

トラス格点部合理化構造の検討

A study on a new type smart truss gusset

保坂鐵矢*, 堀地紀行**, 磯江暁***

Hosaka Tetuya, Horichi Noriyuki, Iseo Akira

*日本鉄道建設公団 設計技術室 (〒110-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2)

**工博, 日本鉄道建設公団 名古屋支社 (〒460-0008 名古屋市中区栄 1-6-14)

***工博, 川崎重工業 関東技研 (〒278-8585 野田市二ツ塚 118)

Truss system has been used for railway bridges widely and the usefulness of its design method has been proofed by experience. In recent years the demand for aesthetic design has become high, and the need for a new smart design of truss gusset has been recognized widely. This study is an examination of a new type gusset which is proposed by one of the authors.

First the performance of a simple calculation model in which cross beam is neglected is checked by comparing with the detailed 3 dimensional model. After that the gusset's performance in strength is discussed based on the data calculated with simple model.

keywords : truss bridge, gusset, rational design

キーワード: トラス橋, ガセット, 合理化

1. はじめに

トラス橋は三角形に組んだフレームを基本とする骨組み構造で、全体の力の流れが明確であるが、局所的に見ると格点部の形状は複雑で、板構造としての扱いが必要になる。格点部を合理的に設計することはトラス橋の設計上重要な課題であり、過去にも研究がなされている。井口ら¹⁾は武庫川橋梁のガセット部を設計する際に溶接構造の4面添接角形式格点を採用し、FEM解析により局部応力を検証し安全性を確認している。池内ら²⁾は夢の島架道橋を設計する際、曲げモーメントの伝達性能向上の目的でやはり溶接構造の4面添接角形式格点を採用し、FEM解析により応力状態を確認している。そして保坂³⁾は、夢の島橋梁において格点のコンパクト化、応力伝達と製作性を考慮した構造性から4面添接ガセット突合せ継手を採用し、材質(SM570鋼)を評価した算定式を提案しFEM解析で応力挙動を検証し安全性を確認している。これらのトラスはいずれも低床式トラス構造で下弦材が直接鋼床版と直結しており、曲げモーメントと軸力が作用する特殊構造であった。田島ら⁴⁾は、ボルト構造の4面添接差込形式格点の簡易応力照査を、2面添接形式格点の応力照査方法を発展させて提案している。橋梁の性能としては構造力学的合理性や耐荷力が重要

であるが、最近景観性が性能の一つとして重視されつつあり、トラス橋についても格点部の構造をスマートなものにしたいという要望が出始めている。このような情勢の中で、著者らは箱型断面トラス格点部の合理化検討を行った。

ここで言うトラス格点部の合理化とは格点部ガセットプレートの小型化を意味しており、構造の簡略化および景観性の向上を目的としている。論文では、まずはトラス格点部のモデル化と載荷方法について検討する。実際のトラス橋は3次元フレーム構造であるが、通常トラス面内の2次元フレーム解析を基に設計がなされる。これは大きな力の流れが2次元モデルで把握できることと、簡易モデルを使用することにより設計効率を上げることの両方に理由があると思われる。合理化構造の検討を行う場合でも3次元モデルを用いる場合は横桁を含む詳細な構造を想定する必要があり研究に多大な時間を要することから、できるだけ簡易的なモデルで検討を実施することが望ましい。ここでは既存のトラス橋(以下S橋と呼ぶ)を対象に、3次元解析と2次元解析を行いその違いを明らかにし、トラスの合理化に関する合理的なモデル化方法を示す。

その後トラスを合理化した場合、すなわち4面添接溶接構造を基本としてガセットプレート・フィレット部を

絞ってを小さくした場合、の応力を上記モデルにより求め、合理化格点の挙動を明らかにする。格点部の応力状態についてS橋の2面添接形式と比較し、合理化モデルの実現性を考察する。

論文を通じS橋の中央径間・中央格点を検討の対象としたが、この格点を選んだ理由はガセットプレートが斜材フランジの幅に比べて大きく、合理化の効果が最も出易いと考えたからである。

2. トラス橋全体解析
2.1 3次元フレーム解析
(1) 解析対象

S橋は3径間連続トラス橋であり、各支間の長さは68m、全長204mの橋である。格点部は2面添接構造でガセットは弦材ウェブと一体となっており、これと斜材フランジがボルトにより結合されている。

(2) 解析モデル
解析モデルを図1に示す。3径間連続トラス橋全体を

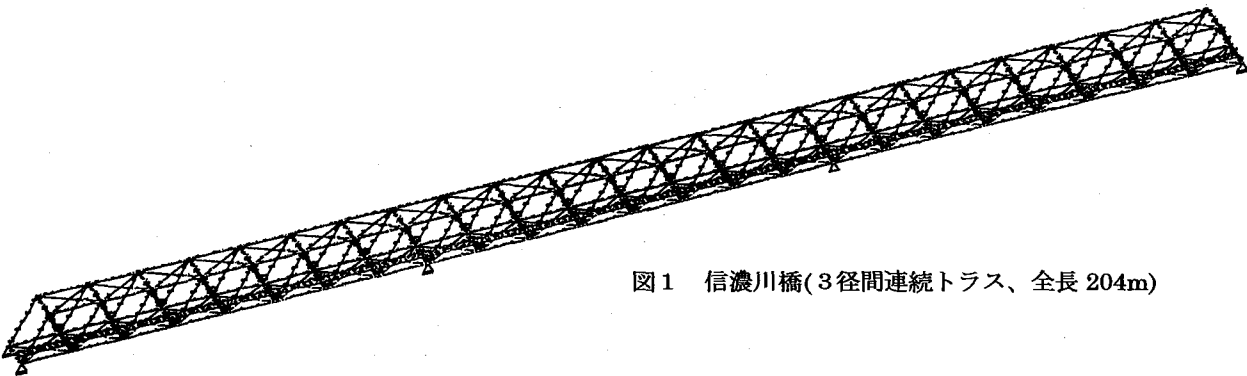
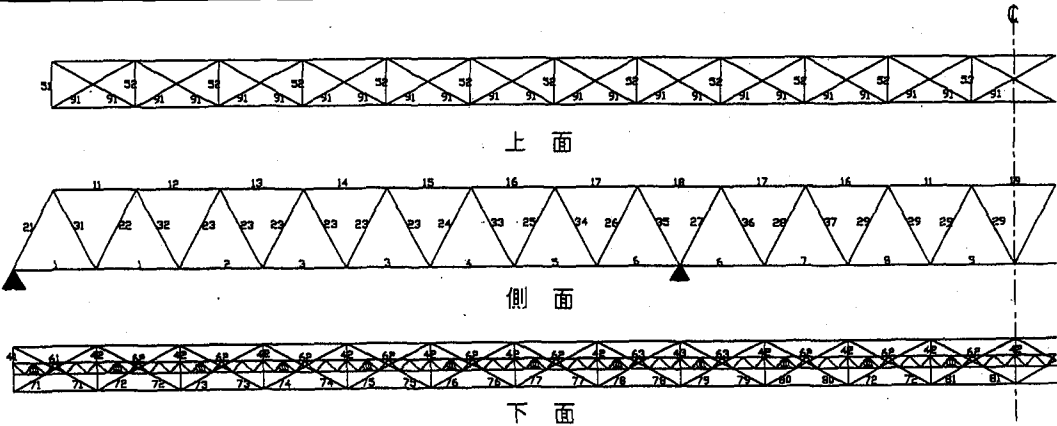


図1 信濃川橋(3径間連続トラス、全長204m)

表 1 各部材の断面性能(北北、信濃川橋)

