

鋼床板垂直スティフナー溶接部の疲労き裂に対するストップホールの効果

法政大学大学院 学生会員 ○阪間 大介  
 首都高速道路技術センター 正会員 大住 圭太  
 法政大学 フェロー 森 猛

1. はじめに

近年、過酷な交通荷重などにより鋼床板のデッキプレートと垂直スティフナーの溶接部に数多くの疲労き裂の発生が報告されている。このような疲労き裂の補修には、き裂の先端部に円孔を設けて疲労き裂の進展を抑止するストップホール法が用いられることが多い。しかし、その効果に関しては十分には明らかとなっていない。

本研究では、鋼床版垂直スティフナー溶接部に生じた疲労き裂に対するストップホール法の効果を明らかにすることを目的とし、モデル試験体の疲労試験を行う。

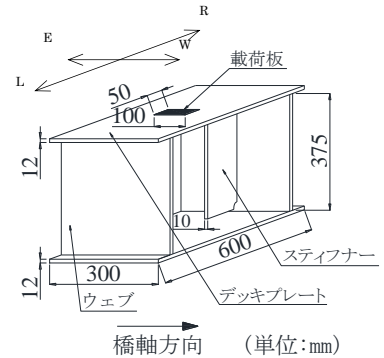


図1 試験体



写真1 疲労試験の様子

2. 疲労試験

図1に示す形状・寸法の試験体5体を用いて、疲労試験を行った。疲労試験で用いた荷重範囲は30kN(下限荷重0.3kN)、繰返し速度は5.0Hzである。疲労試験中は磁粉探傷試験と溶接止端から5mm離れた位置のひずみ測定を行い、き裂の発生・進展性状を観察した。

疲労試験の手順は以下の通りである。まず、写真1に示すように試験体に疲労き裂を発生させるために疲労試験を行う。疲労き裂の様子を写真2に示す。その後、写真3に示すように疲労き裂の先端にストップホールを空け、疲労試験を再開する。

ストップホールの設置により試験体1体で4箇所疲労き裂が再発する可能性のある箇所があるため、それらを図1に示すようにL・R、およびE・Wと区別した。ストップホールの径は22mm、面取り深さは2mmである。円孔壁は#120の砥石を用いて仕上げている。疲労試験結果を表1に示す。

疲労き裂を生じさせるための試験では、50~360万回の繰返し荷重を与えることにより、板厚未貫通の長さ27~59mmのき裂が生じた。その後、ストップホールを施

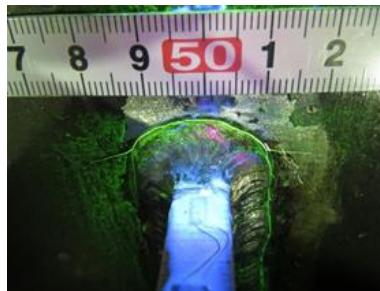


写真2 補修前(No.5 R側)

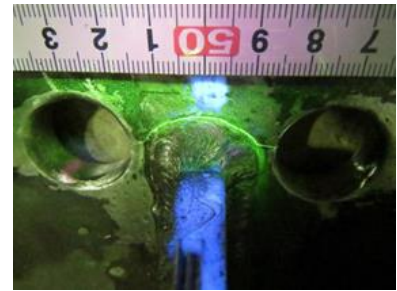


写真3 補修後(No.5 R側)

表1 疲労試験結果

試験体		SH設置前		SH設置後		
		荷重繰返し回数 (万回)	き裂長さ (mm)	デッキプレートき裂貫通の回数 (万回)	SH孔壁のき裂再発有無 荷重繰返し回数 (万回)	有無
No.1	L	200	27	SH設置時切断	1207	無
	R	200	48.5	20	1207	無
No.2	L	360	48	き裂貫通せず	945	無
	R	360	30	き裂貫通せず	945	無
No.3	L	70	58	0~80※	580	無
	R	70	48	0~80※	580	無
No.4	L	90	51	10	660	無
	R	90	59	10	660	無
No.5	L	50	42	10	620	無
	R	50	42.8	15	620	無

※データ欠損により特定できず

キーワード 鋼床板 ストップホール 垂直スティフナー 疲労き裂

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町3-7-2 法政大学大学院デザイン工学科 TEL 042-387-6287

工し、き裂直上と思われるデッキプレート上面にひずみゲージを貼付し、荷重繰返しに伴うひずみ範囲の変化を調べた。その結果の例を図2に示す。ひずみ範囲は、荷重繰返しとともに増加し、荷重繰返し数20万回時で急激に減少している。これは、デッキプレート下面からのき裂が貫通した、もしくは上面からき裂が発生したためと考えられる。デッキプレート上面から見た、疲労き裂の例を写真4に示す。疲労破面の例を写真5に示す。デッキプレート下面から生じたき裂がデッキプレートを貫通したのではなく、新たにデッキプレート上面からき裂が生じ、下面からのき裂と合体している。

