

ブレース材を用いた箱形断面柱の補強効果について

高田機工株式会社 正会員 ○谷 一成
 大阪市立大学大学院 正会員 北田俊行
 阪神高速道路公団 正会員 林 秀侃

大阪市立大学大学院 正会員 松村政秀
 大阪市立大学大学院 正会員 山口隆司

1. はじめに

幅広く使用されているブレース材を座屈拘束ブレースとして、鋼製橋脚の座屈損傷が集中する断面部分に設置することにより、補剛板パネル全体の座屈発生による耐荷力の急激な低下を抑えて変形性能の改善が期待される。特にブレース材の設置に関しては、両フランジ間をH型鋼等で、ボルト接合・溶接接合するだけとなり、柱部材内部での作業等の減少が期待でき施工性も改善されると考えられる。そこで、ブレース材の適切な配置箇所とその本数について検討するため、ブレース材の配置方法および本数、縦補剛材間の板パネル幅厚比パラメータ R_R 、ならびに補剛板パネル全体の幅厚比パラメータ R_F をパラメータとした弾塑性有限変位解析を行った。

2. 解析モデル

解析には、兵庫県南部地震の際に、損壊が多く見られた阪神高速道路・3号神戸線の橋脚 P353 を図-1 に示すようにモデル化し基本モデルとした。縦補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ R_R および補剛板パネル全体の幅厚比パラメータ R_F を、板パネルならびに補剛板パネルで座屈変形が生じにくいケース ($R_R = 0.4, R_F = 0.4$) から、板パネル、補剛板パネルともに座屈変形が生じやすいケース ($R_R = 0.8, R_F = 0.8$) まで変化させて解析を行った。 R_R の変化には柱部材の板厚を変化させ、 R_F の変化にはフランジの縦補剛材の高さを変化させた。荷重方法については、鉛直方向に上部構造の死荷重を想定し、全塑性軸方向力の11%を導入した状態で、水平変位を漸増させた。初期不整には、初期たわみと残留応力を考慮している。

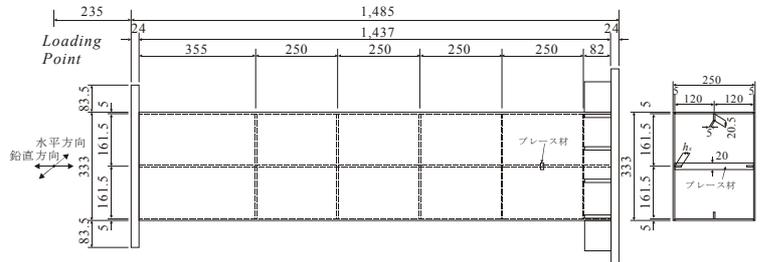


図-1 解析モデルとブレース材の配置方法（単位：mm）

表-1 解析ケース

解析ケース	ブレース材配置本数	配置位置
2h1b	1本	基部から12.5cm
3h2b	2本	基部から8.06,16.07cm
4h2b	2本	基部から6.25,12.5cm
4h3b	3本	基部から6.25,12.5,18.75cm

ブレース材は、図-1 および表-1 に示すように基部付近のダイアフラム間を2~4分割した断面に配置した。ブレース材は塑性化しないような断面としている。解析ケースの名称については解析ケース2h1bを例にとると、2hは基部付近のダイアフラムを2分割していることを、1bはブレース材を1本設置していることを示す。解析に用いた鋼材の機械的性質を、図-2 に示す。なお、解析には、板構造の弾塑性有限変位解析コード USSP¹⁾ を用いた。

3. 解析結果

図-3 には、解析から得られた荷重載荷位置における代表的な水平荷重-水平変位関係を示す。縦軸は水平荷重 H を各解析ケースの降伏水平荷重 H_Y で、横軸は水平変位 δ を各解析ケースの降伏水平変位 δ_Y で除している。図-4 には、補強効果を検討するため、耐荷力ならびに変形性能に着目して、最大水平荷重 H_{max}/H_Y と R_F の関係を、図-5 には、板パネルの幅厚比パラメータ $R_R = 0.4, 0.8$

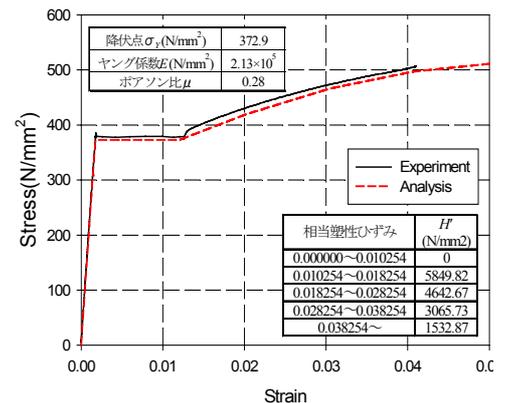


図-2 解析に用いた鋼材の材料定数と応力-ひずみ関係

キーワード：ブレース材，補剛板，変形性能，座屈

連絡先： 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科 Tel.06-6605-2735 ,Fax.06-6605-2765

