

プレストレスを導入した木質耐震ブレースによる 耐震補強の設計・施工

奥野 雄一郎*1・松田 拓己*2・熊谷 考文*3・野夫井 勇作*4

本稿で紹介する木質耐震ブレースは、コイルばねによるプレストレスを利用して軽量な集成材ブレースを人の手で簡単に設置することができる、環境にやさしく施工性に優れた耐震補強工法である。京都競馬場グランドスワン（京都府京都市：1980年竣工）の耐震改修工事の実施にあたり、本工法を適用したので、ここに報告する。

キーワード：耐震補強、ブレース、プレストレス、集成材、圧着、コイルばね

1. はじめに

2013年に「耐震改修促進法」が改正され、不特定多数の人々が利用する建物に診断の報告が義務付けられ、その耐震性能が公表されることになった。これを契機に耐震診断・改修がこれまで以上に急速に進められている。しかし、一般的な耐震補強工法では、騒音や塵芥などが発生するため施工条件が厳しくなり、工事の長期化等、建築主への負担を招く場合が多い。

一方で近年、環境に対する意識が高まっている。建築の分野においては、2010年に「公共建築物木材利用促進法」が施行され、炭素固定が可能な木材に注目が集まっている。そのような社会的背景に応えるべく木材を利用した技術開発が大学・企業で盛んに行われ、実建物に展開されている。

本稿で紹介する木質耐震ブレース（以降、木圧着ブレース）は、集成材をコイルばねによるプレストレスでRC造やSRC造の骨組内に固定する工法で、既存骨組への大掛かりな取付工事が不要になり、手作業で簡易に施工できる。

改修前と同等の動線や視認性を確保できる工法でありながら、低騒音・低振動、短工期を実現し、さらに木材はその重量のおよそ半分が空気中の二酸化炭素から作られた炭素であるため、地球温暖化対策にも貢献する工法である。

本稿では、本工法を京都競馬場グランドスワン改修工事で採用したので、その工法・設計・施工概要を報告する。

2. 工法概要

PCaコンクリートにプレストレスを導入することで、周辺骨組に自己圧着させる「自己圧着ブレース（RB）工法」はあと施工アンカー工事が不要で、工事中の振動・騒音が少なく、建築主の多様化したニーズに見合った耐震補強工法である。プレストレスは材端部にばね要素を組込むことにより導入される。地震による面外方向の脱落を防ぐため、材端部のばね剛性はブレース重量に比例して設定される。

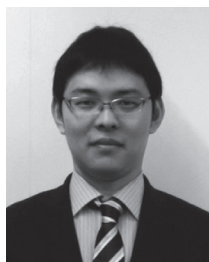
木質材とコンクリートの材料特性を比較すると、重量は1/5程度であるが、材軸方向の圧縮強度は同程度となる。上記工法のブレースを木質材とした場合、軽くなることで施工性が向上するとともに、材端部ばね要素は剛性を小さく設定できるため、簡易でスリムなものにできる。

木圧着ブレースは、プレストレスを導入したコイルばねを端部に有する木質ブレースを周辺骨組に設置し、その後プレストレスの解放により周辺骨組に圧着させる工法である。既存建物と一体化していないため、ブレースと周辺部材との間での引張力の伝達がなく、地震時には圧縮側ブレースのみが効果を発揮する。逆に引張側ブレースと周辺骨組との間には隙間が生じて脱落する可能性があるため、ブレース端部にコイルばねを設置し、ブレースにつねにプレストレスを作用させ、周辺骨組に圧着している。図・1に本工法の概要を、図・2に地震時の挙動を示す。



