

2主桁橋の斜め横桁と横構配置に関する実験的研究

Tests on the cross beams and position of the lateral bracings in twin I-girder bridges

函館工業高等専門学校 ○学生員 佐藤亨(SATO Toru)

函館工業高等専門学校 正員 平沢秀之(HIRASAWA Hideyuki)

1. まえがき

少数主桁橋は架設および維持管理の省力化やトータルコスト削減を可能とする橋梁形式の一つとして近年研究開発され、施工例も増えてきている。従来のプレートガーダー橋の標準的な形式である、4～5本あるいはそれ以上の主桁を対傾構や横構で相互に連結するという方式に対し、少数主桁橋は2～3本程度の主桁をH形鋼等の横桁を連結した非常にシンプルな構造となっている。このような構造のシンプル化に対し、橋梁構造物としての剛性の確保は、床版についてはPC床版や各種合成床版の適用、主桁については桁高を大きくし、フランジおよび腹板の厚版化により曲げ剛性を大きくし、耐久性の向上を図っている。また、主桁腹板に通常設置されている水平・垂直補剛材はできる限り省略する設計がなされている。その結果、鋼重低減による経済性の向上、材片数や溶接延長等の製作工数の算定要素を大幅に減少させることが可能である。しかし、この橋梁形式は開断面桁構造であり、箱桁形式と比較してねじり剛性が極めて小さい。偏心荷重などのようなねじりを生じさせる荷重に抵抗するには、ねじり剛性の向上が必要である¹⁾。

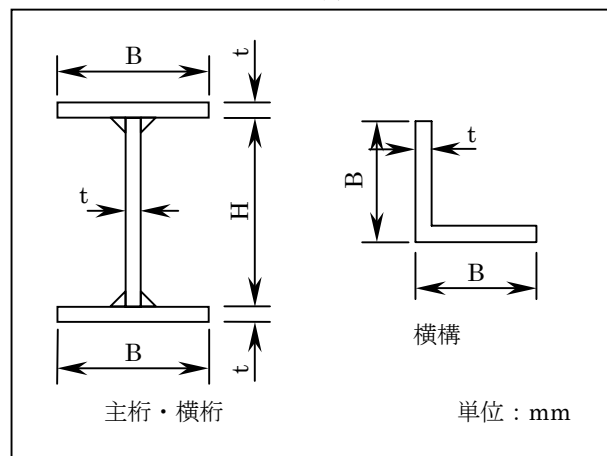
本研究では、2主桁橋の構造全体のねじり剛性を向上させるために、通常主桁に直角に配置されている横桁を45°に傾けて連結する斜め横桁^{2), 3)}を採用した場合と横構を設置し、横構の配置方法による効果の違いを実験により調べることを目的としている。横構を配置することは部材数が増えるため、コストダウンの要求に反する可能性もあるが、ねじりへの対策や架設時における桁の形状保持等の有利な面も多いと考えられる。本実験では、斜め横桁を主桁の下段に配置し床版と併せて擬似的な箱桁断面をとる機能を持たせている。横構配置⁴⁾については、主桁の中段に横桁を配置した状態で上下の横構を平行に配置した場合と上横構と下横構が互い違いに配置されている場合の検討を行っている。斜め横桁または横構を配置した各ケースに対して偏心荷重を載荷させ、橋梁全体のねじり角を測定した。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

本研究では、横桁と横構の配置方法によってねじり角の違いを調べる。実験供試体をアクリル板により製作した。これは、鋼材を用いて供試体を製作した場合、溶接が必要となり、溶接による熱ひずみにより設計図どおりの製作が困難である。そのため、熱ひずみの影響を受けずに供試体の製作が可能であるアクリル板を使用した。床版の有無についての検討を行うので、床版は厚さ2[mm]のアクリル板

表-1 部材断面



	B	H	t	L
主桁	60	150	2	3100
端横桁	30	80	2	260
中間横桁	30	38	2	260
斜め横桁	30	38	2	347
横構	10	—	1	331

