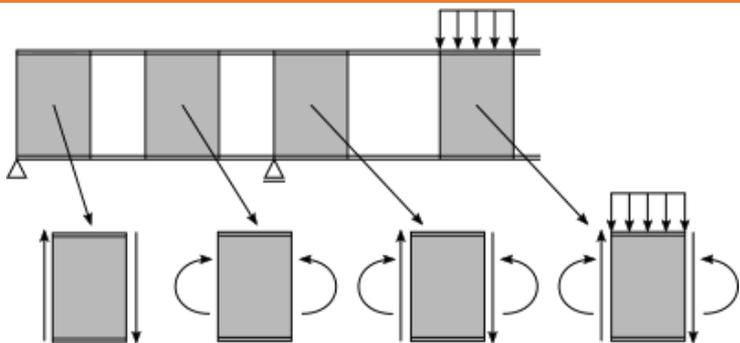


面内曲げを受ける腹板の水平補剛材の 配置と長さに関する数値的検討

構造強度学研究室

田淵 航

2019年2月13日



鋼桁橋の主桁の腹板

垂直補剛材や水平補剛材を効果的に配置
→ 補剛材を節とする**局部座屈**の誘導, 座屈強度の向上



道路橋示方書

- ・水平補剛材の取り付け位置を明記
- ・水平補剛材の長さについては...
「水平補剛材は垂直補剛材間**なるべく幅広く**設けるのがよい。しかし、垂直補剛材を通して連続させたり垂直補剛材と**密着させる必要はない。**」
明確な基準なし!

既往の研究

解析的手法

1923 Huber → 補剛板の支配方程式を導出

数値的手法

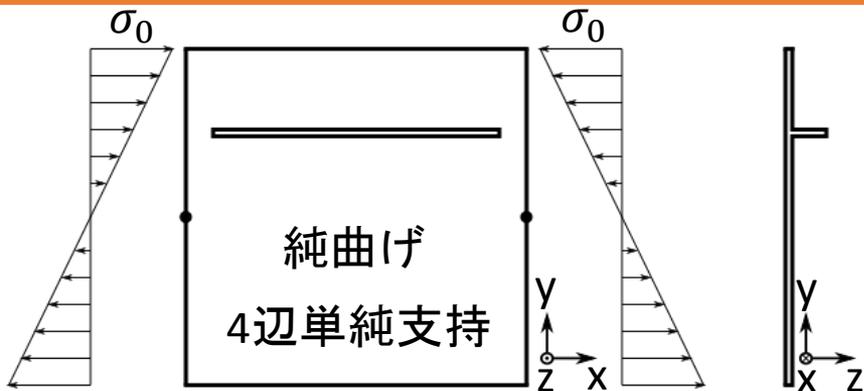
複雑な形状に対しては数値的手法を適用

2008 Aliniaら → 面内曲げに対して水平補剛材の最適位置と寸法のみを検討

2018 Quangら (12月) → 曲げとせん断に対して水平補剛材の最適**位置のみ**を検討

本研究の目的

水平補剛材の長さと座屈強度の関係について検討



圧縮縁における座屈応力

$$\sigma_{0cr} = k_b \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_w}{d} \right)^2$$

