

課題情報シート

| | | | | | |
|----------|----------------|--------|--------------|------|--------------|
| テーマ名 : | 既存天井工法における改善提案 | | | | |
| 担当指導員名 : | 小菅孝一 | 実施年度 : | 24 年度 | | |
| 施設名 : | 北海道職業能力開発大学校 | | | | |
| 課程名 : | 応用課程 | 訓練科名 : | 居住・建築システム技術系 | | |
| 課題の区分 : | 開発課題 | 学生数 : | 4 | 時間 : | 26 単位 (468h) |

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

本開発課題のテーマ設定について、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）をはじめ、近年頻発しているマグニチュード7クラス以上の大地震発生時に、天井が落下し、多くの死傷者が出ていることに着目し、本テーマ設定に至りました。

既存天井工法について改善提案を行うため、体系的に吟味しました。前半では既存天井工法の被害事例・現場調査およびその性能評価を行いました。既存天井工法の性能評価を行うため、振動試験機および小型起振機を用いた振動（動的）実験、万能試験機を用いた引張（静的）試験を実施しました。後半は、調査および実験から得られたデータが提案品を試作し、既存天井工法と同様に各種実験を行い、優れた性能を示した提案品をもって、改善提案としました。

なお、各種実験を用いた試験治具および試験体、すべて学生が設計・製作しました。

【訓練（指導）のポイント】

初期:テーマの目的と仕上がり像が明確になるように指導しました。

中期:ものづくりと実験を行うため、PDCAサイクルの考えにポイントを置き、施工計画、施工、施工管理、実験および安全管理の指導を行いました。不明瞭な点については、即座に解答を与えるのではなく、指導者から質問をする形式で学生に投げかけ、学生間で徹底的に打ち合わせを行わせました。その打ち合わせの際、学生間の意見の相違や方向性が誤った場合は、指導者から解答に結び付くアドバイスを与え、方向性を示しました。

後期:発表会およびポリテックビジョンへの出展においては、本開発課題のテーマについてアピールし、周りへの理解と納得が得られるようにポイントを置いたプレゼンテーションを行うように指導を行いました。

追記:第9回北海道ポリテックビジョンにおいて、「技術賞」を受賞致しました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 北海道職業能力開発大学校
住所 : 〒047-0292 ○北海道小樽市銭函3丁目190番地
電話番号 : 0134-62-3553 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/hokkaido/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

既存天井工法における改善提案

建築施工システム技術科 既存天井落下改善研究室

1. はじめに

平成 7 年 1 月の阪神・淡路大震災、平成 17 年 11 月に発覚した構造計算書偽造問題、近年記憶に新しい平成 23 年 3 月の東日本大震災と、建物の安全性が脅かす事象が発生したのち、直ちに各機関・団体で検討がなされ、建築基準法をはじめとして多くの基準・規則・仕様書が更新されてきた。しかしながら、これらの基準等に則って工事請負者が設計・施工を行っているにも関わらず、トラブルは頻繁に発生し、大地震の度に負傷事故が起こっている現状もある。

2. 開発の背景・目的

近年、地震により非構造材である天井の被害に注目を集めている。平成 23 年 3 月の東日本大震災では、茨城県茨城空港ターミナルビル、宮城県せんだいメディアテーク最上階フロア（図 1 参照）などが被害にあった。国土交通省によると天井の落下等による被害件数は約 2,000 件以上と報告されている¹⁾。このような被害を受け、天井の耐震対策は、建築物の耐震安全上重要な課題の一つとして再認識されている。建築用鋼製天井下地材（以下、天井下地）は内装の防火、不燃化及び工法の乾式化などにより、昭和 40 年代後半から木製下地材に代わって特殊建築物や大規模建築物に広く普及し、需要は急速に拡大した。このような中、設計者及び施工者側から標準化の要望が高まり、日本鋼製下地材工業会によって日本工業規格原案の作成がなされ、昭和 54 年 3 月に建築用鋼製下地（天井）JIS A 6517 として規格が制定された。その後も、JIS の改正が行われ、天井下地は規格の充実や品質の向上、安定供給を図るなどの需要に应运ってきた。現状では、「天井ふところが 1,500mm 以上ある場合は、縦横間隔 1.8m 程度に補強を行う」²⁾などの仕様書や手続き、指針が定められている。しかしながら、地震による天井の被害が起こっているのが実状である。



図 1 地震による天井落下被害
(2011.3.11, せんだいメディアテーク)