	A(mm ²)	Ix(mm ⁴)	Iy(mm ⁴)		A(mm ²)	Ix(mm ⁴)	Iy(mm ⁴)		A(mm ²)			
下弦材	1	1.27E+04	2.71E+08	2.38E+08	斜材	21	2.21E+04	5.03E+08	5.23E+08	下横構	71	4.15E+03
	2	1.55	3.32	2.94		22	1.08	1.33	1.69		72	3.20
	3	1.69	3.61	3.22		23	9.90	0.84	1.42		73	2.43
	4	2.16	4.67	4.16		24	8.48	0.41	1.57		74	3.84
	5	2.71	5.67	5.53		25	1.29	1.01	2.86		75	2.52
	6	3.53	7.57	7.30		26	1.65	1.48	3.25		76	3.50
	7	2.79	5.94	5.92		27	2.85	6.70	6.93		77	4.41
	8	2.16	4.67	4.16		28	1.45	2.44	2.45		78	6.10
	9	1.58	3.42	2.96		29	1.15	1.00	1.84		79	5.38
上弦材	11	1.48E+04	3.59E+08	3.41E+08	31	1.09	0.86	2.08	79	5.38		
	12	1.97	4.79	4.60	32	7.92	0.37	1.45	80	4.15		
	13	2.37	5.70	5.63	33	1.20	1.74	1.96	81	2.49		
	14	2.30	5.60	5.50	34	1.65	2.71	2.78	上横構 91	5.24E+03		
	15	1.84	4.53	4.23	35	4.00	9.23	9.92				
	16	1.64	3.99	3.81	36	1.50	1.25	3.51				
	17	2.04	4.89	4.82	37	1.06	0.66	2.01				
	18	2.46	6.00	5.81								
	19	1.51	3.73	3.44								
横桁	41	1.76E+04	3.08E+09	0.47E+08	縦桁	61	1.41E+04	1.06E+09	0.57E+08	縦桁 ブレース 101	1.70E+03	
	42	1.77	2.26	0.87		62	1.48	1.15	0.44			
	43	2.85	4.71	1.04								
	51	1.29	1.16	0.42								
	52	0.53	0.07	0.88								
	53	2.09	2.69	1.32								



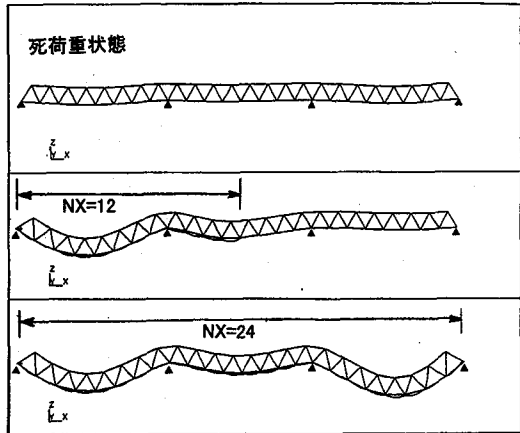
モデル化しており、上・下弦材、斜材、端柱、上・下横構および横桁、縦桁のそれぞれを梁としてモデル化している。これら部材は格点部節点で剛結とした。各部材の断面性能を表1に示す。

(3) 荷重

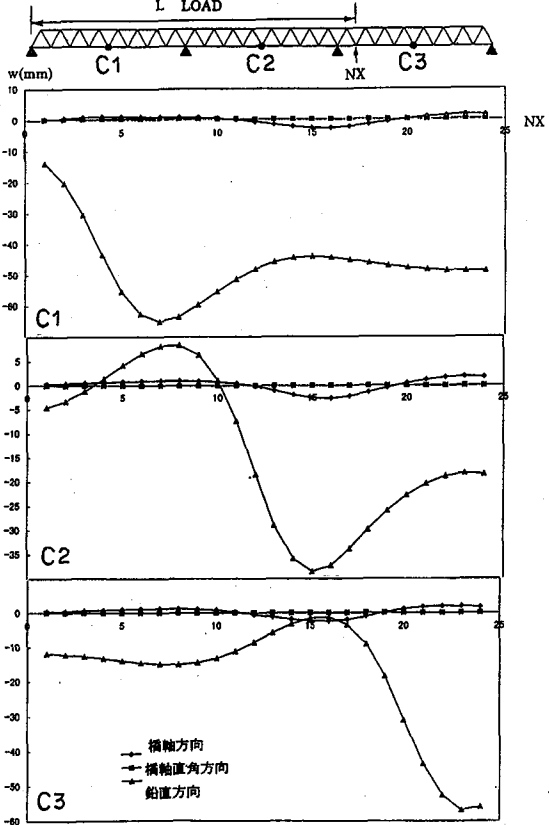
荷重としては次の3種類を考慮した。

- ・死荷重
- ・列車荷重
- ・衝撃荷重

死荷重は、設計図面に記されている各構成部材の重量を各要素に分布载荷した（合計 383ton）。列車荷重は、先頭の 32.7m を 5.26ton/m、それに続く部分を 4ton/m として、レールを支える 2 本の縦桁上に分割载荷した。



(a) 変位モード



(b) 列車荷重の移動に伴う支間中央の変位の推移 (3次元フレーム解析)

図2 列車通過時の変位 (3次元フレーム解析)

衝撃荷重は、支間長を 68m、列車の速度を 100km/h と仮定して衝撃係数 0.25 を求め、上記列車荷重を 25% 割増している。列車は図左側から橋梁に侵入するものとしたが、以後の図で列車先頭位置を示す格点番号(NX)を载荷パラメータとして使用する。

(4) 解析結果

列車の通過に伴う橋の変形状態の推移を、図2(a)に示す。また、各支間中央の変位を図2(b)に示す。横軸のNXは列車先頭の位置を示している。死荷重によるたわみは最も大きくなる支間中央で10数mm程度であるが、列車通過時にはその4倍の65mm程度変位することが分かる。

列車通過に伴う格点部C2の断面力の推移を、図3に示す。下弦材および斜材の断面力は列車の先頭が格点C2を通過した直後に最大になり、また横桁からの力もほぼ同時に最大になることが分かる。

このことから、3次元FEM解析では、NX=15の荷重位置での応力状態を解析することとする。格点C2に繋がっている全ての要素中央点における断面力を、図4に示す。

トラス全体を1つの梁と考えた場合下横構は下弦材と一体となり引張力を支持する。このため下横構には引張り力が作用し、この力の橋軸直角方向成分は横桁の圧縮力と相殺される。

各横桁に負荷する列車荷重は格点間隔に列車荷重（分布荷重）を掛けた荷重にほぼ相当しており、横桁上に列車先頭が侵入する前後に最大約 30ton 程度の鉛直力が負荷し、その後はほぼ一定荷重で推移する。横桁は両側のトラス格点部でほぼ単純支持された状態にあり、図4の剪断力 (29.5ton) が格点中心に作る曲モーメントと横桁端部の曲げモーメント (9.31ton m) はほぼ釣り合っており、若干残る不釣り合い成分は斜材の面外曲げモーメントと釣り合っている。

2本の斜材軸力の橋軸水平方向成分はこの格点において弦材に導入される軸力増分に相当している。

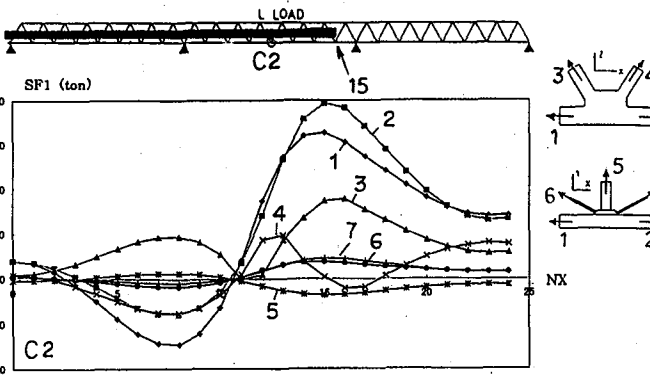


図3 列車荷重の移動に伴う部材軸力の推移 (3次元フレーム解析)