腹板厚 t_w
桁高 d

汎用有限要素解析ソフトウェアで求める

弾性座屈を対象
→材料の塑性化は考慮しない

座屈係数 k_b は形状の寸法にのみ依存
→材料物性には依存しない

・アスペクト比



・水平補剛材の長さ



・水平補剛材位置

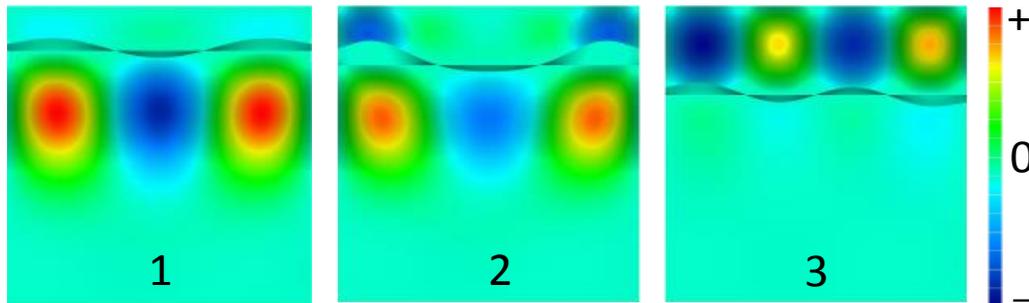
