

炭素繊維シートによる鋼構造物の補修・補強効果に関する実験的研究

トピーエンジニアリング株式会社○鈴木佳美 トピー工業株式会社 正員 山田 聡
新日本製鐵株式会社 島田政紀 日鉄コンポジット株式会社 岸本宏一
名古屋大学 正員 山田健太郎

1. はじめに

土木分野では炭素繊維シートは通常コンクリート構造物の補修・補強に主に用いられているが、その補強効果は、鋼構造物に対しても適用が考えられる。これまで、鋼の疲労強度に対する炭素繊維補強効果は実施事例、研究事例ともに数は少なく、定量的な把握はなされていない。そこで、応力集中部を有する模式的な試験体を製作し、疲労試験を行うことで、炭素繊維シート貼り付けによる疲労き裂発生 の抑制、また、発生した疲労き裂の進展を遅延する効果が認められるかどうかを検証する。

2. 試験体

試験体の概略を図-1 に示す。本試験に用いた鋼材、シート、接着用の樹脂の物性値を表-1 に示す。また、試験体の炭素繊維シートの貼り付け方法を表-2 に示す。A 系列は 5mm φ の孔あき試験体で製作数は 16 体、B 系列は L=30mm のガセットを面外方向に溶接した試験体で製作数は 18 体である。

3. 疲労試験

3.1 き裂発生寿命抑制効果

炭素繊維シートにより、き裂を発生することが抑制できるかを確認するため、試験体にシートを貼り付けたものと貼り付けないもので疲労試験を行い、比較を行った。

(1) 孔あき試験体

孔あき試験体の試験結果を図-2 に示す。シートなしの試験結果から、200 万回疲労強度は約 100MPa であるが、シートありでは、試験結果にばらつきが多いが、200 万回疲労強度は約 120MPa となり、約 2 倍の寿命となった。また、シートを両面に貼っても寿命には差は見られない。

つぎに、破断様式について、シートありは孔部にき裂が発生した段階でき裂上の樹脂が剥離(あるいは破断)し、最終的には試験体の破断とともに、シートの接着面が剥離、あるいはシートが破断した。

(2) ガセット試験体

ガセット試験体の試験結果を図-3 に示す。シートなしの試験結果から、200 万回疲労強度は約 100MPa(JSSC D 等級程度)となり、通常のガセット継手の基準である F 等級(65)に対しやや大きめの値になった。これに対し、シ

ートありでは、試験結果にばらつきがあるが、200 万回疲労強度は約 160MPa となり、約 4 倍の寿命となった。また、シートを両側に 1 枚ずつ貼ったものでは、むしろ寿命は短くなる傾向を示し

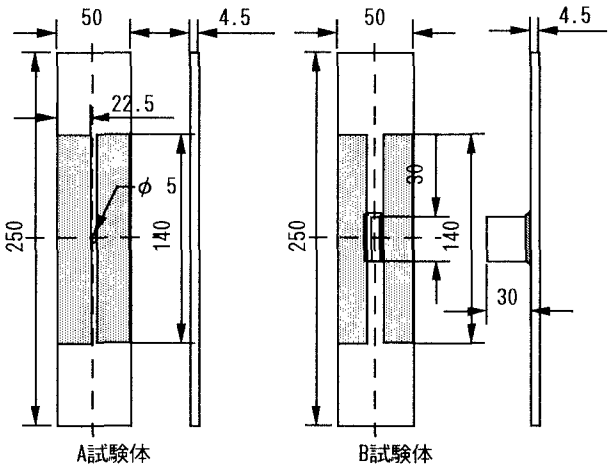


図-1 試験体

表-1 各材料の物性値

鋼材	材質	SS400
	板厚(mm)	4.5
	降伏点(MPa)	235
	引張強度(MPa)	400
	弾性係数(GPa)	206
炭素繊維シート	炭素繊維目付け(g/m ²)	300
	密度(g/cm ³)	2.12
	厚み(mm)	0.143
	引張強度(MPa)	1900
	弾性係数(GPa)	640
樹脂	引張強度(MPa)	29
	せん断強度(MPa)	9.8
	弾性係数(GPa)	3.0
	ポアソン比	0.3

表-2 試験体系列

試験体		シートなし	片面(2枚)	両面(各1枚)
孔あき試験体(A 系列)	発生抑制	5	3	1
	進展遅延	3	3	1
ガセット試験体(B 系列)	発生抑制	2	3	1
	進展遅延	5	6	1

た．これは、き裂発生点である溶接止端部側にシートを2枚貼るほうが効果が大きいと考えられる．最終的には試験体の破断とともに、シートの接着面が剥離、あるいはシートが破断した．

3.2 き裂進展抑制効果

き裂の進展を抑制できるかを確認するため、まず、シートなしの状態での疲労試験を行い、初期き裂幅として 6～15mm 程度のき裂を発生させた時点でそこまでの繰返し数を記録し、その後、シートを貼り付けたものと貼り付けないもので疲労試験を続行し、破断までの寿命比較を行った．