単位：mm

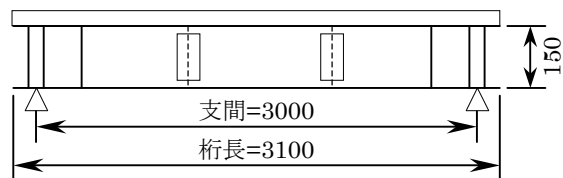


図-1 側面図

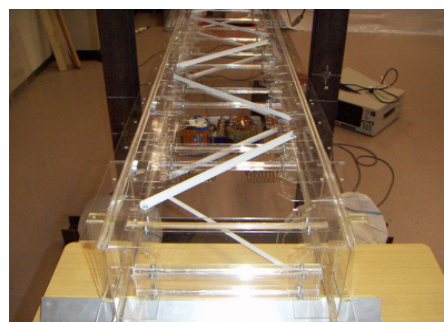


写真-1 アクリル板による橋梁模型

を用いて上フランジとボルトにより接合している。また、主桁・横桁のフランジと腹板、ガセットプレートと腹板は、アクリル製の三角柱により接着されており、接着は十分である。表-1に供試体と横構の部材断面を示す。主桁どうしの連結は添接板を用い、主桁と横桁・横構の接合はガセットプレートを用いてボルトにより接合している。ガセットプレートは、横桁の直角中段配置と斜め下段配置がボルト接合できるような配置にしている。

2.2 配置方法

横構には塩化ビニルL形断面部材を使用している。横構の配置は図-2(a)～(h)のように配置している。図-2(a)は各格子に横構を2本ずつ上下に配置しているもので最も多く配置されている。図-2(c)～(f)は各格子に横構を1本ずつ配置されている。図-2(b)は下横構の各格子に2本ずつ配置している。また、それぞれの配置方法が異なっており、実線だけで示されているのは上下の横構が平行に配置されており、実線と破線で示されているのは上下の横構の向きが互い違いになっている。図-2(g)は支点付近の格子に横構を2本配置し、図-2(h)は横構を配置していないモデルである。図-2(i)は斜め横桁設置モデルである。以上、斜め横桁と横構の配置方法の違いと床版の有無⁵⁾の18ケースについて実験を行った。

