

格子状平板の初期曲げにより形成されるグリッドシェルの施工

中村 達哉

鹿児島大学大学院理工学研究科 技術部

1. はじめに

シェル構造の曲面を容易に施工する方法の1つに、部材の初期曲げによって曲面を形成する方法がある。この方法のうち最も施工が容易と考えられるのは、予め地表において部材を格子状にピン接合し、この格子状平板に強制変位を与えて曲面を形成する方法(図1)である。本研究では、直線材により構成された格子状平板に強制変位を与え、スパン約8mのドームの施工実験を行う。この種の構造には柔軟な木材が使用されることが多いが、今回はひとまず施工性の確認に重点を置き、部材には安価で入手が容易な、水道管に使用されるVPパイプを使用した。

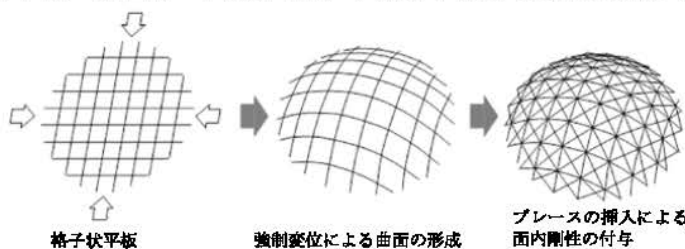


図1 形状形成の概念

2. 実験概要

2-1. 形成方法

本実験の直線材に使用する部材は、直径48mm、厚さ3.6mm、材長4000mmのVPパイプである。まず、TS継手を用いて必要長さに揃えたVPパイプ16本を、1000mmピッチで格子状に組む。パイプの接合は、単管足場用の自在クランプを用いピン接合(写真1)とする。クランプはトルクレンチにより10N・mで締める。次に、地表で材端の目標座標(図4)に合わせて支点をマークする。ラチェット式の荷締めベルトをVPパイプ両端に取り付け、ベルトの長さを短くすることで強制変位を与える。それらの端部をマークした支点に固定することで、目標とするグリッドシェルを形成させる。曲げ形成後には、直径2mmのステンレスワイヤとターンバックルから成るブレースを入れ、内面剛性を付与する。格子の寸法を図2、ブレースの取り付けを図3、計算により求められた節点の目標座標を図4に示す。

2-2. 計測方法

グリッドシェルの曲げ形成時の形状を複数の方向からデジタルカメラで写真撮影し、写真計測ソフト(BOS Systems Inc.: Photo Modeler)により計測する。形成時の初期応力を計測するため、ひずみゲージを図2に示すように全体の4分の1の領域に材の上面と下面にそれぞれ貼付した。また、曲げ形成後には図2中の加力

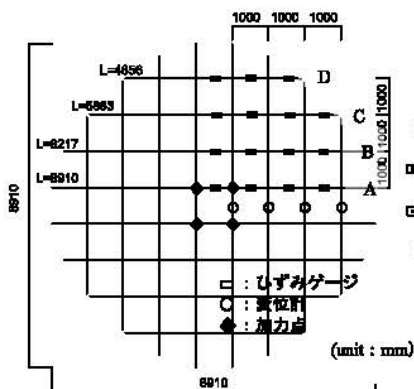


図2 格子の寸法

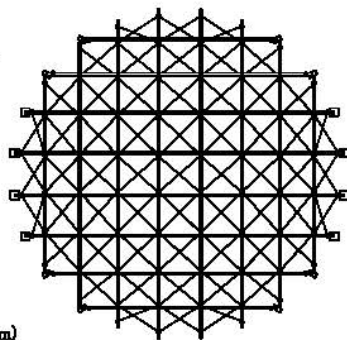


図3 ブレースの取付け

		X座標		Y座標	
				Z座標	
499	3904	0	1468 3651		
499	8189	1468	3189 2328 8189		
	634	895	0		
			2368 3143		
			0		
499	2368	1468	2368	2368 3143 2368	
	1204	966	584	0	
				3189 2328	
				0	
499	1468	1468	1468	2368 1468 3189 1468 3651 1468	
	1636	1397	966	395	0
499	499	1468	499	2368 499	8189 499 3904 499
	1874	1686	1204	684	0

Z軸: 鉛直方向
(上向きが正)
(unit: mm)

