

本体構造物の架設時照査

(社)日本橋梁建設協会 技術委員会 架設小委員会
JFE工建(株) 深澤 登

【要 旨】

鋼構造物の架設あたっては、架設中の各段階における安全性確保、及び段階施工にあっても完成形の精度が確保されることが必要である。

本体構造物の架設設計にあたっては、その特性、現地架設条件を考慮して、荷重の設定、解析、安全性照査などを行わなければならない。

本講習では、本体構造物の架設時照査を行う場合の留意点、安全性照査事項について事例を含め具体的に紹介する。

【内 容】

1. 本体構造物の倒壊・崩壊原因
2. 架設中の荷重と安全率、許容応力度
 - 2-1 架設中の荷重の種類
 - 2-2 安全率
 - 2-3 許容応力度の割増係数と安全率
3. 架設時の安全性照査及び不具合事例
 - 3-1 本体構造物の架設応力と変形、及び対策
 - (1) 本体構造物の架設応力と変形
 - (2) 本体構造物の安定
 - 3-2 本体構造物の安定
 - (1) 転倒
 - (2) 横倒れ座屈
 - 3-3 本体構造物の架設応力照査と補強
 - (1) 吊金具
 - (2) 仮支点の補強と応力照査
 - (3) 送出し架設時の腹板照査
 - (4) 送出し架設時の横構
 - (5) 架設中の圧縮力を受ける部材の照査
 - (6) 全体・横桁間座屈防止
 - (7) 主な照査項目

[参考文献]

- ・ 「鋼構造架設設計施工指針」 [2001年版] 平成14年3月 (社)土木学会
- ・ 「鋼橋のQ&Aシリーズ 架設編」 平成14年3月 (社)日本橋梁建設協会
- ・ 「合理化桁に関するデザインマニュアル」 平成12年3月 (社)日本鋼構造協会

本体構造物の架設時照査



(社) 日本橋梁建設協会
JFEI 工建株式会社 深澤 登

平成18年1月24日

本体構造物の架設時照査

1. 本体構造物の倒壊・崩壊原因
2. 架設中の荷重と安全率、許容応力度
3. 架設時の安全性照査及び不具合事例

1. 本体構造物の倒壊・崩壊原因

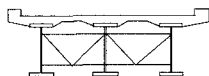
(1) 本体構造物の倒壊・崩壊主要因

- 1) 設計不備および理解度不足
- 2) 施工の危険予知不足
- 3) 施工管理体制の不備

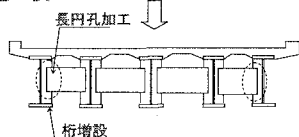
構造物倒壊・崩壊の主原因

(2) 不具合事例 ① 拡幅における段階施工の変形の処理

施工前



施工後

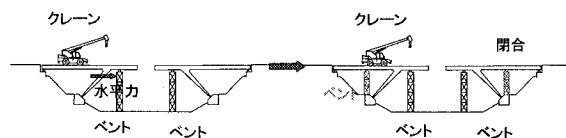


状況:

新設主桁と既設主桁を連結する横桁の新設桁側のボルト孔が完成孔のみであったため、桁架設段階での仮連結が出来なかった。

原因: 完成系のための設計で、各施工段階(桁架設→床版→舗装)の変形状態の把握が不十分であった。

不具合事例 ② 桁上クレーン載荷における橋体安定性



状況: ベント工法による方杖ラーメン橋の架設において、閉合前の方杖ラーメン桁上にクレーンを進入させる時、B1ベントに大きな水平力が発生することが事前に判明した。

原因: 計画時の架設ステップ毎の橋体の安定性照査における検討不足。

(3) 不具合防止のために

- ・ 工法選定時に考えた諸条件、施工時期、施工方法、仮設構造物の設定条件が実際と異ならないか検討する。
- ・ 施工中の本体構造物および仮設構造物の状態を把握し、施工工法の誤りがないよう、たえず技術的にチェックを繰り返して施工管理の万全を期する。



設計及び架設計画時に適切な検討を行うことが重要



セーフティ・アセスメントの活用

2. 架設中の荷重と安全率、許容応力度

2-1 架設中の荷重の種類

- ① 基本鉛直荷重 (Po)
- ② 風荷重 (W)
- ③ 地震の影響 (EQ)
- ④ 雪荷重 (SW)
- ⑤ 温度変化の影響 (T)
- ⑥ 照査水平荷重 (Ho)
- ⑦ 衝撃荷重 (I)
- ⑧ 摩擦力 (F)
- ⑨ 不均等荷重 (U)
- ⑩ 予想される特殊な荷重 (S)

2-2 安全率

(1) 鋼材の安全率 (ポイント1)

$$\text{鋼材の安全率: } 1.35 \div \frac{1.7}{1.25}$$



道路橋示方書 (鋼橋編) に示されている鋼材の許容応力度 (安全率1.7)

施工時許容応力度の割増し (25%)

(2) 鋼材の安全率 (ポイント2)

- ・ 本体構造物及び仮設構造物の架設計算は許容応力度法により行うのがよい。
- ・ 架設時の鋼構造物の応力度は、材料の降伏点並びに座屈応力度を越えないものとする。

(3) 鋼材の安全率 (ポイント3)

本体構造物、仮設構造物に関係なく、以下の事項に留意すること!

- ① 部材に変形や損傷がない。
- ② 設計上の配慮が本体構造物と同程度である。
- ③ 溶接部、高力ボルトの施工管理が本体構造物と同程度である。

2-3 許容応力度の割増し係数と安全率

荷重の組合せ	割増し係数	安全率 (※)
P+SW+Ho+T+F+U+S	1.0	1.35
P+SW+Ho+T+F+U+S+I	1.1	1.25
P+W+F+U+S	1.1	1.25
P+E Q+F+U+S	1.3	1.05

荷重の大きさが明確で、確実に作用するもの

荷重の大きさの推定は比較的容易だが、頻度はそれほど大きくないもの

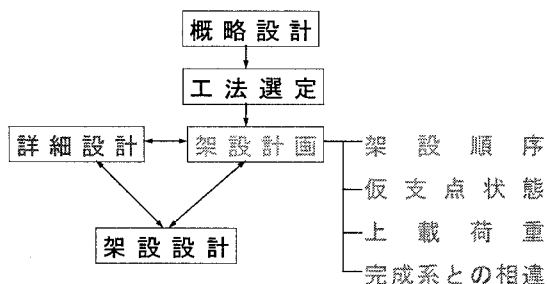
荷重の大きさの推定が難しく、頻度がきわめて小さいもの

(※) 鋼材の降伏点に対する安全率

土木学会 「鋼構造架設設計施工指針」 [2001年版]

3. 架設時の安全性照査

架設設計(安全照査)のフロー



完成系と架設系の相違要因

- ① 無応力状態での組立が出来ない。
- ② 完成系と架設系の応力状態の相違。
- ③ 完成系までに段階的な組立になる。
- ④ 仮支点・仮吊点が発生。
- ⑤ 温度応力の影響。
- ⑥ 溶接応力の影響。
- ⑦ 完成系が複合的な構造となる。

変化する構造系の例

- ① 連続桁架設中の構造系
(連続桁、トラスの片持ち式工法)
- ② アーチ架設中の構造系
- ③ 単純トラス片持ち式架設中の構造系
- ④ 鋼床版箱桁架設中の構造系
- ⑤ 連続桁等のバランス張出し架設の構造系

主な架設設計・照査の内容

- (1) 架設応力と変形の照査
 - ① 架設応力によるもの
 - ② 溶接応力によるもの
 - ③ 温度応力によるもの
- (2) 架設応力の照査
 - ① 断面照査
 - ② 局部的な部材照査
- (3) 橋体安定性の照査
 - ① 橋体の安定性

3-1 本体構造物の架設応力と変形

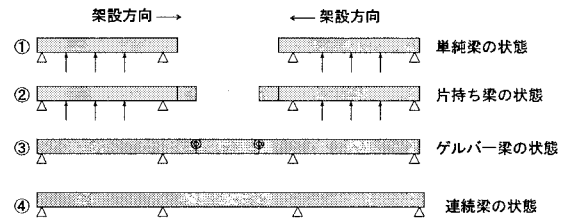
架設中の構造系が完成系と異なる場合、あるいは段階的に完成系に移行する場合は、架設応力と変形について検討する必要がある。

