

曲線鋼鈹桁橋の上部構造のモデル化が支承及び橋脚の動的応答に及ぼす影響

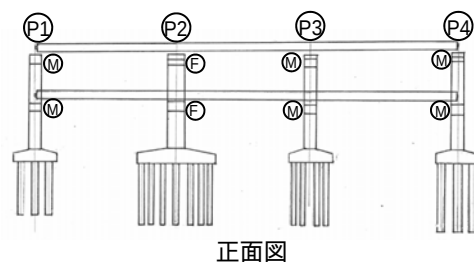
九州大学大学院 学生員 ○下野 将樹 九州大学大学院 学生員 崔 準祐
九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲

1. はじめに

曲線橋は動的挙動が複雑であることから、動的照査法による耐震性照査が望ましいとされている。そのため、現在は、橋梁全体系モデルによる3次元地震応答解析を行うことが一般的であるが、その際には曲線橋の構造条件や振動特性を考慮して適切にモデル化を行わなければならない。本研究では、鋼鈹桁を有する3径間連続曲線橋を対象とし、地震応答解析における上部構造のモデル化の影響について検討を行った。具体的には、上部構造の構成部材を一本の梁要素に換算した「簡易モデル」と、それぞれを独立した部材としてモデル化した「詳細モデル」を作成し、地震応答解析を行った。両モデルにおいて、主要部材の動的応答特性の比較・検討を行い、上部構造のモデル化について考察を行った。

2. 解析対象橋梁

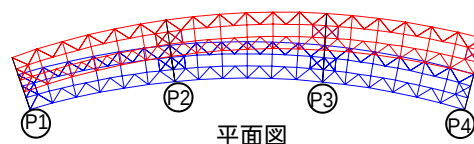
本研究に用いられた対象橋梁を図-1に示しており、内曲側と外曲側の2つの橋梁から構成される3径間連続曲線鋼鈹桁橋である。橋梁の諸元を表-1に示す。各橋梁には、外曲側からG1, G2, G3, G4の4本の主桁が配置されており、各橋脚において、G1, G2, G3, G4に対し、G1支承, G2支承, G3支承, G4支承がそれぞれ配置されている。



正面図

3. 解析モデル

本研究で用いた簡易モデルと詳細モデルのモデル図を図-2に示す。簡易モデルと詳細モデルにおいて、上部構造以外の部材に対しては、同一にモデル化を行った。上部構造及び橋脚部は梁要素、支承部は6方向成分を有する線形バネ要素としてモデル化を行った。支承部の支持条件は、P2橋脚の支承部は固定とし、他は可動とした。



平面図

図-1 解析対象橋梁

表-1 橋梁の諸元

橋長	内曲側	90 m
	外曲側	91 m
支間長	内曲側	30m+30m+30m
	外曲側	30.5m+30.5m+30m
曲率半径	内曲側	150m
	外曲側	160m
支承形式		鋼製支承
下部工形式		P1,P2,P3,P4: RC橋脚
地盤種別		種地盤

3.1 簡易モデル

本橋梁の上部構造は、主桁、床版、横構、横桁により構成されているが、簡易モデルでは、それらを一本の梁要素に換算してモデル化した。このとき、上部構造の慣性力作用位置は、床版下面とした。質量は、床版、主桁、横構、横桁の総質量を求め、梁要素の各節点に分配した。橋梁全体系の動的解析において、直線橋の場合、横構、横桁の影響は小さいという報告がある¹⁾。しかし、本橋梁のような曲線橋では、上部構造に大きなねじりモーメントが生じるため、横構、横桁の影響に関して、検討を行う必要があると考えられる。そこで、横構、横桁を無視し、開断面として断面定数を求めた簡易モデル(以下「簡易モデル」と称す)と、横構、横桁を考慮し、閉断面として断面定数を求めた簡易モデル(以下「簡易モデル」と称す)を作成した。