図4 節点の目標座標

点に重りを吊り下げて静的載荷試験を行った。図 2 中に示す 4 か所に変位計を取り付け、鉛直変位を計測した。加力はプレースを取り付ける前と後でそれぞれ行った。

3. 実験結果

3-1. 形状測定

写真計測ソフトにより測定された試験体の各接合部の座標と、目標座標との誤差についてまとめたものを表 1 に示す。誤差の割合は X 軸、Y 軸に関してはスパンに対しての、Z 軸に関してはライズに対しての割合である。目標座標と実験結果の座標をグラフで比較したものを図 5 に示す。上図は X-Z 平面、下図は Y-Z 平面での比較を表わしており、○印が実験値を実線が目標値を表わす。図 5 から、目標値と実験値はほぼ一致していることがわかり、全体の形状はおおよそ目標通りの形状が実現できているといえる。また、初期形状時の応力分布を図 6 に示す。初期形状時の応力分布は、計算値と比較してやや小さな値を示しているが、おおむね良い対応が見られる。



写真 1 接合部

表 1 目標座標と測定値の誤差

	平均誤差		最大誤差		標準偏差
	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)
X軸	43.50	0.550	172.7	2.185	36.92
Y軸	28.21	0.361	122.4	1.548	21.68
Z軸	16.04	0.856	54.5	2.910	12.08

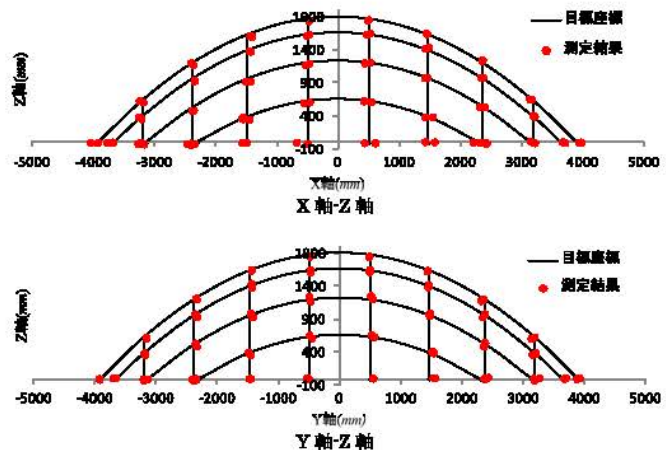


図 5 目標座標と測定座標

3-2. 静的載荷実験

静的載荷実験において、ドーム頂点付近の変位計により計測された荷重-変位関係を図 7 に示す。図中実線はプレースが無い場合、図中破線はプレースが有る場合の荷重-変位関係である。1 加力点あたり 196N 載荷した時の頂部の最大鉛直変位は、プレース無しで 66.95mm、プレース有りで 10.44mm となり、プレースを入れた場合は明らかに剛性が高くなっていることが分かる。

3-2. 施工時間

作業内容および施工時間の詳細を表 2 に示す。シェル完成（写真 2）までに 5 つの作業を行い、費やした施工時間は 8 時間（プレースの取付け時間を除くと 5.5 時間）であり、短時間での施工が可能である。

表 2 作業内容および施工時間の詳細

作業内容	作業時間(h)	人数(人)
支点マークおよびVPパイプ接着	2.5	8
格子状平板への組み立て	1.5	8
支点杭打ちおよび荷締ベルト取り付け	0.5	8
曲げ形成	1.0	15
プレースの取り付け	2.5	10
合計	8.0	

4. まとめ

VPパイプで構成された格子状平板に強制変位を与え、スパン約 8m の EP ドームを施工する実験を行った。形成された EP 曲面は、計測座標と目標座標とがほぼ一致しており、目標とする形状が実現できた。また、グリッドシェルの施工時間は計 8 時間と短く、短時間での施工が可能であることがいえる。

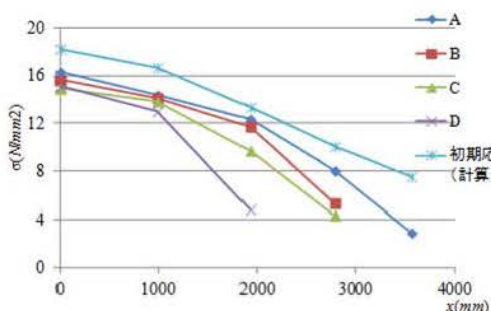


図 6 初期形状時の応力分布

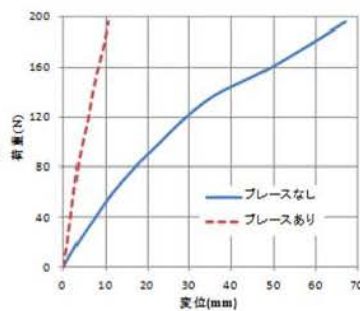


図 7 荷重-変位関係



写真 2 プレース挿入後のシェル