

(I - 33) ボルト締めストップホール法による疲労損傷の補修効果に関する一考察

法政大学 学生員 ○薩川 能成
法政大学 正 員 森 猛

1. はじめに 鋼橋などに生じた疲労損傷を補修する方法の一つにストップホールを用いる方法がある。これは鋭い疲労亀裂先端に円孔を明け、応力集中を軽減することにより疲労強度の向上を計る方法である。また、ストップホールをボルト締めすることにより、応力集中はさらに軽減される（ここではボルト締めストップホール法と呼ぶ）。これはボルトの締め付け力に起因する母板とワッシャー間の摩擦で力を伝達するためである。そのため、ボルト締めした場合の応力集中に対しては、母板の板厚の影響が大きいと考えられる。そこで、本研究では、ボルト締めストップホール法の効果及びそれに対する板厚の影響を明らかにすることを目的とし、三次元有限要素法を用いた応力解析を行う。

2. 解析対象 解析対象を図1に示す。Aタイプは平板中央に円孔を明けたものであり、Bタイプはウェブガセット部に生じた疲労損傷を模擬したものである。板厚は表1に示すように6, 9, 12, 16, 24, 25 mmとした。円孔の直径は18 mmとし、ボルトは F 1 0 T M 1 6 を想定した。また、ヤング率は $2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比は0.3とし、等分布荷重を作用させた。解析モデルは対称性を考慮し、1/8に分割したモデルとした（図2参照）。

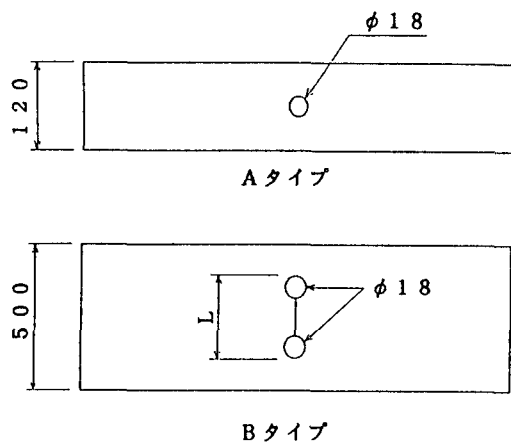


図1 解析モデル

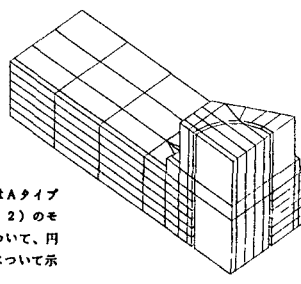


図2 要素分割図

表1 解析対象

	t (mm)	L (mm)	応力集中係数*	
			円孔のみ (α_1)	ボルト締め (α_2)
A	6	—	2.633	0.761
	9	—	2.666	1.146
	12	—	2.687	1.465
	16	—	2.700	1.784
	24	—	2.699	2.168
B	25	—	2.697	2.200
B	6	60	4.398	0.851
	12	60	4.495	1.722
	24	60	4.567	2.825
	6	100	5.179	0.798
	12	100	5.294	1.652
B	24	100	5.387	2.763
	6	200	5.942	0.865
	12	200	6.097	1.999
	24	200	6.198	3.613

* 応力集中係数はいずれも板厚中心での値
t: 板厚 L: 補修部の長さ

3. 解析結果 図3にストップホール壁での板厚方向の応力分布を示す。図中の応力は、円孔を含む純断面での公称応力で無次元化したものである。ここではAタイプ、Bタイプ (L=100 mm) それぞれ板厚6, 12, 24 mmについて、円孔のみの場合とボルト締めした場合とを比較している。ストップホール壁における応力集中は、ボルト締めすることにより大幅に緩和されている。また、応力は板厚中心部から表面部に近づくにつれて小さくなり、特にボルト締めした場合には、母板とワッシャー間の摩擦により力が伝達されるため、その傾向が顕著に現れている。

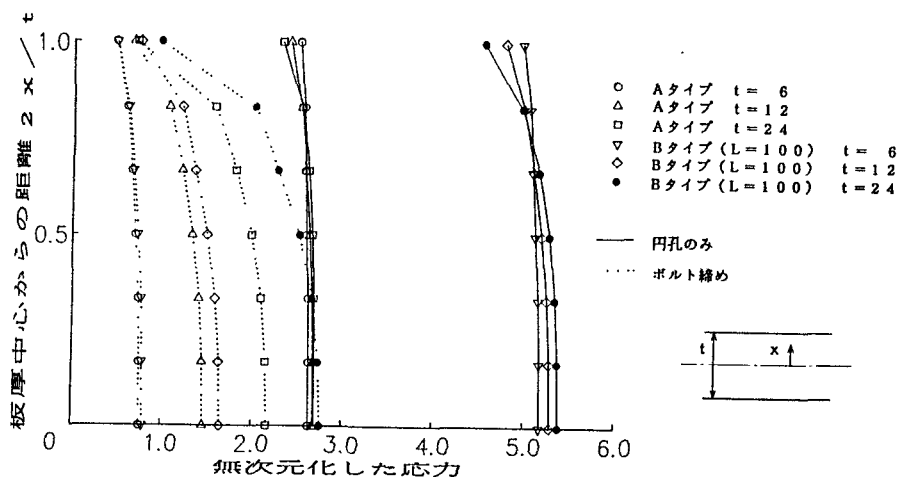


図3 ストップホール壁での応力分布

ボルト締めによる応力の軽減を明確にするため以下のように応力緩和係数を定義した。

$$\text{応力緩和係数} = \alpha_2 / \alpha_1$$

α_1 : 円孔のみの応力集中係数
 α_2 : ボルト締めした場合の応力集中係数
 α_1, α_2 ともに板厚中央の値である (表1 参照)

応力緩和係数と板厚の関係を図4に示す。いずれの場合も板厚が大きくなるにつれて緩和係数が小さくなり、ボルト締めの効果が希薄となることがわかる。また、AタイプよりもBタイプの方がボルト締めによる効果が高くなることわかる。

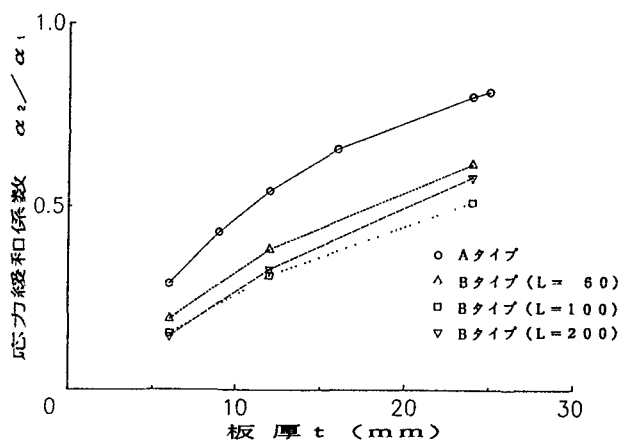


図4 応力緩和係数と板厚の関係

4. まとめ

ストップホール周辺の応力解析を行うことにより以下の結果が得られた。

- (1) ストップホールをボルト締めすることにより円孔壁での応力集中は軽減され、疲労強度の向上が期待される。
- (2) 板厚が大きくなるに従ってボルト締めの効果は小さくなり、疲労強度の改善効果も小さくなる。