

日本道路公団 正会員 長田 光司
 日本道路公団 永嶋 晃
 日本道路公団 正会員 寺田 光太郎
 日本道路公団 正会員 西 浩嗣

1. 概要

日本道路公団では平成7年1月に発生した兵庫県南部地震以降、昭和55年以前の古い示方書で耐震設計された既設橋脚を中心に緊急に耐震補強を実施している。高速道路は一般道路と比べ緩やかな平面線形や縦断勾配が求められるため、山岳部を通過する区間では高橋脚が存在する。これらの高橋脚の中には高さ50mを超えるものもあり、自重を小さくする目的で中空になっている。また、経済性を求めるために内部の鉄筋は何段にも段落しされている。

一方、これまでに高橋脚の耐震補強例は少なく、また、多くの制約条件を有する事が多いため、耐震補強計画の立案及び設計の実施には多くの技術的判断が必要となる。

本文は、東名高速道路に位置する平均高さ53mの中空円柱式橋脚の耐震補強計画及び設計について報告するものである。

2. 耐震補強計画

(1) 施工対象橋脚の概要

写真-1に施工対象箇所周辺の状況を示す。本橋脚は東名高速道路の神奈川県と静岡県との県境付近に位置する高さ42m~65mの円柱式橋脚であり、橋脚は酒匂川の河川内に構築されている。

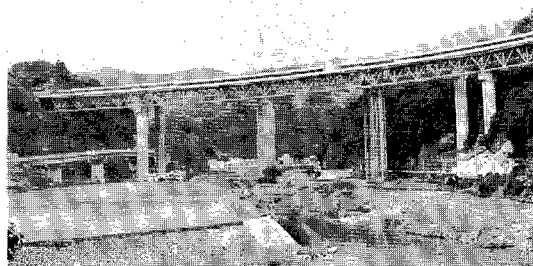


写真-1 施工対象箇所周辺の状況

橋脚内部は中空となっており、鉄筋が5段階程度段落しされている。

(2) 耐震補強計画の立案

図-1に耐震補強計画の策定手順を示す。

既設橋脚の耐震性の照査を実施した結果、段落し部での破壊が基部よりも先行して発生することがわかった。そこで、本橋脚は少なくとも段落し部の補強が必要なものとして現地の制約条件及び施工条件を整理することとした。

本橋脚は河川内に構築されているため、阻害率の都合上、橋脚断面を増加させるRC巻立て工法は採用できなかった。また、出水期には上流のダムが放水することから河川断面内での重機作業は不可能となる。このため、出水期中の作業はゴンドラを使用することとし、補強に使用する主材料は人力により河川外から搬入するか、大規模な仮設構造物を構築し河川外から吊り込む必要があった。この結果、重量物の搬入及び架設が伴う鋼板巻立工法は経済比較上不利となり、最終的に炭素繊維巻立工法が採用されることとなった。

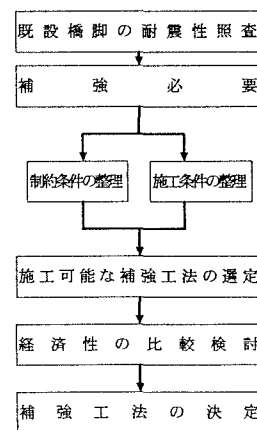


図-1 耐震補強計画の策定手順

3. 耐震補強設計

図-2に本橋脚の耐震補強設計の進め方を示す。

キーワード：耐震補強、炭素繊維シート、施工計画、設計

〒216-0024 神奈川県川崎市宮前区南平台1-1 TEL 044-865-8247 FAX 044-866-3521

本橋脚は、複数の段落しを有する中空の円柱橋脚であり、また、最上段部はコンクリート断面が非常に薄肉になっているため、模型実験¹⁾を実施し耐震補強設計に反映させることとした。

実験の結果、段落し部の補強については曲げ耐力の不足分を炭素繊維で補うことにより十分な補強効果が得られることが確認されたが、中空の円断面のうち極端にコンクリート断面が薄い部分ではせん断に抵抗するフープ筋の効果が低下する可能性があり、炭素繊維で補強する必要があることがわかった。

