

平成21年 4月30日現在

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19760314  
 研究課題名（和文） 地震動の方向性も考慮した橋梁システムの耐震・制震設計法に関する研究  
 研究課題名（英文） A Study on Seismic Design Methods Bridge System subjected to By-directional Earthquake Motions  
 研究代表者  
 葛西 昭(KASAI AKIRA)  
 名古屋大学・大学院工学研究科・講師  
 研究者番号：20303670

## 研究成果の概要：

本研究は、都市域に存在する高架橋システムの耐震設計法について、これまで、難解のため設計法まで確立できていなかった実地震動により近い水平2方向あるいは、鉛直動も含めた地震動が入力されたときの挙動を考慮した耐震設計法を確立することが主目的である。橋梁は複数の橋脚からなる線的に連なった構造物で、建築構造物とは地震時挙動に特徴的な違いが存在する。本研究ではこの点に着目し、制震部材の導入を含めた解析的な検討を行っている。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,000,000	0	1,000,000
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
総計	3,100,000	630,000	3,730,000

研究分野：構造工学・地震工学

科研費の分科・細目：土木工学・構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：鋼製橋脚，耐震設計法，2方向地震動，制震，弾塑性有限変形解析，薄肉円形断面

## 1. 研究開始当初の背景

- (1) 米国における NEES (地震工学シミュレーション・ネットワーク) において、震動台実験施設の建設が進められ、既にいくつかの実験施設が橋梁構造物の震動台実験を試みている。震動台実験機器の性

能に寄るところもあるが、これは、RC製橋脚で必要とされる実大レベルでの実験の実現性もさることながら、3次元的な加速度成分の入力による応答の再現性を目指したものである。我が国でも兵庫耐震工学研究センター（通称：E-Defense）において実大かつ3次元の

震動台実験が可能となっている(参考文献2.参照). このように国内外を問わず, これまで未解明であった構造物の3次元的な揺れ方を解明するための様々な実験ツールが準備されつつある.

- (2) 上記実験ツールや数値解析を含めた2方向地震動に対する国内外の研究課題は, 2方向地震動に対する新設を含め既存構造物の耐久性の評価手法が, 現状では十分に整備されていないことから, 各種研究機関において急ピッチで進められている非常に新規性と緊急性の高い研究課題である.
- (3) 中でも本研究で対象とする鋼製橋脚は, 都市域に立地することが非常に多い. 大地震の発生する確率が高いとされている我が国において, 特に都市域では, 被害が甚大となることを未然に防ぐ必要があることから本研究の果たす役割は非常に大きい.
- (4) 我が国の橋脚に対する大地震時を想定した安全性照査は, 橋軸方向あるいは橋軸直角方向に独立して地震動が入力したことに對する照査を個々に行うことが現状である. これは, 諸外国における耐震基準(例えばAASHTO)とは大きく異なる点である.
- (5) 諸外国における基準においても地震動の2次元的な効果(入力加速度が水平2成分を有する効果)を経験的な方法によってのみ判断しているに過ぎない. 特に大地震時には免れられない橋脚の弾塑性応答まで考慮した検討はされていない.
- (6) 本研究では, 主に鋼製橋脚を対象として遂行するが, 都市域では既に鋼製橋脚を利用している例が多く, 近年中に発生する確率が高いとされている東海, 東南海, 南海地震などで想定されている地震規模を考えると, 本研究成果にて照査することは急務である.

## 2. 研究の目的

既に完成の域にあると思われる1次元的な地震動を受けることを想定した鋼製橋脚の耐震設計法を水平2方向地震動に対しても対応する耐震設計法への拡張を行うことを主目的としている. 具体的には,

- (1) 波動の2次元性が橋脚の応答に及ぼす影響の把握
- (2) 2方向地震動を受ける鋼製橋脚における地震応答性状の把握
- (3) 2方向水平力を受ける鋼製橋脚における限界性能の把握
- (4) 表層地盤-鋼製橋脚を総合的にとらえた地震応答性状の把握
- (5) 応答性能が限界性能を上回った場合を想定した制震部材の導入検討
- (6) 2方向地震動の影響を考慮した耐震設計法の提案

を検討項目としている. なお, 対象構造物は, パイプ形断面を有する鋼製橋脚であるが, 箱形断面鋼製橋脚への拡張は容易である. さらに, 本提案設計法の内容はRC製橋脚への転用を弊害するものではない.

