

FEM勉強会(第15回)

外ケーブルの補強設計にFEM解析 を用いた業務事例報告

平成24年 11月 21日

岡本 晋作

1. 発表内容

外ケーブルの補強設計にFEM解析を用いた業務事例紹介

ポストテンション方式単純T桁橋の外ケーブル補強設計においてプレストレスの横方向の分配の影響をFEM解析により、確認した。

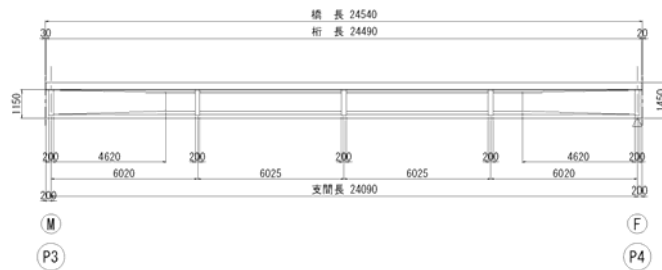
外ケーブルのモデル化について

ケーブルのモデル化を行う際、いろんな条件でおこなってみた解析結果の報告。

その他、失敗談についての報告。

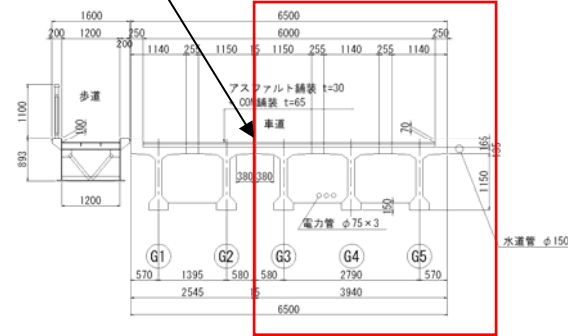
上部工一般図

側面図 S=1:100



縁が切れている
解析対象

断面図 S=1:50



設計条件

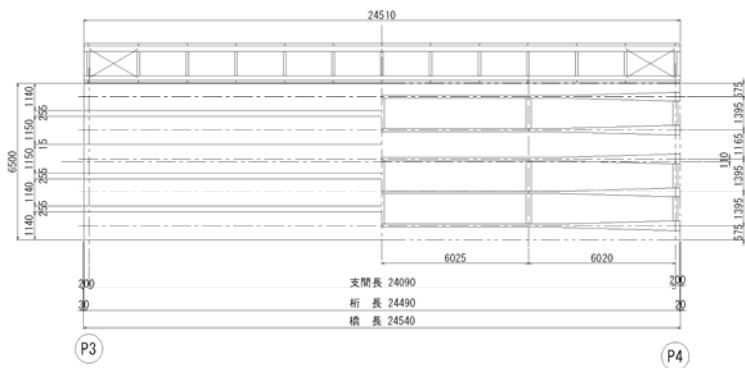
種別	プレストレストコンクリート橋
構造形式	ポストテンション方式単純T桁橋
橋長	24.540m
桁長	24.490m
支間	24.090m
全幅員	6.500m
有効幅員	6.000m
活荷重	TL-14

材料表および許容応力度

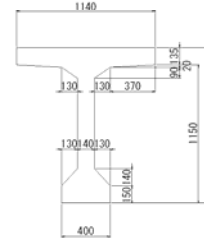
項目	主桁 (N/mm ²)	
	建設当時	現行基準
設計基準強度	40.00	40.00
プレ導入時の圧縮強度	28.00	34.00
許容曲げ圧縮応力度	プレストレス導入後 18.00 19.00	
	その他 13.00 14.00	
許容曲げ引張応力度	プレストレス導入後 -1.50 -1.50	
	全死荷重時 0.00 0.00	
	設計荷重時 0.00 -1.50	
平均せん断応力度	設計荷重時 0.55 0.55	
	終局荷重時 4.00 5.30	
許容斜引張応力度	死荷重時 -	-1.00
	設計荷重時 -0.90	-2.00

