T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報 Article / Book Information

論題(和文)	中国式グリッドシステム天井の物性値に関する実験的研究	
Title(English)	Experimental study on mechanical properties of CHN-US style ceiling	
 著者(和文)	李 ミンフェイ, 元結 正次郎, 佐藤 大樹	
Authors(English)	Minfuei Ri, Shojiro Motoyui, Daiki Sato	
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 899-900	
Citation(English)	, , , рр. 899-900	
 発行日 / Pub. date	2023, 9	
	一般社団法人 日本建築学会	

中国式グリッドシステム天井の物性値に関する実験的研究

正会員	○李 ミ	ミンフェイ
同	元結	正次郎
同	佐藤	大樹

1. はじめに

近年、多国では地震時におけるグリッドシステム天井 の崩落や損傷が人的被害や建物機能損失を招く事象が多 数報告されている(Photo.1)。特に、中国では、2013年の雅 安地震における学校の教室やホールの天井が落下や損傷 などの被害が発生しており(Photo.2)^[1]、今後大地震が発生 した際には中国式グリッドシステム天井の甚大な被害が 懸念されている。また、中国式天井の地震時における動 的性状を把握するために、2019年、同済大学と東工大は 共同に中規模の振動台実験を行い、著者は当時当該実験 をシミュレーションする数値解析モデルを構築したが、 諸物性値は当時実験で検証せず、試行錯誤的与えること とした。そこで、本研究では、中国式天井に関わる 衝突・摩擦などの特性値を取得することを目的とする。

2. 中国式天井の特性値を取得するため一連の要素実験

中国式天井の地震時における天井面に作用する慣性力 は1)壁近傍の衝突部位2)クリップという金物の摩擦部位3) 吊りボルト、三つの経路しか躯体に伝達しかないので (Fig.1)、これらの特性値を要素実験で取得する。

2.1 中国式天井の衝突特性に関わる簡易衝突実験

小規模の中国式天井ユニットを吊りボルトで直接吊っ た試験体に初期変位を与え、その変位を開放することに よって被衝突体に衝突させる(Photo.3)。試験体図は Fig.2 ~Fig.4に示されている。被衝突体は周囲の鉄骨梁に19mm 厚さの合板を上下四つのボルトで固定した上で、ウォー ルアングルというL型の部材をビスで締固める境界条件と し、試験体の軸剛性に比べ十分に大きな剛性を有してい る剛体とみなせるものである(Fig.5)。計測項目は、天井と 被衝突体の相対変位、天井面と被衝突体に生じる加速度、 そして衝突力である。天井面の相対変位の計測に関して は、衝突面から60mm 天井中軸のクロスTバー裏面にアン グルをターゲットとして設置し、高精度であるレーザー 変位計にて計測している。更に、衝突時間は非常に短く、 衝突時には高周波かつ極大な応答加速度が発生するため、 加速度計はひずみ型加速度計と圧電型加速度計を併用す る。衝突力は衝突部に設置した圧縮荷重計で計測されて いる。試験体に与える初期変位をパラメータとして、20、 30、40、50mmの4ケースとして衝突実験を行う。

Experimental study on mechanical properties of CHN-US style ceiling



LI Minhui, MOTOYUI Shojiro, SATO Daiki

実験結果に関して、初期変位 50mm,40mm,30mm,20mm に与えた結果は Fig.6 に示すとおりである。実験結果より、 初期変位が同じ場合、一回目の衝突時では反発係数が一 番小さくて、二回目の衝突からの反発係数は徐々に大き くなっていく。更に、反発係数とエネルギーの関係を抽 出するために、Fig.7 に示すように横軸を天井面衝突直前 の速度 v_{in}の二乗として、縦軸を衝突における反発係数と した。黒色のマークは天井ユニットの衝突実験結果であ り、赤色のマークは同済大の振動台実験結果(Fig.8)である。 以上の結果より、反発係数は衝突時における散逸エネル ギーと反比例関係となっていることを確認した。

2.2 中国式天井の摩擦特性に関わるクリップ要素実験

クリップと天井の下地材(以下、T バー)間の摩擦による 履歴に関わる諸物性値を把握するために、クリップを対 象として静的加力実験を行った(Photo.4)。試験体図は Fig.9 に示すように T バーとクリップの間一本のビスで繋 がり、滑れるように設置した。ただし、ビスの締固め方 法は天井施工の基準を採用して、ビスを三週回してクリ ップの長い穴と密着に接触するように設置している。加 力手法はTバーをつかみ具で固定して、疲労試験機でTバ ーに強制変位与える。また、計測項目は、T バーとクリッ プ間の相対変位及び摩擦力である。T バーの強制変位は疲 労試験機で記録しているデータを使って、更に摩擦力は 非常に小さいので、200N 容量の高精度荷重計にて計測し ている。実験結果から荷重変位関係(Fig.10)を取り出し、 摩擦履歴に関わる物性値は Table.1 に示した。

2.3 吊りボルトの水平剛性および減衰の特性値

吊りボルトは天井の水平剛性及び減衰に大きい影響 を与えているために、吊りボルトを対象とする静的加力 実験及び自由振動実験も実施した。試験体はFig.11に示す ように中央部の一列のTバーだけ吊りボルトで吊って、両 側はワイヤーを介して吊ってあり天井面全体の安定状態 を保持するように設置する。自由振動実験に先立ち、吊 りボルト長さをパラメータとし天井面に強制変位を与え、 荷重変位関係を抽出する。実験結果によって、吊りボル ト長さLと天井体自体の水平剛性K間の比例関係を明らか にして(Fig.12)、以下の式で表される

 $K = n \cdot K_{bolt} + K_{pendulum} = n \cdot \frac{12EI}{L^3} + \frac{mg}{L}$ ここに、n は吊りボルト本数、L は吊りボルトの長さで ある。更に、各吊りボルト長さのケースを対象とした自 由振動実験を行い、天井自体の減衰の値は Fig.13 に示すよ うに、1.9%から 4.5%までの間に剛性比例型となる。

3. まとめ

以上のことより、中国式天井の衝突履歴、摩擦履歴及 び吊りボルトの特性値を一連の要素実験で把握した。



Fig.12 ボルト長さ-水平剛性 Fig.13 固有角振動数-減衰

[参考文献]

[1]Li Qiqi,Qu Zhe: Study on the seismic damage characteristic of suspended ceilings of exposed runners and mineral wool boards. Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration, 2019.6

* Doctoral Student, School of Environment and Society ,Tokyo Institute of Technology ** Emeritus Prof, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng

^{*}東京工業大学 環境・社会理工学院建築学系 博士学生

^{**}東京工業大学 名誉教授・工学博士 ***東京工業大学 未来産業技術研究所 准教授・工学博士

^{***}Associate Prof, FIRST, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.