- ・架設応力による桁断面照査
- ・架設応力による変形照査及び、その処理

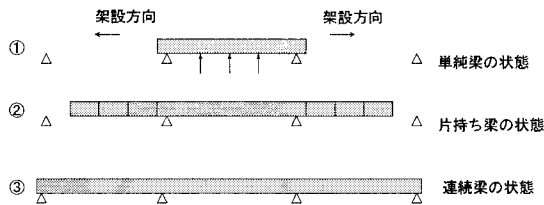
(1) 架設応力と変形、及び対策

1) 連続桁架設中の構造系

a 連続桁中央径間張出し工法



b 側径間張出し工法



c 変形の処理・応力調整方法

イ. モーメント連結

- ・支点強制変位で調整
- ・支間部強制変位で調整
- ・強制引き寄せによる調整

架設時点での処理

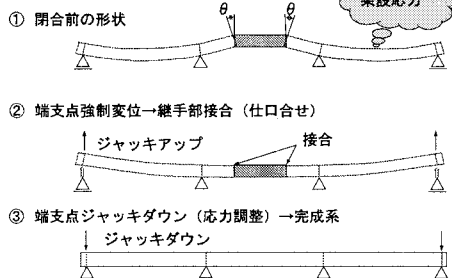
ロ. ヒンジ連結

- ・変形差を製作そりに反映
- ・架設応力を付加

設計時点での処理

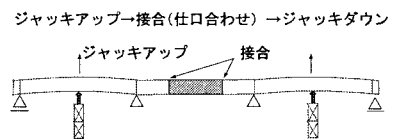
イ) モーメント連結

・支点強制変位による調整

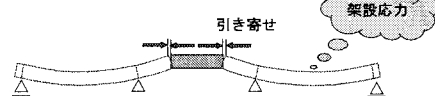


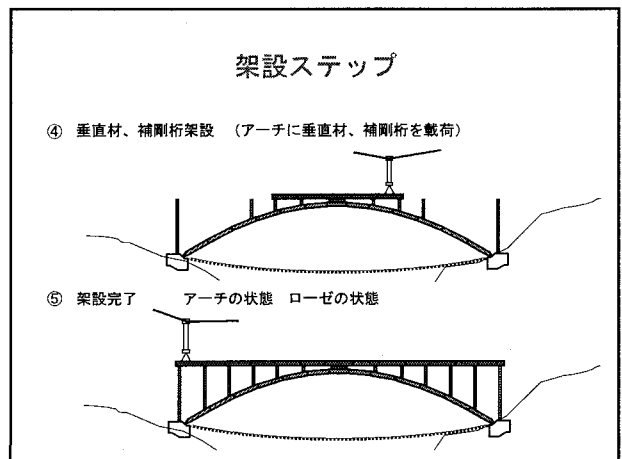
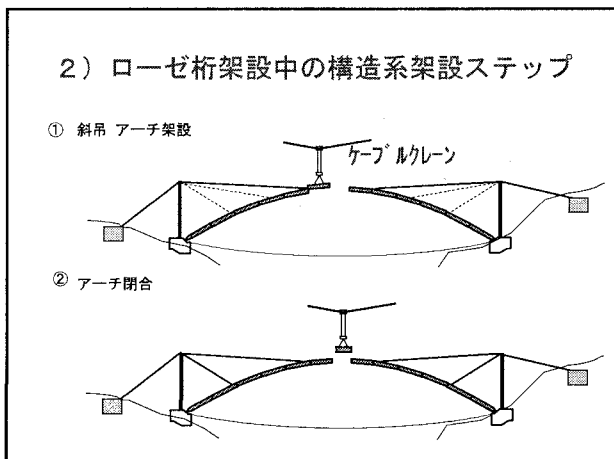
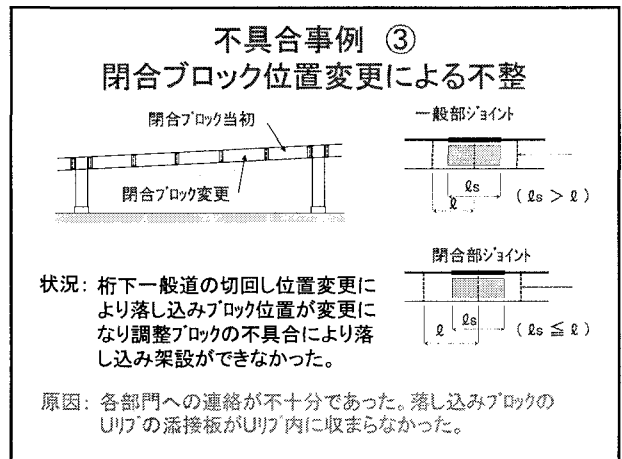
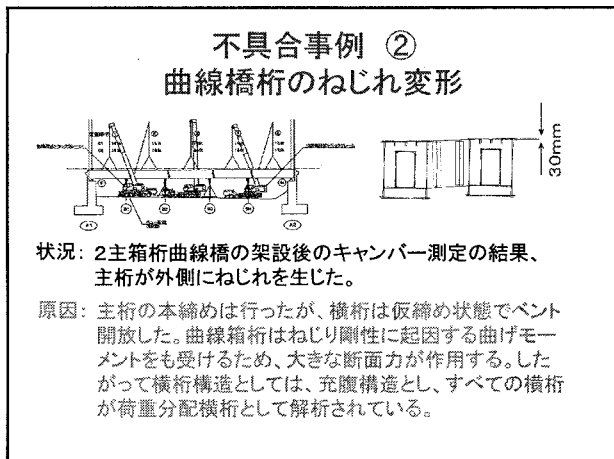
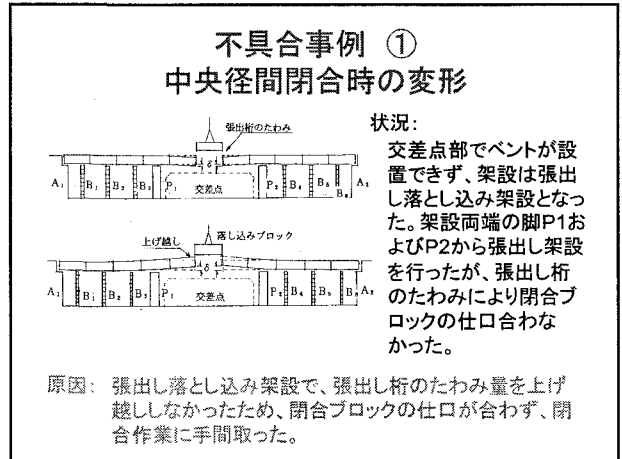
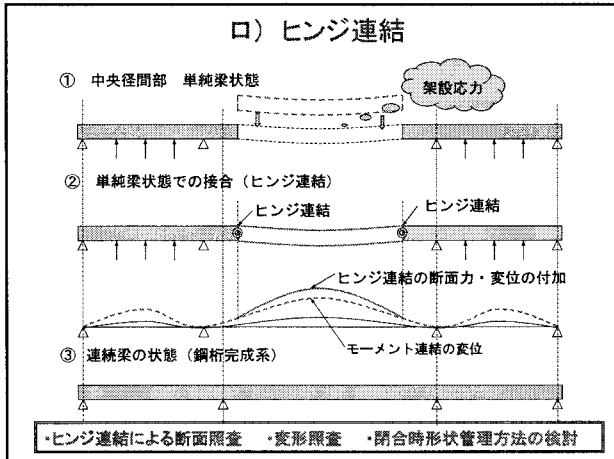
・桁張出し時の断面照査 ・変形照査 ・閉合時形状管理方法の検討

