

# 床版の進行性破壊を考慮した 鋼連続多主桁橋の冗長性評価

構造強度学研究室

副島理義

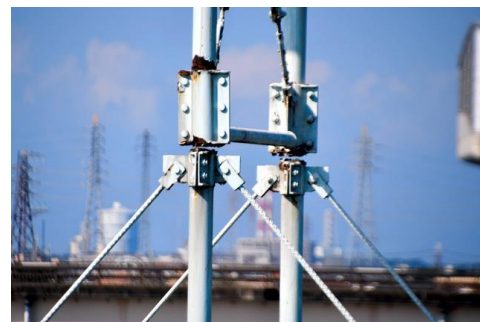
2023年2月14日

木曽川大橋(2007年)



トラスの斜材の破断 → 崩落は免れる

六十谷水管橋(2021年)



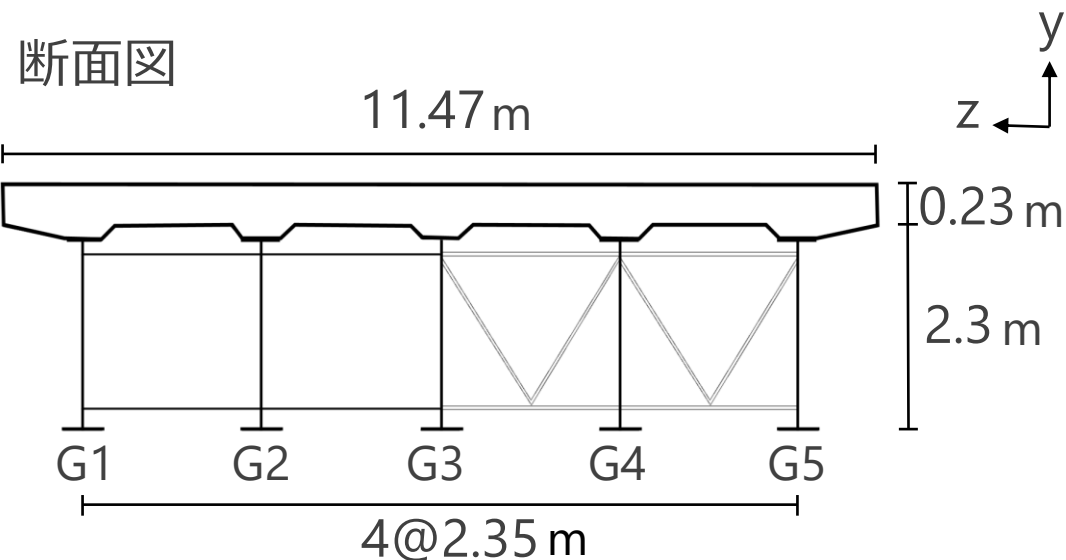
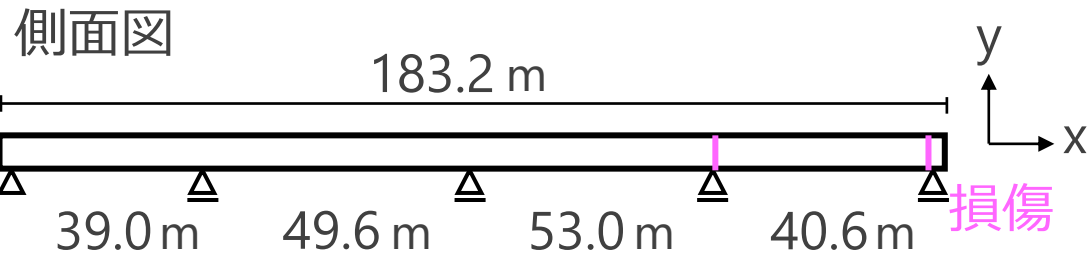
吊材の連鎖的な破断 → 崩落

床版などの二次部材が橋梁の部材損傷後の余耐力(冗長性)に大きく寄与している

平野ら(2022年)によってコンクリートの破壊を考慮した解析の事例が示された

床版の進行性破壊を考慮したモデルを用いて、損傷位置と損傷の程度が橋梁の冗長性や床版の破壊進展に及ぼす影響を明らかにする

対象橋梁：4径間連続非合成5主桁桁橋



損傷位置：第4径間の端支点と中間支点

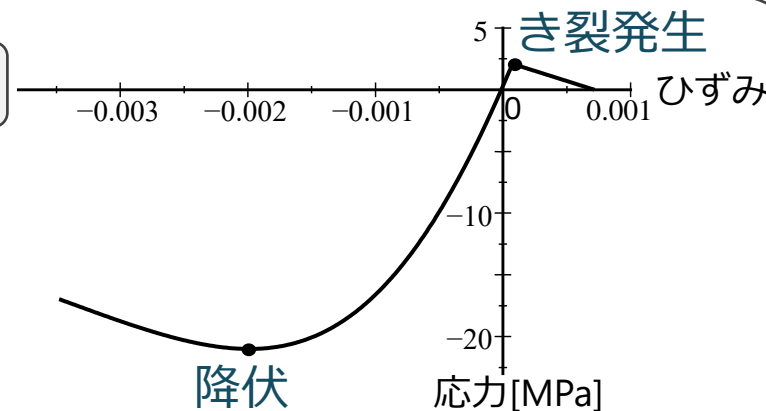
損傷パターン：G1, G2, G1G2, G2G3, G1G2G3

損傷桁の数      1本      2本      3本

モデル化

コンクリート床版

→ ひび割れや破壊を再現



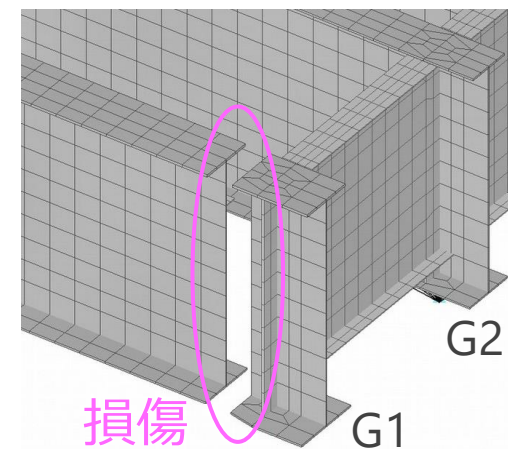
床版—主桁間

→ ばね要素でスラブアンカーを再現

損傷

主桁の全断面の欠損を想定

→ フランジとウェブ、補剛材を1要素分削除



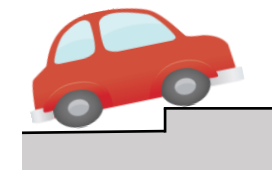
載荷荷重

死荷重(D)を載荷した後活荷重(L)を漸増

$$D + f \cdot L \quad f: \text{荷重パラメータ}$$

段差100mmを走行限界とする(常田ら, 2007年)

