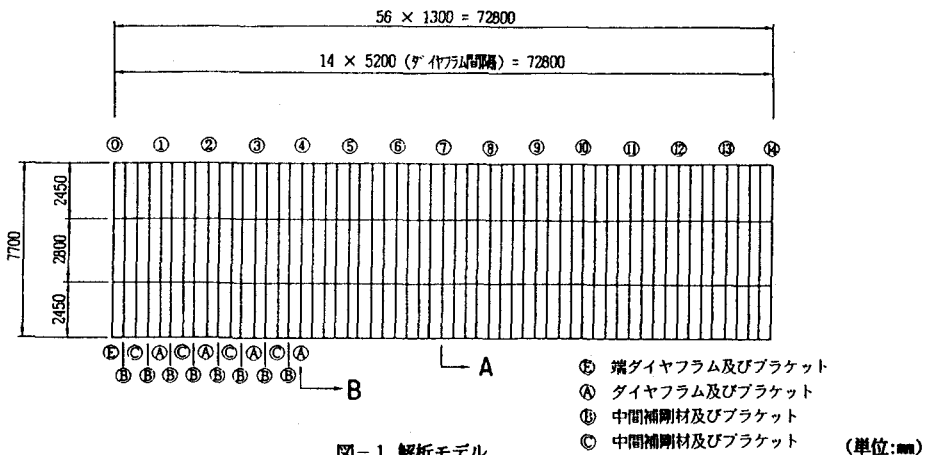


大阪工業大学大学院 学生員○正木 洋二 RADコンストラクション 正員 石川 一美
大阪工業大学 正員 岡村 宏一 RADコンストラクション 正員 古市 亨

1. まえがき: 既に、発表した曲げ、あるいは面内力を受ける任意4辺形(長方形を含む)平板要素の選点法を用いた高精度の剛性方程式¹⁾を適用し、鋼床版箱桁橋の複雑なすべての部材を平板要素で構成し、立体解析を行ったので報告する。本文では、提唱する解析法が、構造の全体系ならびに局所系の挙動をどの程度、正確に把握しているかを重ね合わせの原理を用いて検証するため、全面等分布载荷と片側等分布半载荷の2つの荷重系について解析を行った。

2. 解析方法: 既に、発表した多径間平板構造の解法²⁾を用いて、ダイヤフラム等の補剛部材で囲まれた幅方向の1パネルを、分割されたフランジ、腹板、補剛材を完全な折板構造として直接剛性法で結合し、このようなブロック要素の内点(選点)の変位成分を消去して長手方向の接続断面の選点の変位のみを未知量とするブロック要素の剛性方程式を誘導する。また同様な手法でいくつかの分割された腹板、フランジ、補剛材で構成されたダイヤフラム・ブラケットをブロック要素とした剛性方程式を与える。さらに長手方向にリラクゼーション法を用いて接続すれば解析に必要な自由度は長手方向の1節線の選点に関するのみとなり、全体系、局所系を同時に解析するための自由度は著しく低減される。例えば、本研究の解析に用いた鋼床版箱桁橋を構成する構造要素はすべて板要素で9,426枚、直接剛性法で連結しようとするれば、本文の大形板要素を用いた場合でも、自由度は379,088であるがこれをブロック要素の1節線のみ自由度(1056)に低減させ、リラクゼーション法で解析した。リラクゼーションは9回の反覆を行って、変位については有効数字7桁の収束を見た。

3. 構造モデルと要素分割: 解析モデルとして用いた一室の直線鋼床版箱桁橋の平面図を図-1に示す。



- 1) 岡村, 石川, 古市; 曲げ, あるいは面内力を受ける大形の任意4辺形平板要素の剛性方程式, 土木学会論文集, NO. 465/I-23, p67~p76, 1993.4
2) 岡村, 石川, 古市; 多格間平板構造の一解法, 土木学会論文集, 第416号/I-13, p275~p284, 1990.4