*1 Yuichiro OKUNO

(株) 竹中工務店 設計部



*2 Takumi MATSUDA

(株) 竹中工務店 設計部



*3 Takafumi KUMAGAI

(株) 竹中工務店 設計部



*4 Yusaku NOBUI

(株) 竹中工務店 作業所

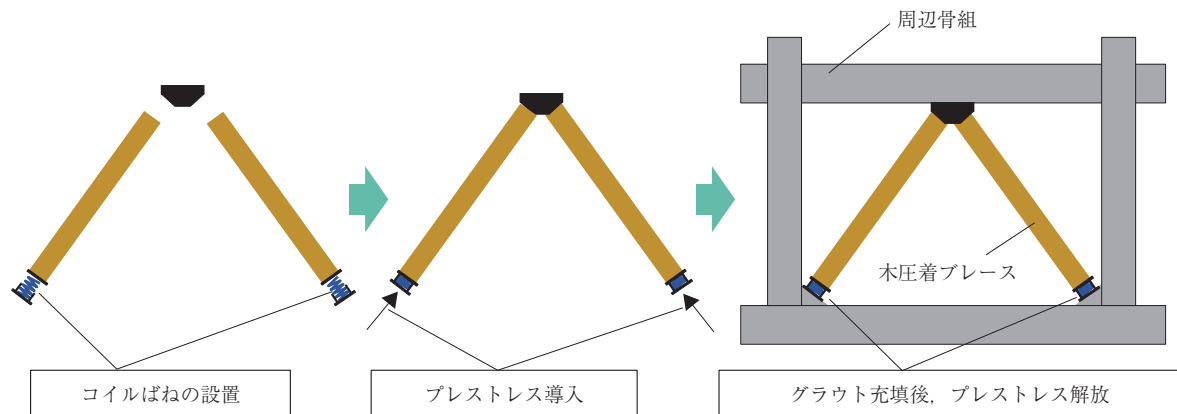


図 - 1 本工法の概要

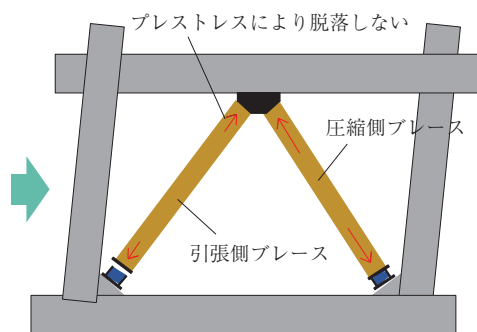


図 - 2 地震時の挙動

3. プロジェクト概要

京都競馬場グランドスワン耐震改修工事の建築概要を以下に示す。

【建築概要】

建物名称：京都競馬場グランドスワン

建 築 地：京都府京都市

建 築 主：日本中央競馬会

建物用途：競馬場スタンド

建物竣工年：1980 年

耐震改修設計：(株) 竹中工務店大阪一級建築士事務所

耐震改修監理：JRA ファシリティーズ (株)

耐震改修施工：(株) 竹中工務店

延床面積：121 283.20 m²

最高高さ：34.0 m

階 数：地下 1 階，地上 6 階，搭屋 2 階

構造種別：鉄筋コンクリート造，鉄骨鉄筋コンクリート造，一部鉄骨造

工 期：2015 年 6 月～2015 年 9 月（4 ヶ月）



写真 - 1 木圧着ブレース



写真 - 2 京都競馬場グランドスワン全景

4. 設計概要

4.1 設計方針

ブレース設置位置は、6階のスパン6.2m、階高4.0mの既存柱梁架構内とし、ブレース形状は見えがかりに設置しても圧迫感が少ないA型のブレース形状とした(図-3)。

図-4に6階床伏図を、図-5に軸組図を示す。

A型ブレースの設計上、上端接合部に接着系アンカーボルトを用いる必要があったため、ボルトやナットが天井内に納まるように意匠上の配慮も行っている。コイルばねを格納する鋼管をブレース断面より小さくすることで、下端接合部もスリムに見えるよう配慮を行った。

