

日本BCP白書

2022

第5号



減災を実現するプロ集団

地震被害等BCP研究会

目次

はじめに

目次

第1章 エッセイ・論文

- 1-1 座屈拘束ブレースの構造計画について
中川 理 6
- 1-2 三幸製菓荒川工場火災事故に学ぶ ～リーダーシップの不在～
岡野 眞 10
- 1-3 「海抜」案内板にみる視覚伝達性を考える ～ 見せる情報と読ませる情報～
小泉 芳則 12

第2章 BCP 関連の活動記録

- 2-1 セミナー記録 (2021年11月～2022年10月) 14
- 2-2 セミナー紹介 見学会：三井不動産 18
- 2-3 展示会記録
 - 2-3-1 防犯防災総合展 2022 20
 - 2-3-2 危機管理産業展 (RISCON TOKYO) 2022 21

第3章 BCP 関連の組織と情報

- 3-1 関連する組織 22
- 3-2 関連する書籍 23
- 3-3 関連する論文等 25
- 3-4 災害記録 (2021年11月～2022年10月) 26

第4章 防災・減災のためのデバイス情報

- 4-1 建物系 (構造関連) 28
- 4-2 建物系 (非構造・設備関連等) 31
- 4-3 建物系以外のもの (ソフト系、物品系等) 43

編集後記 47

第1章 エッセイ・論文

1-1 座屈拘束ブレースの構造計画について 中川 理

はじめに

座屈拘束ブレースは、圧縮時にも引張時と同様の挙動を示す座屈を生じないブレースである。日鉄エンジニアリング株式会社のアンボンドブレースやJFEシビル株式会社の二重鋼管座屈補剛ブレースなど、大手メーカーも製造しており、構造設計者が採用しやすい部材である。

座屈を生じないことより、地震時の繰り返しの挙動に対するエネルギー吸収に富んでいるため、制震部材として使われることも多いが、ここでは、一般的な耐震設計や耐震補強に用いる場合の有効性について、構造計画の観点から述べる。

図-1に一般ブレースと座屈拘束ブレースの履歴ループ（復元力特性の模式図）を参考に示す。

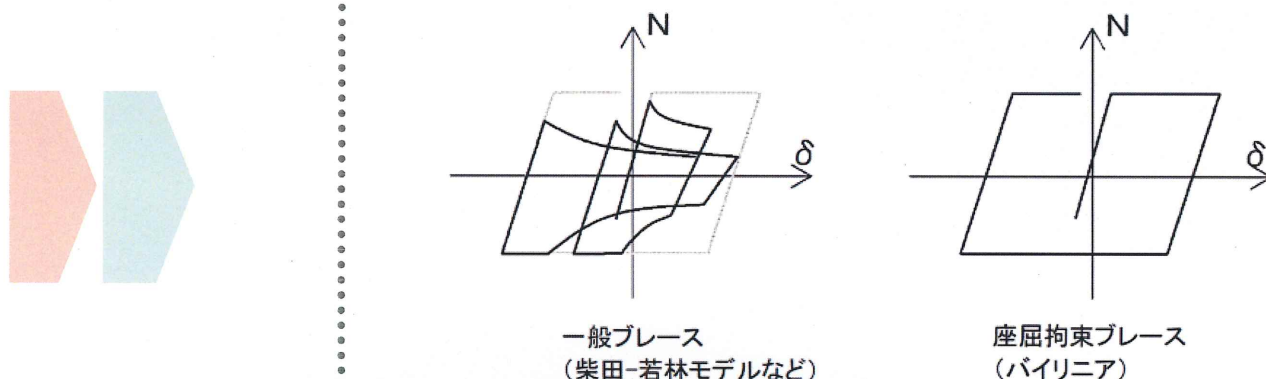


図-1 ブレースの復元力特性の模式図

1. 耐震設計における座屈拘束ブレース

座屈拘束ブレースは、座屈が生じないブレースであるため BA 部材として扱われる（但し、評定等で BA 部材として性能が証明されたものに限る）。鉄骨造の構造設計ルート 3 において、一般ブレースは細長比 $\lambda \leq 495 / \sqrt{F}$ (400N/mm^2 鋼： $\lambda \leq 32.2$ 、 490N/mm^2 鋼： $\lambda \leq 27.4$) でないと BA 部材とならない。このため、一般ブレースを用いた構造計画では、ブレース材は BB 部材や BC 部材となる可能性が高く、ブレースを配置していないオープンフレームのラーメン構造よりも必要保有水平耐力が大きくなる傾向となる。一方、座屈拘束ブレースでは、必要保有水平耐力の割増は生じないこととなる (D_s 値はブレースなしと同様)。

