

I-58 山形鋼を介した簡易ボックスラーメン隅角部の接合について

金沢大学 正員 前川幸次

1. まえがき

最近、土地を有効利用するために一般住宅にも地下室を設けることがある。その規模を鑑みれば、地下室をユニット（プレハブ）化することが可能であり、工期的にもコスト的にもメリットがある。設計上は地下水位の高い地域における水压および防水対策が必要であり、ここでは、図-1のような軽量角鋼管を用いた箱形ラーメンを数十cm間隔で連結した骨組構造と、FRP被覆を施した軽量デッキプレートを外壁として用いることにした。その箱形ラーメン隅角部の接合方法と変形および強度について実験的検討を行ったので報告する。

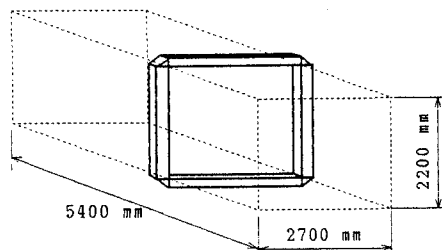
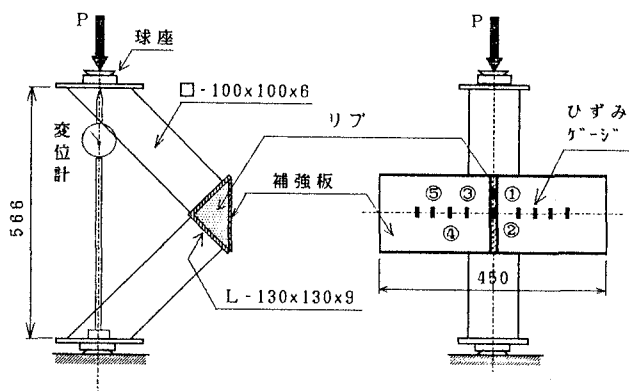


図-1 地下室骨組

2. 実験概要

箱形の柱にはりを接合して箱形ラーメンを形成する場合、一般には接合部の箱形柱断面内にダイヤフラムによる補強を行うが、軽量角鋼管柱を多数使用する本構造では製作手数に問題がある。そこで、種々の接合方法を検討した結果、図-1の連結はり部材（山形鋼）を介して箱形ラーメンを形成する方法が製作工程数および製作精度上好ましいという結論に達した。このような隅角部の剛度を高めるために、山形鋼には三角形リブ1枚をすみ肉溶接することにし、また、防水外壁をコーナー部で取付け易くするために山形鋼が閉断面となるような薄板（便宜上、補強板とよぶ）を溶接することにした。山形鋼は実構造の通りL-130x130x9mm



試験体	LB0932	LB0945	LB1232	LB1245
リブ板	9.1	8.8	12.1	12.7
補強板	3.3	4.6	3.3	4.6

図-2 試験体

を使用し、角鋼管は実構造では主に□-100x100x4.5mmであるが、実験の目的上□-100x100x6mmとして角鋼管部の耐力を高めた。また、材質は角鋼管がSTKR41で、その他はSS41である。隅角部の変形・強度試験を行うために図-2のような試験体を4体製作し、上下載荷板に球座を挿入して変位制御により載荷を行った。

表-1 FEM解析値と実験値の比較

試験体	荷重 tf	鉛直変位 (mm)	ひ ず み (図-2に対応)				
			① (μ)	② (μ)	③ (μ)	④ (μ)	⑤ (μ)
* 3 次 元 解 析			解析値/実験値 (実験値)				
LB0932	0.95	1.15 (0.29)	1.28 (117)	1.19 (170)	1.16 (83)	1.07 (47)	0.99 (17)
LB0945	1.00	1.07 (0.32)	1.20 (109)	1.06 (167)	1.12 (74)	1.08 (38)	1.02 (10)
LB1232	0.88	1.07 (0.28)	1.22 (107)	1.14 (150)	1.02 (81)	1.02 (43)	1.00 (15)
LB1245	0.97	1.24 (0.26)	1.19 (98)	1.16 (138)	1.28 (59)	1.18 (32)	0.88 (11)
* 平 面 応 力 モ デ ル			解析値/実験値 (実験値)				
LB0945	1.00	1.09 (0.32)	1.05 (109)	1.01 (167)	— (74)	—	—

表-2 回転ばね定数

試験体	$K_{\theta x}$	$K_{\theta y}$
LB0932	9.7	10.7
LB0945	8.1	12.6
LB1232	11.0	12.5
LB1245	17.0	14.3

単位 ($\times 10^7$ kgfcm)

