

鋼床版の垂直補剛材形状が疲労強度に与える影響に関する疲労試験

JFE エンジニアリング(株) ○正会員 志賀 弘明
 首都高速道路 (株) 正会員 津野 和宏
 首都高速道路 (株) 正会員 山本 泰幹

1. はじめに

近年、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材上端部との溶接部に疲労き裂が発生し、デッキプレートを貫通する損傷が報告されている¹⁾。この疲労損傷に対して、図-1 のように垂直補剛材上端部にウェブギャップを設けることが対策として有効であることが解析により確認されている²⁾。本試験は、これらの垂直補剛材の疲労強度を確認するために実施したものである。

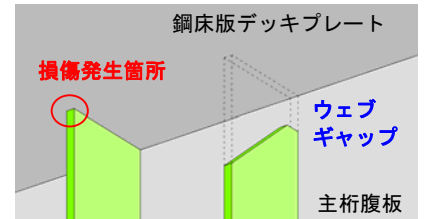


図-1 ウェブギャップ構造 (右側)

2. 供試体および試験概要

供試体および垂直補剛材の形状を図-2 に、補剛材の諸元を表-1 に示す。補剛材1は、従来タイプの垂直補剛材上端部に止端仕上げ³⁾を施したもので、補剛材1~3は、垂直補剛材上端部にウェブギャップ(D=35, 50, 75)を設け、止端仕上げ³⁾を施したものである。載荷荷重は、静的載荷・動的載荷とも、1つの垂直補剛材に対して100kNとし、トラックのダブルタイヤを模して200mm×200mmの載荷板2枚を橋軸直角方向に100mm間隔で設置した。また、載荷梁を用いて対角位置の補剛材1と4、補剛材2と3をそれぞれ同時に載荷した。

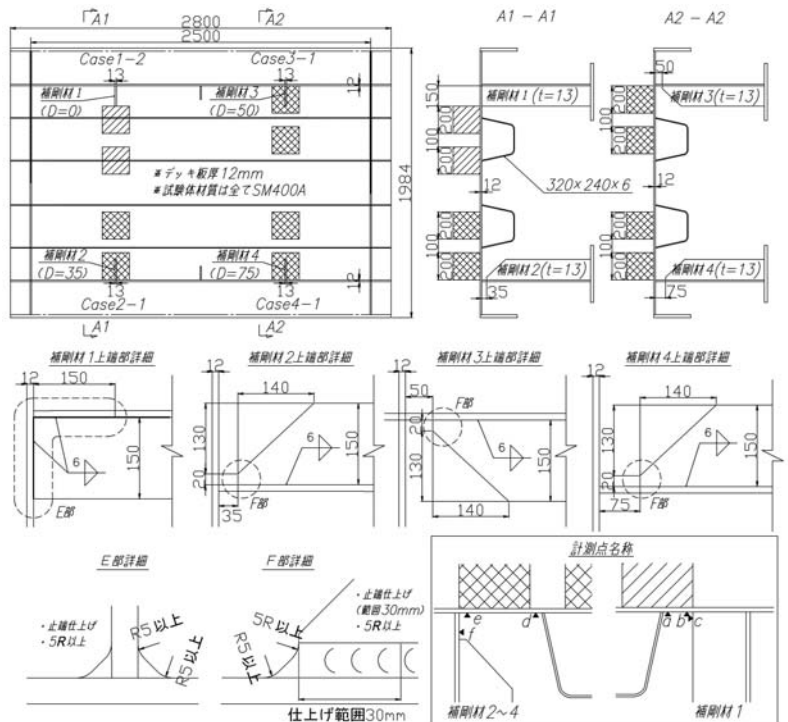


図-2 供試体および計測点名

3. 静的載荷試験

3-1. 載荷ゴム厚の影響

供試体と載荷板の間に設置する載荷ゴムが薄いと支圧面の面圧が一定とならず、トラックのタイヤによるデッキプレートの局部変形を再現できない⁴⁾。本試験では、補剛材1と4について、それぞれ載荷ゴム厚を10mmと40mmと変えて図-2の計測点a~fの応力を計測した。結果を表-2に示す。補剛材1, 4とも載荷ゴム厚40mmの応力状態がFEM解析結果に近く、解析による挙動をよく再現できているものと考えられる。特に従来タイプの補剛材1の載荷ゴム厚が10mmの場合、計測点aの応力はFEM解析結果と比べて正負が逆となっている。これは載荷ゴム厚が薄く、デッキプレートの変形に追従できていないことによるものと考えられる。