一方で、一次設計時においては、ブレース材を許容応力度以内としなくてはならない。このため、座屈拘束ブレースも一次設計時には許容応力度以内（降伏に至らない範囲）で計画をする必要があるため、ある程度の断面（構面数）を確保した構造計画が必要となる。

静的に評価される耐震設計のルールに従った上で、建物の機能性や経済性などから総合的に判断した場合、用途や規模、配置空間（スパン・階高）などによって、座屈拘束ブレース採用した場合の有効性に大小が生じることとなる。

例えば、階高が高くスパンが大きい建物では、水平剛性を確保するために、柱・梁の断面が大きくなることもある。その様な場合には特に、座屈拘束ブレースを採用することで、柱梁断面が応力決まりの合理的な断面となる傾向にある。また、意匠計画的にも、階高が高くスパンが大きい建物では、座屈拘束ブレース配置箇所でも動線（通路）の確保が可能となりやすい傾向にある。

一例として図-2に、一般階の階高6m、スパン10mからなる観覧施設の事例を示す。梁は、10m程の観覧席スタンドを片持ち梁で支持していることもあり、鉄骨梁としている。柱は、地震時の水平剛性確保のため、当社設計の類似建物では鉄骨鉄筋コンクリート造（SRC造）柱とした事例もあるが、本建物では、座屈拘束ブレースの採用により水平剛性が確保できることから、鉄骨柱としている。上部を全て鉄骨造にできたことで建物重量も軽くなり、「杭基礎」→「直接基礎+地盤改良」と基礎計画も改善されている。

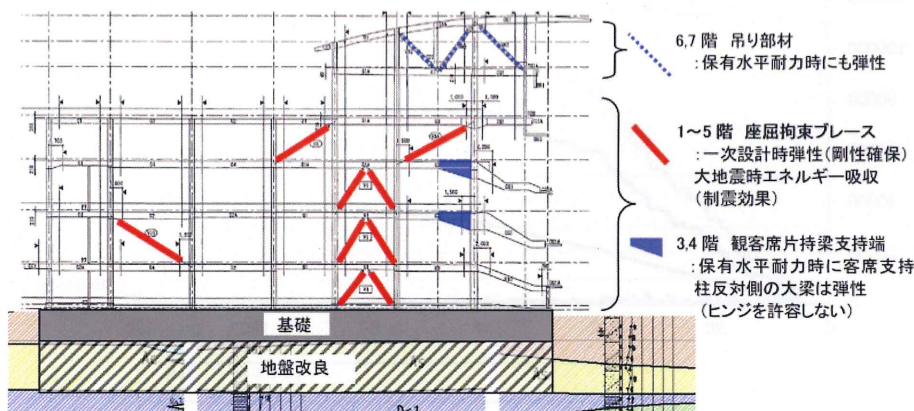


図-2 観覧施設への座屈拘束ブレース採用例（構造設計ルート3の例）

階高が高い建物では、座屈拘束ブレース配置箇所でも通行に支障が出ない大きさの通路の確保が可能である。図-3に座屈拘束ブレース配置箇所に通路（エレベーター出入口および託児室の扉）を確保した例（写真）を示す。

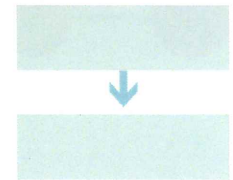
<エレベータ出入口：ハの字配置（階高6m）>

<託児室の扉：片ブレース配置（階高5m）>



図-3 座屈拘束ブレースの配置と通路の確保例

ルート3による構造設計の場合、一次設計においてもブレース材を許容応力度以内とするため、座屈拘束ブレースの芯材に490N/mm²鋼を用いるなど、若干弾性域が広い材質を採用する配慮も必要となる場合がある。この場合でも、別途検討より、時刻歴応答解析によるフレームの損傷度を検証すると、制震構造として高い性能を有していることが確認できる。



