

角鋼管を用いた簡易ボックスラーメン隅角部の接合方法について

金沢大学工学部 正 前川幸次
金沢大学大学院 学 佐倉政光
金沢大学大学院 学 田邊義晴

1. まえがき

一般住宅に地下室を設けることは土地の有効利用ばかりでなく、音響製品による騒音トラブルの解消にもなる。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。強度設計では、地下水位の高い地域における水圧の影響が大きく、ここではユニット化と軽量化のために、図-1のような軽量角鋼管を用いた箱形ラーメンをZ軸方向に45cm間隔で11面連結した骨組構造を採用することにした。その箱形ラーメン隅角部の接合方法と強度について実験的検討を行ったので報告する。

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Z軸方向の連結はり部材（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。このような箱形ラーメン隅角部を剛接合あるいはそれに近い剛度とす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、地下室骨組構造に防水外壁を取り付ける目的で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。そのような箱形ラーメン隅角部の曲げ変形・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载荷を行った。

各試験体のリブ板厚と補強板厚を表-1に示す。山形鋼は実構造の通りL-130x130x9mmを使用し、角鋼管は実構造では□-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。材質は角鋼管がSTKR41で、その他はSS41であり、材料試験は特にっていない。

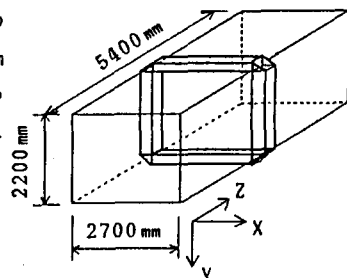


図-1 地下室骨組

3. 実験結果と考察

(1) 隅角部の曲げ変形挙動

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が、設計荷重に対して強度

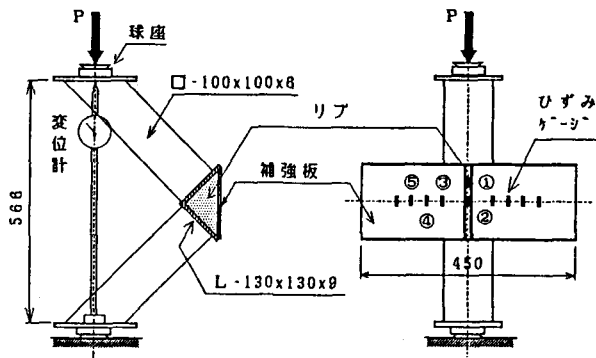


図-2 試験体

表-1 試験体板厚 (単位 mm)

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

的には十分安全である。

(2) FEM解析と実験値の比較

板曲げ要素を用いた3次元解析、および平面応力モデル解析を行い、試験体のたわみ、リブならびに補強板のひずみを検討した。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1tfにおける実験値と解析値の比較を表-2に示す。なお、平面応力モデルでは山形鋼および補強板の有効長さ(2次元解析ではそれぞれの部分の有効板厚に相当する)を角鋼管断面と同じ10cmとした。2次元解析では補強板の応力を把握することはできないが、リブについては3次元解析とほぼ同等な結果が得られた。したがって、応力チェックは2次元解析でも十分であると考えられる(応力分布は当日発表の予定)。

(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。試験体の角鋼管と山形鋼の接合部が片持ちばりの固定端であると仮定すると、試験体のたわみ δ_{th} は曲げと軸力を考慮して、次式で与えられる。

$$\delta_{th} = P \left\{ \frac{L^3}{3EI} + \frac{L}{EA} \right\} \quad (1)$$

ここに、L:角鋼管の平均部材長、EIおよびEA:角鋼管の曲げ剛性および断面剛性である。

たわみの実験値 δ_{ox} と式(1)の差は隅角部の弾性変形によるものと考えられる。大胆ではあるが図-4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(有効幅を10cmとする)は軸ばねの集合体としてモデル化する。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隅角部の回転ばね定数 k_{th} が得られる。また、試験体におけるモーメントMと $\Delta\theta$ および変位($\delta_{ox} - \delta_{th}$)の関係から実験による回転ばね定数 k_{ox} を得る。各試験体について、実用荷重(P=2tf)の範囲で求めた k_{ox} と k_{th} を表-3に示す。回転ばね定数の近似評価法は概ね妥当ではないと思われる。なお、 k_{th} (図-4のモデル)を用いてリブの応力を算定できないことは言うまでもない。

4. まとめ

補強した山形鋼を介してラーメン隅角部を形成する方法とその変形特性について検討し、回転ばね定数の評価モデルの妥当性を示した。

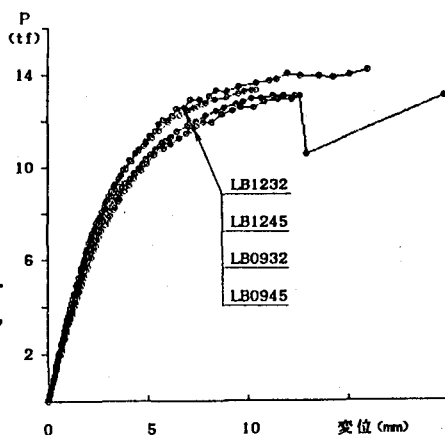


図-3 荷重-変位曲線

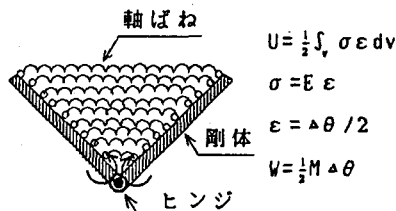


図-4 隅角部の弾性変形のモデル化

表-2 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 (5.8)	1.28 (117)	1.19 (170)	1.16 (83)	1.07 (47)	0.99 (17)
LB0945	1.00	1.07 (6.4)	1.20 (109)	1.06 (167)	1.12 (74)	1.08 (38)	1.02 (10)
LB1232	0.88	1.07 (5.6)	1.22 (107)	1.14 (150)	1.02 (81)	1.02 (43)	1.00 (15)
LB1245	0.97	1.24 (5.2)	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 (6.4)	1.05 (109)	1.01 (167)	— (74)	—	—

表-3 ばね定数

試験体	k_{ox}	k_{th}
LB0932	6.1	4.9
LB0945	5.1	6.3
LB1232	13.8	12.5
LB1245	10.7	14.3

単位 ($\times 10^7$ kgf/cm)