3-2. 補剛材形状の影響

図-3に示す応力計測結果より、ウェブギャップが50mmおよび75mmの場合、35mmに対して補剛材先端部(計測点f)の局部応力が大きく低減されていることが分かる。

表-1 補剛材諸元

補剛材	補剛材タイプ	止端仕上げ	静的載荷	動的載荷
補剛材1	従来タイプ	○	○	○
補剛材2	ウェブギャップD=35mm	○	○	-
補剛材3	ウェブギャップD=50mm	○	○	-
補剛材4	ウェブギャップD=75mm	○	○	○

表-2 応力計測結果 [Mpa]

計測点	補剛材	試験結果		FEM解析
		止端近傍応力		止端近傍参考値
		ゴム厚10mm	ゴム厚40mm	
a	補剛材1 (従来タイプ)	56	-14	-49
		-79	-194	-295
		-325	-241	-240
d	補剛材4 (改良タイプ)	-91	-126	-120
		-89	-104	-104
		-107	-109	-120

※a, dは溶接止端から10mm離れた計測点, b, c, e, fは溶接止端から4mm離れた計測点である。

キーワード：鋼床版, 疲労試験, 疲労き裂, ウェブギャップ, 仕上げ, 疲労強度, 載荷ゴム

連絡先：〒230-8611 神奈川県横浜市鶴見区末広町2-1 JFE エンジニアリング (株) TEL 045-505-7555

3-3. 疲労寿命の予測

補剛材1と4の静的載荷試験結果を用いて、日本鋼構造協会(JSSC)の手法⁵⁾および国際溶接学会(IIW)の手法⁶⁾によりそれぞれホットスポット応力を算出し、疲労寿命を求めた。各手法と本試験の計測点との関係を図-4に、計算結果を表-3に示す。ホットスポット応力算出手法により、計算結果にはばらつきがあることが分かる。補剛材1と4のそれぞれホットスポット応力が最大となる部分での

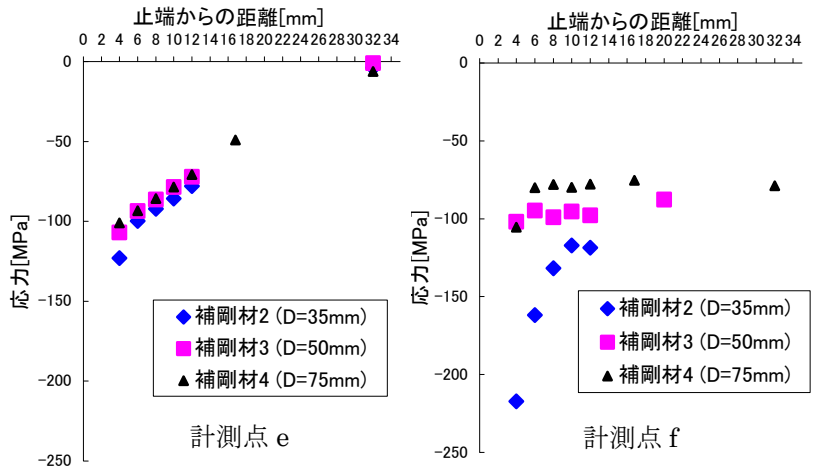


図-3 止端からの距離と応力計測結果

IIWによる疲労寿命は、補剛材1が2万回程度、補剛材4が125万回程度であり、垂直補剛材上部部にウェブギャップを設ける構造ディテールが疲労強度を向上させる効果を有すると言える。

4. 動的載荷試験

動的載荷試験では、補剛材1と4に対して500万回まで載荷したが、疲労き裂は発生せず、いずれも疲労強度は予測した疲労寿命を大きく上回る結果となった。これは、止端仕上げの影響の可能性もあるものと考えられる。