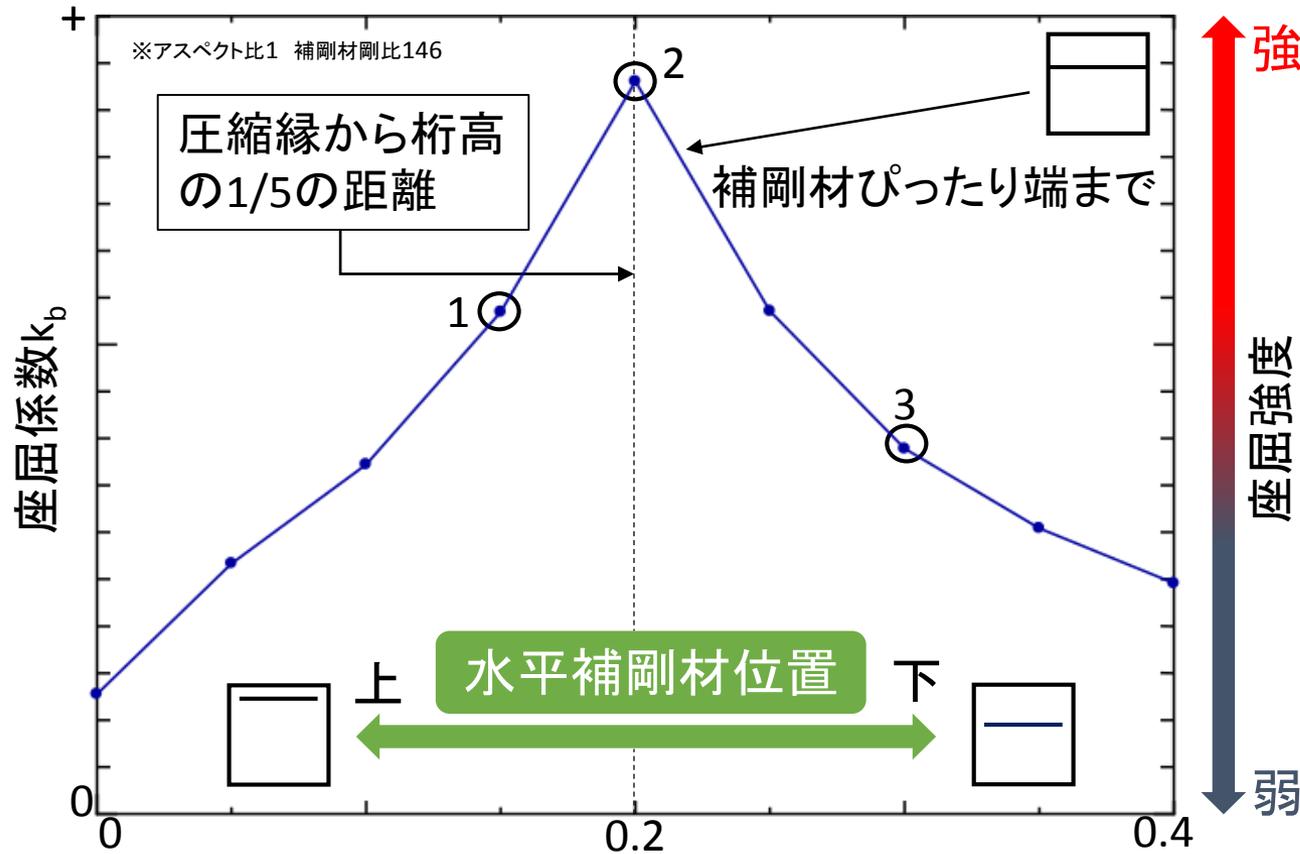


・補剛材高さ(補剛材剛性)



これらのパラメータを変化させて座屈係数 k_b との関係を考察

結果：座屈係数と水平補剛材位置の関係



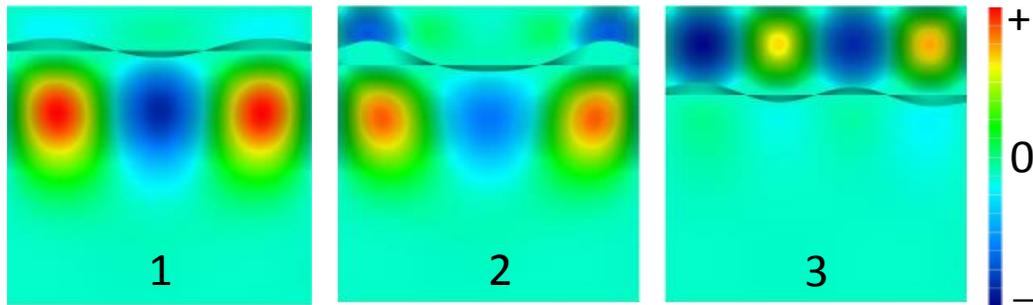
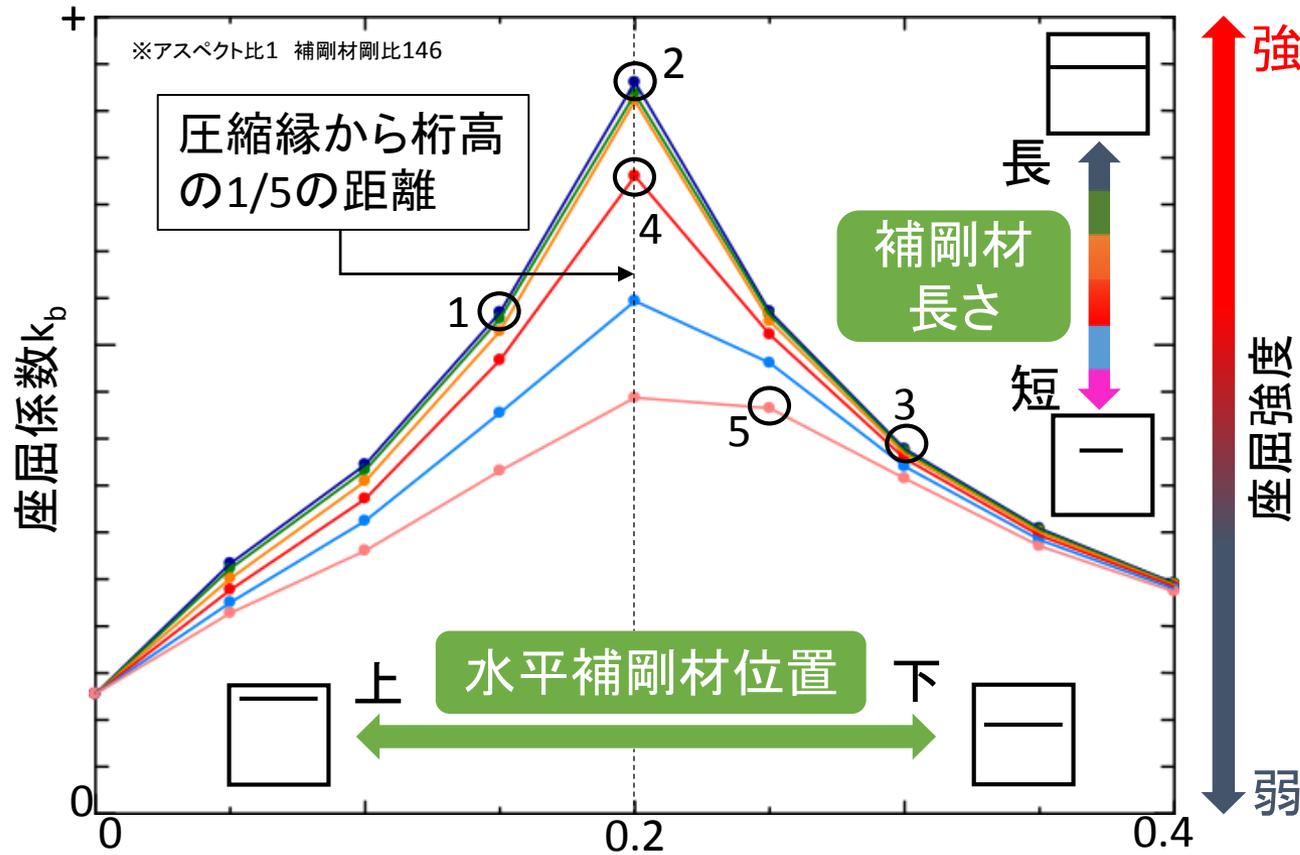
下側が座屈

