土木学会第 55 回年次学術講演会　講演概要（2000 年 9 月）

炭素繊維シートが鋼板疲労亀裂の伝播を抑制する効果

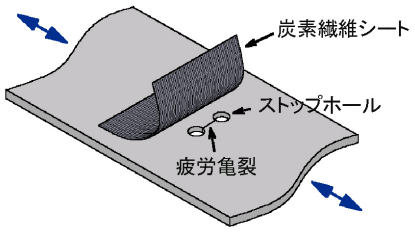
大阪大学大学院　学生員　中村圭吾
三菱重工業㈱　正会員　福井唯夫　大阪大学大学院　正会員　大倉一郎
ショーボンド建設㈱　松上泰三　三井造船㈱　正会員　祝　賢治

1. はじめに

コンクリート構造物の補修に炭素繊維シートが適用された事例は既にあるが，鋼構造物の補修に炭素繊維シートが適用された事例は著者等が知る限りではない．

著者等は，鋼橋に発生した疲労亀裂の補修法として，図－1 に示すように，疲労亀裂の先端にストップホールを設け，その上に炭素繊維シートを付着させることを考えている．炭素繊維シートを鋼板に付着させることに特別な技術や作業足場を必要としないので，この補修法は，溶接や添接板を用いるこれまでの補修法と比べて，非常に経済的である．

本研究は，炭素繊維シートにより，亀裂を有する鋼板の疲労寿命が改善される効果について報告するものである．



図－1　炭素繊維シートによる補修法

2. 試験片

疲労試験片を図－2 に示す．試験片に用いた鋼材は SS400 である．図－2（a）は，中央に直径 24.7 ㎜の円孔を 1 つ設けた試験片である．図－2（b）は，中央に直径 25 ㎜の円孔を 2 つ設け，その間を切断した試験片である．これらの試験片の中央部に，長さ 260 ㎜の炭素繊維シートを板幅全面に貼付けた．炭素繊維シートの繊維方向は，荷重の作用方向と同じである．炭素繊維シートの貼り方を図－3 に示す．この図は試験片の中央横断面である．今回用いた鋼板，炭素繊維シートおよびエポキシ樹脂の材料特性および鋼板の実測板厚を表－1 に示す．

表－1　材料特性

鋼材

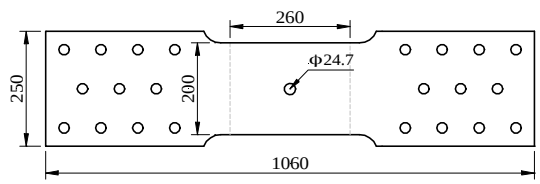
材質		SS400
実測板厚 (mm)		9.075
降伏応力 (MPa)	上降伏点	313.8
	下降伏点	300.5
引張強さ(MPa)		435.1
伸び　(%)		29.0
ヤング率 (GPa)		204.2

炭素繊維シート

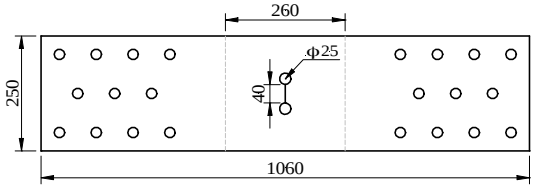
炭素繊維目付け (g/m^2)	309.5
密度 (g/cm^3)	1.83
1層の換算厚さ(mm)	0.169
引張強さ(MPa)	4020
ヤング率 (GPa)	437.3

