マトリックスを要素表書き、 $\{F_n\}_{sub,k}$ 、 $\{F_g\}_{sub,k}$ は、各部分系の自由度の大きさに拡張したものである。 $\{F_n\}_{sub,k}$ 、 $\{F_g\}_{sub,k}$ についても同様で、外力 $\{F_n\}_{sub,k}$ は具体的には、変位制御ダンパー反力および可動支承部の摩擦反力を含む外力項、 $\{F_g\}_{sub,k}$ は地震外力項である。

〔入力位相差〕 波動伝播モデルとして、図5に示すように、SH波が鉛直に対して α の角度をなして入射してくる場合、見かけ上の波動が水平方向に伝播し、水平距離 D_i の2地点に対して位相遅れ時間 τ_i は次式で表わされる。

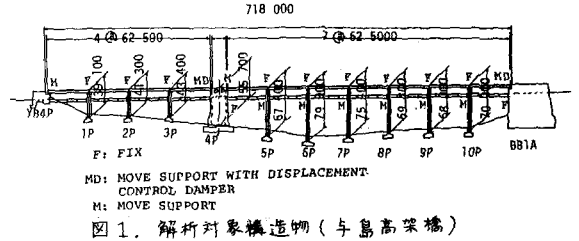


図1. 解析対象構造物(与島高架橋)

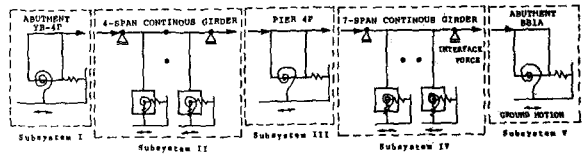


図2. 解析モデル

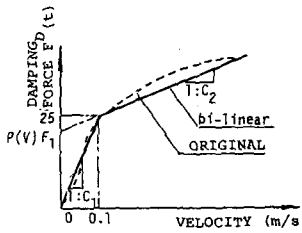


図3. 変位制御ダンパー特性

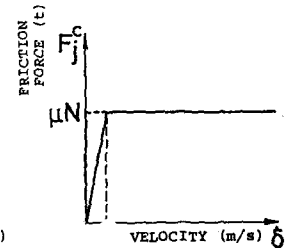


図4. 摩擦抵抗

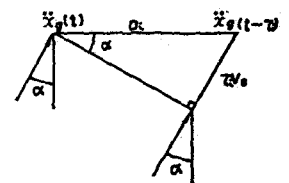


図5. 波動伝播

$$T_L = D_i \sin \alpha / V_s \quad (2) \quad \text{ここに、} V_s \text{は、基盤のせん断波速度である。}$$

3. 解析結果 解析対象構造物は、本四連絡橋の手島高架橋（7径間連続、4径間連続マルチラーメン、分散固定支承形式）をモデル化したものである。地盤バネ定数は現地盤定数より算定し、減衰効果は粘性減衰係数の形で仮定した。入力地震波は、短周期型のEL.CENTRO, 1940, NS記録、長周期型の十勝沖, 1968, ハブ, NS記録を用いた。位相遅れ時間は、入力点間隔 D_i が一定なので1支間当り一律0.16秒とした。7径間高架部は橋台BB1Aと、4径間高架部は4Pと変位制御ダンパーで連成させた。図6に、7径間高架部橋桁の橋脚5Pの基盤動に対する相対変位の時刻歴応答を、図7に、橋桁の最大応答変位の変化を示す。ここで、ダンパー本数NDを指定した場合、摩擦係数 μ を変数に、一方、 μ を指定した場合、NDを変数に採る。長周期系の7径間高架部においては、摩擦抵抗、ダンパー10本設置によって、かなり最大応答変位を低下させている。特に、地震の後半に、これらの減衰効果は顕著に現われる。ダンパーによる制振効果は、位相差入力の場合、一概入力より小さく現われる。短周期系の4径間高架部においては、最大応答変位の摩擦およびダンパーによる制振効果がほとんど認められない。橋台は、高架部に比してマッシブであるため、摩擦ダンパーによる高架部からの影響はほとんど受けない。位相差を考慮した場合、境界の摩擦係数、およびダンパー本数によっては、安全側、危険側の結果をもたらす。したがって、入力位相差効果は、一概に変位を減少させるとは言えない。

