

立体影響線載荷プログラムの検証 (影響線体積の求積法について)

玉田 和也¹⁾

平成6年2月の道路橋示方書の改訂により活荷重の載荷方法が変更された。この変更に対応すべく自社開発の平面骨組解析プログラム(面内)と立体骨組解析プログラムの影響線載荷部分の修正を行った。平面骨組の場合は影響線面積を、立体骨組を解く場合には影響線体積を計算するが、その中身については、開発当時の'70~80年代以降はブラックボックス化して使用している。このたび筆者はプログラムの修正とその検証を行ったわけであるが、そのなかで影響線の取扱いや求積法の考え方により解析結果に若干の相違が生じることがわかった。今後異なるプログラムによる活荷重解析結果の比較を行う場合に参考となると思われるのでここに紹介する。

はじめに

当社で使用している活荷重載荷プログラムの新活荷重への対応と検証方法について表-1に示す。ここでは主に立体解析プログラムの場合について述べることにする。

立体モデルの検証では図-1に示す2層ラーメンモデルを使用した。検証方法としては日本電子計算(株)所有の立体プログラム「SPACER」の解析結果との比較により行った。

その結果、大部分の支配的な断面力、変位については1%未満の相違しか発生しておらず問題ないように思えたが、詳細な比較の結果、発生断面力の絶対値としては大きくないが、ある部分の p_1 活荷重による曲げモーメントと、ある部分のせん断力(p_1, p_2 活荷重共)について50%を越す相違があることがわかった。検討の結果、前者については影響線体積の求積法が、後者についてはせん

断影響値の外挿処理による相違であることが確認できたため以下に紹介する。

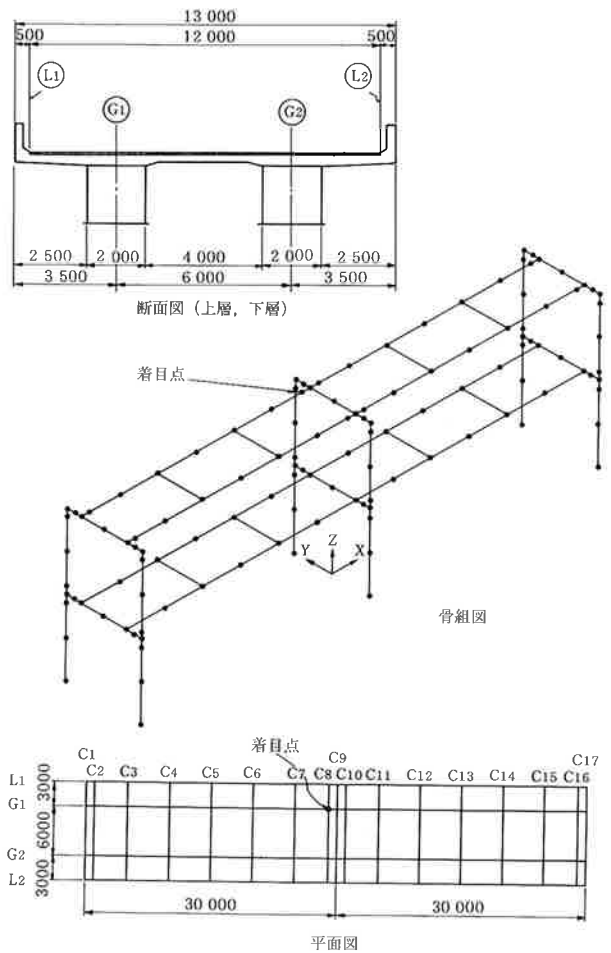


図-1 検証モデル

表-1 活荷重プログラムと検証方法

解析モデル	プログラム名	検証方法
平面格子	GRID (JIP) ³⁾	文献 ¹⁾ との比較 (確認のみ)
平面面内	xyinf (自社)	文献 ¹⁾ との比較
立 体	3D-frame (自社)	格子モデル: 文献 ¹⁾ およびGRIDとの比較 立体モデル: SPACER (JIP) ⁴⁾ との比較