本開発課題では、平成 24 年 6 月に行った現場訪問、被害事例及び実験を通して見つかった不具合を研究・分析し、既存天井工法における改善提案を行うことにした。

3. 調査・分析による問題点の検討

本開発課題を行うにあたり現場訪問（現地意見調査）や文献の調査・分析を行った。

3.1 現地意見調査

平成 24 年 6 月 12 日に新築・札幌東公共職業安定所の現場訪問し、施工管理者、現場の職人の方を対象に現地意見調査を行った。

施工管理者の話によると施主の考えとして、現在販売されている脱落対策製品は価格が高いため、できれば使用したくない。さらに、天井ふところにはダクトや配線・配管が大量にあるため、そのことを考慮しなければならないなどの意見を頂いた。また、現場の職人の方からは、今までの施工方法（参照：図 2 既存天井工法）に慣れているため、複雑な製品を使用することで施工性の低下は避けたいなどの意見もあった。

次に文献の調査から、地震による天井落下の原因はクリップ（野縁と野縁受けを留める金物）の滑りから生じる変形・破損とハンガー（野縁受けと吊ボルトを留める金具）の変形・破損によるものであることがわかった。クリップとハンガーの変形・破損によって天井下地（鋼製天

井下地材・石膏ボード等）と仕上げ材もろとも脱落していることがわかった³⁾。

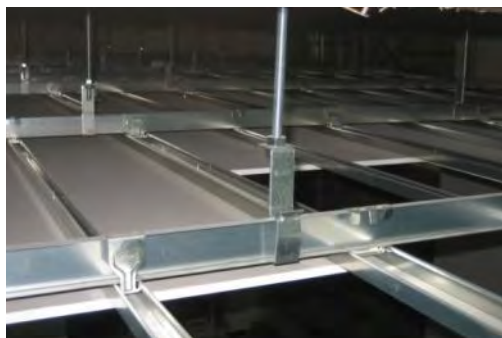


図2 既存天井工法

天井の落下被害の原因で、特にクリップの変形・破損により天井が脱落している事例が多く見られたことから、本研究室では、最も破損の多かった野縁と野縁受けの接合に用いるクリップに着目し、既存クリップ（図3参照）に対する改善提案を行うことにした。



図3 既存クリップ

4. 既存天井における性能評価

本開発課題において、既存天井工法の改善提案を示すための性能評価として、まず既存クリップを使用し、動的及び静的実験を行った。動的実験は、振動台試験機を用いて天井と壁の取り合いを模したもの（以下、有限天井）及び室の中央をイメージしたもの（以下、無限天井）の実験及び、起振機を用いて部材要素の滑り実験を行った。静的実験では、万能試験機を用いて部材要素の引張実験を行った。

4.1 有限天井実験

4.1.1 実験概要

本実験は、地震等の揺れにより天井材が壁に衝突した場合を想定し、その破壊状況の検証を行うことを目的とした。実験に使用した木製治具フレームを図4に示す。実験条件を変えることで、様々な天井の破壊状況を確認する。実験の条件は二面拘束、三面拘束、四面拘束、四面



図4 有限天井実験

拘束クリアランス 12mm 及び四面拘束クリアランス 24mm のそれぞれ5つの条件とした。

加振方法はスイープ試験（掃引試験）と地震波による試験とした。木製治具のみのスイープ試験により、7~8Hz 近傍で共振を起こした。そのため、本実験であるスイープ試験振動数は2~5Hz とした。入力加速度は 200gal~1,000gal の5段階とした。加振時間は90秒とした。地震波は、平成15年5月26日に宮城県気仙沼三陸南沖で発生した三陸南地震波（M7.1、観測点：牡鹿半島、観測点最大震度5弱）を用いた。

4.1.2 実験結果および考察

本実験で発生したクリップの滑りを表1に示す。表の数値はその実験での最大値である。

実験から以下のことが明らかになった。

- ・天井のビスの抜け落ちは、天井が何度も壁面に衝突することや、クリップが滑った際にビスに接触することによりビスの緩みが起きることがわかった。
- ・クリアランスを設けることで、天井が壁に衝突しなくなる、又は衝突しない時間帯が発生することを確認できた。

表1 有限天井実験結果

| 2~5Hz | 200gal | 400gal | 600gal | 800gal | 1000gal | 地震波 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|---------|------|
| 二面拘束 | | | | | | |
| 三面拘束 | | | 15mm | 7mm | 10mm | 7mm |
| 四面クリア12 | — | 5mm | 16mm | 18mm | 25mm | 20mm |
| 四面クリア12プレース | — | — | 8mm | 13mm | 14mm | 15mm |
| 四面クリア24 | — | | 8mm | 20mm | 20mm | 50mm |
| 四面クリア24プレース | — | — | | 12mm | 18mm | 24mm |