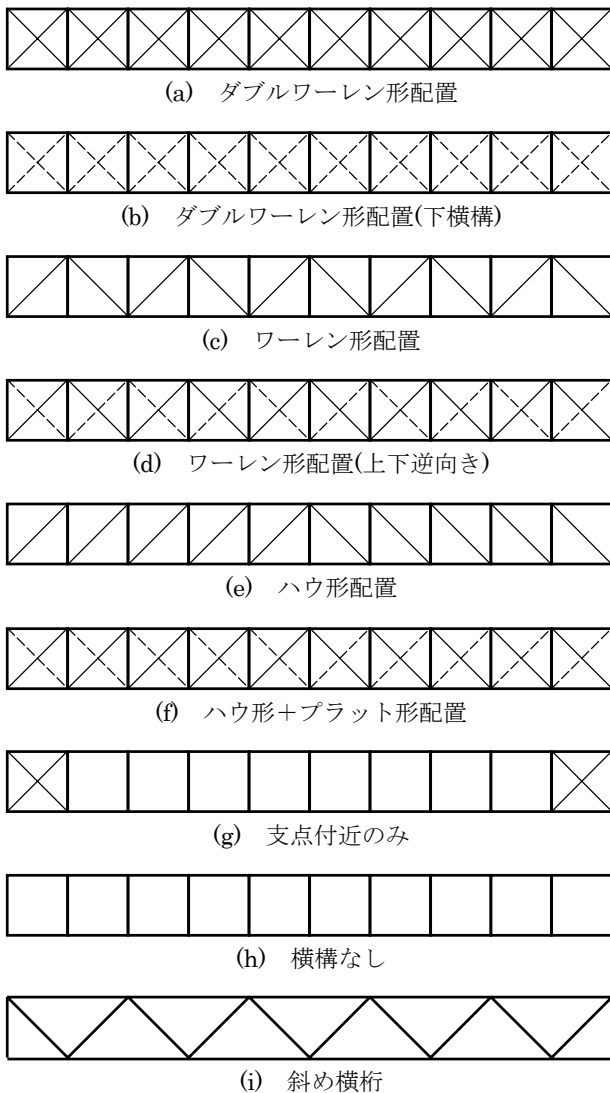


図-2 横構・斜め横桁の配置図

2.3 実験方法

実験は供試体の支間中央部に錘を載せて偏心载荷として行った。ねじり角は支間中央部における桁全体のねじり角であり、荷重ごとに両主桁の変位量を測定した。両主桁の変位差と主桁間隔を除してねじり角を算出し荷重-ね

じり角曲線を描いた。このとき、図-2(c)～(f)と(i)のねじり角の測定では、平面的に見ると上下対称でないため、右桁に載せた場合と左桁に載せた場合の2通りのねじり角を測定している。また、実験で用いるアクリル板・塩化ビニル材について材料試験を行い、次のように弾性係数を求めた。

アクリル板： $E=3398.8[\text{N/mm}^2]$
塩化ビニル材： $E=3683.0[\text{N/mm}^2]$

3. 実験結果

横構なしと比較すると、横桁を斜め横桁にした場合と横構を配置した場合で桁全体のねじり角が減少し、配置方法によりその効果の差に違いが見られた。図-3(a)～(i)はそれぞれの横構の配置と斜め横桁の荷重-ねじり角曲線を示している。

図-3(a)～(g)は横構を配置しているモデルであるが、横構を配置していない図-3(h)と比較して、ねじり角が減少していることがわかる。図-3(b)～(f)のモデルは、全体の横構の数(20本)は同じであるが、図-3(c)、(d)のモデルは構造全体のねじり角が小さくなっていることから、ねじりに対しての補剛効果が大きく、横構が最も多く(40本)配置されている図-3(a)と比較しても大きな差は見られない。また、右桁と左桁に载荷した場合でわずかにねじり角に差が出ることもわかった。床版無の状態の図-3(b)では、横構なしの状態(図-3(h))に近いねじり角を示していることから補剛効果が小さいといえる。しかし、床版を設置することで横構が図-3(a)とほぼ同じねじり角を示している。

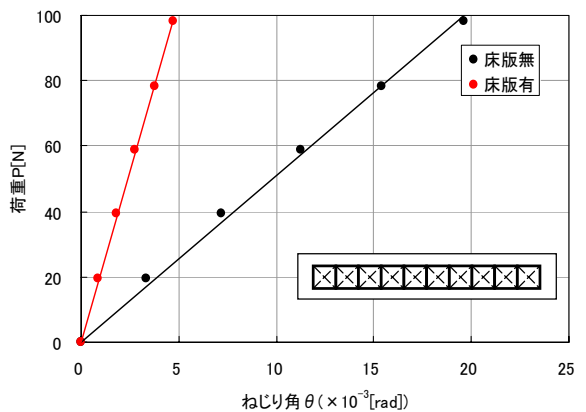
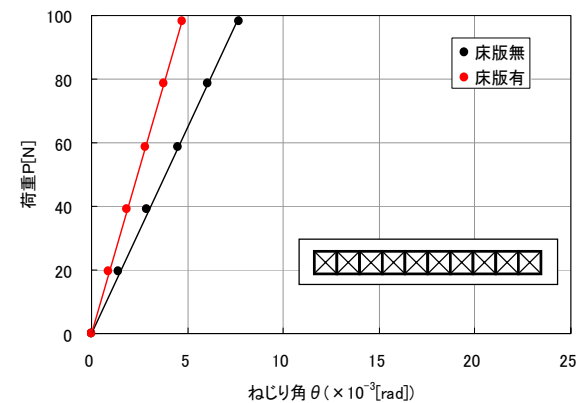