両側が座屈

上側が座屈

→水平補剛材の位置によって座屈モードが異なる

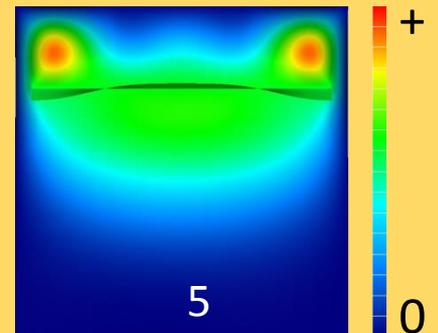
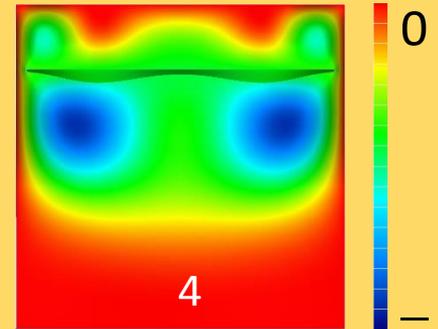
結果：座屈係数と水平補剛材位置の関係



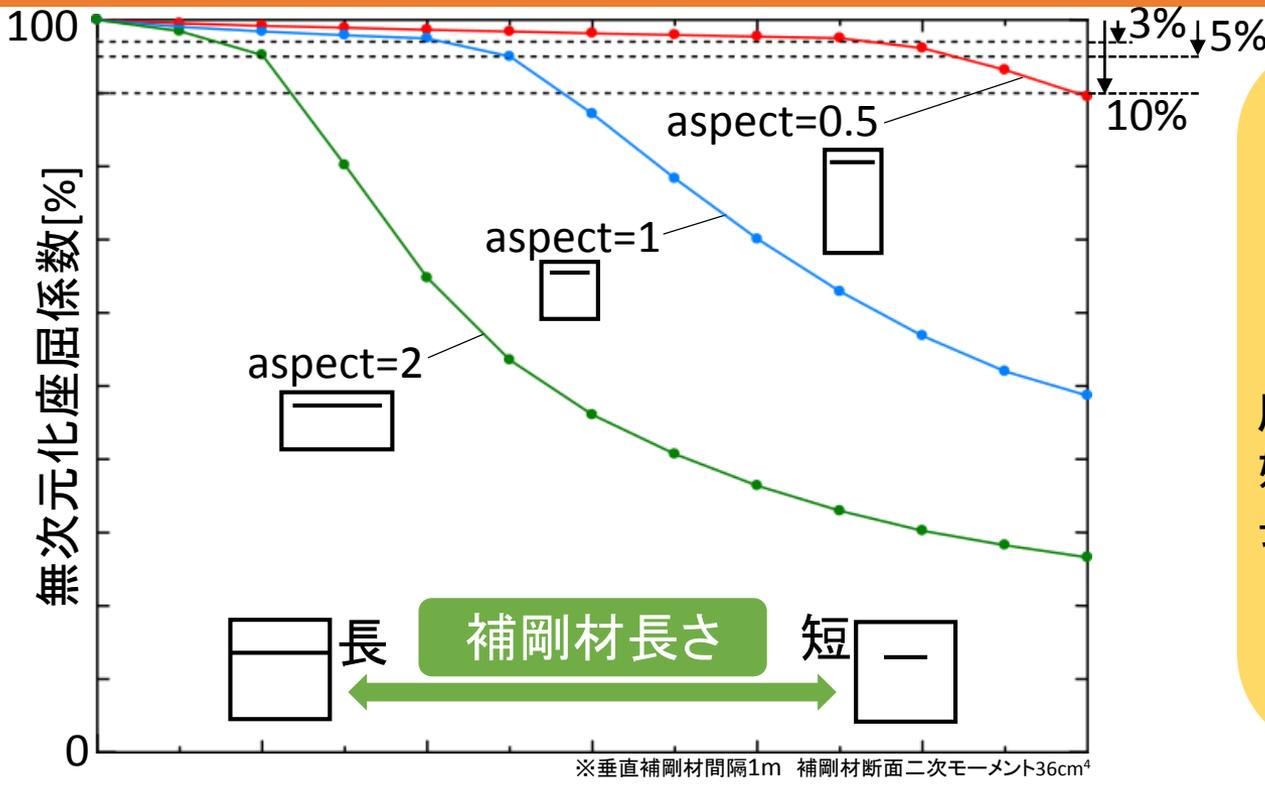
1 下側が座屈 2 両側が座屈 3 上側が座屈

水平補剛材が短くなると...

- ・座屈係数が明らかに低下
- ・全体座屈と局部座屈が混在する座屈モードが発生



結果：座屈係数と水平補剛材長さの関係