4.2 無限天井実験

4.2.1 実験概要

本実験は、振動と共振によって、クリップや

ハンガーなど各所の滑りや変形、吊ボルトの挙動、広範囲での天井の破壊状況を確認するための実験である。

木製治具フレームを使用した実験では、柱により大きな面積の天井を作ることが困難であった。また、木製治具フレームの共振により振動台の最高加速度を出すことができないなどの問題が発生した。そこで、天井を上下反転させ、天井材のダブル野縁に紐を通し、両側から吊り上げることににより柱を無くす方法を考案した。また、鋼製のアングルによりフレームを組み、インサートに見立てた長ナットを溶接した鋼製治具を作製し、それらを振動台に取付けることにより天井の面積を広げる設計とした。実験治具、試験体設置の様子および加速度計位置を図5に示す。実験条件は、有限天井実験と同様にスイープ試験と地震波により行う。

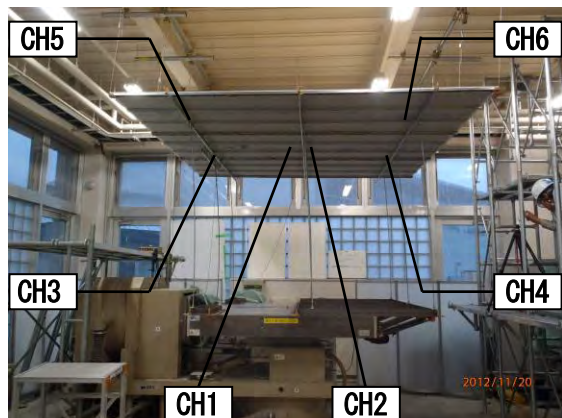


図5 無限天井実験

4.2.2 実験結果

(1) 2~11Hz

初めに天井の挙動を見るため、2~11Hzと範囲を広げて加振した。加速度計はCH1~CH4を横方向に4つ取り付けた。入力加速度400galから1,000galまで加振した結果、横方向の揺れがほとんど起きずに縦方向の揺れが発生した。そのため、加速度計を縦方向に取り付け直した。2~4Hzでは天井に変化が見られなかったため、次の実験では振動数を5~11Hzに絞り加振を行うことにした。

(2) 5~11Hz

実験結果を図6に示す。本実験は入力加速度を400galから1,800gal及び、地震波により加振を行った。図の値は上記の加速度における最大値を示す。加速度計は天井の下面に6か所取

り付け、CH1は横揺れ、CH2~CH6は縦揺れを測定できるように取り付けた。取り付け位置を写真3に示す。実験の結果、7~8Hz近傍において共振が見られた。

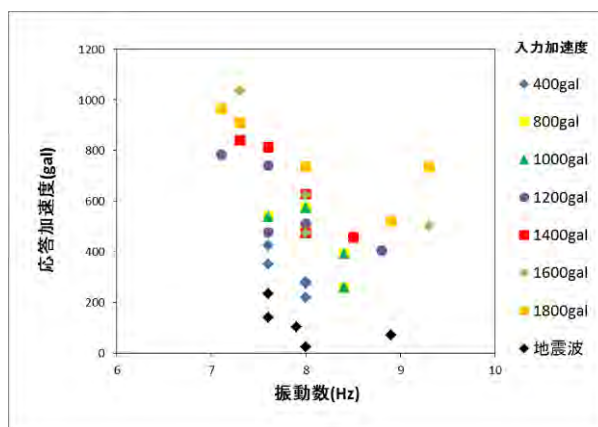


図6 無限天井実験結果

4.2.3 考察・まとめ

通常状態の天井では、ほとんどの入力加速度で7~8Hz近傍に共振が見られた。既往の研究の結果においても7~8Hz近傍⁴⁾で天井が共振を起こしているという結果から、無限天井を再現することができたと言える。この実験により、面積の広い天井では、場所により縦揺れが発生し天井の破壊を確認することができた。

4.3 滑り実験

4.3.1 実験概要

本実験では、天井落下の理由として最も多いクリップの滑りなど部分的な破壊状況の確認・検証を目的とした要素実験である。

実際の地震時に最も被害が発生しているクリップの滑りを再現するため、シングルクリップの実験ではシングル野縁2本(@300mm)を、ダブルクリップの実験ではダブル野縁(中央)を、起震機の天板に固定し、フレームに固定した野縁受けに規定の方法でクリップを取り付けた。実験に使用した滑り実験治具を図7に示す。クリップの止め方は野縁受けを背骨と見立てて、腹止め、背止めと呼称する。振動数は1.5Hz固定とする。測定方法は、徐々に入力加速度を増加させて、クリップが滑りを起こしたときの加速度を記録する。実験回数は、同条件を3回ずつ行った。