図-6にブレース補強図を、図-7、8に接合部要領を示す。

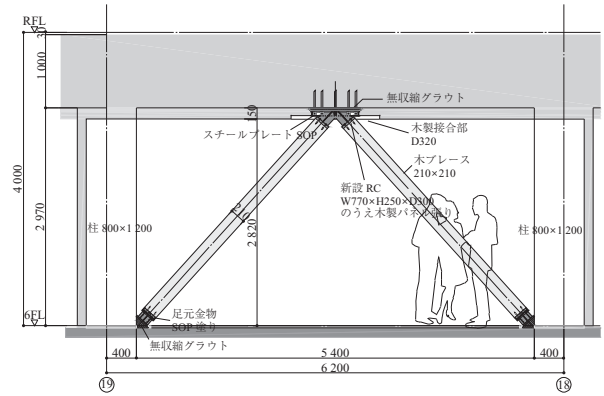


図-3 ブレース形状

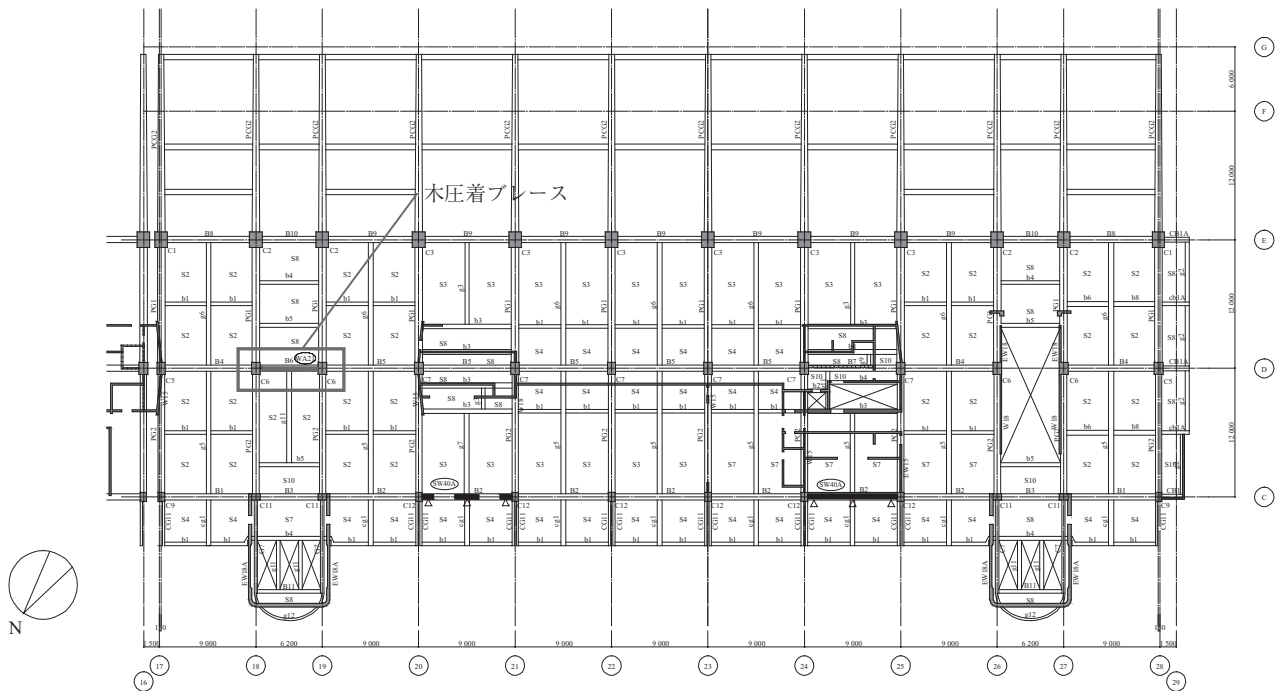


図-4 6階床伏図

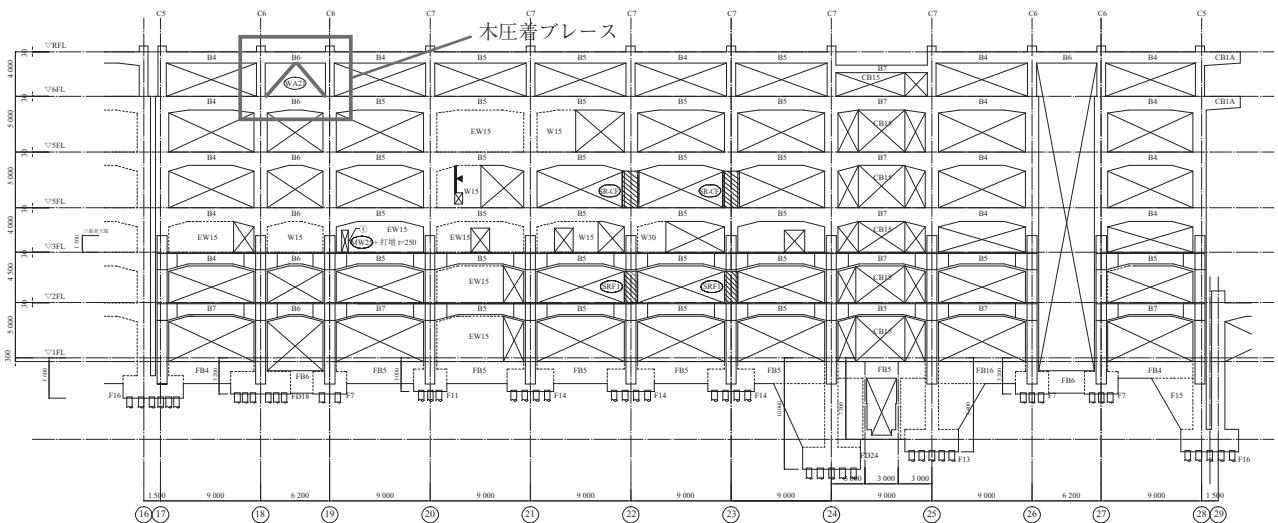


図-5 軸組図

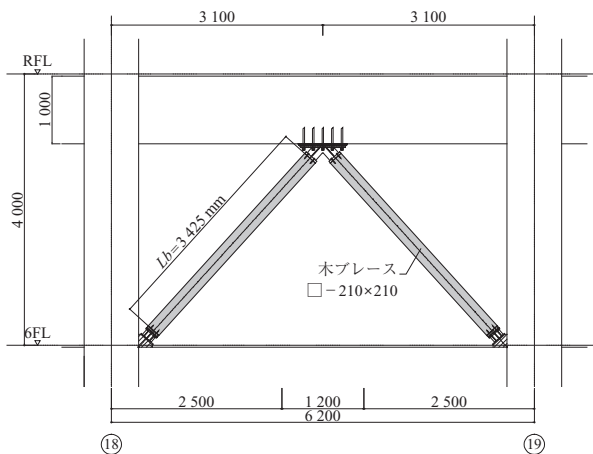


図 - 6 ブレース補強図

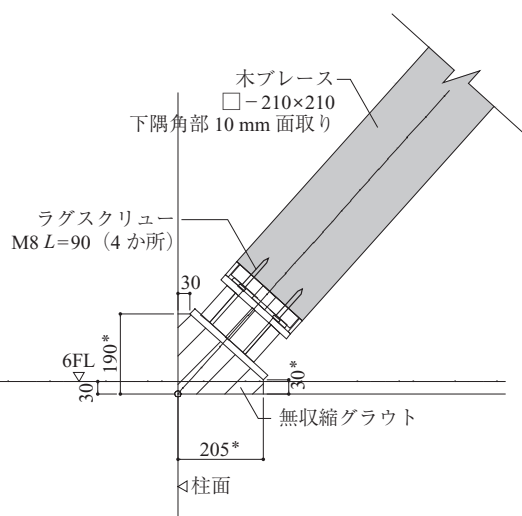


図 - 7 下端接合部

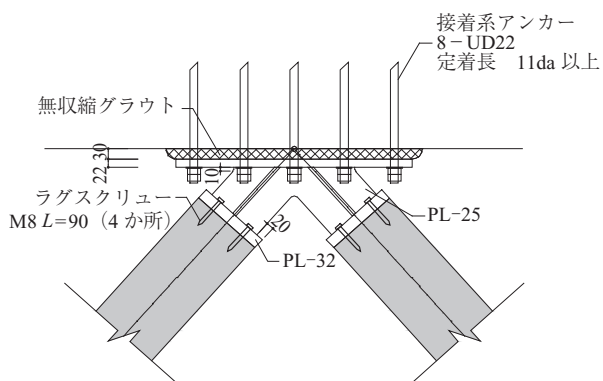


図 - 8 上端接合部