一例として、ガセット試験体の試験結果を図-4に示す．グラフ中の三角形のシンボルはある一定のき裂長まで達したときの繰返し数 N を示しており、その状態からシートなしのまま破断まで試験を行ったものを白丸のプロットで、シートを貼り付けて破断まで試験を行ったものを半白丸で示す．矢印の長さはその初期き裂長から破断までの寿命を示しており、同じ初期き裂長であれば矢印が長いほうが余寿命が長いことを示す．この結果、初期き裂長が 10mm 以上（き裂が板厚を貫通）したものは遅延効果はほとんどないが、10mm 以下（板厚貫通前）であれば、遅延効果があると考えられる．

また、破面観察の結果から、シートを貼り付けることにより、貼らないものに比べてき裂形状は円形に近づいており、き裂の幅方向の応力拡大係数 ΔK が深さ方向に比べ相対的に小さくなっていると考えられる．

4. まとめ

- 以上の試験により、以下の結果が得られた．
- 1) 初期状態から炭素繊維シートを貼ることにより、疲労寿命は平均で 2～4 倍になるが、ばらつきは大きい．
 - 2) ガセット試験体では、シートの効果でき裂形状が円形に近くなり、き裂発生後の進展寿命が延びる．

ただし、今回の試験はき裂進展方向の板幅が 50mm と狭く、き裂先端の応力拡大係数 ΔK が非常に大きくなる領域で試験を行ったため、特に進展挙動に関してはシートの効果は相対的に小さくなっているとも考えられる．したがって、実構造物での効果を確認するために、さらにき裂進展方向の幅が十分な（より実物大に近い）試験体で行う予定である．

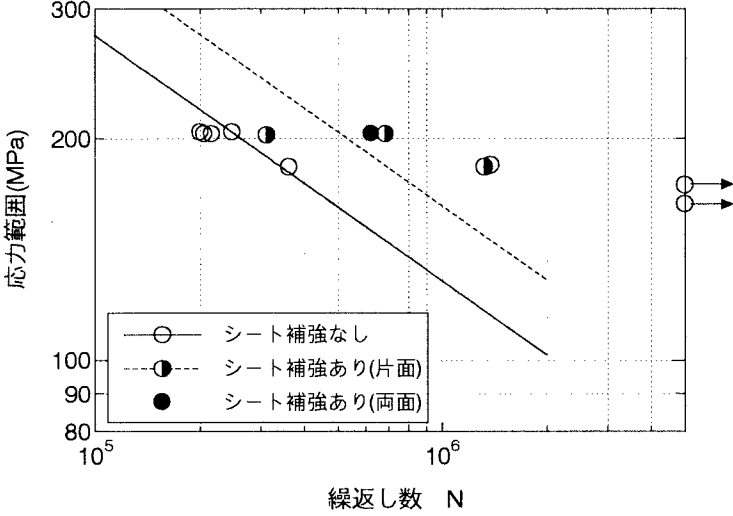


図-2 孔あき鋼板の疲労試験結果

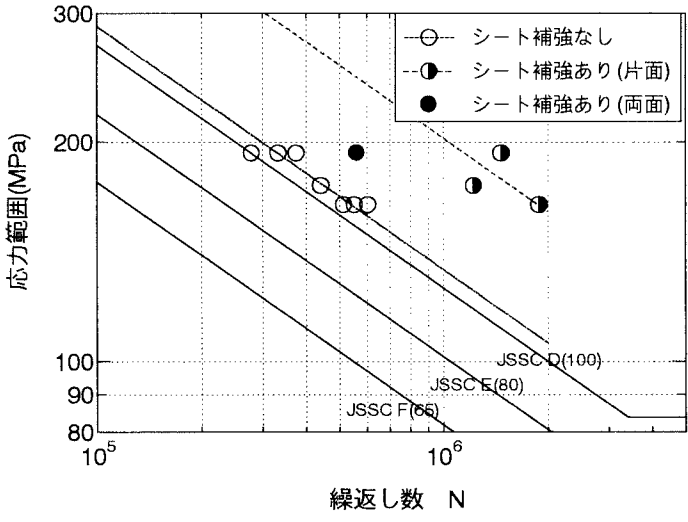


図-3 ガセット試験体の疲労試験結果

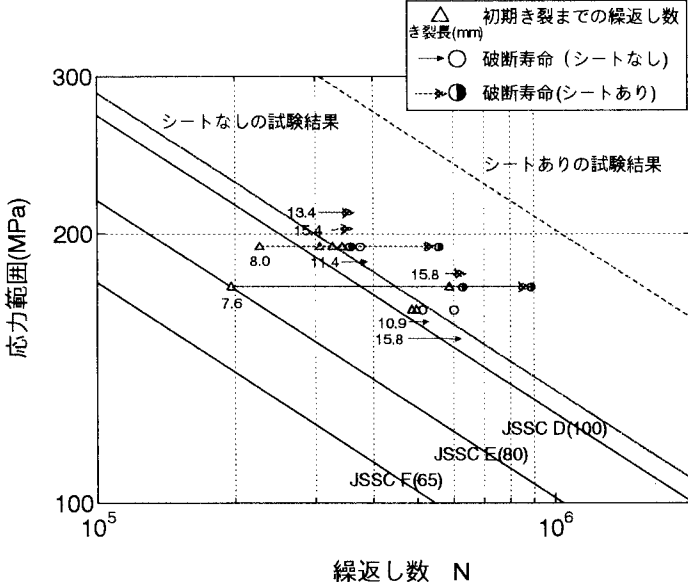


図-4 ガセット試験体のシートによるき裂進展遅延効果