

非構造部材の耐震性の向上に伴う 環境負荷の削減に関する基礎研究

建築生産研究グループ 研究員 八木 尚太郎

I 背景と目的

(背景)

建築分野において、エネルギー消費や資源消費といった環境に与える負荷（以降、環境負荷と呼ぶ）の定量的評価および削減が喫緊の課題となっている。特に、建築物のライフサイクルにおける環境負荷が発生する場面として新築時や運用時が主に取り上げられており、定量的評価や削減に向けた研究が行われている。その一方で、全ての建物に当てはまるわけではないが、地震によって被害を受けた建物の部材の修復時も、環境負荷が発生する場面であると言える。

また別の話として、近年の大地震では、構造体が健全であっても、天井や壁といった非構造部材が被害を受ける事例が報告されている。例えば、天井が被害を受けた場合は、それが部分的であったとしても、意匠性を重視して天井全体が張りなおされることがある（注1）。この場合、天井だけに着目すると、新築時と同じ程度の環境負荷が発生していることになる。つまり、逆に、高い耐震性を指向した非構造部材を採用しておくことで建築物が立ち続けている間の事故的な地震被害を低減させることができれば、環境負荷の削減にも貢献できることが予想される。図1に本研究における仮説のイメージを示す。なお、高い耐震性を指向する場合は部材量が多くなることが考えられるため、図1では製造時と施工時の環境負荷を高く示している。

(目的)

以上の背景を踏まえ、本研究の目的を非構造部材の耐震性を向上させることによる環境負荷の削減効果の評価手法を構築することとする。具体的な方法として、軽量鉄骨下地とせつこうボード等で構成される吊り天井を事例として取り上げ、耐震性と製造時の環境負荷の関係を評価する。

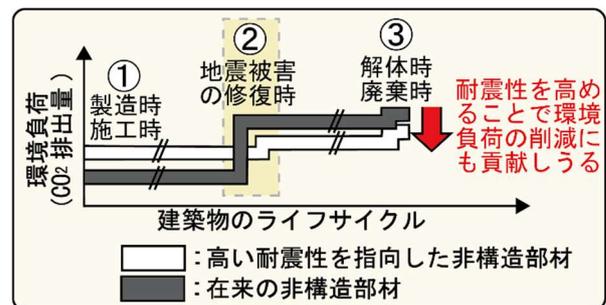
地震による非構造部材の被害は、人的被害や建築物の継続利用を阻害する場合がある。そのため、非構造部材の耐震設計に関する研究開発が行われており、地震被害を低減できる設計手法や製品が開発されるようになってきている。しかし、コスト

が高くなってしまふことから、高い耐震性を有す非構造部材が採用されない物件も商業施設を中心に残っている（注2）。ただし、環境負荷の削減が重要視される現代社会において、高い耐震性を有す非構造部材について、環境負荷の削減の観点からのメリットを具体的に示すことができれば、コストに関わらずその採用数を引き上げられる可能性がある。

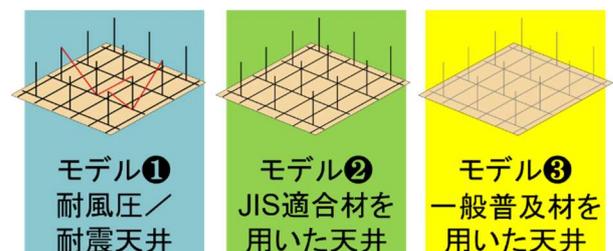
II 吊り天井における耐震性と製造時の環境負荷の関係

(対象とする吊り天井のモデル化)

吊り天井の耐震性を向上させる方法について、軽量鉄骨下地を取り扱うメーカー10社のカタログを調査した。調査結果を踏まえて、評価の対象とする吊り天井を「①耐風圧／耐震天井」、「②JIS適合材を用いた天井」、「③一般普及材を用いた天井」という耐震性の異なる3種類のモデルに絞った。各モデルのイメージを図2に示す。なお、本研究における一般普及材は、形状をJIS適合材に合わせているが、部材厚を小さくすることでコストを下げた下地材を指すこととする。一般普及材を用いた天井の耐震性は比較的低いことが想定される。



【図1 本研究における仮説のイメージ】



【図2 対象とする吊り天井モデルのイメージ】

（環境負荷の算出に必要なデータの収集）

各モデルの製造時の環境負荷の算出に必要な天井の重量の情報を得るために、建材メーカーへのヒアリング調査を行った。得られた重量の情報などを整理し、表1に示す。

せっこうボードの重量に関して、せっこうボードメーカー2社にヒアリング調査を行った。内1社からはロックウール化粧吸音板の情報も入手できた。メーカーごとの差分は3%程度であった。そのため表1におけるせっこうボードの重量の情報はメーカー別にせず2社の平均値を用いている。なお、各モデルにおけるボード材の仕様は、ヒアリング調査に基づいて実際の天井において一般的に採用されている組み合わせとした(注3)。

次に、各モデルの軽量鉄骨下地の重量に関して、軽量鉄骨下地メーカー3社にヒアリング調査を行った。「②JIS適合材を用いた天井」及び「③一般普及材を用いた天井」に該当する製品については、概ね似た仕様の情報を入手できた。ただし、各社において野縁材のピッチなど細かい仕様が異なるため差分が生じている。また、「①耐風圧/耐震天井」については、各社から異なるタイプの仕様の情報を入手できた。D社からは耐風圧天井（接合部の緊結、部材の板厚の増加など）、E社からは耐震天井（部材の角型化、板厚の増加、ブレースの設置など、国交省告示第771号対応）、F社からは耐震天井（接合部の緊結、部材の板厚の増加、ブレースの設置など、国交省告示第771号非対応）について情報を頂いた。以上の理由より、表1における軽量鉄骨下地の重量の情報はメーカー別に分けている。