ブレース材はベイマツ構造用集成材とし、強度等級は E105-F345、ブレース断面は 210 mm × 210 mm とした。

4.2 設計フロー

本工法の設計フローを図 - 9 に示す。

地震時におけるブレース補強架構の破壊形式は、既存建物の健全性を確保するためにブレースの破壊先行型とし、靱性指標 F 値は 1.0 とした。

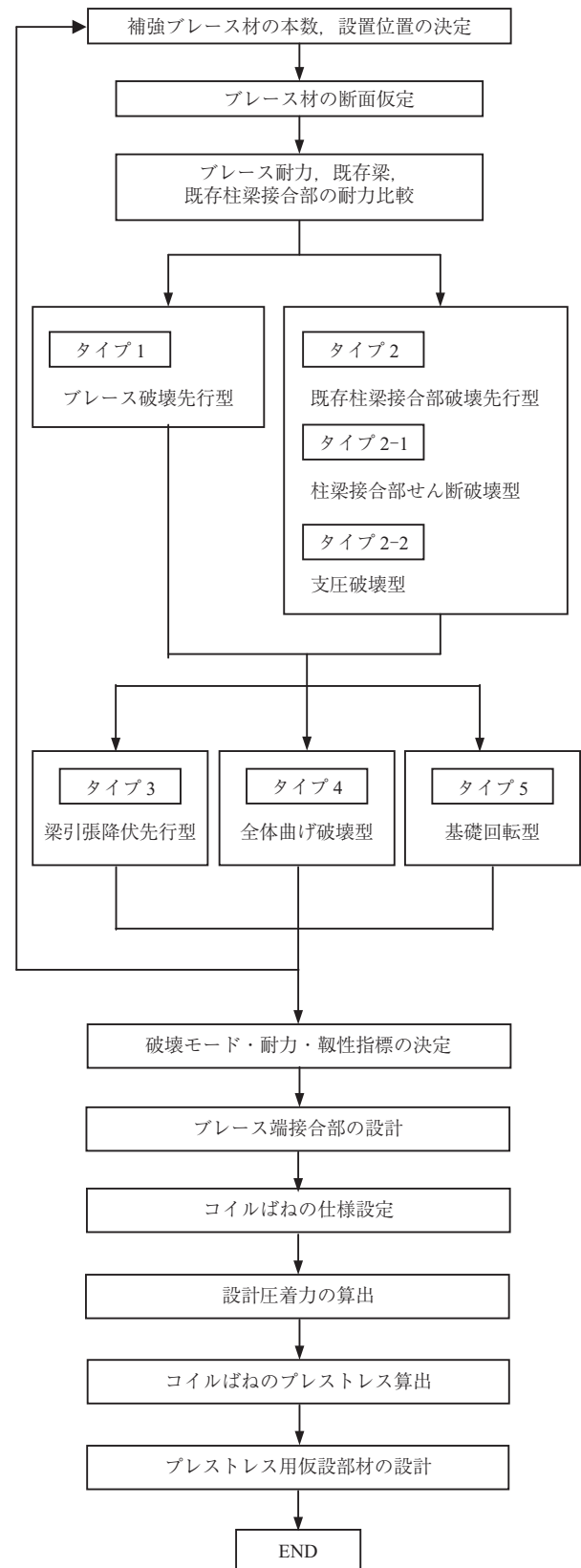


図 - 9 設計フロー

本工法は工法概要に記載のとおり、ブレースをコイルばねによって周辺骨組に圧着させる工法であり、コイルばねのプレストレスおよび設計圧着力の設定が重要となる。

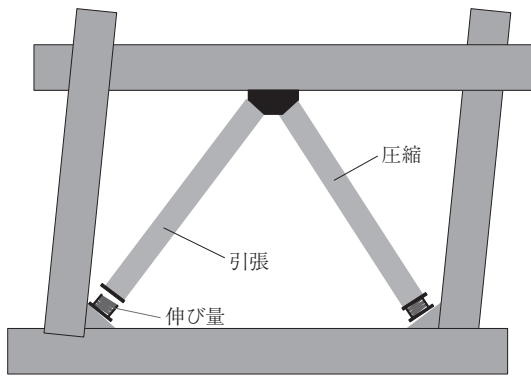


図 - 10 大地震時に想定されるコイルばねの伸び量

4.3 設計のポイント