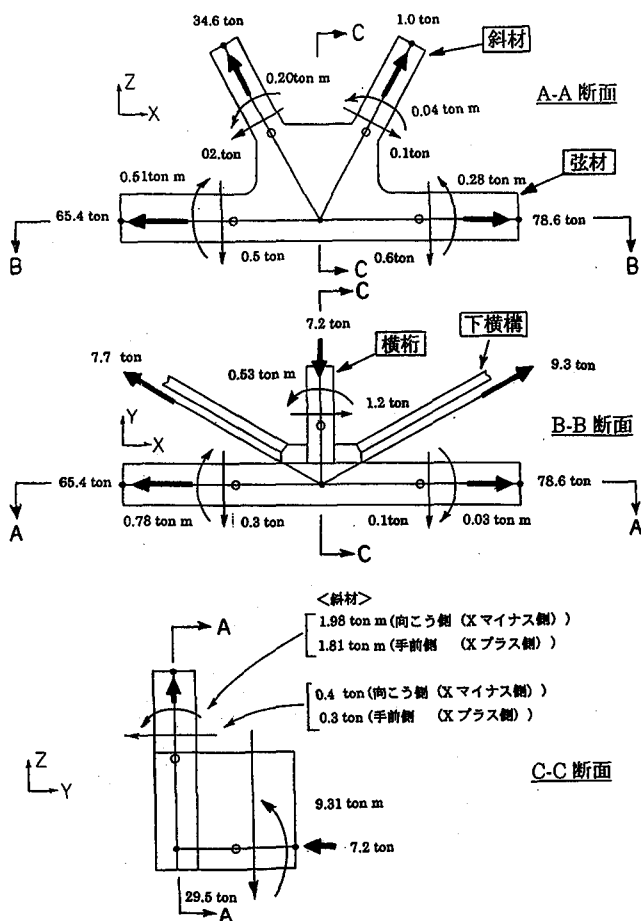


図4 格点 C2 に結合されている各部材の断面力 (NX=15, 3次元フレーム解析)

2.2 2次元フレーム解析

(1) 解析モデル

解析モデルを、図 5(a)に示す。このモデルは、図 1 に示した 3次元フレームモデルの一方のトラスを転用したものであり、また格点部は剛結からピンへと変更している。

(2) 荷重

荷重は、死荷重をはじめとする全ての荷重を下弦材格点に分配载荷した。荷重の合計は 3次元フレーム解析に使用した荷重と等しくしている。

(3) 解析結果

列車の通過に伴う部材断面力の推移を、図 5(b)に示す。傾向は 3次元解析と同じであるが値が 1~2割大きくなっている。図には示していないが、列車の通過に伴う支間中央 (格点 C2) のたわみも 3次元解析結果と同じ傾向にあるが全体として大きく、最大たわみが 10mm 程度大きくなる。図 8 左下に、最大値が発生する NX=15 の列車位置における C2 格点の部材断面力を示す。3次

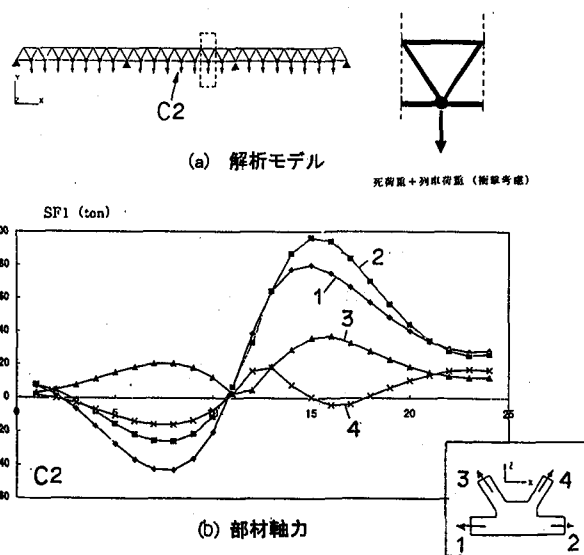


図5 列車の通過に伴う鉛直変位および部材軸力の推移 (格点 C2, 2次元フレーム解析)

元解析で求めた断面力と比較して、いずれも 2次元解析の値の方が大きくなっている。この理由は、3次元モデル中の横桁が橋軸方向にも剛性を持つため、2次元モデルに比べてトラス全体の剛性が高くなる点にある。

3. トラス格点部の応力解析

3.1 トラス格点部 3次元 FEM 解析

(1) 解析モデル

解析モデルを図 6 に示す。

図 6(a)は格点部を詳細に表したモデルであり、斜材と弦材は別々にモデル化している。両者はボルトにより摩擦接合されているが、解析モデルでは両者のボルト芯相当節点の変位を一致させることにより結合している。結合部で複数のボルトを介して力を分散しながら伝達する挙動を考慮するためであるが、実際の摩擦接合と比べてボルト付近の応力を高めに評価すると考えられるので、本研究ではボルト穴付近の応力評価までは行わない。ガセット・フィレット部の R は 150mm である。

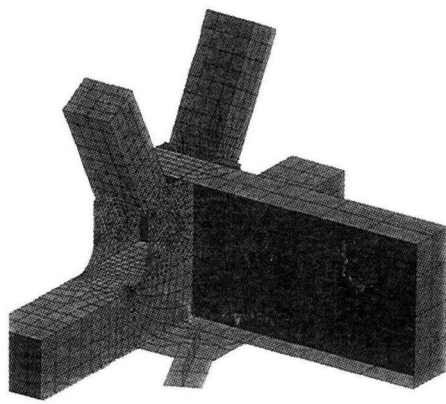
図 6(b)は簡易モデルであり、横桁は省略している。応力評価に必要な部分のみをモデル化し、かつ対称性を利用して 1/2 モデルとした。斜材部分と弦材部分は個別にモデル化し、両者の結合方法は 3次元モデルと同じ方法を用いた。

(2) 荷重

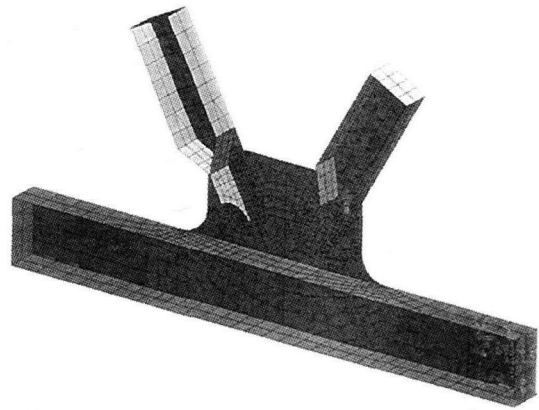
3次元モデルには 3次元フレーム解析から得られた荷重 (図 4) を、また簡易モデルには 2次元フレーム解析から得られた荷重 (図 8 左下参照) を負荷する。

(3) 解析結果

図 7 の(a), (b)には 3次元モデルの解析結果をまた(c)には簡易モデルの結果を示す。弦材には両端を引張るこ



(a) 3次元モデル



(b) 簡易モデル

図6 格点部 FEM モデル

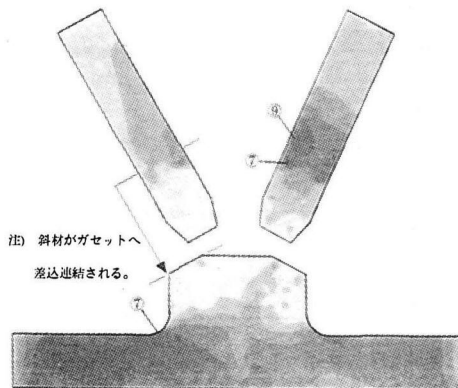
とにより生じる引張り応力と斜材から導入される力により生じる応力があるが、2面添接形式では後者の力がガセットプレートを通じてウェブに導入されるため、弦材フランジよりも弦材ウェブの方が応力的に厳しくなる。図7にはこれらの部分のミーゼスの応力度を示す。

3次元モデルの場合は横桁からの力の影響で、内側ガ

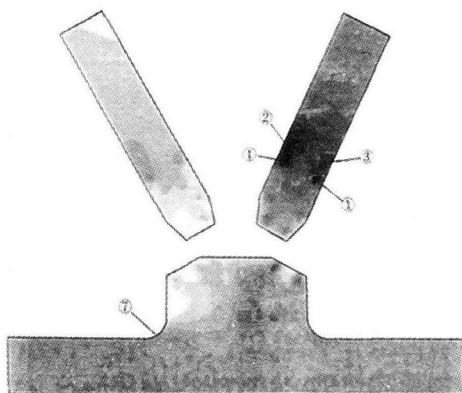
セット（横桁側を内側とする）と外側ガセットの応力が異なる。最も応力が高いのは斜材が一般部の箱型断面から差込連結部の H 形断面へと変化した直後のフランジ部(内側)で、 $10 \sim 11 \text{ kgf/mm}^2$ （図7 応力レベル②、③）の応力が広範囲に発生している。ガセット側ではフィレット部曲線の弦材側終点で応力集中が発生しており、大きさは 7 kgf/mm^2 前後（図7 応力レベル⑦）である。