の最大水平荷重時 H_{max} における水平変位（以下 δ_{max} ）と R_F の関係をそれぞれ示す。

図-3 より、ブレース材の有無が初期剛性に及ぼす影響は見られない。また図-4 よりすべての解析ケースでブレース材を設置すると耐荷力が向上しているのが確認できる。また、 R_F が 0.8 と大きく補剛板パネル全体の座屈変形が卓越するケースでは、強度上昇は 5.4%~9.5% となり、 R_R の大きさ、およびブレース材の配置箇所に関わらず $R_F=0.4$ の場合と同等以上の耐荷力が期待できる。 R_R の違いが耐荷力に及ぼす影響は小さく、縦補剛材間の板パネルの局部座屈の抑制にはほとんど寄与しないことが分かる。したがって、ブレース材の設置が耐荷力に及ぼす補強効果は、補剛板パネル全体の幅厚比パラメータ R_F が大きく、板パネルの幅厚比 R_R が小さいほど高い。

ブレース材の配置箇所については、高さ方向に 3 本設置したケース（4h3b）が耐荷力について最も効果が高く、基部付近に 2 本設置したケース（4h2b）が、その次に補強効果が高いという傾向となった。しかし、 $R_R=0.4$ 、 $R_F=0.8$ のケースでは、高さ方向に 2 本設置したケース（3h2b）の方が効果は高い。これは、基部付近の座屈変形は防止しているものの、その上部で補剛板の座屈変形が生じるためと考えられる。

図-5 より、変形性能を比較すると、局部座屈が生じにくい $R_R=0.4$ のケースにおいて、 $R_F=0.8$ の場合では、70%~180%の変形能の向上と、耐荷力とともに変形能の改善についても向上が見られた。ブレース材による耐荷力の上昇が小さかった $R_F=0.4$ のケースでも 100%以上の向上が見られた。次に局部座屈が生じやすい $R_R=0.8$ のケースにおいて、 δ_{max} の状態では、6.8%~12%の変形性能の向上と $R_R=0.4$ の場合に比べて変形性能の改善が乏しい結果である。これは、 R_R が 0.8 と大きく、ブレース材で補剛板パネルの座屈変形の発生を抑制しても、局部座屈が発生し、耐荷力が急激に低下するためと考えられる。 R_F の大小について比較すると、 R_F が大きいケースの方が変形性能の改善に及ぼす影響が大きい。

ブレース材の配置箇所は、同様に R_F 、 R_R により若干バラツキがあるものの高さ方向に 3 本設置したケース（4h3b）が変形性能についても効果的である。

4. まとめ

- 1) ブレース材を設置する補強効果は、補剛板パネル全体の座屈変形が生じやすい場合において、耐荷力の向上には効果があり、変形性能に関しては、板パネルの局部座屈が生じにくい場合、補強効果が大きくなる。
- 2) ブレース材の配置方法は、基部付近のダイアフラム間にブレース材を多数設置する方が、耐荷力および変形性能の改善に効果的である。しかし、 R_F が大きい場合には基部付近に多数のブレース材を設置すると、その上部の断面で補剛板パネル全体の座屈変形が生じ、耐荷力が低下する危険性がある。

参考文献 1) USSP 研究会：USSP ユーザーズ・マニュアル，Ver.5.0，日本構研情報（株），2001年3月

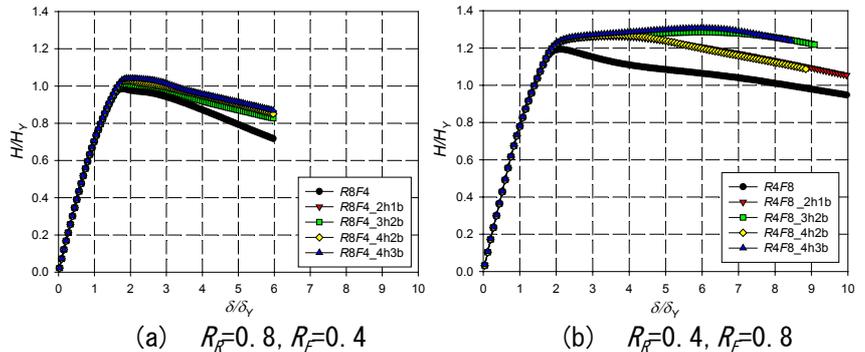


図-3 水平荷重-水平変位関係

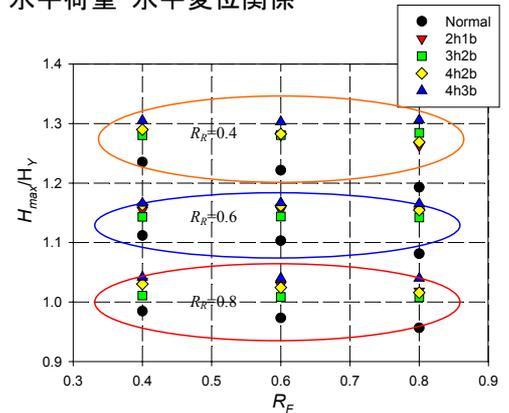


図-4 耐荷力と R_F の関係

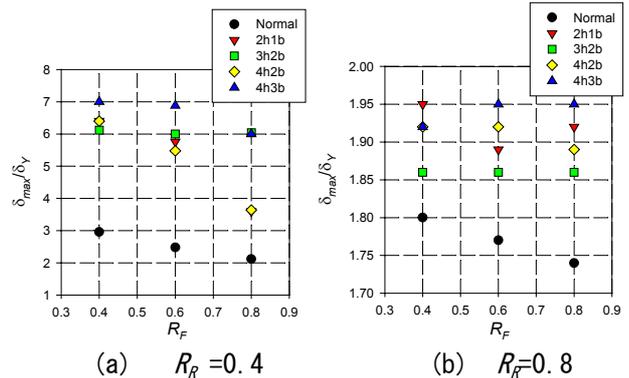


図-5 δ_{max} と R_F の関係