注) 基準名称
建設当時 -- プレストレストコンクリート設計施工指針(案) S36
現行基準 -- 道路橋示方書 H14

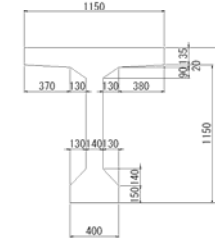
平面図 S=1:100



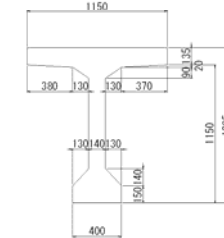
主桁形状図 G1, 4. 5
S=1:20



主桁形状図 G2
S=1:20



主桁形状図 G3
S=1:20

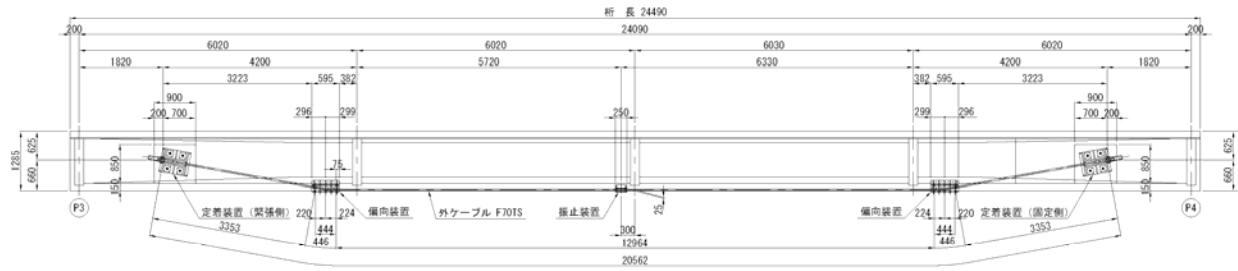


施行年度
工事番号

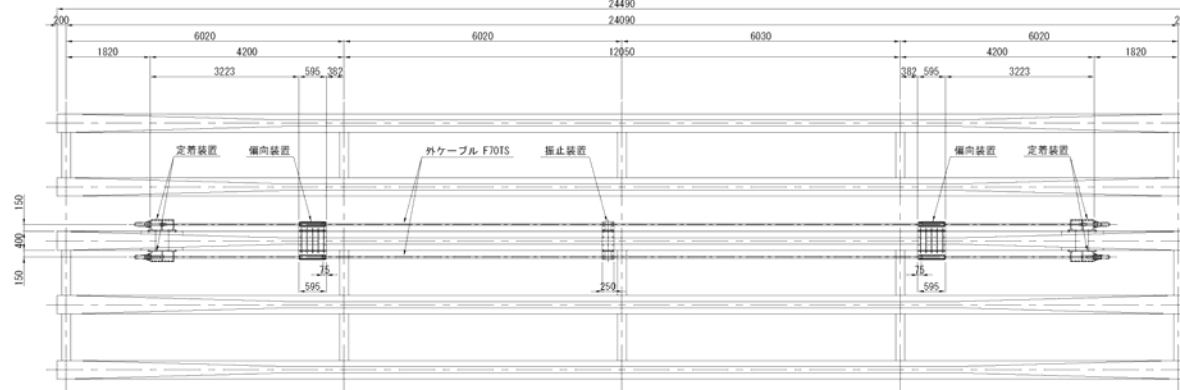
補強一般図

外ケーブル補強工一般図

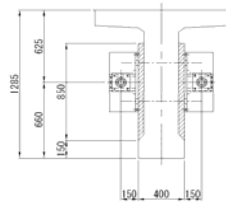
側面図 (G3) S=1:50



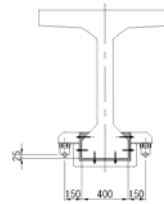
平面図 S=1:50



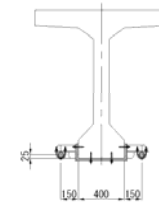
断面図 (定着部) S=1:20
(G3)



断面図 (偏向部) S=1:20
(G3)

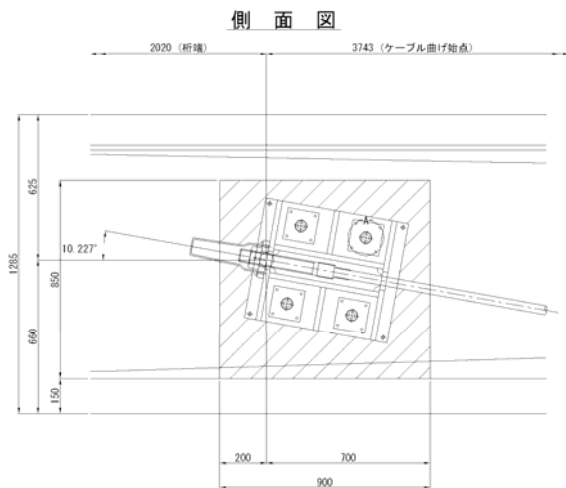


断面図 (振止部) S=1:20
(G3)

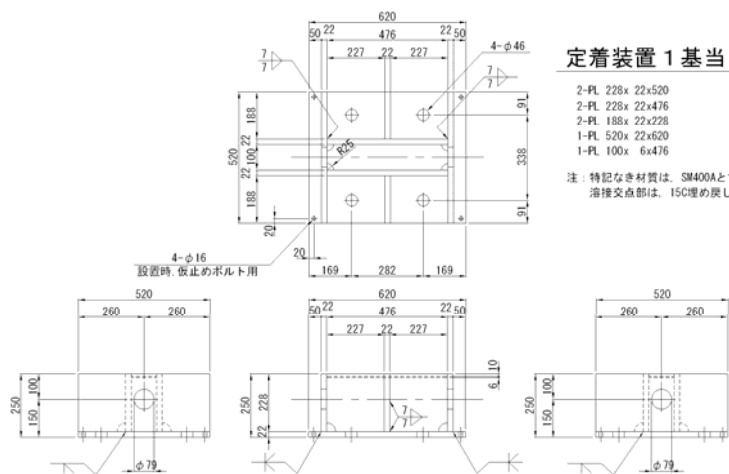


定着部・偏向部

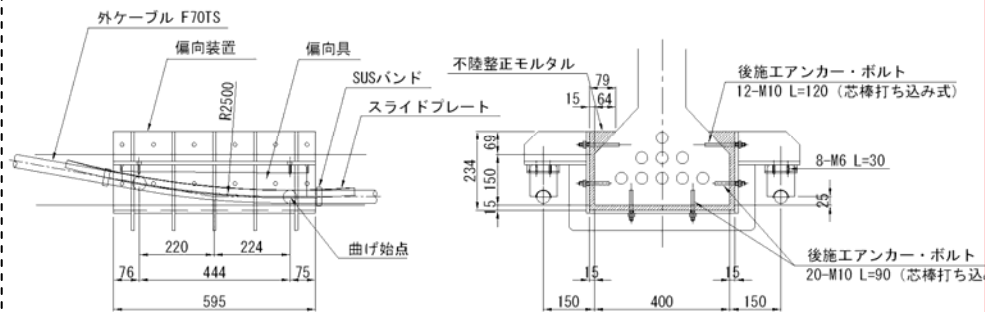
定着部詳細図



定着装置 (F70TS用)
(SM400 HDZ55)

