

第 部門 変断面合成桁橋の活荷重シミュレーション結果に基づく安全性評価に関する基礎的研究

大阪市立大学工学部 学生員 松尾 孝之 大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行
 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀

1. 研究背景と目的

鋼橋の省力化・合理化を図る上で、床版を主桁断面として考慮した合成桁が採用されている。これらの設計には、道路橋示方書に規定される活荷重(T 荷重およびL 荷重)が用いられる。しかしながら、設計に用いる活荷重と実際の車両走行により発生すると考えられる荷重では、設計に用いられる断面力が異なることが予想される。

そこで、本研究では、合成桁橋の合理的な設計法の確立に必要な基礎的資料の作成を目的として、まず、現行の設計法で変断面を有する合成桁橋の試設計を行い、各断面の断面性能を明らかにする。次に、その試設計橋を用いて、実測活荷重スペクトルを用いたシミュレーションを行い、得られた最大断面力と試設計橋の断面性能とを比較し、活荷重に対する断面の安全率について検討している。

2. 単純活荷重合成桁橋の試設計

表-1 に示す設計条件に基づいて、文献 1) に従い変断面桁を有する単純活荷重合成桁の試設計を行った。断面変化点は、両端部から 3.6m および 8.2m の位置(それぞれ断面 1 および断面 2 という)に設けた。外主桁の断面寸法を表-2 に示す。

表-1 設計条件

橋梁形式	単純鋼変断面合成桁橋
橋長(m)	35
桁長(m)	34.7
支間長(m)	34
有効幅員(m)	9.8
全幅員(m)	11
主桁本数(本)	4
平面線形	R=
縦断勾配	1.00%
横断勾配	2.0%(山勾配)
床版厚(mm)	210
アスファルト舗装厚(mm)	80
計画交通量	大型車両500台未満 / 日(k1=1.10)
活荷重	B活荷重-L

表-2 外主桁の断面寸法(単位:mm)

	断面1	断面2	中央断面
床版幅	2700	2700	2700
床版厚	210	210	210
上フランジ幅	200	300	400
上フランジ厚	11	17	21
ウェブ高さ	1800	1800	1800
ウェブ幅	10	10	10
下フランジ幅	400	500	600
下フランジ厚	26	31	37

次に、設計曲げモーメントの値を表-3 に、外桁を対象に、その断面 1、断面 2 および中央断面における限界断面力(降伏曲げモーメント、終局曲げモーメント、および全塑性曲げモーメント)を表-4 に示す。なお、コンクリートの降伏および終局は、それぞれ、圧縮ひずみが 0.002 および、0.0035 のときとした。

表-3 設計曲げモーメント(kN・m)

	変化点1	変化点2	中央断面
死荷重曲げモーメント	711	1374	1877
活荷重曲げモーメント	1262	2440	3334
設計曲げモーメント	1973	3815	5211

表-4 限界曲げモーメント(kN・m)

	変化点1	変化点2	中央
コンクリート(圧縮)降伏	4987	6789	8504
鋼(引張)降伏	6082	8730	11974
コンクリート(圧縮)終局	8976	11411	14377
鋼(引張)終局	9376	11928	14601
全塑性	9406	11929	14938

3. 実測活荷重列による作用断面力の評価

実測データに基づいた荷重車列の確率モデルを用いて、対象モデル橋梁に生じる最大断面力の確率分布特性をモンテカルロ・シミュレーションにより算出した。

供用期間は 100 年とし、シミュレーション回数は、最大断面力の確率分布特性を十分な精度で得るために 100 回実施した。ただし、本研究では外主桁の中央断面のみに着目した。

自動車荷重列は、阪神高速道路公団HDL委員会で作成された活荷重モデル²⁾である都市高速道路を代表するモデル、および旧建設省でまとめられた一般国道を代表する活荷重列モデル³⁾の 2 種類を用いた。

また、走行ケース、大型車混入率、および渋滞状況による差異を調べるために、表-5 に示す 2 つの走行ケースを用いた。各走行ケースにおいて、着目主桁に近い車線側に突発渋滞を、その反対車線に通常走行または夜間走行を発生させる条件を基準とした。また、供用期間が 50 年の場合、渋滞が発生しない場合、同一走行条件(時間)を変化させた場合についても算出し、