(1) コイルばねの仕様設定

コイルばねのストローク量は、大地震時に想定される層間変位に相当するコイルばねの伸び量以上とし、その時点のコイルばね反力によりブレースが脱落しないだけの余裕を持った設定とした。

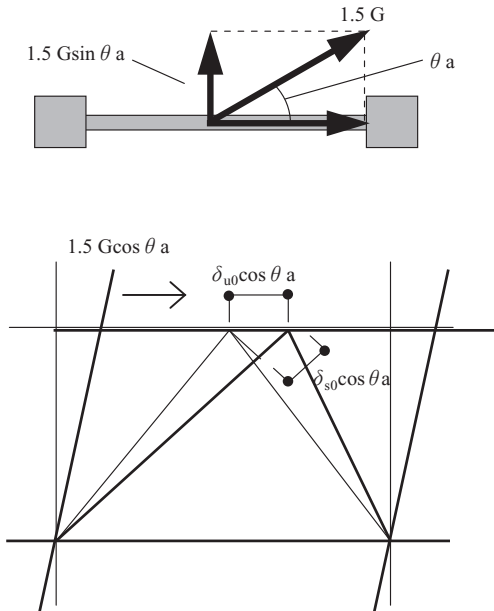


図 - 11 1.5 G の水平加速度時変形図

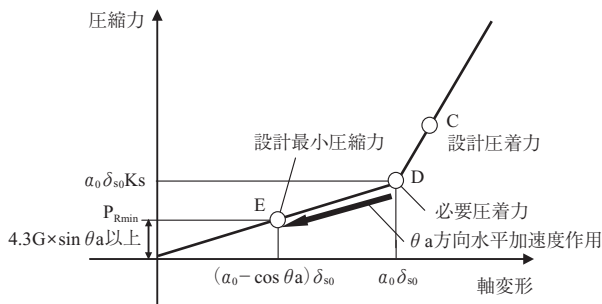


図 - 12 軸力-変形図における圧着力の変化

(2) 設計圧着力およびコイルばねプレストレスの設定

プレストレス解放後に残存する圧着力（設計圧着力）が、1.5 G の水平加速度がどのような方向から作用しても脱落しないための圧着力（必要圧着力）を上回るようにプレストレスを約 1.0 t に設定した。

