

I-74

終局強度設計のための有孔補剛板の孔補強と圧縮耐荷力

大林組 正員 松田誠治
 広島大学工学部 正員 藤井 堅

1. まえがき

箱形断面の橋梁やラーメン橋脚には、一般に補剛板が用いられることが多いが、架設・保守点検のために孔を設けなければならない場合がある。このような孔を有する補剛板は、開孔による断面欠損に伴う剛性低下、応力集中が発生し耐荷力は低下する。そのため、孔周辺を補強する必要があるが、終局強度設計の観点から、その補強方法および補強効果について検討した研究は十分ではないようである。そこで、本研究では、孔周辺を補強する方法としてダブリング方法¹⁾を採用し、弾塑性非線形有限要素法解析²⁾を行い、ダブリングプレート³⁾の形状および板厚の変化が、縦補剛材が孔により切断された有孔補剛板の圧縮耐荷力に及ぼす影響について検討した。

2. 解析方法

解析に用いる供試体モデルは、図-1に示すように縦補剛材が3本等間隔に配置された正方形補剛板（ $A=B=1600\text{mm}$, $t=20\text{mm}$ ）であり、板パネル中央部に小判型孔を設けるため真ん中の縦補剛材が切断されている。縦補剛材がダブリングプレート³⁾を通過する部分のスラップは考慮していない。補剛板の決定の際には、道路橋示方書の規定を満足するようにした。有限要素法解析においては、板パネル面外方向に周辺単純支持の条件で、板パネルと縦補剛材に一樣な強制変位を与えた。また、初期不整として、板パネル全体と縦補剛材で区切られた部分パネルについて正弦波を与えた。解析領域は対称性を考慮し1/4領域とした。補剛板については形状寸法を一定とし、ダブリングプレートについては、次の3項目に着目した。

（1）ダブリングプレートの隅角部の曲率半径の変化が終局強度に及ぼす影響：図-1でダブリングプレートの隅角部の曲率半径 R を0から400mm（長方形型から小判型）まで変化させた補強モデル（ $R1\sim R8$ ）と無孔補剛板モデルSP、無補強有孔補剛板モデルSHを解析（ $h_s=210\text{mm}$, $t_s=20\text{mm}$, $A_d=987\text{mm}$, $B_d=787\text{mm}$, $t_d=30\text{mm}$, 縦補剛材剛比3.23）

（2）ダブリングプレートの板厚の変化が終局強度に及ぼす影響：図-1のダブリングプレートの板厚 t_d を10mmから45mm（ $0.50 < t_d/t < 2.25$ ）まで変化させた補強モデル（ $H1\sim H8$ ）と無孔補剛板モデルHSPを解析（ $R=120\text{mm}$, $h_s=180\text{mm}$, $t_s=20\text{mm}$, $A_d=987\text{mm}$, $B_d=787\text{mm}$, 縦補剛材剛比2.14）

（3）開孔部の欠損断面積とダブリングプレートの補強断面積を等しくするような条件下で、ダブリングプレートの幅 B_d （圧縮軸直角方向）と板厚 t_d を変化させる場合の終局強度に及ぼす影響：補強モデル（ $D1\sim D7$, SC, 表-1参照, SCは縦補剛材がダブリングプレート³⁾を通過する部分にスラップ⁴⁾を設けたモデル）を解析（ $R=120\text{mm}$, $h_s=180\text{mm}$, $t_s=20\text{mm}$, $A_d=987\text{mm}$, 縦補剛材剛比2.14）

表-1

名 称	幅 $B_d(\text{mm})$	長さ $A_d(\text{mm})$	板厚 $t_d(\text{mm})$	B_d/t_d
D1	1174	987	15	78.3
D2	980		20	49.0
D3	864		25	34.6
D4	787		30	26.2
D5	732		35	20.9
D6	690		40	17.3
D7	658		45	14.6
SC	1174		15	78.3

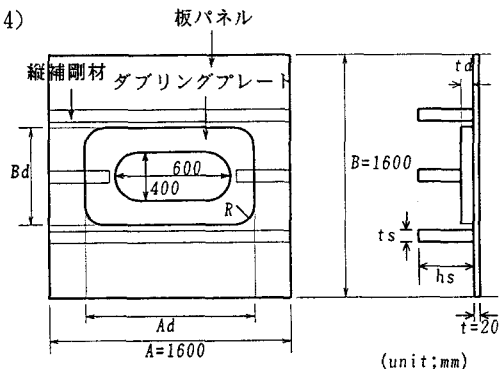


図-1 解析モデル

3. 結果

(1) 塑性域の進展 図-2に各荷重段階における板パネル塑性域の進展状態を示す。ダブリング補強モデルでは、孔縁部に塑性域の進展がほとんどみられず、ダブリングプレートが孔縁の応力集中を防ぐ効果があることがわかる。しかし、特にダブリングプレートの板厚が厚い場合は、