実験では荷重点の制約上、柱本体の自重の影響を再現することが出来ないため、ファイバーモデルを作成し道路橋示方書等で提案されている波形を用いて多質点系の非線形時刻歴応答解析を実施することとした。

図-3に解析で使用したファイバーモデルの概念図及び非線形時刻歴応答解析の結果標準的な橋脚で得られた応答加速度の最大値を示す。

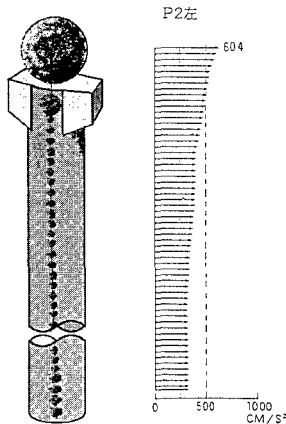


図-3 解析モデル及び応答加速度の最大値

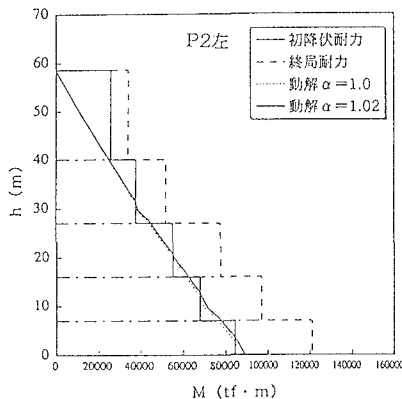


図-4 地震時発生曲げモーメントと曲げ耐力との比較

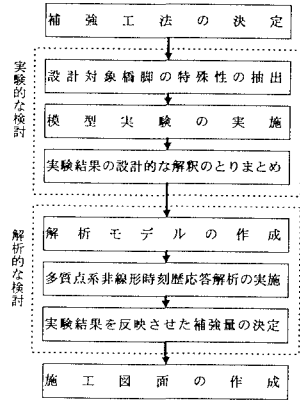


図-2 耐震補強設計の進め方

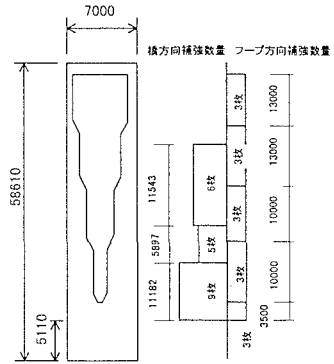


図-5 炭素繊維補強量

解析の結果、橋脚の固有周期が長いタイプ I の地震動の方が応答加速度が大きくなっていった。応答最大加速度は上部工重心位置で最も大きく 600gal 程度となっており、下方になるにつれて小さくなる傾向があり、1次モードが卓越することを示していた。また、高さ方向の中間点付近で応答加速度の低下傾向が緩やかなる傾向も見られ2次モードの影響も若干見られた。

図-4に地震時に発生する曲げモーメントと補強前の既設橋脚の曲げ耐力とを比較した図を示す。図-4に示された通り、設計に用いた応答加速度では基部周辺は降伏しないが、段落し部では既に降伏に達することが判明したため、基部周辺が降伏に達するまで段落し部が降伏しないように補強することとした。基部周辺が降伏する時の発生曲げモーメントは、各高さで生じる応答最大加速度が基部周辺が降伏するまで全高さにわたり同じ倍率で大きくなるものと仮定して求めた。

以上の手順で求められた不足曲げモーメントに対して炭素繊維を鉄筋換算して算出された補強量は300g/m²の炭素繊維シートで2層～9層程度となった。図-5に代表的な橋脚の炭素繊維補強量を示す。

4. おわりに

本文中で紹介した中空円断面高橋脚の補強工事は、1998年3月無事竣工した。本工事を遂行するにあたり、模型実験を実施していただいた横浜国立大学の皆様、無事故で工事を竣工された小田急建設㈱をはじめ、関係者の皆様に感謝の意を表します。

参考文献：1) 長田光司・大川征治・西浩嗣・池田尚治：炭素繊維シートを用いた中空円断面コンクリート橋脚の補強について、土木学会第52回年次学術講演会、第5部、pp.622～623、1997.9.