

コンクリート充填鋼管を用いた多柱式合成橋脚の動的解析について

第一復建株式会社 正 員 ○李 重桓・唐 嘉琳
九州大学大学院 正 員 日野伸一・松田泰治
九州大学大学院 フェロー 太田俊昭

1. はじめに

新しい高速道路や新幹線整備の路線として、地質および地形の制約または周辺条件から、急峻な山岳部を選ばざるをえなくなり、そのような場合、高橋脚を有する橋梁形式の選定が必要となる。また、近年の建設業界では、熟練工および労働力の不足、建設コストの削減および耐震性能の向上などの問題に直面しており、それらの解決策として、施工性および安全性に優れ、かつ高い耐震性能を有する構造形式の開発が重要視されつつある。著者らは橋脚の新しい構造形式として、図-1のようなコンクリート充填鋼管を用いた多柱式合成橋脚を提案し、本構造の終局耐力や変形性能に関する解析的検討を行ってきた¹⁾²⁾。本論文は、これまでの研究成果を踏まえたうえで、より高い耐震性能が期待できる構造を選定するために、コンクリート充填高さおよび補剛材の径厚比を変化させたときの動的挙動について比較検討を行ったものである。

2. 解析条件および検討ケース

本解析に用いた多柱式合成橋脚の諸条件は、既往の検討結果に基づき¹⁾、橋脚高さ 50m では 4 本の主部材($\phi 1800$, $t=20\text{mm}$)と 5 組の斜め補剛材($\phi 1000$)、橋脚高さ 110m では 9 本の主部材($\phi 2000$, $t=30\text{mm}$)と 11 組の斜め補剛材($\phi 700$)とし、主部材と補剛材はそれぞれ STK490 と STK400、充填コンクリート強度は 30N/mm^2 とした。

本検討では、主部材にはり要素、補剛材にトラス要素を用いた 3 次元の骨組みモデルとし、線形の動的解析とした。また、主部材と補剛材の結合部はヒンジ、地盤と基礎の結合部は剛結とモデル化した。積分手法は Newmark β 法($\beta=0.25$)、時間刻みは 0.01sec 、解析に用いる減衰は Rayleigh 減衰で考慮することとし、ひずみエネルギー比例型によって算出された減衰定数より Rayleigh 減衰の α および β を決定した。入力地震動は I 種地盤に用いる開北橋 LG 地震動(Type I)および神戸海洋気象台 NS 地震動(Type II)を用いた。

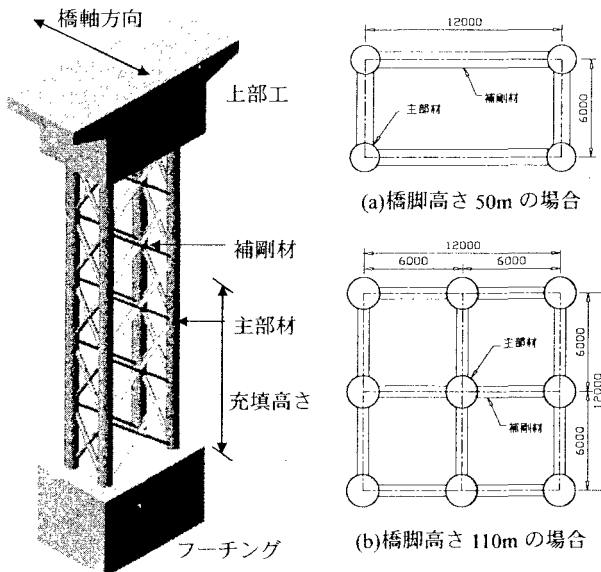


図-1 多柱式合成橋脚の概念図および断面図 (単位: mm)

表-1 検討ケースおよび固有値解析結果

検討ケース		1 次		2 次	
		T	m'	T	m'
充填高さの比較 (50m)	C50-00-14	2.809	96.0	0.166	2.0
	C50-30-14	1.834	87.0	0.204	9.0
	C50-50-14	1.666	88.0	0.203	8.0
補剛材 径厚比 の比較 (50m)	C50-30-10	1.913	88.0	0.216	8.0
	C50-30-14	1.834	87.0	0.204	9.0
	C50-30-20	1.772	86.0	0.193	9.0
補剛材 径厚比 の比較 (110m)	C110-60-10	2.903	73.0	0.516	18.0
	C110-60-12	2.836	73.0	0.492	18.0
	C110-60-14	2.788	72.0	0.474	19.0

C(H)-(h)-(D) : H は橋脚高(m), h は充填高(m), D は補剛材の肉厚(mm)

T : 固有周期(sec), m' : 有効質量比(%)

3. 解析結果および考察

検討ケースおよび固有値解析の結果を表-1に示す。また、表-2にそれぞれの地震動に対する最大応答値の結果を示す。最大水平変位(x_{max})と最大加速度(g_{max})は橋脚天端での応答値であり、最大曲げモーメント(M_{max})、最大圧縮力(N_{u1max})および最大引張力(N_{u2max})は橋脚基部での応答値である。()内の数値は最大耐力との比である。なお、最大耐力は、平面保持則および von Mises の降伏条件のもとに、断面分割と変位増分法により求めた。

