

I - B113 道路橋における基礎－橋脚系のシステム挙動に関する研究

建設省土木研究所 正会員 足立 幸郎
同上 正会員 運上 茂樹

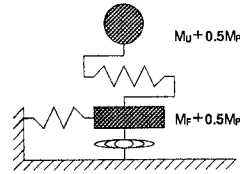
1. はじめに 橋脚のじん性率は降伏変位と終局変位の比で定義されるが、基礎の変形が大きくなるような場合には、基礎の変位を含めて基礎－橋脚系全体のシステムじん性率を評価する必要がある、例えば次式のように定義することが出来る⁽¹⁾。

$$\mu_s = (\delta_{F(P_u)} + \delta_{P_u}) / (\delta_{F(P_y)} + \delta_{P_y}) \quad (1)$$

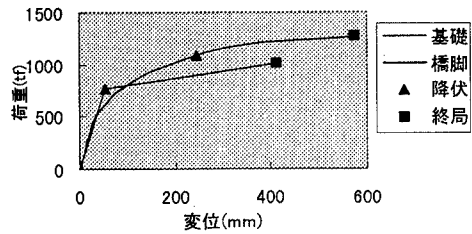
μ_s : システムのじん性率、 δ_{P_u} 、 δ_{P_y} : 橋脚の終局・降伏時の変位、 $\delta_{F(P_u)}$ 、 $\delta_{F(P_y)}$: 橋脚終局・降伏時の基礎変位。したがって、基礎－橋脚系全体のシステムのじん性率を考えた場合は、同じ耐震性を有する橋脚であっても基礎の剛性によって変化を受けることになる。実際のシステムの応答特性を検討するため、単純なモデルを用いたシステムの応答特性を把握するためパラメトリックな動的解析を実施した。

2. 基礎－橋脚系システムのモデル化 軟弱地盤上に建設された道路橋を対象として、図－1に示すような2質点系の基礎－橋脚系のモデル化を行った。ここで図－2に示されるように、比較的基礎と橋脚の剛性・耐力とも近接している場合を対象としたことになる。橋脚の非線形履歴特性は武藤モデル、基礎は復旧仕様にに基づいたP－ δ 解析結果を近似する修正 Hardin-Dernevich 型曲線モデルを用いている。地震波は L2-Type II 型 III 種地盤応答スペクトルに適合するよう振幅調整した修正ポートアイランド波を使用した。パラメトリック解析は、橋脚の剛性・耐力を固定し、基礎の剛性・耐力を変化させ、様々な耐力比、剛性比における応答特性を計算した。なお、ここで示す耐力・剛性は降伏時のものを表わし、比で表示する場合は、基礎のそれを分子にしている。式(1)で定義されるシステムのじん性率を図－3に示す。システムのじん性率が基礎剛性によって大きく変化することがわかる。

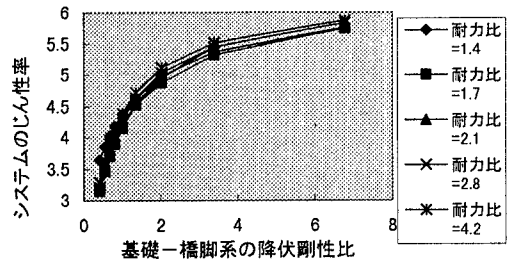
3. 基礎－橋脚系の応答特性 図－4には上部工の応答加速度の変化を示す。基礎橋脚の剛性比が小さくか



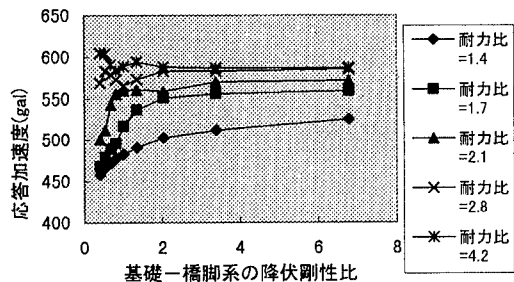
図－1 基礎－橋脚系のモデル化



図－2 基礎－橋脚系の P－ δ 曲線



図－3 基礎－橋脚の剛性・耐力比による μ_s の変化



図－4 基礎－橋脚の剛性・耐力比による応答加速度の変化

慣性力相互作用、システム応答、じん性率、履歴吸収エネルギー

〒305 茨城県つくば市旭1番地 TEL 0298-64-4966 FAX0298-64-4424

つ耐力比が小さい場合においては、応答が低減していることがわかる。これは基礎が橋脚より初期の段階で履歴によりエネルギー吸収が行われているためと思われる。したがって、式(1)のような静的な考え方の他に減衰効果を取り入れた考察が必要であることが理解される。図-5には、エネルギー一定則を利用して、上部工の応答加速度から逆算したシステムとしての応答塑性率を示す。基礎-橋脚系の剛性比が比較的大きい領域、及び耐力比が比較的大きい領域においてはある一定値に収束する様子がわかる。これは、システムとしての塑性応答が、基礎-橋脚系の連成応答から橋脚のみの応答へと遷移しているためである。