5. 施工概要

5.1 施工フロー

既存 RC 造建物に木圧着ブレースを採用する場合の施工フローを図 - 13 に示す。

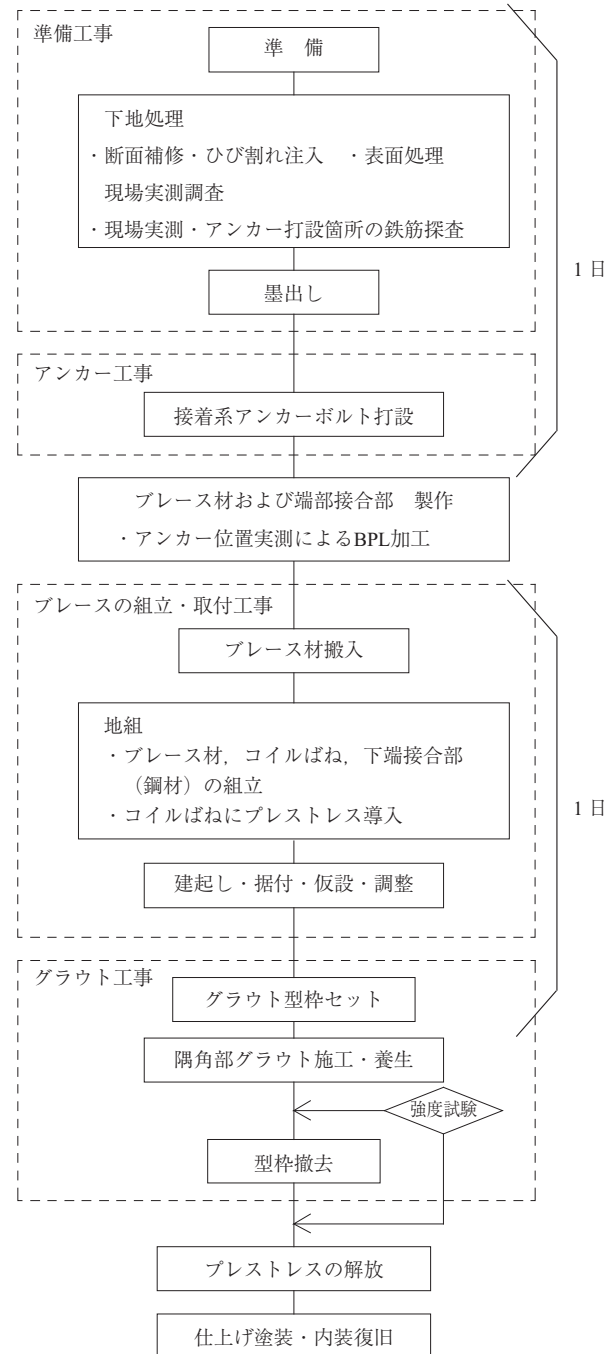


図 - 13 木圧着ブレース施工フロー

5.2 施工状況

(1) 材料搬入

ブレース軸材は既存建物での改修工事において、材料搬入を容易にするため、バイマツ集成材（同一等級構成材 E105-F345）210 mm 角、長さ約 3.4 m、重量は約 90 kg とすることで手運びが可能な断面（写真 - 3, 4）とした。



写真 - 3 ブレース材 搬入状況



写真 - 4 ブレース軸材 バイマツ集成材 210 角

ブレース下端接合部に設置するコイルばねは 14ϕ , $L = 167\text{ mm}$ とした（写真 - 5(a)）。コイルばねは写真 - 5(b)に示すように下端鉄骨部の鋼管内に挿入する。



(a) コイルばね形状 (b) 下端鉄骨部組立て状況

写真 - 5 下端鉄骨部

(2) ブレース材の地組

ブレース軸材にコイルばねの反力を受ける支圧 PL をラグスクリューで取付ける（写真 - 6）。

(3) プレストレス導入

写真 - 7, 図 - 14(a) に示すようにブレース軸材と下端接合部鋼材を組み立てる。ブレース側面にプレストレス用治具を取り付け、4 か所のプレストレス用全ねじボルトをバランスよく締めこんでいくことにより、コイルばねにプレストレスを導入する（写真 - 8, 図 - 14(b)）。

