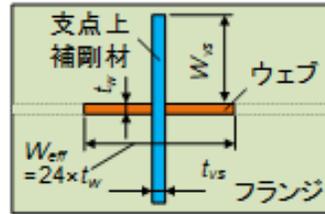
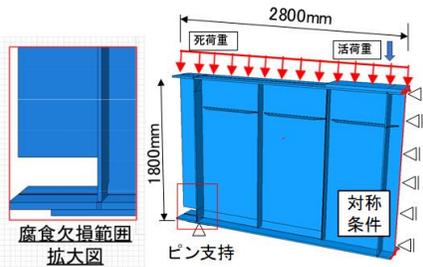


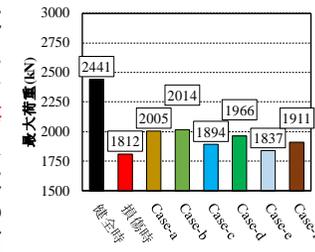
## 桁端部が腐食した鋼鉄桁の高力ボルト当て板補修の設計を提案する

### BACKGROUND



#### ①補修位置、補修方法を変えた検討

Fig6に各補修ケースにおける最大耐力を示します。補修位置を変えた検討により、支点上補剛材1面補修を除いたケースでは、**最大耐力は同等**であり、支点上補剛材2面補修ケースでは当板-下フランジ間の接触が最大耐力増加に寄与していないことがわかりました。また、支点上補剛材1面補修ケースでは、Fig7に示すように**支点上補剛材が大きく面外変形すること**で最大耐力の増加が少ないです。



### RESULTS

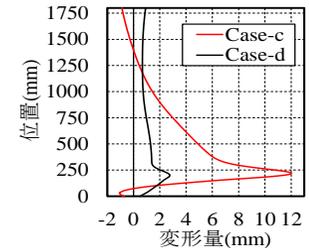


Fig.7 relationship between Deformed length and position of vertical stiffener

#### ②当て板高さ、ボルト配置を変えた検討

支点上補剛材2面補修の当て板高さ、ボルト配置に関する検討により、ボルトピッチ間を250mm付近であっても当て板は座屈せず、当て板高さが変わってもボルトピッチが同等であれば最大耐力は同等であり、**ボルトピッチ間の距離を250mm付近まで大きくすることによって最大耐力が大きく増加することがわかりました。**

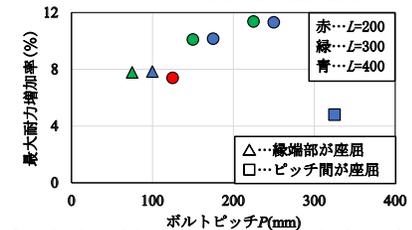


Fig.8 relationship between bolt pitch and rate of increase of maximum bearing force

### keywords :

High strength bolt  
Girder end  
Corrosion  
Patch plate

High strength bolt  
Girder end  
Corrosion  
Patch plate

### METHODS

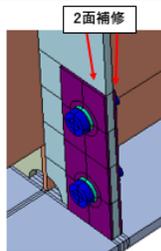


Fig.5 investigated case

②支点上補剛材2面補修において、当て板高さ、ボルト配置の縁端距離、ボルトピッチを変えた検討を行ったことにより、当て板高さ、ボルト配置が最大耐力に及ぼす影響を検討しました。

### SUMMARY

- ①当て板の補修位置を変えた検討では、支点上補剛材2面補修では、損傷部補修と比べ2%ほどの最大耐力の低下で防げました。また、支点上補剛材一面補修では未補修側に当て板が座屈し、**最大耐力が未補修時に比べ3%しか増加しませんでした。**
- ②当て板のボルトピッチを最大中心間距離より大きくしても当て板は座屈せずに最大耐力増加に寄与しました。また、最大耐力増加には**ボルトピッチ間距離が大きく影響します。**

Fig. 1 Analysis model of steel girder Fig. 2 cross section of cross-shaped pillar

