

大阪公立大学大学院 学生員 ○坂東 翼
大阪公立大学大学院 正会員 林 厳

大阪公立大学大学院 正会員 山口 隆司
西日本高速道路株式会社 正会員 豊田 雄介

1. 研究背景および目的

近年、設計活荷重の増加により、補強工事が進められており、図-1 に示すような高力ボルト摩擦接合を用いた当て板補強が多く採用されている。既往研究¹⁾では、腹板にアングル材を取り付けた際の補強効果を FE 解析より評価し、補強後の中立軸位置が理論値と異なる区間（以下、遷移区間）が存在することを明らかにされた。一方、当て板補強区間の距離を決定するためには、遷移区間が重要であるが、その遷移区間に影響を与えるパラメータは未検討である。

ここでは断面諸元が遷移区間に与える影響を把握することを目的に、FE 解析によりアングル材設置高さ及び断面形状が遷移区間に及ぼす影響について検討した。

2. 解析モデル

表-1 に解析ケースを、図-2、図-3 に鋼 I 桁とアングル材断面形状・設置高さをそれぞれ示す。主桁断面形状は土木構造物標準設計²⁾を参考に選定した。また、アングル材形状は主桁断面に対して、補強後の曲げ剛性が 1.2 倍以上になる等辺山形鋼を選定した。解析ケースは、上下アングル材が同一断面 (E) ケースと異なる断面 (D) ケース、設置高さは文献¹⁾を参考にし、 $l_u=l_f=100\text{mm}$ (O) としたケース、補強区間と無補強区間の中立軸位置が一定になるような位置 (S) としたケース、ケース S の下アングル材を $l_f=100\text{mm}$ に移動し、上下非対称の位置 (A) としたケースを設定した。

解析は Abaqus/Standard2023 を用いて行い、弾性解析とした。解析モデルは、図-4 に示すように橋軸方向の対称性を考慮した 1/2 モデルとし、荷重は上フランジ上面に死荷重と B 活荷重を作用させた。当て板補強区間は支間中央から 6120mm までの範囲とした。また、中立軸に与えるすべりの影響を排除するためにボルトはモデル化せず、ウェブとアングル材の接触面全面を結合した。

3. 解析結果および考察

ここでは、任意断面における理論中立軸付近の 2 つの節点を線形補間した際に直応力が 0 になる地点を中

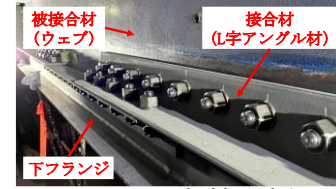
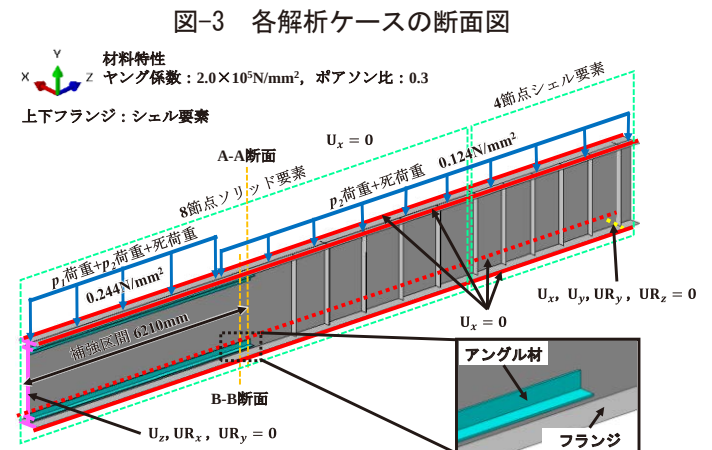
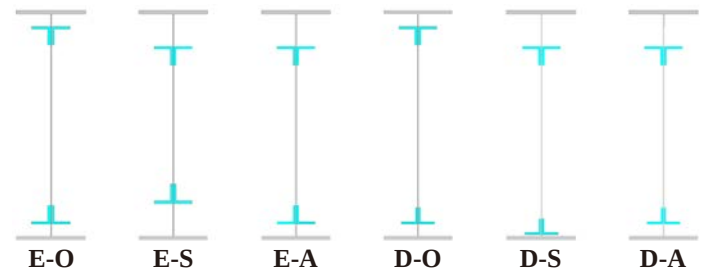
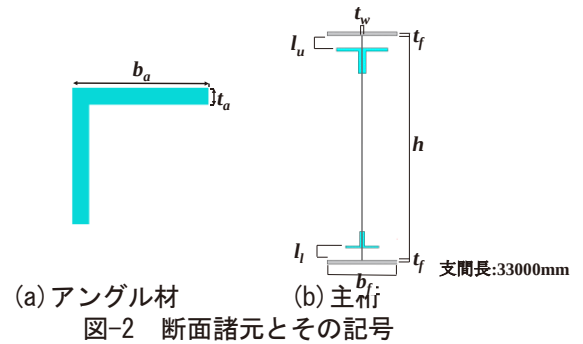


図-1 当て板補強事例

表-1 解析ケース 単位: mm

Case名	上アングル材			下アングル材			上下フランジ		ウェブ	
	b_a	t_a	l_u	b_a	t_a	l_f	b_f	t_f	h	t_w
E-O	150	19	100	150	19	100	560	32	1800	9
E-S			265			265				
E-A			265			100				
D-O			100	130	15	100				
D-S			265			10				
D-A			265			100				