4.3.2 実験結果

下記に滑り始めた平均の加速度を示す。

(1) シングルクリップ

腹止め:229gal 背止め:321gal

背腹交差:544gal

(2) ダブルクリップ

腹止め:400gal 背止め:383gal

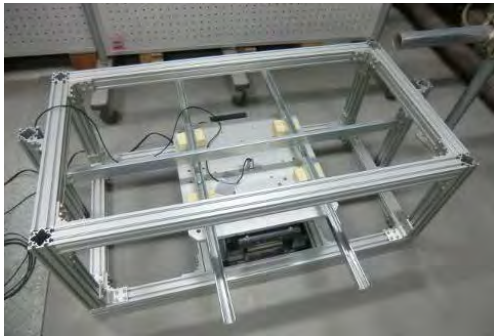


図7 滑り実験

4.3.3 考察

背止めと腹止めで差が出たのは、クリップ上部(以下、爪部)の折り込みに違いがあるため、折り込みが増すことで拘束力が高まり、野縁両天端部と野縁受けとの摩擦力が上昇したと考えられる。腹止めの場合野縁受けが背骨側に、背止めの場合野縁受けが腹側に倒れる傾向にあり、クリップの滑りもそういった場合に多く見られた。交差配置の場合は両傾向に対応できるため、両方向の滑りに対して強い抵抗を見せたと思われる。破壊はフック部の変形が多く見られた。次いで爪部が固定した状態よりも大きく曲がってしまうことが確認できた。

4.3.4 まとめ

本実験で以下のことが明らかになった。

- ・摩擦力の発生部位はフック部と野縁両天端部、野縁両天端部と野縁受け下部の2か所である。
- ・拘束力はクリップ爪部の折り込みによって上下する。
- ・摩擦力の発生部位を増やすことが重要である。
- ・クリップ爪部の折り込みを強め、拘束力を増やすことが重要である。
- ・野縁受け断面から見て左右非対称のクリップの場合は、両方向の滑りに対応できるよう交差配置が望ましい。

4.4 引張実験

4.4.1 実験概要

本実験は、地震による被害報告や各実験からクリップの変形が見られたことを受け、クリップの部分的な破壊形状の確認・検証を目的とした実験である。

4.4.2 実験方法

実験は、万能試験機の上に治具を固定し、上部の治具に吊りボルトを303mm間隔で設置しハンガー、野縁受けを取り付けた。次に下部の治具には野縁を万力で固定した。最後に野縁受けと野縁をクリップで固定した(図8参照)。クリップはシングルクリップ、ダブルクリップの2種類のクリップを背止め、腹止めの2種類の止め方で実験を行った。実験回数は1条件3回行った。



図8 引張実験

4.4.3 実験結果及び考察

実験結果における評価は各3回行った実験の剛性K(kN/mm)、最大耐力P_{max}(kN)、及び吸収エネルギーS(kN・mm)の代表値を用いて行う。代表値は統計的処理に基づき、信頼水準75%の50%下側許容限界値は母集団の正規分布とみなした式で求めた。結果を表2に示す。結果からシングルクリップ、ダブルクリップともに剛性は背止めが高い値を示した。しかし、最大耐力を比較すると大きな差は生じなかった。背止めの剛性が高い理由として爪部が野縁に固定されていることから高い結果を示したと考えられる。

破壊形状を図9に示す。実験後ではフック部が開き変形してしまっているのがわかる。また、曲げの変形に加えて引張力によりクリップが少し伸びることもわかった。このクリップの変形はシングルクリップ、ダブルクリップや背止め、腹止めのどの条件でも発生した。

表2 既存クリップ引張実験結果

| 形状 | 取付方法 | 剛性 | 最大耐力 | 吸収エネルギー | 剛性S | 最大耐力P _{max} | 吸収エネルギーS |
|--------|------|----------|-----------------------|----------|------|----------------------|----------|
| | | K(kN/mm) | P _{max} (kN) | S(kN・mm) | 代表値 | 代表値 | 代表値 |
| 既存クリップ | シングル | 0.348 | 0.621 | 5.295 | 0.32 | 0.52 | 4.25 |
| | | 0.275 | 0.520 | 4.186 | | | |
| | | 0.390 | 0.500 | 4.056 | | | |
| | 腹止め | 0.168 | 0.577 | 2.057 | 0.16 | 0.53 | 1.72 |
| | | 0.170 | 0.533 | 1.711 | | | |
| | | 0.151 | 0.514 | 1.642 | | | |
| ダブル | 背止め | 0.222 | 0.461 | 3.989 | 0.22 | 0.4 | 2.99 |
| | | 0.243 | 0.330 | 2.031 | | | |
| | | 0.216 | 0.519 | 4.399 | | | |
| | 腹止め | 0.250 | 0.623 | 9.519 | 0.13 | 0.44 | 3.39 |
| | | 0.110 | 0.441 | 4.541 | | | |
| | | 0.118 | 0.398 | 1.036 | | | |



図9 クリップの破壊形状
(左：実験前，右：実験後)

5. 改善提案

これまで行った調査・分析、性能評価をもとに本研究室ではクリップの改善提案を行った。その改善提案により作成した図面を生産技術科の CAD/CAM システムによるレーザー加工機を用いて製品化した。作製した試作品で予備実験を行い、本実験を行う製品の検討を行った。図10に試作したクリップをします。