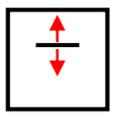
アスペクト比が大きい
(横長に近い)

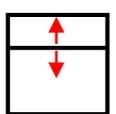
↓

座屈係数の明らかな低下が
始まる水平補剛材の長さが
長い

横長のとき補剛材を
短くし過ぎてはいけない！

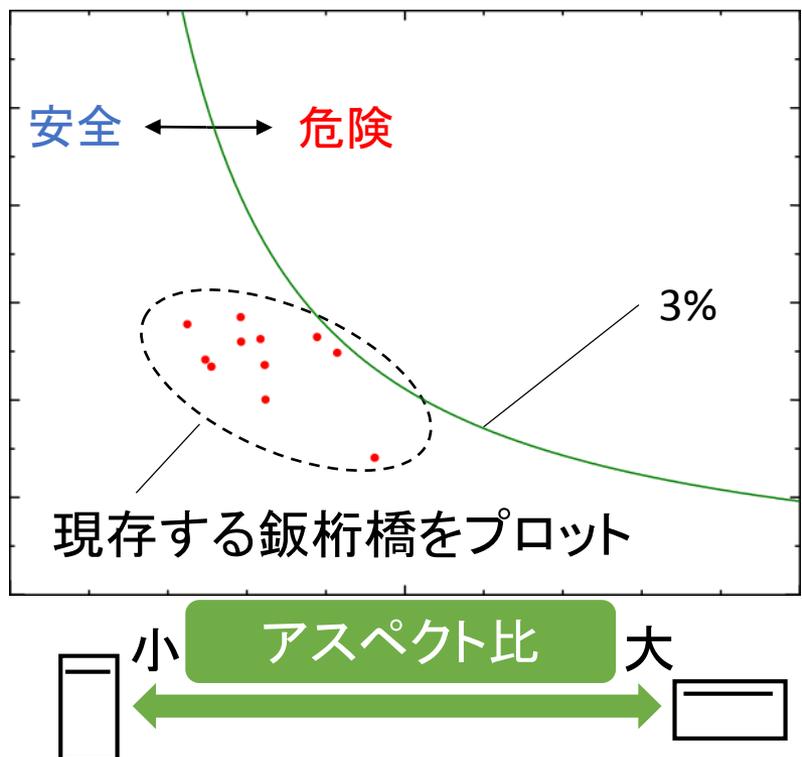
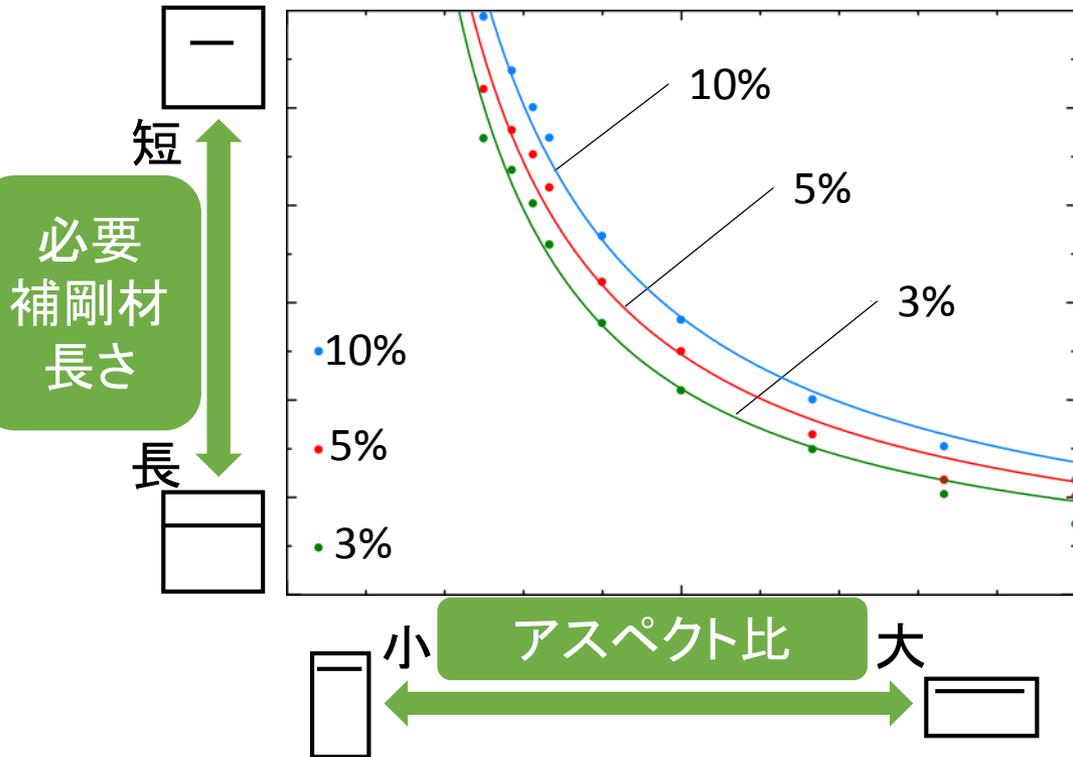
無次元化座屈係数 $\frac{k_{bmax}}{\bar{k}_{bmax}}$ を定義

