

氏 名	高 岡 宣 善 たか おか のぶ よし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 376 号
学位授与の日付	昭 和 45 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	THE RESPONSE OF LONG SPAN SUSPENSION BRIDGES SUBJECTED TO EARTHQUAKE EXC- ITATION

(長大つり橋の地震応答に関する研究)

論文調査委員	(主 査) 教 授 小 西 一 郎 教 授 山 田 善 一 教 授 丹 羽 義 次
--------	--

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は長大つり橋の地震応答について理論的研究を行なったもので、4章および補遺よりなっている。

第1章は緒論であって、本研究の目的、および本論文各章の内容について概括している。

第2章は長大つり橋の地震応答に関する従来の研究の経過について述べるとともに、問題点の提起と、これに関する著者の考え方について述べたものである。まず長大つり橋の力学的特質を述べ、つり橋補剛桁、支塔が、主ケーブルによって相互に連結せられること、またつり橋に対する地震動の作用は、支塔基礎、ケーブルアンカレッジの4点を通じて作用することを述べている。つぎにつり橋を多質点系として取り扱い、中央スパン1300mのつり橋について数値計算を行ない、振動、振動モードを求め、その結果、補剛桁、支塔について、それぞれ卓越した振動モードが存在すること、支塔の振幅がつり橋全体の動的性状に重要な意味をもつことなどを述べている。つり橋の地震応答解析については、つり橋のたわみ度理論ならびにケーブル方程式を同時に考慮する必要があることから、地動変位の時間的変化量を考慮することが適当であるとの立場をとっている。つぎに、著名な地震記録を比較して、変位記録の主要部は正弦波形、ベル形、サイクロイド形に大別できること、またかような単純化した変位形を用いることにより、時間のかかる最大応答計算が簡単となること、ならびにその継続時間を変化することにより、地震応答の一般的な傾向を推定できることを述べている。また地震応答スペクトル法について概説し、簡単な1自由度系について、相対速度、絶対加速度の各スペクトルと擬速度、擬絶対加速度の各スペクトルとの相互関係について、減衰性の点から比較検討している。つぎに地震応答解析に統計的方法を応用する解析法について述べ、次章以後において取り扱う統計的手法の準備をととのえている。

第3章では長大つり橋の振動モードおよび地震応答に関する解析を行なっている。第1部は、水平橋軸方向地動に対する応答を取り扱っている。長大つり橋の地震応答を解析するために、まずつり橋の線型化たわみ度理論とケーブル方程式を導き、つり橋を多質点系に変換して補剛桁および支塔について、それぞ

れ運動方程式およびケーブル方程式を求めている。次にモード法による解法を示し、さらに動的応答の最大値について3種の工学的方法による求め方を述べている。これらの結果を利用して、中央スパン1300mのつり橋について数値計算を行ない、先に用いた3種の簡単な正弦波、ベル波、半サイクロイド波、およびユレカ地震を与えた場合の補剛桁たわみ、曲げモーメントの最大応答を求め、その結果実用的なRMSの値が真の値と最大値和の中間にくることまたRMSにより最大応答を論ずる限り、ユレカ地震に対する最大応答は、ベル形波の地動による結果と実用的に一致することを述べている。次に南カリフォルニア地震変位を支塔基礎ならびにアンカレッジに与えた場合について支塔の最大曲げモーメントを評価している。またこの地震を近似した1正弦波地動による結果は、実地震の結果とよく一致することを示した。ついで地震応答スペクトルを利用して最大応答を推定する実用法について述べている。その結果、一般座標は静的単位地動による応答を基準として地震変位の最大値と地震応答スペクトルから求められることを示し、実用的には一般座標の最大値は、最大地動変位、変位スペクトルのRMSで近似することが良好な精度を得ることを代表的な地震に対するつり橋の最大たわみ、最大曲げモーメントについて示している。

第2部は鉛直地震動に対する応答について述べている。第1部と同様の手法により、鉛直地震動による最大応答を求める実用的方法として、地震の鉛直最大地動と地震応答スペクトルを用いる方法を提案している。