5.1 形状の検討

改善提案を行うにあたり今まで得たデータをもとにどのような形状のクリップを作製するか検討した。まず有限天井実験、滑り実験によってクリップが滑り天井脱落の恐れがあるとわかったことから、滑りに対する改善提案を行うことにした。また、無限天井実験、引張実験から共振時の縦揺れにより発生する引張力でクリップの変形が見られたことから引張力に対する改善提案も行うことにした。

本研究室の改善提案は強度性能の向上と耐震性の向上の以上の2点よりクリップの作製を試みた。しかし、本研究室で使用している振動台試験機では現在の法律で定められている予定⁵⁾の2.2G以上の耐力があることを測定することができないため、性能評価実験で使用した既存のクリップ以上の性能を目指して製品開発を行うことにした。まず以下、先行試作品①～④の試作を行った。

先行試作品①は野縁部分の隙間を最小限にしてクリップ全体を野縁に衝突させて抵抗を増やす設計にした(図10-a)。

先行試作品②は通常の爪部を折り込める形状にして、クリップの開きを防止する設計にした。また折り込みによって新たな摩擦力の発生が見込めることから滑りの防止にも有効であると考えられる(図10-b)。

先行試作品③はクリップの上下部分の変形が多く見られることから通常野縁に接する部分は2か所であるが、本クリップは倍の4か所を接することで引張りに対する抵抗を増やす設計にした(図10-c)。

先行試作品④は通常野縁受けは爪部のみで固定することから、本クリップは野縁受けの下部からも固定を行えるよう設計にした(図10-d)。

以上の4つのクリップをレーザー加工機で作製した。しかし、加工性の悪さや設計ミスなどの不備が見つかり再び検討を行った。

5.2 形状の改善(1)

寸法の修正だけでなく、加工性、設計のミスを参考に新たなクリップの作製も行った。

前回設計したクリップは寸法の修正の他に、曲げ加工性を克服するために、曲げる部分に切り込み(図10-e)を入れるなどの工夫をした。

新たに作製したクリップを以下試作品⑤～⑨に示す。

既存クリップ性能評価実験でフック部の変形が多く見られた。したがって、試作品⑤はフック部を通常より長くして野縁への抵抗部分を増やす設計にした。また、フック部を長くする設計で野縁のどの部分に触れる方が良い結果が出るかを検討することにした。そこでフック部を上段と下段の2パターンで設計を行った(図10-f)(図10-g)。

試作品⑥は爪部の開きを起きにくくするために爪部を大きくして抵抗を増やした。また、前回作製したクリップの加工性の悪さからシンプルな形にすることにより加工性や施工性の向上を考え設計を行った(図10-h)。

試作品⑦は変形しクリップを固定することから剛性を高めることができると考えた。また、背止めや腹止めをなくし施工性の向上を考え設計を行った(図10-i)。

試作品⑧は折り込みにより開き防止をする設計にしつつ、野縁を4か所で固定して抵抗を増やす設計とした(図10-j)。

試作品⑨はフック部が点で野縁を支えていることから野縁の変形が発生していると考え、面で野縁に接することで抵抗を増やす設計とした。また、背止めや腹止めをなくし施工性の向上を図っている(図10-k)。



図 10-a 先行試作品①

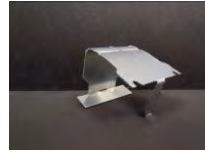


図 10-b 先行試作品②

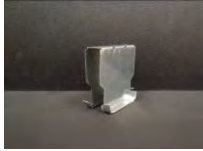


図 10-c 先行試作品③



図 10-d 先行試作品④



図 10-e 切り込み加工



図 10-f 試作品⑤上

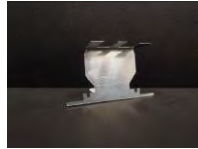


図 10-g 試作品⑤下



図 10-h 試作品⑥



図 10-i 試作品⑦



図 10-j 試作品⑧



図 10-k 試作品⑨



図 10-l 試作品⑨'

図 10 試作クリップ

5.3 予備実験

本実験で使用するクリップを決定するため、滑り実験と引張実験を行い、既存クリップと比較、検討を行った。なお、本予備実験は試作品②～⑨を対象に各 1 体行った。

5.3.1 滑り実験

既存クリップの滑り実験と同様に滑り始めた加速度を比較の対象とした。

実験の結果から先行試作品④は野縁受けの拘束力は高くなったが、フック部が滑り、効果を

得られなかった。先行試作品③は構造上野縁受けとクリップに隙間が生じるため、滑りに耐えることができなかった。既存クリップ実験の考察の通り、フック部と野縁で摩擦力を得ている試作品⑤と、爪部分と野縁受けで摩擦力を得ている試作品⑦が高い性能を示した。しかし、試作品⑦は引張実験での強度が低かったため、性能評価実験では試作品⑤を採用した。