鋼橋の架替えの原因の多くは鋼材の腐食が原因であり、鋼橋の中でも桁端部は特に腐食が発生しやすい箇所です。また、現在腐食損傷した橋梁が増加してきているのに対し、事業者の人手不足および公共事業費の不足が問題となっており、公共事業費及び人手の削減のために恒久補修ではなく応急補修によって施工を簡易化、施工費用、及び施工時間を低減することが求められています。また、現状は桁端部の腐食位置、腐食量と桁端部の耐力特性を踏まえた汎用性のある高力ボルト当て板補修設計は確立おらず各事業者によって個別に設計されています。

本研究ではFig2に示す桁端部の十字柱断面の設計耐力に着目し、桁端部の腐食損傷に対する当て板の大きさやボルト配置を明確化した**当て板補修設計の提案**を行うことで、補修コストを削減し、設計及び施工の簡易化に繋がりたいと考えています。

①高力ボルトを導入しない簡易的な当て板の補修位置、補修面数を変えた検討によって損傷部及び健全部補修の補修効果の比較をしました。

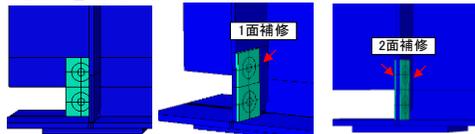


Fig. 3 case of patch plate repair

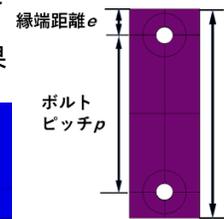


Fig. 4 Parameters of FEM

# 鋼I桁高カボルト摩擦接合継手のすべり・変形支圧限界に着目した限界状態設計法に関する研究

Study on Limit State Design Method of High Strength Bolted Frictional Joints for Steel I Girders Focusing on Slip/Deformed Bearing Limit States



大阪市立大学大学院 都市系専攻 橋梁工学研究室 佐倉 亮

## 桁接合部のすべり耐力式を提案する、すべり後のボルト孔変形量と終局耐力の関係性を解明する。

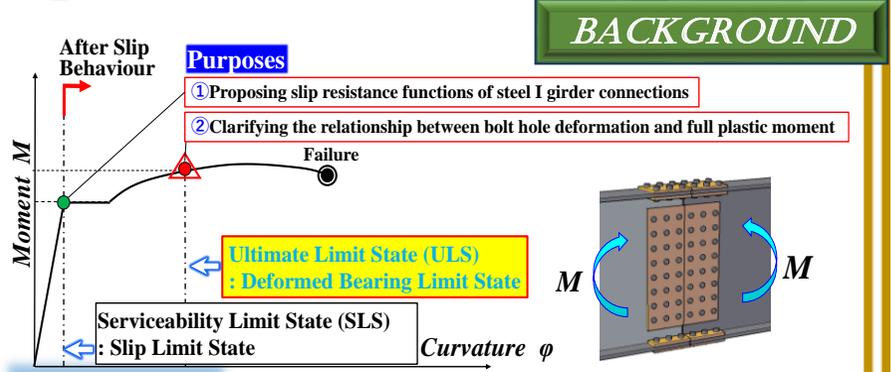


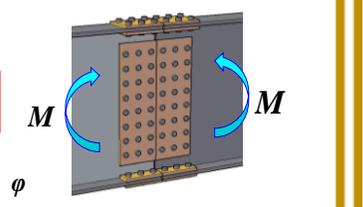
Fig. 1 Limit states of frictional joints for steel I girders

**Slip Behaviour**  
 現在、桁接合部はフランジとウェブが別々に設計されていますが、フランジとウェブが協働してすべりに抵抗すること（協働作用）が知られています。その協働作用を考慮したすべり耐力評価式を提案することで、ウェブ列数の低減による継手部のコンパクト化および設計の簡略化が可能となります。

**After Slip Behaviour**  
 従来許容応力度設計法が用いられてきたため、接合部のすべりや被接合部の降伏以降に関する知見は十分ではありません。復旧性を考えると、接合部の変形にも着目することが望めます。耐力と変形を定量的に考慮した設計終局限界状態を設定することで、塑性設計した主桁同士の連結と橋梁全体で塑性設計が可能になります。

