

第4章 曲線橋および斜橋の実挙動の把握

4.1 概要

曲線橋および斜橋の鋼鈹桁橋は、一般的に主桁のねじり剛性を無視した骨組解析で断面力を算出し、例えば曲線橋において主桁フランジは曲げによる付加応力度を算出して板厚を決定するなど単純化された部材設計法を用いて設計される。しかし、実際の橋梁では、合成後死荷重・活荷重作用時には合成前死荷重時よりもねじり剛性が大きくなることが想定され、実際の挙動と異なることが想定される。そこで曲線橋および斜橋について FEM 解析によって骨組解析では再現できない変形挙動や発生応力などの確認を行い、また FEM 解析と現設計法との比較や、現設計法において合理化が可能であるかどうかの確認することを目的とする。

4.2 現状の設計法と課題

鋼鈹桁の設計において、一般的に曲線橋・斜橋ともに主桁のねじり剛性を無視した骨組解析で断面力を算出している。また、各部材の設計においては、曲線橋の場合、主桁フランジは曲げによる付加応力度を考慮するほか、橋梁の特徴に応じて、主桁の横倒れ座屈、主桁腹板厚、補剛材間隔及び剛比など適宜考慮することがあることが基準類から得られた。

以下に曲線橋・斜橋に関する基準類での設計法を示す。

表 4.2.1 曲線橋・斜橋に関する基準類での記述 (1)

	曲線橋	斜橋
道路橋示方書 、鋼道路橋設計便覧	<p>【解析】 I桁の場合、一般には、曲桁自体のねじり抵抗を無視した格子解析で断面力を算出する。(道示Ⅱ 11.2.4 ねじりモーメントによる応力度)</p> <p>【部材設計】 主桁においては、フランジの応力度に曲がりによって生じる付加応力度を加算して断面を決定する(付加応力度の算出は、設計便覧による)。</p>	<p>【解析】 I桁の場合、一般には、曲桁自体のねじり抵抗を無視した格子解析で断面力を算出する。(道示Ⅱ 11.2.4 ねじりモーメントによる応力度)</p>
阪神高速道路 構造物設計基準	<p>【解析】 主げたは、原則として曲げモーメントと曲げに伴うせん断力のほかにねじりモーメントを考慮して設計するものとする。(8.4.1 設計計算の方針)</p> <p>【部材設計】 並列曲線 I げたにおいては、フランジの曲がりによって生ずる付加応力度を考慮しなければならない。(8.4.3 フランジの曲がりによる付加応力) 曲線 I げたでは、横倒れ座屈安全性を十分に照査しておかなければならない。(8.4.4 曲線 I げたの横倒れ座屈)</p>	
NEXCO 設計要領	<p>【解析】 鉛直荷重に対しては、平面格子解析により断面力を算出することを標準とする。(4-2-1 全体系の解析)</p> <p>【部材設計】 主桁本数が2本の場合、架設時の安全性、特に床版打設時における横倒れ座屈などを十分検討した上で施工するものとし、必要に応じて仮設材を設けて安全性を確保するものとする。 主桁フランジプレートに通常の曲げ応力のほかに曲がりによって生じる付加応力を考慮しなければならない。(4-4 曲線橋及び斜橋の設計) 横桁の剛度は直線桁より大きいものとするのが望ましく、横桁の変更が主桁の荷重分配に及ぼす影響を小さくするような剛な断面の設計を行うのがよい。(4-4 曲線橋及び斜橋の設計)</p>	<p>【解析】 鉛直荷重に対しては、平面格子解析により断面力を算出することを標準とする。斜橋の場合は、主桁曲げモーメントが横桁にある程度伝達され、主桁との取合い部の構造も断面力にも大きな影響を及ぼすので、これらの細部構造に対しても忠実な計算モデルとしなければならない。巻き立てコンクリートの剛性も適切に考慮する必要がある。(4-2-1 全体系の解析)</p>

表 4.2.2 曲線橋・斜橋に関する基準類での記述 (2)

	曲線橋	斜橋
北陸地方整備局 設計要領	<p>【解析】 鋼げたの設計計算においては、任意形格子理論（変形法等）によることを標準とする。（9-4-2-3 設計計算）</p> <p>【部材設計】 I げた並列の曲線橋を格子げた理論で計算する場合には、フランジプレートに通常の曲げ応力のほかに、曲がりによって生じる付加応力を考慮するものとする。（9-4-2-6 曲線橋） 橋げたの剛度は直線げたより大きくすることが望ましく、横げたの変形が主げたの荷重分配に及ぼす影響を小さくするような剛な断面の設計を行うことが望ましい。（9-4-2-6 曲線橋）</p>	<p>【解析】 鋼げたの設計計算においては、任意形格子理論（変形法等）によることを標準とする。 斜橋の場合は、端対傾構および支点上対傾構も含めた計算モデルで解析する。（9-4-2-3 設計計算）</p>
中部地方整備局 設計要領	<p>曲線橋の設計に当たっては、「道路橋示方書 II 鋼橋編」（日本道路協会 H14.3）第 10 章鋼げた 10.2.4 ねじりモーメントによる応力度の項及び同第 8 章床版 8.2.1 適用の範囲の条文及び解説及び「鋼道路橋設計便覧」（日本道路協会 S55.8）3.5 曲線桁の項等によるものとする。（参考資料 4. 主桁、補剛材、スプアンカー、横組、床版その他及び設計例）</p>	—
近畿地方整備局 設計要領	<p>I 桁の場合、「鋼道路橋設計便覧」を参考に、主桁のフランジに発生する半径方向の付加応力を考慮すること。（5-6 斜橋及び曲線桁）</p>	—

4.3 解析モデルと方針

4.3.1 モデル橋梁

(1) 設計条件

検証を実施するモデル橋梁の設計条件を表 4.3.1 と表 4.3.2 に示す。

なお、検証に用いる橋梁の形式は、橋長や幅員を同じとする 4 主桁の鋼単純合成鈹桁橋と 2 主桁の合成少数鈹桁橋とした。

表 4.3.1 設計条件 (4 主桁)

道路規格	第 種 級	規格	設計速度	V = km/h
活 荷 重	B 活 荷 重			
形 式	鋼単純合成鈹桁 (4 主桁橋)			
橋 長	34.000 m (CL上)			
桁 長	33.800 m (CL上)			
支 間 長	33.000 m (CL上)			
有効幅員	8.500 m			
舗 装	アスファルト舗装 t = 75 mm			
床 版	RC床版 t = 220 mm			
平面線形	R = ∞			
縦断勾配	i = 0.0000 %			
横断勾配	← i = 2.00 % 片勾配			
斜 角	A1, A2 90° 00' 00"			
設計震度	Kh = 0.25			
主要鋼材	SS400 (形鋼), SM400, SM490Y, HTB-M22 (S10T)			
適用図書	道路橋示方書・同解説 (平成8年12月) 日本道路協会			
	鋼道路設計ガイドライン(案) (平成7年10月) 建設省 鋼道路橋設計便覧 (昭和55年8月) 改定 日本道路協会			

表 4.3.2 設計条件 (2 主桁)

道路規格	第 種 級	規格	設計速度	V = km/h
活 荷 重	B 活 荷 重			
形 式	鋼単純合成鈹桁 (2 主桁橋)			
橋 長	34.000 m (CL上)			
桁 長	33.800 m (CL上)			
支 間 長	33.000 m (CL上)			
有効幅員	8.500 m			
舗 装	アスファルト舗装 t = 75 mm			
床 版	RC床版 t = 300 mm			
平面線形	R = ∞			
縦断勾配	i = 0.0000 %			
横断勾配	← i = 2.00 % 片勾配			
斜 角	A1, A2 90° 00' 00"			
設計震度	Kh = 0.25			
主要鋼材	SS400 (形鋼), SM400, SM490Y, HTB-M22 (S10T)			
適用図書	道路橋示方書・同解説 (平成8年12月) 日本道路協会			
	鋼道路設計ガイドライン(案) (平成7年10月) 建設省 鋼道路橋設計便覧 (昭和55年8月) 改定 日本道路協会			

(2) モデルケース

モデル化するケースは、曲線や斜橋の影響を比較出来るよう以下の 4 ケースについて行うものとした。

- 平面線形：① 直線橋
 ② 曲線橋 R=300m
 ③ 曲線橋 R=700m
 ④ 斜橋 斜角 70°

※ ③の曲線橋モデルについて

日本橋梁建設協会の「新しい鋼橋の誕生Ⅱ」にて、少数鈹桁橋の一般的な適用範囲として、R=700m 以上が推奨されており、曲線半径が小さくなると箱桁橋形式が推奨されている、しかし、R<300m の実橋も存在することから、本検討モデルでは、「新しい鋼橋の誕生Ⅱ」に記載されている曲率半径 R=300 と R=700 を採用するものとした。

※ ④の斜橋モデルについて

鋼道路橋設計便覧・NEXCO 設計要領第二集により、直交格子形式と斜交格子形式の境界角度が 70° と定義されている。本検討モデルでは、斜交格子形式を採用するため、斜角を 70° とした。