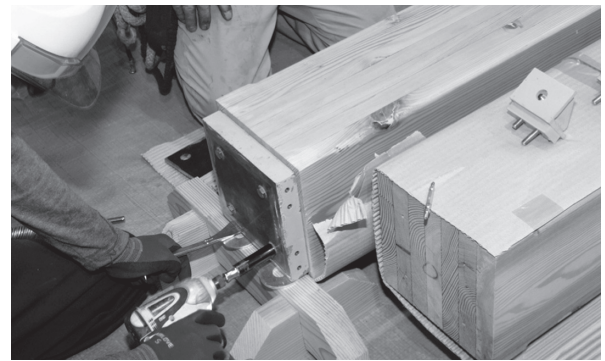


写真 - 6 支圧 PL 取付け状況

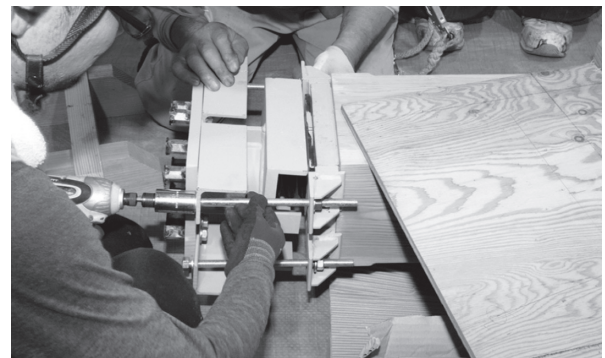


写真 - 7 ブレース組立て状況

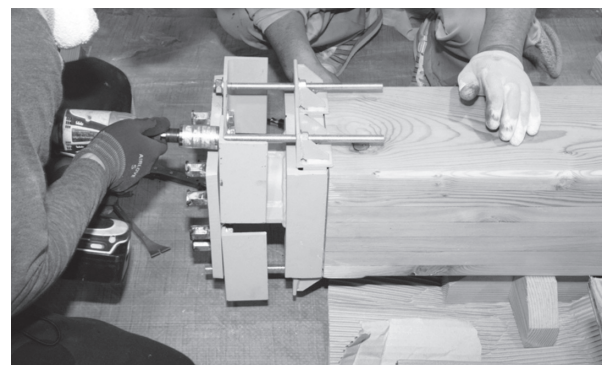


写真 - 8 プレストレス導入

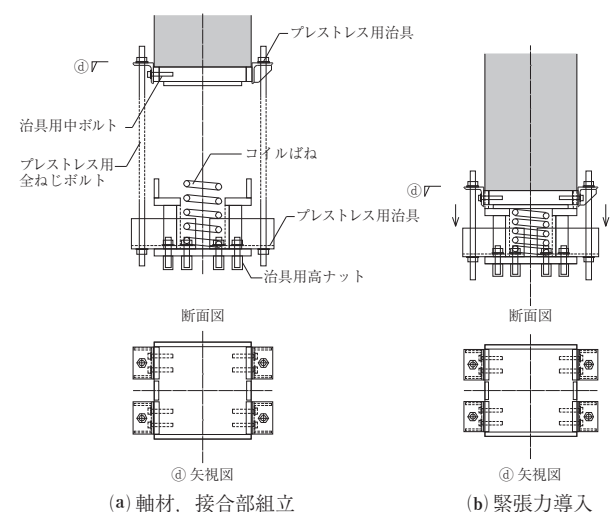


図 - 14 プレストレス導入手順

(4) ブレース取付け

写真 - 9 のように既存躯体に上端接合鋼材を取付ける。ブレース軸材との接合部分は圧縮力によって軸力伝達をするため、面合せとした。また、軸材の横ずれ防止にラグスクリューで留めつける。

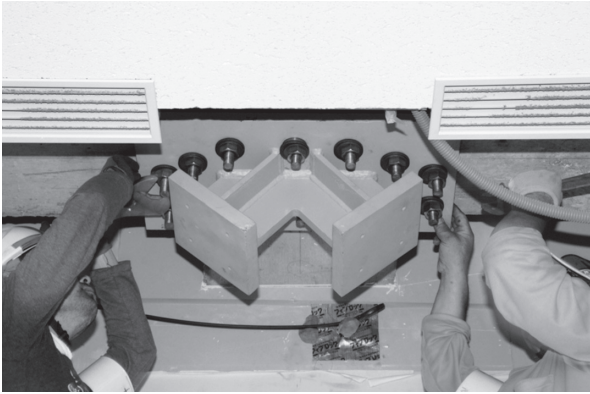
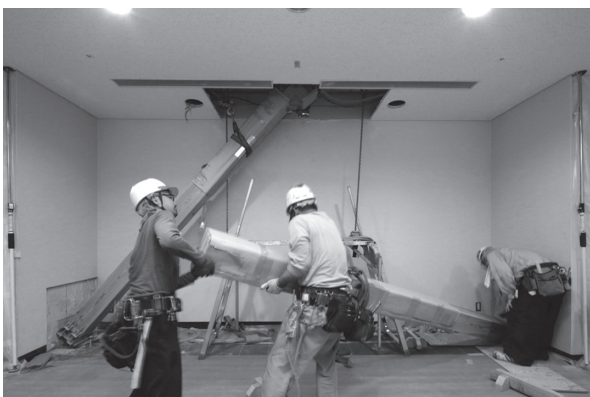