→ 損傷部先端たわみ100mmを使用限界とする

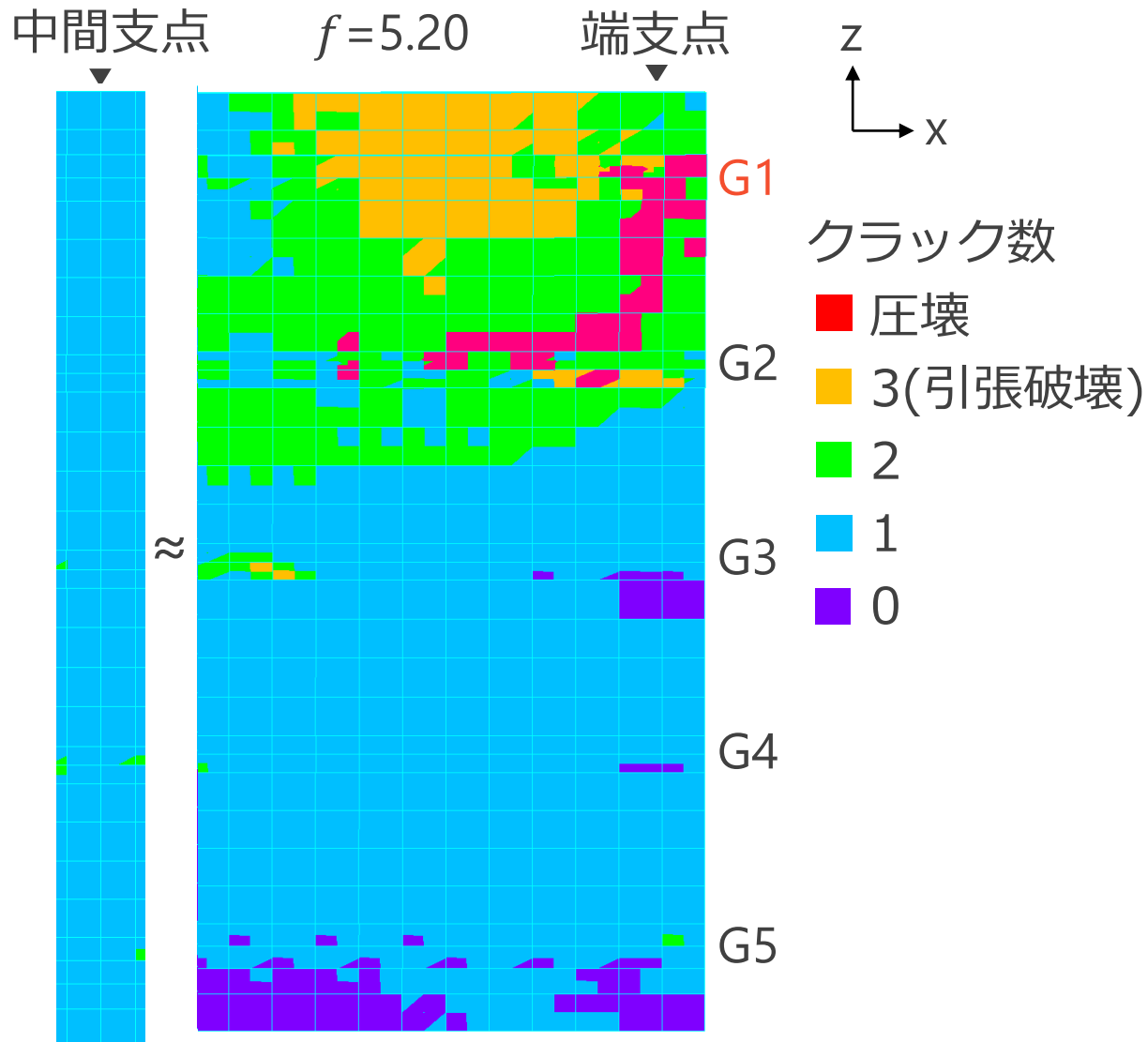


	外桁	中桁	外桁と中桁	中桁2本	外桁と中桁2本
損傷パターン	G1	G2	G1G2	G2G3	G1G2G3
使用限界時の $f$	3.65	6.63	2.35	4.28	1.70

55%                      55%

損傷桁の数が同じとき、外桁に損傷のある場合は中桁に損傷がある場合の  
**55%**の活荷重倍率で使用限界に至る

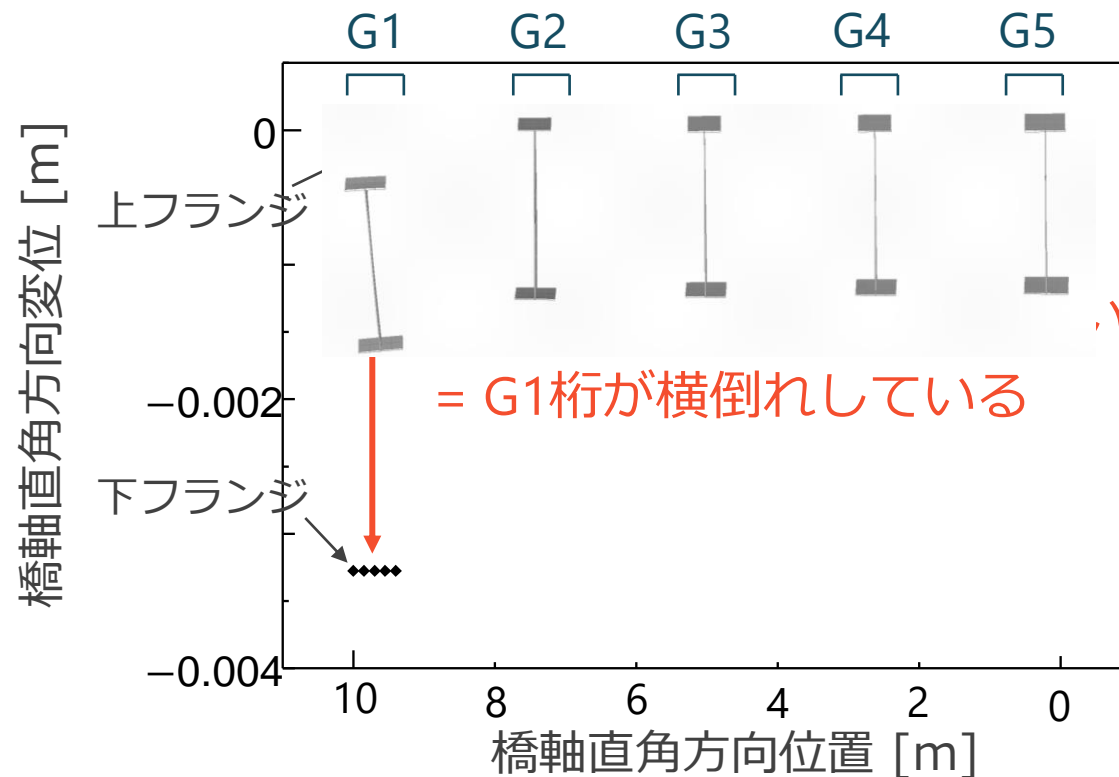
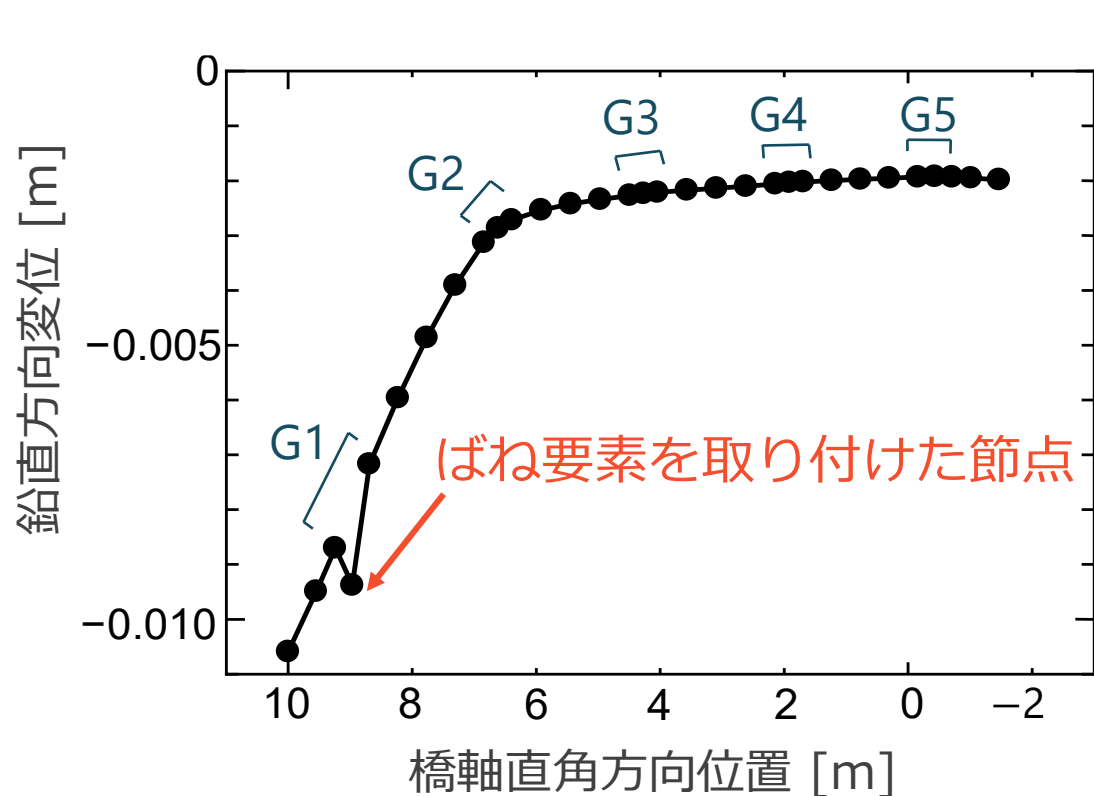
## G1損傷の床版下側の破壊の状態