第4章は支塔を基礎の変形を考慮して応答解析した結果について述べている。つり橋の振動モードが、補剛桁の振動モードが卓越する群と、支塔が卓越する2つの群に大別できることからつり橋の動的解析には、補剛桁、支塔をそれぞれ独立に取り扱って実用上差しかえないことの立場をとっている。またつり橋の耐震設計では支塔が重要な位置をしめることから、本章においては支塔をその基礎の変形を考慮して独立に取り扱っている。つぎに、地震応答に対する統計的手法、基礎単体の2自由度の振動を取り扱い、数値計算を行なっている。この計算は基礎の変形を考慮した場合と考慮しない両方について行なったが、基礎変形を考慮した系において振動周期が接近した場合には、地震応答スペクトルを用いたRMSによる最大地震応答の評価は大きい誤差をとまうことを述べている。この場合には、位相差を考慮した統計的手法に基づくRMSの求め方を示している。この際入力としては、最も簡単なホワイトノイズを用いれば実用上十分であり、そのレベルを相接近する個有振動数との関係において求める方法を提案している。

第5章は、本文の結論を述べている。

補遺には支塔頂部におけるケーブルの抱束力の動的影響を簡単に求める方法を述べている。

論文審査の結果の要旨

橋梁の長大化に伴ない、その耐震安全性を確保することは重要な問題である。特に長大つり橋は剛性の異なる各種構造要素から成りたっているため、その耐震性状、耐震設計上種々の未開の分野が残されている。著者は長大つり橋の地震応答を震橋軸方向水平および鉛直地震力について理論的に考究したが、得られた成果の主なものは次の通りである。

(1) 地震動特性がつり橋の地震応答に及ぼす影響を調べるため、著名地震動変位の主要動に近似した、代表的な3種の単純な地動を想定し、これによる補剛桁のたわみ、支塔曲げモーメント、ケーブル張

力の変化をその継続時間との関係において求めたが、これらの結果は地震動による長大つり橋の応答を推定する上で重要なものである。

(2) 運動方程式の入力としては変位を用いる方法を採用し、任意の波形の地動に対する地震応答の最大値を求める方法として、絶対変位の一般座標を、静的単位地動に対する一般座標を基準として最大地動変位、地震応答スペクトルから求めることを提案した。

(3) 長大つり橋の耐震設計においては支塔の耐震性が非常に重要であることを指摘し、支塔の地震応答解析のためには、つり橋の全構造系の中から支塔部分のみを取り出し、ケーブルの影響は、支塔頂部に作用する換算バネ定数で置きかえることを提案している。

(4) 支塔基礎が2自由度の変位をなす場合には振動モードの接近があらわれること、またこの場合には応答スペクトル手法による最大地震応答計算法が適用できないこと、この場合については統計的手法により最大値を推定する必要があることを示した。またこの場合支塔基礎の変位は、支塔基礎固定の場合に比し、支塔の曲げモーメントを著しく増大させることを述べている。

(5) つり橋に対する地震動のうちアンカレッジに作用する水平地震動は、補剛桁のたわみおよび曲げモーメントに大きい影響をおよぼし、これに反し支塔基礎に作用する水平地震動は支塔のたわみ、曲げモーメント、ケーブルの張力の増加に大きく関与する。また上下地震動のうちアンカレッジに作用するものよりも支塔基礎に作用するものの方が、つり橋のたわみおよび断面力に大きい影響を与えることを示している。

(6) (4) で述べた統計的手法を用いる場合には、入力としてホワイトノイズを用いることが適当であり、そのレベルの選定に当たっては、まず標準パワースペクトル密度を設定し、振動モードの接近をおこす低次側の固有振動数区間における値の平均値を求め、これを採用することを提案している。

以上要するに本論文は長大つり橋の地震応答を解析するために、地震動特性、つり橋構造の振動特性、およびその相互関係の3つの方面から理論的に研究したもので、その成果は、長大つり橋の耐震設計上新しい基礎的手法ならびに多くの資料を提供したものとして学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。