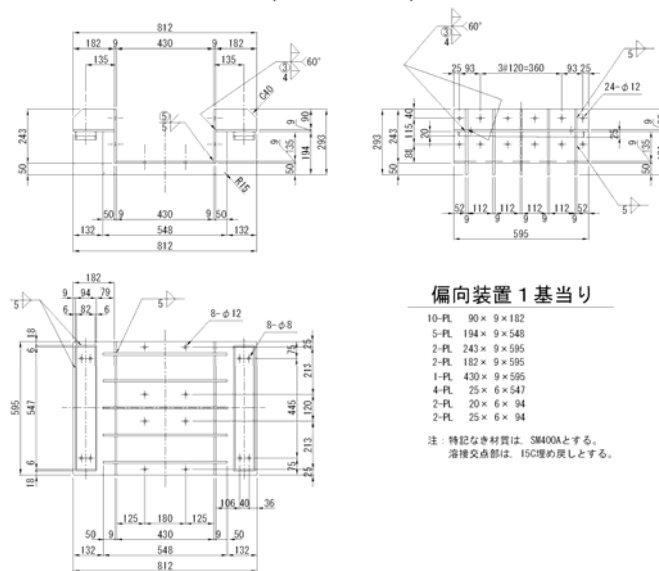


偏向装置詳細図



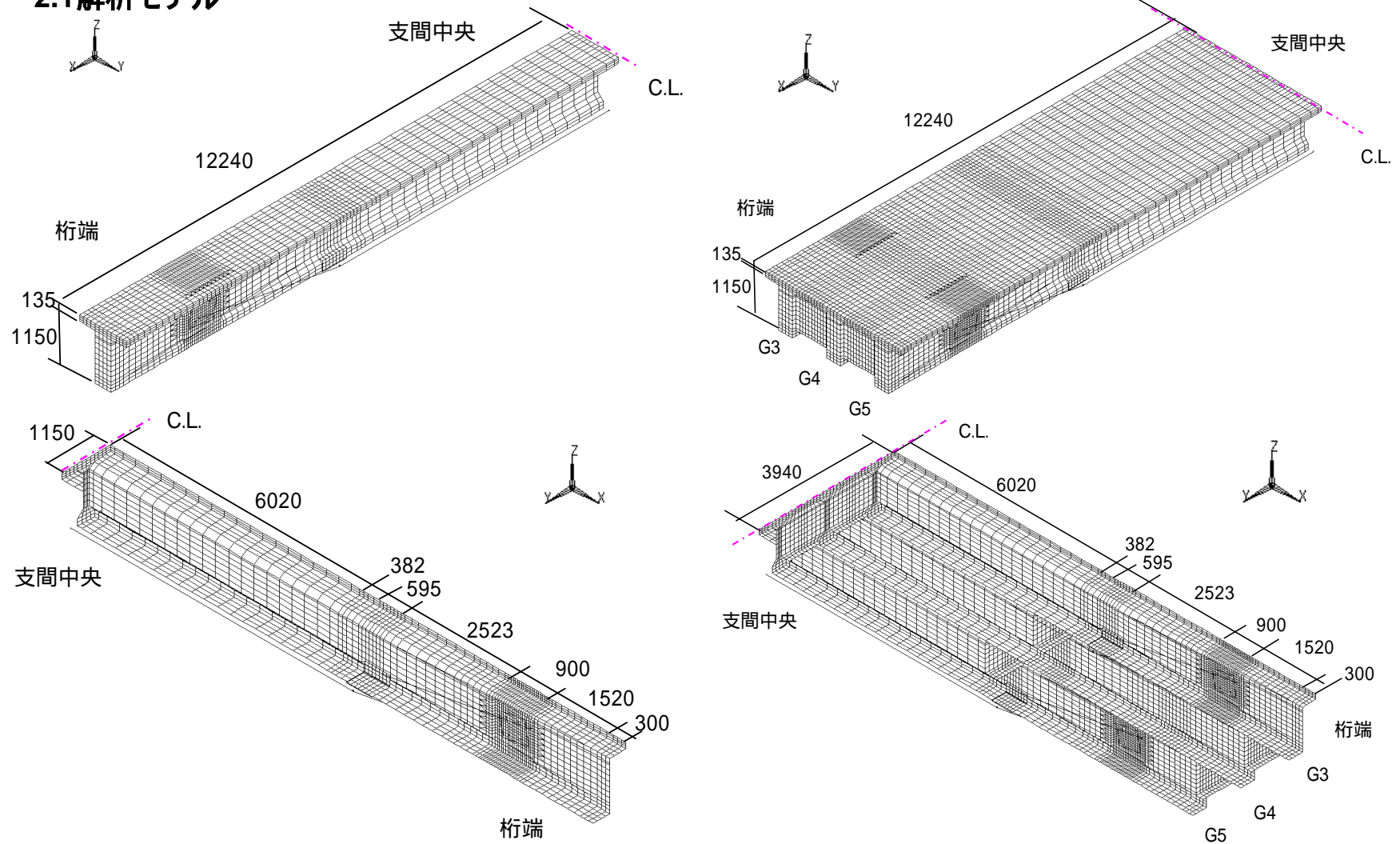
注：偏向装置を設置するコンクリート面は、表面処理（プラスト）を施すこと。

偏向装置
(SM400A HDZ55)