5.3.2 引張実験

既存クリップの引張実験と同様に剛性、最大耐力、吸収エネルギーの値を比較の対象とした。

実験の結果から先行試作品③は最大耐力、吸収エネルギーともに既存クリップ以上の性能を示した。したがって、本実験で使用するクリップは試作品③となった。また、試作品⑨のクリップは最大耐力が既存クリップの 2 倍並みだったことから、設計を修正すれば剛性、吸収エネルギーの向上が見込めると判断して本実験を行うことにした。

5.4 形状の改善(2)

試作品⑨' は当初の設計では野縁部分の片面のみで固定していたものを両面固定に変更した。これにより抵抗部分が増えると考えた。また野縁受けを固定していた部分の長さを短くすることによって野縁と野縁受けの密着力の向上も図れると考えた (図 10-L)。

6. 改善製品の性能評価

予備実験を通して良い結果であった 3 つのクリップを改善クリップとし、性能評価を行い既存クリップと比較を行う。本実験を行うクリップは先行試作品③の改善クリップ(以下、Mクリップ)、試作品⑤の改善クリップ(以下、Tクリップ)、及び試作品⑨' の改善クリップ(以下、Sクリップ)の 3 つである。

6.1 有限天井実験

6.1.1 実験概要

本実験では、各々が製作したクリップを天井材に用い、既存クリップと比較し、性能を確認することを目的とする。

6.1.2 実験方法

有限天井実験と同様に、スweep試験と地震波による試験を行う。2~5Hz で加振を行い、入力加速度は 600gal、1,000gal の 2 回とし、加振時間は 1 分 30 秒とした。地震波は、平成

15年5月26日に宮城県気仙沼三陸南沖で発生した三陸南地震（M7.1、観測点：牡鹿半島、観測点最大震度5弱）とした。

6.1.3 実験結果

実験結果を表3に示す。クリップの滑りは、その実験での最大値を示す。

表3 改善製品有限天井実験結果

| 2~5Hz | | 600gal | 1000gal | 三陸南地震波 |
|-----------------------|---------|--------|---------|--------|
| S ク リ ッ プ | 三面拘束 | 105mm | 130mm | 105mm |
| | 四面クリア12 | 100mm | 105mm | 80mm |
| | 四面クリア24 | 50mm | 115mm | 55mm |
| M ク リ ッ プ | 三面拘束 | 105mm | 100mm | 100mm |
| | 四面クリア12 | 65mm | 65mm | 102mm |
| | 四面クリア24 | 100mm | 110mm | 65mm |
| T ク リ ッ プ | 三面拘束 | 65mm | 92mm | 4mm |
| | 四面クリア12 | 4mm | 14mm | 7mm |
| | 四面クリア24 | 8mm | 35mm | 7mm |

6.1.4 Sクリップ考察

三面拘束では衝撃に耐えることができず、大きくクリップが滑ることで途中から天井が壁に衝突することがなくなった。野縁から出ているビスにより途中で滑りが止まったが、ビスが無かった場合、さらに滑りが大きくなったのではないかと考えられる。地震波、スイープ試験600galでの傾向としては、ダブルクリップが滑らずハの字型に野縁受けが滑ることがわかった。

6.1.5 Mクリップ考察

Sクリップでは平均的に90mm以上の滑りが見られたが、Mクリップは平均するとSクリップより滑りは小さい。滑りの大きさは実験によって大きくバラつきがあるが、これはクリップの取り付け方法によって左右するとみられる。

6.1.6 Tクリップ考察

三面拘束の強い衝撃で90mm滑りを起こしたが、Sクリップ、Mクリップと比較すると滑りが小さい。三面拘束以外の結果では、耐震クリップと同等、又はそれ以上の性能を有していることが確認できた。特に地震波に強く、クリップの滑りを一桁台に抑えることができた。

6.1.7 まとめ

Sクリップ、Mクリップでは既存クリップより4~5倍滑りが大きいという結果となった。これはフック部と野縁の摩擦力が少ないためだ

と考えられる。Tクリップは同等、又はそれ以上の性能を有していることが確認できた。フック部を伸ばし、抵抗力を増やす設計とすることでうまく摩擦力を得られた結果だと考えられる。

6.2 滑り実験

6.2.1 実験概要

開発した3種のクリップの性能を確認するため、今までと同様の条件で実験を行う。実験は1種類につき3回ずつ行う。

6.2.2 実験結果

実験結果を表4及び表5のそれぞれに示す。

表4 改善製品滑り実験結果シングルクリップ

| 1.5Hz固定 | 試験体① | 試験体② | 試験体③ | 平均値 | 既存クリップ |
|---------|---------|--------|---------|---------|--------|
| Sクリップ | 238gal | 220gal | 274gal | 244gal | 478gal |
| Mクリップ | 238gal | 256gal | 306gal | 267gal | |
| Tクリップ | 1046gal | 968gal | 1046gal | 1020gal | |

