

大阪大学工学部 正員 前田幸雄
 大阪大学工学部 正員 松井繁之
 大阪大学大学院 学生員 松田好史

1. まえがき

長大橋においては、補剛桁はトラスとして組むが、床版をささえる縦桁に準プレハブ化した鋼桁を使用することは、施工面からみて有利であると考えられる。しかし、縦桁の梁背が大きくなると、耐風安定性から考えて危険であり、有孔梁の開孔隅角部が充分風を通し得るという観点のもとに、縦桁として有孔梁を利用することが考えられるが、この場合有孔梁の開孔隅角部に応力集中が発生し、更に、この部分の繰返し荷重による疲労が問題になる。この研究は、ウェブに六角形の開孔を有する拡張梁について疲労実験をおこない疲労破壊性状・疲労強度等の疲労特性を見出し、橋梁用縦桁としての利用に役立てしめんとしたものである。

2. 供試体と試験目的 供試体は、H型鋼をCastellation したいわゆるハニカム梁であり、圧延H型鋼(400×200×8×13:SS41)を元桁として、拡張率1.5、開孔率0.333の有孔梁とした。その断面諸元は図-1に示す通りである。

なるべく多くの疲労特性を見出す為に、一つの供試体で左右のスパンの開孔形状(隅角部アール形状のみ)を変え二体分とした。これにより、アール付きとアール無しとの比較によるアールの効果を明らかにし、更には最適な隅角部半径を見出そうとした。また、供試体寸法を

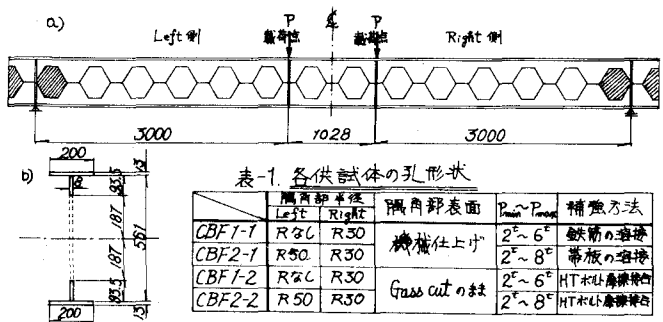


図-1 供試体の概要 (a) 載荷状況, (b) 断面諸元

長くし、多くの開孔を設けるようにした。これによると各孔で発生応力に差があり、疲労破壊発生時期が異なる為、開孔隅角部に疲労亀裂が発生すると順をお、て補修・補強をおこなうことにすれば、一本の桁だけでS-N関係が得られ、補修時に種々の補強方法を試すことが出来、有孔梁の効果的な補強方法も見出せるであろうと考えた。

なお、各供試体の孔形状の違いは、表-1に示した通りである。開孔隅角部半径は、0^{mm}、30^{mm}、50^{mm}の三種とし、隅角部表面のSmoothnessが疲労に及ぼす影響を見出す為、切断表面はGass cutのまま、機械仕上げの二通りとした。

3. 実験方法 本実験に先立ち、供試体のガス切断部、溶接線周辺の内部欠陥の有無を判定する為、超音波探傷試験、X-Ray直接写真判定をおこなった。さらに、ウェブ・フランジから一号試験片をとり出し、引張試験をおこな、て材料特性の資料を得た。

本実験の載荷は、大阪大学工学部材料構造実験室のローゼンハウゼン疲労試験機を用い

図-1に示すような二点載荷とした。開孔隅角部には如何なる応力集中が生じているか測定する為、三軸歪みゲージを貼り、フランジ・ウェブ充腹部には一軸歪みゲージを用いて歪み分布を測定した。動的載荷荷重 P_{max}, P_{min} には変動が無いよう万全を期し、その Check には、ダイナミック変位計・ロードセルを共用し、疲労亀裂の発見と自動制御には設定器及びストッパーを電気回路に接続した。