3.2 詳細モデル

詳細モデルは、主桁、床版、横構、横桁をそれぞれ独立した部材としてモデル化した。それぞれの部材に対し、断面定数を求め、各部材要素の軸線は、各部材断面の重心位置に設けた。各部材の質量はそれぞれの部材節点に分配した。また、主桁要素と床版要素は、剛部材を設け連結した。

4. 解析条件

解析手法はNewmark β 法、積分時間間隔は0.005秒とした。減衰はRayleigh減衰を用い、入力地震波は、タイプ Ⅱ の地震波を用いて3方向同時加震を行った。

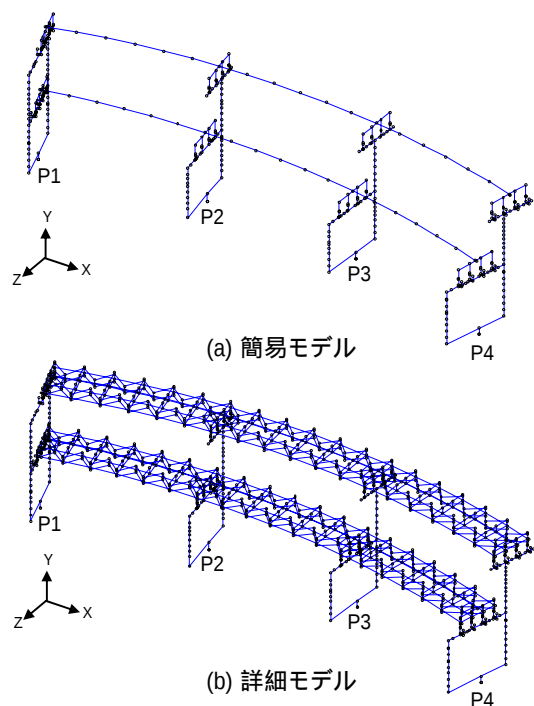


図-2 解析モデル

5. 固有値解析の結果

固有値解析の結果を表-2に示す。面内変形モード及び鉛直変形モードにおいては、各解析モデルの固有周期はほぼ等しくなった。面外変形モードの固有周期は、簡易モデルに比べ、詳細モデルの方が約0.05sec程度長い。簡易モデルは、簡易モデルよりもねじり剛性が大きいため、簡易モデルよりも、ねじり変形モードの固有周期が約0.04sec程度短くなっており、詳細モデルと近似している。以上のように、固有値解析の結果は、各解析モデルにおいて若干異なっており、地震時の挙動も異なることが推測できる。

表-2 固有値解析の結果

	固有周期 (sec)		
	簡易	簡易	詳細
面内1次	1.145	1.139	1.138
面内2次	0.970	0.964	0.959
面外1次	0.743	0.736	0.774
面外2次	0.604	0.597	0.658
鉛直1次	0.571	0.561	0.568
ねじり1次	0.640	0.604	0.604

6. 動的解析の結果

6.1 支承部最大反力の比較

図-3に支承部に生じる各方向における最大反力を示す。

まず、接線方向最大反力は、各解析モデルでほとんど等しく、その差は、最大でも約3%程度である。

一方、鉛直方向最大反力においては、全体として簡易モデルに比べ、詳細モデルの応答値が大きい傾向にある。簡易モデルと詳細モデルを比較すると、特に、外曲側橋梁におけるP4橋脚のG1支承においてこの傾向が顕著であり、簡易モデルに比べ、詳細モデルの方が応答値は約41%程度大きい。また、簡易モデルと簡易モデルを比較すると、外曲側橋梁におけるP1橋脚のG3支承、G4支承、及びP2橋脚のG1支承においては、若干応答値の大きさに違いが見られるが、他の支承部のほとんどにおいては、両モデルの応答値の差は小さい。