1. 損傷部上部の床版で引張破壊が発生し, 中間支点の方へ進展
2. 損傷桁の端支点上部の床版が圧壊
3. 損傷桁に隣接する健全桁上部の床版で圧壊が発生し, 健全桁に沿った方向と損傷桁—健全桁間の端横桁に沿った方向に進展

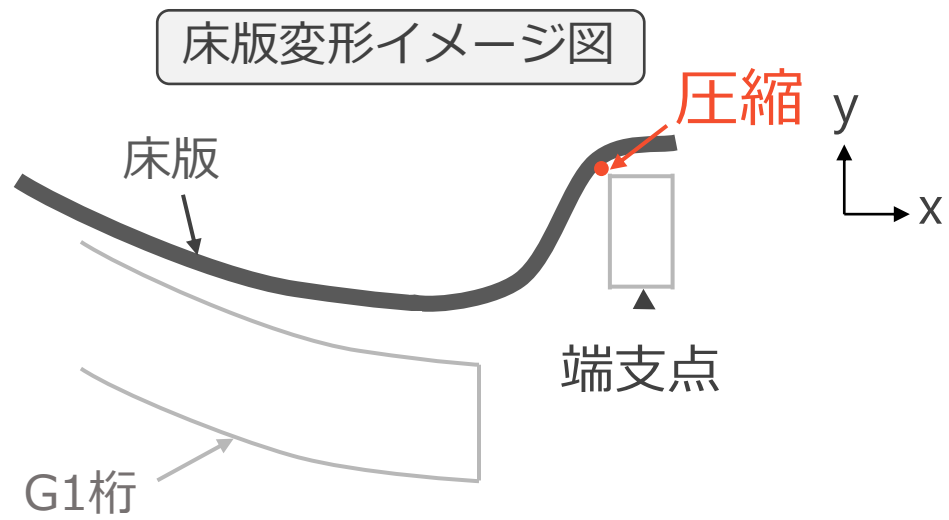
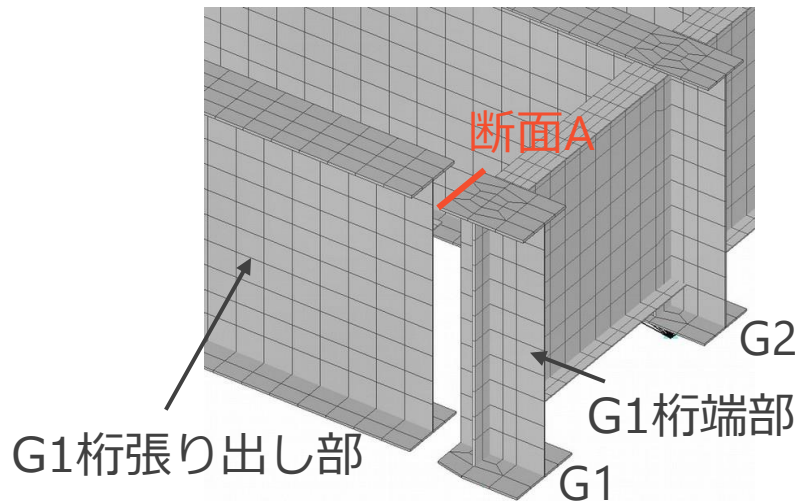
外桁に損傷のあるG1G2損傷,  
G1G2G3損傷でも同様な  
破壊進展の様子が見られた

