

著しく腐食した鋼桁の腐食形状別 せん断耐荷力特性

社会人ドクター3年
玉城 喜章

背景

- ・ 鋼橋の架替え理由: 腐食が50%
- ・ 腐食部材や腐食桁の耐荷力評価

 部材や桁の曲げ、せん断、引張

- ・ 腐食を模擬した桁、全面一様に腐食した桁のせん断載荷実験
- ・ 有限要素法で腐食モデルを作成し耐荷力を検討

腐食減厚と強度低下が比例

- 腐食を模擬した実験や解析では、実橋の腐食減厚の状態や部位別に異なる実腐食分布を有する鋼桁のせん断耐荷力を十分評価しているとは言い難い。

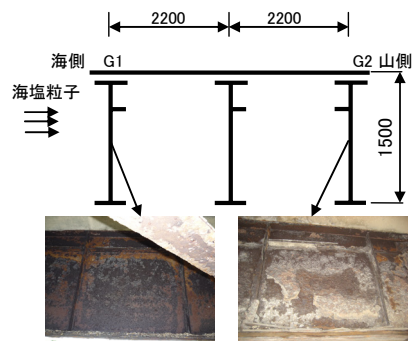
目的

実環境下で腐食分布が明確に得られている鋼桁を対象に、**実腐食分布が腹板のせん断耐荷力特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、腐食減厚した実サイズの腹板のせん断載荷実験を行った。**

実験概要：試験体を採取した実橋の概要



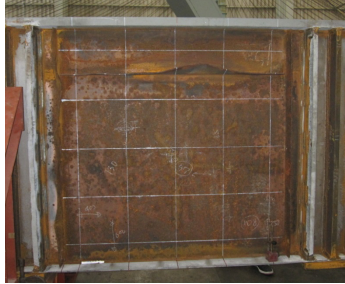
対象橋梁全景



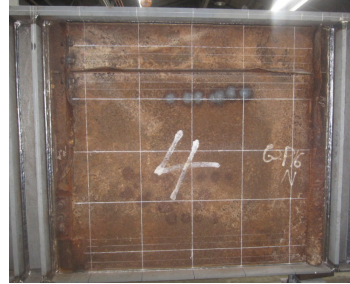
断面図及び腐食状況

- 橋長35.0m, 単純活荷重合成鋼桁無塗装仕様耐候性鋼橋
- 離岸距離50m, 飛来塩分量は平均2.6mdd(2008年12月～2009年6月)の腐食促進環境下
- 2009年7月(架設後28年)で自然崩落

実験概要: 試験体の特徴



試験体1(健全相当)



試験体2(両面腐食)



試験体3(中央から下部が腐食)



試験体4(水平補剛材や中央が腐食)

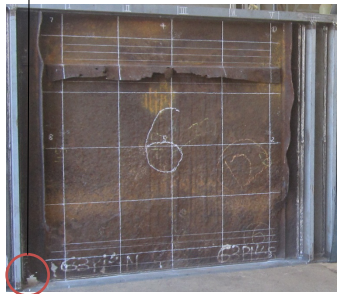
実験概要: 試験体の特徴



下部が腐食減厚



水平補剛材近傍が腐食減厚

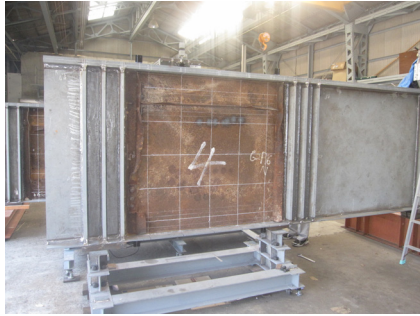


試験体3(G3桁)

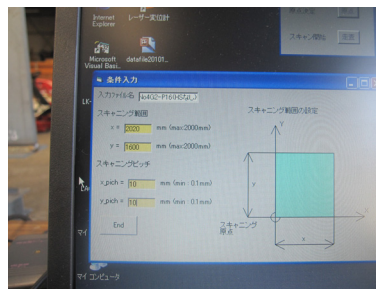


試験体4(G1桁端部)

