

I - A278

4 径間吊橋中央塔の挙動に着目した活荷重の載荷方法について

正会員 本州四国連絡橋公団 大橋治一，フェロー 村瀬佐太美

1. まえがき 海峡を長大吊橋で横断する計画においては、3 径間吊橋 2 連で渡るよりも 4 径間吊橋 1 橋で渡る方が海中基礎となる下部工数を減らすことができ経済的となる可能性がある。これまでも Sanfrancisco-Oakland Bay 橋や来島大橋において 4 径間吊橋の技術的可能性調査が行なわれたが、いずれも 3 径間吊橋として実現している。4 径間吊橋の最大の特徴は、中央塔に対する主ケーブルによる橋軸方向固定度が低下するため活荷重偏載荷時（影響線載荷）に大きな塔頂変位が生じることで、これにともない補剛桁縦断が上下に大きく変位する。その結果、自動車走行時の使用性の問題や中央塔の塔基部に作用する曲げモーメント増大による不合理な設計面が指摘されてきた。しかし、前報¹⁾で紹介したように、活荷重の影響線載荷方法を若干緩和することによりこれらの挙動は改善されることが明らかとなった。一方、現行の設計法である影響線を用いた載荷方法は極めて稀な載荷状態を想定しており、長大吊橋の主塔設計に対して見直す余地があると考えられる。そこで、建設省土木研究所（以降、土研）等で実施されている自動車の走行実態調査の結果を用いて最大の影響を与える現実の載荷状態に対する自動車走行シミュレーションを行ない中央塔の塔頂変位の頻度分布を作成し、これと現行の設計法との対比を行なった。この結果を用いて、活荷重に対する合理的な主塔の設計法を提案した。

2. 自動車の走行実態と走行シミュレーション手法 自動車の実態調査結果としては、土研で昭和 59 年に実施された国道 357 号（江東区有明）で得られた車両重量、車長に関するデータを統計処理して確率分布モデル^{2),3)}に表わしたものをを用いた。また、車間距離に関しては首都高速 9 号（塩浜）の低速走行時の測定結果（0～20km/h の平均 4.9m）^{2),3)}を、渋滞時に対しては一般国道 1 号（品川区北馬込 2 丁目交差点）での測定結果（平均 2.0m）^{2),3)}を用いた。走行シミュレーションの載荷区間としては中央塔の塔頂変位が最大となる載荷状態のなかから現実的な走行状態として考えられる 2 ケースを採上げた（図 1）。すなわち、上りあるいは下りのいずれかが中央塔を先頭に突発的な渋滞となり、これと反対側の車線が全長にわたり低速走行あるいは突発渋滞の状態を考慮した。上記有明地点は重交通路線で有名であるが、走行シミュレーションでは大型車混入率の影響を把握するために、これを 20%、40%とした場合について実施した。

シミュレーションでは繰返し回数や複数車線の解析上の取扱いが結果に及ぼす影響について事前に検討した。その結果、繰返し回数として 100,000 回までの試行によって繰返し回数の増加にともない最大値は若干大きくなる傾向がみられるが、平均値、上位 5% 値については 10,000 回の試行によりほぼ安定した結果が得られることが明らかとなった。また、車線数の取扱いについて独立に車線数分実施した結果と、1 車線分の結果を車線数倍する方法に違いが見られ後者の方が大きな値となったので、本報告では後者の結果を紹介する。

3. 走行シミュレーション結果 走行シミュレーションの結果をまとめると以下のとおりである（表 1，2）。

- ① 走行状態としては図 1 に示す載荷パターン 22 が最も厳しい結果を与える。
- ② 載荷パターン 22 で大型車混入率 20% としてシミュレーションを行なった結果から得られた自動車列荷重から求めた単位長さあたりの活荷重強度は現行の設計活荷重強度にほぼ等しい（シミュレーション結果の方が約 1.1 倍）。
- ③ 上記②のシミュレーション結果から得られた塔頂変位の上位 5% 値、平均値は、設計活荷重を影響線載荷する現行の設計から得られたそれに対して、それぞれ 53%、46% と小さな値である。
- ④ 中央塔の塔基部での発生応力（軸力+橋軸方向曲げ+橋軸直角方向曲げ）に着目すると、上記②のシミュレーション結果は現行の設計から得られた値の約 60% に相当する。