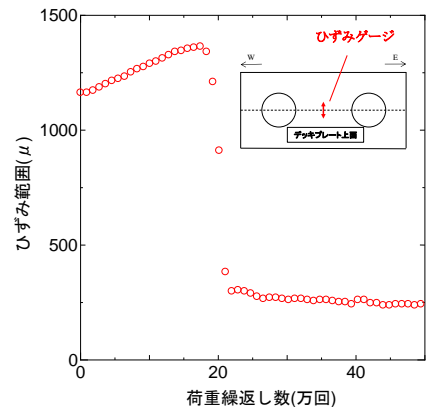


図2 ひずみ範囲と荷重繰返し数の関係 (No.1 R側)

ストップホール設置後、580~1207万回の疲労試験を行った。試験後、ストップホール壁を磁粉探傷法で観察したが、疲労き裂の再発はいずれの試験体においても認められなかった。その例を写真6に示す。このように、ストップホールには高い補修効果がある。

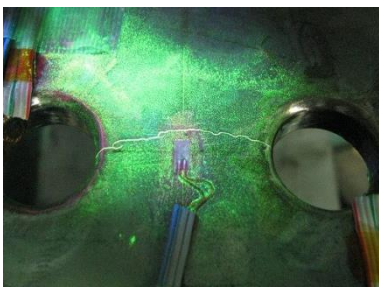


写真4 疲労き裂例 (No.1 R側)



写真5 疲労破面例 (No.1 R側)

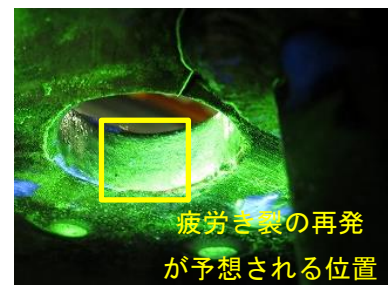


写真6 孔壁例 (No.3 RW部)

### 3. ストップホール設置によるき裂発生・進展に対する影響

ストップホールの設置は、デッキプレート下面からのき裂の進展、および、デッキプレート上面からのき裂の発生を早める可能性があると考えた。そのため、き裂深さ8.5mm、き裂長さ58mm(アスペクト比0.29)のデッキプレート未貫通き裂を有する解析モデルをストップホール設置前と設置後について作成し、き裂深さ方向先端の応力拡大係数(K値)と、デッキプレート上面の橋軸直角方向応力を求めた。なお、ストップホールは疲労試験と同様に、直径を22mm、面取り深さを2mmとした。解析モデルの要素分割図を図3に示す。解析より求めたき裂先端のK値は、ストップホール設置前で $594\text{N}/\text{mm}^{3/2}$ 、ストップホール設置後で $830\text{N}/\text{mm}^{3/2}$ であった。また、デッキプレート上面の橋軸直角方向応力は、ストップホール設置前で $554\text{N}/\text{mm}^2$ 、ストップホール設置後で $728\text{N}/\text{mm}^2$ であった。したがって、ストップホールの設置によりデッキプレート下面から生じた疲労き裂の進展、および、デッキプレート上面からのき裂の発生が早まるものと考えられる。

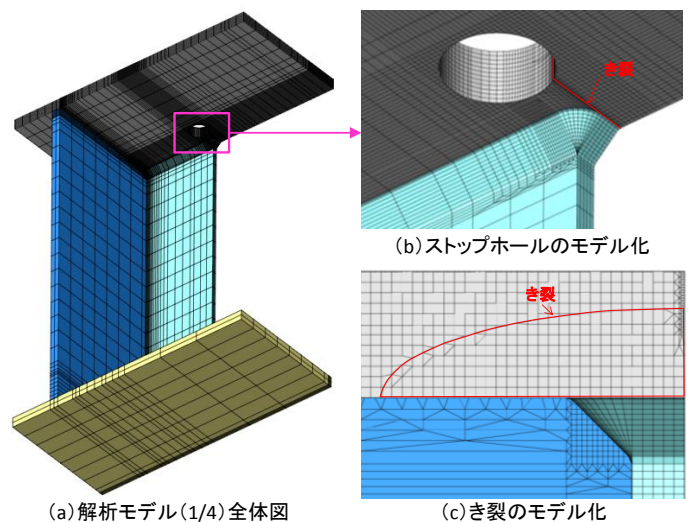


図3 要素分割図

### 4. まとめ

鋼床板垂直スティフナー溶接部に生じる疲労き裂に対してストップホール法が高い補修効果を有することを明らかにした。