 k_{bmax} : 補剛材位置の変化に対する座屈係数 k_b の最大値

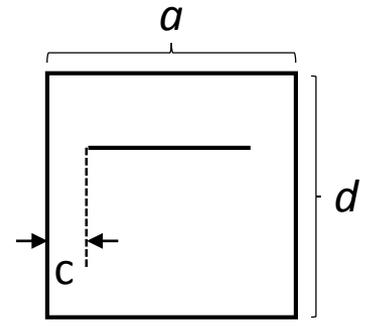
 \bar{k}_{bmax} : 補剛材が端までぴったりある時の k_{bmax}

無次元化座屈係数が3%, 5%, 10%低下するときの水平補剛材の長さを必要補剛材長さとする

→アスペクト比と必要補剛材長さの関係を回帰曲線で表す



$$\text{上限 } c/a = k_1 \left(\frac{d}{a}\right)^2 + k_2 \left(\frac{d}{a}\right)$$

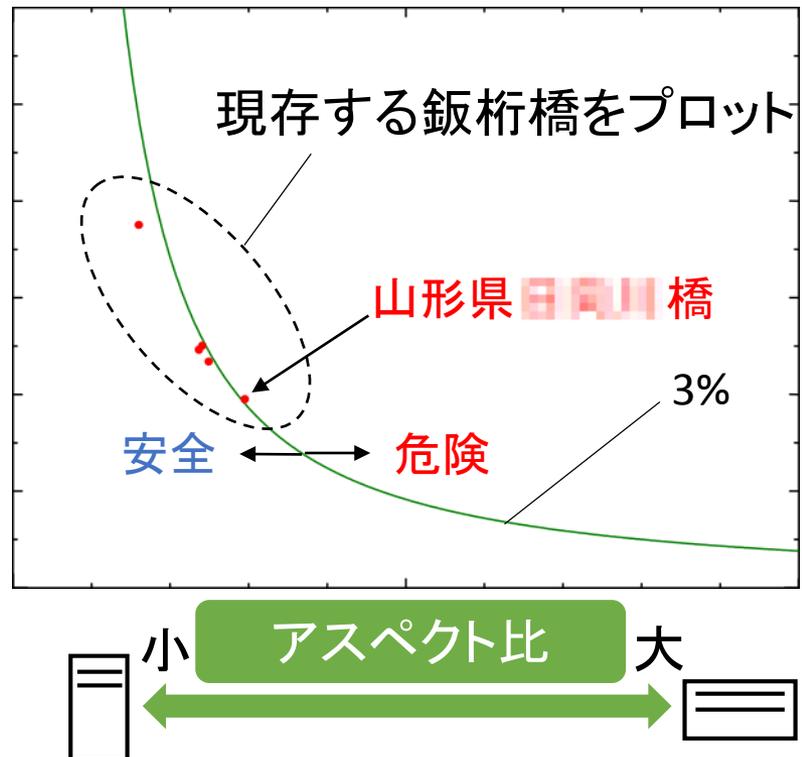
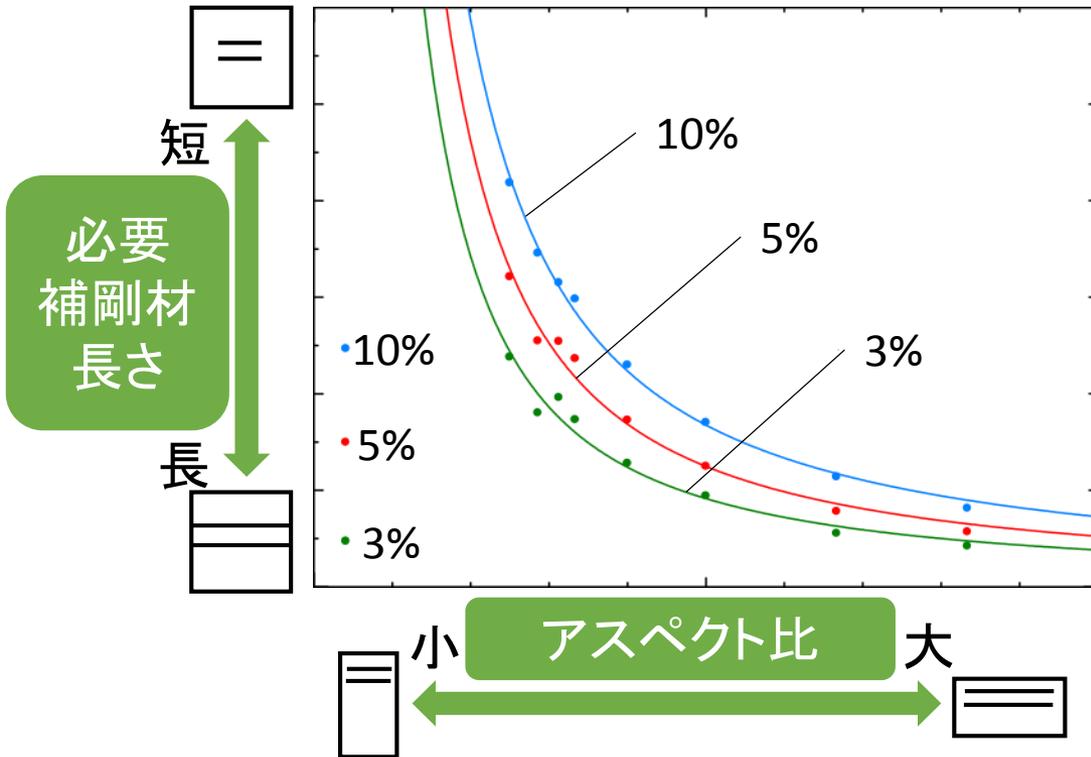