1. 損傷部上部の床版で引張破壊が発生し，中間支点の方へ進展する

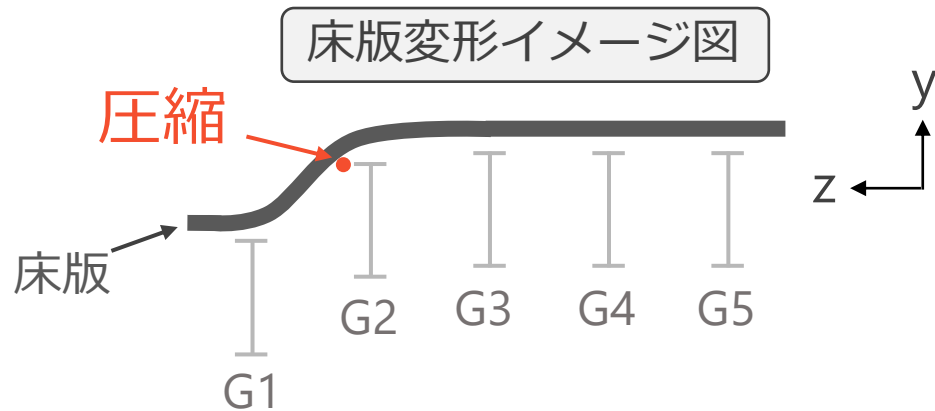


損傷桁による床版の引張と損傷桁の横倒れにより  
3方向にひび割れが発生し引張破壊が起こる

## 2. 損傷桁の端支点上部の床版が圧壊

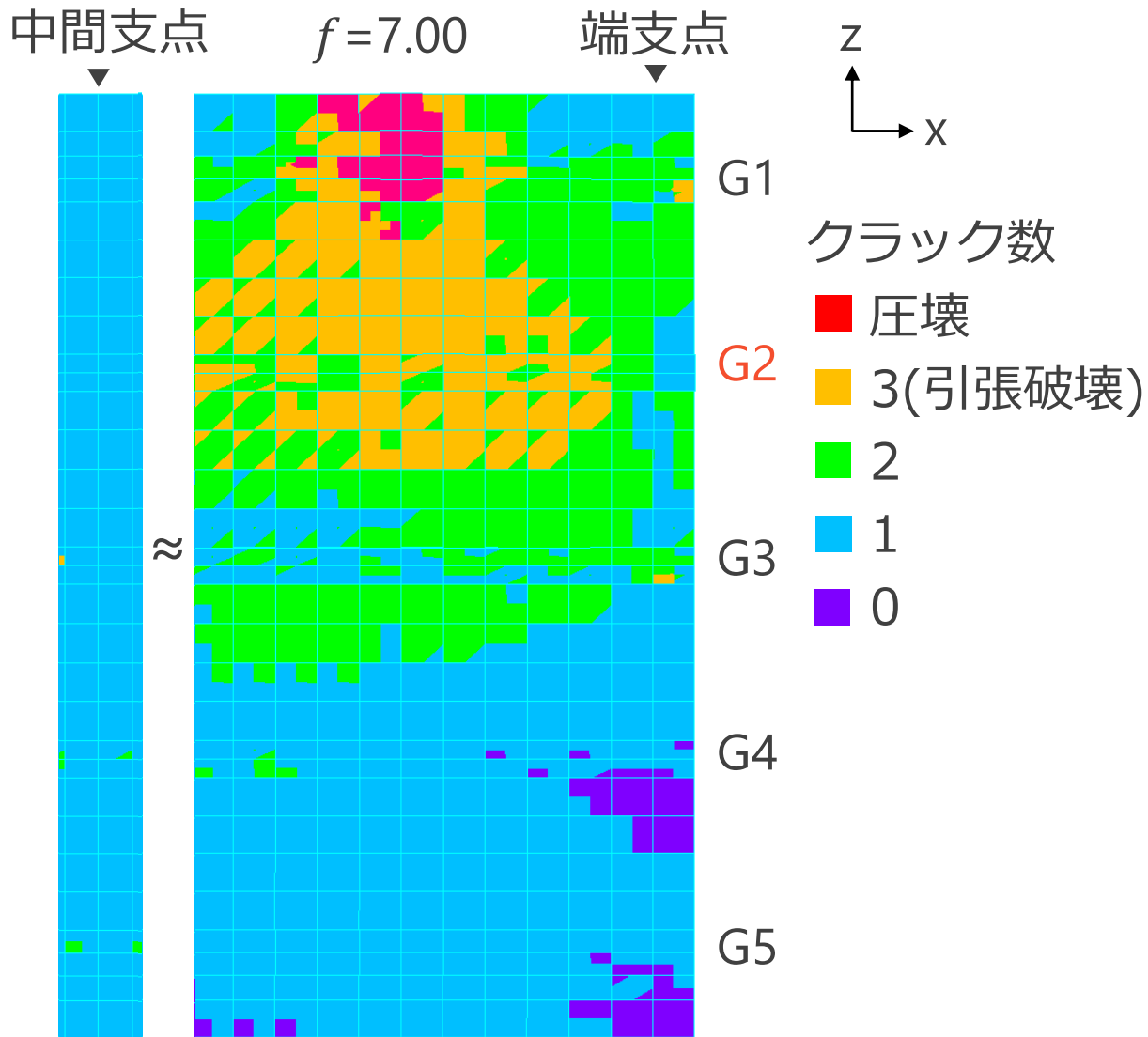


## 3. 損傷桁に隣接する健全桁上部の床版で圧壊が発生し，健全桁に沿った方向と損傷桁ー健全桁間の端横桁に沿った方向に進展



鉛直方向の変位差により床版が上に凸な変形をすることで圧壊が発生する

## G2損傷の床版下側の破壊の状態



1. G2桁部上部の床版で引張破壊が発生し, 中間支点の方向とG1桁の方へ斜め方向に進展
2. G1桁に引張破壊が到達
3. G1桁上部の床版で圧壊が発生

外桁に損傷がある場合に見られた圧壊は損傷桁の鉛直方向変位が影響していた

破壊進展の様子が異なるのは外桁に損傷がある場合と比較して損傷桁のたわみが小さいためである

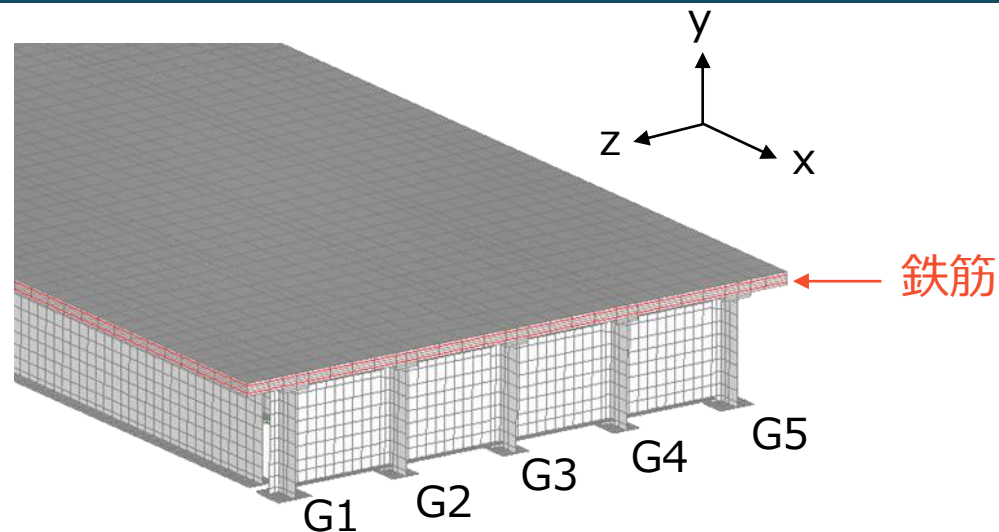


- 損傷の程度が同じ場合，外桁に損傷があるときは中桁に損傷があるときの5割程度の活荷重倍率で使用限界に至る
- 外桁に損傷があるとき，床版下側の破壊は以下のように進展する
  1. 損傷部上部の床版で引張破壊が発生し，中間支点の方へ進展する
  2. 損傷桁の端支点上部の床版で圧壊が発生する
  3. 損傷桁に隣接する健全桁上部の床版で圧壊が発生し，健全桁に沿った方向と損傷桁－健全桁間の端横桁に沿った方向に進展する
- このように床版下側の破壊が進展する要因を考察することができた
- 損傷桁のたわみの大きさが床版の破壊進展に影響を及ぼす