法線方向反力においては、簡易モデルに比べ、詳細モデルの応答値が小さい傾向にある。特に、外曲側橋梁におけるP3橋脚の支承部においてこの傾向が顕著であり、簡易モデルに比べ、詳細モデルの応答値は約22%程度小さくなっている。簡易モデルと簡易モデルを比較すると、両モデルの応答差は比較的小さい。

以上のような簡易モデルと詳細モデルの支承部最大反力の違いは、各解析モデルにおける固有周期の違いや質量分布の違いが大きく影響していると考えられる。

6.2 橋脚基部における応答値の比較

表-3に橋脚基部に生じる応答値を示す。橋脚基部の応答

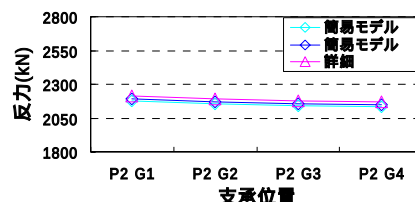
値においても、各解析モデルで応答値が異なっている箇所が見られた。簡易モデルと詳細モデルを比較すると、橋脚面内最大曲げモーメントはP1外側柱において最大約7%程度、法線方向最大せん断力はP4外側柱において最大約12%程度の応答値の差異が見られた。簡易モデルと簡易モデルを比較すると、両モデルでの応答値の差は比較的小さい。

7. 結論

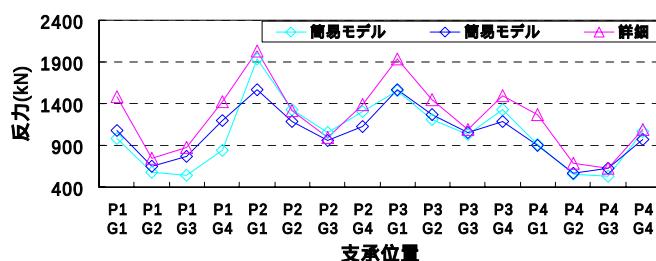
以上より、簡易モデルと詳細モデルにおいて、支承部や橋脚基部の動的応答値が異なることが明らかとなった。特に支承部の鉛直方向反力及び法線方向反力への影響は大きい。また、簡易モデルにおいて、横桁、横構が支承部や橋脚の動的応答特性に与える影響は小さく、簡易モデルのように閉断面と見なした場合でも、詳細モデルの応答値と相違が見られた。したがって、本橋のような曲線橋をモデル化し、支承部及び橋脚の耐震性照査を行う際には、上部構造に対し、詳細なモデルを作成する必要があると考えられる。

参考文献

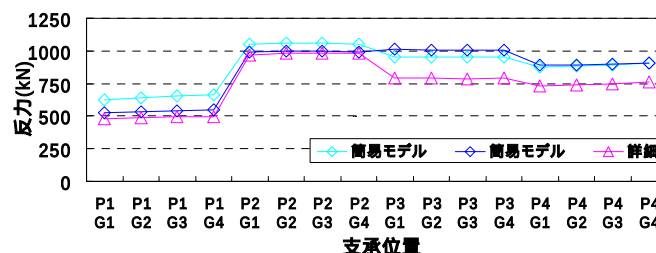
1)辻角学, 高橋昭一, 山中治, 橋吉宏, 牛島祥貴, 米田昌弘: 2主桁橋の横構省略に対する耐震設計上からの検討, 第51回年次学術講演会概要集, 1996



(a) 接線方向 (内曲側橋梁)



(b) 鉛直方向 (外曲側橋梁)



(c) 法線方向 (外曲側橋梁)

図-3 支承部最大反力

表-3 橋脚基部に生じる応答値 (最大値)

橋脚位置	橋脚面外曲げ(kNm)			法線方向せん断力(kN)		
	簡易	簡易	詳細	簡易	簡易	詳細
P1(外側柱)	16511	16059	14968	5072	5060	4805
P1(内側柱)	15865	15853	15157	4979	4379	4160
P4(外側柱)	26397	28686	26541	3544	4117	3676
P4(内側柱)	14038	14047	14046	4807	4819	4858