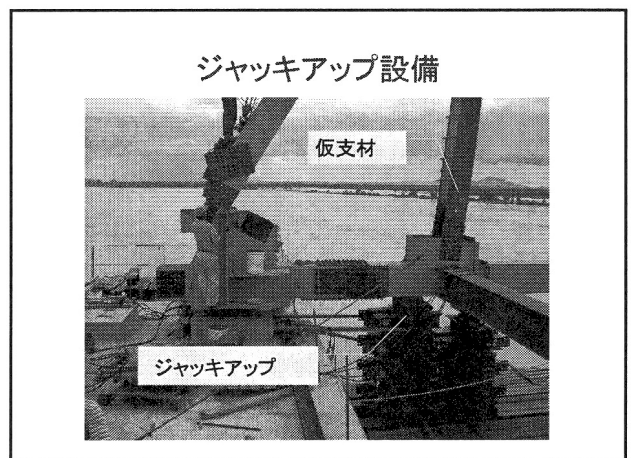
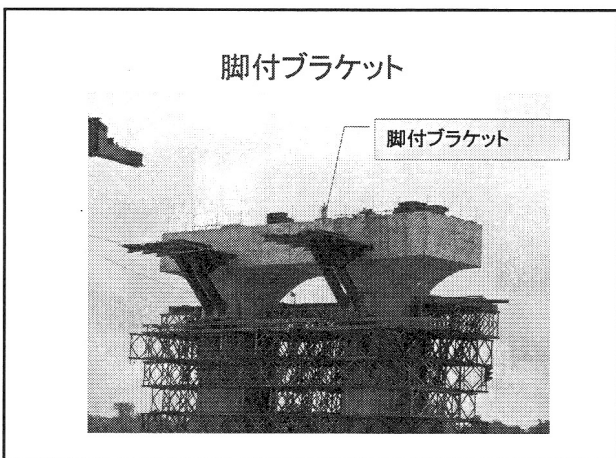
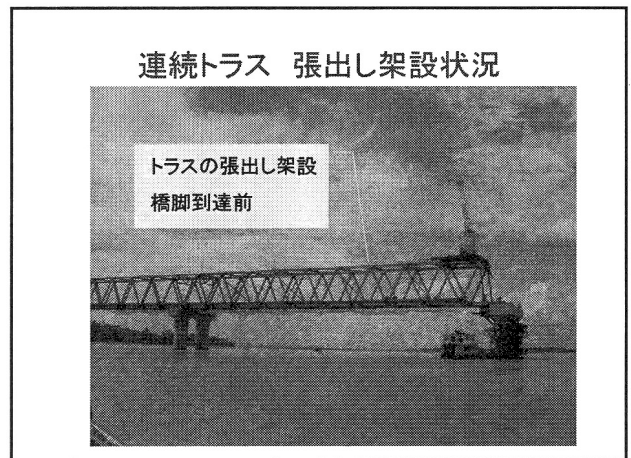
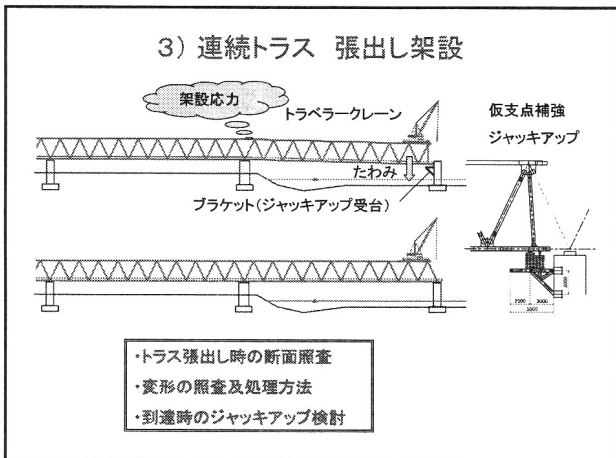
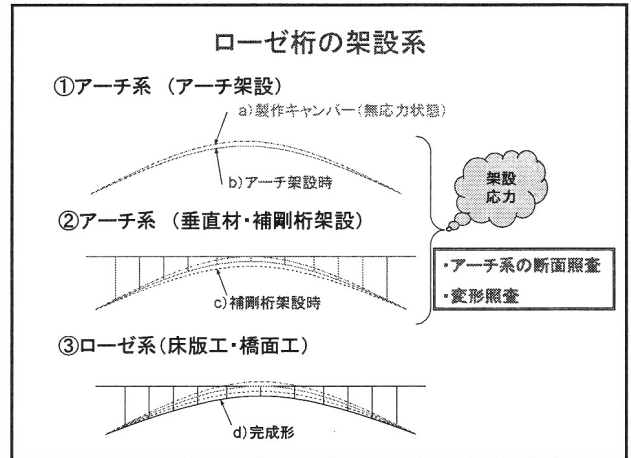
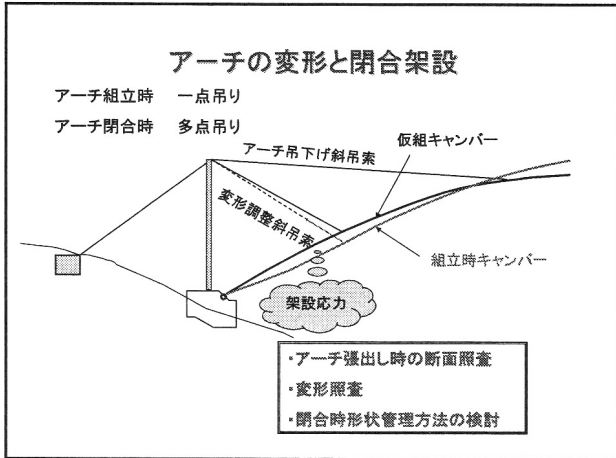
・支間部強制変位による調整



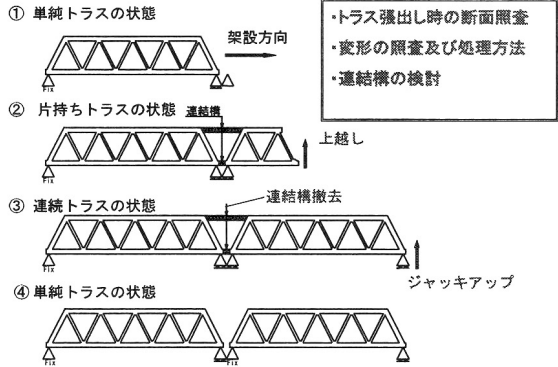
・強制引き寄せによる調整



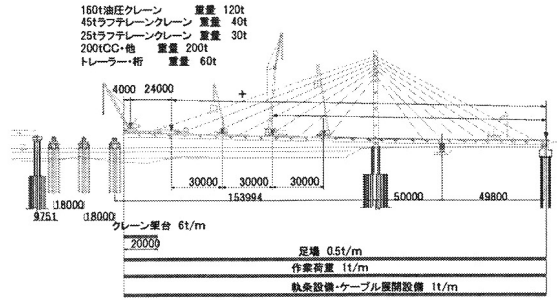




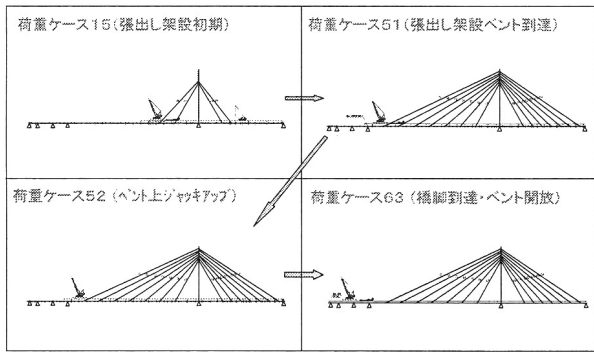
4) 単純トラスの片持ち式架設中の構造系



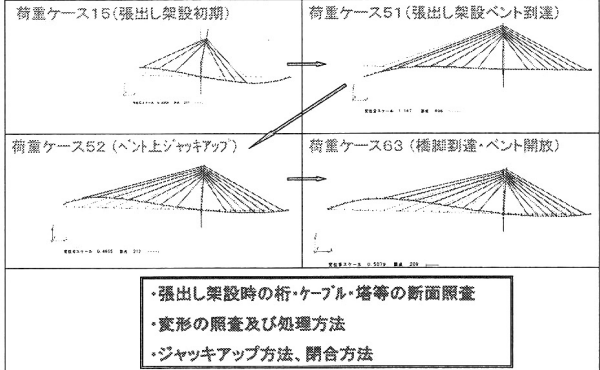
5) 斜張橋の架設系



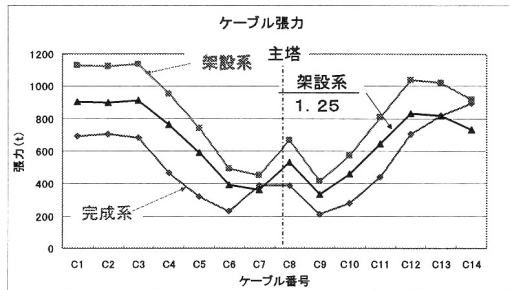
a 斜張橋の架設系解析(解体計算)