実験概要: 初期たわみの測定



実験概要: 初期たわみの測定

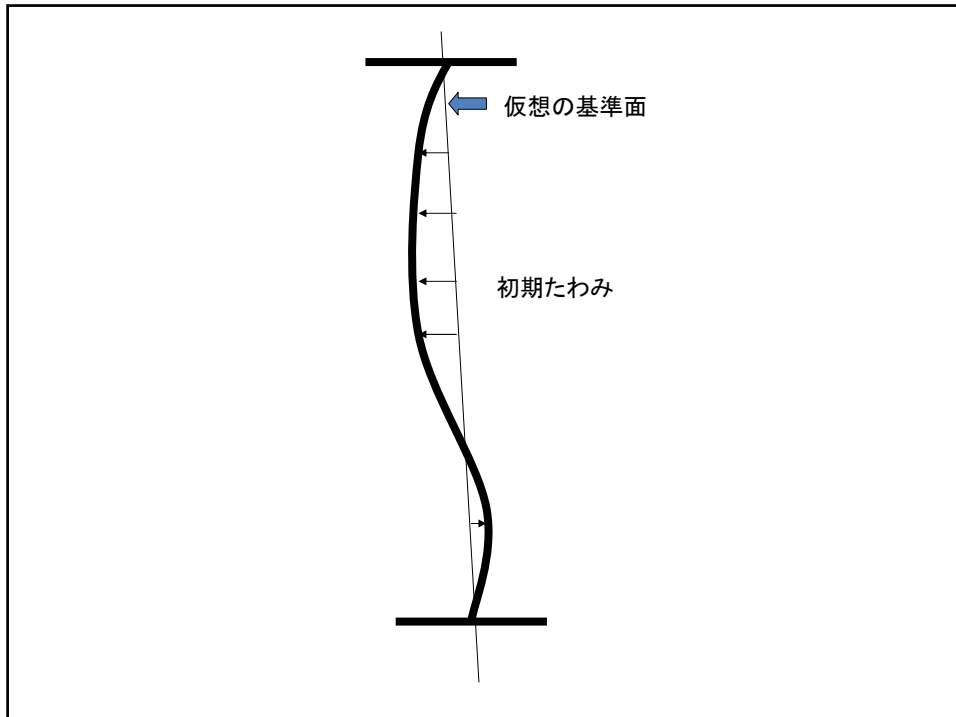
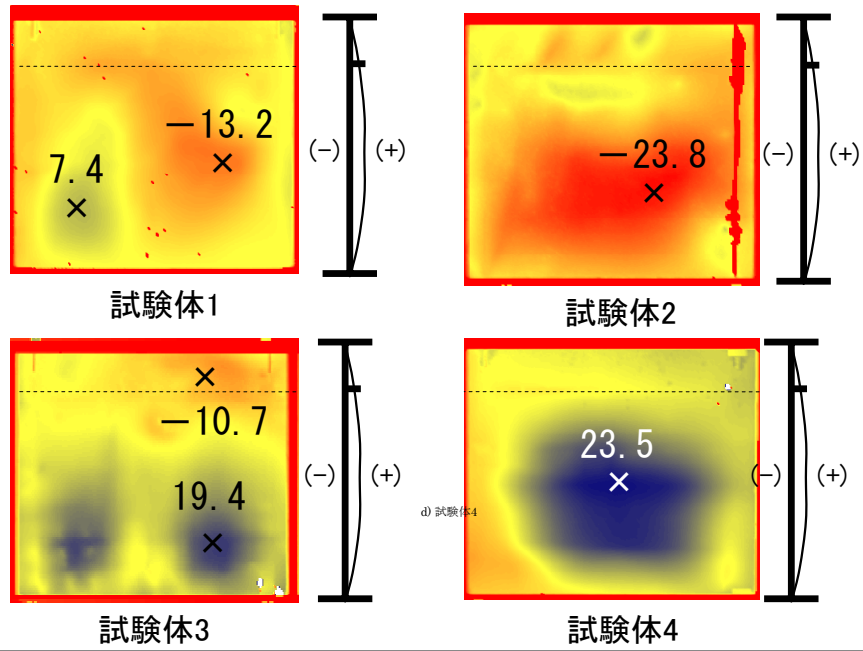