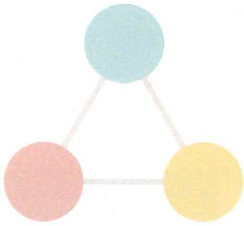
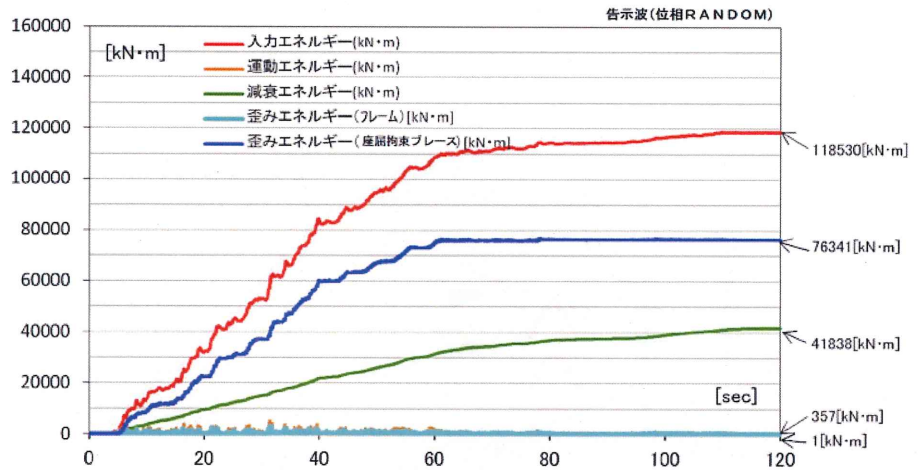


図-4 に時刻歴応答解析結果（地震時入力エネルギーの時刻歴推移）を示している。本事例（ルート3設計、芯材 490N/mm² 鋼の座屈拘束ブレース）では、上部構造への地震入力エネルギーの64%を座屈拘束ブレースが吸収し、フレーム（柱・梁）の吸収量は0.3%と僅かであることから、フレームの損傷度がかなり軽減できていることが分かる。これは、階高が高くスパンが大きい建物では剛性が比較的低いため、フレームの降伏変位は大きい傾向にあることから（本事例では層間変形角 1/100 近く）、それに達する前に多くのエネルギーを座屈拘束ブレースが吸収しているためである。なお、本事例の最大応答層間変形角は 1/100 程度である。



	エネルギー (kN·m)	割合 (%)
入力エネルギー	118530	-
運動エネルギー	1	0.00
内部粘性減衰エネルギー	41838	35.30
歪みエネルギー(フレーム)	357	0.30
歪みエネルギー(座屈拘束ブレース)	76341	64.41

図-4 入力エネルギーの時刻歴推移
(例)：極めて稀に発生する地震動

2. 耐震補強における座屈拘束ブレース

既存建物をブレースにて補強する場合、ブレース補強は、「ハ」の字に配置することが多いが、一般ブレースでは圧縮側に早期に座屈が生じる場合、引張ブレースとの交点に不釣り合い力が生じることとなる。

特に、鉄骨造の耐震改修においては、フレームとブレース耐力の累計を保有水平耐力とする場合、一般ブレースでは安定耐力¹⁾（座屈後の安定した圧縮耐力：図-5 参照）を採用することとなり、「ハ」の字配置ブレースの場合、不釣り合い力は更に大きなものとなる。また、ブレース材を安定耐力で評価する場合には、安定耐力より大きな座屈耐力が生じた場合にも周辺フレーム（下階柱など）が健全である必要がある（図-6）。なお、当然であるが安定耐力の値が小さくてもブレース接合部の設計は引張耐力決まりとなる。

図-5 一般ブレースの圧縮挙動（模式図）

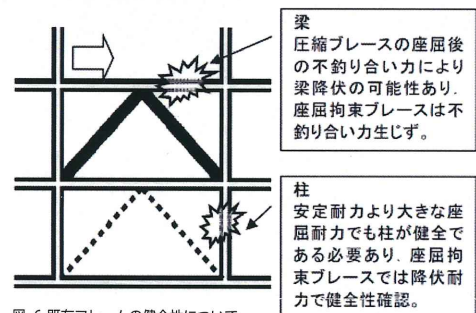
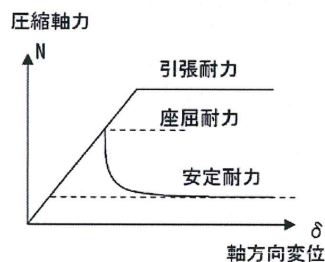


図-6 既存フレームの健全性について

一方、座屈拘束ブレースでは、「ハ」の字配置の場合にも、圧縮耐力=引張耐力であるため、不釣り合い力などの問題は生じない(図-6)。このため、鉄骨造において既存躯体断面が比較的小さな場合やスパンが長いフレーム(一般ブレースでは座屈が生じやすい場合)では、特に有効な補強部材となる^{2) 3)}。