なお、表1において重量の単位はkg/m²、CO₂原単位の単位はkg-CO₂eq/kg、環境負荷の単位はkg-CO₂/m²である。CO₂原単位の値は国立研究開発法人産業技術総合研究所が開発したIDEAv.3.1.0の値を用いた。ただし、せっこうボードに関しては単位面積当たりの質量を9.0として単位換算を行っている。

【表1 各モデルの製造時の環境負荷の算出過程】

モデルの種類	製品の例	せっこうボード			ロックウール化粧吸音板			軽量鉄骨下地			トータル環境負荷
		重量	CO ₂ 原単位	環境負荷	重量	CO ₂ 原単位	環境負荷	重量	CO ₂ 原単位	環境負荷	
①耐風圧/耐震天井	D-1	6.55	1.50	3.00	0.663	11.8	5.04	1.69	8.52	20.3	
	E-1	6.55	1.50	3.00	0.663	11.8	6.87	1.69	11.6	23.4	
	F-1	6.55	1.50	3.00	0.663	11.8	3.76	1.69	6.35	18.2	
②JIS適合材を用いた天井	D-2	6.55	1.50	3.00	0.663	11.8	2.63	1.69	4.44	16.3	
	E-2	6.55	1.50	3.00	0.663	11.8	2.84	1.69	4.80	16.6	
	F-2	6.55	1.50	3.00	0.663	11.8	3.21	1.69	5.42	17.2	
③一般普及材を用いた天井	D-3	6.60	1.50	-	-	9.90	2.82	1.69	4.77	14.7	
	E-3	6.60	1.50	-	-	9.90	2.40	1.69	4.06	14.0	
	F-3	6.60	1.50	-	-	9.90	2.65	1.69	4.48	14.4	
④一般普及材を用いた天井（ボード全面張り直し）	D-3'	13.2	1.50	-	-	19.8	2.82	1.69	4.77	24.6	
	E-3'	13.2	1.50	-	-	19.8	2.40	1.69	4.06	23.9	
	F-3'	13.2	1.50	-	-	19.8	2.65	1.69	4.48	24.3	

（耐震性の異なる吊り天井の製造時の環境負荷の評価）

各モデルの製造時の環境負荷を算出した結果を図3に示す。基本的な傾向として、「③一般普及材を用いた天井」<「②JIS適合材を用いた天井」<「①耐風圧/耐震天井」の順で環境負荷が大きくなっている。つまり、耐震性が高い天井ほど大きくなるという結果が得られた。これは耐震性が高い天井ほど軽量鉄骨下地の重量が大きくなるためである。なお、全てのモデルにおいてせっこうボード由来の環境負荷が半分以上を占めた。

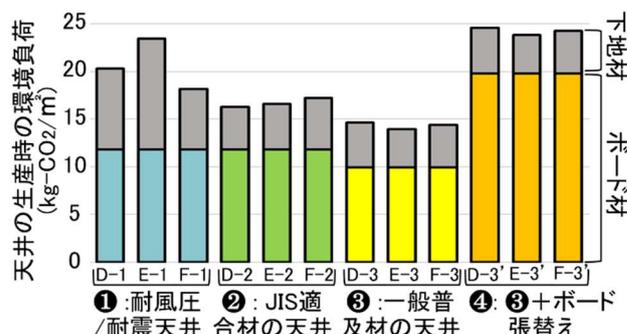
図3には、①から③のモデルの評価結果に加えて、④として、耐震性が最も低いと考えられる「③一般普及材を用いた天井」に地震被害が発生し、ボードを全面張り直したと仮定した場合の環境負荷も示している。もっとも環境負荷が大きかった「①耐風圧/耐震天井」と比較すると、④が同等あるいはそれ以上であることが読み取れる。すなわち、天井の耐震性を向上させることによる環境負荷の削減効果がある可能性が示唆された。

III 今後の展望

本研究で行った①～④の環境負荷の評価は、ごく単純な仮定に基づく検討に過ぎない。実際は「③一般普及材を用いた天井」に下地を含めたより深刻な被害が発生する可能性や、「②JIS適合材を用いた天井」にも多少の被害が発生する可能性が考えられる。そこで今後は、評価の根拠を得ることを目的として、各モデルを試験体とした天井の面内加力実験を実施し、地震時の損傷および修復を再現することを予定している。また、実験の試験体の作成時や解体・廃棄時の作業内容の記録と分析を通じて、施工時、解体時、廃棄時の環境負荷の評価も行う。

（注1）（注2）本研究で実施した軽量鉄骨下地メーカーならびにせっこうボードメーカーへのヒアリング調査に基づく

（注3）具体的には、「①耐風圧/耐震天井」と「②JIS適合材を用いた天井」を9.5mmのせっこうボードと9.0mmのロックウール化粧吸音板の2枚張りとし、「③一般普及材を用いた天井」を9.5mmの化粧せっこうボードの1枚張りとした。



【図3 各モデルの製造時の環境負荷の算出結果】