簡易モデルの応力分布は3次元モデルと同じ傾向にあるが、斜材フランジの応力は3次元解析の内側と外側フランジ部応力の中にある。

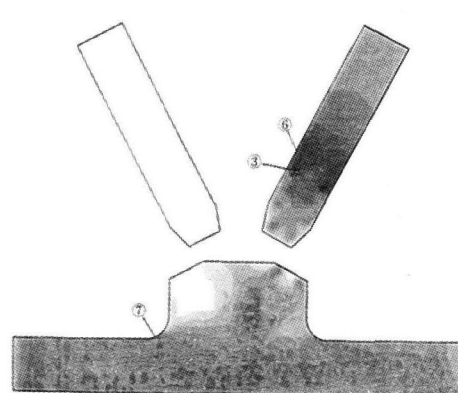
図8にフィレット部の最大主応力 ($\sigma_{\max}$)、最小主応力 ($\sigma_{\min}$)、およびミーゼス応力度 (σ_M) を示す。応力分布はフィレット部に沿った座標 s に対して図示しており、図中にフィレット部曲線の始点(★)と終点(☆)を記入している。どの部分も曲線部終点(☆)で応力が局所的に高くなっているのが分かる。3次元モデルと簡易モデルを比較すると、前者の応力最大部フィレット D と後者の



(a) 3次元モデル 外側ガセット



(b) 3次元モデル 内側ガセット



(c) 簡易モデル

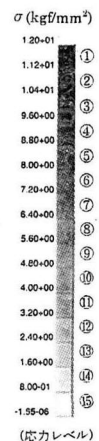


図7 ガセットおよび斜材フランジにおけるミーゼスの応力度

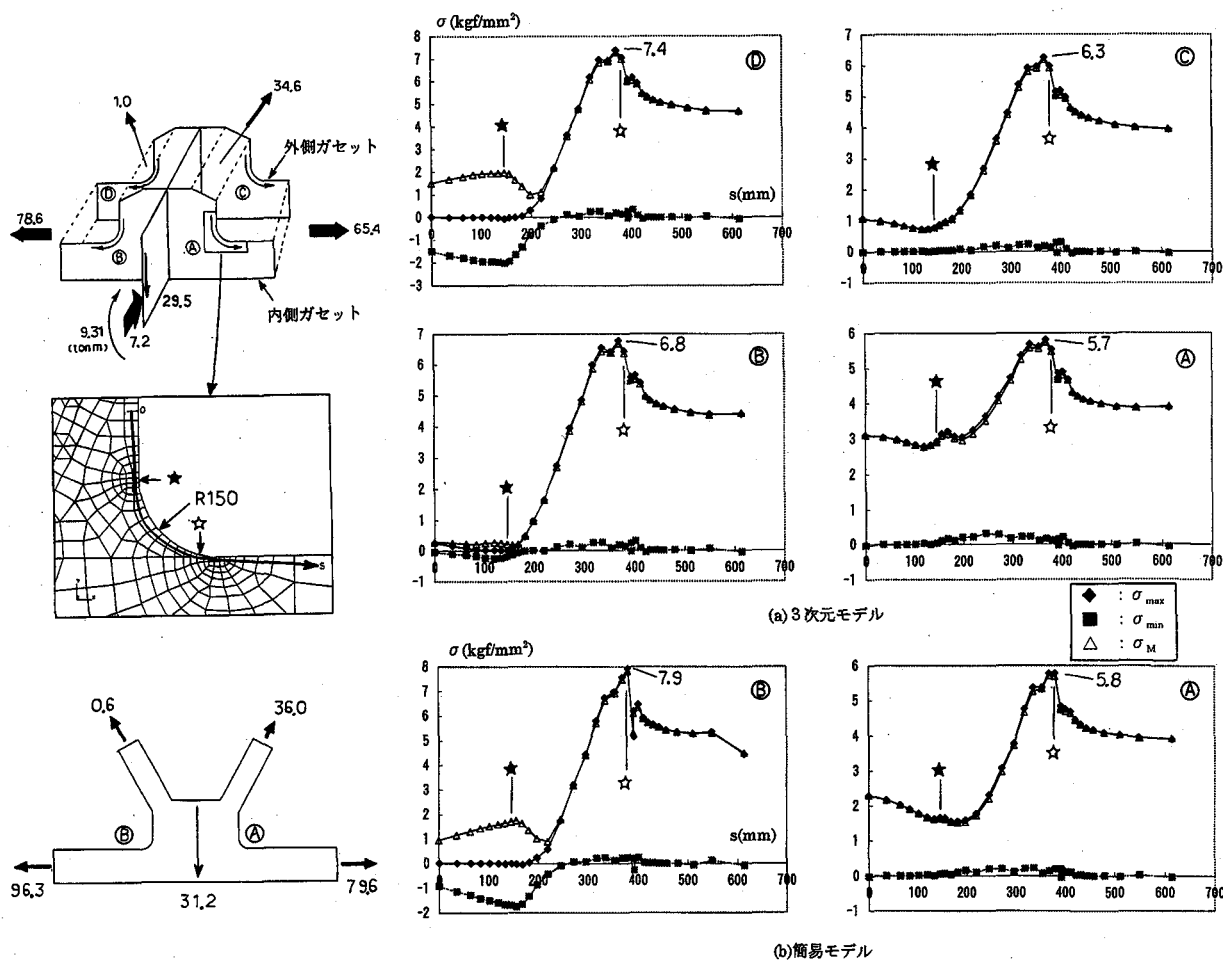


図8 ガセット・フィレット部の応力 (C2 格点, 図5 参照)

フィレット B が良く対応しており、若干後者の方が大きい結果となった。

3.2 考察

- ① S 橋に対し、実橋を詳細にモデル化した 3 次元フレーム解析と、通常設計で実施される 2 次元フレーム解析を行った。解析結果の傾向は同じであるが、後者の方が前者より部材断面力が 1～2 割高めになった。これは、3 次元モデルの横構が橋軸方向の力を支持するのに対し、簡易モデルではその効果が考慮されていないことによる。
- ② 格点部を詳細にモデル化した 3 次元 FEM モデルと、横桁を無視した簡易 FEM モデルを用いて応力解析を行った。3 次元モデルでは横桁からの力の影響により 2 枚のガセットの応力が異なり、このうち応力が大きい方と簡易モデルの応力が良く対応した。
- ③ 通常設計で活用される簡易計算法は若干安全側であり、有効な手法であることを確認した。

4. 格点部合理化検討

4.1 格点部の合理化

(1) 合理化手法

従来トラス格点部および合理化トラス格点部を図 9 に示す。合理化は、以下の考え方にに基づき実施した。

- ① 2 面添接・差込形式を 4 面添接・角形式に変更する。
- ② ガセットのフィレット部を絞り込み、小型化する。
- ③ 斜材ウェブは弦材フランジまで伸ばし、溶接する。ただし、ウェブ同士が弦材フランジに到達する以前に交差する場合は、一方のウェブを交差部で止め、他方のウェブに溶接する。
- ④ 斜材ウェブが溶接される弦材断面内部にはダイヤフラムを設ける。
- ⑤ 斜材同士および斜材と弦材の交差部には防水用の蓋を設ける。

