

骨組構造剛結部の損傷検出のためのモデル化の検討

北見工業大学 ○ 学 生 員 成 田 美 和 子
北見工業大学 正 員 三 上 修 一

北見工業大学 フェロー 大 島 俊 之
北見工業大学 正 員 山 崎 智 之

1. はじめに

土木構造物は、通常、長年にわたって供用される建設物であり、徐々に進行する経年劣化とともに地震などの天災による損傷が生じる。今後、これらの構造物を合理的に維持管理していくためには、構造物の健全度診断あるいは何らかの損傷を推定することが重大な課題であると考えられる。

本研究は、構造物の振動特性を精度良く知ることによって、構造物の健全状態の推定を行うための基礎的研究である。すなわち実験により骨組構造剛結部の健全状態と損傷状態の振動特性を知り、剛結部の損傷状態のモデル化の検討を行った。

2. 実験概要

実験供試体を図-1 に示す。加振方向面を正面とし、加振直角方向面を側面とする。厚さ 4mm、幅 40mm のアルミニウム板により作製し、各層にスチール板を設置した。剛結部は M4 のボルト 9 本で固定したものを健全状態として、損傷状態は固定しているボルトの本数を 5 本、3 本、1 本に減らすことによりモデル化した。9 本のボルトの固定状態を図-2 に示す。供試体正面のボルトの固定状態を一定にして側面のボルトの固定状態を変化させる case1、2 と、逆に側面のボルトの固定状態を一定にして正面のボルトの固定状態を変化させる case3、4 に対して、振動台による加振実験を行い、各層側面中央部の加振方向の応答加速度を測定した。

3. 実験結果

応答加速度データから求めた固定ボルト本数と 1 次および 2 次固有振動数の変化を表-1 に示す。この固有振動数は各層の加速度データを平均化したものを示している。case1、2 では側面の固定しているボルトの本数による固有振動数の変化は小さい。case3、4 では正面の固定しているボルトの本数の減少とともに固有振動数が小さくなっている。これより、固有振動数の変化は供試体側面のボルトの固定より正面の固定が大きく影響していることがわかる。

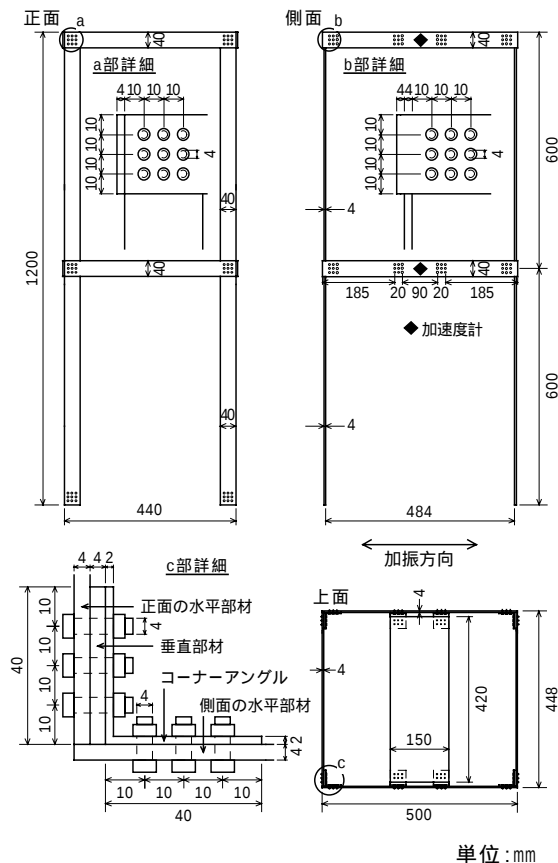


図-1 実験供試体

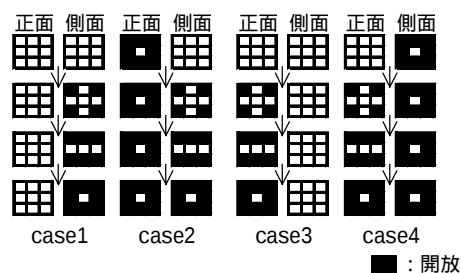


図-2 ボルトの固定状態

キーワード: 固有振動数、損傷検出

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 Tel 0157-26-9476 Fax 0157-23-9408