1) 橋梁技術部技術課

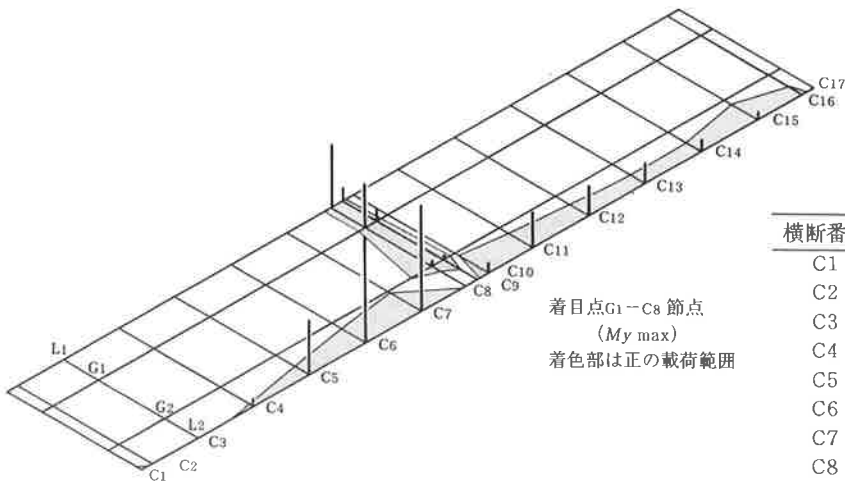


図-2 上段桁の影響値

表-2 上段桁 (G1-C8) 節点 My maxの影響値

横断番号	L1	G1	G2	L2
C1	-0.055	-0.041	-0.012	0.002
C2	-0.222	-0.176	-0.083	-0.037
C3	-1.078	-0.834	-0.346	-0.102
C4	-2.414	-1.795	-0.558	0.060
C5	-3.573	-2.572	-0.571	0.429
C6	-3.932	-2.745	-0.371	0.815
C7	-2.668	-1.793	-0.043	0.831
C8	0.495	0.343	0.038	-0.113
C9	0.107	0.076	0.015	-0.015
C10	-0.277	-0.187	-0.008	0.080
C11	-1.317	-0.917	-0.116	0.283
C12	-1.589	-1.132	-0.218	0.239
C13	-1.283	-0.922	-0.201	0.158
C14	-0.743	-0.532	-0.108	0.102
C15	-0.246	-0.169	-0.017	0.059
C16	-0.041	-0.030	-0.007	0.004
C17	-0.023	-0.021	-0.016	-0.014

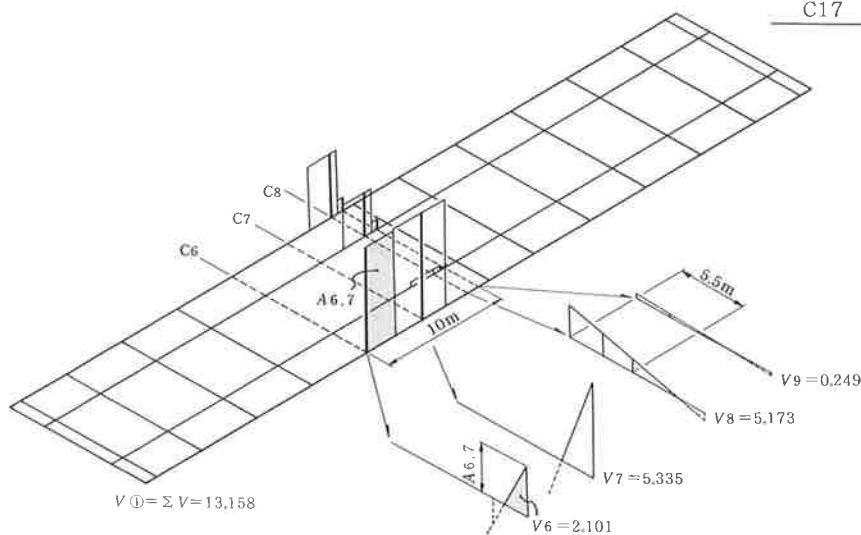


図-3 求積法 ①

- (1) 载荷幅内の横断位置で橋軸方向に影響値面積を計算する。
- (2) 载荷幅内の各横断方向に影響値体積を計算する。
- (3) 求めた影響値体積を集計する。
- (4) 载荷位置をずらし(1)~(3)を繰り返す。
- (5) 最大の影響値体積を選ぶ。