(2) 解析モデル

合理化モデルは、フィレット部の R および弦材内のダイヤフラムの大きさをパラメータとして、表 2 に示す 3 モデルを作成した。

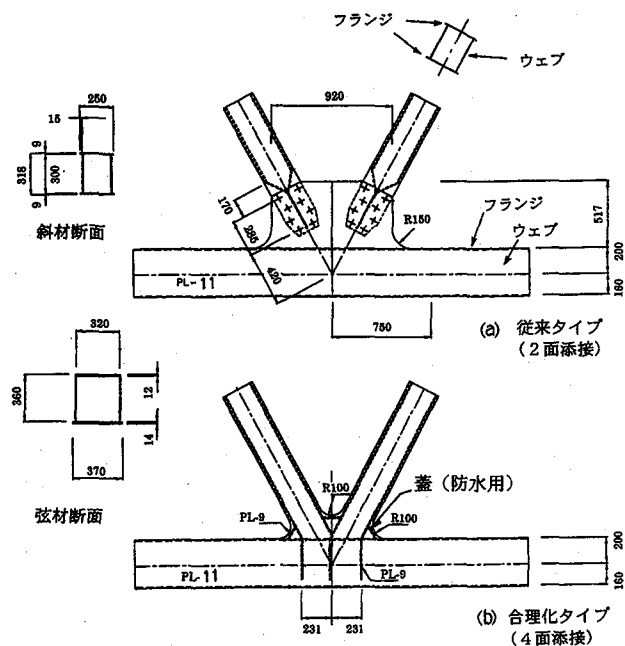
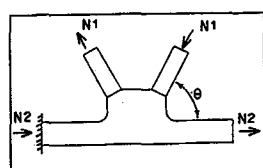


図9 従来タイプおよび合理化タイプの
トラス格点部構造

(3) 荷重

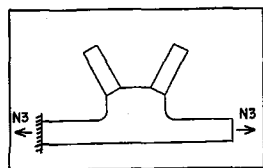
図10右に合理化モデル検討用の荷重モード1、2を示す。モード1は斜材と弦材の力の伝達を、またモード2は弦材に生じる軸力が格点部を介して伝達される挙動を見るためのものである。格点部に負荷する力は、この2モードと斜材から格点に導入される鉛直下向きの列車荷重の重ね合わせでほぼ現すことができる。支承付近の格点では荷重モード1が、径間中央付近では荷重モード2が支配的となる。



(a) 荷重モード1

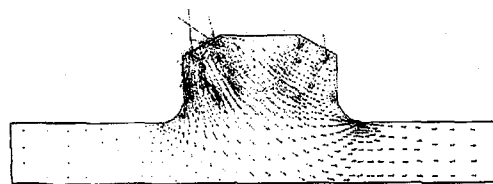
$$N1 = 125 \text{ tonf}$$

$$N2 = N1 \cos \theta$$

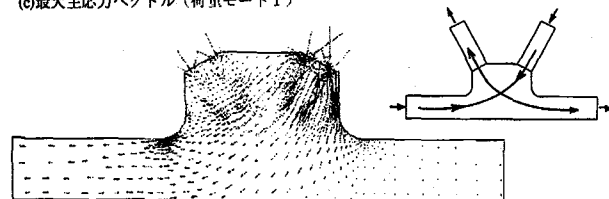


(b) 荷重モード2

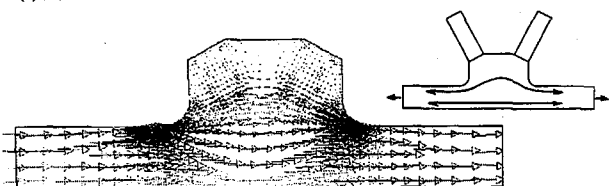
$$N3 = 292 \text{ tonf}$$



(c) 最大主応力ベクトル (荷重モード1)



(d) 最小主応力ベクトル (荷重モード1)

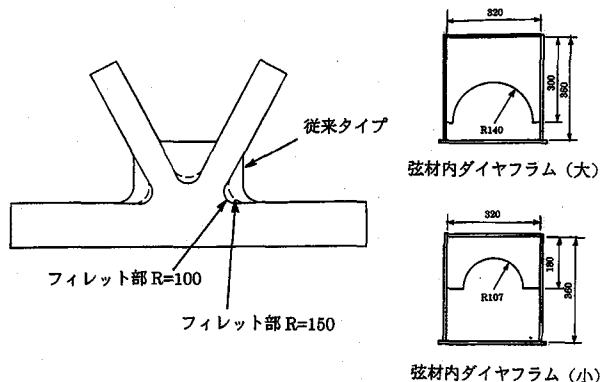


(e) 最大主応力ベクトル (荷重モード2)

図10 合理化モデル検討用荷重と従来タイプのガセット部応力の流れ

表2 合理化モデルの種類と解析ケース

	フィレット部R	弦材内ダイヤフラム
モデル1	100mm	大
モデル2	150mm	大
モデル3	100mm	小



荷重モード1の大きさは当該ガセットに許容される斜材最大軸力を、また荷重モード2は当該弦材の設計軸力を用いた。

4.2 従来モデルと合理化モデルの比較

(1) 従来モデル格点部における力の流れ

荷重モード1および2を負荷した場合の従来モデル格点部主応力ベクトルを、図10(c)~(e)に示す。

荷重モード1を負荷した場合、ガセット内部の応力は引張側斜材から引張側弦材へ、また圧縮側斜材から圧縮側弦材へとスムーズに流れており、応力集中は生じない。

荷重モード2を負荷した場合は弦材から弦材へと応力は流れるが、格点部でガセットの一部に応力が流れる際にフィレット部で応力集中が生じている。

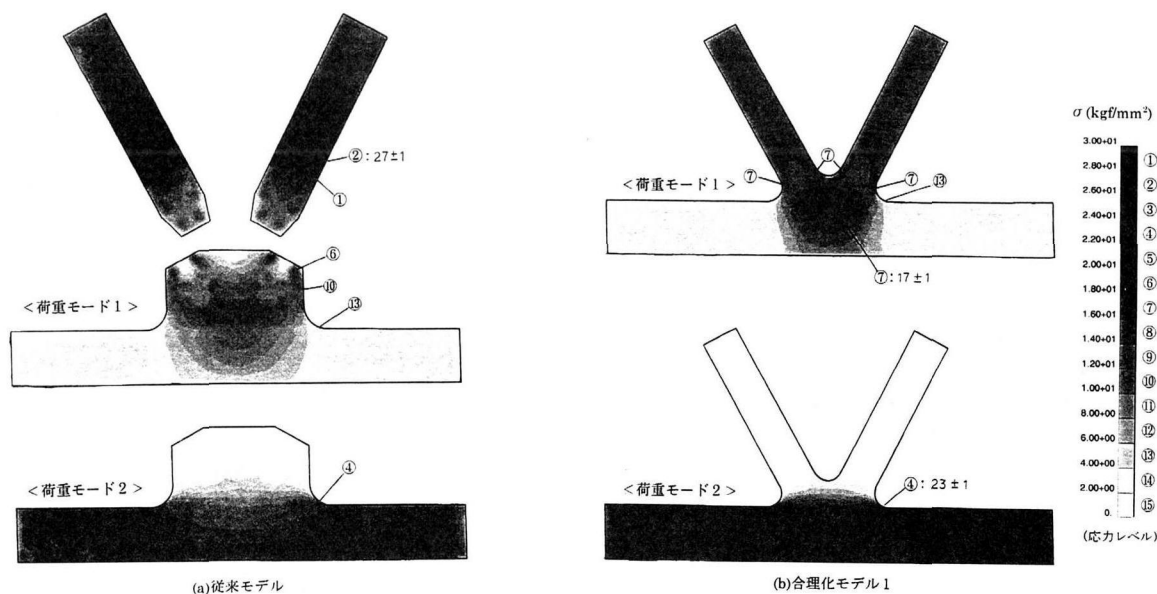


図 11 ガセットおよび斜材フランジにおけるミーゼスの応力度

(2) 応力比較

図 11 に従来モデルおよび合理化モデル 1 のガセットおよび斜材フランジのミーゼス応力度を示す（以降合理化モデルにおいてガセットおよび斜材フランジが一体となった面をガセット面と呼ぶ）。