表5 改善製品滑り実験結果ダブルクリップ

| 1.5Hz固定 | 試験体① | 試験体② | 試験体③ | 平均値 | 既存背止め | 既存腹止め |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sクリップ | 238gal | 238gal | 256gal | 244gal | 383gal | 400gal |
| Mクリップ | 256gal | 256gal | 338gal | 283gal | | |
| Tクリップ背 | 523gal | 574gal | 574gal | 557gal | | |
| Tクリップ腹 | 675gal | 624gal | 574gal | 624gal | | |

6.2.3 まとめ

シングルでは、Tクリップが耐震クリップ以上の性能を示した。ダブルクリップではTクリップが同等の性能を示した。Mクリップは取り付け方によって結果にバラつきがみられた。Sクリップ、Mクリップは取り付け方が構造的に類似しているため、隙間が生じ、容易に滑りが発生した。

6.3 引張実験

6.3.1 実験方法

本実験は前回の性能評価と同じ実験方法で行う。クリップの取り付け方法はSクリップとMクリップは背止め、腹止めがないためシングルクリップ、ダブルクリップのみ実験を行う。Tクリップは前回と同様に背止め、腹止めで実験を行う。また、実験回数は1条件3回行う。

6.3.2 実験結果及び考察

実験結果は3回の結果から代表値を算出した。代表値の算出方法は前回と同じとした。結果を以下の表6に示す。剛性、最大耐力、吸収エネルギーの対比は既存クリップを1と考えたとき

表 6 改善製品引張実験結果

| | 形状 | 取付方法 | 剛性 K(kN/mm) | 最大耐力 Pmax(kN) | 吸収エネルギー S(kN・mm) | 剛性K 代表値 | 最大耐力Pmax 代表値 | 吸収エネルギーS 代表値 | 剛性K の対比 | 最大耐力Pmax の対比 | 吸収エネルギーS の対比 |
|-------|------|------|----------------|------------------|---------------------|------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|
| Sクリップ | シングル | 背腹なし | 0.151 | 1.237 | 13.233 | 0.13 | 1.28 | 13.30 | 0.4 0.8 | 2.5 2.4 | 3.1 7.7 |
| | | | 0.088 | 1.433 | 14.285 | | | | | | |
| | | | 0.221 | 1.294 | 13.040 | | | | | | |
| | ダブル | 背腹なし | 0.085 | 1.091 | 12.517 | 0.08 | 1.01 | 12.20 | 0.3 0.6 | 2.5 2.3 | 4.1 3.6 |
| | | | 0.068 | 1.008 | 12.244 | | | | | | |
| | | | 0.089 | 1.003 | 12.051 | | | | | | |
| Mクリップ | シングル | 背腹なし | 0.141 | 0.761 | 7.586 | 0.15 | 0.66 | 5.51 | 0.5 0.9 | 1.3 1.3 | 1.3 3.2 |
| | | | 0.143 | 0.669 | 4.579 | | | | | | |
| | | | 0.205 | 0.633 | 6.091 | | | | | | |
| | ダブル | 背腹なし | 0.418 | 0.989 | 13.807 | 0.21 | 0.93 | 12.78 | 1.0 1.6 | 2.3 2.1 | 4.3 3.8 |
| | | | 0.193 | 0.946 | 13.615 | | | | | | |
| | | | 0.177 | 0.901 | 12.031 | | | | | | |
| Tクリップ | シングル | 背止め | 0.697 | 0.415 | 3.019 | 0.33 | 0.42 | 2.86 | 1.0 | 0.8 | 0.7 |
| | | | 0.318 | 0.408 | 2.638 | | | | | | |
| | | | 0.254 | 0.495 | 3.299 | | | | | | |
| | | 腹止め | 0.440 | 0.443 | 2.906 | 0.19 | 0.43 | 2.67 | 1.2 | 0.8 | 1.6 |
| | | | 0.110 | 0.424 | 2.308 | | | | | | |
| | | | 0.200 | 0.456 | 3.453 | | | | | | |
| | ダブル | 背止め | 0.189 | 0.433 | 1.896 | 0.13 | 0.43 | 2.58 | 0.7 | 0.4 | 0.2 |
| | | | 0.126 | 0.416 | 3.121 | | | | | | |
| | | | 0.114 | 0.463 | 3.901 | | | | | | |
| | | 腹止め | 0.130 | 0.464 | 5.330 | 0.15 | 0.46 | 4.82 | 1.2 | 1.0 | 1.4 |
| | | | 0.291 | 0.443 | 4.573 | | | | | | |
| | | | 0.138 | 0.463 | 4.982 | | | | | | |