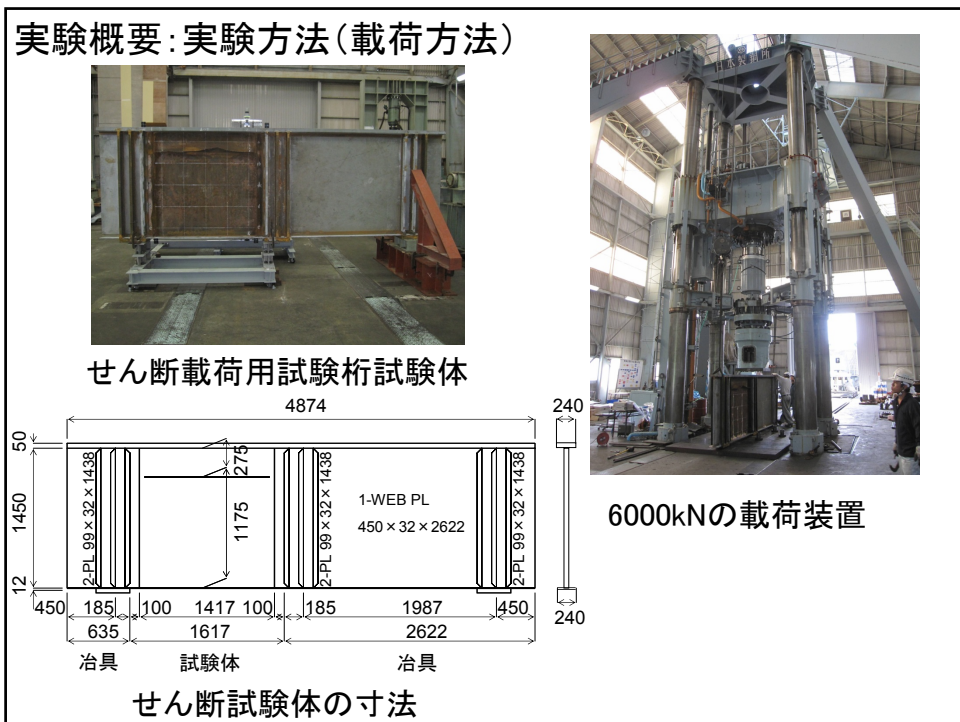
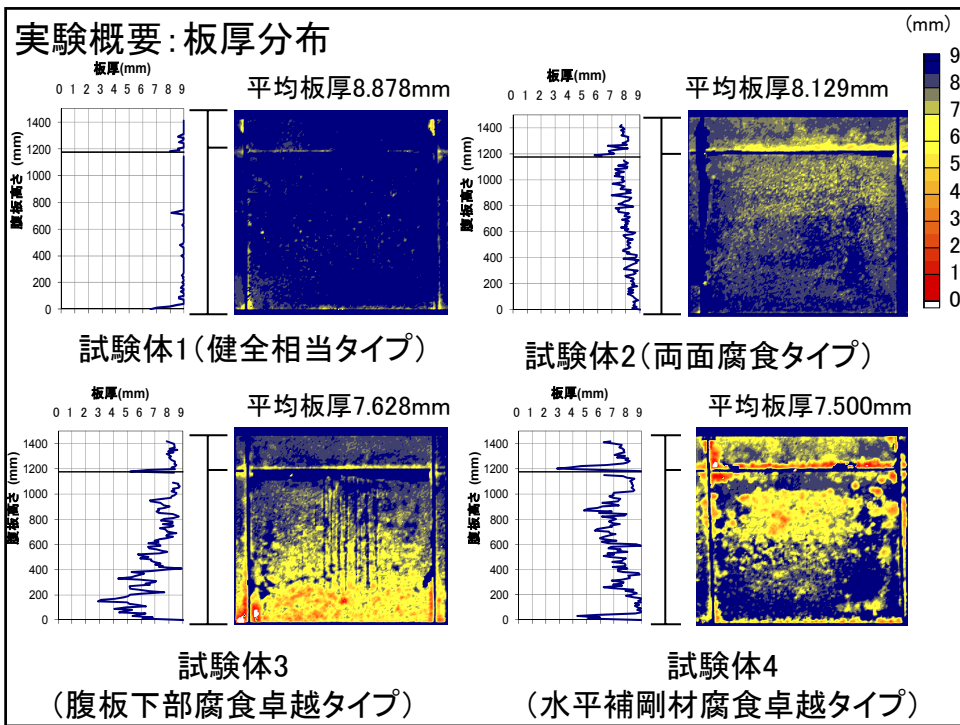
10mm × 10mmピッチ 2万9千点

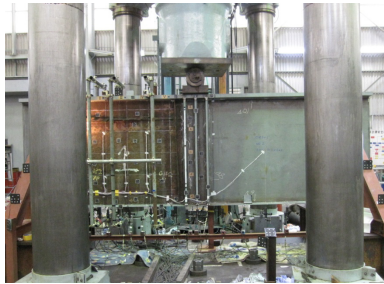


片面8時間

実験概要: 初期たわみの測定







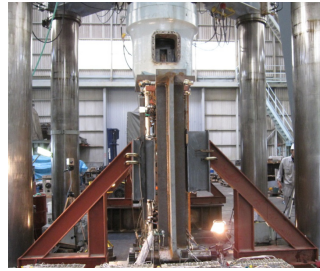
せん断試験セットアップ



支点部

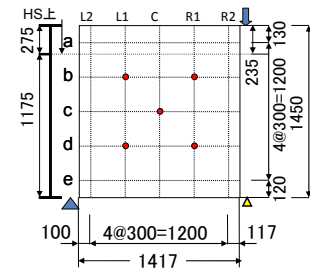
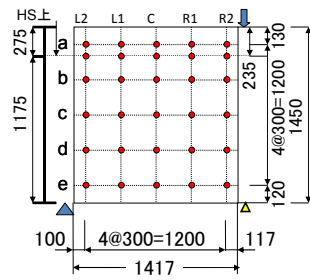
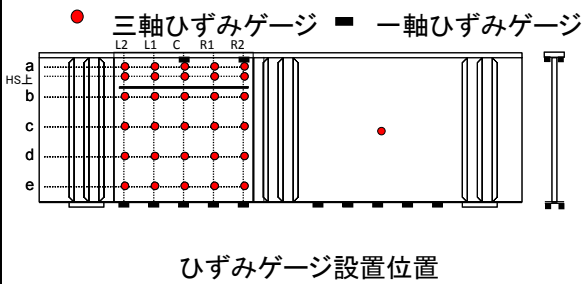
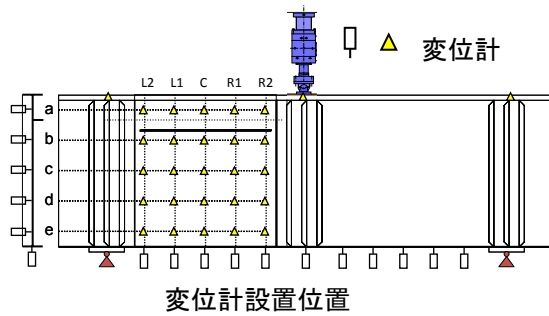