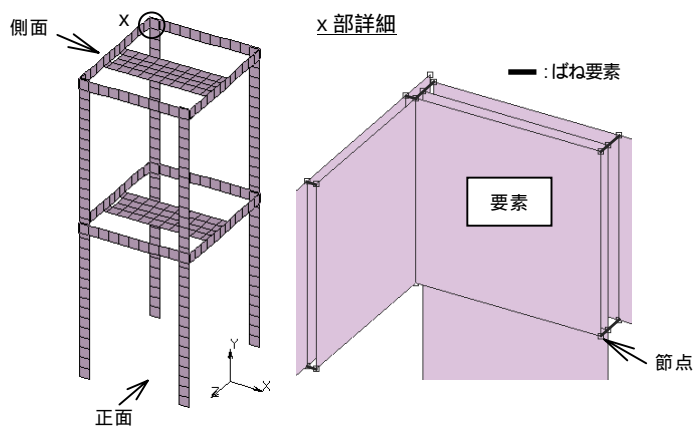


図-3 解析モデル

表-1 実験結果

固定 ボルト本数	1次固有振動数(Hz)			
	case1	case2	case3	case4
9本	2.136	1.933	2.136	2.131
5本	2.147	1.932	2.100	2.087
3本	2.133	1.934	2.099	2.056
1本	2.131	1.861	1.933	1.861
固定 ボルト本数	2次固有振動数(Hz)			
	case1	case2	case3	case4
9本	5.695	5.129	5.695	5.699
5本	5.700	5.128	5.568	5.563
3本	5.700	5.133	5.498	5.487
1本	5.699	5.125	5.129	5.125

4. 解析モデル

実験結果と比較するために、まず、健全状態の実験供試体を、個々の部材や剛結部を考慮せず、全て1枚の板とみなして8節点平面要素でモデル化を行った。これを完全剛結モデルとする。次に、剛結部の固定状態を6方向($x, y, z, \theta x, \theta y, \theta z$)のばね要素でモデル化するものとして、個々の部材を8節点平面要素でモデル化を行った。その解析モデルを図-3に示す。このモデルに対して、完全剛結モデルの解析結果の固有振動数と一致するようにばね剛性を仮定し、その状態を健全状態とした。そして、そのばね剛性を減少させることにより、損傷状態のモデル化を試みた。今回仮定したばね剛性の値を表-2に示す。

表-2 ばね剛性の仮定

固定 ボルト本数	(MN/mm)			(MN・mm/rad)		
	x	y	z	θx	θy	θz
正面	9本	118	118	118	118	118
	5本	66	66	66	66	66
	3本	39	39	39	0	39
	1本	13	13	13	0	0
側面	9本	118	118	118	118	118
	5本	66	66	66	66	66
	3本	39	39	39	39	0
	1本	13	13	13	0	0

表-3 解析結果

固定 ボルト本数	1次固有振動数(Hz)			
	case1	case2	case3	case4
9本	2.175	1.781	2.175	2.167
5本	2.174	1.780	2.142	2.133
3本	2.173	1.780	2.036	2.019
1本	2.167	1.771	1.781	1.771
固定 ボルト本数	2次固有振動数(Hz)			
	case1	case2	case3	case4
9本	5.648	5.116	5.648	5.637
5本	5.646	5.115	5.593	5.583
3本	5.644	5.114	5.427	5.408
1本	5.637	5.102	5.116	5.102

5. 解析結果

表-2の仮定における解析結果を表-3に示す。また実験結果との比較を表-4に示す。1次固有振動数では値に違いがあるが、2次固有振動数では非常に近い値が得られた。また、実験結果と同様に供試体側面のボルトの固定より正面の固定が大きく影響する傾向が得られた。今回の実験供試体では、1次および2次振動に大きく影響を与えるのは、 $z, \theta x, \theta y$ 方向のばね剛性であり、逆に $x, \theta z$ 方向の影響は見られなかった。これは、1次および2次振動が z 方向の水平振動モードが卓越しているためである。

6. まとめ

本研究では、2層ラーメン構造剛結部のボルトの開放により損傷を仮定し、その損傷状態を6方向のばね要素によってモデル化を試みた。実験結果と解析結果の比較から、損傷状態のモデル化にばね要素を用いることは有効であると考えられる。しかし、実際の損傷では、今回の実験供試体のように一方向の剛結部に対して一様に起こることは稀であり、損傷検出を行うためには、低次だけではなく高次の振動特性を知り、さらに実際に近いモデル化を行う必要がある。

表-4 実験結果と解析結果の比較

固定 ボルト本数	1次固有振動数の誤差(%)			
	case1	case2	case3	case4
9本	1.780	-8.545	1.780	1.638
5本	1.262	-8.519	1.977	2.167
3本	1.859	-8.648	-3.102	-1.844
1本	1.638	-5.077	-8.545	-5.077
固定 ボルト本数	2次固有振動数の誤差(%)			
	case1	case2	case3	case4
9本	-0.838	-0.259	-0.838	-1.095
5本	-0.957	-0.247	0.443	0.365
3本	-0.996	-0.380	-1.303	-1.469
1本	-1.095	-0.455	-0.259	-0.455