図-3 各横構配置による荷重-ねじり角曲線

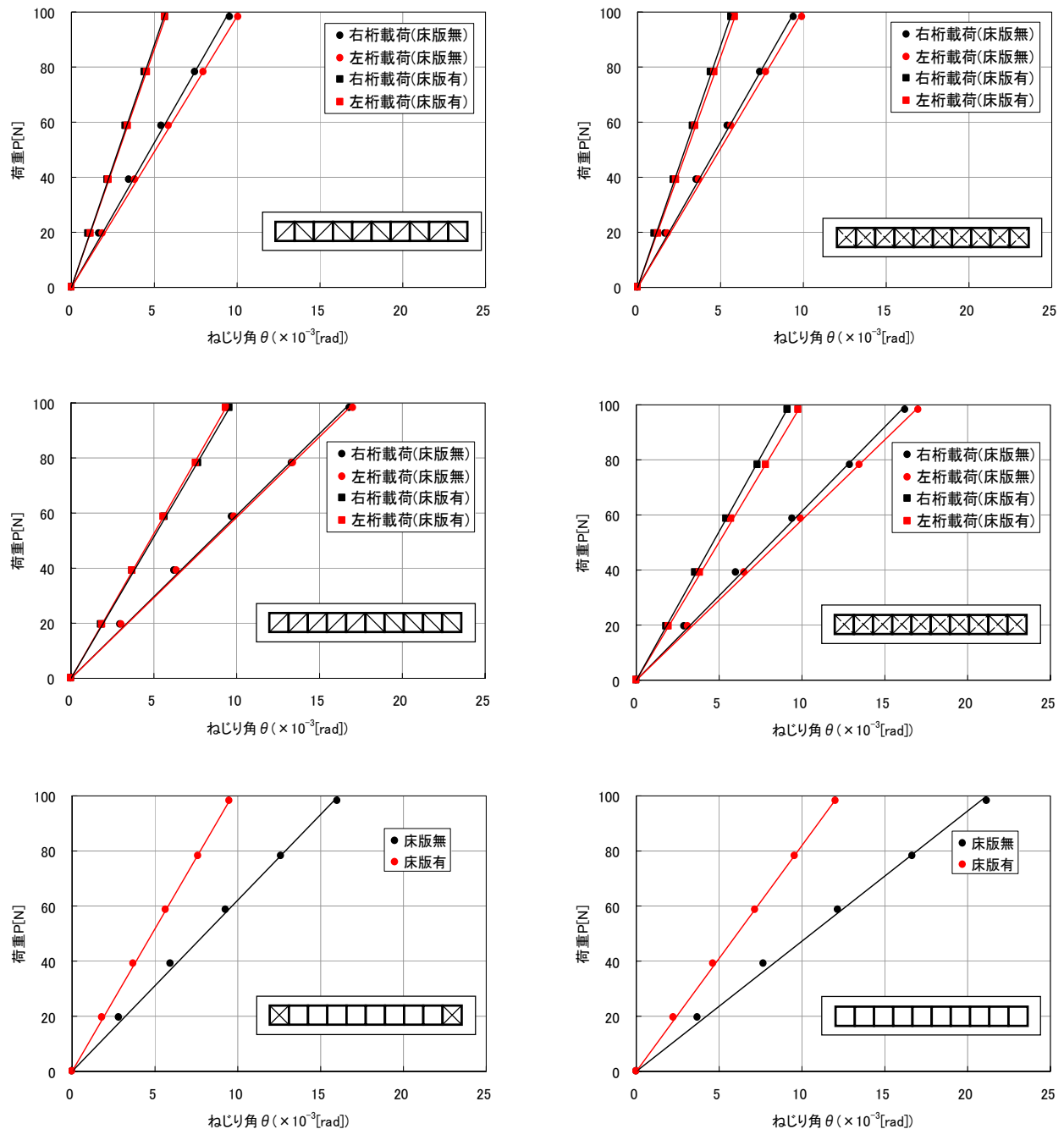


図-3 各横構配置による荷重-ねじり角曲線(続き)