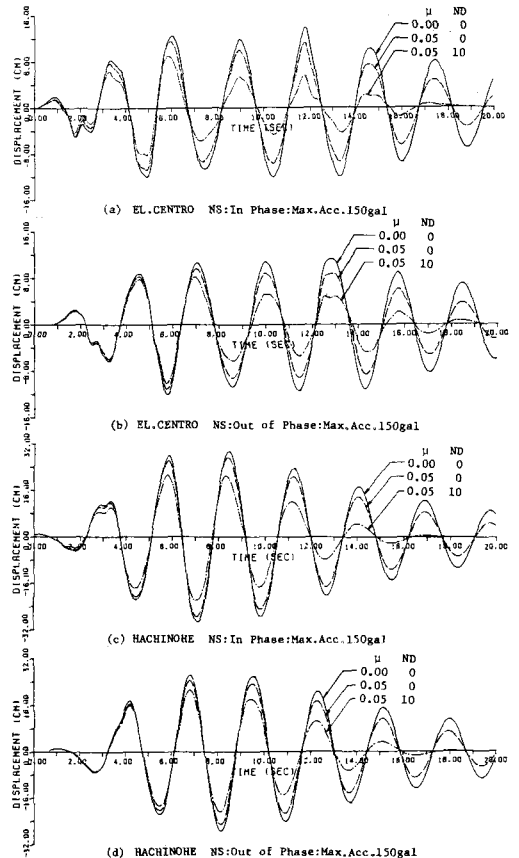


図6. 変位時刻歴応答（7径間高架部橋桁）

参考文献

- 1) 竹宮, 福山西: 変位制御用ダンパーを有する高架橋の地震応答解析—動的サブストラクチャ法の適用—第17回地震工学研究発表会 講演概要, 昭58年7月 pp.301~304
- 2) 魚谷, 竹宮: 4径間連続高架橋の地震応答解析—変位制御用ダンパー効果—第37回土木学会年次学術講演会 講演概要工-369, 昭和57年10月 pp.737~738
- 3) 竹宮, 魚谷: 局所的非線形性を有する内陸高架橋の地震応答解析, 土木学会論文誌集録編中

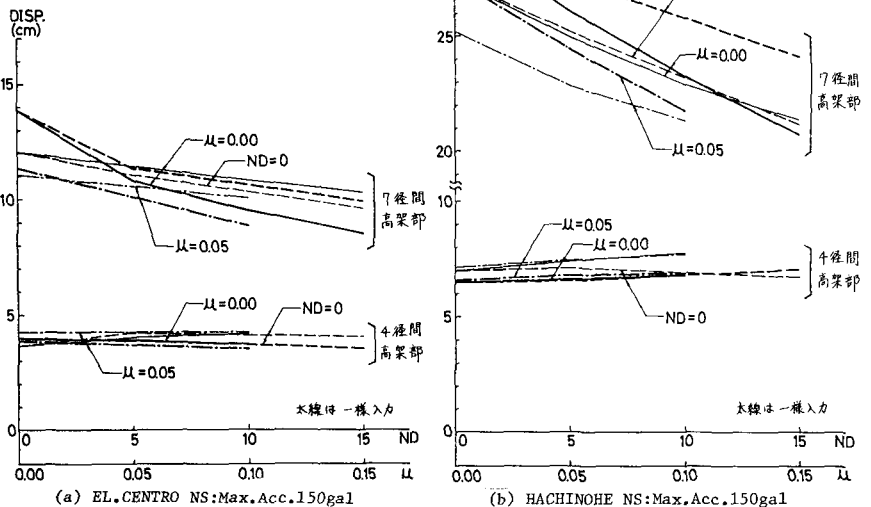


図7. 橋桁最大応答変位の変化