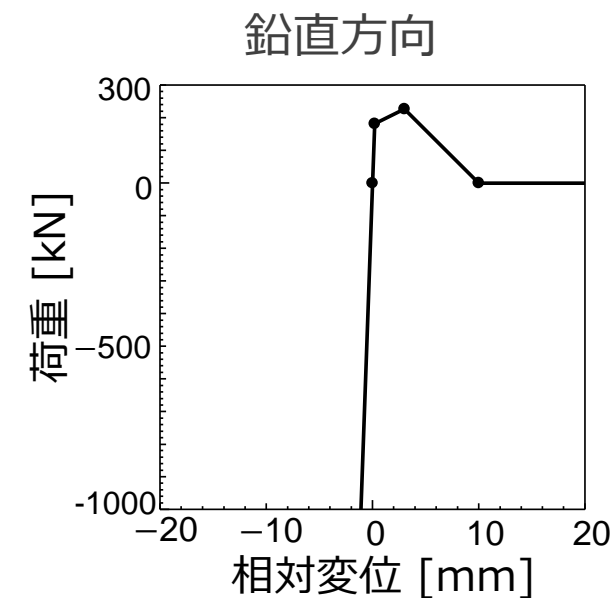
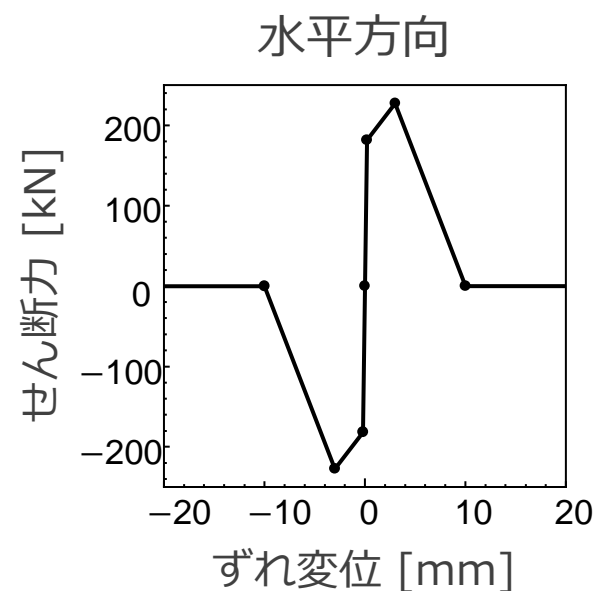
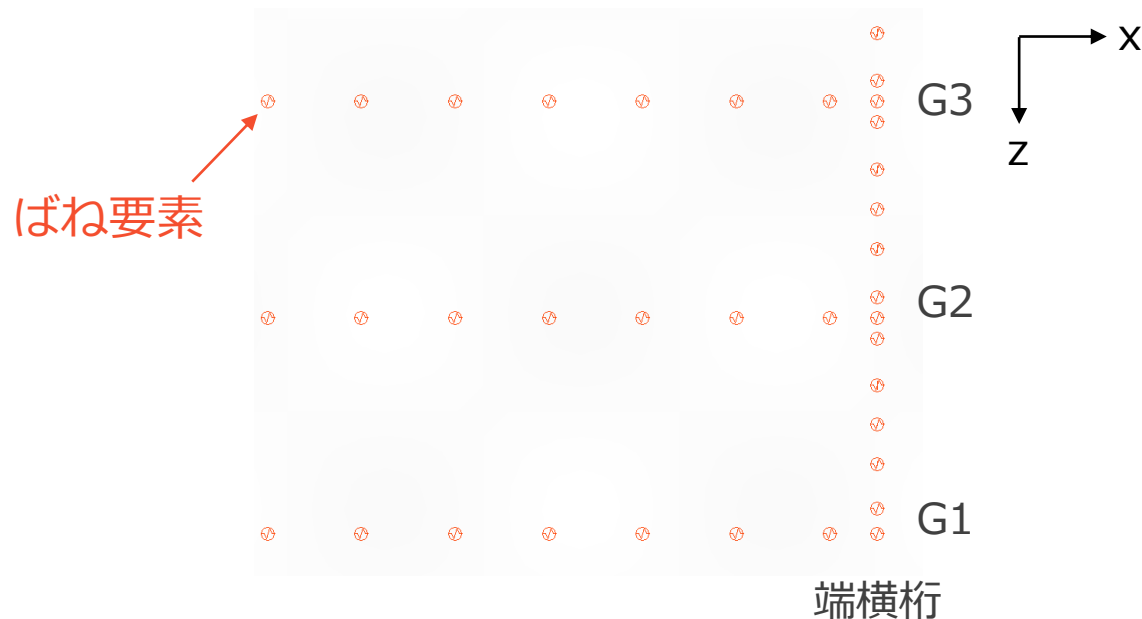
# 補足：モデル化手法