4. まとめ 現行の影響線載荷による設計法を 4 径間吊橋中央塔の設計に適用すると活荷重偏載により中央塔の

キーワード：4 径間吊橋，中央塔，活荷重，影響線載荷，走行シミュレーション

連絡先：〒651 兵庫県神戸市中央区小野柄通 4-1-22 アーバンエース三宮ビル TEL178-291-1000 FAX078-291-1362

断面設計は不合理なものとなる。活荷重の実態調査を踏まえた走行シミュレーションによると、現行の活荷重の影響線載荷による設計法で想定している載荷状態は極めて異常な状態である。中央塔の設計に対して、設計活荷重とほぼ同レベルの荷重強度となる走行シミュレーション（大型車混入率20%）から得られた中央塔塔頂変位の平均値を用いた場合の塔基部応力度は、現行の設計法に比べて約60%の値となる。以上の結果より、長大支間橋梁の全体挙動を対象とした設計を行なう場合には、従来の活荷重を影響線載荷する設計手法を見直しすることが考えられる。

1)大橋治一他：多径間吊橋における活荷重載荷方法による構造特性への影響，第51回年次講演会講演概要集，1996.9.

2)限界状態設計法における設計活荷重に関する検討，土木研究所資料 第2539号，1988.1.

3)限界状態設計法における設計活荷重に関する検討Ⅱ，土木研究所資料 第2700号，1989.1.

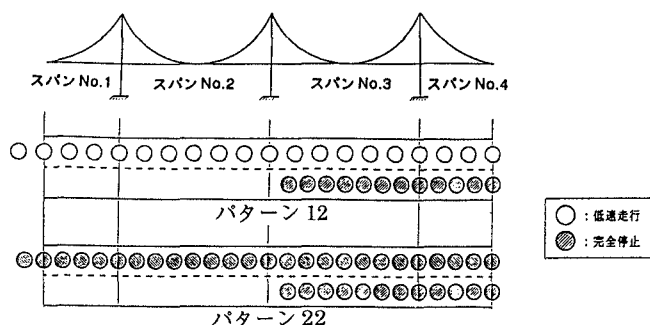


図1 走行シミュレーションの対象とした走行状態

表1 4径間吊橋の主要諸元

支間割	(m)	740+1480+1480+780	
死荷重強度	(tf/m/Br.)	24.9	
主ケーブル	中心間隔 (m)	33.0	
	断面積 (m ² /Cable)	0.282	
補剛桁	断面積 (m ²)	1.407	
	水平軸回り I (m ⁴)	9.382	
	鉛直軸回り I (m ⁴)	153.052	
塔		副塔	中央塔
	断面積 (m ²)	1.48～2.54	3.43～5.35
	橋軸 I (m ⁴)	7.33～39.34	25.86～180.94
	橋軸直角 I (m ⁴)	7.46～15.23	51.34～97.22
	ねじり定数 (m ⁴)	7.99～24.46	35.13～132.38

表2 活荷重強度の比較 (単位：m/Br)

大型車混入率	載荷パターン	第1スパン	第2スパン	第3スパン	第4スパン
40%	パターン22	2.43	2.20	5.44	4.82
20%	パターン12	1.27	1.23	3.58	3.51
	パターン22	1.73	1.67	3.94	3.67
現行の設計値		0.0	0.0	3.71	3.71

表3 中央塔の塔頂変位 (単位：m)

大型車混入率	載荷パターン	最大値	5%上位値	平均値
40%	パターン22	1.84	1.65	1.45
20%	パターン22	1.36	1.17	1.01
現行の設計値（影響線）		2.19		