$A_{i,j}$ or $V_{i,j}$:
横断番号 $i \sim j$ 間の i 側の影響値面積もしくは体積

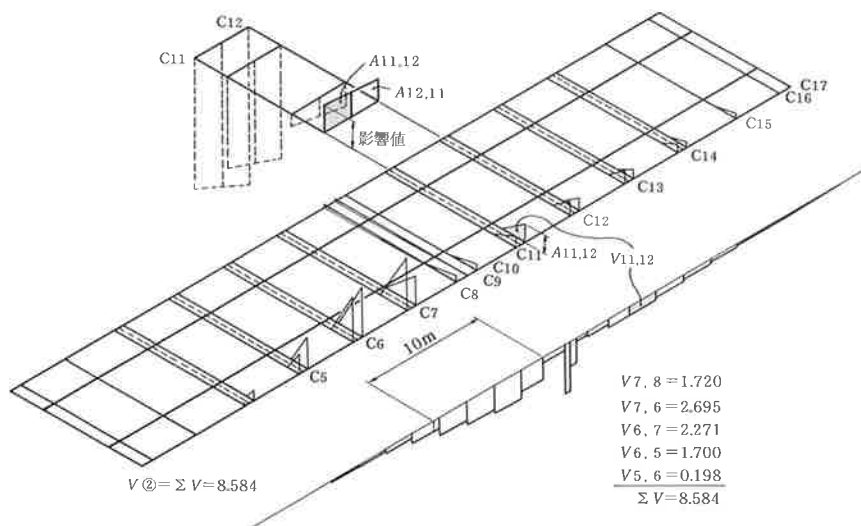


図-4 求積法 ②

- (1) 全横断で1/2パネル分の影響値面積を計算する。
- (2) それを横断方向に集計する。
- (3) 各横断の影響値体積を橋軸方向に並べる。
- (4) 载荷幅内で影響値体積が最大となる载荷位置を求める。

1. 影響線体積の求積法

道路橋示方書の改訂によって、従来のL荷重は1個の線荷重と等分布荷重で構成されていたが、このうちの線荷重がある一定の長さを持つ1組の部分分布荷重 (p_1) に変更された (従来からの等分布荷重は p_2 荷重と名称だけ変更)。そのため p_1 荷重では載荷幅Lの範囲で影響線体積が最大となる載荷位置を求める必要がある。そのための求積法としては2種類考えられ、文献2) にその詳細が述べてあるが、ここでも簡単のため求積法①、求積法②と呼ぶことにする。

求積法①：荷重載荷位置を逐次移動させながら橋軸方向、横断方向の順に積分し、最大値を捜し出す方法

求積法②：全横断位置で横断方向に積分を行い、各横断での影響値面積を求め、それを橋軸方向に並べた体積が最大となる載荷位置を捜し出す方法

相違が発生しているのが、上段桁では図-2に示すC7, C8, C10, C11とG1, G2の交差する点の水平軸まわりモーメントで、しかもプラス側の値だけである。支配的なマイナス側の値は、どちらの求積法で計算しても1%以下の相違しか生じていない。図-1に示す着目点の影響値を表-2、図-2に示す (外縁ラインL1, L2の影響値は1次補間により求める)。求積法①による場合を図-3に、求積法②による場合を図-4に示すが、結果として影響線体積はそれぞれ $V_{①}=13.158$, $V_{②}=8.584$ となり、載荷位置も一致していない。

