

大型ダクトルートを容易にする天井補強部材の新提案 その4 X字型補強を施した天井の時刻歴応答解析

正会員 ○筒井 寛太*
同 永野 康行***

同 松田 吉弘**

設備設計 吊り天井 大型ダクト
補強部材 クリーンルーム 構造計画

1.はじめに

本研究のその 1¹⁾では大型ダクトルート設計時の問題点について概要を述べた。その 2²⁾では、大型ダクトルート確保を容易にする天井内補強部材（以下、「くの字型補強」）の提案を行い、くの字型補強の非線形静的解析を行った。その 3³⁾では、くの字型補強を天井全体に用いた時の時刻歴応答解析を行った。多くの施工現場で用いられている斜め部材（以下、「V字型補強」）を用いた場合よりも、くの字型補強を用いた方が多くのダクトルートの選択が可能になるが、剛性がV字型補強に比べて小さいため、多数のくの字型補強を用いる必要がある事を確認した。本研究の目的は、くの字型補強の形状を維持したまま、くの字型補強よりも剛性の大きい補強を作成し、天井全体に用いた時の振る舞いについて、時刻歴応答解析を行い、最大層間変位について、V字型補強とくの字型補強との比較を行い、大型ダクトルートを容易にする天井内補強部材を新たに提案する事である。

2.検討方法

解析を行う前に建築物の設定を行う。本研究で仮定した建物は縦36m×横18mの長方形型の工業用クリーンルームとし、天井懐寸法は1500mmの吊り天井とし、単位面積質量20kg/m²とする。本研究では、スウェイ、ロッキングとP-Δ効果は考慮せず、減衰係数は0.02とする。仮定した天井に対して、V字型補強、くの字型補強か、くの字型の剛性を大きくした補強（以下、「X字型補強」）のいずれかを用いる。補強を構成する部材は、各補強の吊りボルトと補強部材は同一部材を使用し、野縁受けについてはX字型補強のみ断面の大きい部材を使用する。これは、くの字型補強に水平荷重が作用した際に、野縁受けが変形し、全体の変位が大きくなるためである。各補強の断面形状と鋼材寸法を併せて表1に示す。

表1 各補強を構成する部材の設定

種類	形状	寸法 [mm]
T(吊りボルト)	丸鋼	D=9
V(補強部材)	冷間成形溝形	H=60, B=30, tw=1.6, r=0, d=10
B1(野縁受け)	溝形断面	H=40, B1=20, tw=1.6, tf1=1.6, B2=20, tf2=1.6
B2(野縁受け)	溝形断面	H=70, B1=40, tw=5, tf1=7, B2=40, tf2=7

各部材の鋼材種別は、吊りボルトはSS400とし、補強部材と野縁受けはSSC400とする。各補強の形状、寸法、接合条件と支持条件を図1に示す。

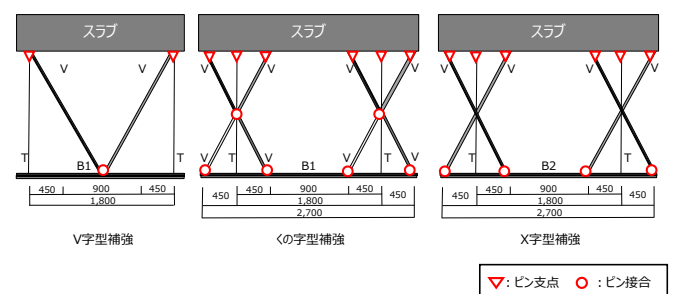


図1 各補強の形状・寸法・接合条件・支持条件

次に、天井内補強の配置を仮定する。V字型補強は、定められた式⁴⁾により算定した組数以上をはり間方向及びけた行方向に釣り合いよく、おおむね50m²以下の均等かつ整形な範囲に配置しなければならない。本研究では、仮定したクリーンルームを12分割した縦4m×横9mの範囲を1グリッドとし、補強を配置する。なお、本研究では、クリーンルームの横方向の水平力に対抗する補強のみを配置する。定められた式より、本研究で仮定した1グリッドに対して、V字型補強を3個設置する。くの字型補強は、剛性がくの字型補強に比べて低く、密に設置しなければならないため、1グリッドに25個設置する³⁾。X字型補強は、1グリッドに3~8個設置する。それぞれの天井内補強の配置を図2に示す。

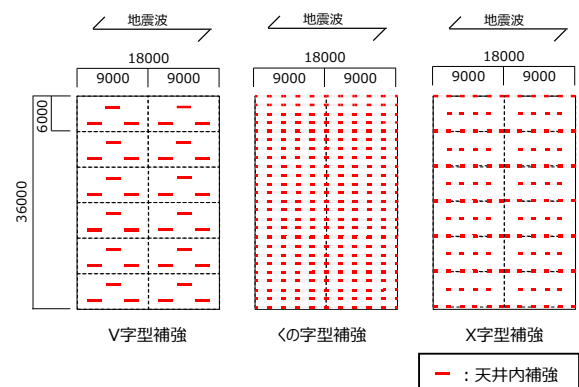


図2 天井内補強の配置図

剛性は、水平荷重 1.0kN を荷重点変位で割った商として計算を行った²⁾。各補強の剛性を併せて表 2 に示す。

表 2 各補強の剛性

	くの字型補強	X字型補強	V字型補強
剛性(kN/cm)	2.51	34.97	90.91

天井内補強は一質点系モデルとして時刻歴応答解析を行う。天井内補強の一質点系モデルを図 3 に示す。

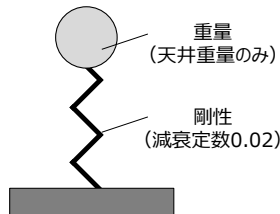


図 3 天井の 1 質点系モデル

本研究は、汎用の弾塑性地震応答解析プログラム (DynamicPRO ver.7.17) を使用して時刻歴応答解析を行った。地震波は 3 種類用いる。直下型地震動で、短周期地震波の EL CENTRO(1940) NS の観測波と、JMA Kobe(1995) NS の観測波を使用した。また、海溝型地震動で、長周期地震波の神戸市中央区における想定南海地震 NS (陸型ケース)⁹⁾ を使用した。縦軸に地動加速度を示し、横軸に時間を示した地震波を図 4 に示す。

