

多柱式合成高橋脚の動的力学特性に関する研究

九州大学大学院 学生員 ○唐 嘉琳 九州大学工学部 正 員 黒田一郎
九州大学工学部 正 員 日野伸一 九州大学工学部 正 員 太田俊昭

1. まえがき

現在、第二東名高速道路においては、橋梁の比率が40%にもものぼり50mを越える高橋脚橋梁が多数計画されている。また、社会的問題として、建設事業への就労希望者が激減していること等から、建設労働者の不足が目だっており、特に技能労働者は著しく不足している。このため、建設工事に対する現場施工の安全性の向上に加え、省力化対策を図ることを主眼とした種々の試みが各方面で実施されている。著者等が提案する「コンクリート充填鋼管柱ブロック工法による多柱式高橋脚¹⁾」(図-1)も、橋脚の省力化施工法を目的として開発中の新技術・新工法の一つである。本報では、その基礎研究の一部として、高さ50mの多柱式合成高橋脚の固有振動特性、動的試設計を試み、RC橋脚との比較検討を行ったものである。

2. 本構造の概略

本構造は、鋼管柱の内部をコンクリートで充填、一体化したブロックを立体的に接合することにより、施工性及び力学特性に優れた橋脚の構築を図るものである。その力学メカニズムは、基本的には相互に連結された充填鋼管柱の多柱杭である。動的力学特性に関する特長として、充填鋼管柱のもつ優れた耐荷力や靱性及び復元力特性を活用できることから、既存のRC橋脚と比較した場合、橋脚を構成する柱断面を小さくでき、橋脚全体重量の大幅な低減が期待できる。また、大きな塑性変形に対し耐荷力が維持でき、地震荷重のような交番繰返し荷重に対しても大きなエネルギー吸収能力も期待できる。

3. 検討対象

本構造は複数本のコンクリート充填鋼管柱を合成し、一基の合成橋脚とするものであるが、本報では4本のコンクリート充填鋼管柱を合成するケースを取り扱う。比較対象として図-2に示すような橋脚高50mのPCラーメン橋を取り上げた。動的試設計に関しては鋼管柱内のコンクリート充填高さ、耐震壁の高さ、及び位置をパラメータとし、橋脚の動的特性に対する影響を検討した。検討対象とした8タイプの断面諸元及び解析モデルを図-3、4に示す。

4. 解析方法及び解析結果

本解析では3次元有限要素法を採用した。使用した要素は、はり要素及び4節点四辺形要素である。固有値解析はサブスペース法を用いた。動的試設計におい

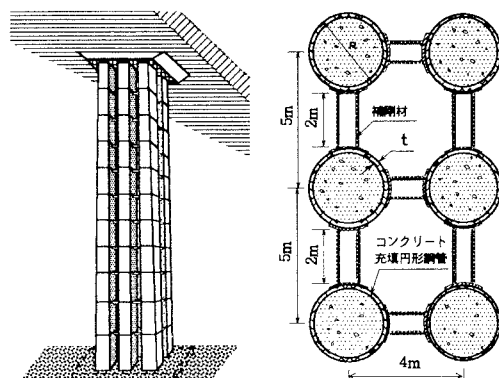


図-1 (a) 完成予想図

図-1 (b) 水平断面図

図-1 多柱式コンクリート充填鋼管合成高橋脚

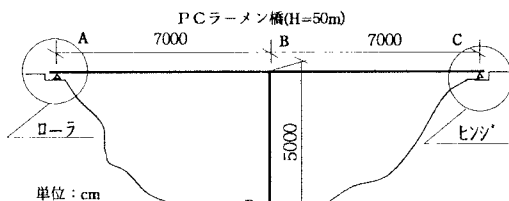


図-2 検討対象の橋梁

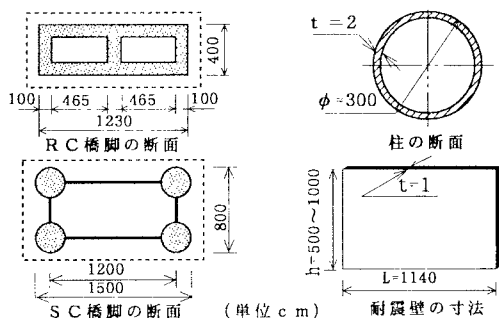


図-3 柱及び構造エレメントの断面図

てはニューマーク β 法で橋軸直角方向に標準地震波²⁾を入力し、橋脚の地震応答解析を行った。表-1に橋脚各タイプの前3次固有モードの振動数、及びその順序を示す。橋の一端で、各タイプとも橋軸直角方向に全てヒンジで拘束しているため、橋軸方