## 鉄筋

→ 床版の要素に節点共有して配置し  
ロッド要素を用いてモデル化した

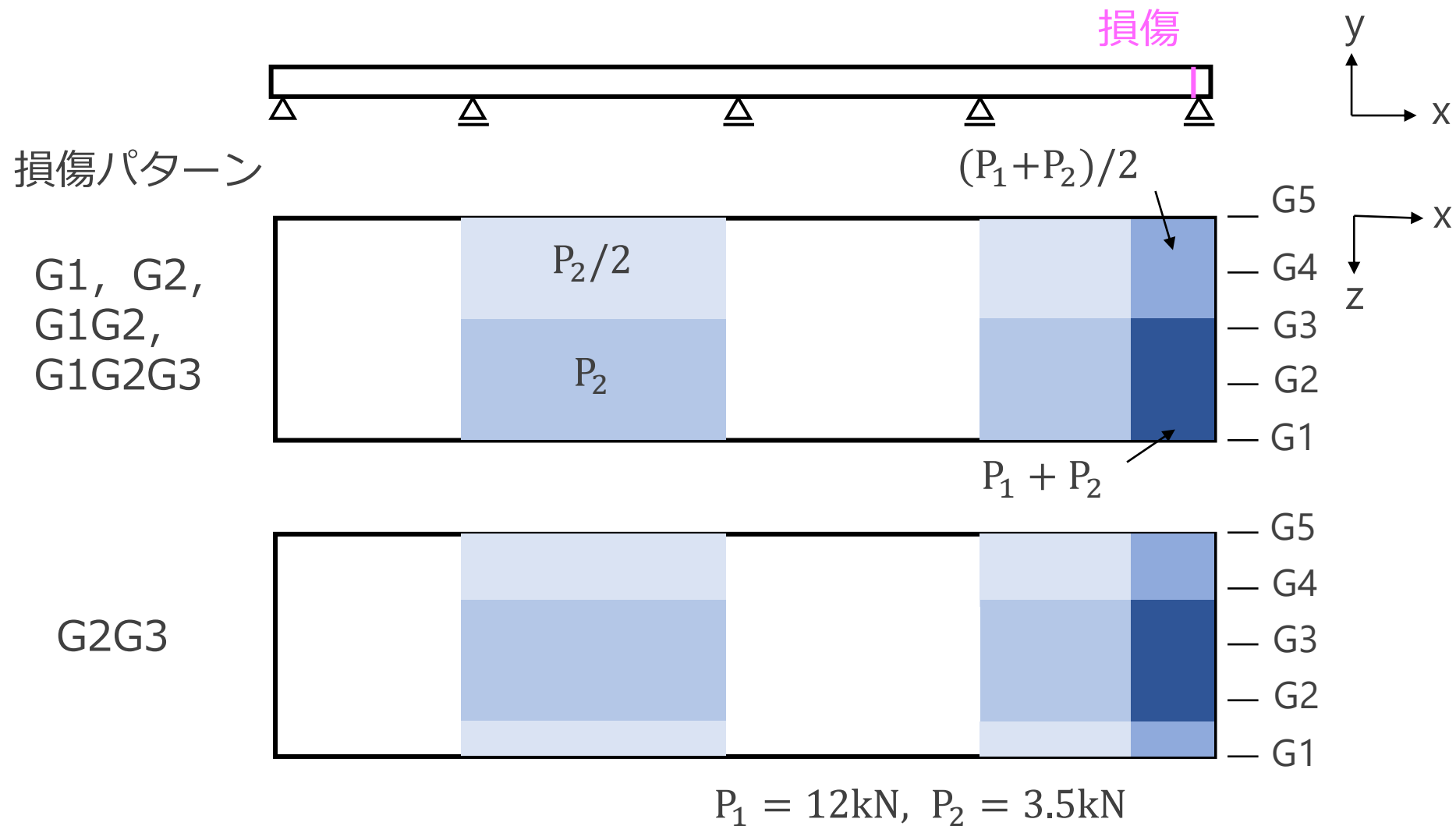


ばね要素 → 床版の変位を考慮して端横桁上部にも配置



# 補足： 載荷荷重

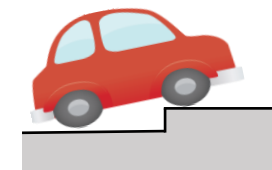
損傷部のせん断力が最大になるように道路橋示方書に基づき活荷重を設定



# 補足：使用性に関する冗長性評価(損傷桁の本数)

段差100mmを走行限界とする(常田ら, 2007年)

→ 損傷部先端たわみ100mmを使用限界とする



	外桁	中桁	外桁と中桁	中桁2本	外桁と中桁2本
損傷パターン	G1	G2	G1G2	G2G3	G1G2G3
使用限界時の $f$	3.65	6.63	2.35	4.28	1.70