変位計、ひずみゲージ設置状況

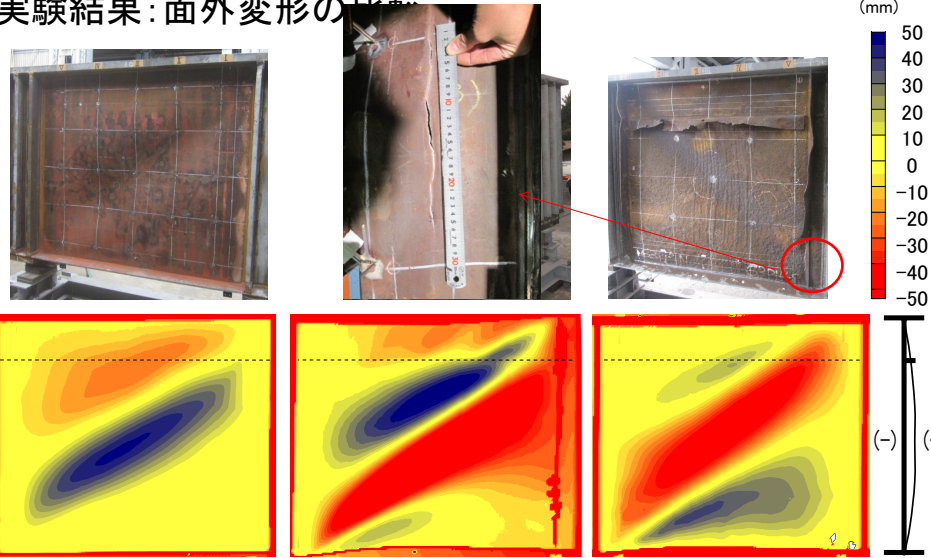


横倒れ防止装置

実験概要: 実験方法 (計測位置)