端ダイヤフラム・ブラケットを除く中間補剛材は、ブラケット・ダイヤフラム、ブラケット・上下横桁・垂直補剛材、ブラケット・上横桁・垂直補剛材のものが交互に配置され、56のブロック要素を接続している。図-2(a)にはリブで補剛されたブロック要素とそれを構成する大形平板要素と選点を示す。図-2(b)には、代表的な中間補剛部材として、ブラケット・ダイヤフラムのブロック要素を構成する大形板要素と選点を示す。また、端部の境界条件としては、支承幅の選点において単純支持の条件を与え、他の選点では自由の条件を与えている。

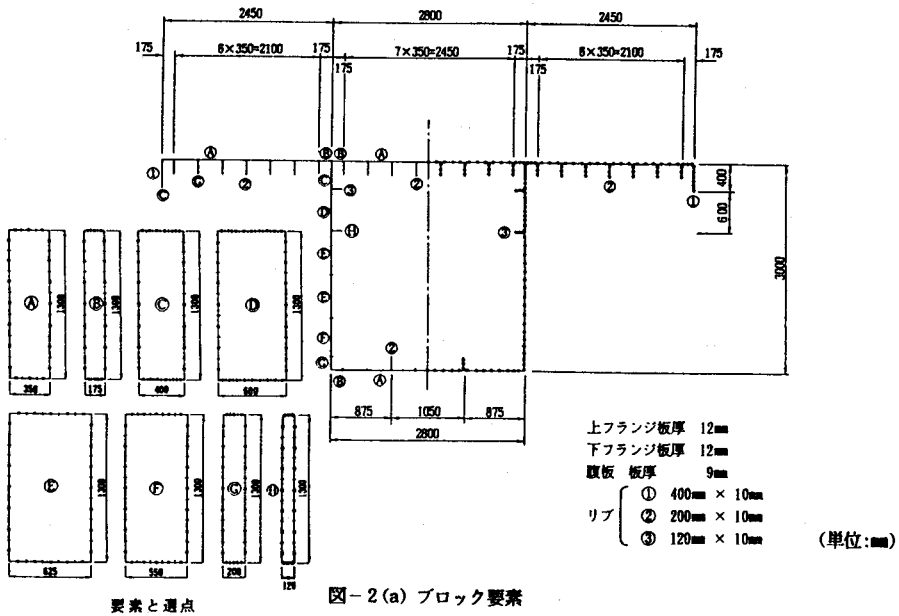


図-2(a) ブロック要素

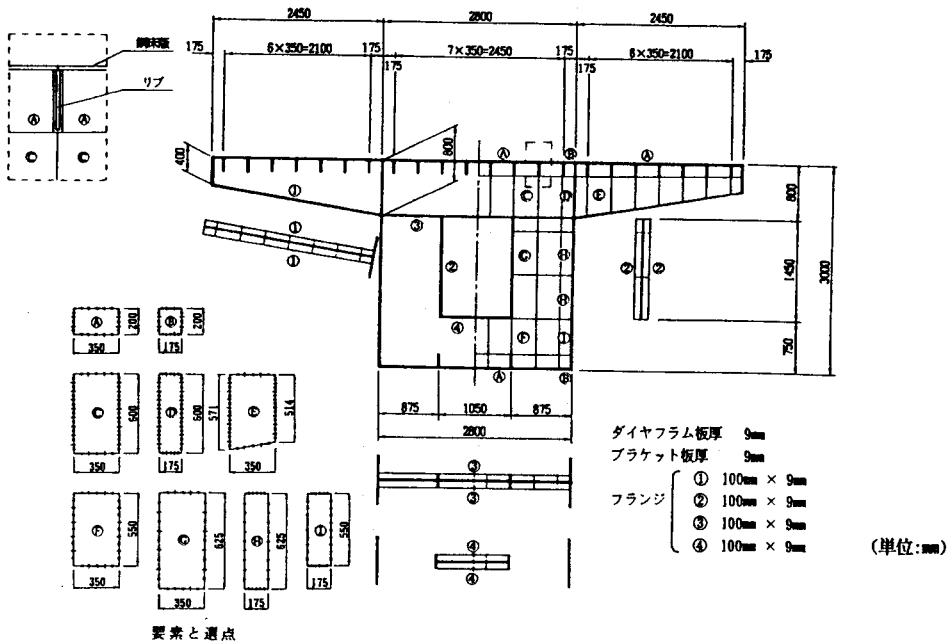


図-2(b) ダイアフラム及びブラケット

4. 全体のたわみ分布：図-3に等分布荷重($q=1.0tf/m^2$)を橋面に全面載荷させた場合の、各ダイヤフラムの上縁隅点でのたわみの橋軸方向の分布を示す。破線はリラクセーションの初期値として用いた曲げのみによる直線ばりのたわみである。変位の解析値は、補剛パネルのせん断たわみが累積し、中央断面(A)で曲げのみによるたわみより9%大きくなっている。