64%

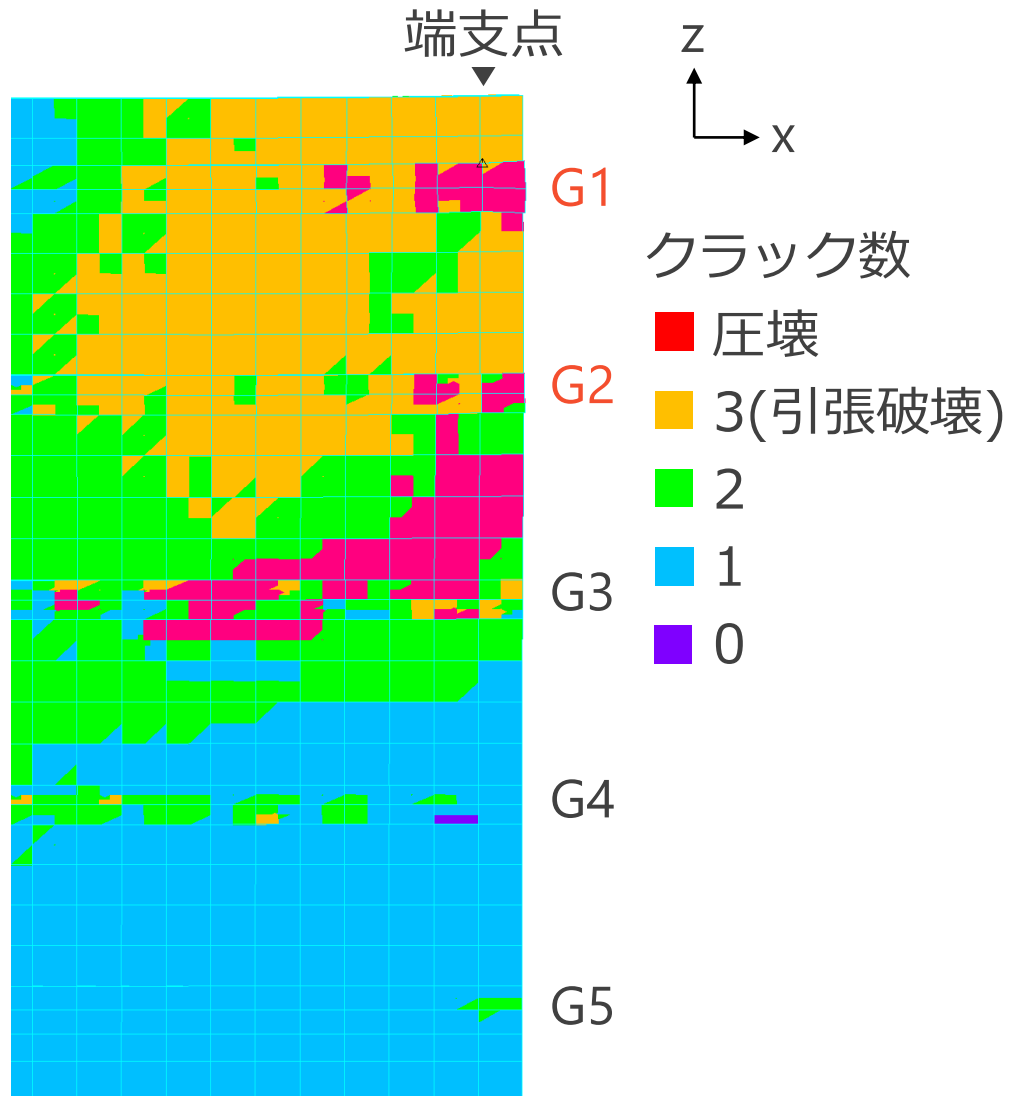
65%

47%

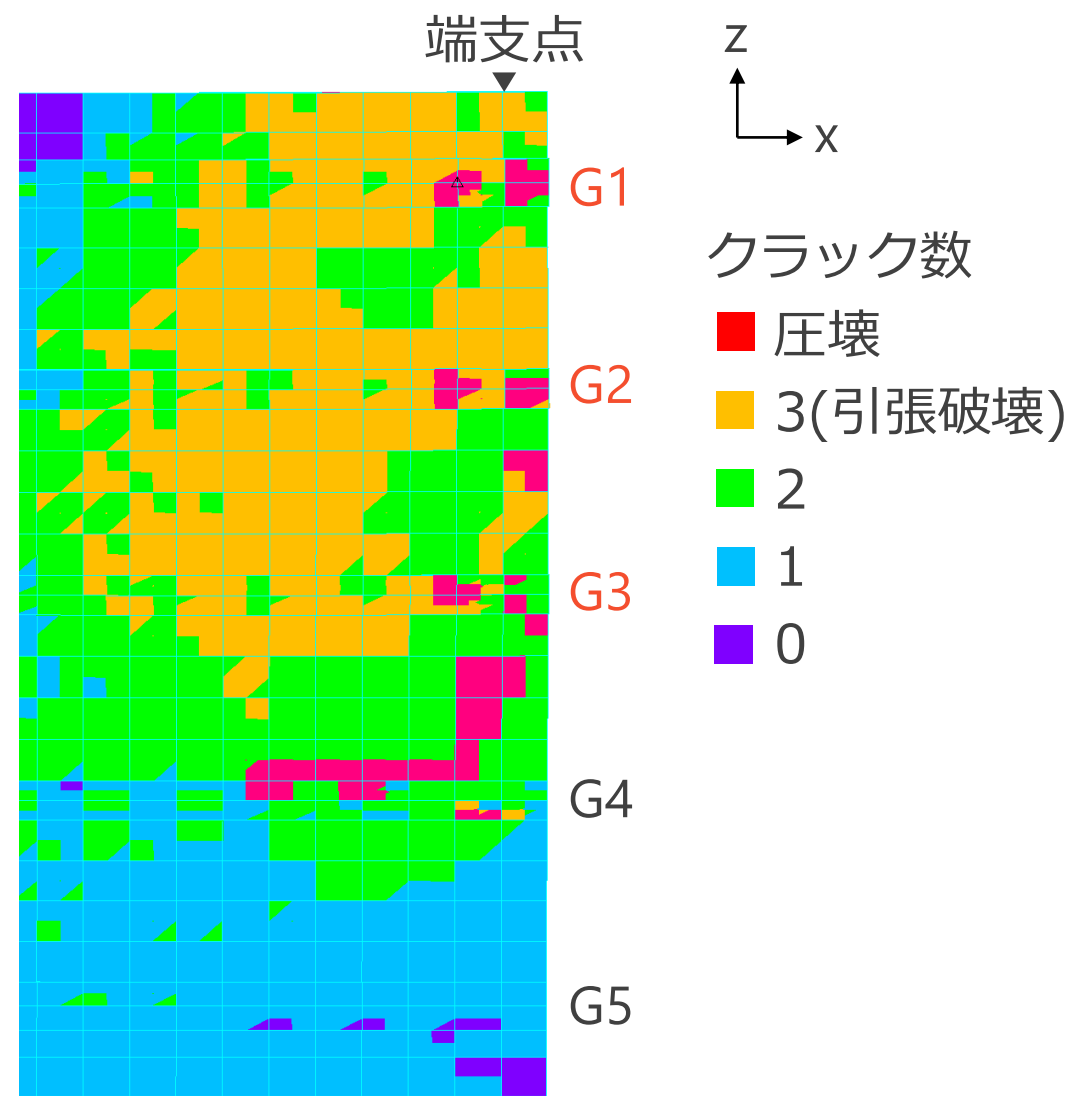
損傷桁の位置が同じとき、損傷桁が2本の場合は1本の場合の約64%、  
損傷桁が3本の場合は1本の場合の47%の活荷重倍率で使用限界に至る