それらの組み合わせを表-6に示す。表-7には、シミュレーション結果（活荷重モーメント）を示す。

表-5 走行モードの種類と概要

(a) 走行ケース1

項目	1)突発渋滞	2)通常走行
走行状態	夜間に行われる補修作業や事故などによって生じる渋滞。大型車の混入率が大きい。	通常時(6:00~7:00, 12:00~14:00, 15:00~24:00)の自然走行状態
大型車混入率	40%	20%
発生頻度	50回/年	12時間/日
車間距離	一定(2.7m)	ランダム

(b) 走行ケース2

項目	1)突発渋滞	2)夜間走行
走行状態	夜間に行われる補修作業や事故などによって生じる渋滞。大型車の混入率が大きい。	夜間時(0:00~6:00)における渋滞以外の自然走行状態
大型車混入率	60%	60%
発生頻度	50回/年	6時間/日
車間距離	一定(2.7m)	ランダム

表-6 活荷重モデルと走行ケースの組み合わせ

活荷重モデル	供用期間(年)	同一の走行条件(分)	走行ケース	ケース名	
一般国道モデル	100	1440	走行ケース1	A1-1	
			渋滞なし	A1-2	
	52560	1440	走行ケース1	A2-1	
			渋滞なし	A2-2	
50	1440	走行ケース1	A3-1		
		渋滞なし	A3-2		
都市高速道路モデル	100	1440	走行ケース1	B1-1	
			渋滞なし	B1-2	
			走行ケース2	B1-3	
		52560	1440	渋滞なし	B1-4
				走行ケース1	B2-1
				渋滞なし	B2-2
	50	1440	走行ケース2	B2-3	
			渋滞なし	B2-4	
			走行ケース1	B3-1	
		1440	1440	渋滞なし	B3-2
				走行ケース2	B3-3
				渋滞なし	B3-4

表-7 活荷重シミュレーション結果

(活荷重モーメント, kN・m)

ケース名	最大曲げモーメント	平均値
A1-1	4850	3754
A1-2	3457	2793
A2-1	4222	3244
A2-2	3146	2693
A3-1	4719	3757
A3-2	3359	2795
B1-1	4279	3224
B1-2	3010	2744
B1-3	4674	3920
B1-4	3682	3182
B2-1	3668	2763
B2-2	2961	2725
B2-3	4151	3439
B2-4	3395	3058
B3-1	4091	3243
B3-2	2997	2738
B3-3	5389	3936
B3-4	3693	3210

4. シミュレーション結果に基づく考察

表-3, 4, および7より, 以下のことがわかった。

1) シミュレーション結果(表-7)によると, 最大曲げモーメントの値は表-3に示した設計曲げモーメント値を最大で4%上回る走行ケースも認められたが, 100回の平均値と比較すると, 設計曲げモーメントの値の方が若干大きい。

2) 中央断面において活荷重による最大曲げモーメント5,389kN・m(走行ケース B3-3)に死荷重モーメント1,877kN・mを加えても圧縮側のコンクリートの降伏曲げモーメント8,504kN・mを15%下回った。

3) 設計曲げモーメントに対して, 活荷重曲げモーメントは死荷重曲げモーメントの1.78倍, シミュレーションより下回った最大曲げモーメントに対して, 活荷重曲げモーメントは死荷重曲げモーメントの1.57倍~2.87倍になった。

5. まとめと今後の課題

現行の設計法で試設計した4本主桁で, 変断面桁を有する活荷重合成桁橋において, 実測された自動車荷重列を載荷する活荷重シミュレーションを行った。その結果, 最も厳しい走行ケースで最大曲げモーメントは, 設計曲げモーメントを4%上回った。しかし, 圧縮側コンクリートの降伏曲げモーメントに対して15%, 終局に対して25%の安全率であることがわかった。

100回のシミュレーションの平均値で見ると, 設計曲げモーメントは活荷重シミュレーション結果とほぼ同様な値に設定されていることがわかった。

今後の課題としては, 1) 設計荷重, および活荷重シミュレーションで算出した最大断面力に対応する自動車加重列を試設計橋に載荷した耐荷力解析の実施, および2) 降伏点を確立変数とするなど, 耐荷力のばらつきも考えた試設計橋の破壊確率の検討も必要である。

参考文献

1) 日本道路協会: 道路橋示方書, . 鋼橋編, 2002.
 2) 阪神高速道路公団・HDL委員会: 阪神高速道路の設計荷重体系に関する調査研究, 阪神高速道路公団・(財)阪神高速道路公団管理技術センター, pp.54-75, 1986.12.
 3) 建設省土木研究所橋梁研究室: 限界状態設計法における設計荷重に関する検討, 土木研究所資料, 第2700号, 1989.1.