2.解析条件

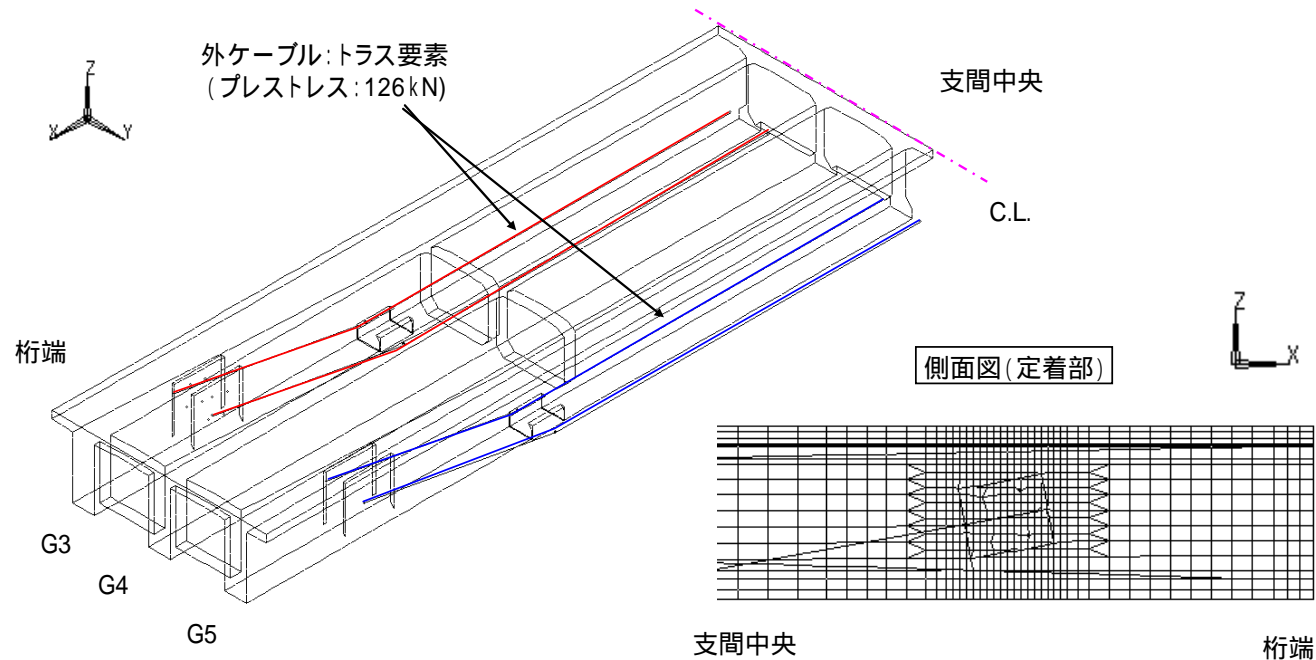
2.1解析モデル



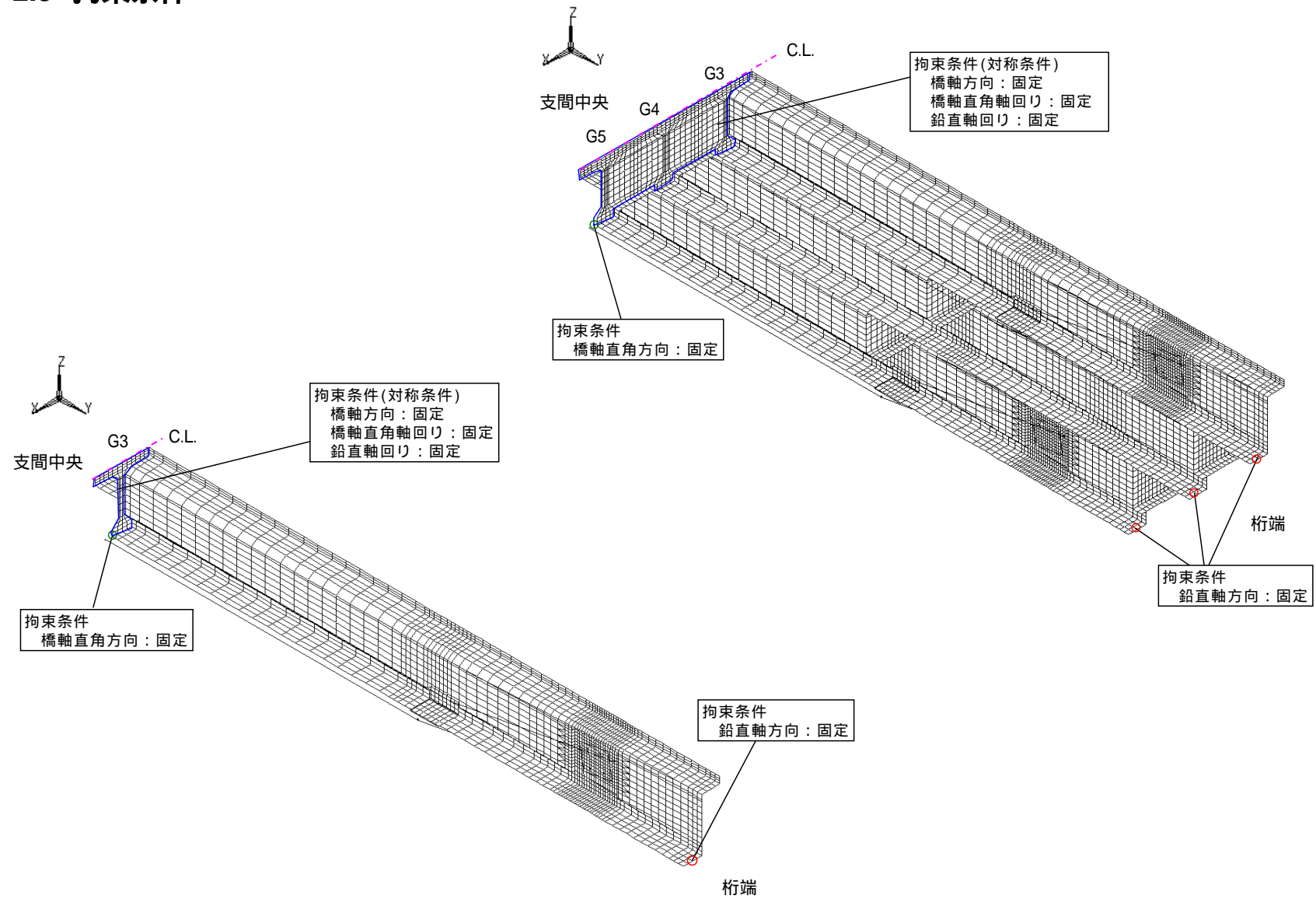
2.2 解析ケースおよび材料条件

解析ケース	外ケーブル	備考
CASE1	1主桁モデル(G3桁のみ緊張)	1主桁のみ
CASE2	G3桁のみ緊張	上図赤ケーブルのみ
CASE3	G3,G5桁緊張	上図赤ケーブルおよび青ケーブル

