

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)	, , , pp. 899-900
発行日 / Pub. date	2023, 9
権利情報	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 ミンフェイ
同 元結 正次郎
同 佐藤 大樹

中国式天井 非構造部材 要素実験

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、中国式天井を対象とした一連の天井ユニット実験を行って、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。



Photo.1 天井被害

Photo.2 中国式天井被害

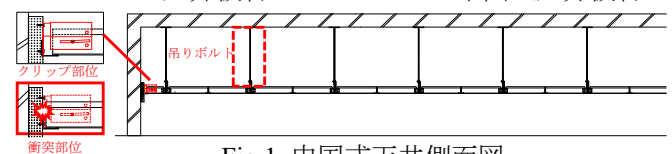
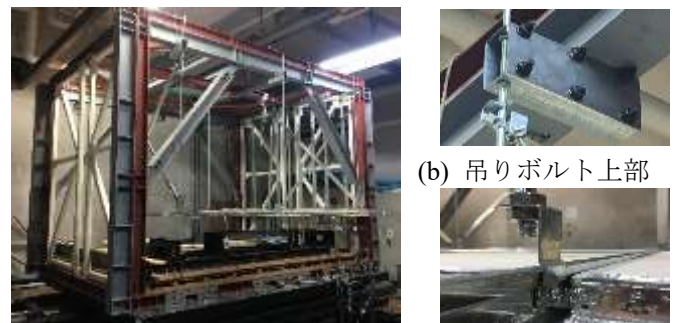


Fig.1 中国式天井側面図



(a) 全体写真

(b) 吊りボルト上部

(c) 吊りボルト下部

Photo.3 衝突実験写真

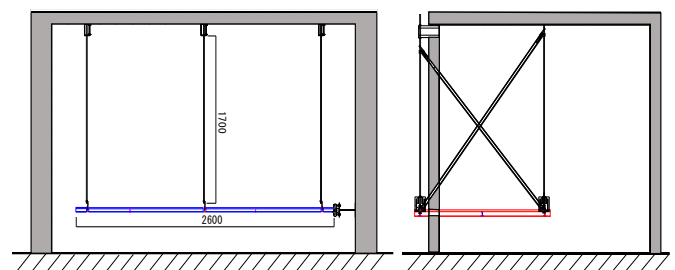


Fig.2 衝突実験正面図

Fig.3 衝突実験側面図

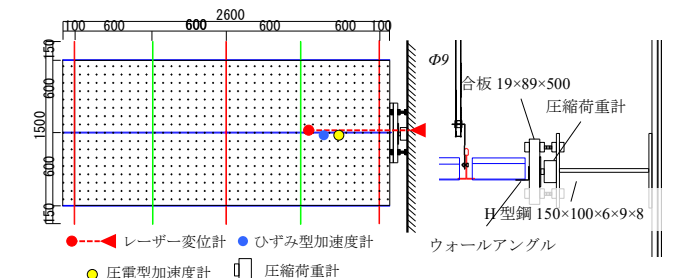


Fig.4 衝突実験平面図

Fig.5 衝突実験詳細図

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 パー)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 パーとクリップの間一本のビスで繋がり、滑るように設置した。ただし、ビスの締め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 パーをつかみ具で固定して、疲労試験機で T パーに強制変位与える。また、計測項目は、T パーとクリップ間の相対変位及び摩擦力である。T パ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 パ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。

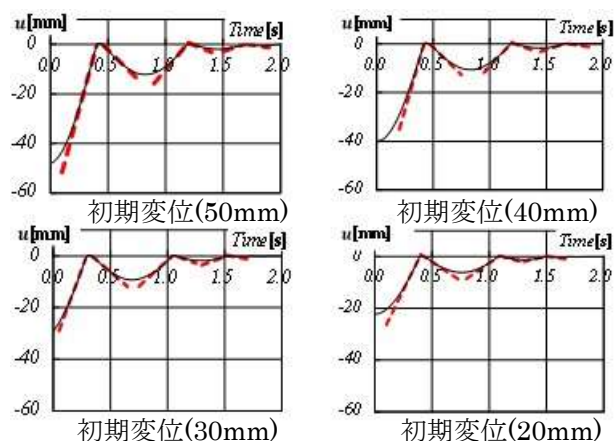


Fig.6 変位時刻歴

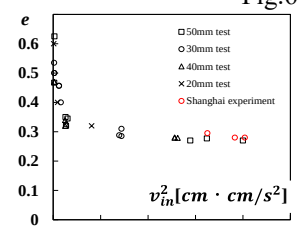


Fig.7 反発係数速度関係



Photo.4 摩擦試験写真

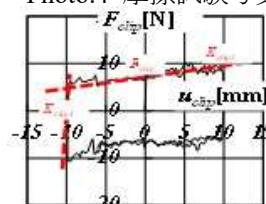


Fig.10 クリップ部位の摩擦履歴

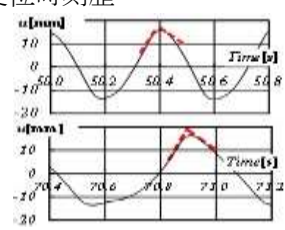


Fig.8 振動台実験結果

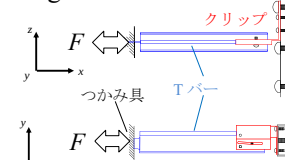


Fig.9 摩擦試験図

Table.1 摩擦履歴物性値

	値	単位
k_{clip1}	21.43	N/mm
k_{clip2}	0.13	N/mm
F_{clip}	6.8	N

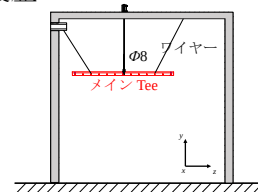
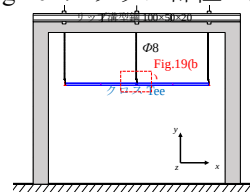


Fig.11 吊りボルト要素実験図

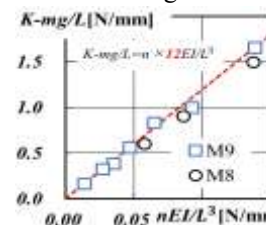


Fig.12 ボルト長さ-水平剛性

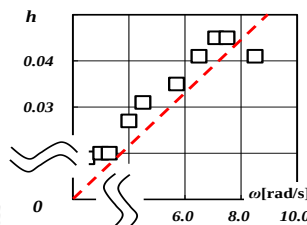


Fig.13 固有角振動数-減衰

【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

*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

* Doctoral Student, School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology

** Emeritus Prof, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng

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