この例の場合、図-2からわかるように、使用している影響値の大部分が1次外挿により求めたものであることを考えると、もともとこの影響値の使用が適正なのかという問題になってくる。これに対しては、現行のモデル化を行う限りにおいては外挿するしか方法がなく、精度の良い外挿方法が無いのが実情である。外挿を避けるためには外縁ラインに仮想桁を通すことが考えられるが、張り出されるブラケットの剛度の設定や節点数の増加など問題がある。また、この例のような場合に該当するのは、断面決定などに及ぼす影響が少ないものに限られる。したがって、設計上は求積法の違いによる影響はほとんど出てこないと言える。

2. せん断影響値の外挿処理

せん断力の影響値は着目点の位置で1.0のギャップを生じさせる。この時、着目点が外桁上の節点である場合、活荷重を載荷をさせる外縁ライン位置の影響値の外挿は、外桁とその隣の桁の影響値から1次外挿により求める。ただし、外縁ラインでの影響値の処理としては次の2通りの方法がある。

- (a) 単純に外挿した値を用いて、外縁ライン上でもギャップさせる (図-5)。
- (b) 外挿した2つの値の平均を外縁ライン上の影響値とし、外縁ライン上ではギャップさせない (図-6)。

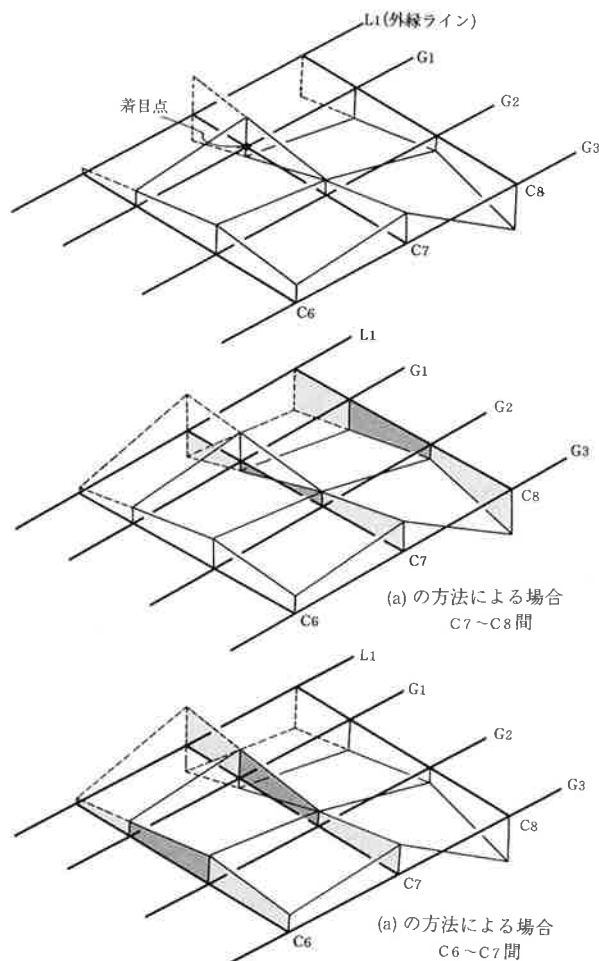


図-5 (a)の処理

図-5, 6を比較してわかるように、(a)の方法で処理した方が大き目の断面力を計算する。また、影響値形状としては(b)のように着目点以外でギャップの無いほうが正しいと思われるが、その値