ダブリングプレート隅角部付近に新たな応力集中が起り、載荷辺の隅角部に向けて塑性域が進展する。

したがって、ダブリングプレートを過度に厚くすることは避けるべきである。また、図-2(a), (b)を比べると、長方形型ダブリングプレートを施した場合、載荷辺とダブリングプレート間の板パネルに塑性域が広がるのに対して、小判型ダブリングプレートを施した場合、塑性域の広がる範囲がダブリングプレートの隅角部付近に移動していることがわかる。これは、ダブリングプレートの隅角部の曲率半径 R が大きくなると載荷辺とダブリングプレート端辺の間の板パネルに集中していた応力が各部に分散されることを示している。

(2) 耐荷力 図-3, 4, 5にそれぞれの項目別の耐荷力を示す。図中、 P^{TH} は無孔補剛板の全降伏軸力を示す。図-3より、ダブリングプレートの隅角部の曲率半径 R を大きくする、すなわち、ダブリングプレートが板パネルを覆う面積が小さくなると、耐荷力が減少することがわかる。ただし、 $R=150\text{mm}$ 程度までであればそれほど耐荷力の減少はない。図-4より、ダブリングプレートの板厚 td を大きくすると耐荷力が増加することがわかる。ただし、 td を極端に大きくしてもその効果はあまり期待できないため、板パネルの板厚 t の1.5倍程度の板厚が確保されればよいと考えられる。図-5より、開孔部の欠損断面積とダブリングプレートの補強断面積を等しくする条件の下では、ダブリングプレートの幅 Bd を小さくして板厚 td を大きくとるほうが補強効果が高いことがわかる。ただし、板厚を過度に大きくすることは前述したように、新たな応力集中をダブリングプレート端部付近の板パネルに発生させることになる。以上より、ダブリング補強は $td/t=1.5$ 程度で、 $Bd/td=25$ 程度になるようにすればよいと考えられる。

参考文献 1) 横強度小委員会WG: 開孔板の座屈と補強効果について、日本造船学会誌第605号, pp. 550-560, Nov. 1979. 2) 吉田・増田・松田: 薄板で構成される立

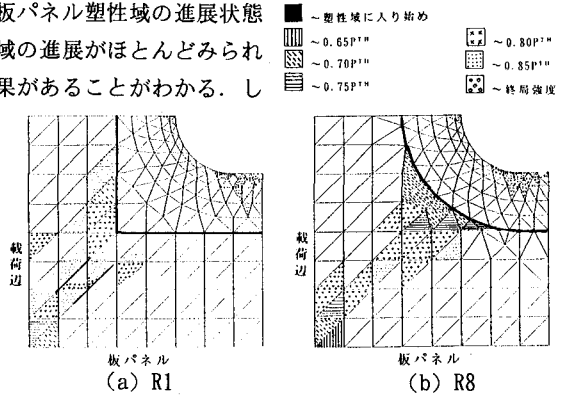


図-2 塑性域進展図

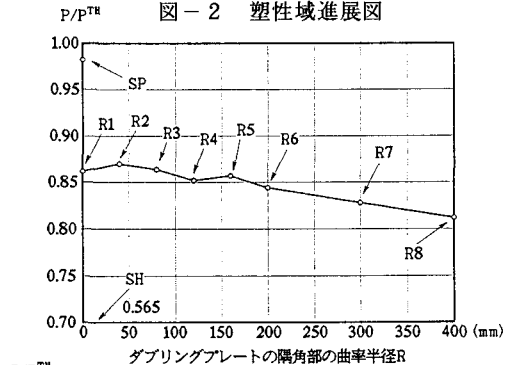


図-3

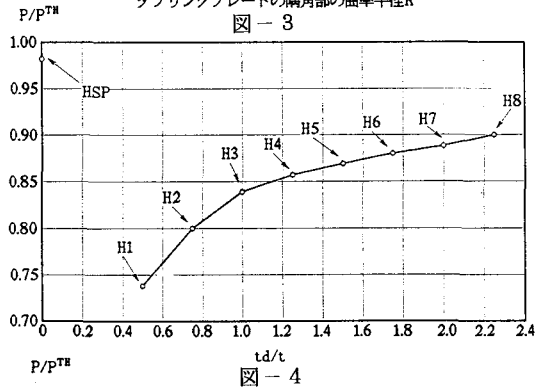


図-4

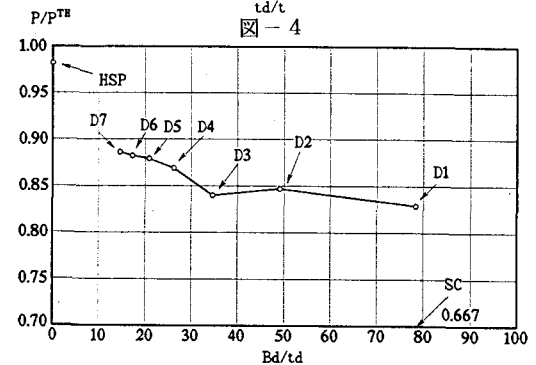


図-5