実験結果: 面外変形の比較



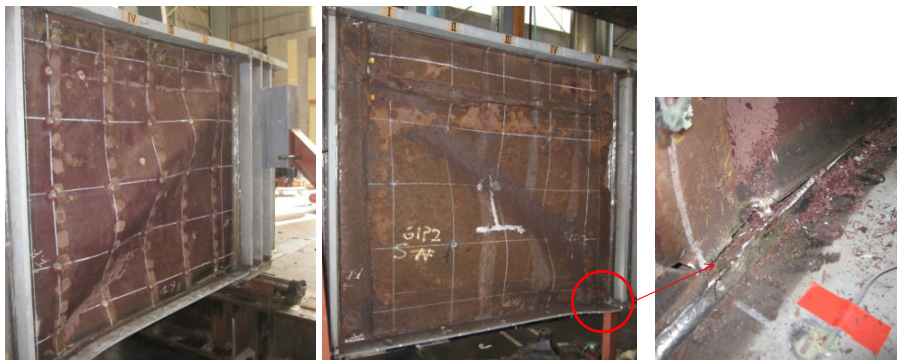
試験体1

試験体2

試験体3

- ・全てが水平補剛材(HS)を貫通している
- ・試験体3は、変形の大きい負の方向の面外変位がHSを貫通

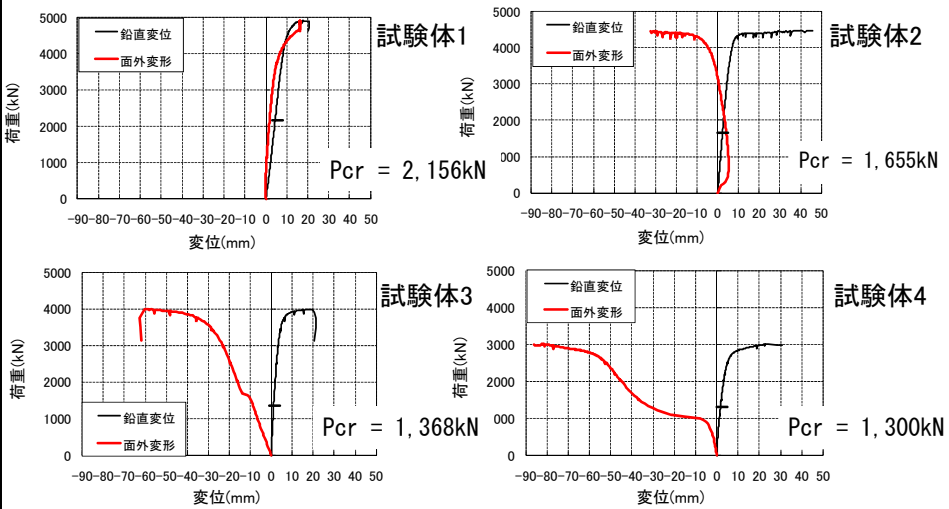
実験結果: 面外変形の比較



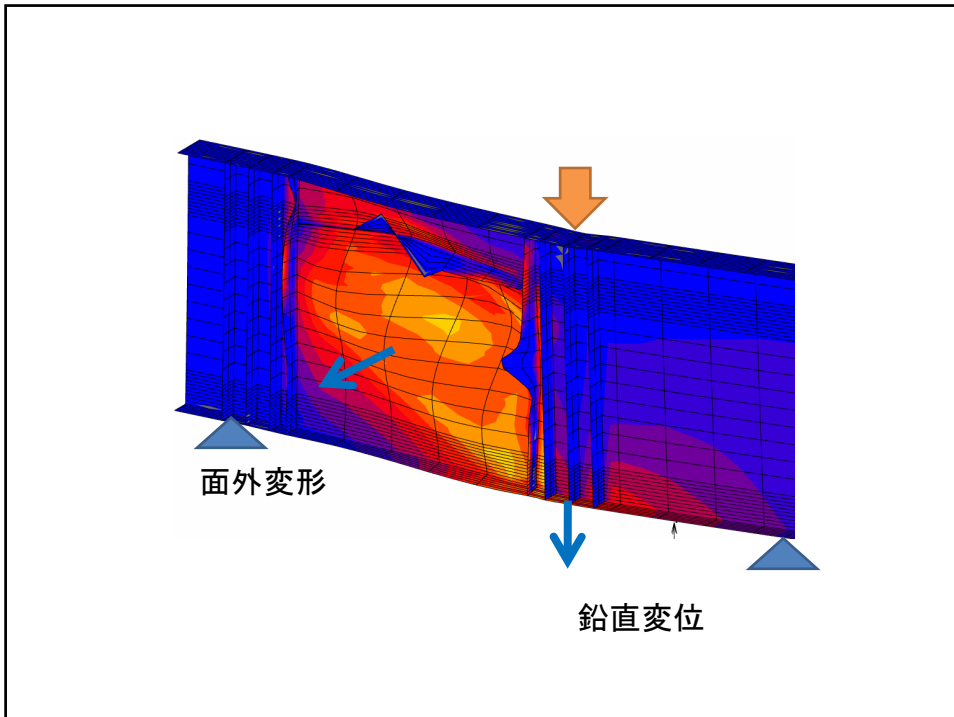
試験体4

- ・試験体4は、面外変形が水平補剛材を貫通
- ・試験体3、試験体4は、水平補剛材の腐食が激しいため剛性が期待できないことが理由
- ・終局状態で腐食が著しい部位に破断が生じた → 応力が作用する部位に腐食減厚が生じると破断の可能性はある

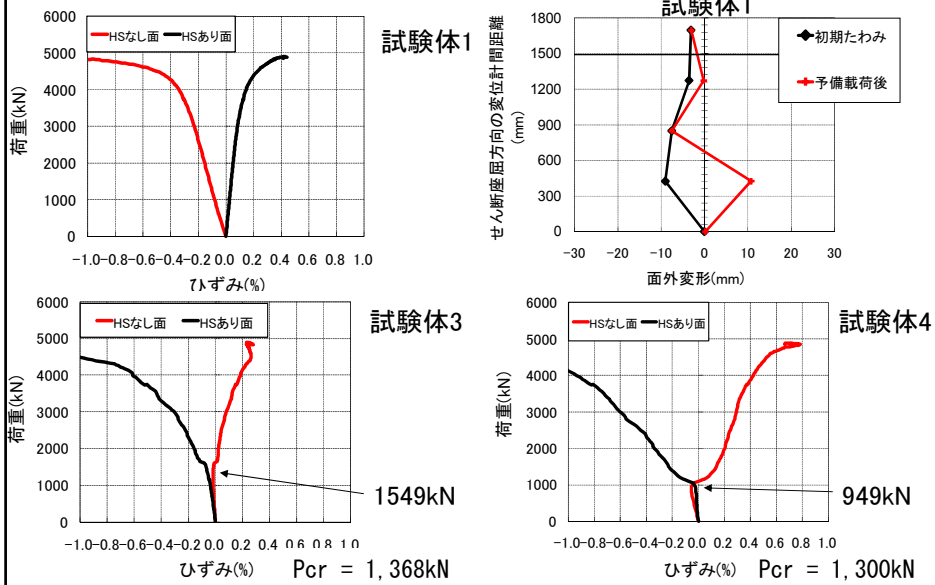
実験結果: 荷重—垂直変位、荷重—中央面外変形の比較



- ・試験体1、2の垂直変位と中央面外変形 (δh)の剛性はほぼ等しい
- ・試験体3、4では、3倍程度 δh が大きい
- ・腐食減厚が大きくなると δh の剛性が小さくなる
- ・試験体4は、座屈荷重以下の荷重で δh が増加→腐食形状の影響

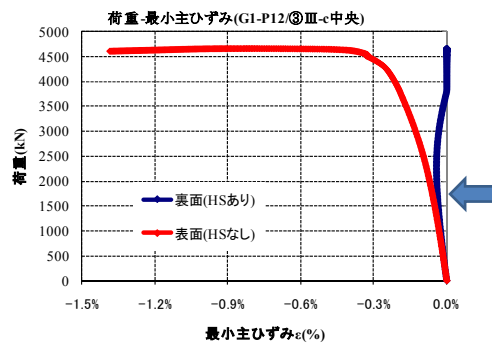
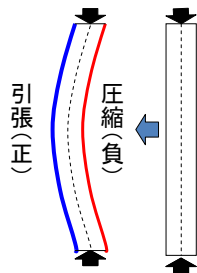
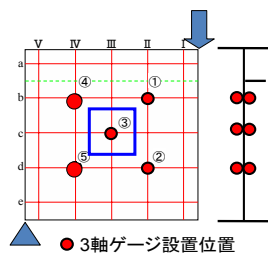