### 3. 研究の方法

本研究は、2方向地震動を受ける鋼製橋脚の動的応答解析を実施し、橋脚頂部の応答状況をモニタし、その特徴を捉え、その特性に準拠する限界値算定用の静的弾塑性有限変形解析により、限界値を見抜き、これをパラメトリック解析により、設計法に向けた簡易化を進めることが主な検討項目である。従って、方法としては以下の項目を実施する。

- (1) 2方向地震動を受ける鋼製橋脚の地震応答解析の実施
- (2) 橋脚頂部の応答外形の抽出
- (3) 限界値算定を目的とした弾塑性有限変形解析の実施
- (4) 応答外形と(3)における解析手法の関連性の検討
- (5) 設計法としての整合性の検討
- (6) ケーススタディ
- (7) パラメトリックスタディの実施
- (8) 設計法の確立

### 4. 研究成果

本研究により得られた結論として以下のことがまとめられる。

- (1) 2方向地震動を受ける鋼製橋脚の耐震設計法の骨子をまとめた。
- (2) 橋脚頂部の応答外形はおおよそ楕円の形状を呈しており、それを包括する限界値算定用の載荷パターンに一定の方向性を見いだした。
- (3) 2方向地震動をうける橋梁システムの挙動は複雑であるが、線的な構造システムであるため、その挙動に一定の傾向をつかむことができた。
- (4) ただし、特定の地震動に対する検討のみであるので、これらの成果から抽出できる定性的な評価が望まれる。
- (5) まだ、簡易ではあるが鉛直動の影響についても検討した。その結果、宮城県にて

観測された地震動のように鉛直動の非常に大きい地震動の場合、鉛直動の影響によって、橋脚の耐震性能が変化することが分かった。

- (6) 鉛直動については、影響の程度は確認したものの、その影響を考慮した設計法を確立するまでにいたっておらず、さらなる検討を必要とすることをまとめた。
- (7) 例えば、鉛直動の影響により、鋼製パイプ断面橋脚基部の座屈変形は、大きく異なることを解析的に明らかにした。これらは、橋脚の保有性能を評価する上で、重要な現象であり、今後、この影響を考慮した保有性能評価が望まれる。
- (8) 橋梁システムとして、制震部材の導入を試みた数値解析を実施したところ、一定の効果は見られるものの、定量的な判断に乏しい結果となった。今後、さらに検討を続け、特に、固有周期に着目した検討を実施すべきであることを確認した。

以上をまとめると、本研究については、当初目的のうち、橋脚単体の耐震設計法については、一定の方向性を見いだしたものの、橋梁構造物の特徴である線的に連なった構造形式に関する耐震設計法への拡張は、特徴をつかむ程度にとどまっており、さらなる研究を必要とする。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

坪井久幸, 鳥居純子, 葛西昭, 宇佐美勉 :  
水平2方向地震動を受けるパイプ断面鋼製橋脚の耐震設計法,  
土木学会地震工学論文集, Vol.29,  
pp.529-538, 2007  
査読有り

〔学会発表〕(計 1件)

Kulkarni Nishigandha, Akira Kasai: Strain Based Seismic Verification Method for Thin-walled Steel Circular Columns Subjected to Bi-directional Cyclic Loading,  
土木学会中部支部研究発表会講演概要集,  
2009年3月3日 名古屋

6. 研究組織  
(1) 研究代表者

葛西 昭 (KASAI AKIRA)  
名古屋大学・大学院工学研究科・講師  
研究者番号：20303670