

鉄骨造建築物の耐震レジリエンス性能に関する研究開発 ～事務所ビルの修復時間等の計算方法の提案と計算事例～



国立研究開発法人 建築研究所 構造研究グループ 研究員 長谷川 隆

研究目的

鉄骨造建築物の耐震レジリエンス性能の評価手法の確立を目的として、
・鉄骨造の事務所ビルを対象として、地震による梁端部の損傷とそれに対応する補修方法を検討、それらの補修方法の修復時間やコストの計算方法の検討と自動計算、集計プログラムの開発。
・これらを用いた試設計事務所ビルの地震後の継続使用の可否や修復コスト等を試算。

梁端部の損傷度Dと被災度区分の関係及び補修方法

スカラップ梁端部の損傷度と被災度区分の関係、補修方法

損傷度Dの区分	構造に関する被災度区分判定 ^{a)}	予想される梁端部の損傷の状況	梁端部の補修方法
D=0 (緑)	0s (無被害、軽微)	梁端部は概ね弾性挙動の範囲内であり、構造的な被害はほとんど無い状態。	補修不要。
0<D<0.2 (黄)	I s (小破)	梁端部は降伏している状態であるが、亀裂は生じていない状態。	補修不要。
0.2≦D<0.5 (オレンジ)	II s (小破～中破)	梁端部のスカラップ底から亀裂等が生じ、それかやや進展している状態(板厚方向に亀裂は貫通していない)。フランジ部材で少し曲がりが生じている状態。	スカラップを少し拡大して、亀裂部分をガウジングし、そこを溶接する補修。
0.5≦D<1.0 (ピンク)	III s (中破)	スカラップ底の亀裂が板厚方向に進展して貫通、または、部分的に破断している状態。フランジで局部座屈(小)が生じている状態。	スカラップ拡大による補修。対象部分のフランジは切断し、幅広の裏当て金による補修。局部座屈の状況によっては、下記IVsと同様の補修。
1.0≦D<1.5 (赤)	IV s (中破)	梁端部の下フランジが全断面破断し、ウェブにも亀裂が進展している状態。フランジで局部座屈(中)が生じている状態。	損傷部位のフランジとウェブを切断して、T形の部材を切断部分に溶接接合する補修方法。
1.5≦D (紫)	V s (大破)	梁端部の下フランジで全断面破断が生じ、ウェブにも亀裂が進展し、部分的に破断している状態。フランジ等で局部座屈(大)が生じている状態。	上記IVsの補修方法または、床スラブをきめ梁ブラケット部分からの取り替えによる補修。床スラブコンクリートは打ち直し。

継続使用可能

補修対象

補修不可

スカラップ及び nonslap 梁端部について、既往の実験データから梁端部の損傷度D値と被災度区分との関係を整理し、補修対象であるII s, III s, IV sの損傷に対応する6つの補修方法を提案。

補修作業工程に基づくコスト等の自動計算、集計プログラム開発

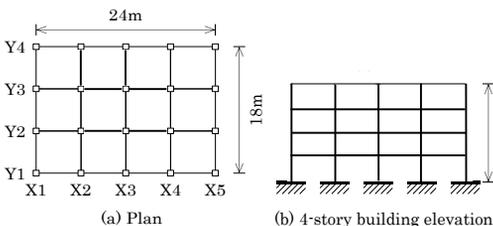
スカラップ梁端部被災度IVsの計算例

スカラップ梁IVsの補修 (H=400x200x9x12)

作業工程	作業内容	使用材料とその数量	材料費(円)	作業時間(min)	単価(円/人件費)
1	損傷部切替	727 # 20切筋、729 # 20切筋	160	68.3	30,000
2	G仕上 開先加工	927 G仕上、729 G仕上	434	41.7	30,000
3	T形部材製作	T193x200x9x12, L=343	2,170	121.5	30,000
4	T形部材取付	鋼材、重量10.8kg	950	233.3	30,000
5	溶接	溶接791, 235g CO ₂	766	76.4	40,000
6	外観検査 超音波検査	検査長さ1,098mm	0	113.5	50,000
7	塗装	まび止め塗料、面積5,076cm ²	508	32.5	30,000
合計			4,886円	工数: 1,43人日	人件費: 49,271円

6つの補修方法について、補修作業工程に基づいて修復時間とコストを自動計算、集計するプログラムを開発(任意のH形断面で計算可能)。

試設計事務所ビルの継続使用可否と修復コスト等の試算(スカラップと nonslap の比較)



梁端部の仕様が異なる4層試設計事務所ビルを対象として、地震応答解析(3つの地震波)により梁端部の損傷度Dを計算し、修復性(継続使用可否、コスト等)や残余耐震性能Rを試算し、性能を比較。

nonslap 梁にすることで、建物の継続使用が可能になることが示され、本手法の有用性が確認された。

4-ER1.0-MC4 スカラップ梁の建物の梁端損傷度D(極希地震)													最大層間変形角(rad)			
Y1, Y4通り				Y2, Y3通り												
0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.013	
0.08	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.08	0.17	0.14	0.16	0.16	0.16	0.14	0.17		0.017
0.15	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.15	0.37	0.32	0.36	0.36	0.36	0.32	0.37		
0.13	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.13	0.44	0.37	0.40	0.40	0.40	0.37	0.44		0.014

4-ER1.0-MC6 nonslap 梁の建物の梁端損傷度D(極希地震)													最大層間変形角(rad)			
Y1, Y4通り				Y2, Y3通り												
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.013	
0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06		0.017
0.05	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.05	0.14	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14		
0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.16	0.13	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14		0.014

地震動	スカラップ梁(MC4)の建物					nonslap 梁(MC6)の建物				
	損傷度(D値の最大)	被災度区分	補修箇所数	補修工数、コスト	耐震性能残存率R	損傷度(D値の最大)	被災度区分	補修箇所数	補修工数、コスト	耐震性能残存率R
極希地震 ER1.0	0.44	II s (小破～中破)	II s: 32箇所	9人日、382,788円	71%	0.16	I s (小破)	無し	そのまま継続使用可能	89%
長周期時間地震 LD1.0	0.93	III s (中破)	II s: 24箇所 III s: 32箇所	25人日、994,819円	38%	0.34	I s (小破)	無し	そのまま継続使用可能	77%
断層近傍地震 NF2.0	2.83	V s (大破)	II s: 4箇所 III s: 20箇所 IV s: 4箇所 V s: 32箇所	修復不可、取り壊し	0%	1.03	IV s (中破)	II s: 20箇所 III s: 12箇所 IV s: 4箇所	36人日、1,276,060円	31%