# 補足：床版の破壊進展の様子(G1G2損傷, G1G2G3損傷)

## G1G2損傷の床版下側の破壊の状態

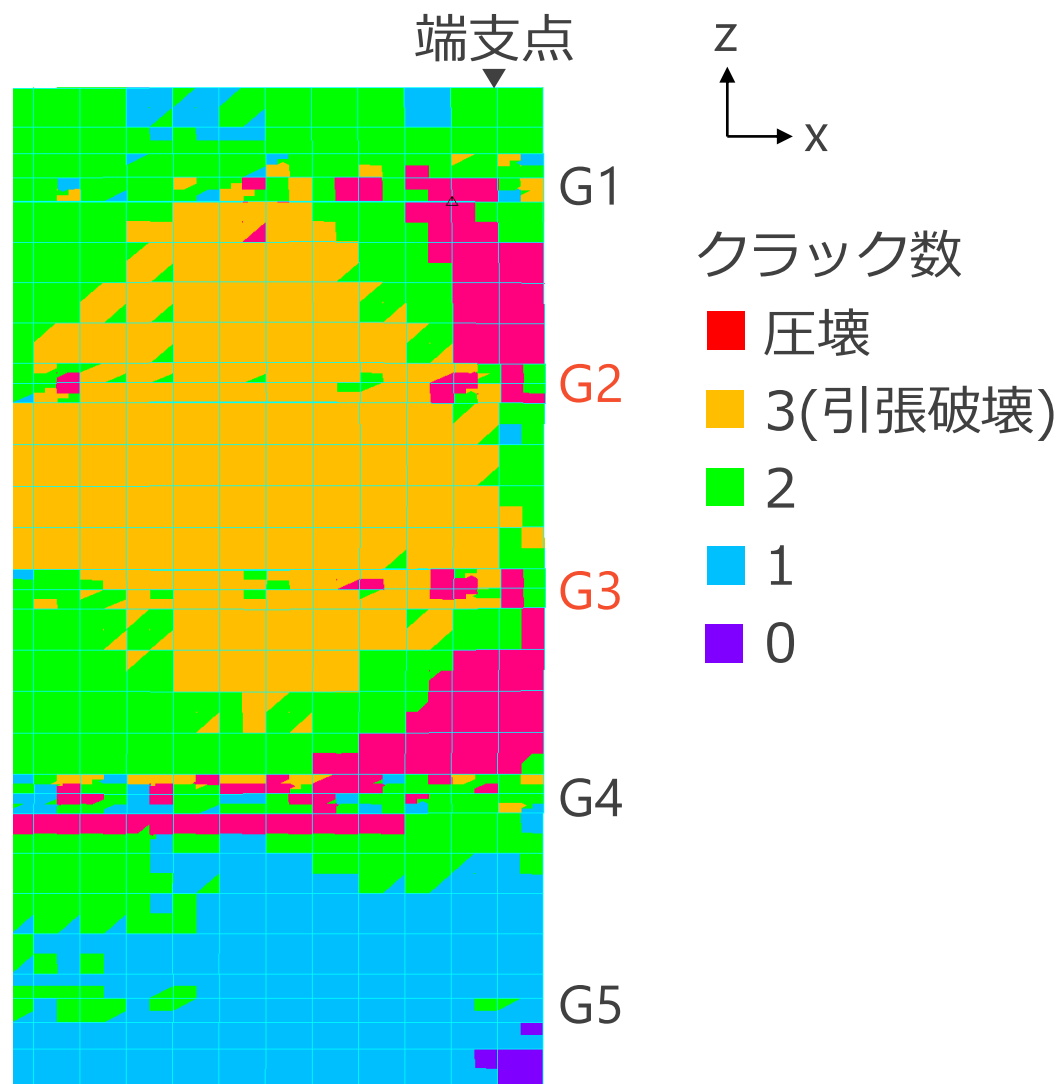


## G1G2G3損傷の床版下側の破壊の状態



# 補足：床版の破壊進展の様子(G2G3損傷)

G2G3損傷の床版下側の破壊の状態



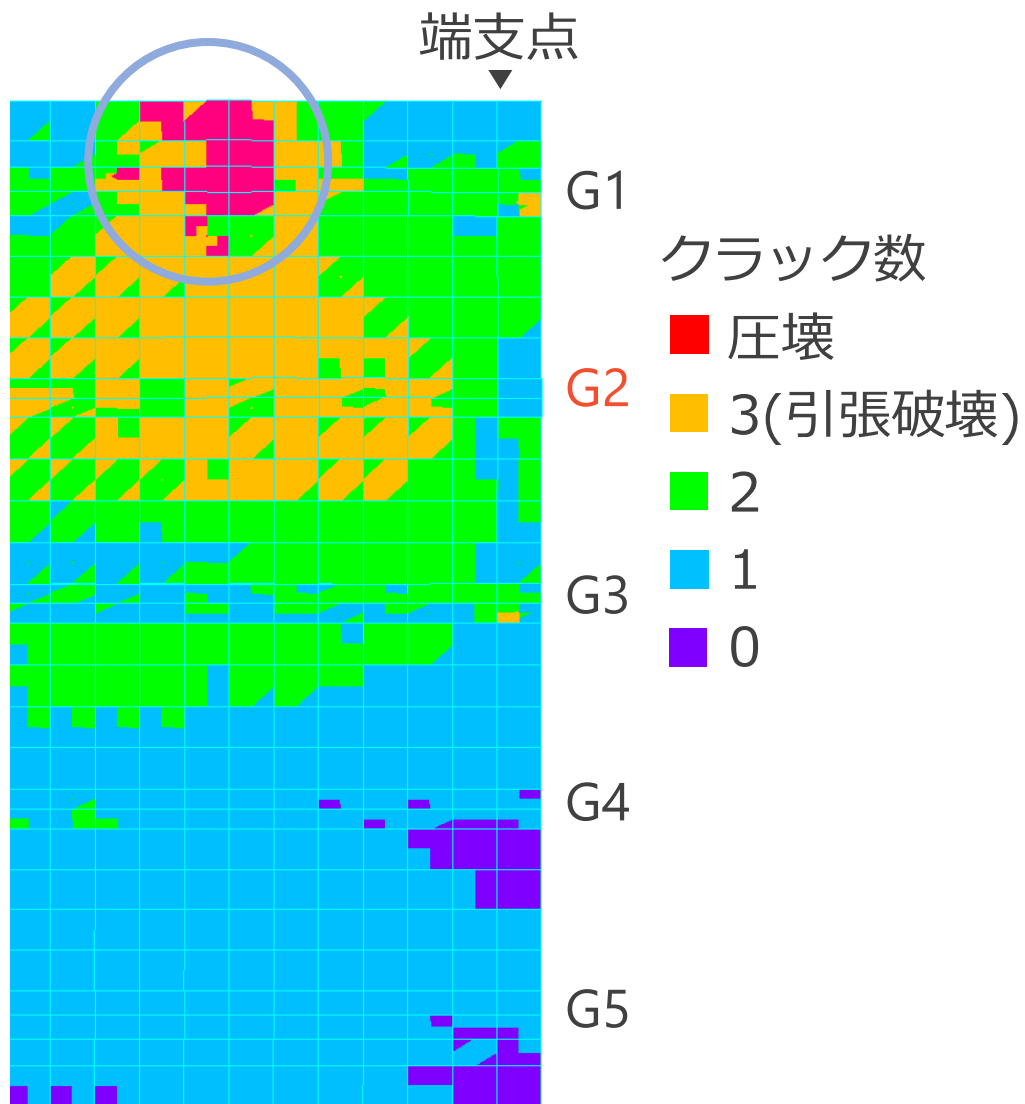
1. 損傷部上部の床版で引張破壊が発生し、中間支点の方へ進展  
G2桁上部の床版の引張破壊はG1桁の方へ斜め方向にも進展
2. 損傷桁の端支点上部の床版が圧壊
3. G2桁上部の床版の引張破壊がG1桁に到達
4. 損傷桁に隣接する健全桁上部の床版で圧壊が発生し、健全桁に沿った方向と損傷桁一健全桁間の端横桁に沿った方向に進展

外桁に損傷がある場合 + G2損傷

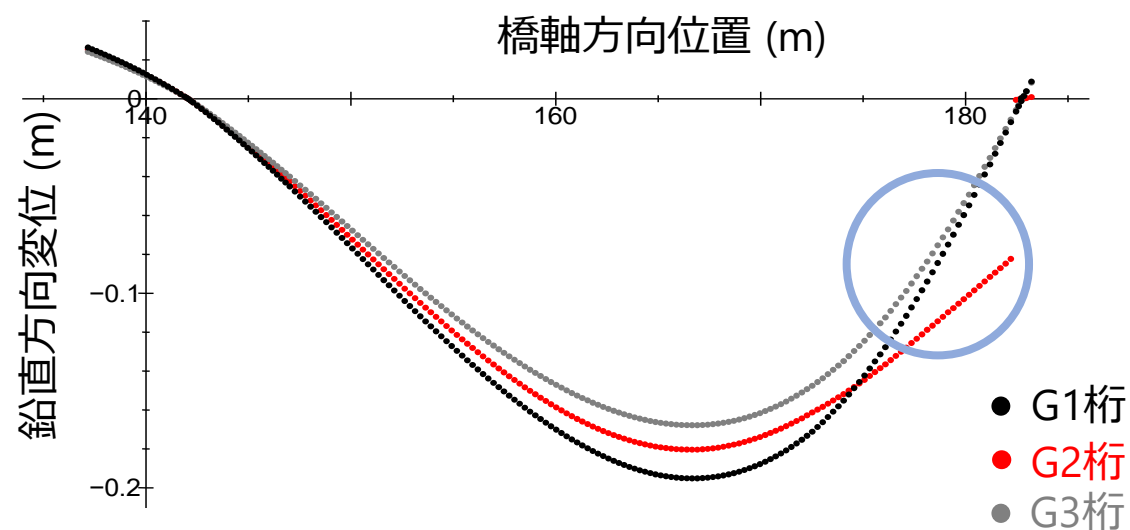
中桁に損傷があるが、  
損傷桁が2本あることで、  
損傷桁のたわみが大きくなったため

# 補足：床版の破壊進展の様子(G2損傷)

G1桁上部の床版の圧壊について



損傷桁であるG2桁のたわみと健全桁であるG1, G3桁のたわみの差が大きくなる位置で圧壊が発生している



G1桁上部の床版が橋軸直角軸まわりに上に凸な変形をするため