(1) 固有値解析の結果：コンクリート充填高さを変化させたときの固有周期は、C50-00-14(非充填)に比べてC50-30-14(部分充填)が1秒程度、短くなるような結果となり、コンクリート充填は自重を増加させることよりも橋脚全体の剛性を高くする影響の方が大きくみられた。また、補剛材の径厚比を変化させたときは、補剛材の肉厚が増せば増すほど剛性が高くなり、固有周期は短くなる結果となった。

(2) コンクリートの充填高さによる影響：橋脚天端での最大水平変位は、C50-00-14がC50-30-14に比べて2倍程度大きくなり、コンクリート充填高さの影響が顕著に現われる結果となった。また、橋脚基部での最大圧縮力および最大引張力もコンクリート充填高さの影響を大きく受けているが、最大曲げモーメントは充填高さによる差異がそれほどみられなかった。

(3) 補剛材の径厚比による影響：解析結果の顕著な差異はみられなかったが、橋脚基部での最大圧縮力および最大引張力は径厚比が高くなると大きくなり、最大曲げモーメントは径厚比が高くなると小さくなる傾向がみられた。このような結果から判断すると、補剛材の径厚比を変化させることは、多柱式合成橋脚の剛性を高めることや、橋脚基部で発生する断面力の調整することができ、死荷重を増加させずに多柱式合成橋脚の耐震性能を高める有効な方法の一つであると考えられる。

(4) 入力地震動による影響：C50シリーズでは、橋脚基部での応答値が1.2倍～2.3倍程度、TypeⅡに比べてTypeⅠの地震動で大きくる結果となった。特にC50-00-14では、他のケースに比べて固有周期が長いので、地震動の違いによる差異が顕著にみられた。C110シリーズでの最大曲げモーメントは、C50シリーズとは逆に、0.8倍程度とTypeⅠでの応答値が小さくなったが、これは表-1に示すように、2次モードでの周期が0.5sec程度と他のケースに比べて長く、かつ有効質量比が大きく含まれており、それが応答に寄与したためであると考えられる。

参考文献

1) 黒田一郎・唐嘉琳・日野伸一・太田俊昭：CFT 柱を用いた多柱式合成構造橋脚の終局耐力・変形性能の解析、コンクリート工学年次論文集、Vol.21, No.3, pp. 1021-1031. 1999
2) 松田泰治・日野伸一・太田俊昭・山根立行：コンクリート充填鋼管を用いた多柱式合成橋脚の動的応答解析、コンクリート工学年次論文集、Vol.22, No.3, pp. 1033-1038. 2000

表-2 最大応答値の結果

検討ケース	開北橋 LG 地震動(TypeⅠ)					神戸海洋気象台 NS 地震動(TypeⅡ)				
	x_{max}	g_{max}	M_{max}	N_{u1max}	N_{u2max}	x_{max}	g_{max}	M_{max}	N_{u1max}	N_{u2max}
C50-00-14	0.57	287.28	9.56(0.48)	43.15(0.41)	30.18(0.86)	0.31	156.28	5.67(0.29)	26.21(0.25)	13.24(0.38)
C50-30-14	0.36	420.74	15.46(0.47)	63.78(0.60)	47.22(1.35)	0.26	316.06	12.65(0.38)	50.15(0.47)	33.57(0.96)
C50-50-14	0.29	478.35	18.58(0.56)	75.10(0.71)	56.27(1.60)	0.25	379.71	14.63(0.44)	60.36(0.57)	41.54(1.18)
C50-30-10	0.38	415.74	16.95(0.51)	61.95(0.58)	45.38(1.29)	0.26	289.34	14.68(0.44)	45.18(0.42)	28.61(0.82)
C50-30-14	0.36	420.74	15.46(0.47)	63.78(0.60)	47.22(1.35)	0.26	316.06	12.65(0.38)	50.15(0.47)	33.57(0.96)
C50-30-20	0.35	449.07	13.88(0.42)	67.60(0.64)	50.95(1.45)	0.26	336.26	11.23(0.34)	52.96(0.50)	36.32(1.04)
C110-60-10	0.59	305.56	20.28(0.36)	70.07(0.45)	47.11(0.81)	0.32	251.07	24.15(0.42)	43.72(0.28)	20.75(0.36)
C110-60-12	0.57	320.77	19.16(0.34)	72.89(0.47)	49.81(0.86)	0.30	265.76	23.95(0.42)	49.30(0.32)	26.23(0.45)
C110-60-14	0.56	316.29	18.15(0.32)	74.00(0.47)	50.82(0.87)	0.30	270.28	22.86(0.40)	52.76(0.34)	29.58(0.51)

単位：(m, sec, MN)