荷重モード 1 を載荷した場合、従来モデルでは斜材フランジが一般部箱断面からガセットとの差込連結部の H 形断面へ変化した直後で応力が高くなり、図中の応力表示でレベル②（約 27kgf/mm²）相当である。ガセット側では軸力が複数ボルトから分散して伝わっており、大きな応力は発生していない。合理化モデルではフィレット部曲線の始点で応力集中が生じており、応力レベル⑦（約 17kgf/mm²）相当である。

荷重モード 2 に対しては従来モデルも合理化モデルも同じ傾向の応力分布を示し、応力集中部も応力レベル④（約 23kgf/mm²）で同じである。

図 12 にフィレット部の応力分布を示す。

荷重モード 1 を載荷した場合は、従来モデルでは最大で 12kgf/mm² 程度の応力で、合理化モデルに比べ低い応力度である。これは斜材からの力がボルトによりガセット内に分散して伝わるからである。合理化モデル 1 では応力集中のため 17kgf/mm² の応力が発生している。

荷重モード 2 に対する応力は両者同等になった。

4.3 合理化モデルの応力

(1) 合理化モデル各部の応力

1) 合理化モデル 1 に対し、ガセットフィレット部以外に応力集中が生じているヶ所があるかどうかを調べるため、格点部ガセット面以外の各部の応力を図 13 に示す。弦材フランジ、斜材ウェブ、ダイヤフラムはガセット面との溶接線付近の応力が板中央部の応力よりも高くなる

ので、図 13 には溶接線に沿った応力分布を示している。

荷重モード 1 に対しては斜材ウェブ（ガセット面フィレット部近傍）の応力が最も高い。格点部から離れた位置では斜材ウェブおよびフランジの 4 面で均等に断面力を支持しており、応力は 11kgf/mm² 程度であるが、格点部へと近づくに従いウェブ両端の応力が増加し、最大 14kgf/mm² 程度となる。それ以外の応力は全般に低く、問題となるような応力の集中は生じていない。

荷重モード 2 に対しては弦材ウェブの応力のみ示しているが、その他の応力は低レベルである。フィレット部付近で応力が増加する傾向が分かる。

2) 四面添接形式や弦材内ダイヤフラムがガセット面の応力分布に与える影響を見るため、荷重モード 1 を載荷した場合の斜材フランジにおける断面応力分布と、ガセット面と直交する部材（斜材ウェブ、弦材上フランジおよびダイヤフラム）からガセット面へと作用するせん断応力の分布を、図 14 に示す。斜材フィレット部で応力集中が生じるのは、一つには幅の狭い斜材フランジから広いガセットへと力が伝わる時に端部に応力が集中するためであり、これは荷重モード 2 を載荷した場合にフィレット部で応力が集中するのと同じ理由である。この他に、格点部付近で斜材ウェブからフランジへと力が流れることによりフランジ溶接線付近の応力が高くなる現象があり、これもフィレット部の応力集中の一原因になっている。図 14 中の①～④は斜材フランジ溶接線に沿ったせん断応力であるが、ウェブの引張または圧縮力の一部が弦材フランジに到達する以前にガセット面へと流れており、特に星印より上部のせん断力はフィレット部応力増加の一因となっている。弦材フランジへ到達した軸力は鉛直方向成分をダイヤフラムに一旦支持され、ダイヤフラムからガセット面へせん断力として伝わる（図中