実験結果: 座屈荷重の比較



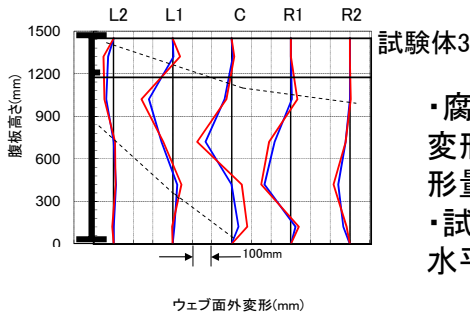
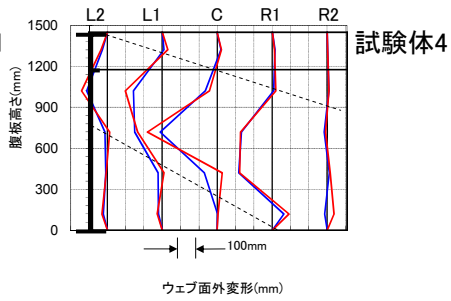
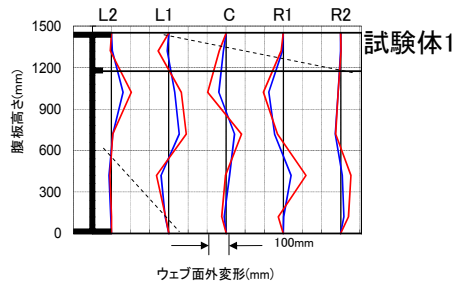
- ・座屈荷重は、試験体3に比べ試験体4が低い
- ・座屈荷重は、板厚減少により低くなるので、腐食形状の影響は不明

荷重-ひずみの関係 (座屈荷重)



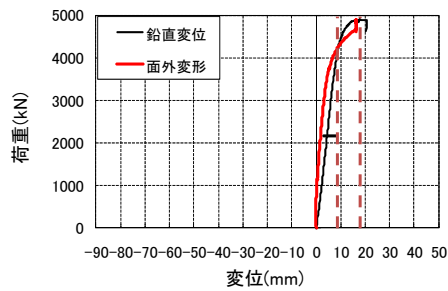
実験結果：面外変形の比較

— 最大荷重到達前: $\delta v = 9\text{mm}$
 — 終局状態: $\delta v = 18\text{mm}$

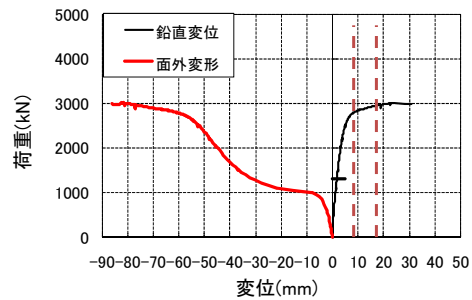
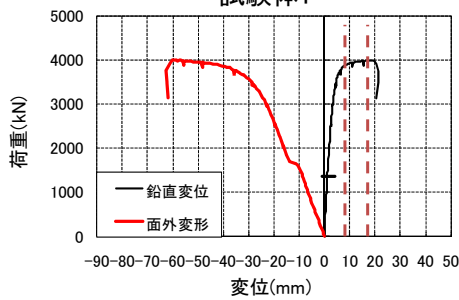


