

有孔補剛板の圧縮耐荷力解析

広島大学工学部 正 員 藤井 堅
広島大学大学院 ○学生員 松田誠治

1. まえがき 吊橋の主塔や橋脚等の箱型構造に使用される補剛板には保守点検や仮設・組立ての要求などから孔を設ける場合がある。このような孔を有する補剛板に圧縮荷重が作用する場合、開孔に伴う断面欠損や応力集中の発生などにより、孔のない補剛板に比べて座屈荷重や耐荷力が低下する。このような補剛板を補強する方法の1つに孔周辺に板を溶接して補強するダブリング補強法がある。本研究では、開孔により補剛材が切断された場合の有孔補剛板がダブリング補強された場合の圧縮終局挙動を有限要素法を用いて解析し、無孔補剛板と比較して同程度あるいはそれ以上の強度を保证するような補強方法を探る。

2. 解析モデル 図1のように、解析する補剛板は実構造物で使用されている程度の断面寸法を有する縦横比=1の周辺単純支持正方形補剛板で縦補剛材が片側配置で等間隔に3本配置してある。断面寸法の決定には道路橋示方書の規定を満足するようにし、縦補剛材の剛比はほぼ最適剛比とした。孔の形状は一般によく用いられる小判型とし、真ん中の縦補剛材は孔により切断されている。解析モデルは無孔補剛板1ケース、有孔補剛板4ケース、計5ケースで有孔補剛板のうち1ケースは補強されていない。また、他の3ケースはダブリングプレートの形状が異なる。ダブリングプレートの形状は図2のように小判型と長方形の2通りで、これらは開孔による板パネルおよび真ん中の縦補剛材の欠損断面積を補うような条件の下に断面寸法を変化させている。鋼材の材料特性は、降伏応力 $\sigma_y=2400\text{kgf/cm}^2$ 、ヤング率 $E=2.1 \times 10^6\text{kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\mu=0.3$ とした。表1に解析する全モデルの断面寸法を示す。

解析にあたってはパネルの対称性から1/4領域のみを解析し、有限要素には、孔の曲線部分を十分に評価できる応力仮定のハイブリッド三角形要素を用いた。モデルの支持条件は周辺単純支持とし、載荷辺では一様圧縮変位を与え、非載荷辺では圧縮軸直角方向の変位を自由にした。縦補剛材は高さ方向に4分割した。それぞれの部材は要素内板厚方向の塑性域の進展を評価するために板厚方向に10分割した。また、板パネル、縦補剛材、ダブリングプレートで溶接される部分についてのみ節点を共有させた。初期たわみは、板パネルに対して次のような正弦たわみを与えた。 $w_0=(-A_1 \cdot \sin(4\pi y/c)+A_2 \cdot \sin(\pi y/c)) \cdot \sin(\pi x/L)$ である。ここで A_1, A_2 は道路橋示方書で規定されている部分パネルおよび全パネルの最大たわみで $A_1=P/150, A_2=L/1000$ である。残留応力については板パネルと縦補剛材についてのみ考慮した。

3. 解析結果と考察 図3、4に板パネル(LSHD40-LD25.2)の圧縮軸中央断面および圧縮軸直角方向中央断面での付加たわみ分布を示す。図中の正方向は補剛材の無い側を示す。圧縮軸直角方向のたわみは各ケース

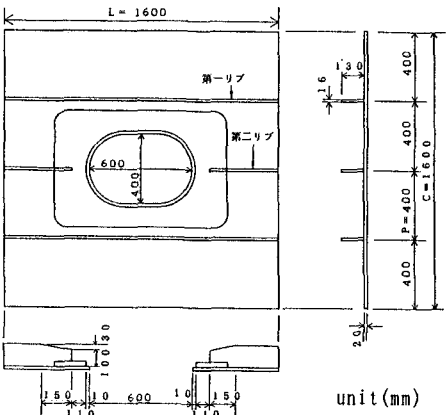


図1 解析モデル

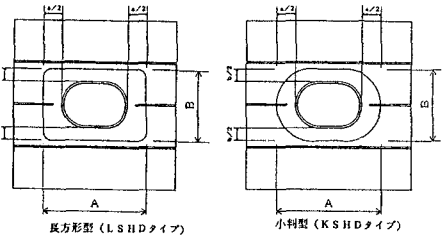


図2 ダブリングプレート

表1 寸法諸元

モデル名称	ダブリングプレート			
	形状	A	B	t
S, P	無孔補剛板			
S, H	ダブリング補強なし有孔補剛板			
KSHD30-LD33.6	小判	956	756	30
KSHD40-LD25.2	小判	872	672	40
LSHD40-LD25.2	長方形	872	672	40

とも初期たわみ形状に起因して補剛材の無い側に荷重の増加とともに増加する。ダブリング補強してあるモデルでは図3のようにダブリングプレート部分で明らかにたわみが拘束されていることがわかる。圧縮軸直角方向のたわみをみると、無孔補剛板SPで