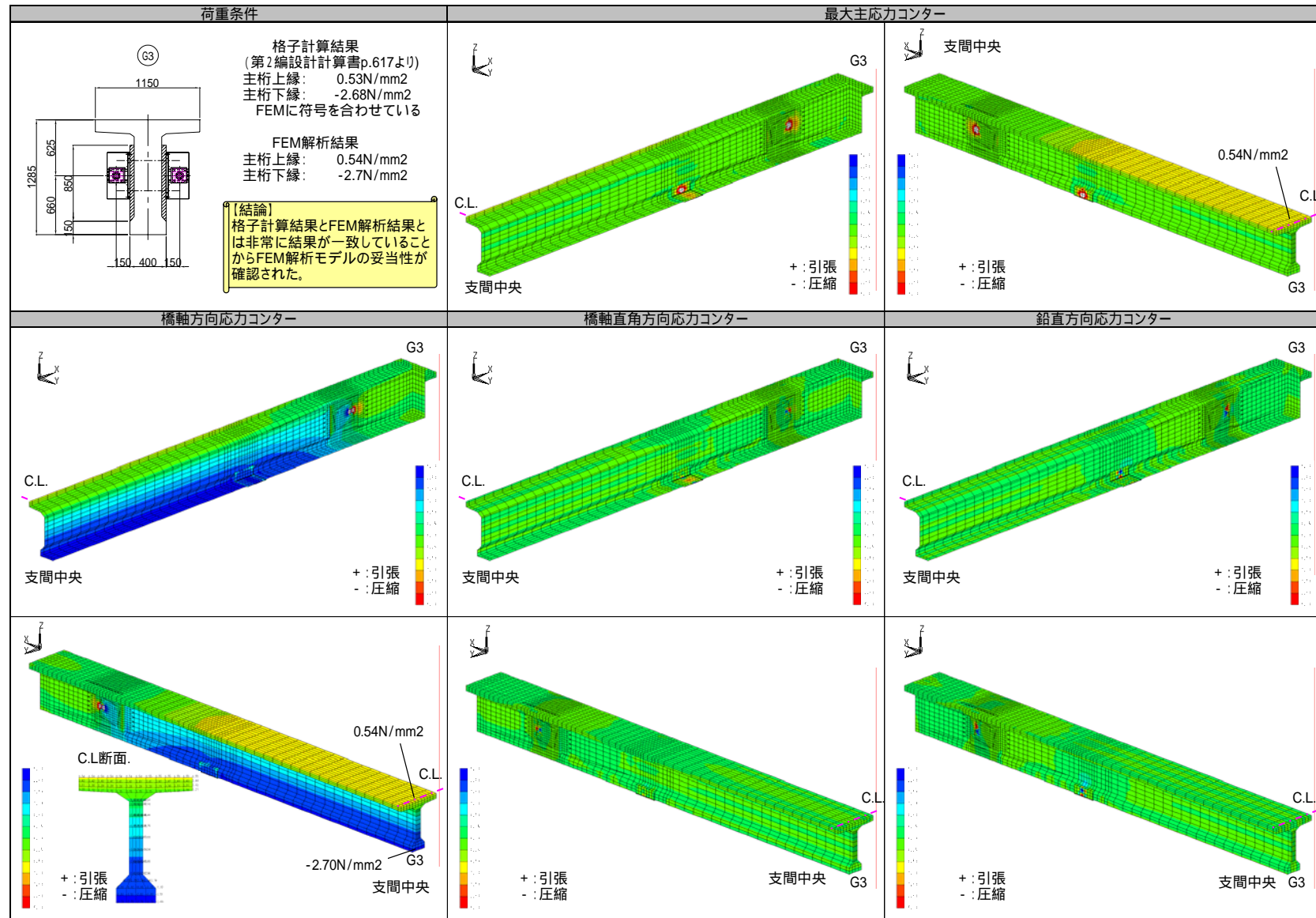
		強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
コンクリート	主桁	40	31000	0.167
	場所打ち	30	28000	0.167
鋼材	PC鋼材	-	200000	0.3
	ブラケット	-	200000	0.3