次頁以降に、断面図，側面図，ならびに各ケースの平面図を示す。

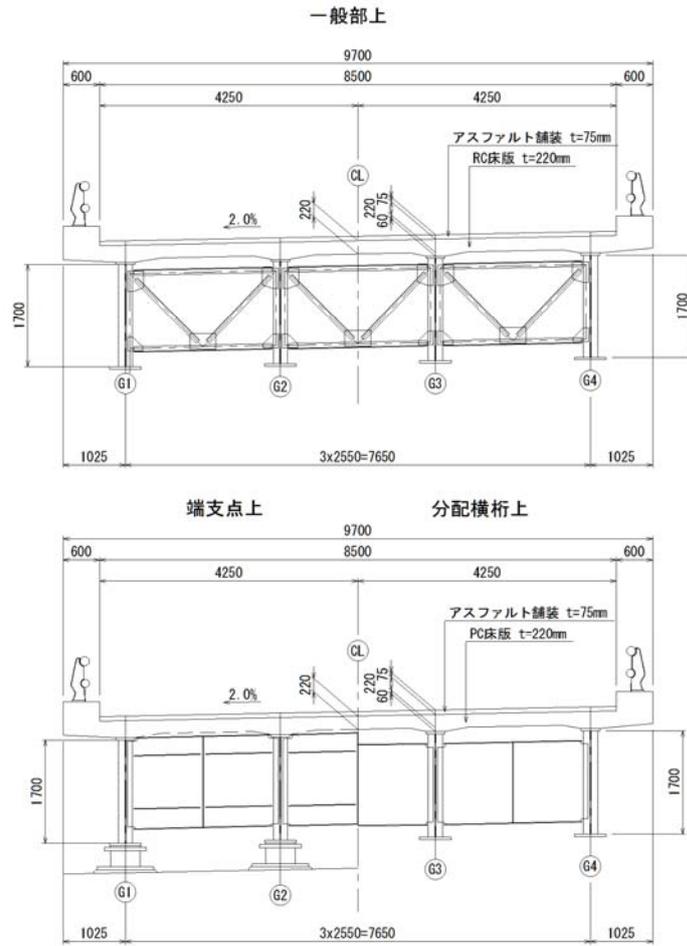


図 4.3.1 断面図 (4 主桁)

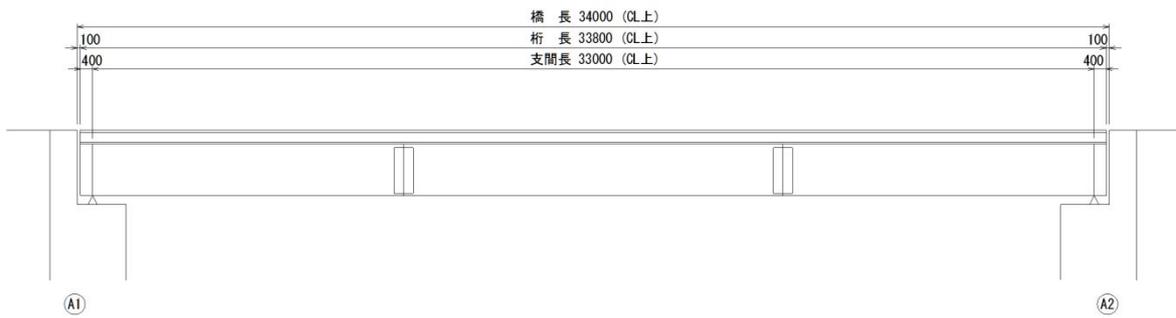


図 4.3.2 側面図 (4 主桁)

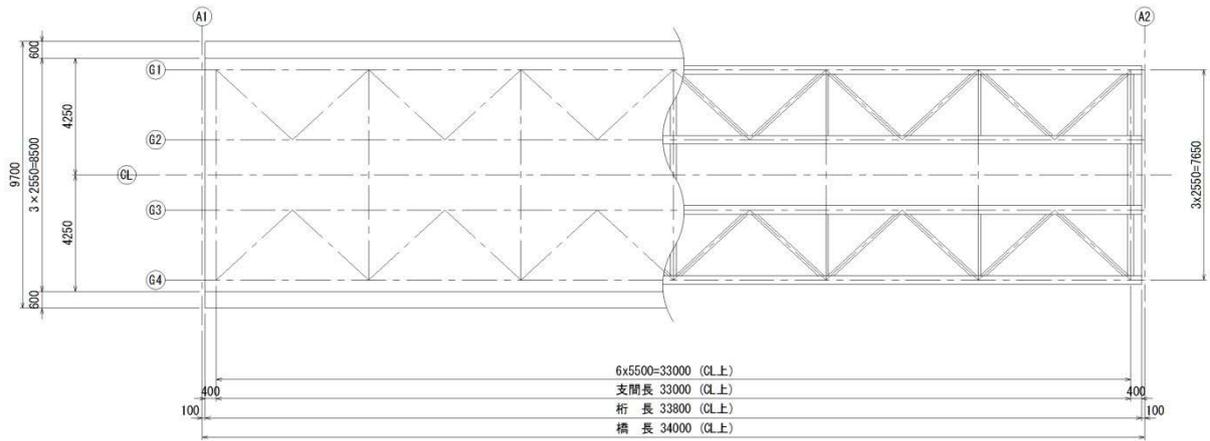


图 4.3.3 平面图 (4 主桁) ①直線橋

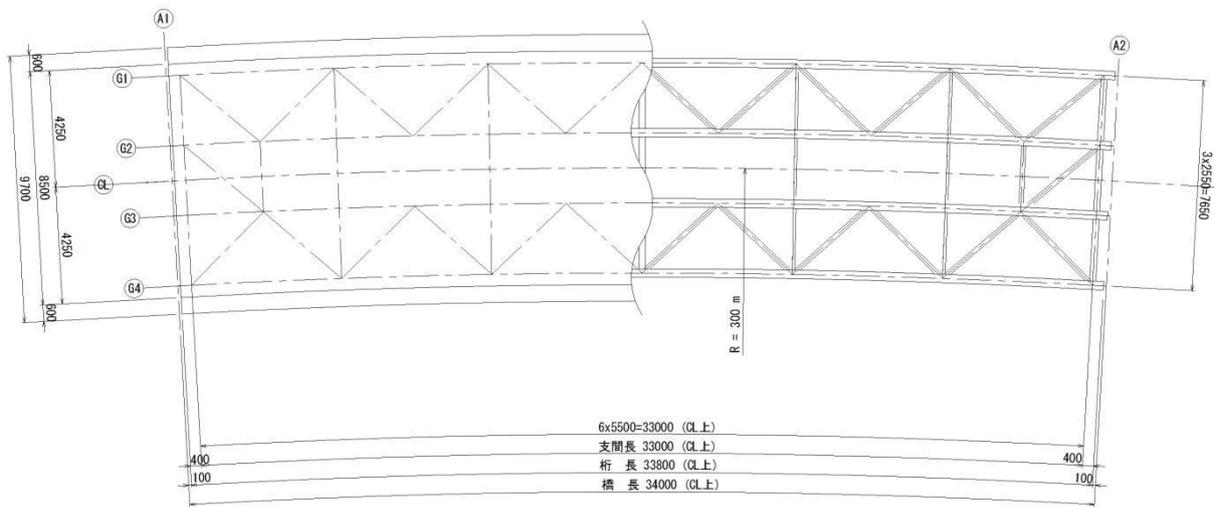


图 4.3.4 平面图 (4 主桁) ②曲線橋 (R=300)

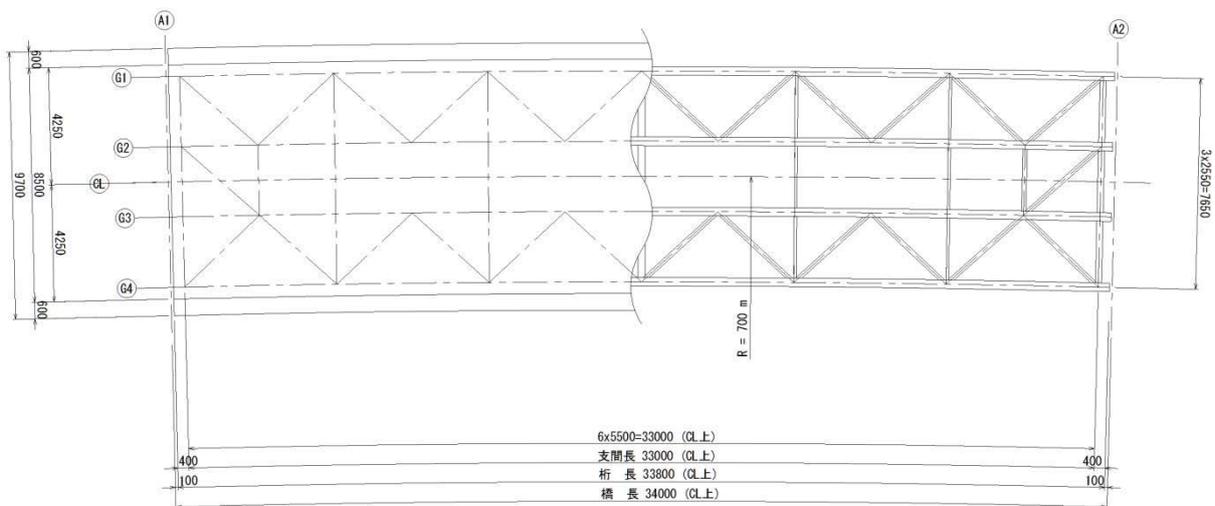


图 4.3.5 平面图 (4 主桁) ③曲線橋 (R=700)

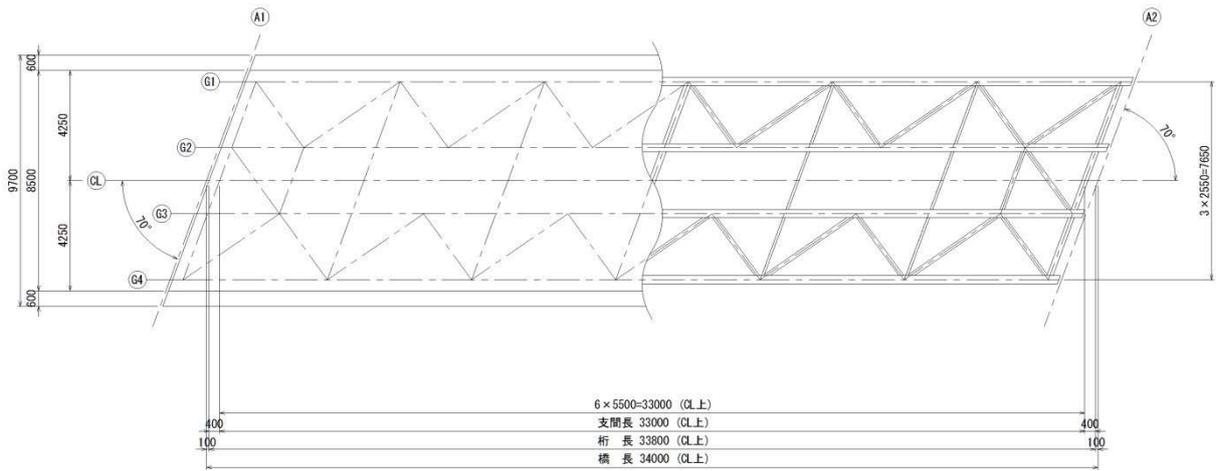


図 4.3.6 平面図 (4 主桁) ④斜橋 (斜角 70°)

