

## コンクリートを充填したパイプトラス格点部の疲労試験

日本鉄道建設公団（正） 光木香（株）レールウェイエンジニアリング（正） 保坂鐵矢  
トビー工業（株）（正） 酒井吉永 ○長屋五郎 川崎重工業（株）（正） 磯江 暁

### 1. はじめに

鉄道用下路パイプトラスは、着雪試験の結果氷柱が付きにくい等のメリットがあり、豪雪地域の鉄道橋として適用が期待されている。試設計の結果、主管の径が 600～800mm、支管径 400～600mm となることから、格点部の K 継手における完全溶込み溶接の溶接信頼性確保が疲労耐力上から困難であるという問題がある。そこで、最近注目されているコンクリート充填鋼管構造を採用して、充填コンクリートの効果を期待して K 継手溶接を全強溶接で疲労耐力がカバーできないかという着想のもと著者らは H10 年度からコンクリート充填鋼管の k 継手の研究に着手した。研究結果からコンクリート充填による耐力の向上や応力集中緩和の効果が確認できた。特に、パイプトラス格点：2本の支管と主管が交差する k 継手部の集中応力はコンクリート充填に部分的な補強により実用化のレベルまで低下させることが判明した<sup>2,3)</sup>。そこで、著者らは基本ケースの試験結果を踏まえて、実橋を想定したモデル（図 1 参照）を提案し、疲労強度試験を実施した。

### 2. 試験体

試験体は、信濃川橋梁をパイプトラスに変更することを想定しており、実橋の約 1/2 の大きさで、主管は  $\phi 318 \times 6.9$ 、支管は  $\phi 216 \times 5.8$  を用いた。試験体 A-1 は下弦材を対象としており、横桁を取付けるためのガセットが支・主管交差部の応力を緩和する効果を調査した。ガセットは 2 枚設け、これらの間にもコンクリートを充填している。試験体 A-2 は支管同士を主管に到達する以前に交差させており、支管同士が直接剪断力を伝えるので、支・主管交差部の負担が減ると思われる。また、支管および主管の軸線は一致させている。試験体 A-3 は上弦材を対象とし交差部外側に溶接趾端部を G 仕上げしないガセットを付けた。

### 3. 疲労試験結果

試験の実施状況を図 2 に示す。両支管の端部をピン支持し、主管の片方をジャッキで引張ることにより載荷した。試験体 A-1 は、列車通過時の変動荷重をフレーム解析により求め（試験体相当で 200kN 程度）、これを参考に 90～310kN の繰返し荷重を載荷した。低い側の荷重を 90kN としたのは、荷重レベルが低い範囲では治具がガタつくためである。疲労試験の合間に静的載荷試験を行っているが、過去の試験および計測結果から推定されるホットスポットストレスは、75～91MPa と考えられる。途中、ガセットフランジと支管の溶接部にき裂が入ったが、補修をして 200 万回の載荷を終了した。支・主管交差部付近にはき裂が見られなかったことから、引続き最小荷重を変えずに荷重範囲を 2.3 倍にして試験を行ったところ、35 万回載荷した時点で図 1 の位置にき裂が発生し、70 万回でき裂長さが 150mm に達したので、試験を終了した。

試験体 A-2 は疲労試験の前に数回静的に 100～200kN 載荷して、主管と支管の溶接線に沿って応力を計測した。図 3 は 300kN 載荷した場合の、支管同士の溶接線に沿った主応力分布である（引張り側支管、図 1 試験体 A-2、計測シリーズ C1）横軸の  $\theta$  はビードに沿った位置を表し、 $\theta = 0^\circ$  の位置が頂点部に相当する。最も応力が高い位置は、主管との溶接部と頂点（ $\theta = 0^\circ$ ）の中間点であり、160MPa の引張り応力が発生している。試験では、100 万回～200 万回でき裂が発生することを狙って、載荷荷重は 30～300kN とした。荷重範囲は 270kN であるが、図 3 の計測点はビード止端から 5mm 離れた位置であることを考慮すると、止端部の応力は計測値より 10～20% 高く、160MPa 程度にはなっていると考える。この試験体は図 4 に示すように 200 万回載荷（図 3 中の □）したが、き裂は発生しなかったため、荷重を 2 倍に上げて破壊（同図中の ■）まで載荷した。その結果 8 万回で支管と主管の溶接部にき裂が認められた。

キーワード：鋼管継手、コンクリート充填、トラス、疲労強度

連絡先：〒441-8510 豊橋市明海町 1 番地 Tel.0532-25-5354 Fax.0532-25-2384

試験体 A-3 は約 30 万回载荷した時点で引張支管側の外リブ端部にき裂が発生した。(図 1 の A 3 試験体き裂 1) 補修後,更に繰返し 200 万回载荷したが,き裂が発生しなかったため,荷重を 2 倍にして破壊まで载荷した。その結果約 6 万回で支管と主管の溶接部にき裂が認められた。(図 1 の A 3 試験体き裂 2)

4. まとめ

実施した試験体の試験結果を図 4 に示す。試験体 A-1 の→付きの印は, 200 万回载荷してもき裂が発生しなかったことを表しており, 上の○および●印は, 同じ試験体で続行载荷した結果を示している。荷重が 2 倍になると疲労寿命が 1/8 になることから, 追加载荷回数を元の荷重レベル (220kN) に換算すると, 280 万回に相当し, この試験体の疲労強さが伺われる。試験体 A-2 は 200 万回を越えており, 疲労強度は十分期待できる。試験体 A-3 は約 30 万回でガセット溶接趾端部にき裂が発生しているためグラインダー仕上げ等による疲労強度を向上させる対策が必要であると考えられる。