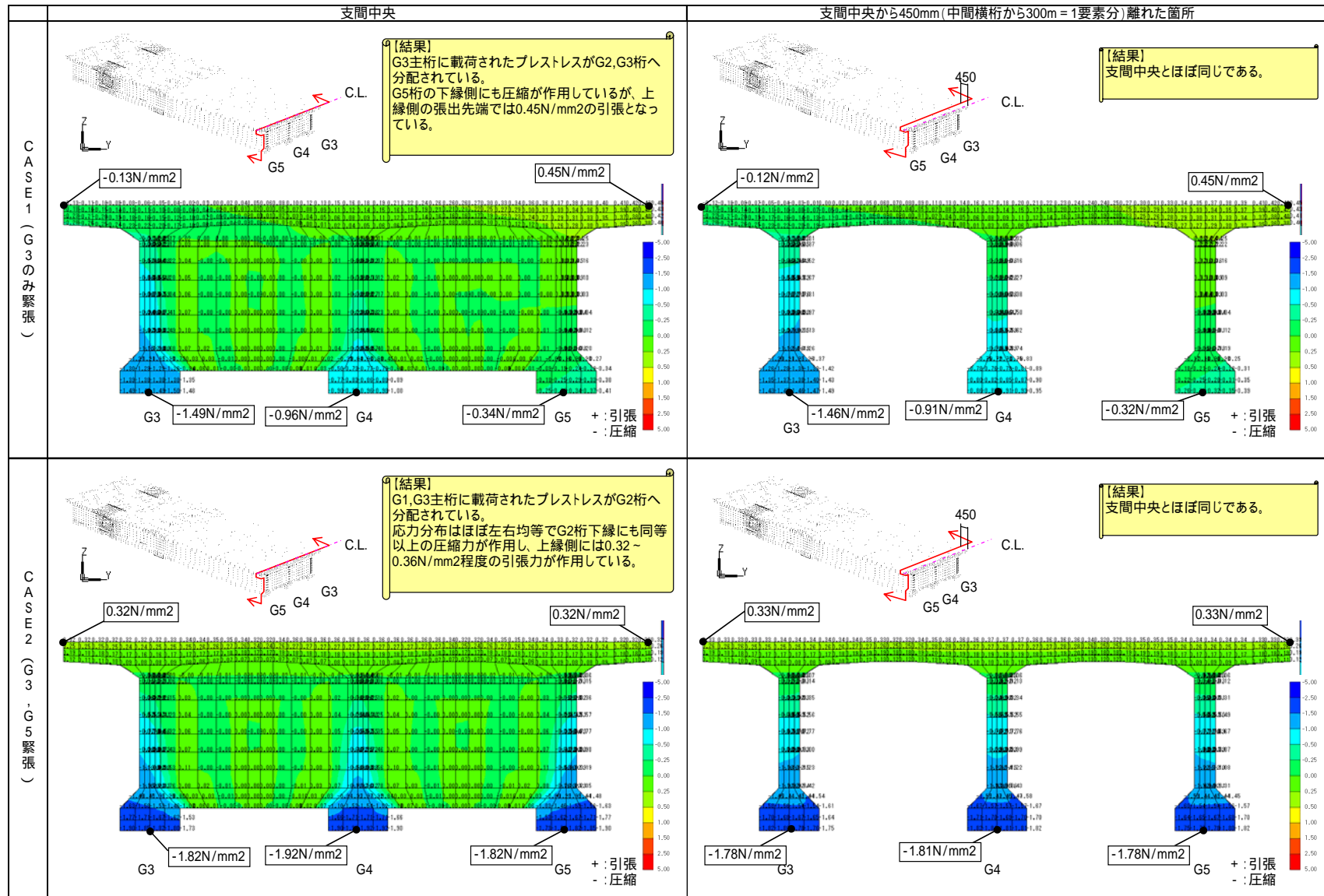
2.3 拘束条件



3.解析結果



プレストレスの分布状況



4. 業務報告のまとめ

- 全体モデル(3主桁モデル)で行った場合、プレストレスの横方向の分配により、下縁側の圧縮は1主桁のみの場合より55%程度まで低下する。
- G3桁のみ外ケーブルの補強を行った場合、G5桁側の張出し床版部では引張が生じる。

解析ケース	上縁(N/mm ²)	下縁(N/mm ²)
1主桁モデル	0.54	-2.7
3主桁モデル	-0.05	-1.49
/	-0.09	0.55

G3桁のみ緊張

解析ケース	上縁(N/mm ²)	下縁(N/mm ²)
1主桁モデル	0.54	-2.7
3主桁モデル	0.32	-1.92
/	0.59	0.71

G3, G5桁緊張

5.外ケーブルのモデル化について

【参考資料】

講座
よくわかるPC構造物のFEM解析

第3回 PC構造で使ってみよう(その1)