の対比になる。Sクリップ、Mクリップに関しては上段を背止め、下段を腹止め時の対比となっている。

Sクリップは耐震クリップの最大耐力、吸収エネルギーを概ね上回る結果となった。通常クリップ下部は点で野縁と接しているが、Sクリップは面で接していることや既存クリップの倍の4点野縁と接していることから最大耐力、吸収エネルギーの向上が見られたと考えられる。

次にMクリップは既存クリップの最大耐力、吸収エネルギーを上回る結果となった。このクリップも既存クリップの倍の4か所で野縁に接していることから最大耐力、吸収エネルギーの向上が見込めたと考えられる。

次にTクリップは剛性が概ね上回る結果となった。剛性の向上が見られたのはSクリップ、Mクリップと違い、野縁だけでなく、野縁受けも爪部により固定することができたからであると考えられる。

7. まとめ

本開発課題では、近年騒がれている地震によって被害事例が多く報告されている既存天井工法について改善提案を行うために、調査・分析を行い、さらに既存工法に対して各種実験を行った。実験データをもとに既存天井の脱落被害で、原因と考えられるクリップに着目した。

本研究室では主に耐震性と強度性能に対する

製品の作製に重点をおき、既存の製品以上の性能のクリップの作製を目指した。結果、耐震性の向上したクリップと強度性能の優れたクリップの開発をすることができた。この結果を活かし既存クリップの性能向上を目指すことにより、地震が発生しても落ちにくい天井の作製を目指していけると我々は考えている。

8. 謝辞

本開発課題を行うにあたり、クリップ加工についてご指導頂いた生産機械システム技術科安井先生、レーザー加工機使用に便宜を図って下さった生産技術科園田先生をはじめ諸先生方に感謝申し上げます。さらに現地調査でご協力頂いた株式会社マテックス山岡代表に感謝の意を示します。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：「建築物における天井脱落対策試案」に関するご意見募集について、2013.7
- 2) 公共建築協会：公共建築工事標準仕様書(建築工事編)、2007
- 3) 独立行政法人建築研究所 建築生産グループ：地震による天井の脱落被害および耐震対策、平成23年度講演会「東日本大震災に学ぶ―復興・再生に向けた建研の取組み―」(2012.3.9)資料
- 4) 戸田建設株式会社：戸田建設技術研究報告第37号天井耐震クリップ工法の開発、2011
- 5) 国土交通省：「建築物における天井脱落対策試案」、2013.7

課題実習「テーマ設定シート」

作成日：4月 11日

科名：建築施工システム技術科

| 教科の科目 | | 実習テーマ名 | |
|---|---|----------------|--|
| 総合施工・施工管理課題実習 (開発課題実習) | | 既存天井工法における改善提案 | |
| 担当教員 | | 担当学生 | |
| 主担当：小菅孝一 | | 4名 | |
| 副担当：上中勝博 | | | |
| | | | |
| | | | |
| 課題実習の技能・技術習得目標 | | | |
| 鉄筋コンクリート造および鋼構造建築物の内装天井下地として広く用いられている鋼製下地材（軽鉄）の工法、材料、施工および積算の知識・技術を習得します。さらにグループ学習方式を通じて、ヒューマンスキルおよびコンセプトチャルスキルの向上を目指します。 | | | |
| 実習テーマの設定背景・取組目標 | | | |
| 実習テーマの設定背景 | | | |
| 近年の震災において、建築物の安全に関して注目がさらに高まっています。法令・基準・仕様等を則り、工事請負業者が設計・施工を行っているのにも関わらず、震災が起こる度に負傷事故が発生しています。震災時に発生した不具合事例に着目し、それらの事例を分析・研究することで既存天井工法に関する改善提案を行います。 | | | |
| 実習テーマの特徴・概要 | | | |
| 震災時に、天井材が落下することによって、多くの負傷事故が発生していることに注目し、既存の天井鋼製下地の改善提案を行います。本開発課題は、当科所有の施工振動管理システムや各試験機を用いて、各種のシミュレーション実験を行い、多角的な観点から既存製品に対する改善提案を取り組みます。 | | | |
| No | 取組目標 | | |
| ① | 震災による天井落下事例の分析・研究を行い、現状を把握します。 | | |
| ② | 現場見学や実習を通して、鋼製天井下地の工法・施工法を習得します。 | | |
| ③ | 鋼製天井下地の数量積算手法を習得します。 | | |
| ④ | 振動および耐震に関する知識を習得します。 | | |
| ⑤ | 振動台試験機を用いた実験計画を行い、モデルによる各種振動・震動実験を行います。 | | |
| ⑥ | 起震機を用いた実験計画を行い、接合要素の振動・震動実験を行います。 | | |
| ⑦ | 静的実験の計画を行い、各種の実験を行います。 | | |
| ⑧ | 実験から得られたデータを元に、各種の改善提案を行います。 | | |
| ⑨ | 報告書の作成し、発表会を実施します。 | | |
| ⑩ | 5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。 | | |