エポキシ樹脂

引張強さ(MPa)	47.6
ヤング率 (GPa)	3.3
ポアソン比	0.4
せん断強さ　(MPa)	16.0

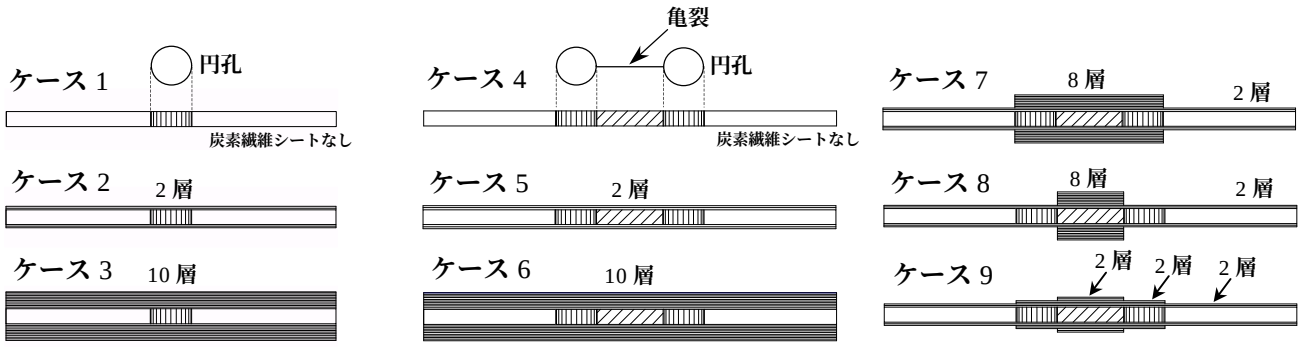


（a）1 つ円孔を有する試験片



（b）2 つ円孔を有する試験片

図－2　疲労試験片



図－3　炭素繊維シートの貼り方

キーワード：炭素繊維シート，鋼板，疲労，補修，ストップホール
連絡先：〒565-0871　大阪府吹田市山田丘 2-1　TEL 06-6879-7620　FAX 06-6879-7621

3. 疲労試験の結果

(1) 1つ円孔を有する試験片　試験結果を図－4に示す．図の横軸は繰返し回数で，縦軸は円孔端の応力範囲を降伏応力で基準化したものである．円孔端の応力範囲はFEM解析により次式で推定した．

1つ円孔を有する試験片　$\sigma_m = 3.131\sigma_{sn}$

2つ円孔を有する試験片　$\sigma_m = 5.622\sigma_{sn}$

ここに，σ_m：円孔端の応力

σ_{sn}：荷重を鋼板の総断面積で除した値

炭素繊維シートを付着させた試験片の$\Delta\sigma_m$は，炭素繊維シートを付着させていないと想定した場合の応力範囲である．図には比較のため，過去の試験結果[1)]も示してある．

過去の試験結果およびケース1とケース2の比較から分かるように，炭素繊維シートを2層付着させることによって，疲労寿命が大幅に改善される．ケース3が示すように，炭素繊維シートを10層付着させた場合，疲労寿命改善効果は全くなかった．これは，疲労試験開始前の静的載荷において炭素繊維シートが剥離したからである．

(2) 1つ円孔と2つ円孔の比較　ケース1，2，4，5の結果を図－5に示す．ケース2が示すように，1つ円孔を有する鋼板に2層付着させた場合，約15.6倍疲労寿命が改善される．ケース5が示すように，2つ円孔を有する鋼板に2層付着させた場合，約33.5倍疲労寿命が改善される．したがって，1つ円孔を有する鋼板よりも，2つ円孔を有する鋼板の方が，炭素繊維シートによる疲労寿命改善効果が大きいと言える．