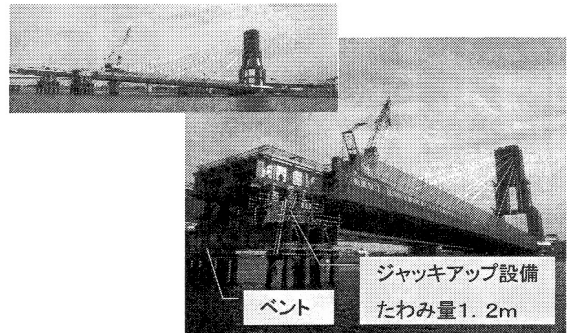
b 斜張橋の架設系解析(解体計算)



ケーブル張力例の比較

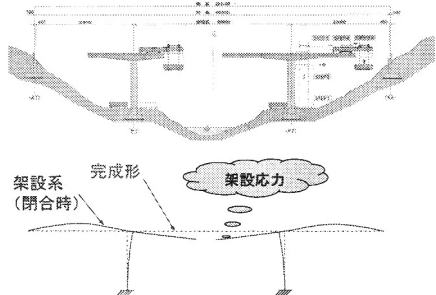


c 斜張橋の架設応力と変形処理 (ピヤ設置・ジャッキアップ)



6) 複合ラーメン橋張出し架設の構造系

TEG工法計画図



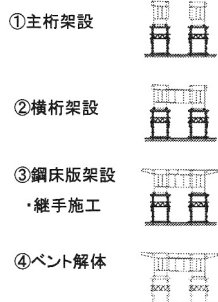
トラベリングエレクションガントリー工法



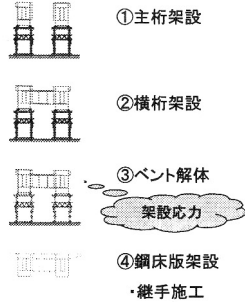
- ・張出し架設時の桁・橋脚の断面照査
- ・変形の照査及び処理方法
- ・温度応力及び剛結部等の処理方法
- ・閉合方法

7) 鋼床版箱桁架設中の構造系

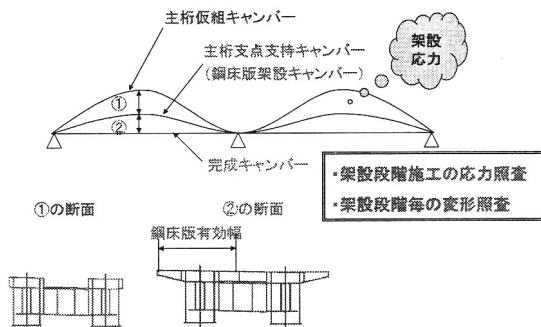
前死荷重系



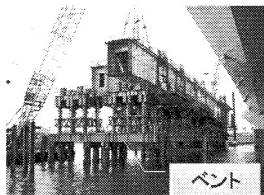
後死荷重系



鋼床版 後死荷重系



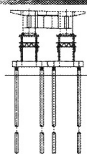
鋼床版後施工例



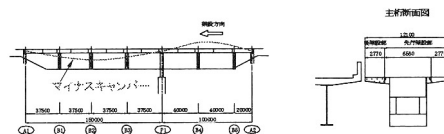
鋼床版後施工



杭抜き



不具合事例 ① 鋼床版橋の段階施工



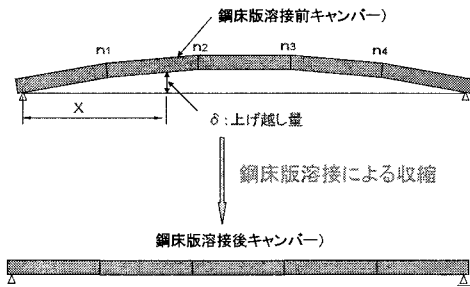
状況：2径間連続鋼床版架設において、主桁架設・高力ボルト本締・ベント開放した。新設桁横に既設桁があり、ベント杭を引き抜くため、既設桁側の側床版を後架設とした。ベント撤去後、A1-P1間がマイナスキャンバーとなり、逆にP1-A2間がプラスキャンバーになった。

原因：設計段階において、全断面有効として構造計算していた。

側床版が後死荷重として設計されていなかったことが原因である。

(2) 溶接による変形、及び対策

1) 鋼床版バット方向の溶接応力と対策(併用継手)



δ: 上げ越し量

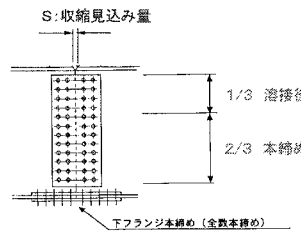
$$\delta = \frac{S \cdot n1}{2 \cdot H} \cdot X \left(1 - \frac{X}{L}\right)$$

S: 収縮見込み量

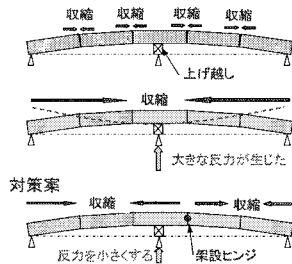
n: 継手数

H: 桁高(mm)

[桁高が変化する場合は平均値]



不具合事例 ② 鋼床橋箱桁の溶接収縮

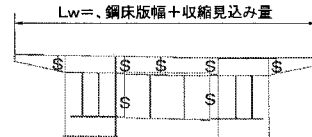


状況:

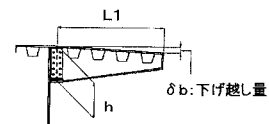
鋼床版箱桁の架設で、デッキプレートは全て溶接継手であり、溶接完了後にベント解放しようとしたが、当初考えていたジャッキの能力では解放不能となった。

原因: 溶接収縮によるキャンバーの下がり予想より大きく、ベントに大きな反力が生じたためセットしてあったジャッキではベント解放できなかった。

2) 鋼床版シーム方向の溶接応力と対策

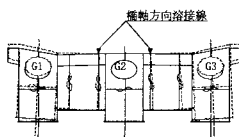


3) 張出鋼床版の跳ね上りと対策



$$\delta_b = \frac{S \cdot L1}{h}$$

不具合事例 ③ 鋼床版箱桁の橋軸直角方向の収縮



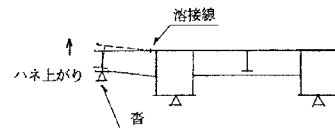
状況: 鋼床版箱桁を架設後、鋼床版溶接の収縮により外桁が跳ね上がった。それにより、伸縮装置中央部に隙間が生じた。

原因: 本橋は橋台に斜角がついており、支点の高さ管理が複雑であった。溶接による収縮を架設時に考慮していなかった。

不具合事例 ④

鋼床版張出し部の溶接収縮

状況: 鋼床版と主桁のシーム方向継手の溶接収縮により先端部が50-60mmハネ上がり、沓から浮き上がった。

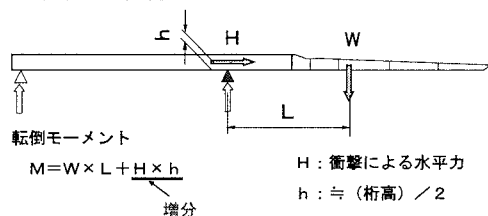


原因: 現場溶接の収縮量を考慮した下げ越しをしていなかったため。

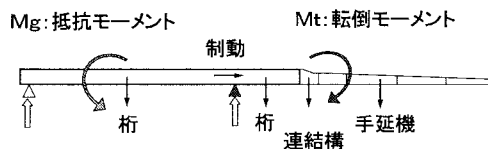
3-2 本体構造物(橋体)の安定 (1) 転倒

1) 送り出し架設時の転倒

- ・ 転倒安全率に送り出し勾配は無関係。
- ・ 制動力の影響は小さい。



送り出し架設の転倒安全率



$$SF = \frac{Mg}{Mt} > 1.2$$

2) 横取り架設時の転倒

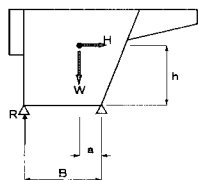
転倒安全率

- ・ 直線桁の場合

$$SF = \frac{W \times a}{H \times h}$$

- ・ 曲線桁の場合

$$SF = \frac{R \times B}{H \times h}$$



(2) 横倒れ座屈照査

1) 鋸桁 (I 断面) 架設時の横倒れ座屈照査

【応力度照査項目】

- ① 吊上げ時横倒れ座屈照査
- ② 単純支持横倒れ座屈照査

2) 全体横倒れ座屈照査

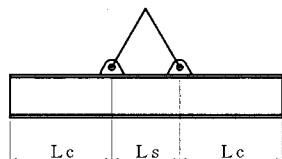
【応力度照査項目】

- ① I 形断面桁、少数主桁、腹板間隔に対して桁高が大きい箱桁
- ② 横構や対傾構が取付けられていない状態、床版コンクリート硬化前の合成等

①-a I 断面を吊上げる場合の照査(1)