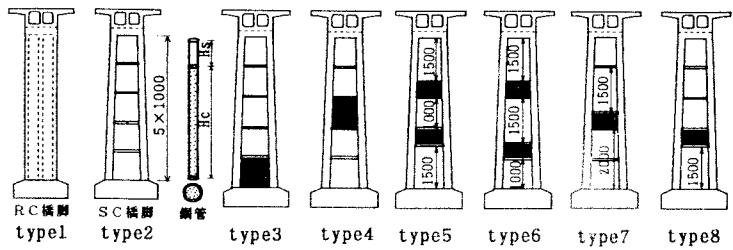


図-4 解析モデル

表-1 各タイプの固有振動数

検討対象	橋軸方向		橋軸直角方向		鉛直方向	
	番号	振動数(Hz)	番号	振動数(Hz)	番号	振動数(Hz)
type1	1	2.013	3	3.143	2	2.323
type2	1	1.757	2	2.049	3	2.307
type3	1	1.763	3	2.363	2	2.311
type4	1	1.995	3	2.697	2	2.372
type5	1	1.997	3	3.313	2	2.372
type6	1	1.997	3	3.398	2	2.372
type7	1	1.985	3	2.711	2	2.371
type8	1	1.983	3	2.762	2	2.371

向と鉛直方向の振動数がほぼ等しくなった。橋軸直角方向の振動数はR C橋脚(タイプ1)がS C橋脚(タイプ2)より1.53倍大きくなった。表-1をみると橋軸直角方向に配置した耐震壁の補剛効果は明らかである。なお、振動モード分布の順序が変化していることがわかる。図-5に鋼管柱のコンクリート充填高さ-橋軸直角方向の振動数関係を示す。20mまでは振動数に対する充填高さの影響は少なく、30mから振動数が10mごとに平均9%程度減少していることがわかる。表-2に耐震壁の寸法及び位置による橋脚の各タイプの橋軸直角方向の地震応答結果を示す。タイプ2は、タイプ1(R C橋脚)の橋脚上部の変位に対し、1.96倍であり、多柱式合成橋脚の橋軸直角方向の剛性がR C橋脚より劣ることがわかる。なお、耐震壁を入れると橋脚に対する補剛効果があり、橋脚上部の変位が減少しているにも関わらず、柱の最大モーメントが増加することもある。適切に設計すれば、両方の値が全て減少でき、さらに、耐震壁の分散配置形式は補剛効果が高いことがわかる。図-6に各タイプの単柱の地震応答モーメントの分布を示す。図より、耐震壁の配置が柱のモーメント図及び最大モーメント値の位置を変化させることがわかる。

5. まとめ

本解析の結果により、鋼管柱のコンクリート充填高さを20m程度にすれば、橋脚の橋軸直角方向の剛性に対して、利点を有する。さらに適当に耐震壁を設置すれば、橋脚の上部の変位及び柱の最大モーメント値を減少させることが確かめられた。

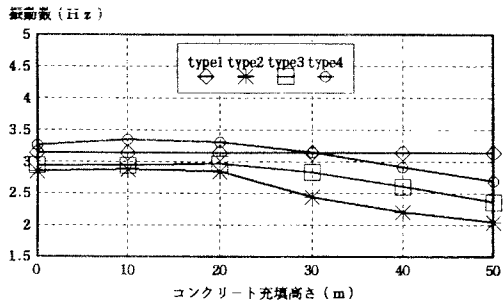


図-5 タイプ1～4橋脚の橋軸直角方向の振動数

表-2 橋脚(単柱)地震応答結果

検討対象	橋軸直角方向				
	桁(橋脚)変位(cm)	N(t)	M(t-m)	S(t)	MT(t-m)
type2	1.88	71.8	1576.0	109.4	22.60
type3	1.65	43.55	1176.0	147.3	18.56
type4	1.22	66.66	2241.0	215.5	23.89
type5	0.84	88.32	1890.5	473.8	21.6
type6	0.79	91.8	1358.5	460.6	15.87
type7	1.32	55.87	1847.8	475.3	23.2
type8	1.31	91.8	1192.1	404.7	16.11

備考 type1の桁(R C橋脚の上部)変位=0.96cm

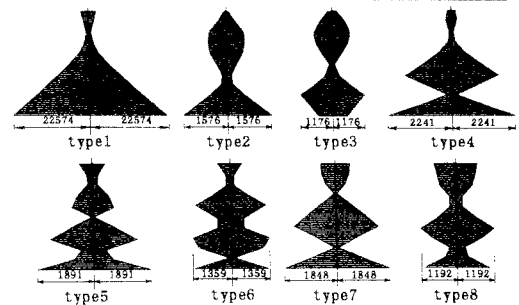


図-6 橋軸直角方向に3種類地震波を入力した各タイプの単柱のモーメント図(単位:t-m)

【参考文献】

- 1) 奥田, 太田ほか: 多柱式合成高橋脚の静的力学特性に関する研究, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 1995年
- 2) 日本道路協会: 道路橋方書・同解説(V耐震設計編), 1990年