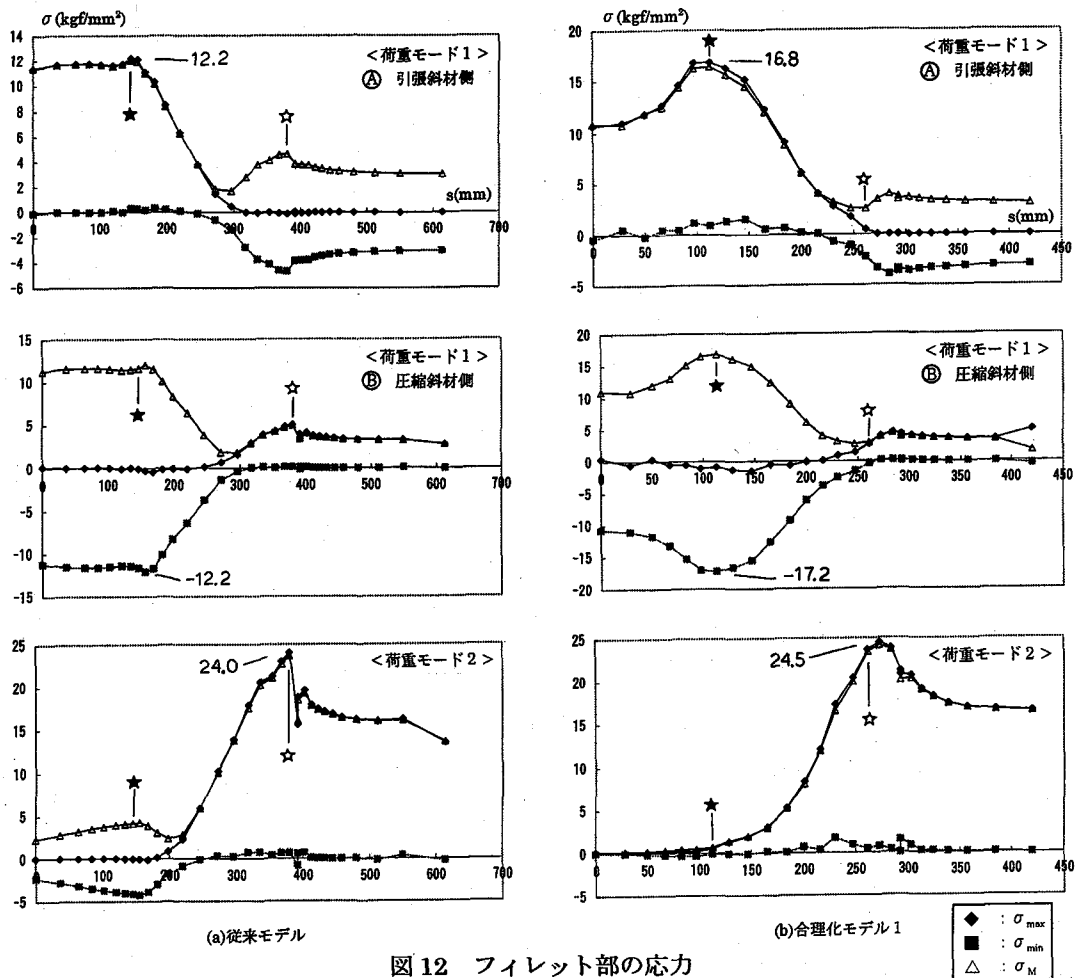


図12 フィレット部の応力

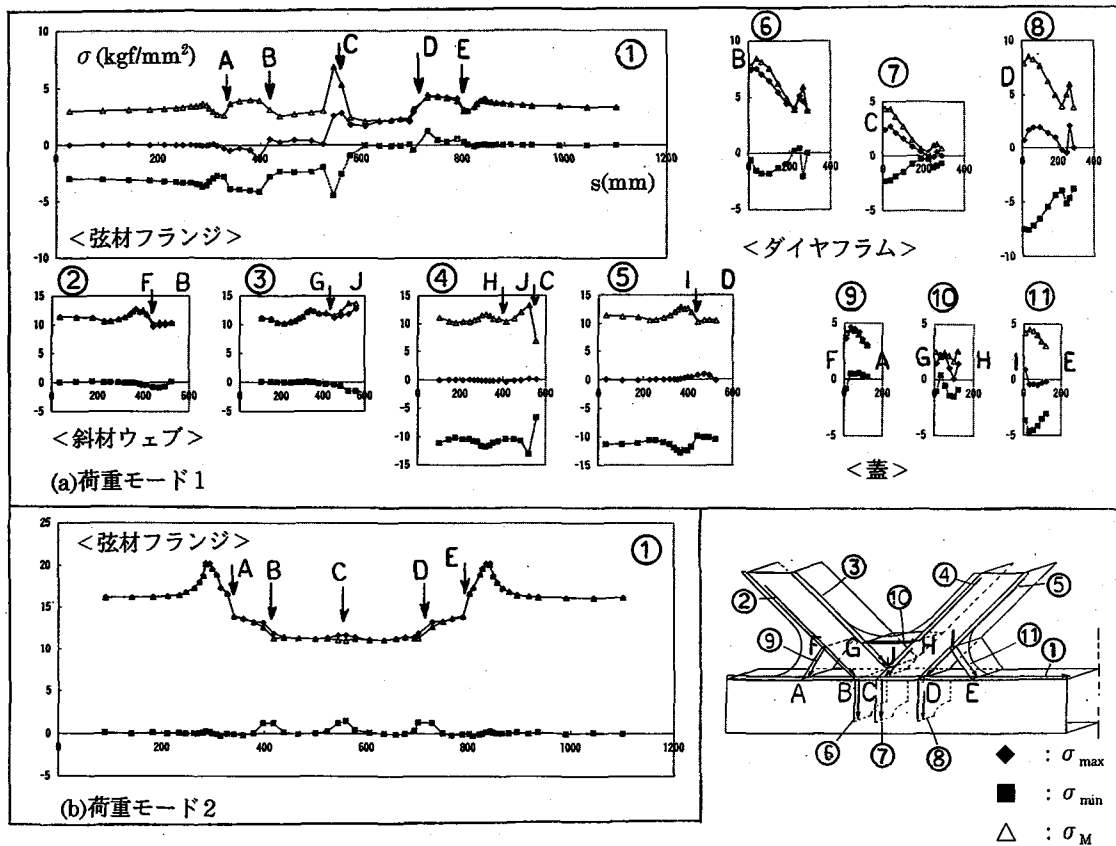


図13 ガセット面と直行する部材の溶接線付近の応力 (合理化モデル1)

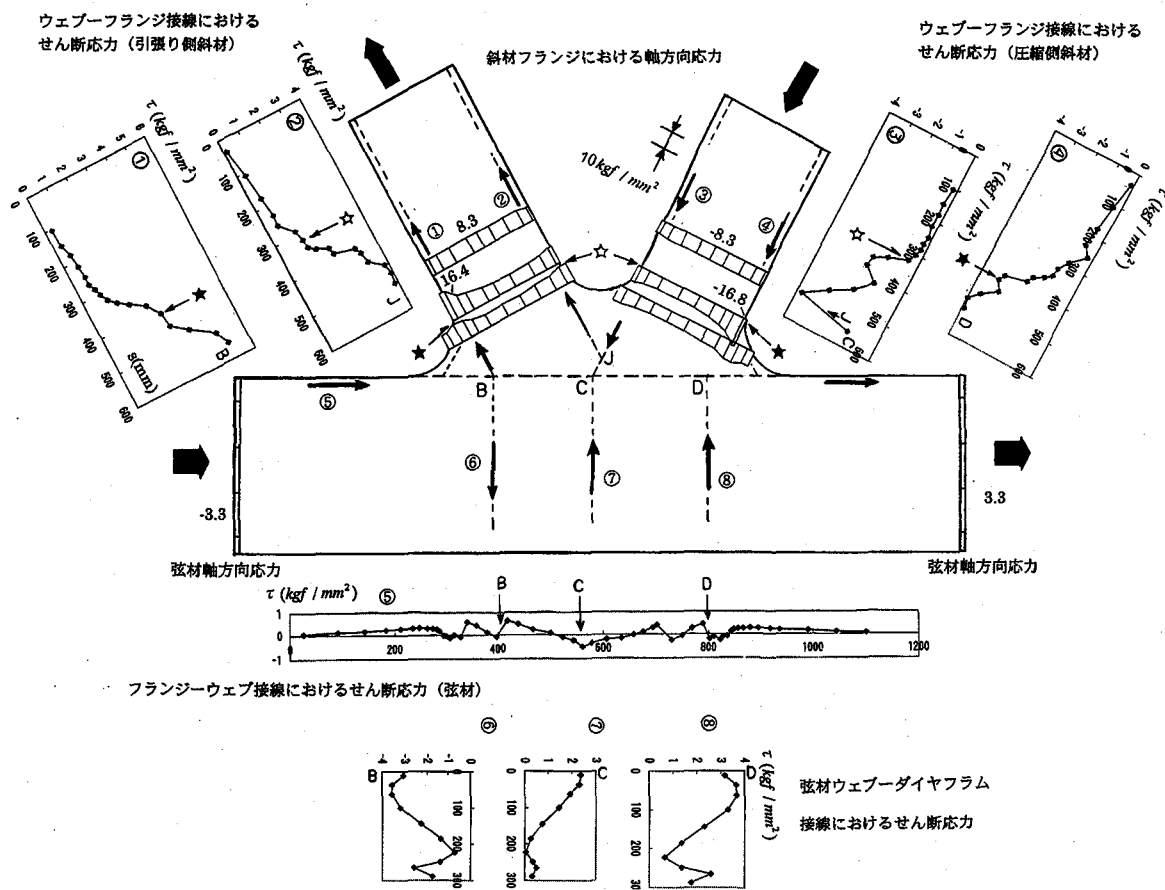


図 14 ガセット面に隣接部から伝わるせん断力と、斜材フランジの断面力 (合理化モデル 1, 荷重モード 1)

⑥～⑧)。

(2) フィレット部 R の影響

合理化モデル 2 (R150) のフィレット部応力を図 15(a) に示す。このモデルはフィレット部の R を 100 から 150 へと大きくすることにより応力集中が緩和される効果を調べるために採用している。応力分布全体の傾向は合理化モデル 1 と同じである。荷重モード 1 に対する応力集中は数% (1kgf/mm^2) ほど低下している。荷重モード 2 の応力集中は合理化モデル 1 とほぼ同等であった。これは R が大きくなったことによる応力緩和と、ガセット部が大きくなったことによりこの部分を迂回する力が増えたことによる応力増加が相殺したためと考えられる。

(2) ダイヤフラム深さの影響

図 15(b) に、合理化モデル 3 (R100, 小ダイヤフラム) に対するフィレット部応力分布を示す。このモデルは、ダイヤフラムの大きさを小さくしてその影響を調べるためのものである。荷重モード 2 に対する応力は合理化モデル 1 とあまり変わりはないが、荷重モード 1 に対する応力集中が 2kgf/mm^2 程度増大している。

図 16 に、荷重モード 1 を負荷した場合の、斜材ウェブとダイヤフラム交点における応力分布状況を示す。合理化モデル 1 と 3 (それぞれ実線と点線) を比較するとダイヤフラムの小さいモデル 3 は支持する鉛直方向力が

小さく、これと呼応して斜材ウェブにおける断面力も小さくなっており、特に幅中央付近の断面力が端部付近に比べて著しく小さい。斜材ウェブ断面力がモデル 1 と比べて少ない分はダイヤフラムに到達する以前に斜材フランジまたはガセットへと流れており、この影響により斜材フランジ・フィレット部の応力集中が増加したと考えられる。

5. 結論

以上の検討の結果をまとめると、以下になる。

- ① 格点部の挙動を詳細な 3 次元フレーム解析および 3 次元 FEM 解析により求め、設計で通常使用される 2 次元フレーム解析およびそれに基づく横桁を無視した簡易解析結果と比較した。結果として両者の応力分布傾向は同じであり、今回研究の着目点であるガセット部 (特にフィレット部) の応力は良く一致し、その有効性が確認できた。ただし、3 次元解析の結果では横桁からの曲げモーメントにより内側と外側の斜材フランジ軸力に差が生じるが、簡易解析ではそれらの平均軸力となり、この影響は考慮できない。
- ② 取扱の簡単な簡易モデルを用いて、従来の 2 面添接形式と合理化形式の比較を行った。荷重としては 2 つの斜材から同量異符号の軸力が格点部に導入される荷重