片持部について
 $L_c / b_l \leq 35$

ここに、
 b_l : 下フランジ最小幅

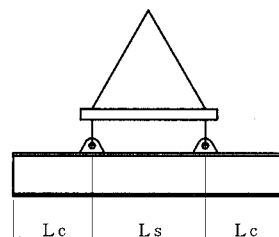


$L_c : L_s : L_c = 1 : 2 : 1$
の時に横倒れ座屈に対して最も強い

①-b I 断面を吊上げる場合の照査(2) (特に細長い部材)

片持部について
 $L_c / b_l \leq 35$

ここに、
 b_l : 下フランジ最小幅



吊天びんなどを用いて中央部分を広くして吊るのがよい

②-a I断面の仮置き状態（単純支持）の照査



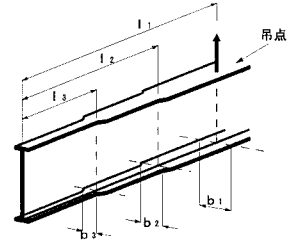
中間部について
 $L_s/b_u \leq 70$

ここに、
 b_u : 上フランジ最小幅

②-b フランジ幅が変化する場合の横倒れ座屈照査

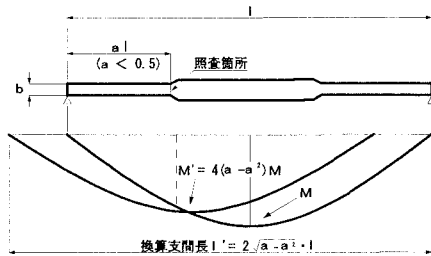
片持部の場合

$$\begin{aligned} l_1/b_1 &\leq 35 \\ l_2/b_2 &\leq 35 \\ l_3/b_3 &\leq 35 \end{aligned}$$



ここに、 b_1, b_2, b_3 : 下フランジ幅

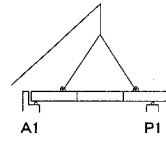
両端支持の場合



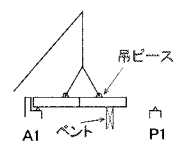
換算支間長による照査 $l'/b \leq 70$

不具合事例 ① I形断面桁の横倒れ座屈

ベントなしでの架設



ベントを追加



状況： 鋸材3ブロックを地組し、ベントなしでの架設計画は横倒れ座屈照査の結果OUTになった。ベントを設置し、架設ブロック割りを変更するとともに吊ピースを追加した。

原因： 計画初期段階の横倒れ座屈の未確認及び受注後の計画段階での照査不足。

2) 全体横倒れ座屈

① I形断面桁、腹板間隔に対して桁高が大きい箱桁

$$M_{max} \leq 1/\nu \cdot M_{cr}$$

ここに、
 M_{max} : 実荷重による最大作用曲げモーメント (kN・m)
 ($M_{max} = w L^2 / 8$)
 M_{cr} : 横倒れ座屈モーメント (kN・m)
 ν : 安全率 1.35

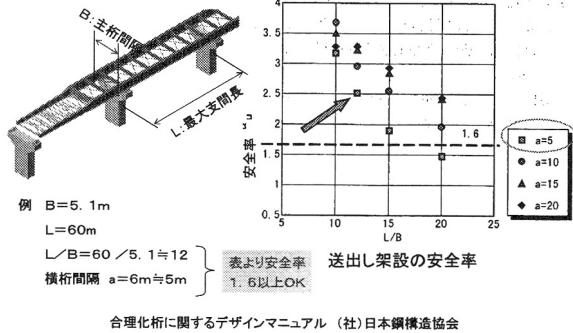
② 横構や対傾構が取り付けられていない状態、床版コンクリート硬化前の合成桁

$$q_w \leq 1/\nu \cdot q_{cr}$$

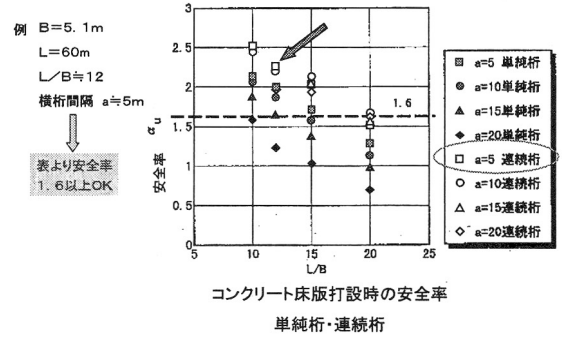
ここに、
 M_{max} : 等分布作用荷重 (kN/m)
 q_{cr} : 横倒れ座屈荷重 (kN/m)
 ν : 安全率 1.35

③ 少数主桁の架設時安定性

a 送出し架設時の安全率



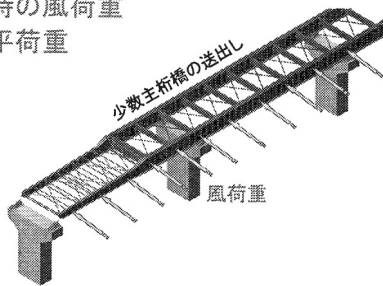
b コンクリート床版打設時の安全率



c 送出し架設時の横構

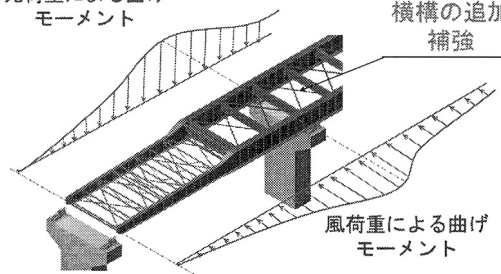
【応力度照査項目】

- 送出し時の風荷重等の水平荷重



死荷重による曲げモーメント

横構の追加補強



3-3 本体構造物の架設応力照査と補強

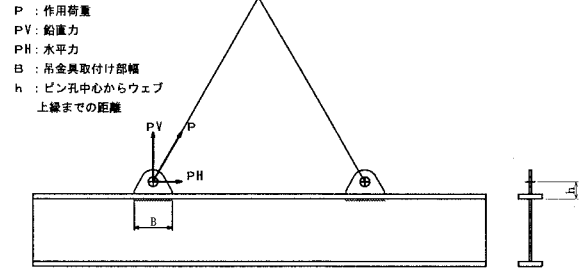
(1) 吊金具の応力照査

引張荷重に対して、吊金具と本体構造物との溶接部および本体構造物側の応力度、吊金具ピン孔の応力度の照査をしなければならない。

【応力度照査項目】

- ① 吊金具取付け部の照査
(曲げとせん断を受ける溶接部)
- ② 吊金具ピン孔の照査
(支圧、はし抜け、応力集中)
- ③ 本体構造物側の照査

吊金具本体取付け部



$$\sigma = \frac{PV}{\sum a \cdot B} \pm \frac{PH \cdot h}{I} \cdot \frac{B}{2} \quad \tau = \frac{PH}{\sum a \cdot B}$$

ここに、 σ : 曲げ線応力度 (N/mm²)
 τ : せん断応力度 (N/mm²)
 τb : 曲げによる溶接部のせん断応力度 (N/mm²)
 σa : 許容引張応力度 (N/mm²)
 τa : 許容せん断応力度 (N/mm²)
 B : 吊金具取付け部幅 (mm)
 a : のど厚 (mm)
 I : のど厚を接合面に展開した断面の
 その中立軸まわりの断面二次モーメント (mm²)

曲げモーメントとせん断力を同時に受ける溶接部においては、応力度の照査を次式により行う。

・全断面溶け込み溶接以外の場合

$$\left(\frac{\tau b}{\tau a} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau a} \right)^2 \leq 1.0$$

・全断面溶け込み溶接の場合

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma a} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau a} \right)^2 \leq 1.2$$