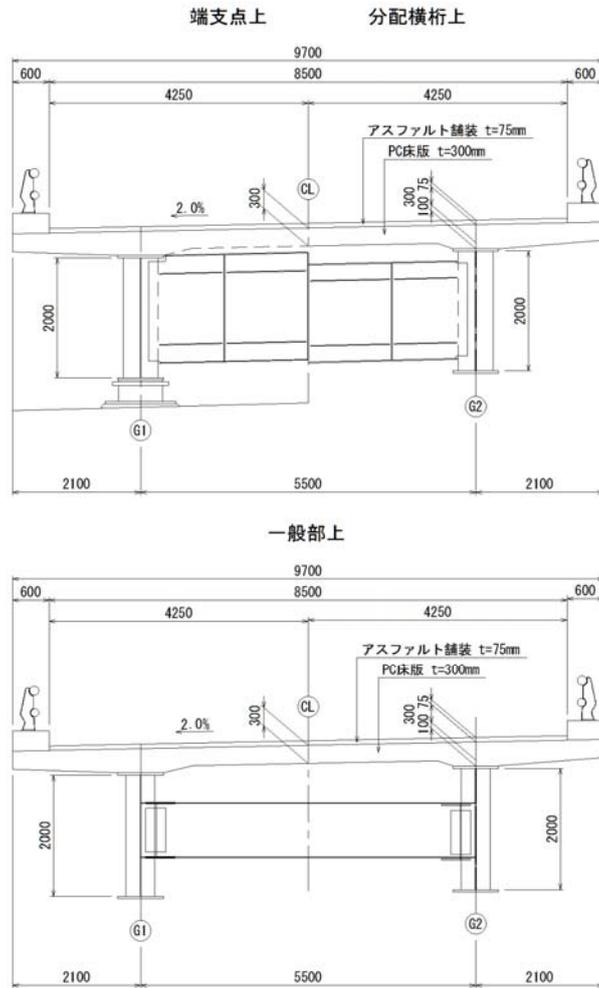


図 4.3.7 断面図 (2 主桁)

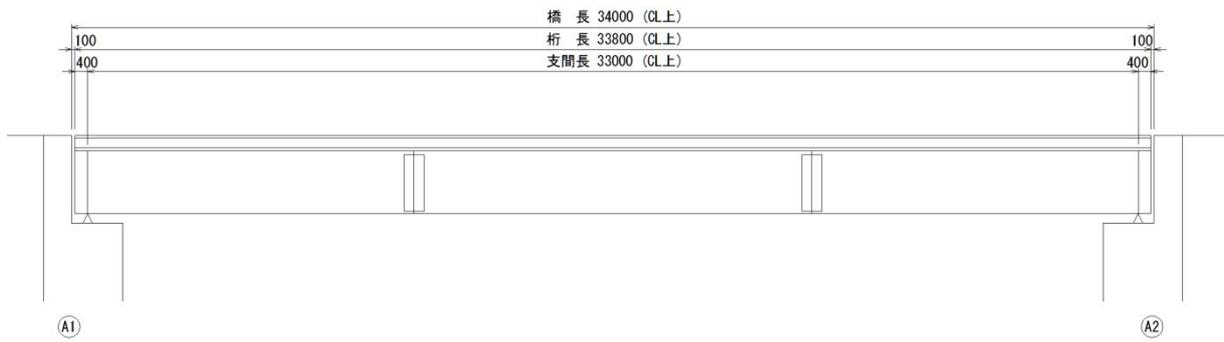


図 4.3.8 側面図 (2 主桁)

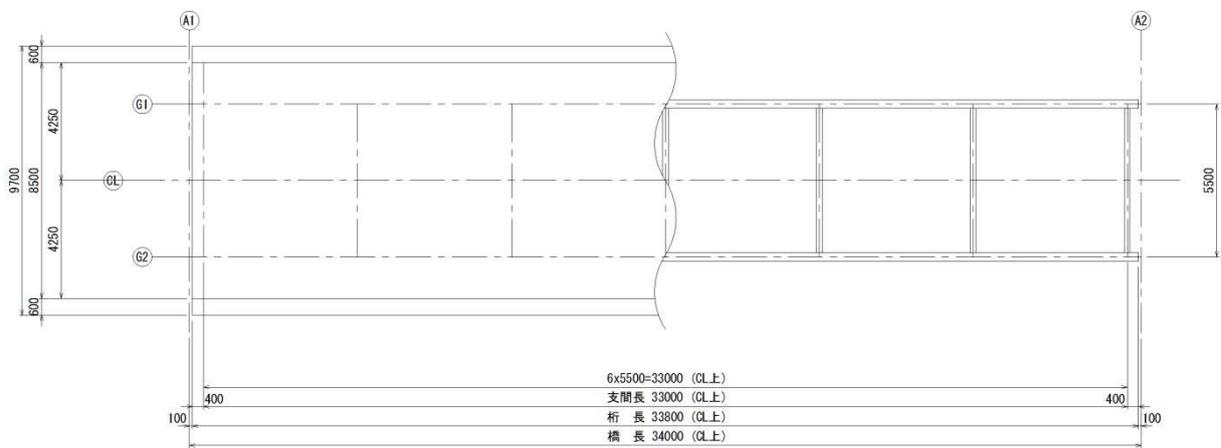


図 4.3.9 平面図 (2 主桁) ①直線橋

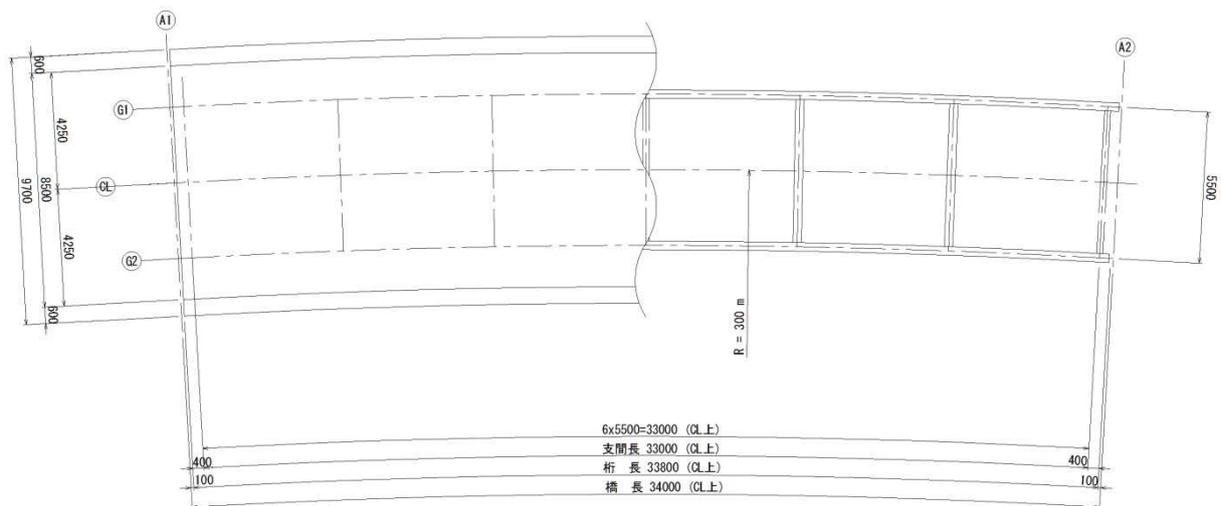


図 4.3.10 平面図 (2 主桁) ②曲線橋 (R=300)

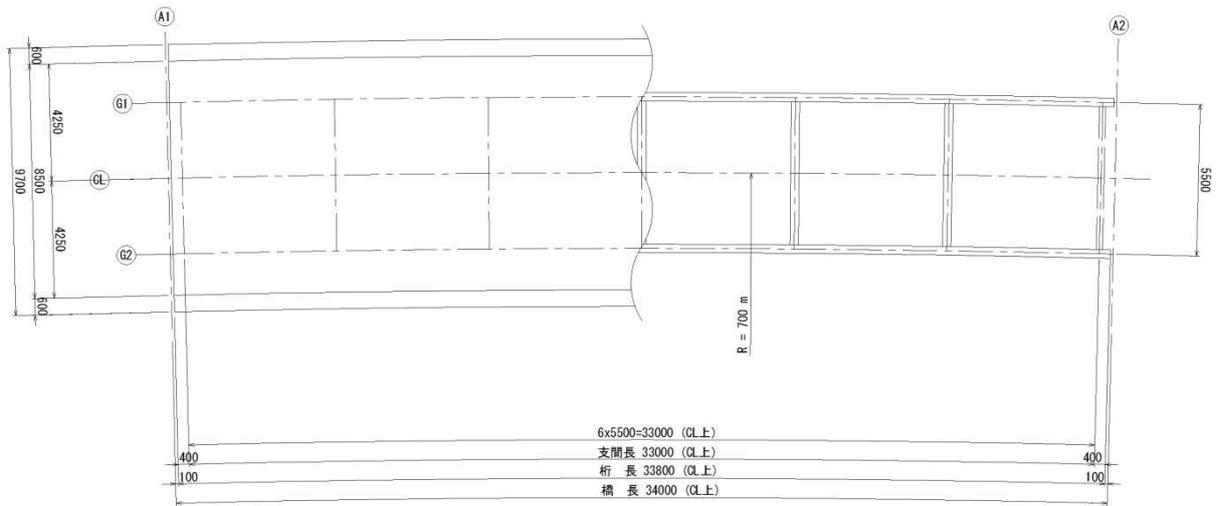


図 4.3.11 平面図 (2 主桁) ③曲線橋 (R=700)