現存する鉄桁橋は **安全**

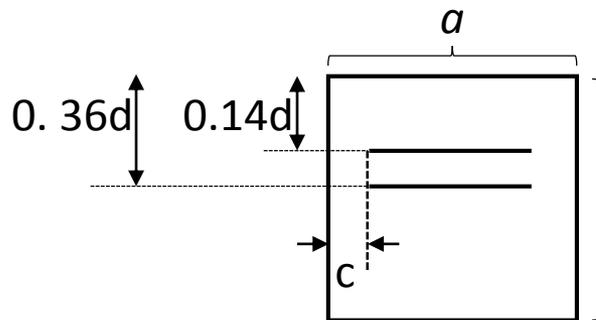
- 桁高が高いとき、垂直補剛材の間隔は狭くなり、縦長になる

↓

- 縦長のとき補剛材の長さが座屈強度に与える影響は小さい



$$\text{上限 } c/a = k_1 \left(\frac{d}{a}\right)^2 + k_2 \left(\frac{d}{a}\right)$$



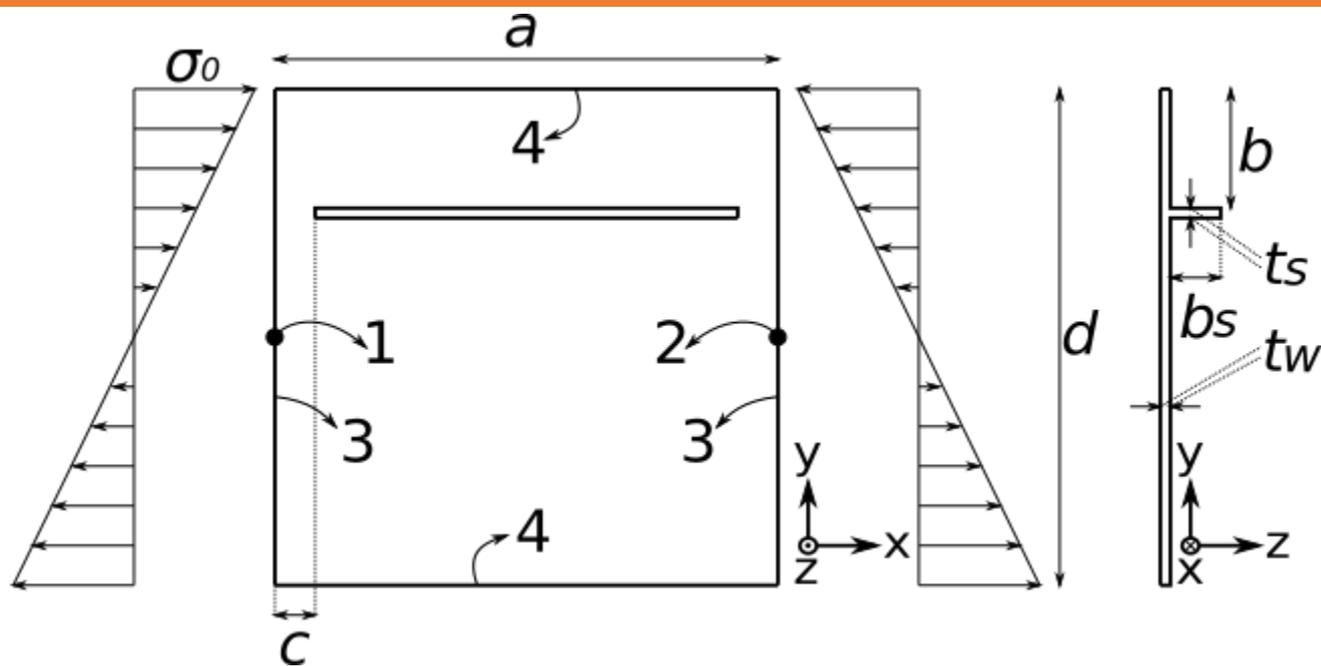
道路橋示方書
dに基づいた配
置でのみ調査

現存する鋼桁橋は若干**危険**

- ・ 水平補剛材を1段有する腹板よりも必要補剛材長さが長い傾向があるので注意が必要

※ただし、基準を5%の低下とした場合では全ての点が**安全側**に含まれる

- 水平補剛材の長さを短くすると, ある長さに達したところで, 全体座屈と局部座屈が混在する座屈モードが生じて, 座屈強度の明らかな低下が観測される
- アスペクト比が大きくなるにつれて, 水平補剛材の必要長さの値が大きくなることから, 安全性を評価する回帰曲線が定義できる
- 材料の塑性化やせん断応力の作用, 異なる境界条件等について検討する必要がある



	U_x	U_y	U_z	θ_x	θ_y	θ_z
1	fixed	fixed	fixed	fixed	free	free
2	free	fixed	fixed	fixed	free	free
3	free	free	fixed	fixed	free	free
4	free	free	fixed	free	fixed	free

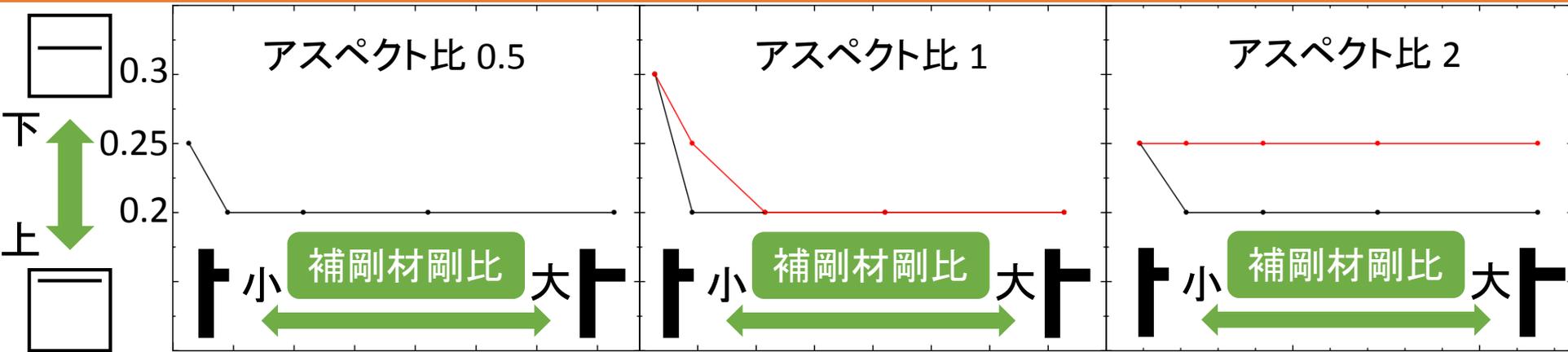
水平補剛材1段

基準減少率	k_1	k_2	分散	相関係数の絶対値
3[%]	5.37×10^{-3}	1.36×10^{-2}	2.62×10^{-3}	9.83×10^{-1}
5[%]	4.39×10^{-3}	1.81×10^{-2}	2.57×10^{-3}	9.86×10^{-1}
10[%]	2.09×10^{-3}	2.51×10^{-2}	2.47×10^{-3}	9.88×10^{-1}