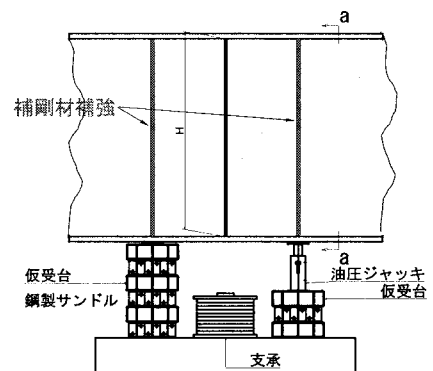
(2) 仮支点部の補強と応力照査

仮支点部は、本体構造物に座屈および局部変形が生じないように照査しなければならない。

【応力度照査項目】

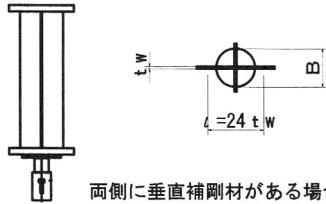
- ① 部材の仮支点断面の曲げおよびせん断応力度
- ② 圧縮力を受ける柱としての腹板の応力度
 - ・腹板の有効幅 $l \leq 2.4 t w$
 - ・全有効断面積は補剛材断面積の1.7倍以下
 - ・有効座屈長は桁高Hの1/2
 - ・補剛材が腹板の片側にある場合、
圧縮力Rと偏心曲げモーメントR・eを考慮

仮支点部の垂直補剛材



補剛材が腹板の両側にある場合

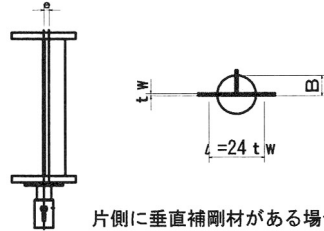
a - a 断面



両側に垂直補剛材がある場合。

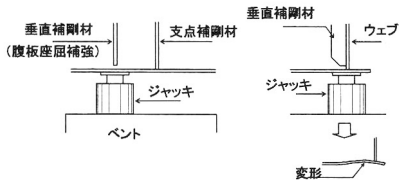
補剛材が腹板の片側にある場合

a - a 断面



片側に垂直補剛材がある場合。

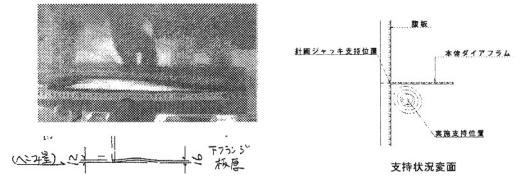
不具合事例 ①
ジャッキ受け時の下フランジの変形



状況：ベント上で鋼床版箱桁を支持したが、支点補強されていない部分で反力を受けたため、フランジ鋼板を変形させた。

原因：支点補強と腹板座屈防止用補強の2通りで補強されていたが、誤って腹板座屈防止用補強箇所では仮受けした。

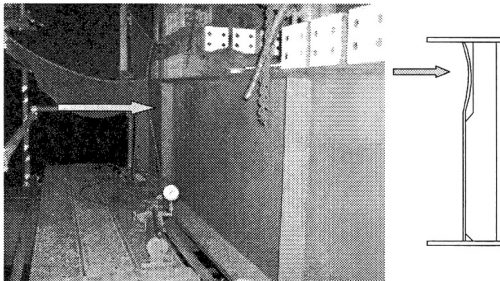
不具合事例 ② 補剛材の無い仮支点



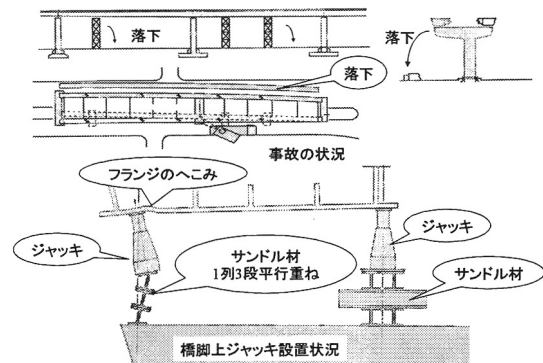
状況：箱桁組立中に仮受け箇所において、30t油圧ジャッキを用いキャンバー調整中腹板・補剛材交点と異なる場所を支持し、主桁下フランジを変形させた。

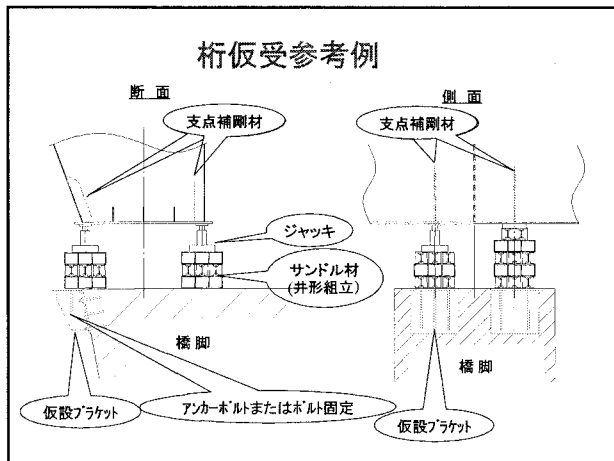
原因：ジャッキ操作作業に不慣れな作業員が作業し、位置確認を怠ったとともに、養生鉄板等用いず直ジャッキ頭部で桁支持した。