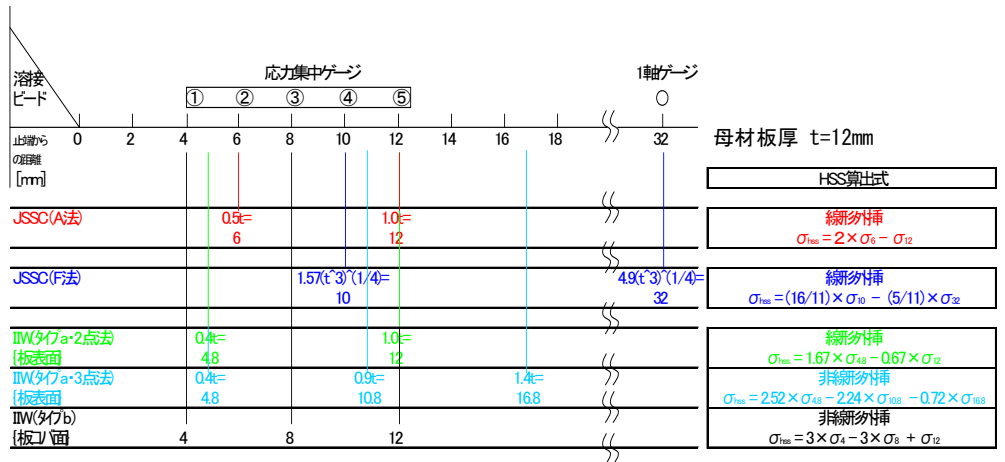


図-4 ホットスポット応力算出位置と計測点の関係

5. まとめ

本試験より、以下の知見が得られた。

- JSSC と IIW の手法を用いて静的載荷試験結果から疲労寿命を算出したが、動的載荷試験では従来タイプ+仕上げの補剛材1, ウェブギャップ75mm+仕上げの補剛材4ともに予測を大きく上回る疲労強度を示した。
- 垂直補剛材上部部にウェブギャップ50mm~75mm程度を設ける構造は、疲労き裂の原因となる局部応力の低減に有効であり、施工性を考慮するとウェブギャップは75mmが好ましい。
- 従来タイプの垂直補剛材であっても、止端仕上げを実施することで疲労強度が向上する可能性がある。ただし、本試験は一つのサンプルに過ぎず、仕上げの効果を定量的に把握するには、多くのサンプルが必要であるものと考えられる。

表-3 疲労寿命計算結果 [万回]

計測点	JSSC		IIW		タイプb	
	A法	F法	タイプa			
			2点法	3点法		
補剛材1	b	19.2 ^{I)}	39.9 ^{I)}	22.9 ^{III)}	18.4 ^{III)}	-
	c	9.8 ^{II)}	29.4 ^{II)}	-	-	2.0 ^{V)}
	e	59.7 ^{II)}	67.4 ^{II)}	116.2 ^{IV)}	125.4 ^{IV)}	-
補剛材4	f	323.1 ^{I)}	347.8 ^{I)}	207.5 ^{III)}	157.5 ^{III)}	-

※疲労強度等級は、各要領より下記の通り設定した。
 I): JSSC・D(100), II): JSSC・E(80),
 III): IIW・FAT112, IV): IIW・FAT100, V): IIW・FAT90

参考文献

- 1) 三木他：鋼床版箱橋のデッキプレート近傍に発生した疲労損傷の原因，土木学会論文集 No. 780/ I -70, pp. 57-69, 2005. 1
- 2) 山本他：鋼床版デッキプレートと垂直補剛材溶接部の改良ディテールの局部応力の検討，土木学会第60回年次学術講演会講演概要集, 2005. 9
- 3) (社) 日本橋梁建設協会：道路橋疲労設計資料, p. 111, H15. 10
- 4) 尾上他：鋼床版のデッキプレートとUリブの溶接ルート部の疲労き裂に対する試験システムの構築，土木学会西部支部論文集 P. 115-116, 2007
- 5) (社) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993. 3
- 6) International Institute of Welding: IIW document X III-2151r1-07/X V -1254r1-07, May 2007