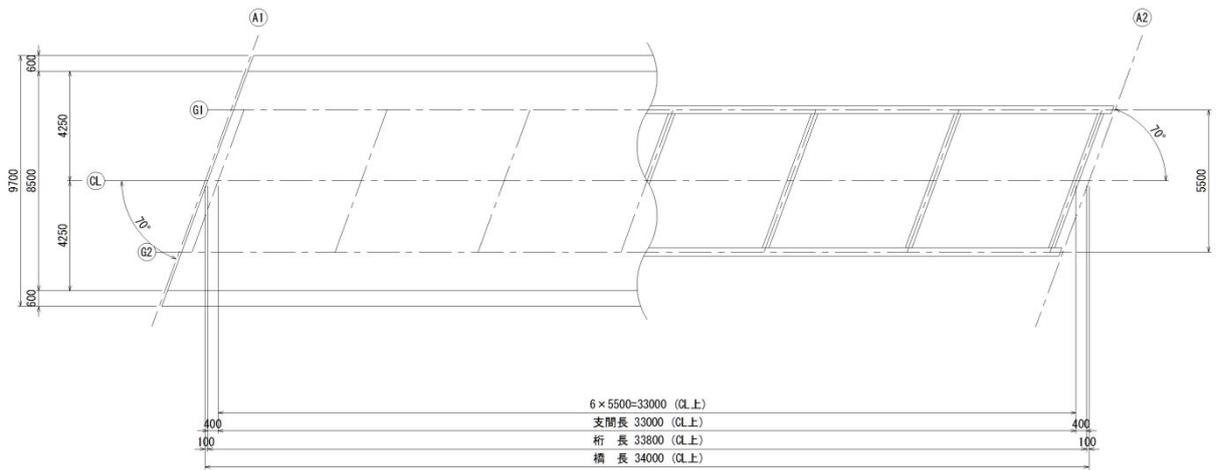


図 4.3.12 平面図 (2 主桁) ④斜橋 (斜角 70°)

4.3.2 解析方針

骨組解析および部材設計は、株式会社日車ビジネスアソシエツの鋼橋設計システム ASDF を用いる。また、FEM 解析に使用する解析ソフトは Nastran を用いる。

(1) 骨組解析モデル

骨組解析のモデルは、主桁のねじり剛性を無視した任意骨組とし変形法による。なお、荷重載荷は通常の方法（面荷重，線荷重，集中荷重等）で行い，各断面諸元は断面計算によって決定した。

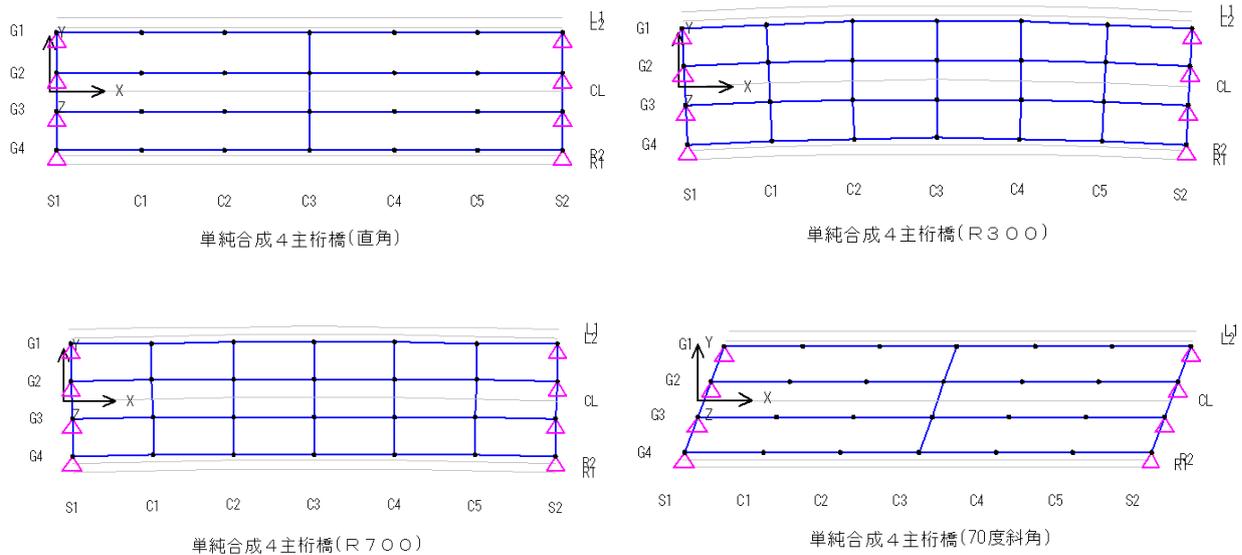


図 4.3.13 骨組解析モデル (4 主桁)

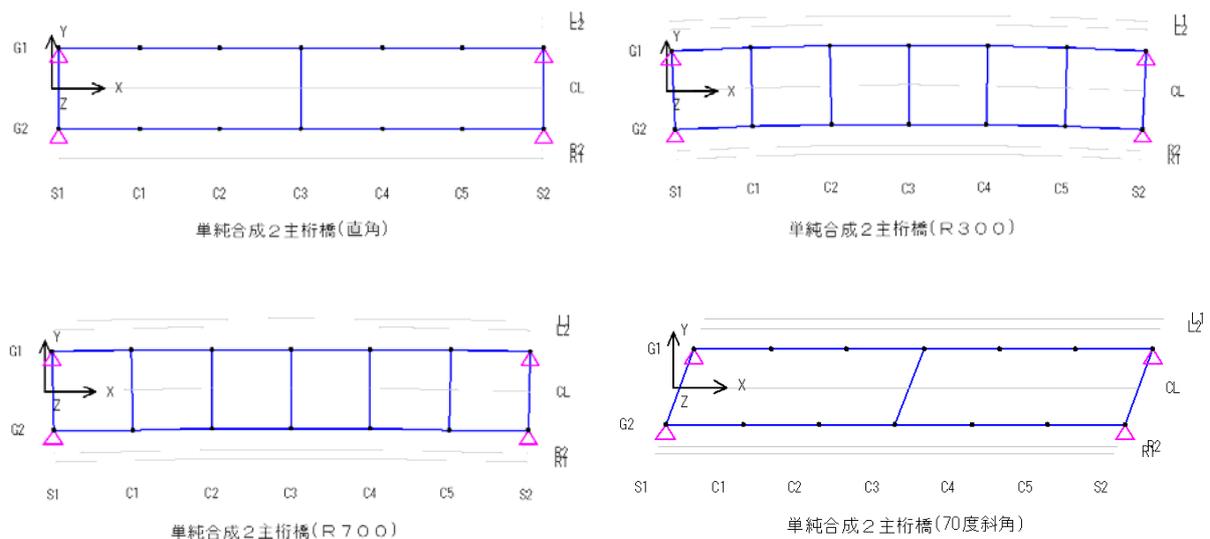


図 4.3.14 骨組解析モデル (2 主桁)

(2) FEM 解析モデル

FEM 解析は 3 次元モデルとする。鋼部材は線形シェル要素，RC 床版については線形ソリッド要素でモデル化する。なお，鋼部材のヤング係数 $E=2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ とし，コンクリートは $E=2.8 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ （設計基準強度 30N/mm^2 ）とした。