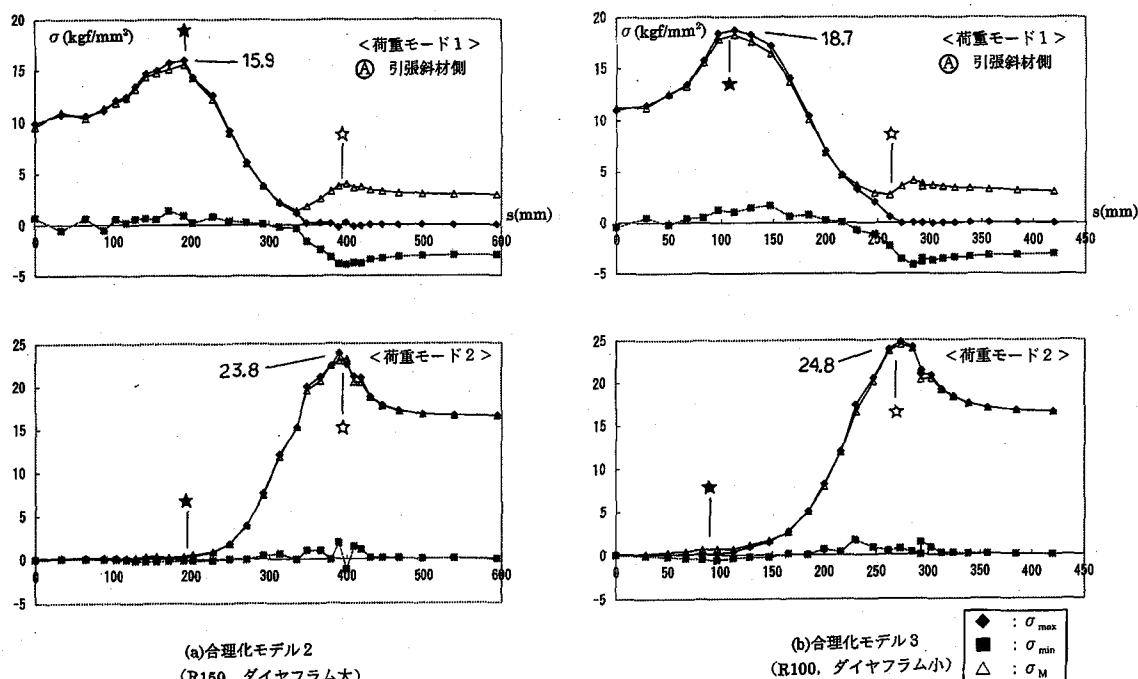


図 15 フィレット部の応力

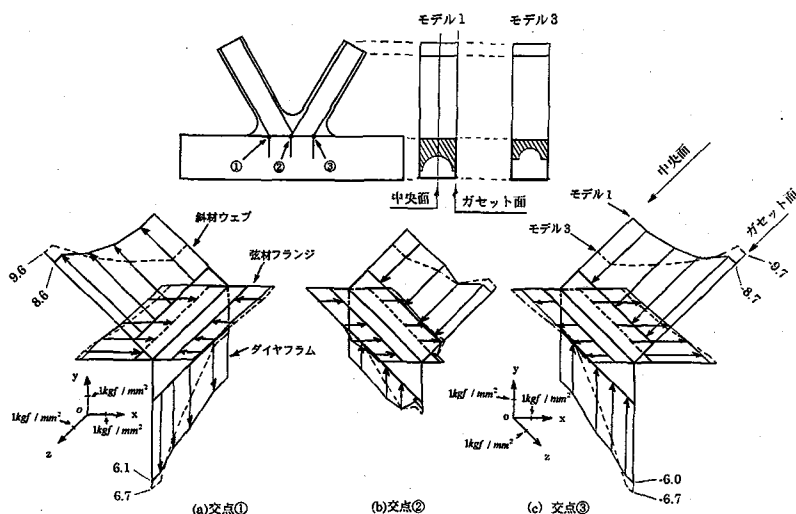


図 16 斜材ウェブと弦材フランジの交点における断面力 (荷重モード1)

モード1と、格点部両端の弦材に引張力を負荷した荷重モード2の2種類を用いた。

2面添接形式のモデルに荷重モード1を負荷した場合斜材から弦材へと力はスムーズに伝達されており、フィレット部周辺での応力集中は見られなかった。しかし、斜材箱断面からH形断面へと移行する差込連結部でフランジの応力はかなり高くなることが分かった。荷重モード2を負荷した場合は、片方の弦材から格点部を介して他方の弦材へと軸力が伝わる際にフィレット部に応力が集中した。

③合理化モデルに荷重モード1および2を負荷した場合は、斜材フランジからガセット部へと力が伝わる際にフィレット部で応力集中が生じた。この挙動は狭い板

から広い板へ力が伝わる際の端部応力集中であるが、荷重モード1の場合は、格点部付近で斜材ウェブから斜材フランジへと力が流れており、これが応力増加の原因の一つであることが分かった。

- ④合理化モデル1に荷重モード1を負荷するとフィレット部に応力が集中するが、この応力は2面添接形式の斜材フランジ部応力よりもかなり低くなった。また、荷重モード2に対する両モデルの応力は同等であった。これにより、合理化モデルの実用性が確認できた。
- ⑤合理化モデルに対し、フィレット部Rの大きさおよびダイアフラムの大きさの2パラメータの影響を調べた。どちらも荷重モード2に対してはあまり影響がなかったが、荷重モード1に対しては影響が認められた。

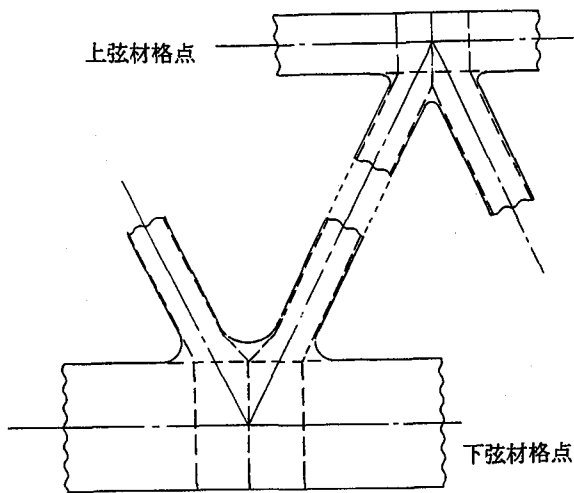


図 17 荒川橋梁格点部

フィレット部の R を大きくした場合は、斜材ウェブからフランジへと力が伝わる領域からフィレット部が遠のき、結果として応力は若干下がるのが分かった。ダイヤフラムを小さくした場合は斜材ウェブからフランジへと伝わる力が増加し、応力が増加することが分かった。

以上により、合理化モデルの応力上の実用性は十分あると判断できた。鉄道公団では本研究に基づき、応力伝達を考慮した構造ディテールを本格的に採用している。下路トラスの場合は下弦材の格点には横桁との連結構造上から採用できないが、上弦材格点に採用し、また低床式

トラスの上下弦材の格点に用いている。常磐新線荒川橋梁の例を図 17 に示す。

合理化モデルは格点がコンパクト化でき、密閉構造となることから維持管理においても有利で、経済性および景観性にも優れている。本研究ではガセット板厚決定条件としてガセット板厚算定は $(20P/b)$ を用いたが、ガセットの合理的な板厚算定方法や、格点ガセットの材質、隣接位置にある主構連結部の HTB 継手の孔引き等について、構造を含めて研究を継続深度化し、合理的な格点構造の研究を進めていく所存である。

本研究が関係諸氏の参考になれば幸いである。

6. 謝辞

本研究を指導頂いた東工大・三木教授、市川教授に心から感謝いたします。

参考文献

- 1) 井口光男：曲線連続下路トラス橋の設計、構造物設計資料，No.73，pp27-30，1983
- 2) 池内一雄，他：3 主構ダブルデッキワーレン型トラス鋼鉄道橋の設計・施工，橋梁と基礎，86-3，1983
- 3) 保坂鐵矢：下弦材と鋼床版床組を一体化した低床式トラス，橋梁と基礎，93-8，pp135-138，1993
- 4) 田島二郎，山本一之，他：トラス格点部における 4 面添接形式ガセットの板厚に関する研究，構造物設計資料，No.88，pp45-48，1986

(1999 年 9 月 17 日受付)