床版無の状態の図-3(b)では、横構なしの状態(図-3(h))に近いねじり角を示していることから補剛効果が小さいといえる。しかし、床版を設置することで横構が図-6(a)とほぼ同じねじり角を示している。

図-3(e)、(f)、(g)に示されるモデルについては、横構を配置していない図-3(h)に近いねじり角を示していることから、ねじりに対する補剛効果が小さいといえる。しかし、図-3(e)、(f)、(g)の中で、図-3(g)は横構の数20本の図-3(e)、(f)と比較しても、わずかの横構の数8本でほぼ同じねじり角を示している。このことから、支点付近のみに配置されている図-3(g)は、わずかの横構本数でねじり剛性が増していることから、支点付近のみに配置された横構は有効に

作用していると言える。また、図-3(c)と(d)、図-3(e)と(f)のように上下の横構が平行に配置されているものと互い違いに配置されているものを比較したが、いずれも前者と後者ではほとんどねじり角の差は見られなかった。

以上のことから、ダブルワーレン形、ワーレン形、下横構にダブルワーレン形として配置することでねじり角が小さくなることでねじり剛性が向上することがわかった。さらに、この中でも下横構にダブルワーレンと床版を設置することで非常に効果的であり、上下横構にダブルワーレンと床版を設置したのと比較してもほぼ同じであり、横構本数も40本に比べて20本と半分ですむため、経済的である。

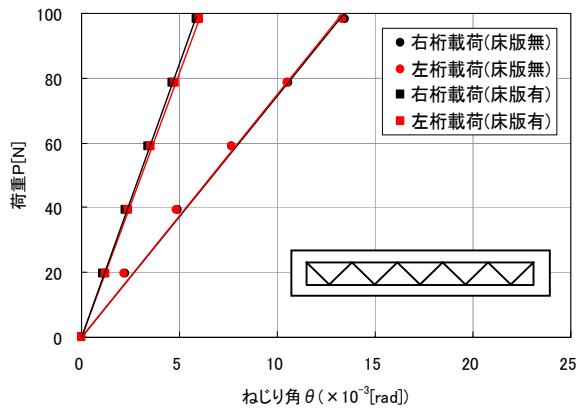


図-4 斜め横桁の荷重-ねじり角曲線

次に、横桁を斜め横桁にした場合(図-4)と横構を配置した場合で比較すると、図-3(a)、(b)、(c)、(d)より、ねじり角はわずかに大きくなるが、横構と同様な効果がある、すなわちねじりによる変形を低減させることができています。また、横構なしで比較してもはっきりとねじり角に差が出ている。さらに、床版無しでも下横構のみに配置したダブルワーレン形よりも効果がある。よって、斜め横桁は横構を配置した図-2(a)、(b)、(c)、(d)と同様な効果が得られる。

図-5は、斜め横桁とそれぞれの横構の配置の違いによる最大荷重時のねじり角を表している。図-5をみても、ハウ形、ハウ+プラット形、支点付近のみに配置した横構は全体的に見ると横構の効果は小さいといえる。そして、横構の配置では、ダブルワーレン形、下横構のみのダブルワーレン形、ワーレン形、互い違いのワーレン形が横構なしと比較して、ねじり角が半減していることがわかる。特に下横構にダブルワーレン形に配置すると、床版無しでは7%の低減しか見られなく効果は小さいといえるが、床版を設置することにより、67%と大幅にねじり角が減少する。また、斜め横桁にすることにより、横構なしと比較すると50%低減することができる。