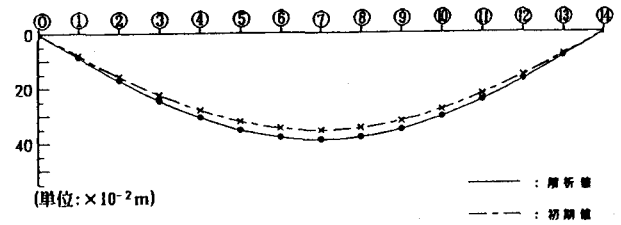


図-3 橋軸方向たわみ分布

5. 代表的な断面の垂直応力分布と腹板のせん断応力分布：図-4に全面等分布載荷の場合の中央断面(A)の垂直応力(橋軸方向応力)を示す。図のように、解析モデルの補剛材で囲まれた区間で、特に下フランジにかなり顕著なせん断遅れ現象が見られる($\lambda/b=0.671$)。これに比べ上フランジでのせん断遅れ現象は緩慢である。次に、図-5(a)に示すのは、全面等分布載荷の場合の桁スパンの1/4点断面(B)の同様の応力で、同図(b)に示すのは、片側等分布載荷の場合のものである。表-1に片側載荷の場合を重ね合わせて、全面載荷の場合と比較しているが、有効数字3桁の一致が見られる。

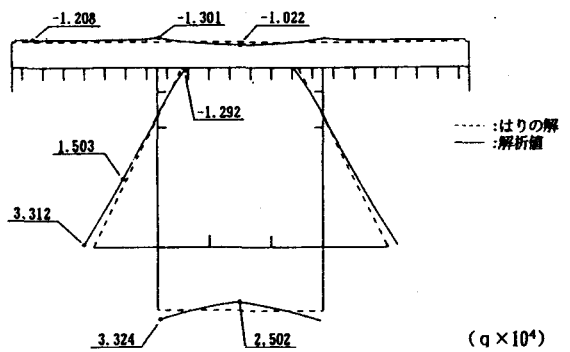


図-4 中央断面Aの垂直応力分布

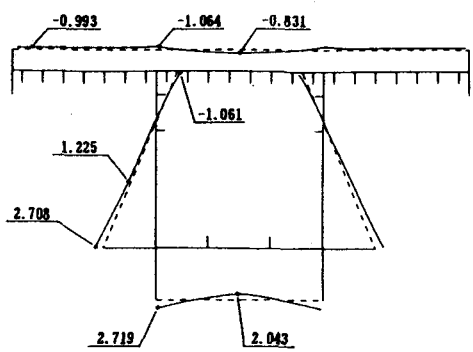


図-5(a) B断面の垂直応力分布(全面等分布載荷)

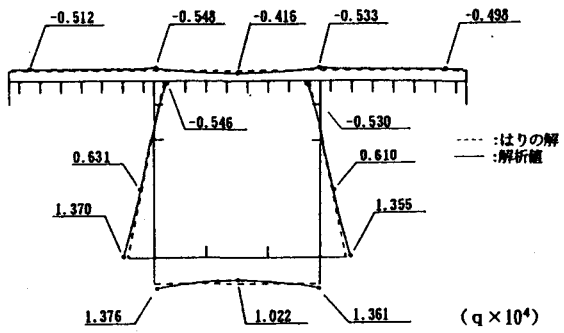


図-5(b) B断面の垂直応力分布(片側等分布載荷)

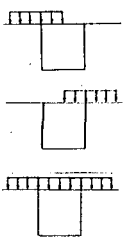


表-1 垂直応力(橋軸方向応力)