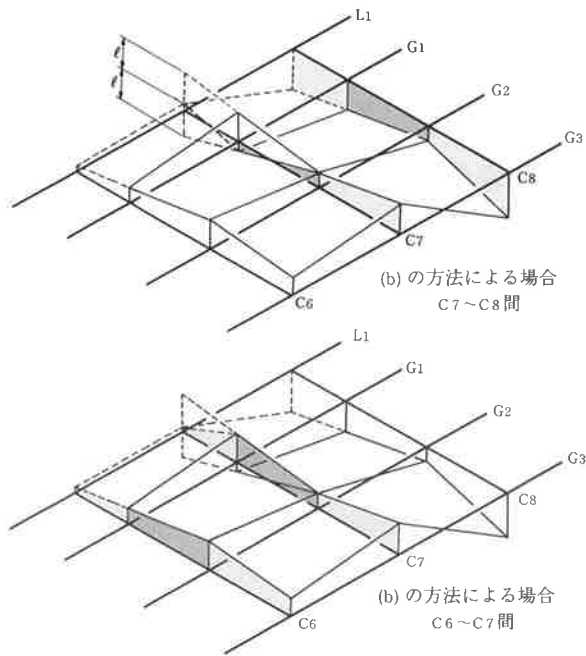


図-6 (b)の処理

については外挿値の平均を使用しており、その理由が曖昧であり(a), (b)どちらの方法もこれと言った決定的な根拠が無いと思われる。

以上の場合の特殊なケースとして1-Box桁の処理がある(図-7)。これについては1-Box桁(ムカデモデル)の解析時に日常的に使われるので説明は省略するが、0次の外挿(一定値)を行い(a)の処理をしていることになる。

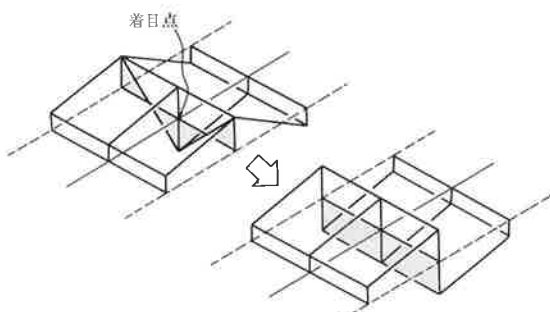


図-7 1-Box桁の処理

3. まとめ

構造物に活荷重を載荷させた場合の解析にあたっては次に示すような省略・簡略化を行っている。

- (1) 活荷重→ p_1, p_2 荷重 (モデル化)
- (2) 薄肉構造(钣桁, 箱桁) → 梁要素
- (3) 連続構造物(変断面, 載荷点) → 有限要素
(離散した載荷点)

さらに影響値の取扱いに関しては次のような選択肢がある。

- (i) 影響値の内挿補間 (0次, 1次)

- (ii) 外縁ラインへの外挿補間 (0次, 1次)
- (iii) 外縁ラインでのせん断力影響線の処理方法
- (iv) p_1 活荷重の影響線体積の求積法

以上のことからわかるように、プログラムから出てくる変位, 断面力, 反力は多くの仮定の上で成立している値であると考えられることができる。したがって、いろいろな所で開発されたプログラムの整合性を考えるにあたっては、その仕様や既定値の設定などを十分確認した上で支配的な変位, 断面力, 反力を対象とし、比較すべきである(文献¹⁾のように)。今回報告したような問題については、なぜ相違が発生するのかを知っておく必要があるが、上に示したように構造解析全体の精度とのバランスを考えると、目くじらを立てる必要はないのではないかと考える。なお、表-3に各プログラムの設定一覧を示す。

表-3 各プログラムの設定

	求積法		せん断影響値の外挿方法
	p_1	p_2	
GRID	②	②	b
SPACER	①	②	a
3D-frame	②	②	b

*各プログラムともa, bの切り替え可能

おわりに

活荷重の影響線載荷について、プログラムを p_1 活荷重に対応させる一連の作業の中で気付いた点について報告したが、これらの問題についてはブラックボックス化させる時点で検討され解決済の問題なのかも知れない。そのあたりの経緯をご存知の方がいらっしゃれば是非教えていただきたいと思ひます。

最後に解析結果の提供やアドバイスを頂いた日本電子計算株式会社大阪支店技術営業部の関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- 1) (社)日本橋梁建設協会：暫定荷重による解析例, 1993.8.
- 2) (社)日本橋梁建設協会：暫定荷重運用規準, 1993.8.
- 3) 日本電子計算(株)：格子計算プログラム説明書, Ver.1.0
- 4) 日本電子計算(株)：任意立体骨組の断面力解析システム概説書, 1993.9.