### BACKGROUND

- Purposes**
- ① Proposing slip resistance functions of steel I girder connections
  - ② Clarifying the relationship between bolt hole deformation and full plastic moment



**keywords :**  
 frictional bolted joint, cooperative resistance, after slip behaviour

Fig.4に桁試験結果を示します。接合部のすべり抵抗の変化の主要因であるボルト軸力の変化に着目することで、**フランジとウェブ最外縁行がすべる初期すべり、桁接合部全体が総すべりの2つすべりを定義できました。**また、全塑性耐力時の下フランジボルト孔の変形量はボルト軸径の5%程度であり、ボルト孔変形量で規定する**変形支圧限界の適用性が確認できました。**

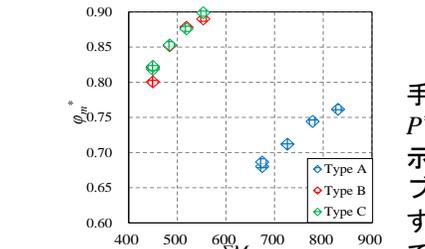


Fig. 5 Degree of contribution of web joint to major slip

### RESULTS

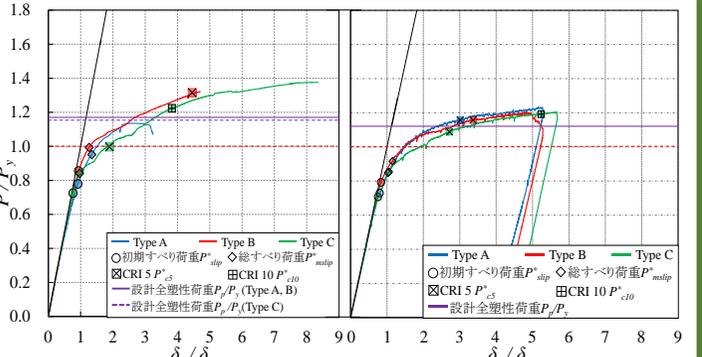


Fig. 4 Slip / after slip behaviour (Load vs vertical displacement)

ボルト配置間隔がすべり挙動に及ぼす影響は、ウェブ継手の高さ方向のボルト配置を広くすると初期すべり荷重  $P^*_{slip}$  と総すべり荷重  $P^*_{mslip}$  は増加しました。これは、Fig.5に示すように、ボルト配置によって総すべり時におけるウェブ継手の寄与度（摩擦力の発揮度合い）が変化するためです。すべり後挙動への影響としては、対象とした桁断面においてはボルト配置間隔がボルト孔変形量に及ぼす影響は小さいことが分かりました。

### METHODS

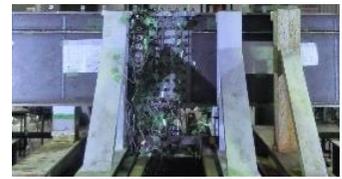


Fig. 2 Pure bending experiment

①桁接合部のすべりすべり後挙動の解明

Fig.2に示す1桁接合部を用い純曲げ載荷実験を実施しました。桁接合部のすべり/すべり後挙動を確認し、連結方法の影響を評価しました。

②継手形状が桁接合部のすべりすべり後挙動に及ぼす影響を評価

Fig.3に示す諸元をパラメータとしたFEM解析を実施しました。それらがすべり耐力/ボルト孔変形に及ぼす影響を評価しました。

### SUMMARY

- ①桁接合部の曲げ載荷実験から、初期すべりと総すべりの2つのすべりを定義でき、ボルト孔変形量に着目した変形支圧限界の適用できることを確認しました。
- ②ウェブ継手の発揮するすべり抵抗の寄与度は、ウェブ継手のボルト配置を高さ方向に広く配置した場合やウェブ列数を減少させることで増加した。

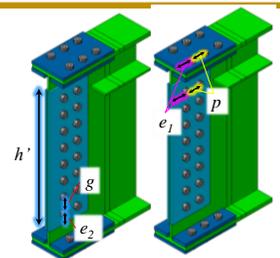


Fig. 3 Parameters of FEA