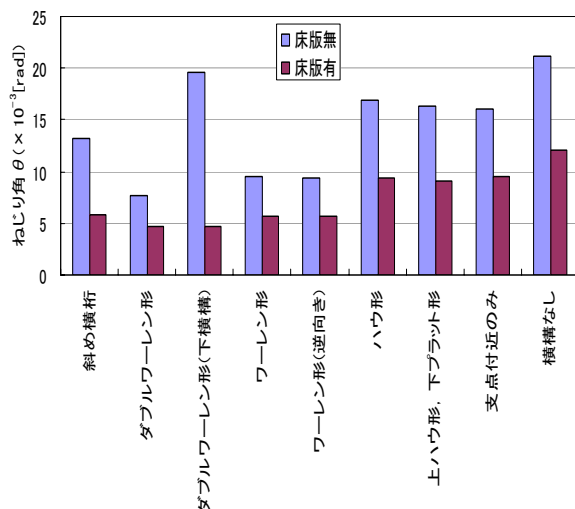


図-5 各状態の最大荷重時のねじり角

4. あとがき

本研究では、アクリル板を用いて直線2主桁橋モデルを作製し、横桁を斜め横桁とした場合と横構を配置した場合、配置しない場合と床版の有無について計18ケースについて偏心載荷実験を行い、荷重-ねじり角曲線を描き、それぞれの配置の違いについて比較を行った。実験の結果、斜め横桁と横構の配置方法の違いにより、ねじりに対する効果の違いが示された。横構を各格子に1本ずつ配置した4つのケースの中でもワーレン形配置に効果があり、ダブルワーレン形に近いねじり角であることがわかった。そして、各格子に横構を2本配置しているダブルワーレン形と下横構のみに配置したダブルワーレン形はねじりに対する効果は非常に大きい。さらに下横構のみのダブルワーレン形と床版と併せることで、ダブルワーレン形とほぼ同じ効果がある。さらに横構本数もダブルワーレン形と比べ、半分の横構本数で済み、各格子に1本ずつ配置しているものと比較しても最もねじりに対して効果がある。今回の実験では、下横構のみの配置は1ケースだけ行っているが、このことにより床版を設置すれば、上横構の有無はねじり角にほとんど影響しないことがわかった。

斜め横桁については、斜め横桁を主桁の下段に配置し、横構を配置していないモデルと比較すると、ねじり角は大幅に低減する。これは、斜め横桁を主桁の下段に配置したことにより擬似的な箱桁断面が形成されたことにより、ねじり剛性が増大することと同等の効果が現れたと考えられる。そして、横桁を斜め横桁として主桁に連結しても、直角配置と比較して部材数は横桁が1本増加するにとどまり、それに伴う小型材片数もわずかであることから、直線2主桁橋と同程度の省力化が可能な横桁であり、斜め横桁は非常に有効であることが判明した。

今後は、下横構のみのワーレン形と上横構が端部のみに下横構ダブルワーレン形と端部2区間に横構を配置した実験を行う予定である。さらに、風荷重・地震荷重の水平荷重に対する補剛効果について実験を行う予定である。その他に、桁長を伸ばして送り出し架設について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 平沢秀之、小山明久、林川俊郎、佐藤浩一：2主桁曲線橋における横桁配置について、土木学会北海道支部論文報告集、第54号(A)、pp418-421。
- 2) 平沢秀之、田上優介、林川俊郎、佐藤浩一：曲線2主桁橋の横桁斜め配置によるねじり剛性の向上について、土木学会北海道支部論文報告集第58号、pp44-47。
- 3) 平沢秀之、林川俊郎、佐藤浩一、高橋宏明：曲線2主桁橋における横構の補剛効果について、構造工学論文集 Vol46A、pp1307-1314、2000。
- 4) 高橋宏明、平沢秀之、林川俊郎、佐藤浩一、及川昭夫：曲線2主桁橋の横構の効果に関する実験的研究、土木学会北海道支部論文報告集、第56号(A)、pp444-447、2000。
- 5) 福島敦、平沢秀之、林川俊郎、佐藤浩一：合成床版と斜め配置横桁を有する曲線2主桁橋の解析、土木学会北海道支部論文報告集、第59号、pp90-93、2002。