図-6はシステム全体系における履歴吸収エネルギーの変化を示したものである。剛性比が小さい領域において吸収されるエネルギー量が多くなる傾向があるが、これは基礎での履歴吸収エネルギーの絶対量が大きくなるためである。さらに、図-7に示された基礎-橋脚における履歴吸収エネルギーの分担比を見る場合、耐力比や剛性比が大きくなるにつれて、システムへの履歴吸収エネルギーに占める橋脚の分担率が大きくなる傾向が見られる。以上を総合的に考察する限り、基礎-橋脚系の連成応答は、基礎と橋脚の剛性比が小さい領域においてみられ、基礎の耐力が大きくなるにつれて橋脚へ集中してエネルギーが吸収されることがわかる。震度法に従って設計された道路橋においては基礎と橋脚の剛性比は2~4程度、耐力比は2~6程度が経験的に標準であり、図-7等を見る限り橋脚にエネルギーが吸収される領域にあることがわかる。しかし、何らかの設計条件により基礎と橋脚の耐力比・剛性比が小さい領域で設計を行う場合は、基礎のエネルギー分担率が大きくなる傾向にある。一方では、図-8に示すように、上記領域では地盤の非線形性に起因する基礎の残留変位特性が大きくなることを示している。

4. おわりに 今回の試算結果で、部材を中心とした静的なじん性率の考察のみだけではシステムの耐震挙動が説明できないことが明らかになった。キャパシティデザインは主たる非線形性が1部材に集中することが重要であり、このような慣性力相互作用についてさらに検討を行い、システムとして必要な剛性比、耐力比等について検討を行いたい。

参考文献 (1) Priestly ら、「Seismic design and retrofit of bridges」、Wiley、1995

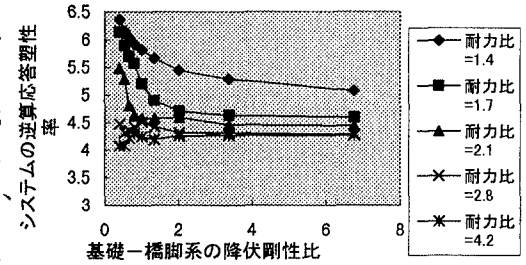


図-5 システムの逆算応答じん性率

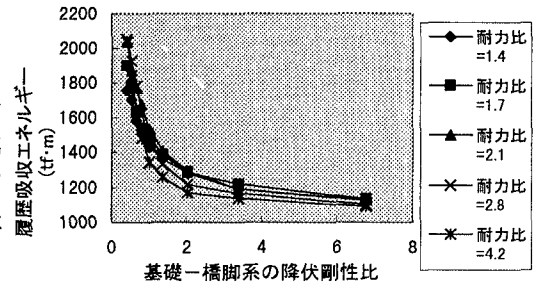


図-6 総履歴吸収エネルギー

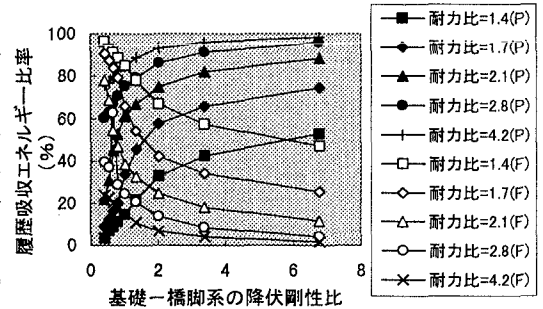


図-7 履歴吸収エネルギーの基礎橋脚分担比率

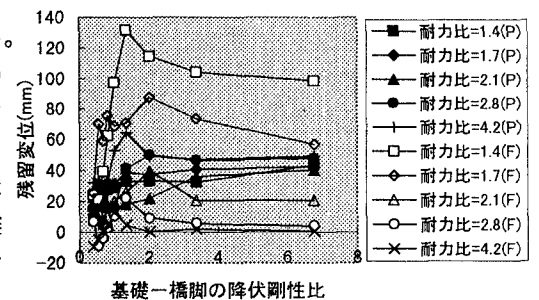


図-8 残留変位特性