腹板の座屈状況



不具合事例 ③
ジャッキ受け不備により発生した事故

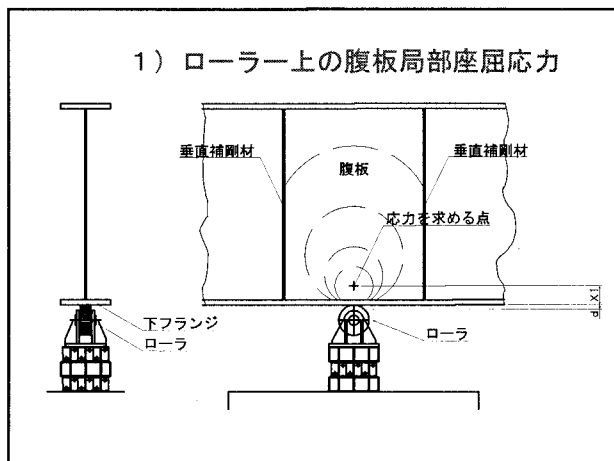




(3) 送り出し架設時の腹板

【応力度照査項目】

- 1) ローラー上の腹板の局部座屈応力
- 2) 送り出し装置上の腹板の鉛直反力、曲げモーメント、せん断力に対する応力

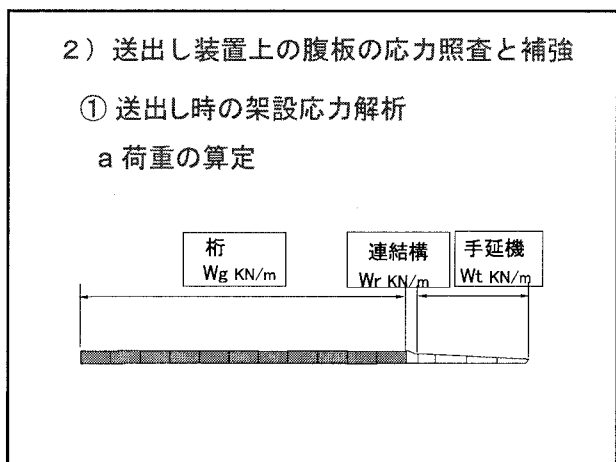


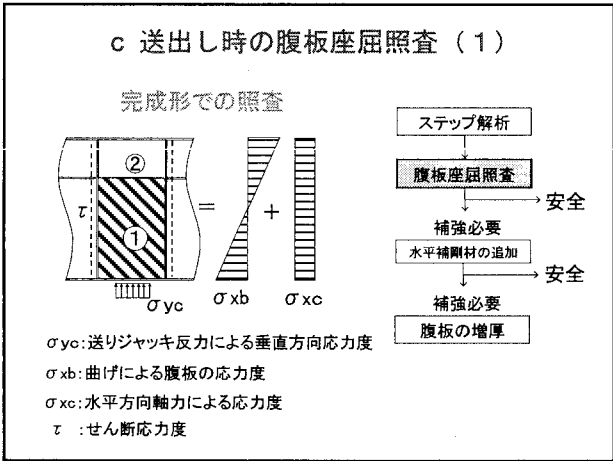
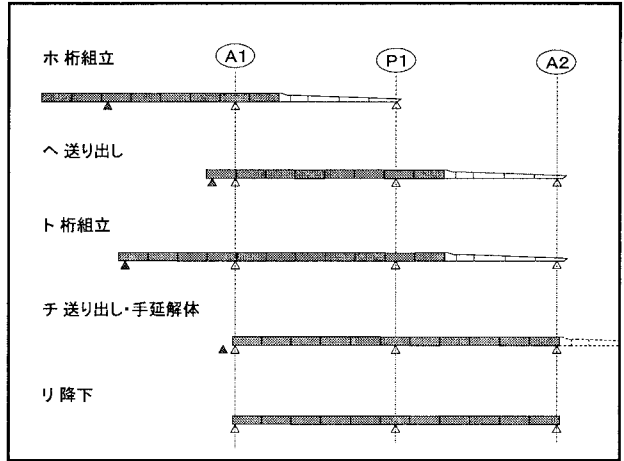
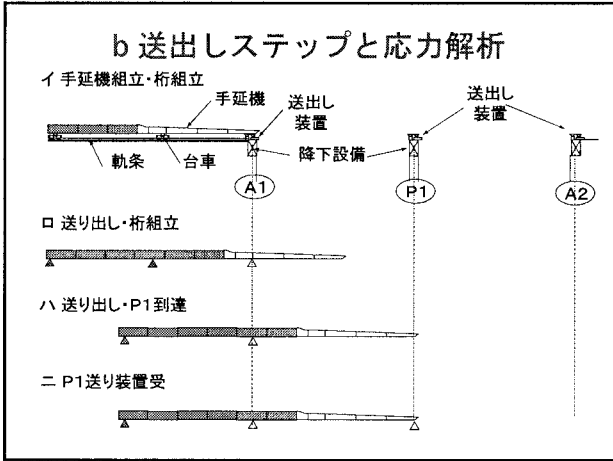
σ_{al} : ローラー上の腹板の制限応力度 (N/mm²)

鋼種	SS400, SM400	SM490	SM490Y, SM520	SM570
σ_{al}	180	240	270	345

$$\sigma_x = \frac{2P}{\pi t w x} \leq \sigma_{al}$$

ここに、 σ_x : ウェブの座屈応力 (N/mm²)
 P : ローラー支線の反力 (N)
 t w : 腹板の板厚 (mm)
 x : X1 + d (mm)
 X1 : 下フランジ厚 + 溶接ビートのサイズ (mm)
 d : $1.65 \left(\frac{I_f}{t w / 2} \right)^{1/3}$
 I f : フランジの断面二次モーメント (mm⁴)
 フランジの有効幅はフランジ厚の5倍とする。





腹板の座屈照査

No. 1 STEP - 6 観目点 G1 - G6

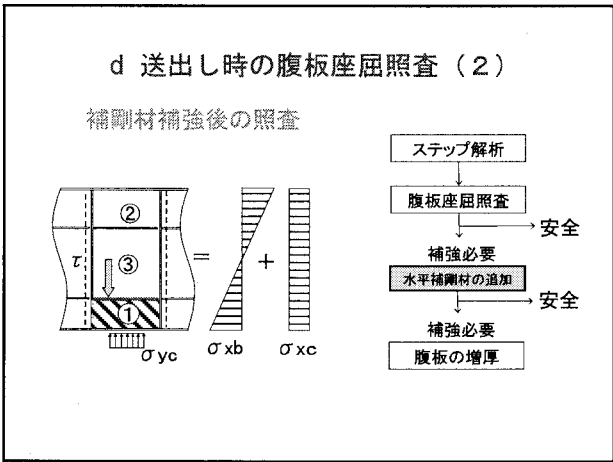
断面力 最大曲げモーメント $M = -6457.550 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (平均等 γ)
 最大せん断力 $S = 442.788 \text{ kN}$ (368.990 x 1.2)
 反力 $R = 822.828 \text{ kN}$ (685.690 x 1.2)

材質 : SM490Y

断面構成 1 - Fig. P1. 750 x 32
 1 - Web. P1. 2300 x 12
 1 - Fig. P1. 750 x 90

平均実測値 $\sigma = 300 \text{ (mm)}$

照査種別	項目	バネ応力 σ	バネ応力 τ
最大曲げによる	最大曲げモーメント	460.0	460.0
最大せん断力による	最大せん断力	1325.0	1325.0
反力による	反力	48.8	35.1
上端による	上端	60.0	91.7
下端による	下端	60.0	91.7
純曲げによる	純曲げ	7.7	123.0
純せん断による	純せん断	-15.9	-15.9
純圧縮による	純圧縮	23.900	23.900
純引張による	純引張	23.900	23.900
純曲げによる	純曲げ	221.3	335.0
純せん断による	純せん断	-3.4	25.9
純圧縮による	純圧縮	4.447	4.000
純引張による	純引張	84.9	248.7
せん断による	せん断	18.0	18.0
せん断による	せん断	14.301	5.822
せん断による	せん断	97.0	130.9
せん断による	せん断	228.6	45.7
せん断による	せん断	23.918	4.773
せん断による	せん断	166.4	264.9
せん断による	せん断	0.96	2.70
せん断による	せん断	1.35	1.35
判定	判定	補強必要	安全



水平補剛材の追加

No. 2 STEP - 6 観目点 G1 - G6

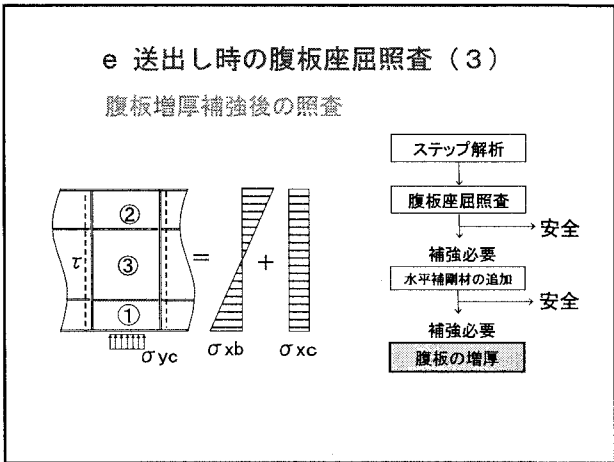
断面力 最大曲げモーメント $M = -6457.550 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (平均等 γ)
 最大せん断力 $S = 442.788 \text{ kN}$ (368.990 x 1.2)
 反力 $R = 822.828 \text{ kN}$ (685.690 x 1.2)

材質 : SM490Y

断面構成 1 - Fig. P1. 750 x 32
 1 - Web. P1. 2300 x 12
 1 - Fig. P1. 750 x 90

平均実測値 $\sigma = 300 \text{ (mm)}$

照査種別	項目	バネ応力 σ	バネ応力 τ	圧縮を異、引張を正で表示
最大曲げによる	最大曲げモーメント	460.0	460.0	460.0
最大せん断力による	最大せん断力	1325.0	1325.0	1325.0
反力による	反力	48.8	35.1	48.8
上端による	上端	60.0	91.7	60.0
下端による	下端	60.0	91.7	60.0
純曲げによる	純曲げ	7.7	123.0	7.7
純せん断による	純せん断	-15.9	-15.9	-15.9
純圧縮による	純圧縮	23.900	23.900	23.900
純引張による	純引張	23.900	23.900	23.900
純曲げによる	純曲げ	335.0	278.5	335.0
純せん断による	純せん断	-3.4	25.9	-3.4
純圧縮による	純圧縮	4.000	4.000	4.000
純引張による	純引張	248.7	102.5	248.7
せん断による	せん断	18.0	18.0	18.0
せん断による	せん断	5.822	9.794	5.822
せん断による	せん断	100.1	130.9	100.1
せん断による	せん断	228.6	45.7	228.6
せん断による	せん断	3.308	14.664	3.308
せん断による	せん断	172.2	264.9	172.2
せん断による	せん断	0.96	2.70	0.96
せん断による	せん断	1.35	1.35	1.35
判定	判定	補強必要	補強必要	安全



腹板の増厚(1)

