

2023年度阪神高速研究助成(若手研究者助成) 研究概要書

申請者	所属 京都大学 職名 助教	フリガナ マツモト リサ 氏名 松本 理佐
共同研究者	所属 職名	フリガナ 氏名
連絡先	所属 京都大学 職名 助教	フリガナ マツモト リサ 氏名 松本 理佐
	住所 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 C1-3-251 電話 075-383-3161	
研究課題名	CFRP 板を接着したストップホールの疲労設計手法の確立	
研究結果	<p>1. 目的</p> <p>本研究では、曲面や狭隘な箇所等の高力ボルト接合の適用困難箇所に発生した疲労損傷に対する補修法として、ストップホール施工後に CFRP 板を接着補修する工法に着目し、その設計手法を確立する。対象工法では、①ストップホールの疲労寿命、②接着剤の剥離寿命が補修後の疲労寿命に影響する。したがって、①②の疲労寿命が疲労限となるように設計することが重要となる。そこで、本研究では、ストップホール径・き裂長・当て板寸法・接着材の材料特性等を考慮した①ストップホールの応力集中の推定式、②接着剤の主応力の推定式を提案し、疲労設計手法の確立を行う。</p> <p>図1に研究計画を示す。昨年度で実施が完了した箇所は紫色、未実施の箇所は水色で示している。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">図1 研究手順</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">図2 解析モデルのイメージ図</p> </div> </div> <p>2. ストップホールの応力集中係数の推定</p> <p>図2に、本研究の対象モデルを示す。貫通き裂の先端にストップホールを設け、鋼板の両面にCFRP を接着したモデルが対象である。本研究では、線形破壊力学の重ね合わせの原理に基づいて、CFRP を接着した SH の応力集中係数の理論式を提案した。算出過程の詳細は、文献[1]に記載している。ストップホールの応力集中係数の計算値と解析値の比較を図3に示す。計算値と解析値の誤差は5%以内であった。</p>	

3. 接着剤に生じる主応力の推定

突合せ継ぎ手の接着剤に生じる主応力は、 $\sigma_1 = \sigma_y/2 + \sqrt{(\sigma_y/2)^2 + \tau^2}$ で算出される。突合せ継ぎ手の接着剤に生じる主応力の理論値は、文献[2]により提案されている。本研究では、図3に示すように、き裂直上に接着したCFRPの板幅 b_p^* を当て板の有効幅とする。さらに、き裂断面位置での断面力のつり合い式(式(2))から母材の有効板幅 b_s^* を算出する。

$$b_s^* = \frac{2t_p}{t_s} \cdot \frac{\int_0^{b_p^*/2} \sigma_p(y=0) dx}{\sigma_0} \quad (2)$$

ここで、 t_s , t_p はそれぞれ母材と当て板の板厚、 $\sigma_p(y=0)$ は、文献[1]の計算過程で導出されるき裂直上の当て板に生じる応力である。CFRPの有効板幅 b_p^* と母材の有効板幅 b_s^* を文献1)で定義されている式に代入することで、接着剤の主応力を推定した。接着剤の主応力の解析値と計算値(図4)は、よく一致した。

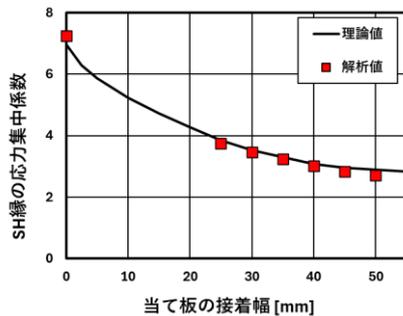


図3 SH縁の応力集中係数の推定

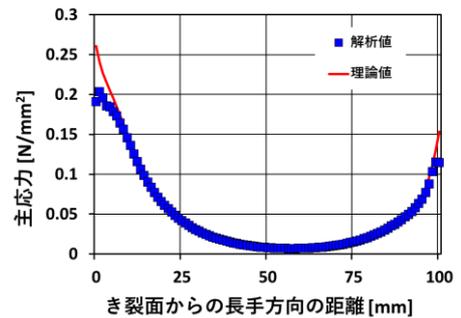


図4 接着剤に生じる主応力の推定

4. 疲労試験結果

図5に無補強のSHの疲労試験結果を示す。SH縁から発生する疲労き裂の発生寿命は、SH縁の応力範囲により決定される。また、接着剤の疲労剥離寿命は、接着剤の主応力範囲より決定される。したがって、図5には、補強したSHの応力集中係数と無補強のSHの疲労寿命より推定した、補強時のSH縁からの疲労き裂の発生寿命の推定線、補強したSHの接着剤に生じる主応力と接着剤の疲労剥離寿命より推定した、補強時のSH縁からの疲労き裂の発生寿命の推定線を示す。これらの推定線は、CFRP板の物性値・寸法により変化し、図5で示しているのは一例(CFRPのヤング率170GPa、板厚2mm)である。

図5より、今回試験を実施した条件では、CFRP板を接着した場合にSH縁からのき裂発生寿命よりも接着剤の疲労剥離寿命が早いことが予測された。ただ、CFRPを接着することで疲労寿命は3倍以上向上することが予測される。今後、引き続き疲労試験を実施し、予測手法の妥当性の検証を進める予定である。

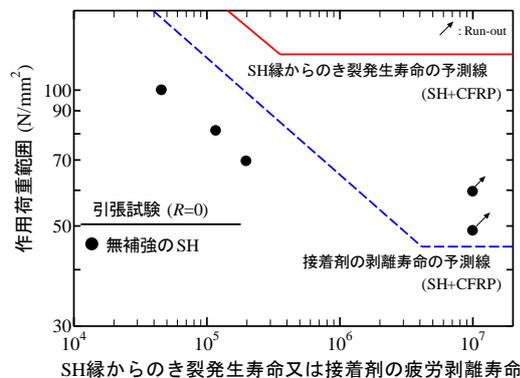


図5 無補強のSHの疲労試験結果とCFRPを接着したSHの寿命予測線

- 1) R. Matsumoto, T. Ishikawa, Y. Kitane: Estimation of stress concentration factor at stop-hole repair strengthened by bonded patches, Journal of Constructional Steel Research, Vol.213, 2024, 108421, ISSN 0143-974X.
- 2) 清水優, 石川敏之, 堀井久一, 服部篤史, 河野広隆: 当て板接着された突合せ鋼板のはく離強度の評価, 鋼構造論文集, Vol.22, No.86, 2015.