以下に，FEM 解析モデルの例として，4 主桁の各モデルを示す。

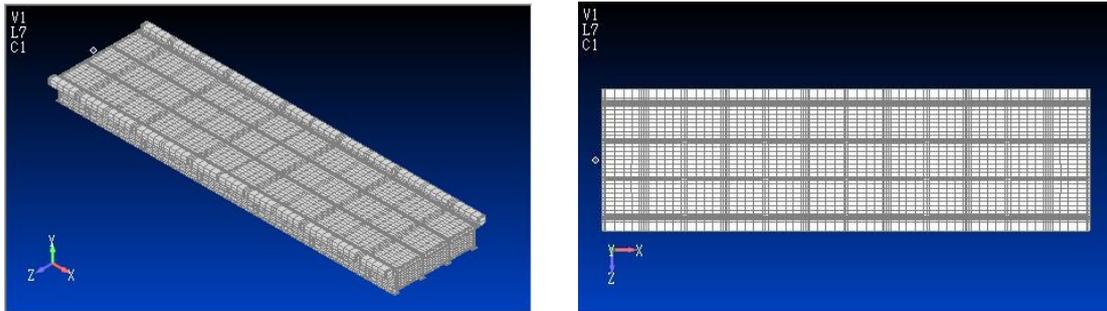


図 4.3.15 FEM 解析モデル ①直線橋
（節点数：18755； 要素数：15064）

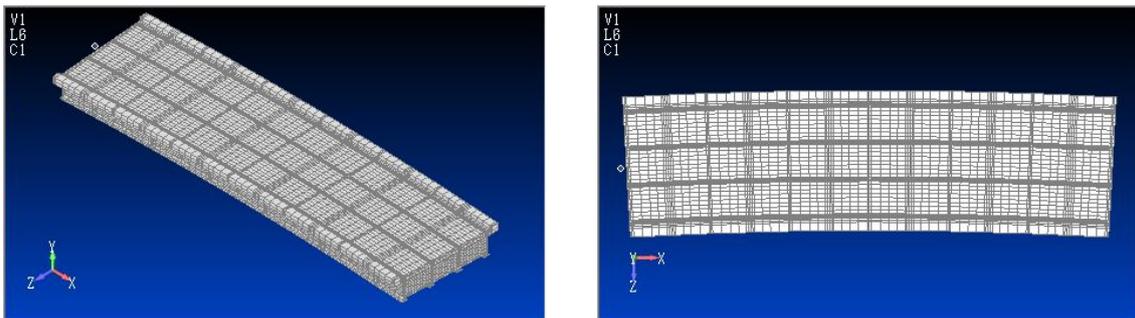


図 4.3.16 FEM 解析モデル ②曲線橋 (R=300)
節点数：18099； 要素数：14780

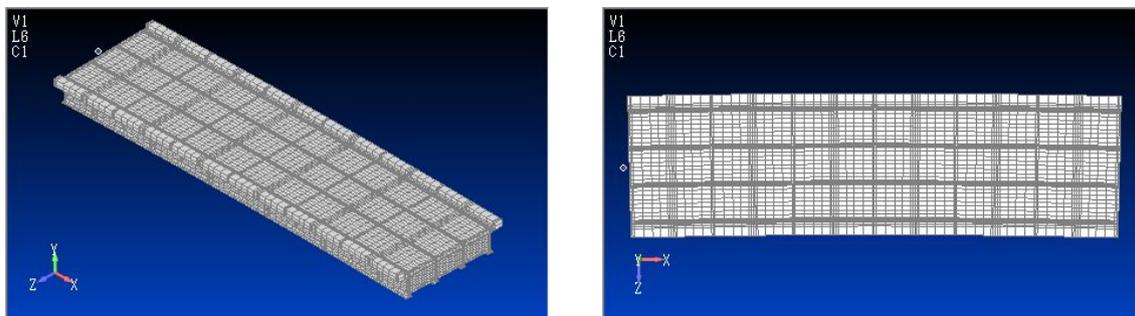


図 4.3.17 FEM 解析モデル詳細 ③曲線橋 (R=700)
節点数：18755； 要素数：15064

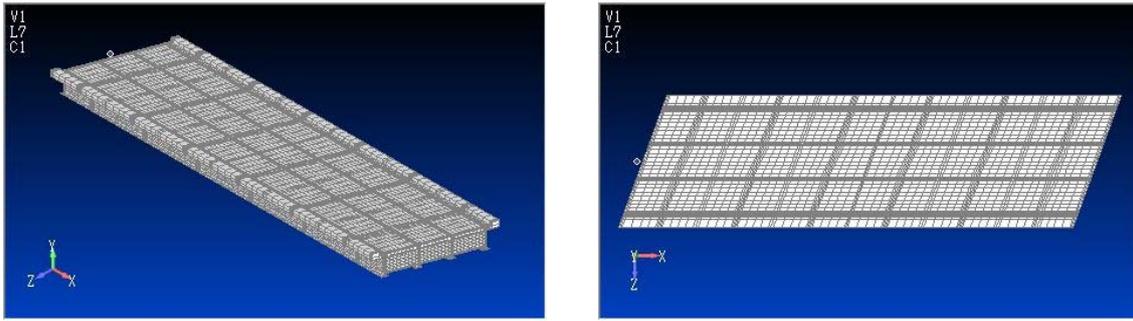


図 4.3.18 FEM 解析モデル詳細 ④斜橋 (70°)

4 主桁の場合の横桁・対傾構および横構の解析モデルを図 5.4.19 に示す。

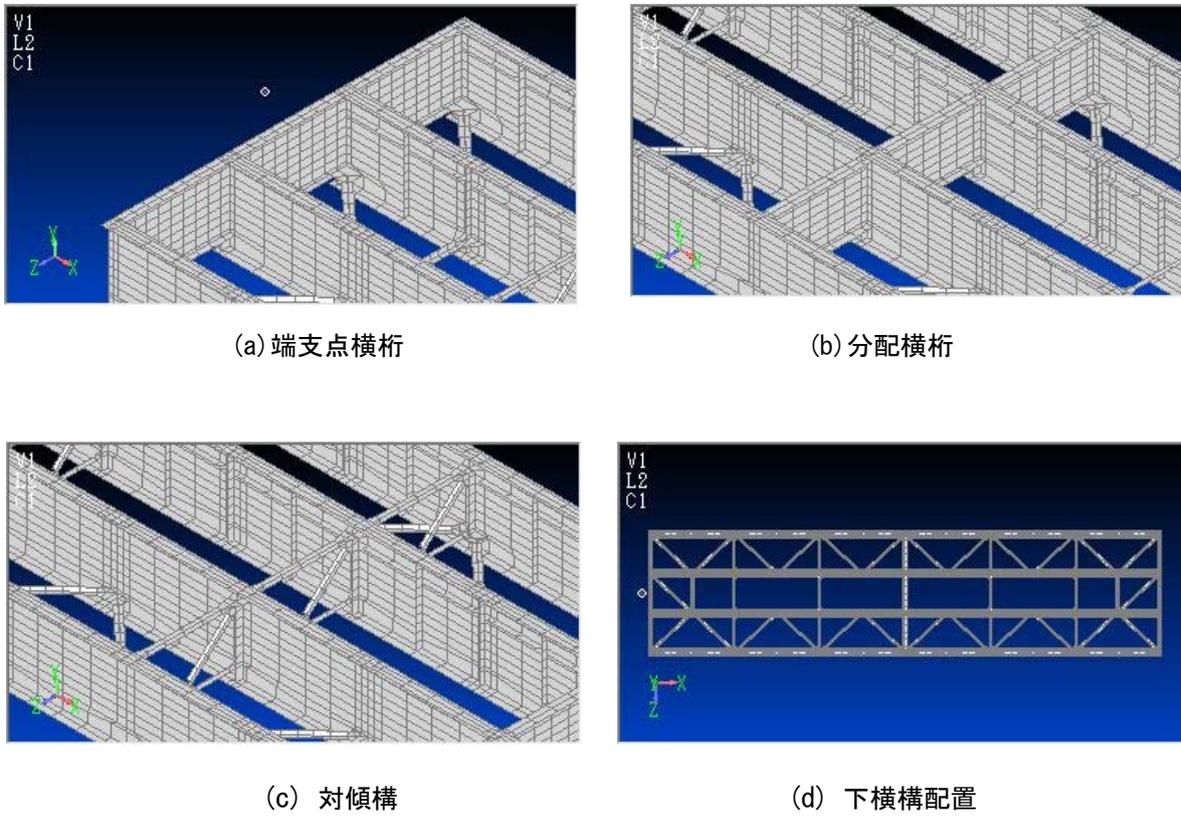


図 5.4.19 横桁・横構のモデル

(3) 荷重載荷方法

前死荷重は全荷重を各主桁上フランジに作用させ、後死荷重は骨組解析と同様に床版表面に載荷する。

また、活荷重の載荷方法においては、要素分割の影響から活荷重の作用範囲（橋軸方向 10m, 直角方向 5.5m など）は正確ではない。そのため骨組解析との比較にあたって、FEM 解析モデルの入力範囲を正として、骨組解析にはこの作用範囲で載荷する。以下に FEM 解析における活荷重載荷図を示す。

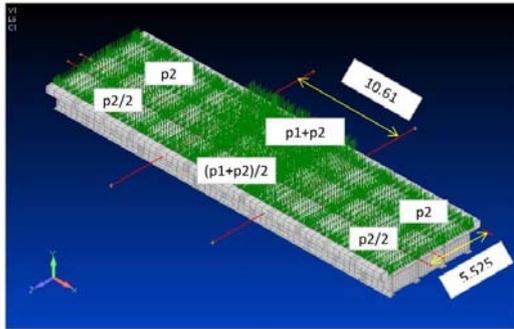


図 4.3.20 活荷重全載荷

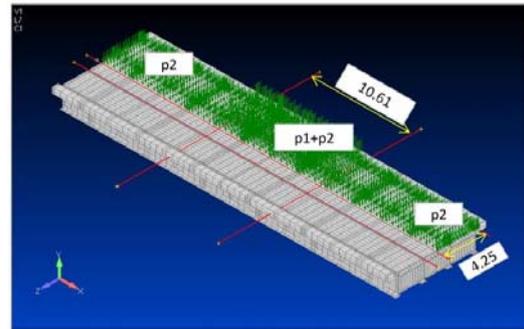


図 4.3.21 活荷重半載荷

(4) 支点支持条件

4主桁の場合の支点支持条件を表 4.4.1 に示す。橋軸方向は、S1 側を固定支点として、S2 側を可動支点とする。橋軸直角方向は、支承のサイドブロックと上沓の遊間を考慮して、S1 側、S2 側とも、G1 桁のみ固定とする。2主桁の場合も同様とする。拘束としては、点支持とする。

表 4.3.1 支点支持条件

	S1 側			S2 側		
	X	Y	Z	X	Y	Z
G1	1	1	1	0	1	1
G2	0	0	1	0	0	1
G3	0	0	1	0	0	1
G4	0	0	1	0	0	1

固定：1 可動：0

4.4 解析結果比較

4.4.1 反力比較

(1) 4主桁モデル

4主桁モデルにおいて、妥当性確認のため各反力の比較を行った結果を以下に示す。いずれのモデルにおいても骨組解析と FEM 解析の各合計反力の差はほとんどなかった。しかし、骨組解析は FEM 解析に対して、中桁では軽く、外桁では重くなる傾向が見られた。また、斜橋においては、骨組解析と FEM 解析で大きな差が見られなかった。

表 4.4.1 反力比較（死+活（全載荷））

①直線橋 (kN)									
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	G3-S1	G3-S2	G4-S1	G4-S2	合計
a)骨組	714.8	714.8	582.9	582.9	543.0	543.0	609.1	609.1	4899.7
b) FEM	690.7	690.5	605.6	606.1	577.0	576.4	580.8	581.0	4908.1
b / a	0.97	0.97	1.04	1.04	1.06	1.06	0.95	0.95	1.00