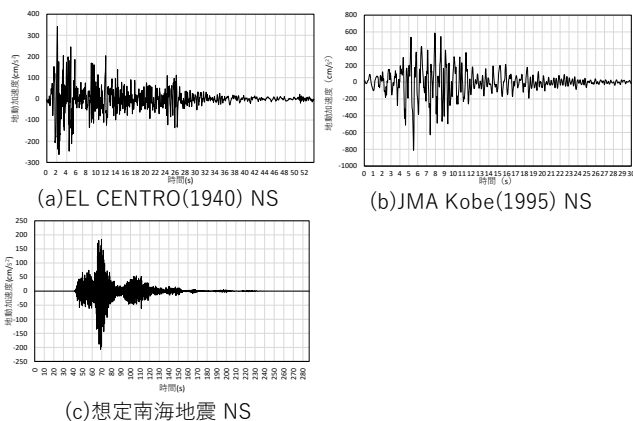


図 4 解析に使用した地震波

3. 解析結果

時刻歴応答解析による最大層間変位の結果、いずれの補強についても最大層間変位が大きいことを確認した地震波は EL CENTRO(1940) NS である。EL CENTRO(1940) NS において、V 字型補強 3 個では、0.01cm、くの字型補強 25 個では、0.06cm、X 字型補強 3~8 個では、0.04cm~0.01cm である。縦軸に最大層間変位を示し、横軸に各補強と補強個数を示した解析による結果を図 5 に示す。

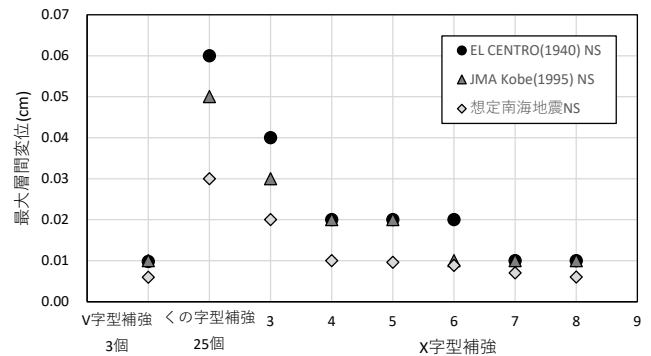


図 5 それぞれの補強の最大層間変位の比較

4. 考察

本研究で仮定した 1 グリッドに対して、X 字型補強を 7 個以上配置することで、V 字型補強を 3 個配置した時と同等の変位に抑えられることを確認した。X 字型補強は、くの字型補強と同様に大型ダクトルート確保が容易な形状で、X 字型補強を V 字型補強の約 2 倍以上設置することで、V 字型補強と同等の変位に抑えられる傾向を確認した。本研究では、X 字型補強を新たな大型ダクトルートを容易にする天井内補強部材として提案する。

5. おわりに

本研究では、長方形型の工業用クリーンルームを仮定し、X 字型補強を天井全体に用いた時の振る舞いについて、時刻歴応答解析を行った。解析の結果、X 字型補強を V 字型補強の約 2 倍以上設置することで、大型ダクトルート確保を容易にしつつ、V 字型補強と同等の変位に抑えられることを確認した。また、天井内補強を行う際は、水平方向の地震力に対抗する斜め部材について、他の部材と一体で地震力に対抗するように考慮する必要がある。

謝辞

時刻歴応答解析に際し、ユニオンシステム(株)のアカデミーバックを利用した。ここに記し謝辞を表す。

参考文献

- 1) 松田吉弘, 永野康行: 大型ダクトルートを容易にする天井内補強部材の新提案 その 1 概要, 日本建築学会学術講演梗概集 (北陸), 2019.09
- 2) 彦根佑芽, 白井茉似那, 松田吉弘, 土川忠浩, 永野康行: 大型ダクトルートを容易にする天井内補強部材の新提案 その 2 補強部材の力学的検討, 日本建築学会学術講演梗概集 (北陸), 2019.09
- 3) 筒井寛太, 吉岡幹広, 松田吉弘, 土川忠浩, 永野康行: 大型ダクトルートを容易にする天井内補強部材の新提案 その 3 天井全体の時刻歴応答解析, 日本建築学会学術講演梗概集 (関東), pp.995-996, 2020.09
- 4) 一般社団法人建築性能基準推進協会: 建築物における天井脱落対策に係る技術基準の逐条解説, 建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説 (平成 25 年 10 月版) の公開について, pp.34-40, 2013.10
- 5) 内閣府: 防災情報のページ, 南海トラフの巨大地震モデル検討会及び首都直下地震モデル検討会において検討された南海トラフの長周期地震動波形等に係るデータ提供について [http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/data/index.html\(2021/04/03\)](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/data/index.html(2021/04/03))

* 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 博士前期課程院生

** 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 博士後期課程院生

*** 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 教授・博士(工学)

* Graduate Student, Grad., Information Science, University of Hyogo

** Graduate Student, Grad., Sim .Studies, University of Hyogo

*** Prof., Grad., Information Science, University of Hyogo