- ・腐食減厚が激しくなるほど面外変形の領域は小さくなり、面外変形量は大きくなる
- ・試験体4は、腐食減厚の激しい水平補剛材付近の変形が大きい

荷重—垂直変位、荷重—中央面外変形

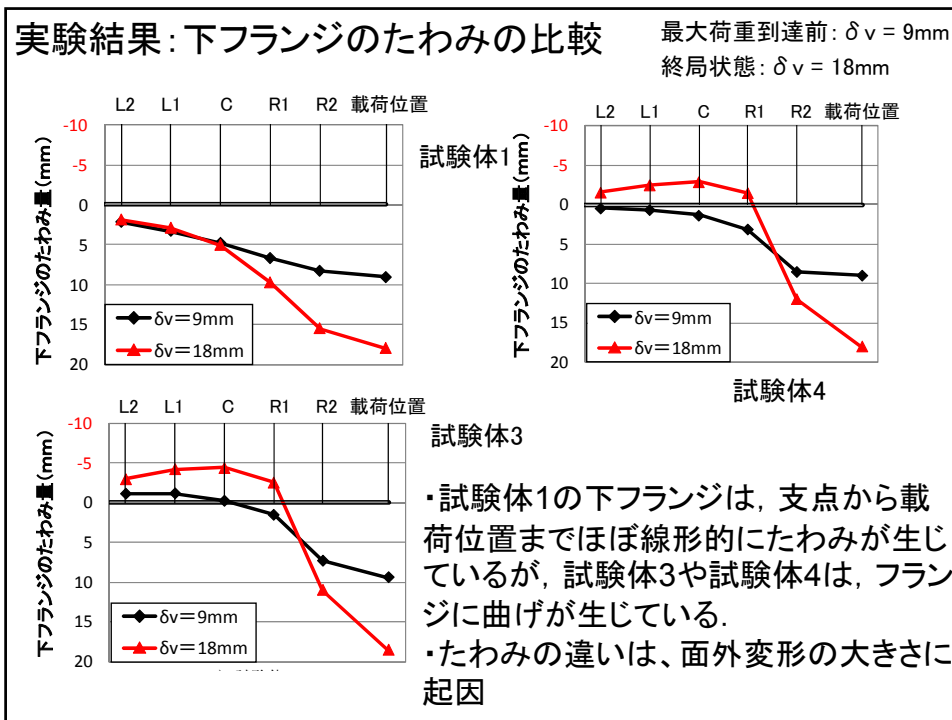
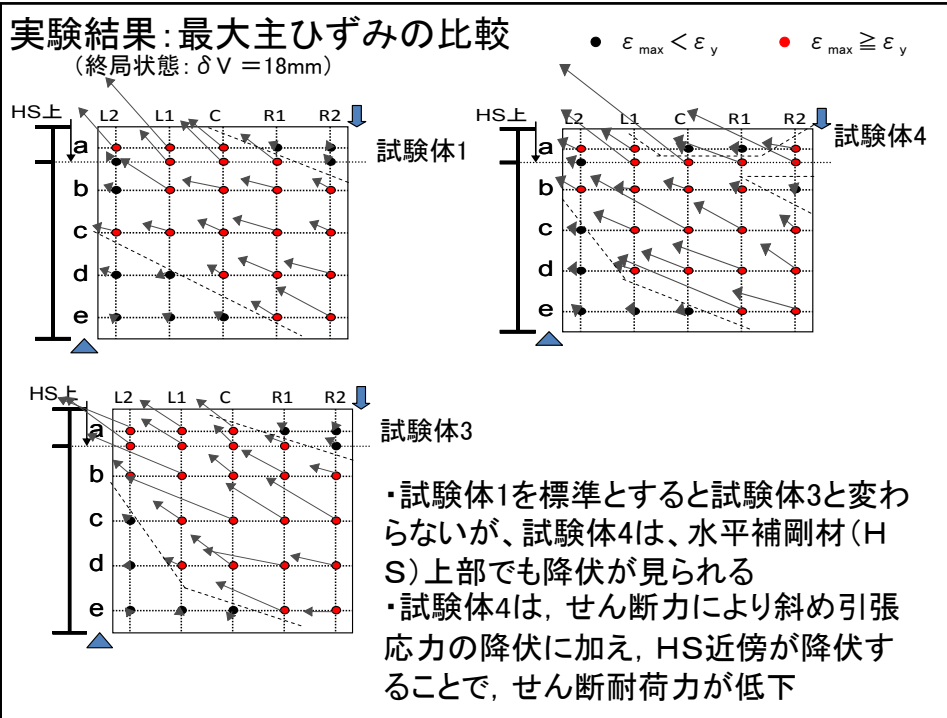