②曲線橋 (R=300) (kN)									
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	G3-S1	G3-S2	G4-S1	G4-S2	合計
a)骨組	778.8	778.4	657.8	657.6	542.3	542.4	478.4	478.6	4914.4
b) FEM	754.4	754.1	681.8	682.5	576.1	575.7	450.2	450.3	4925.2
b / a	0.97	0.97	1.04	1.04	1.06	1.06	0.94	0.94	1.00

③曲線橋 (R=700) (kN)									
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	G3-S1	G3-S2	G4-S1	G4-S2	合計
a)骨組	766.1	765.9	585.3	585.3	536.6	536.6	568.7	568.8	4913.3
b) FEM	736.0	735.8	615.9	616.5	571.8	571.2	537.0	537.2	4921.5
b / a	0.96	0.96	1.05	1.05	1.07	1.06	0.94	0.94	1.00

④斜橋 (70°) (kN)									
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	G3-S1	G3-S2	G4-S1	G4-S2	合計
a)骨組	733.3	733.1	535.7	535.9	582.2	582.1	598.6	598.8	4899.7
b) FEM	733.9	688.4	559.7	569.3	586.6	611.3	574.5	585.8	4909.6
b / a	1.00	0.94	1.04	1.06	1.01	1.05	0.96	0.98	1.00

表 4.4.2 反力比較（死+活（半載荷））

①直線橋 (kN)									
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	G3-S1	G3-S2	G4-S1	G4-S2	合計
a)骨組	704.4	704.4	532.2	532.2	430.4	430.4	476.8	476.8	4287.6
b) FEM	688.6	688.4	533.7	534.0	481.0	480.8	443.7	443.7	4293.8
b / a	0.98	0.98	1.00	1.00	1.12	1.12	0.93	0.93	1.00

②曲線橋 (R=300) (kN)									
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	G3-S1	G3-S2	G4-S1	G4-S2	合計
a)骨組	757.2	756.9	596.1	595.9	440.7	440.6	356.3	356.3	4300.1
b) FEM	740.6	740.4	603.9	604.3	482.8	482.7	327.3	327.2	4309.2
b / a	0.98	0.98	1.01	1.01	1.10	1.10	0.92	0.92	1.00

③曲線橋 (R=700) (kN)									
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	G3-S1	G3-S2	G4-S1	G4-S2	合計
a)骨組	747.0	746.8	530.6	530.5	438.0	437.9	433.3	433.3	4297.4
b) FEM	726.1	725.8	544.0	544.4	479.2	478.9	402.6	402.6	4303.6
b / a	0.97	0.97	1.03	1.03	1.09	1.09	0.93	0.93	1.00

④斜橋 (70°) (kN)									
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	G3-S1	G3-S2	G4-S1	G4-S2	合計
a)骨組	722.6	722.5	489.0	489.1	462.3	462.2	469.8	470.0	4287.6
b) FEM	734.7	680.5	482.2	508.6	478.4	524.4	452.1	433.9	4294.8
b / a	1.02	0.94	0.99	1.04	1.03	1.13	0.96	0.92	1.00

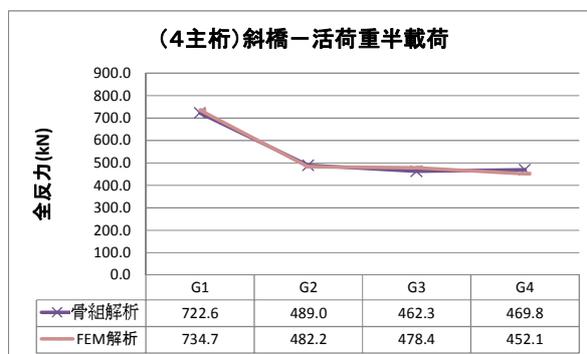
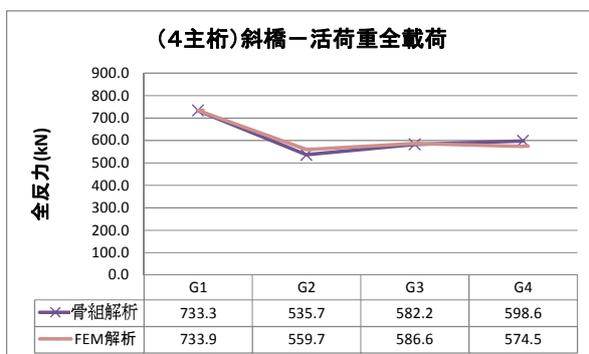
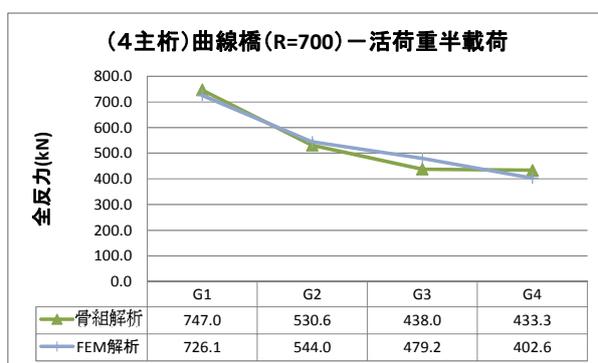
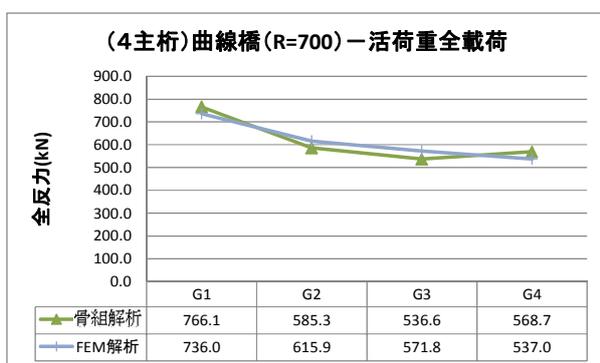
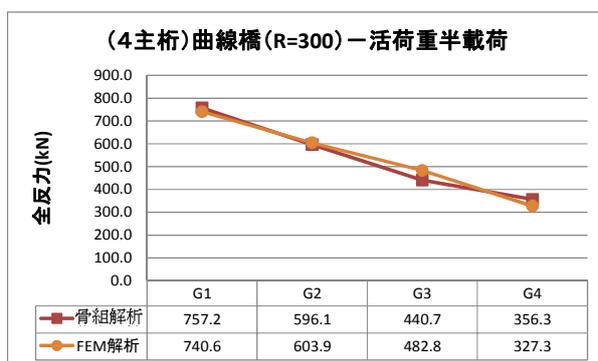
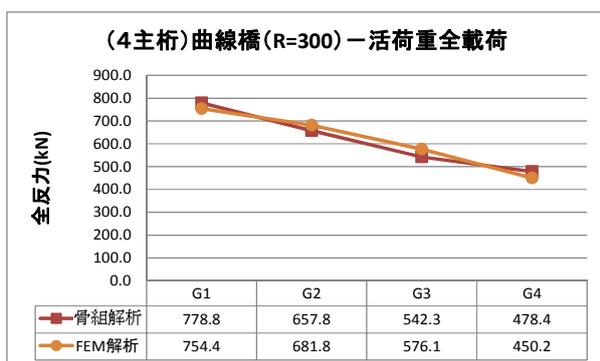
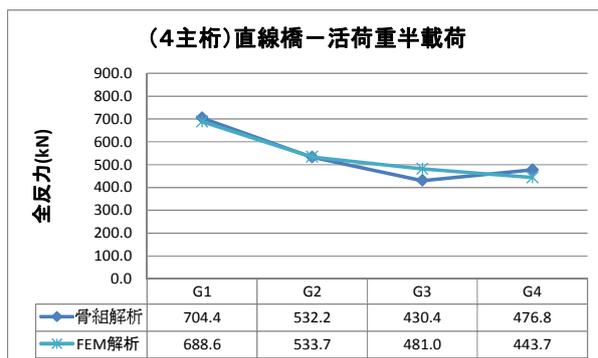
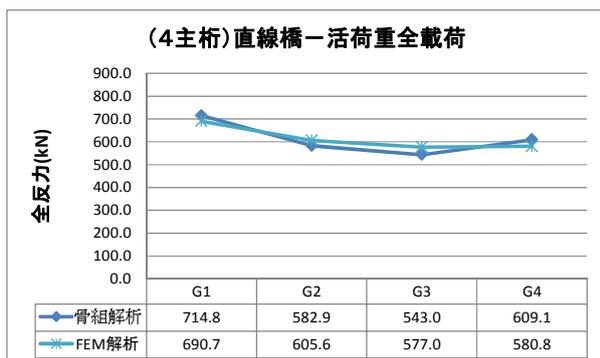


图 4.4.1 主桁別反力比較 (4主桁)

(2) 2 主桁モデル

2 主桁モデルにおいて、妥当性確認のため各反力の比較を行った結果を以下に示す。いずれのモデルにおいても骨組解析と FEM 解析の各合計反力の差はほとんどなかった。しかし、曲線橋 R=700 モデルにおいては、骨組解析結果が FEM 解析結果に対して曲線外側では重くなる傾向が見られた。

表 4.4.3 反力比較（死+活（全載荷））

①直線橋 (kN)					
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	合計
a)骨組	1478.9	1478.9	1313.7	1313.7	5585.3
b) FEM	1482.3	1482.3	1316.4	1316.4	5597.4
b / a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

②曲線橋 (R=300) (kN)					
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	合計
a)骨組	1651.2	1650.6	1142.6	1142.9	5587.3
b) FEM	1669.2	1669.3	1130.5	1130.6	5599.7
b / a	1.01	1.01	0.99	0.99	1.00

③曲線橋 (R=700) (kN)					
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	合計
a)骨組	1552.7	1552.4	1240.5	1240.6	5586.2
b) FEM	1519.0	1519.0	1280.3	1280.3	5598.6
b / a	0.98	0.98	1.03	1.03	1.00