RC造の耐震補強においても、座屈が生じないことやエネルギー吸収の観点からは有効である。しかしながら、建物での使用性を考えた場合(補強配置箇所が限られた建物の場合)、先に述べた階高が高い新築建物の例とは異なり、既存躯体内に配置した鉄骨柱の内側に補強ブレースを設置するため、ブレース下の有効高が小さく、補強ブレース配置箇所での動線(通路)確保は困難な傾向にある(これは、一般ブレースの補強でも同様である)。

改善案として、上部既存梁の側面に鉄骨柱を配置(新設躯体へアンカー)することで建物の出入り口を確保した例を示す(図-7)。道路に面した限られた構面にはむをえず補強ブレースを配置する場合、ブレースを折り曲げたマンサード形を配置することもあるが、「ハ」の字配置(ブレースの直線配置)の方がより高い剛性と耐力を確保できるため、1構面の補強で耐震性能を確保した例である。なお、通路部の下枠は、厚板プレートで鉄骨柱と一体化し、アンカーや柱のパンチングシア耐力などの接合部耐力を一般的な鉄骨柱と同様に考慮できるディテールとしている。

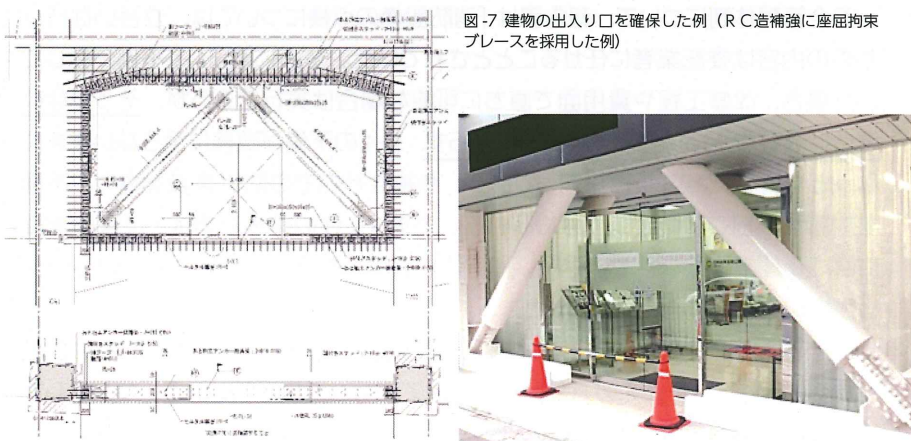


図-7 建物の出入り口を確保した例(RC造補強に座屈拘束ブレースを採用した例)

おわりに

座屈拘束ブレースは、制震部材(エネルギー吸収部材)として用いられることが多いが、設計頻度が高いルート3の耐震設計や、耐震補強でも有効な部材である。

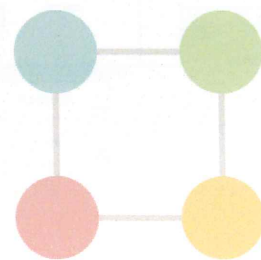
階高が高くスパンが長い建物における耐力や剛性の確保、「ハ」の字配置において一般ブレースでは座屈による不釣り合い力の影響が大きな場合などでは、特に有効である。

一般建物の大多数は、静的評価による耐震設計がなされる。耐震設計では評価し難い大地震時の繰返しによるフレームの損傷度は、座屈拘束ブレースを採用した建物では、従来の耐震設計方針を変更せずに(BA部材ブレースとして採用するだけで)、飛躍的に軽減できる傾向にある。

今後も多くの一般建物で座屈拘束ブレースが採用されることを期待する。

●著者プロフィール

中川 理(なかがわ・おさむ) 博士(工学)、構造設計一級建築士
 (株)構建設計研究所 代表取締役



参考文献:

- 1) 日本建築防災協会, 2011年改訂版耐震改修促進法のための既存鉄骨造建築物の耐震診断および耐震改修指針・同解説
- 2) 中川 理、村杉昌治、町田重美、原田幸博: 座屈拘束ブレースを考慮した鉄骨造建築物の補強ブレース配置計画に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 2015年9月
- 3) 中川 理、原田幸博: 耐震補強ブレース配置計画における座屈拘束ブレースの有効性, 鋼構造年次論文報告集 第23巻(2015年11月)

『日本 BCP 白書 2022』(通算第 5 号)

2022 年 12 月 31 日

編集発行者：代表者 高橋 秀夫

地震被害等 BCP 研究会

〒 102-0073 東京都千代田区九段北 1-2-13 九段スズキビル 201

TEL：03-3511-4088 FAX：03-3261-5881

デザイン・印刷：有限会社シロトリア

頒 価：1,200 円 (税込)

(本研究会の許可なく転載・複写・電子媒体へ入力することを禁じます。)