最大荷重到達前: $\delta v = 9\text{mm}$
 終局状態: $\delta v = 18\text{mm}$

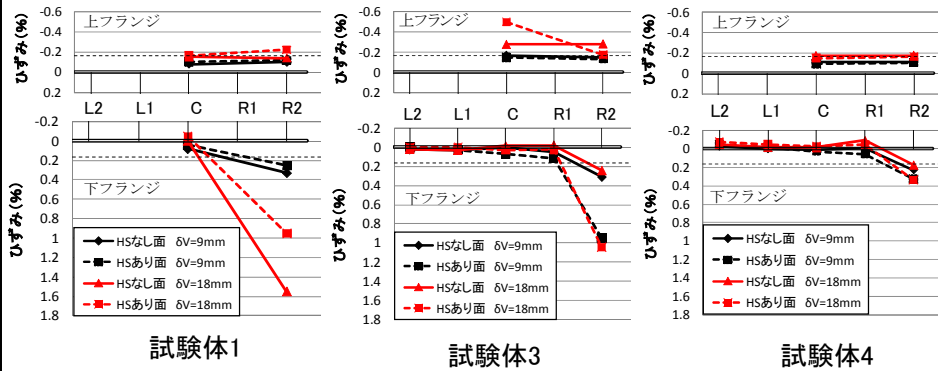


試験体3

試験体4

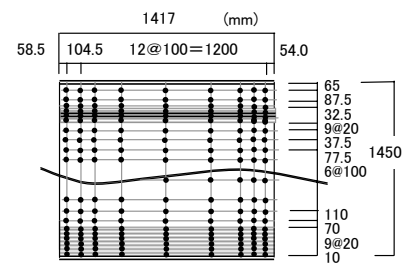


実験結果：下フランジの軸ひずみの比較

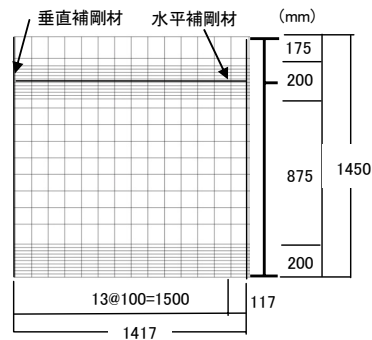


・試験体3や試験体4のように腐食した腹板の面外変形が大きくなることにより、下フランジにも大きなひずみが生じるが、腐食形状の違いは見られない。

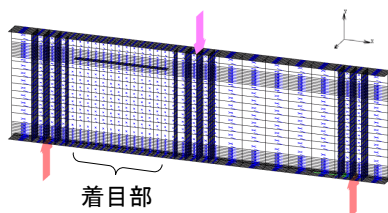
せん断耐荷力特性：解析モデル



UTによる1パネルあたりの計測箇所



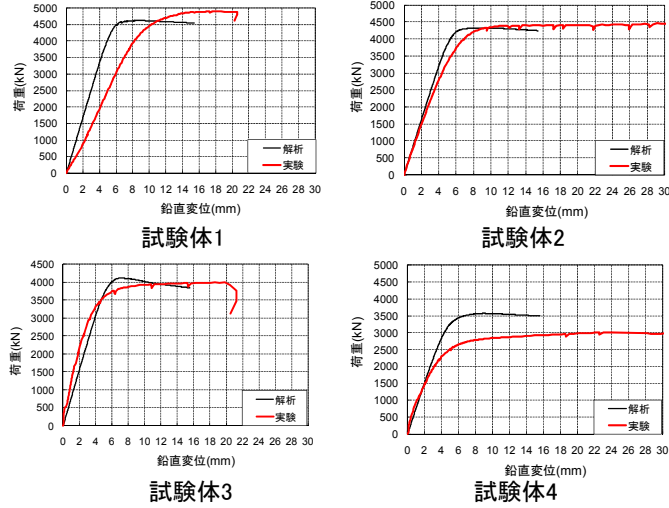
着目腹板部



着目部

全体モデル

せん断耐荷力特性: 解析による実験の再現性

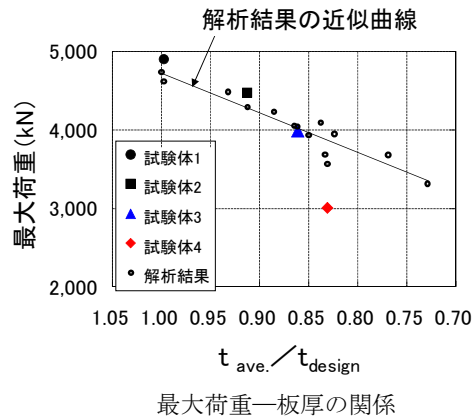


荷重-鉛直変位関係(実験と解析の比較)

せん断耐荷力特性: 最大荷重と板厚の関係

解析ケース

解析ケース	平均板厚 (mm)	計測パネル	備考
1	8.878	G1桁支間中央部	試験体1
2	8.129	G2桁腹板	試験体2
3	7.628	G3桁腹板	試験体3
4	7.500	G1桁腹板	試験体4
5	9.000	設計板厚	追加した解析モデル
6	7.782	G3桁腹板	追加した解析モデル
7	7.536	G3桁腹板	追加した解析モデル
8	7.413	G3桁腹板	追加した解析モデル
9	6.919	G3桁腹板	追加した解析モデル
10	6.558	G3桁腹板	追加した解析モデル
11	8.387	G1桁腹板	追加した解析モデル
12	7.966	G1桁腹板	追加した解析モデル
13	7.648	G1桁腹板	追加した解析モデル
14	7.498	G1桁腹板	追加した解析モデル



・最大せん断力は、板厚だけでなく腐食形状の影響を受け、最大せん断力を評価する時は、腐食形状を考慮しなければならない場合もある

まとめ

- (1) 終局状態で腐食が著しい部位に破断が生じており、高い応力が作用する部位に腐食減厚が生じると破断の可能性がある
- (2) 座屈荷重は、腐食減厚が大きくなるほど低下するが腐食形状の影響は今後検討
- (3) 腐食減厚が大きくなるほど、面外変形の領域は小さくなるが、面外変形量は大きくなる
また、腐食減厚の激しい水平補剛材近傍で面外変形も大きく、腐食形状が面外変形に影響を及ぼす。

- (4) 試験体4は、せん断力により斜め引張応力の降伏に加え、水平補剛材近傍の腹板が降伏することで、せん断耐荷力が低下している。
- (5) せん断載荷時、下フランジにおける腐食形状の影響は見られない
- (6) 実験と解析結果から、試験体4を除き最大せん断力と平均板厚の関係はほぼ比例関係にある。これは、試験体4が水平補剛材近傍の腐食が著しいため、その部位で面外変形、最大主ひずみが増大しせん断力の低下に至ったことが原因である。

(7)最大せん断力は、板厚だけでなく腐食形状の影響を受け、最大せん断力を評価する時は、腐食形状を考慮しなければならない場合もあることがわかった。