3. 実験結果と考察

（1）隅角部の変形挙動…… 各試験体の荷重－鉛直変位（上下載荷板間の縮み量）曲線を図－3に示す。実構造が剛結箱形ラーメンであると仮定して得られる隅角部の設計曲げモーメントは $M = 6.0 \text{ tfcm}$ であり、これを試験体の荷重に換算すると $P = 2.1 \text{ tf}$ となる。したがって設計荷重の範囲であれば隅角部は弾性挙動を示すと言える。なお、各試験体の最大耐力は概ね 1.3 tf であった。これは山形鋼と角鋼管の溶接部の破壊が原因であった。

（2）FEM解析と実験値の比較…… 板曲げ要素を用いた3次元弾性解析、および平面応力モデル解析を行った。試験体には図－2のようにひずみゲージが貼付されており、荷重値が約 1 tf における実験値と解析値の比較を表－1に示す。なお、平面応力モデルでは山形鋼と補強板の有効長さ（解析モデルでは有効板厚）を角鋼管断面と同じ 10 cm とした。平面応力モデルでは補強板の応力を把握することはできないが、リブの応力チェックは平面応力モデルでも十分であると考えられる。また、図－4には試験体の $1/4$ について行った3次元解析から得られたリブと補強板の主応力（引張）の一例（LB0945）を示す。

（3）隅角部の回転ばね定数の評価…… 隅角部の弾性変形が無視できない程度であれば、箱形ラーメンの解析において回転ばねを考慮しなければならない。図－5に示すように、角鋼管部を片持ちばりとしたときの鉛直たわみの理論値 δ_{th} と実験値 $\delta_{ex}/2$ の差を隅角部の弾性変形によるものと考えて、実験による回転ばね定数 k_{ex} を得る。一方、図－6のように山形鋼は頂点をヒンジとする剛体とし、リブおよび補強板（ただし、有効な幅を 10 cm とする）は軸ばねの集合体にモデル化すると、回転角を $\Delta\theta$ としたときのモーメント M の仕事と軸ばねのひずみエネルギーの関係から近似的な隅角部の回転ばね定数 k_{th} を得る。各試験体について、実用荷重（ $P = 2 \text{ tf}$ ）の範囲で k_{ex} を求め、 k_{th} と共に表－2に示す。回転ばね定数の近似評価法は概ね妥当ではないかと思われる。

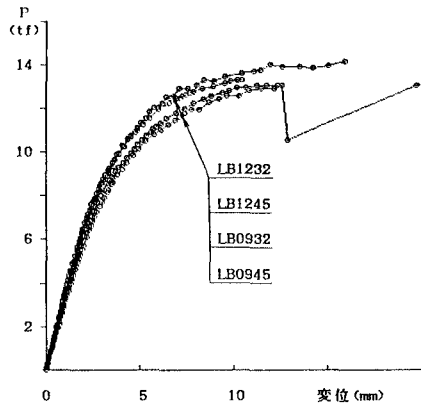


図-3 荷重－変位曲線

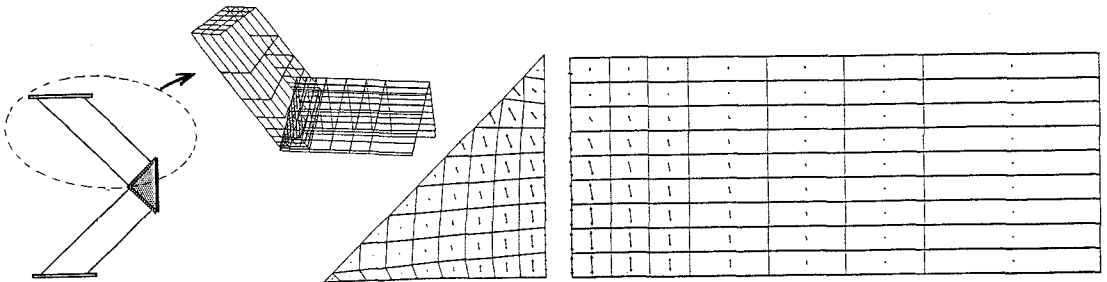


図-4 リブおよび補強板の主応力図（LB0945）

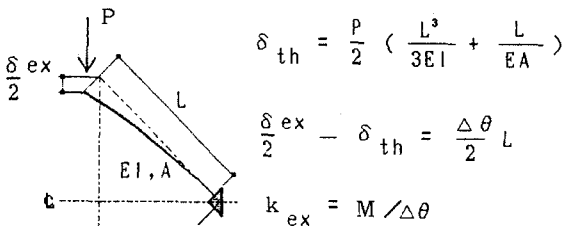


図-5 回転ばね（実験値）の算定

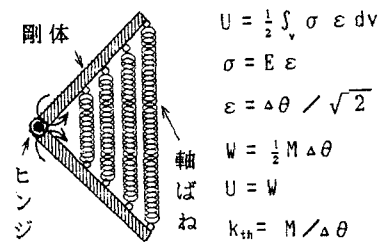


図-6 回転ばね（近似値）の評価法