講師：小幡 泰弘*1・栗野 哲也*2

【プレストレストコンクリートvol.43 No.3 May 2001】

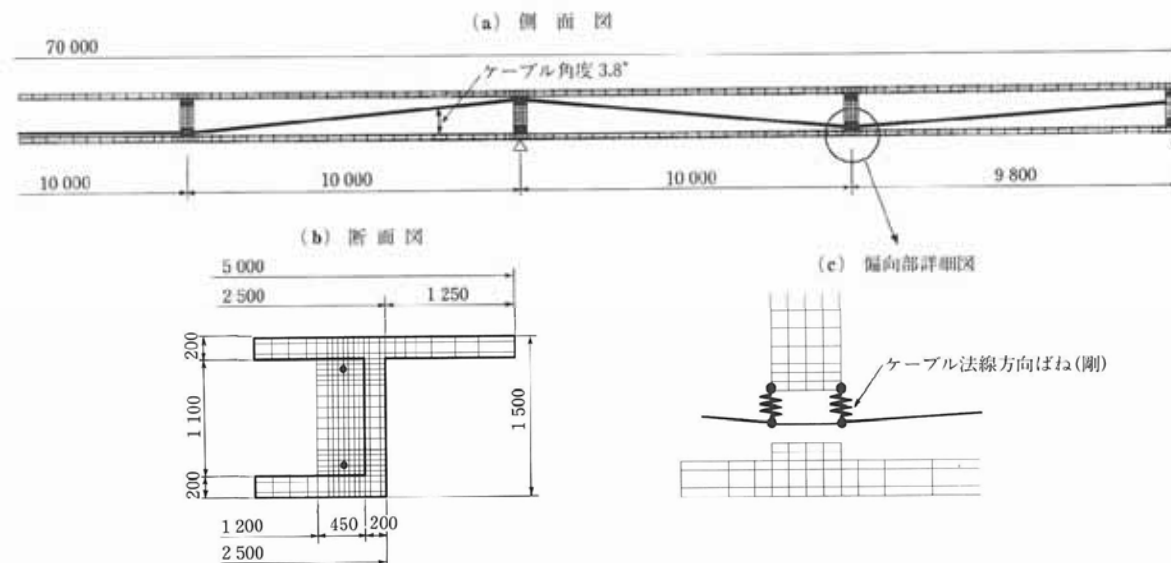


図-17 外ケーブル桁モデル図

4.2 解析結果

ソリッド要素を用いた1/4対称モデルを用いて、①ケーブル緊張力、②自重、③緊張力+自重の解析を行います。解析に用いたパラメーターを次に示します。

① コンクリート

- ・ヤング率 $3.1 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$
- ・ポアソン比 0.167
- ・単位体積重量 25 kN/m^3

② ケーブル

- ・ヤング率 $2.0 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$
- ・断面積 $2\,250 \text{ mm}^2$
- ・緊張力 $3\,000 \text{ kN}$

トラス要素に張力 $3\,000 \text{ kN}$ を導入するために、 $P = EA \alpha \Delta t$ より線膨張係数 $\alpha = 2.22 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ として、温度差 $\Delta t = -3\,000^\circ\text{C}$ を与えます。

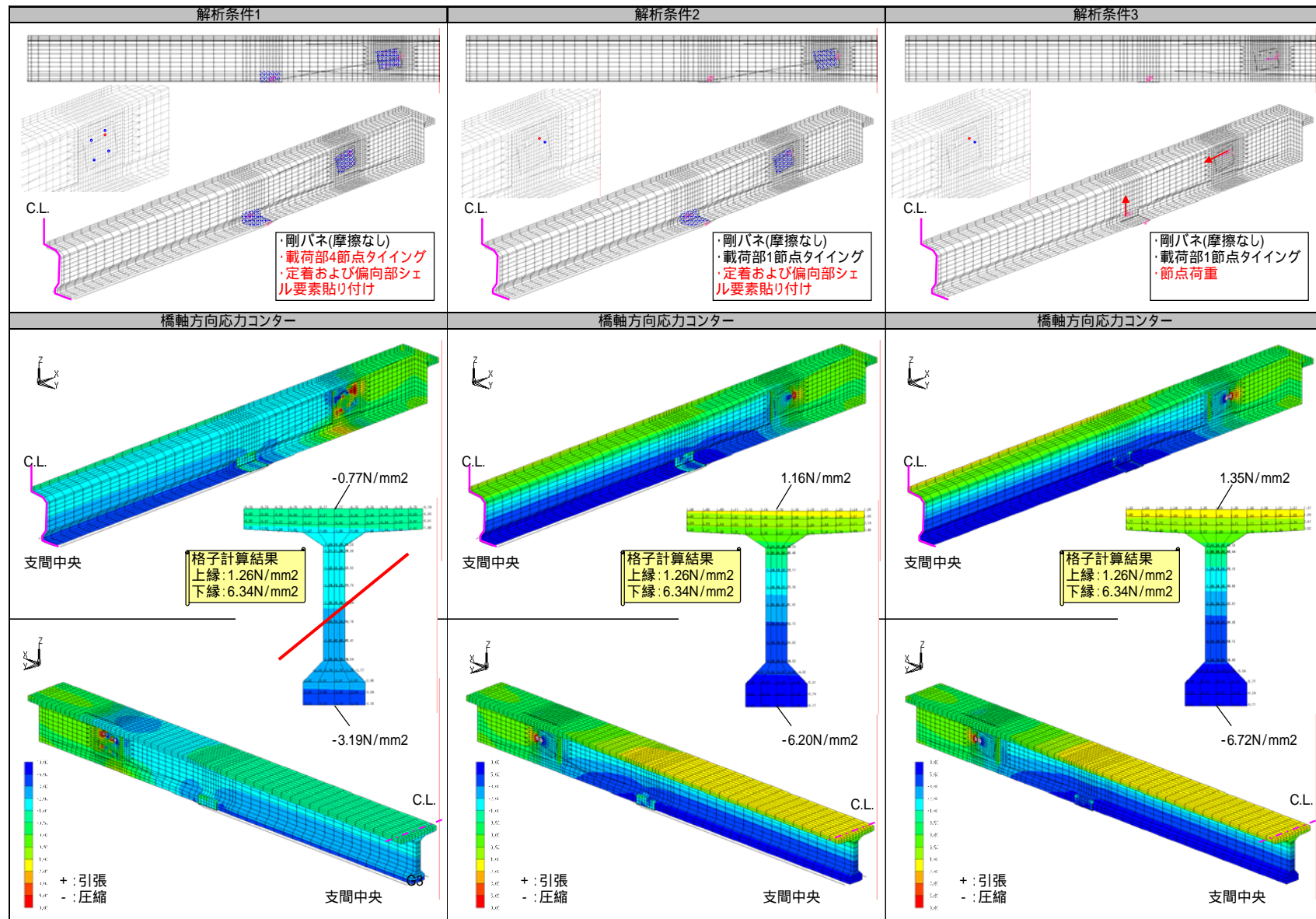
図-19に各ケースでの変形形状および橋軸方向の応力状態を示します。これより、自重による応力を緊張力でキャンセルしている様子が分かります。