④斜橋 (70°) (kN)					
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	合計
a)骨組	1479.1	1478.8	1313.6	1313.8	5585.3
b) FEM	1495.6	1468.4	1303.0	1330.9	5597.9
b / a	1.01	0.99	0.99	1.01	1.00

表 4.4.4 反力比較（死+活（半載荷））

①直線橋 (kN)					
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	合計
a)骨組	1424.2	1424.2	1058.9	1058.9	4966.3
b) FEM	1427.4	1427.4	1060.3	1060.3	4975.5
b / a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

②曲線橋 (R=300)					
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	合計
a)骨組	1576.5	1576.0	909.3	909.4	4971.2
b) FEM	1594.5	1594.5	896.5	896.5	4982.0
b / a	1.01	1.01	0.99	0.99	1.00

③曲線橋 (R=700)					
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	合計
a)骨組	1489.4	1489.1	995.0	995.0	4968.4
b) FEM	1455.5	1455.5	1033.7	1033.7	4978.3
b / a	0.98	0.98	1.04	1.04	1.00

④斜橋 (70°)					
	G1-S1	G1-S2	G2-S1	G2-S2	合計
a)骨組	1424.4	1424.1	1058.8	1059.0	4966.3
b) FEM	1433.7	1420.5	1053.9	1067.9	4976.1
b / a	1.01	1.00	1.00	1.01	1.00

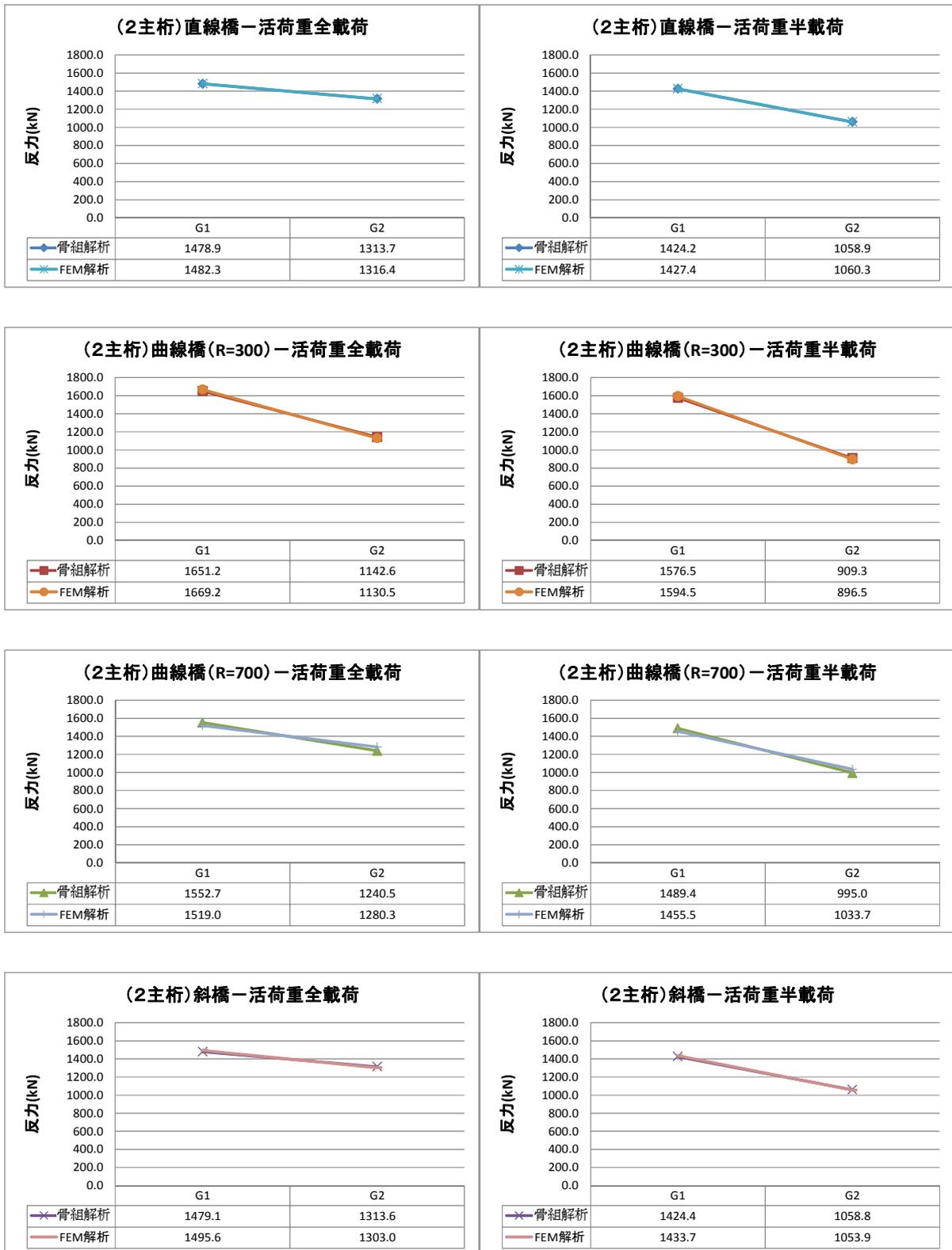


圖 4. 4. 2 主桁別反力比較 (2 主桁)

4.4.2 下フランジ応力度の比較

支間中央付近における主桁下フランジの応力度を比較した結果を以下に示す。

表 4.4.3 下フランジ応力度（死+活（全載荷））（4主桁）

		(N/mm ²)					
		①直線橋	②曲線橋(300R)		③曲線橋(700R)		④斜橋
			(a)	(b)	(a)	(b)	
骨組解析	G1	186.3	176.9	155.0	186.5	170.2	186.1
	G2	184.1	182.1	158.9	183.6	166.4	186.8
	G3	175.9	170.5	148.4	174.8	158.4	177.7
	G4	158.6	150.2	130.9	153.1	139.3	157.8
FEM	G1	180.1	156.4		165.7		179.6
	G2	196.6	164.0		176.0		192.7
	G3	187.9	159.9		171.2		179.8
	G4	165.6	139.5		146.9		165.3

注) a) は付加応力度を考慮した場合, b) は付加応力度を考慮しない場合を示す。

表 4.4.4 下フランジ応力度（死+活（半載荷））（4主桁）

		(N/mm ²)					
		①直線橋	②曲線橋(300R)		③曲線橋(700R)		④斜橋
			(a)	(b)	(a)	(b)	
骨組解析	G1	182.4	172.0	150.7	181.8	165.9	182.2
	G2	165.5	164.3	143.6	165.4	150.1	166.8
	G3	150.2	139.7	122.0	144.0	130.7	150.8
	G4	119.3	109.4	95.8	114.7	104.5	119.9
FEM	G1	169.5	142.3		155.4		168.8
	G2	178.4	152.3		158.4		174.3
	G3	161.6	136.2		145.6		154.1
	G4	137.6	113.2		120.2		137.0

注) a) は付加応力度を考慮した場合, b) は付加応力度を考慮しない場合を示す。

表 4.4.5 下フランジ応力度（死+活（全載荷））（2主桁）

		(N/mm ²)					
		①直線橋	②曲線橋(300R)		③曲線橋(700R)		④斜橋
			(a)	(b)	(a)	(b)	
骨組解析	G1	176.7	177.4	159.9	177.5	169.4	176.7
	G2	157.5	150.9	135.9	155.7	150.3	157.5
FEM	G1	172.4	161.7		169.6		167.0
	G2	158.2	131.9		153.6		153.5

注) a) は付加応力度を考慮した場合, b) は付加応力度を考慮しない場合を示す。

表 4.4.6 下フランジ応力度（死+活（半載荷））（2主桁）

		(N/mm ²)					
		①直線橋	②曲線橋(300R)		③曲線橋(700R)		④斜橋
			(a)	(b)	(a)	(b)	
骨組解析	G1	170.4	169.4	152.7	170.4	162.6	170.4
	G2	127.8	119.7	108.1	125.3	119.7	127.8
FEM	G1	163.4	152.5		160.5		158.4
	G2	134.4	109.9		130.0		130.3