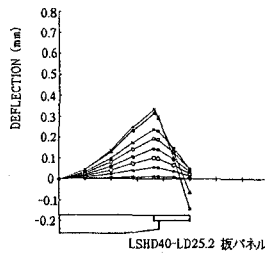


図3 圧縮軸方向付加たわみ分布

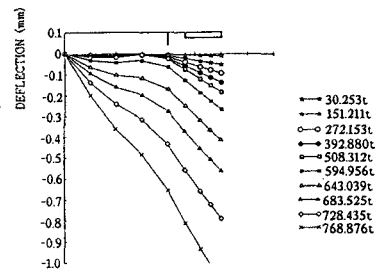


図4 圧縮軸直角方向付加たわみ分布

は圧縮軸方向と同様、補剛材の無い側にたわみが増加し全体座屈的な挙動を示すが、ダブリング補強されたモデルでは図4のように、孔が無い板パネルでは低い荷重段階ではたわみがほとんど現れず、孔のあるパネルでも小さく抑えられることがわかる。

図5に有孔補剛板(LSHD40)の塑性域進展図を示す。塑性域は無孔補剛板の場合、荷重の増加とともに載荷軸方向に一樣に広がる。一方、図5に示すように、有孔補剛板の場合、孔の隅角部から載荷辺のコーナーに向かって広がる。ダブリング補強されると孔周辺の応力集中による塑性域の進展がかなり抑えられているのがわかる。しかし、荷重が低い段階でダブリングプレート外側周辺の板パネルに塑性域が広がり、これらの部分に応力集中を起こすことがわかる。また、ダブリングプレートの板厚が同じ場合、長方形型のダブリングプレートのほうが板パネルの塑性域の広がりが大きくなることもわかった。さらに、図には示していないが、ほぼ同じ荷重状態において、切断された縦補剛材の先端部での応力を調べ

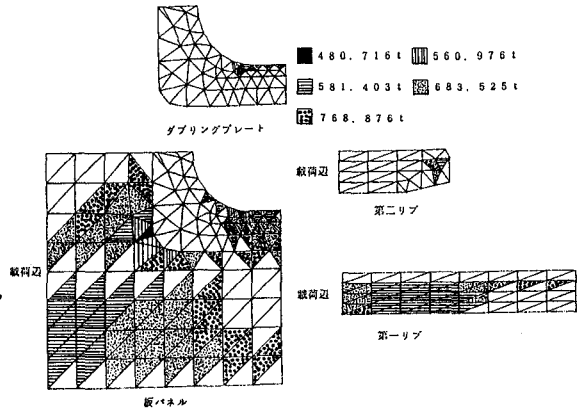


図5 LSHD40-LD25.2 塑性域進展図

表2 耐荷力

解析モデル	$P_u^{TN}(t)$	$P_y(t)$	$P_{yo}(t)$	P_u^{TN}/P_y	P_u^{TN}/P_{yo}
S. P	706.550			0.769	1.044
S. H	498.832			0.543	0.738
KSHD30-LD33.6	645.610	917.760	675.840	0.703	0.955
KSHD40-LD25.2	675.594			0.736	1.000
LSHD40-LD25.2	768.876			0.838	1.138

$P_u^{TN}(t)$: 解析による耐荷力

$P_y = A \sigma_y$: 全降伏軸力

$P_{yo} = A_o \sigma_y$: 孔による断面欠損を考慮した全降伏軸力

A: 孔による断面欠損を考慮しない断面積 (cm^2)

A_o : 孔による断面欠損を考慮した断面積 (cm^2)

ると、長方形型のダブリングプレートのほうが大きな応力が発生した。このことから、圧縮力に対しては長方形型のダブリングプレートを用いたほうが切断された縦補剛材を有効に活用できると思われる。なお、ダブリングプレートの板厚を大きくとる場合と幅を大きくとる場合での塑性域の進展には明確な違いはみられなかった。表2に今回解析したモデルの耐荷力を示す。表からダブリング補強したモデルの耐荷力はいずれも無孔補剛板と同程度かあるいはそれ以上であり補強効果はあるといえる。

4. あとがき 解析の結果から有孔補剛板をダブリング補強する場合、開孔による板パネルの欠損断面積をちょうど補うような断面をもつダブリングプレートを用いれば、ダブリングプレートの板厚が同じである場合、小判型を用いるよりも長方形型を用いるほうが大きな耐荷力が得られることがわかった。しかし、ダブリングプレートの板厚および幅の違いによる耐荷力の違いは解明できず、これらはさらに検討が必要である。

参考文献 1) 阪神高速道路公団鋼構造検討委員会: 鋼構造物設計・施行に関する調査研究業務(その1)

2) 吉田・雨宮・増田: 立体構造解析のための薄板有限要素, 土木学会論文報告集 第211号, 1973年