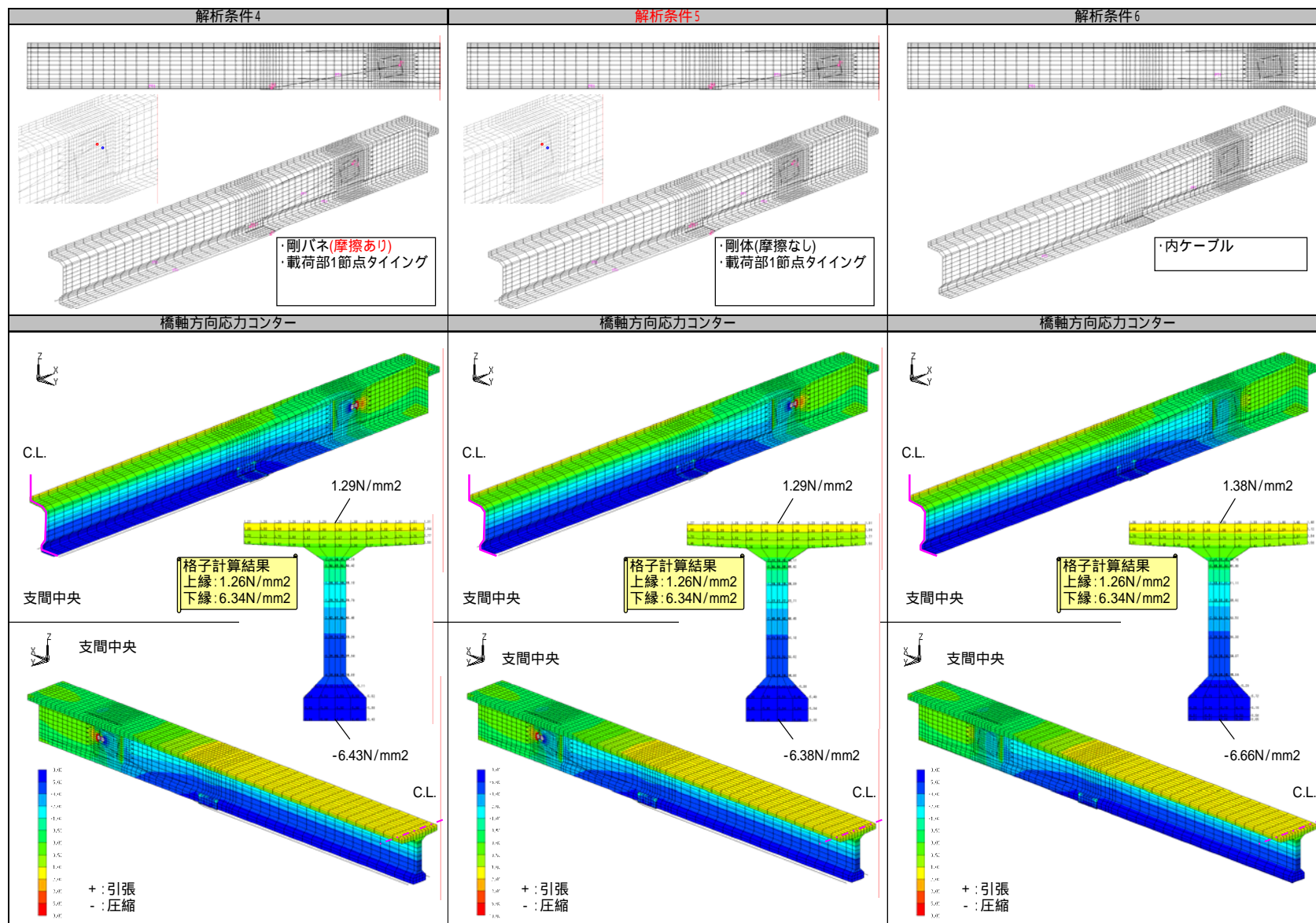
次に、トラス要素の断面力を見てみます。

外ケーブル緊張力ケースの結果では $2\,900 \text{ kN}$ となり、100 kN程度減少しています。これは、コンクリートの弾性収縮によりケーブルが縮み、緊張力が減少したためです。

温度差を利用して正確な張力を導入する場合は、減少分を見込んで、与える温度を割り増す必要があります。

6. 各解析条件結果





7. 外ケーブルのモデル化についてのまとめ

- 載荷位置近傍で**タイピングの設定**の範囲によって結果が大きく変わる。
- 今回の解析モデルでは偏向部での摩擦有無ではあまり結果は変わらなかった。わざわざバネ要素を用いる必要もない？
- プレストレスは弾性変形により減少するため、モデルによってはトラス要素の軸力を確認しプレストレス力を割り増す必要がある。

失敗談。。。

- **シェル要素の剛性**を極端に大きくすると桁落ち等により結果がおかしくなる。