参考文献

1)日本建築学会;鋼管構造設計施工指針同解説, 1980.2 2)P. Udomworarat, C. Miki, A. Ichikawa, E. Sasaki, T. Sakamoto, T. Hosaka; Fatigue and Ultimate Strengths of Concrete Filled Tubular K-Joints on Truss Girder, Journal of Structural Engineering, Vol.46A, pp.1627-1635, 2000.3 3)三木香, 保坂鐵矢, 市川篤司, 磯江暁, 酒井吉永, コクリートを充填した $\theta$ 17°トラス格点構造の補強効果に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.48A, pp.1361-1372, 2002.3 4)日本鋼構造協会; 鋼構造物の疲労設計指針同解説, 1993.4

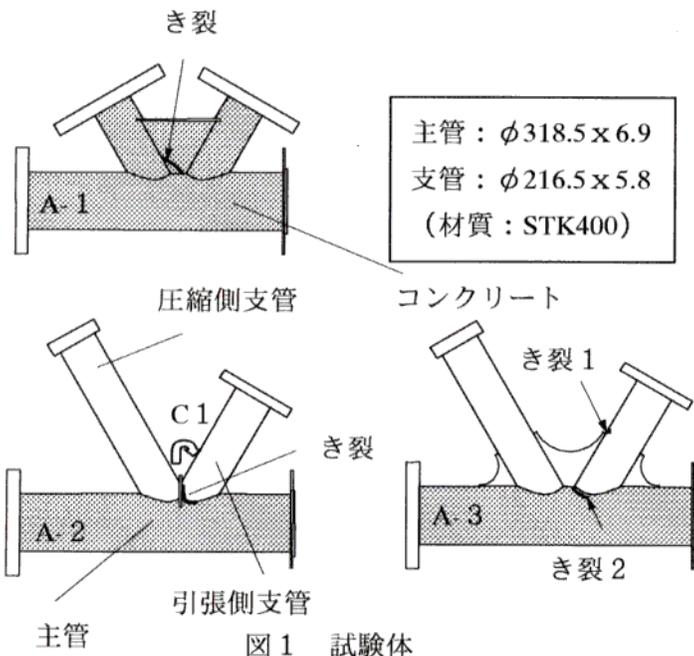


図 1 試験体

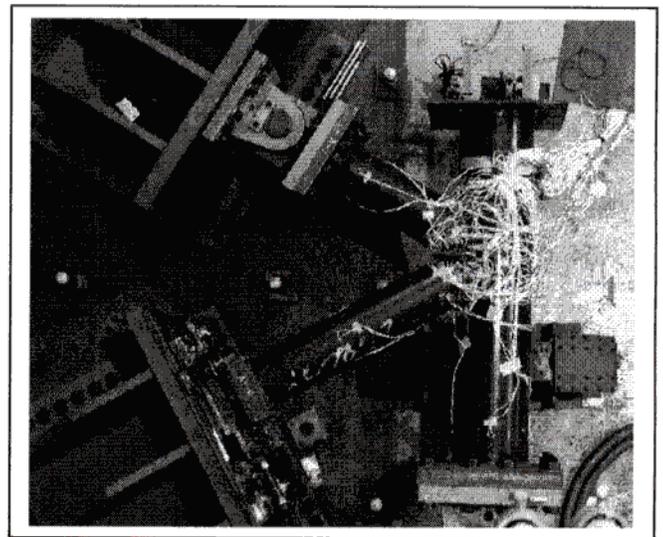


図 2 疲労試験実施状況

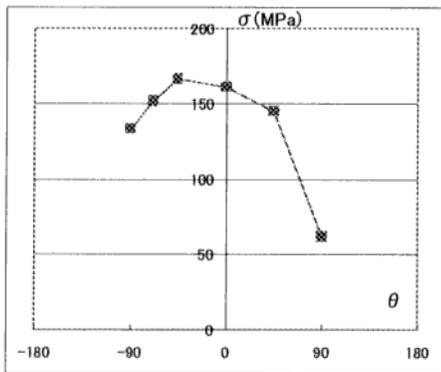
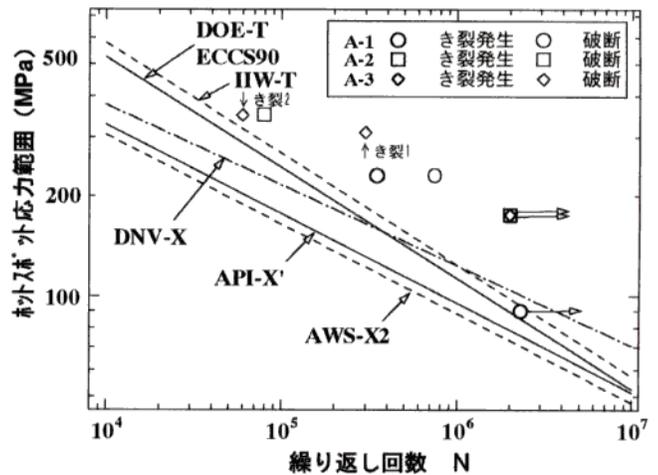


図 3 試験体 A-2

支管同士の溶接線主応力分布 (300kN 载荷, 図 1 : C1 部分)



疲労設計線図(諸外国の規格)  
図 4 疲労試験結果