写真 - 9 上端接合部取付け

写真 - 10(a)～(d)のようにブレースを建て起こし、ブレース軸材を取り付ける。木質ブレースは軽量であるため、人の手で簡単に取付けが可能である。軸材がそのまま仕上となるため、十分に養生を行ったうえで施工を実施する。



(a) ブレース取付け状況 ① 1 本目建起し



(b) ブレース取付け状況 ② 2 本目建起し



(c) ブレース取付け状況 ③ 位置調整



(d) ブレース取付け状況 ④ 据付け完了

写真 - 10 ブレース取付け状況

(5) 無収縮グラウト充填

下端接合鋼材と既存 RC 躯体間、上部接合鋼材と既存 RC 躯体間に無収縮グラウトを充填する (図 - 15)。

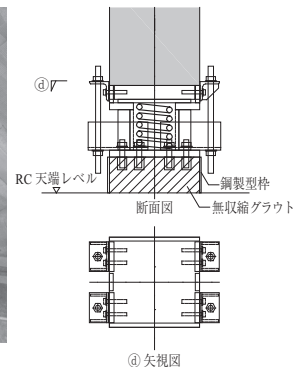


図 - 15 無収縮グラウト充填

(6) プレストレス解放

充填グラウト (Fc30) がブレース軸材の設計基準強度以上の圧縮強度が発現していることを確認したのち、プレストレス用全ねじボルトおよび治具を取り外すことでコイルばねに適度な圧縮力が作用する (図 - 16)。ブレース軸材にコイルばねにより圧縮力が作用することでブレース軸材が RC 架構から脱落するのを防いでいる。

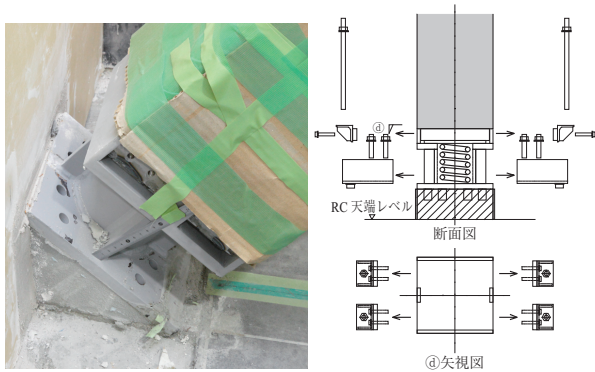


図 - 16 プレストレス解放

(7) 仕上げ復旧ほか

図 - 17 に示すように下端接合部の空洞部分に仕上 PL を取り付ける。取付け完了時の全体部分 (写真 - 11) および上下端部接合部 (写真 - 12, 13) を示す。コイルばねによる圧着ブレースとすることでブレース端部をすっきりとした納まりとすることが可能となった。

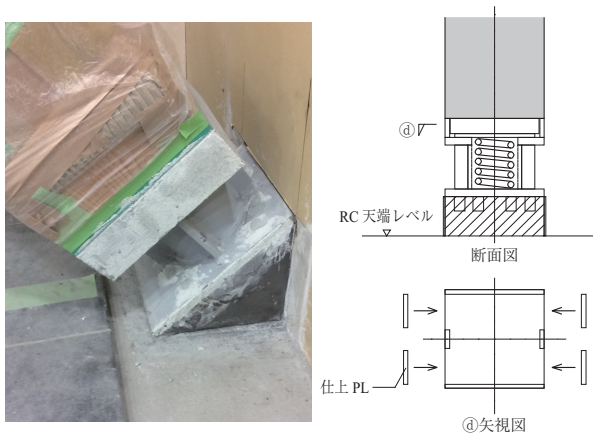


図 - 17 仕上 PL 取付



写真 - 11 木圧着ブレース



写真 - 12 ブレース上端接合部



写真 - 13 ブレース下端接合部

6. おわりに

木圧着ブレースを採用することにより、京都競馬場グランドスワン耐震改修工事において、環境に配慮した耐震補強を実現することができた。本工法が、今後のプレストレス技術の発展、木材利用推進、さらには社会貢献の一助となれば幸いである。

最後に、本工法はその開発にあたり、研究に携わったトリスミ集成材株式会社さま、東海パネ工業株式会社さまには多大なるご協力をいただき、心より御礼申し上げます。また、京都競馬場グランドスワン耐震改修工事にご尽力いただいたすべての方々に、心より感謝の意を表します。

【2016 年 4 月 28 日受付】