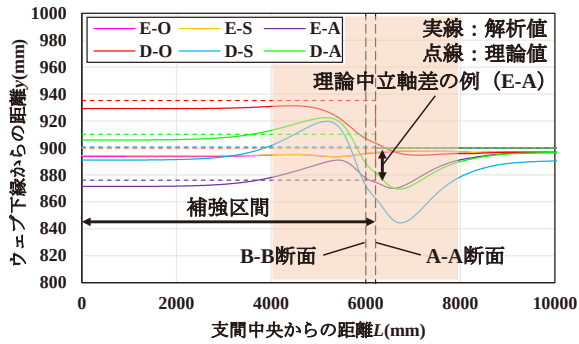


図-5 橋軸方向の中立軸位置の推移

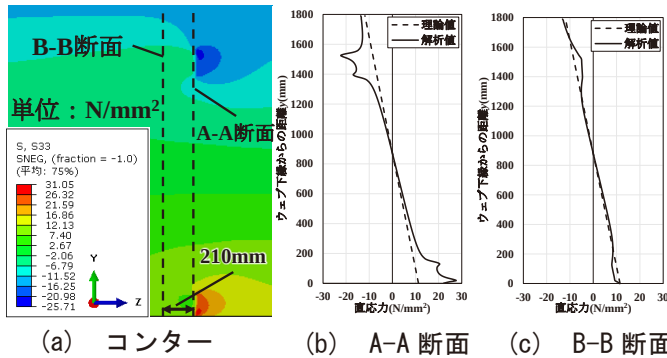


図-6 補強端部付近の直応力分布の例 (D-S)

立軸とした。図-5 に示す中立軸の推移より、上下アングル材を対称位置かつ同一断面で設置した場合 (E-O, E-S)、設置高さによらず遷移区間は生じなかった。また、上下アングル材を対称位置かつ異なる断面で設置した場合 (D-O)、補強区間と無補強区間の理論中立軸の差 (以下、理論中立軸差) の範囲を超過することなく遷移した。一方、非対称位置に設置した場合 (E-A, D-S, D-A)、補強区間では理論値より圧縮側に、無補強区間では引張側に移動し、理論中立軸差の範囲を超過した。

上下アングル材隅角部位置のウェブの応力は、アングル材を設置することによる断面変化に起因し、いずれのケースでも、理論値よりも大きくなった (図-6)。また、アングル材隅角部の直応力が、A-A 断面で理論よりも高くなり、B-B 断面で低くなった。

図-7 に上アングルと下アングル材の隅角部の直応力比 (= 発生直応力/理論直応力) の差 (以下、直応力比差) を示す。図-5、図-7 より、 $L=4000\text{mm} \sim 8000\text{mm}$ の上下アングル材の直応力比差が他区間と異なる場合に、中立軸が理論中立軸差の範囲を超過した。また、直応力比差の絶対値が大きいほど、中立軸は理論中立軸差の範囲から超過した。

図-8 に遷移区間内の断面におけるモーメント差 (= 圧縮側モーメント - 引張側モーメント) を示す。図-5、図-8 より、モーメント差が負の場合、中立軸は引張側

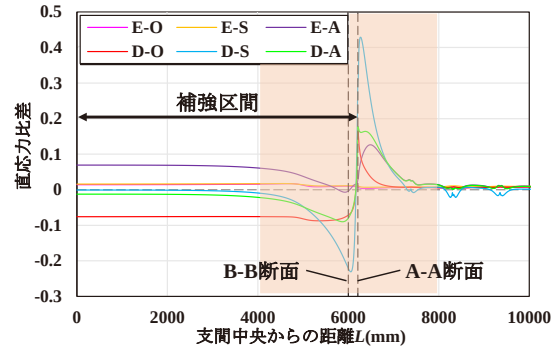


図-7 上下アングル材隅角部の直応力比の差

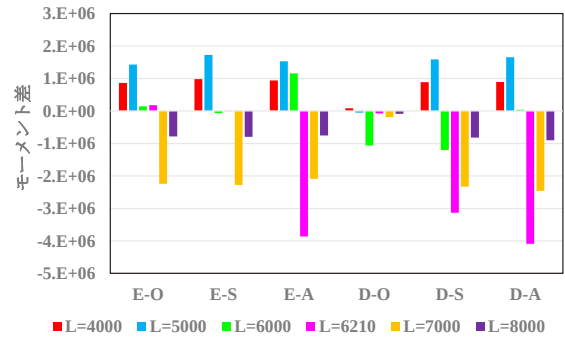


図-8 遷移区間付近のモーメント差

にモーメント差が正の場合、中立軸は圧縮側にそれぞれ移動しており、圧縮側と引張側のモーメントがつりあうよう中立軸が移動している。

以上より、上下アングル材を非対称位置に設置する場合、異なる断面のアングル材を設置する、もしくは中立軸からの距離が異なることで、直応力比差の絶対値が大きくなり、圧縮側と引張側のモーメントに差が生じたと考えられる。

4. 結論

- 1) 同断面の上下アングル材を上下対称に設置した場合、遷移区間は発生しなかった。また、異なる断面を上下対称に設置した場合、中立軸は理論中立軸差を超過しないが、遷移区間は発生した。
- 2) 上下アングル材を非対称位置に設置する場合、補強区間では中立軸が理論値よりも高く、無補強区間では低くなるが、その移動は断面内モーメントのつり合いにより説明できる。

今後は、断面形状よりも設置位置が支配的な場合の検討として、アングル材断面が小さい方が中立軸に近い場合や、設置位置よりも断面形状が支配的な場合の検討として、上下アングル材断面が大きく異なる場合の中立軸への影響について検討する必要がある。

<参考文献>

- 1) 石田健人, 松本崇志, 山口隆司, 浅野貴弘: ボルト間隔に直目した鋼 I 桁当て板補強における曲げ補強効果に関する研究, 鋼構造論文集, Vol.30, No.118, 2023
- 2) 建設省, 土木構造物標準設計, 全日本建設技術協会, 1994