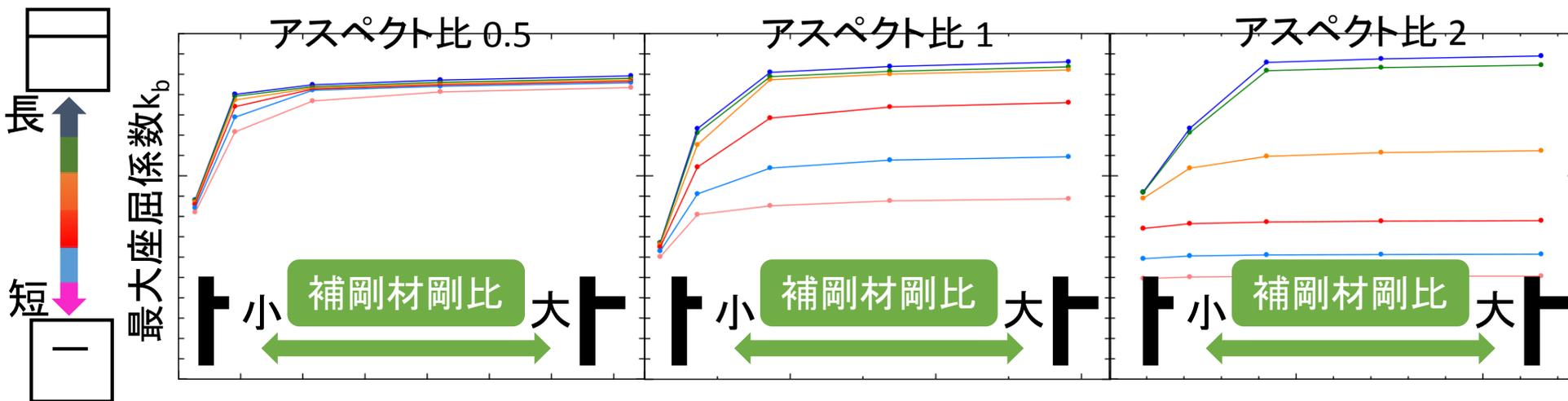
水平補剛材2段

基準減少率	k_1	k_2	分散	相関係数の絶対値
3[%]	4.62×10^{-3}	1.32×10^{-2}	1.73×10^{-3}	9.67×10^{-1}
5[%]	6.23×10^{-3}	3.63×10^{-2}	1.88×10^{-3}	9.82×10^{-1}
10[%]	5.89×10^{-3}	8.11×10^{-2}	1.44×10^{-3}	9.92×10^{-1}

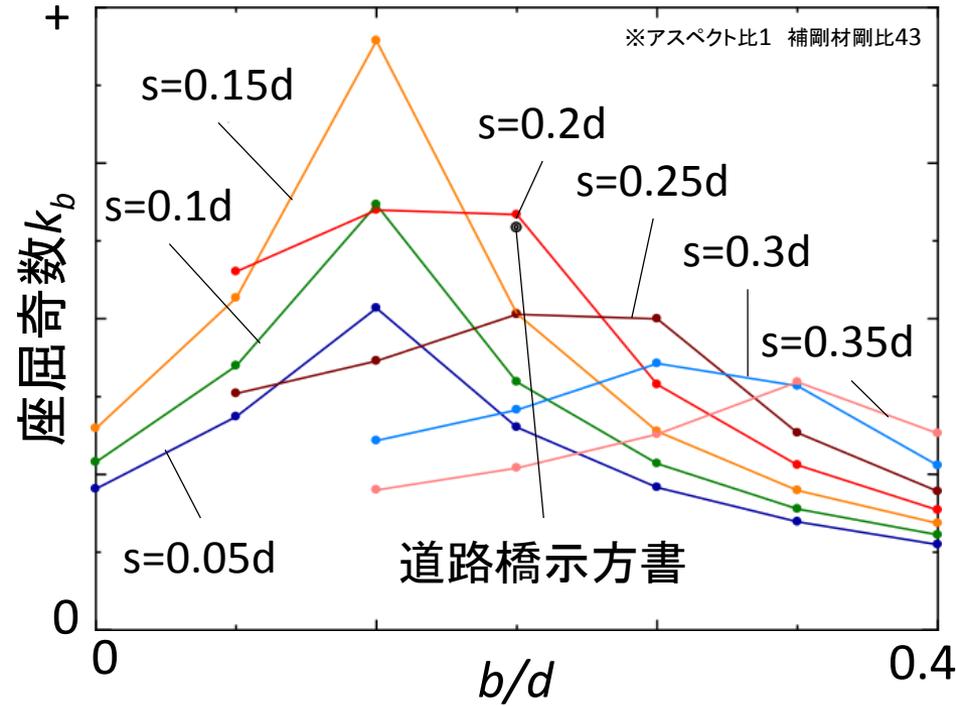
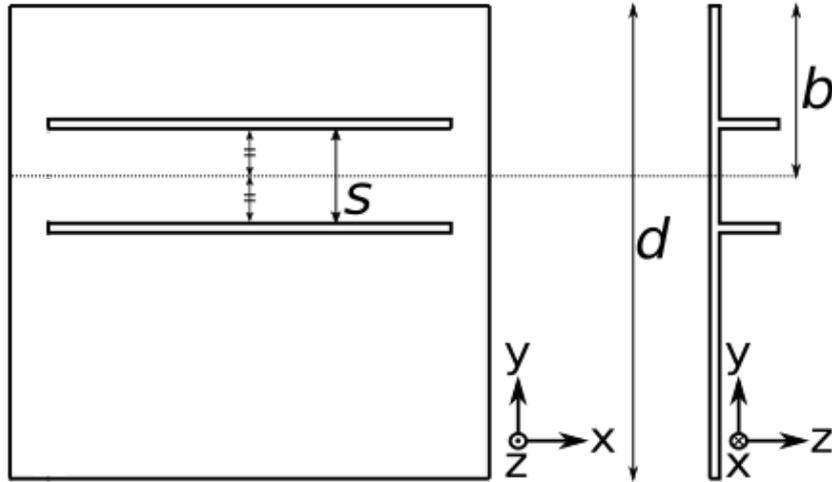
結果：補剛材の長さが k_b と最適位置に及ぼす影響



座屈係数が最大となるような水平補剛材の位置は補剛材の長さに依存



補剛材の剛性が必要剛性以上の時の k_b は補剛材の長さに依存



弾性座屈の範囲では示方書の示す配置よりも座屈係数の大きくなる配置が存在

実際には経済性の観点から腹板の板厚をできるだけ薄くしつつ、補剛材で区切られた各部分が必要な幅厚比を満たすような補剛材位置を考える必要がある。

➡ 本研究では示方書に基づいた配置でのみ補剛材の長さとの関連を調査