注) a) は付加応力度を考慮した場合, b) は付加応力度を考慮しない場合を示す。

このうち、曲線橋に着目して、骨組解析結果と FEM 解析結果を比較したものを図 4.4.3 から図 4.4.6 に示す。

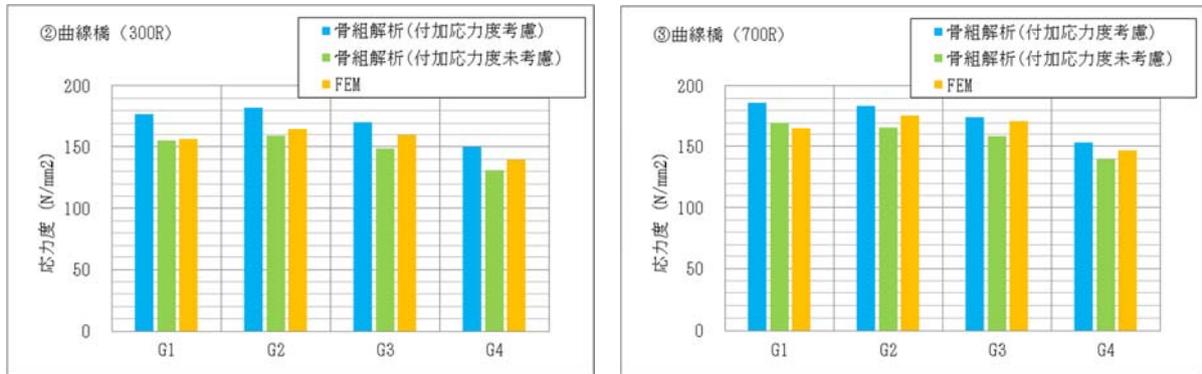


図 4.4.3 曲線橋下フランジ応力度（死+活（全載荷））（4 主桁）

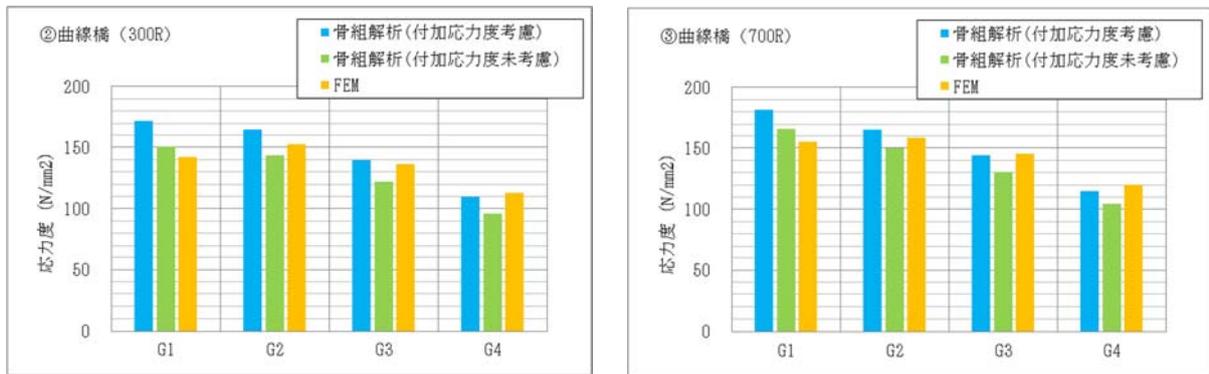


図 4.4.4 曲線橋下フランジ応力度（死+活（半載荷））（4 主桁）

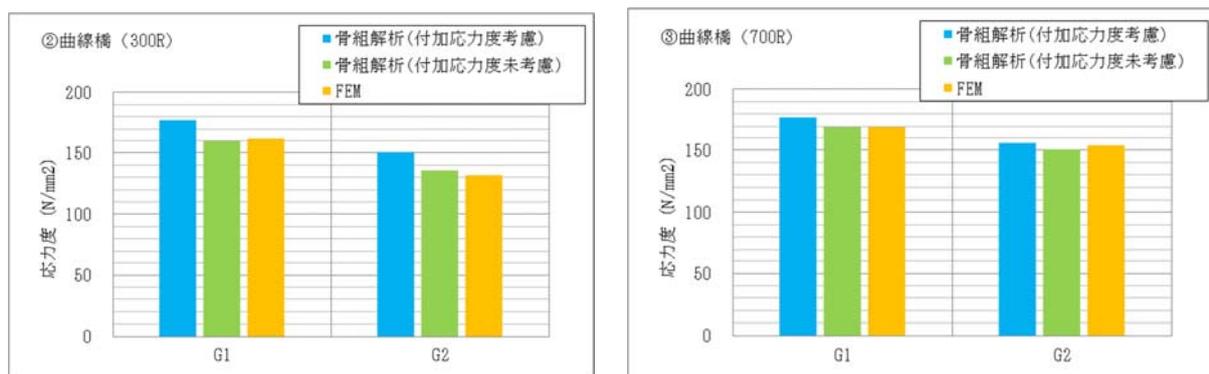


図 4.4.5 曲線橋下フランジ応力度（死+活（全載荷））（2 主桁）

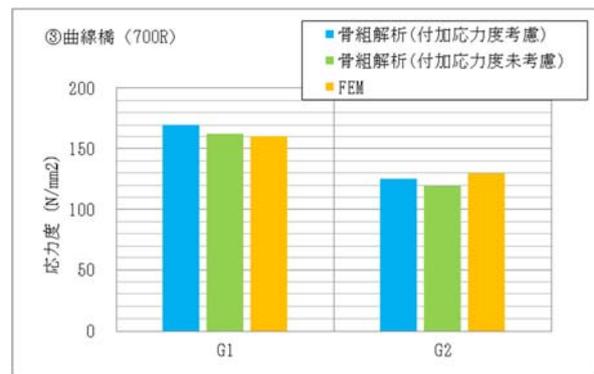
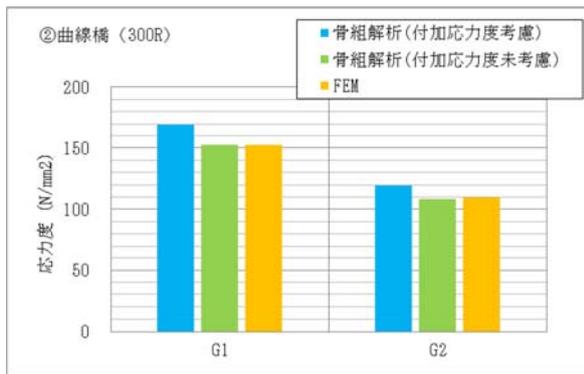
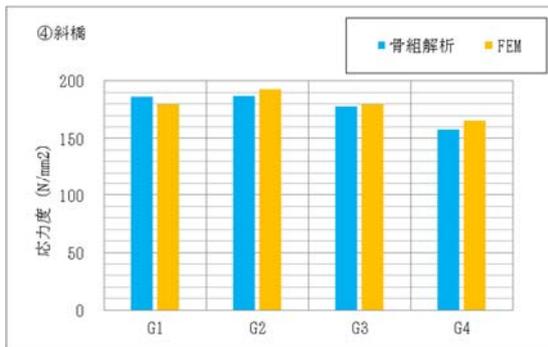
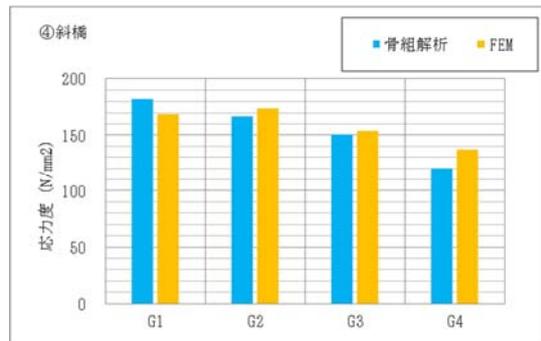


図 4.4.6 曲線橋下フランジ応力度 (死+活 (半載荷)) (2 主桁)

FEM 解析の結果は、曲線の外桁側ほど骨組解析の付加応力度を考慮しない応力度に近く、曲線の内側は付加応力度を考慮した値に近づく結果となった。これら傾向は、曲率による違いや活荷重の全載荷または半載荷によって大きな差はなく、どのケースにおいても見受けられる。これは、床版と横構が立体構造として有効に機能していると考えられ、荷重分配が良くなり、主荷重載荷側の G1 桁の応力が小さくなり、G4 桁の応力が大きくなっている。図 4.4.7, 図 4.4.8 に示す斜橋についても同様な傾向がみられる。

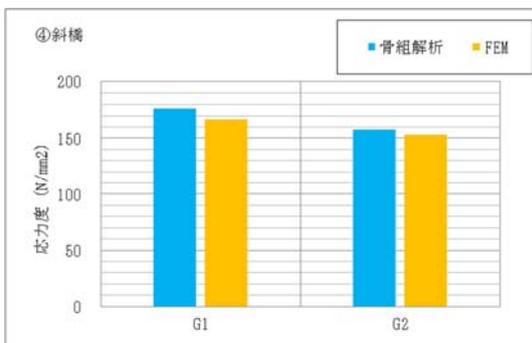


(a) 死+活 (全載荷)

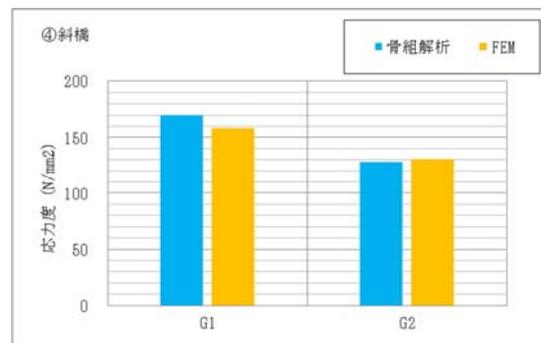


(b) 死+活 (半載荷)

図 4.4.7 斜橋 4 主桁下フランジ応力度



(a) 死+活 (全載荷)



(b) 死+活 (半載荷)

図 4.4.8 斜橋 2 主桁下フランジ応力度

4.5 まとめ

4 主桁モデルの反力結果においては、骨組解析は FEM 解析に対して中桁では軽く外桁では重くなる傾向が見られた。これは、床版の分配効果が FEM 解析の方が高いことを表しているものと想定される。ここで、支承の設計においては外桁の最大反力で決定されることが多いことから、外桁の反力が小さくなる FEM 解析を利用することで、若干のコスト縮減が得られる可能性がある。また、2 主桁モデルの反力では、曲線橋 R=700 モデルにおいて、骨組解析結果が FEM 解析結果に対して曲線外側では重くなる傾向が見られた。これは、床版の版としての分配効果による影響と想定され、曲線半径がもっと小さくなるとさらに同様の傾向がでてくるものと想定される。

【参考文献】

- ・道路橋示方書・同解説 I 共通編 II 鋼橋編 平成 24 年 3 月 社団法人日本道路協会
- ・鋼道路橋設計便覧 昭和 55 年 8 月改訂 社団法人日本道路協会
- ・構造物設計基準（橋りょう編） 平成 12 年 4 月改訂 阪神高速道路株式会社
- ・設計要領第二集 橋梁建設編 平成 26 年 7 月 NEXCO
- ・設計要領（道路編） 平成 24 年 4 月 国土交通省 北陸地方整備局
- ・道路設計要領－設計編－ 2008 年 12 月 国土交通省 中部地方整備局
- ・設計便覧（案）第 3 編道路編 平成 24 年 4 月 国土交通省 近畿地方整備局
- ・新しい鋼橋の誕生 II 改訂版 2004 年 12 月 社団法人日本橋梁建設協会