4. 実験結果と考察 フランジの歪み及びたわみに関しては、開孔隅角部のアールの差異・局部降伏・補強・繰返し数などによる影響は小さく、たわみ結果から疲労を Check するのは困難であることがわかった。歪み結果に関しては、フランジ・ウェブ隅角部の歪み分布は、やはりフィレンディールトラス的に分布すること、ウェブの歪み分布は、充腹部においては直線的に分布するが中立軸付近にポケット部の生ずること、T-Section 部においては、むしろ等分布に分布することなどが明らかになった。しかし、ウェブ隅角部の歪みに関しては非常に小さな荷重時に降伏歪みに達するが、ほぼ 2~3 cycle の Pre-loading ですばやく Shake-down し、その後は弾性的に変化すること、この弾性応力振幅は簡易計算による理論値とは応力集中の為一致しないが、図-2に示すように有限要素法による解析結果とは、良い一致を与えることが明らかになった。

ウェブ隅角部 Point 3 においては、せん断力による二次曲げの為、発生応力は大きく、全ての析でこの部分に疲労亀裂の発生をみた。この疲労亀裂の発生時期は Rなし, R30, R50 では非常に大きく異なり、例えば CBF 1-1 Rなし部分では全く実用に供し得ない繰返し数 (7.8 万回で最初の亀裂が発生後、35.7 万回で全開孔部に亀裂が発生) で疲労亀裂の発生をみたのに対し、R30 部分では繰返し数 300 万回で荷重 range を増大した後 550 万回に至っても、何ら亀裂の発生をみなかった。更に CBF 2-1 R50 部分は、ほぼ母材並みの疲労強度をもっており、このようにアールをつけることにより、疲労寿命は大幅に向上することがわかり、これらの結果をもとに図-4 に示す S-N 曲線が描かれた。補修・補強に際しては i) 鉄筋の溶接, ii) 帯板の溶接, iii) HT ボルト 摩擦接合と種々変化させた。この結果、溶接による補強は信頼性が低かったのに対し、摩擦接合は亀裂の進展を防ぐのに十分な効果があった。

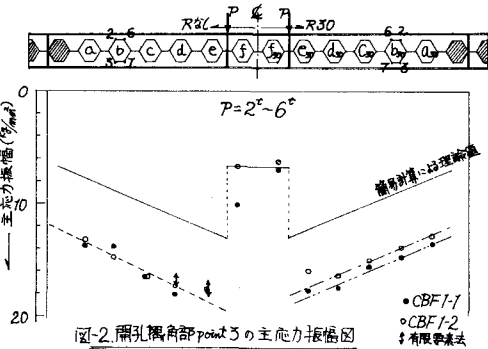


図-2 開孔隅角部 Point 3 の主応力振幅図

表-2 CBF 1-2 の疲労破壊順序

cycle (10 ⁶) of Panel-Point	cycle (10 ⁶) of Panel-Point
253 C30-3	253 C30-3
33.6 e-3	a-6
35.4 d-3	b-6
c-3	c-6
42.1 b-3	a30-3
a-3	d-6
200 with range increase	b30-3
235 C30-3	345 e-6
253 d30-3	

注: C30-3 とは R30 のパネル C アイソトスである。

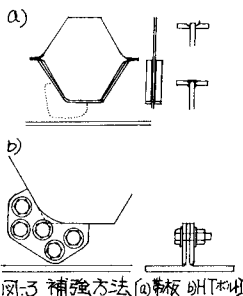


図-3 補強方法 (a) 板板 HT 板 (b) 板板 HT 板

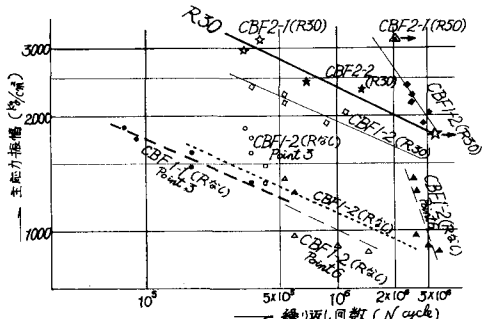


図-4 S-N 結果