	(q × 10 ⁴)							
片側載荷(右)	-0.512	-0.548	-0.416	-0.546	0.631	1.370	1.376	1.022
片側載荷(左)	-0.498	-0.533	-0.416	-0.530	0.610	1.355	1.361	1.022
Σ	-1.010	-1.081	-0.832	-1.076	1.241	2.725	2.737	2.044
全面載荷	-0.993	-1.064	-0.831	-1.061	1.225	2.708	2.719	2.043

図-6 (a), (b)に示すのは、それぞれ全面載荷、片側載荷の場合に対する、スパン1/4点の断面(B)の主桁腹板のせん断応力の分布である。それぞれの場合を表-1と同様に重ね合わせると、表-2のようになり、有効数字3桁の一致が見られる。

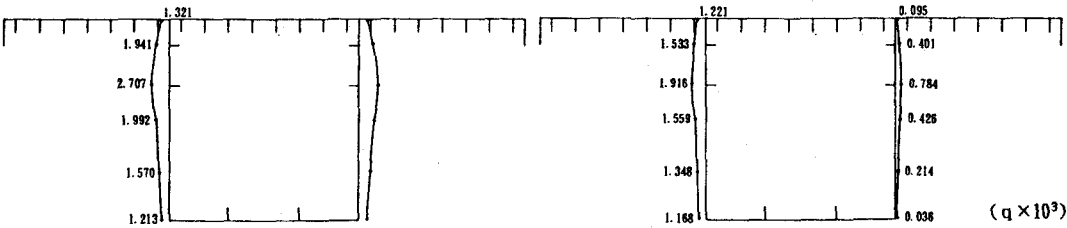


図-6 (a) B断面の腹板せん断応力分布(全面等分布載荷)

図-6 (b) B断面の腹板せん断応力分布(片側等分布載荷)

表-2 主桁腹板のせん断応力 (単位: 10^3)

片側載荷(右)	1.221	1.533	1.916	1.559	1.348	1.168
片側載荷(左)	0.095	0.401	0.784	0.426	0.214	0.036
Σ	1.316	1.934	2.700	1.985	1.562	1.204
全 面 載 荷	1.321	1.941	2.707	1.992	1.570	1.213

6. 局所変形：図-7 (a), (b)に示すのは、それぞれ全面載荷、片側載荷の場合に対する中央断面(A)の局所変形の分布で、表-1と同様の重ね合わせを行くと、表-3のようになり、有効数字2桁の一致が見られる。なお、棒理論によるねじり角に対し、本解析値は3%程度大きくなっているが、本橋のモデルが十分な補剛部材によって頑強に補剛されているためと思われる。

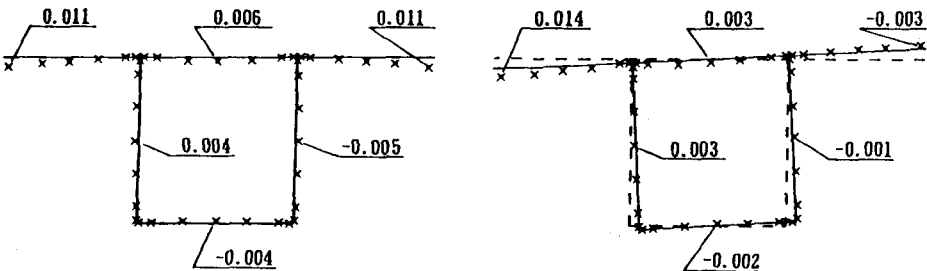


図-7 (a) 中央断面Aの局所変形(全面等分布載荷)

図-7 (b) 中央断面Aの局所変形(片側等分布載荷)

表-3 局所変形 (単位: 10^{-2} m)

観 測 点	a	b	c	d	e	f
片側載荷(右)	0.014	0.003	-0.003	0.003	-0.001	-0.002
片側載荷(左)	-0.003	0.003	0.014	0.001	-0.003	-0.002
Σ	0.011	0.006	0.011	0.004	-0.004	-0.004
全 面 載 荷	0.011	0.006	0.011	0.004	-0.005	-0.004

なお、ダイヤフラムの内部応力について同様の重ね合わせを行っても有効数字3桁の一致が見られるが、紙面の都合で割愛する。