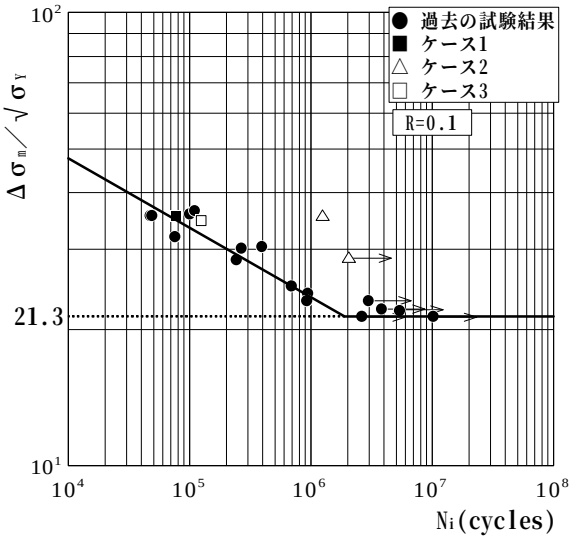
(3) 炭素繊維シートの貼り方　試験結果を図－6に示す．$\Delta\sigma_m/\sqrt{\sigma_Y}$が43.0のとき，ケース5は252.3万回で疲労亀裂が入らなかったので，$\Delta\sigma_m/\sqrt{\sigma_Y}$を48.0に上げて疲労試験をしたところ，32.0万回で疲労亀裂が入った．しかし，ケース6～9は$\Delta\sigma_m/\sqrt{\sigma_Y}$が43.0で疲労亀裂が発生した．したがって，2層付着の炭素繊維シートが最も疲労寿命を改善させる．$\Delta\sigma_m/\sqrt{\sigma_Y}$が43.0のときのケース6～9の疲労寿命から分かるように，2層より多い積層数の部分が大きいほど，疲労寿命が短くなった．これは，2層より多い積層数の部分が，疲労試験開始後，ただちに剥離したためである．

4. 結論

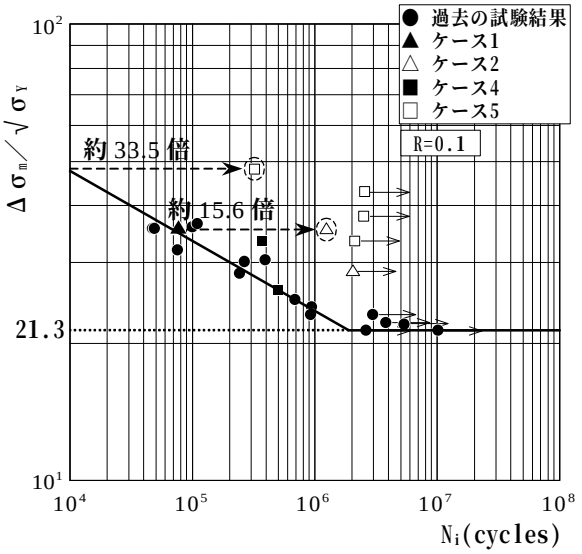
厚さ9㎜程度の鋼板においては，炭素繊維シートを2層付着させることで，疲労寿命が大幅に改善される．

参考文献

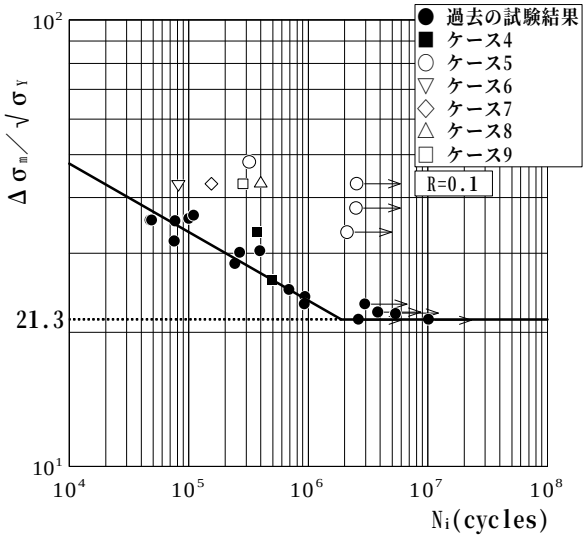
1) 大倉一郎，石川敏之：ストップホールから疲労亀裂の発生を防止する条件，鋼構造年次論文報告集，第7巻，pp.181-188，1999.



図－4　1つ円孔を有する試験片の結果



図－5　1つ円孔と2つ円孔の比較



図－6　炭素繊維シートの貼り方