No. 3 STEP 6 項目番号 61 - 66

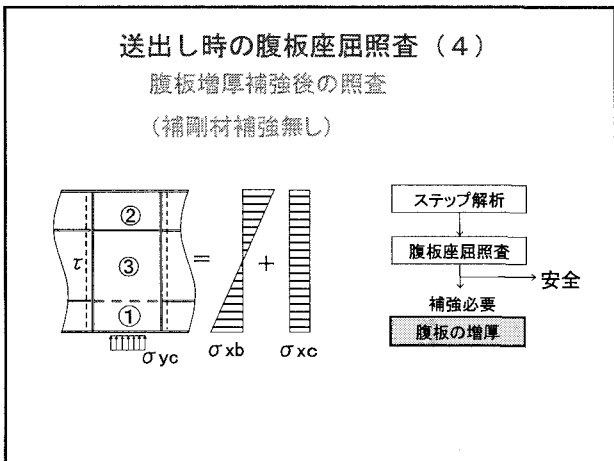
断面力 最大曲げモーメント M = -6457.550 kN・m (平均軸 y)
最大せん断力 S = 442.788 kN (388.990 x 1.2)
圧力 R = 822.828 kN (685.690 x 1.2)

材質 : SM490Y
断面構成 1 - Flg Pl. 750 x 32
1 - Web Pl. 2300 x (12-16)
1 - Flg Pl. 750 x 50

腹板を12mmから16mmに増厚

平面変形係数 c = 300 (mm)

照査項目	項目	パネル①	パネル②	パネル③
断面慣性	パネル長さ b	460.0	1360.0	460.0
	パネル幅 a	1328.0	1328.0	1328.0
下縁	軸方向曲げ応力度 σ _{tb}	-65.0	-34.7	56.2
上縁	軸方向曲げ応力度 σ _{tb}	54.6	56.2	54.6
	オイラーの臨界屈曲応力度 σ _{cr}	218.7	24.3	218.7
純曲げによる	応力度 σ _b	-15.2	-45.5	-15.2
純曲げによる	臨界係数 α _b	23.900	23.900	23.900
純曲げによる	応力度 σ _c	46.8	10.8	71.4
純圧縮による	臨界係数 α _c	4.000	4.007	4.000
純圧縮による	臨界係数 α _{cr}	308.2	128.0	308.2
せん断による	臨界係数 α _t	12.0	12.0	12.0
せん断による	臨界係数 α _t	5.822	6.794	5.822
せん断による	臨界係数 α _c	143.5	109.7	143.5
純圧縮力による	応力度 σ _y	171.4	137.1	34.3
純曲げ力による	臨界係数 α _y	3.308	14.664	4.773
純圧縮力による	臨界係数 α _{xy}	238.0	216.8	308.2
	合成係数安全率 S _F	1.59	1.49	3.70
	必要係数安全率	1.35	1.35	1.35
判定		安全	安全	安全



腹板の増厚(2)

No. 4 STEP 6 項目番号 61 - 66

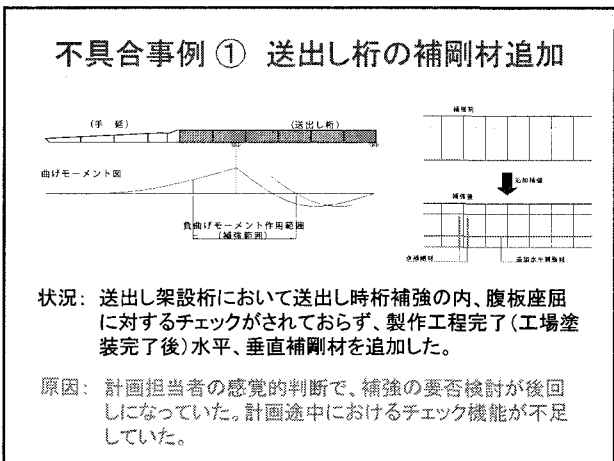
断面力 最大曲げモーメント M = -6457.550 kN・m (平均軸 y)
最大せん断力 S = 442.788 kN (388.990 x 1.2)
圧力 R = 822.828 kN (685.690 x 1.2)

材質 : SM490Y
断面構成 1 - Flg Pl. 750 x 32
1 - Web Pl. 2300 x (12-16)
1 - Flg Pl. 750 x 50

腹板を12mmから16mmに増厚

平面変形係数 c = 300 (mm)

照査項目	項目	パネル①	パネル②	パネル③
断面慣性	パネル長さ b	460.0	1360.0	460.0
	パネル幅 a	1328.0	1328.0	1328.0
下縁	軸方向曲げ応力度 σ _{tb}	-64.1	-54.6	54.6
上縁	軸方向曲げ応力度 σ _{tb}	54.6	54.2	54.2
	オイラーの臨界屈曲応力度 σ _{cr}	17.3	276.8	17.3
純曲げによる	応力度 σ _b	-48.0	-14.8	-14.8
純曲げによる	臨界係数 α _b	23.900	23.900	23.900
純圧縮による	臨界係数 α _c	306.1	308.2	308.2
純圧縮による	応力度 σ _c	-4.8	69.4	4.060
純圧縮による	臨界係数 α _c	4.447	308.2	308.2
せん断による	臨界係数 α _t	10.7	10.7	10.7
せん断による	臨界係数 α _t	14.301	6.822	6.822
せん断による	臨界係数 α _c	110.4	148.0	110.4
純圧縮力による	応力度 σ _y	152.4	30.5	30.5
純曲げ力による	臨界係数 α _y	23.918	4.773	4.773
純圧縮力による	臨界係数 α _{xy}	230.1	308.2	308.2
	合成係数安全率 S _F	1.41	4.00	1.41
	必要係数安全率	1.35	1.35	1.35
判定		安全	安全	安全



(4) 架設中にのみ圧縮力を受ける部材の照査

架設中にのみ圧縮力を受ける部材は、架設の各段階における部材力を算出し、圧縮部材として設計しなければならない。

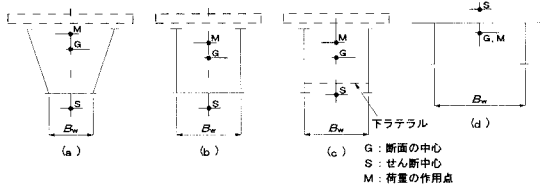
規定の内容	各基準・示方書の圧縮規定 (章または節の番号の一覧表)	
	道路橋示方書 (鋼橋編 平成8年版)	DIN 18800
部材の細長比の制限	3.1.7	第2部 2.6
軸力と曲げモーメントを受ける部材	3.3	第1部 7.4.2
圧縮力を受ける部材の板厚	3.2	第3部
補剛された板	3.2.3	第3部
腹板厚と補剛材	3.2.4, 8.4, 8.5, 8.6	第3部
荷重集中点の補剛材	8.7	第3部
組合せ部材	3.5*	第2部 4

*印は最近の示方書には記述されていないので、昭和47年度版による。

土木学会 「鋼構造架設設計施工指針」 [2001年版]

(5) 全体・横桁間座屈の防止

圧縮応力を受ける部分が横方向に拘束されていない細長い構造物（開断面箱桁、2主桁構造など）では、全体としての横ねじれ座屈に注意しなければならない。
横桁間隔を広くしたI形断面桁では、横桁間での主桁の座屈に対しても注意が必要である。



土木学会 「鋼構造架設設計施工指針」 [2001年版]

(6) 主な照査項目

- ① つり金具及び取付け部の応力照査
- ② 仮支点部の応力照査
- ③ 転倒に対する安定照査
- ④ 継手部（仮締めボルト等）の安全照査
- ⑤ ローラー又は送出し装置上の局部応力に対する応力照査
- ⑥ 曲げ応力とせん断応力を受ける腹板の座屈に対する安全照査
- ⑦ 架設時の曲げモーメントに対する応力照査

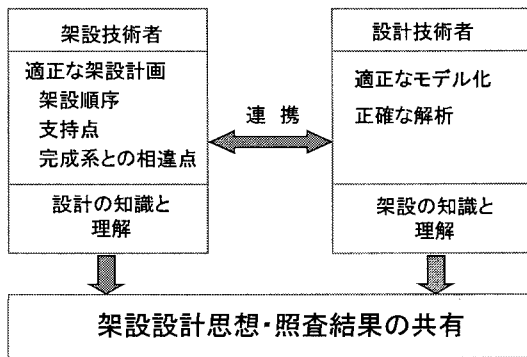
- ⑧ 架設時のみ圧縮応力を受ける部材の応力照査
- ⑨ 軸力と曲げを同時に受ける部材の応力照査
- ⑩ 横倒れ座屈に対する安定照査
- ⑪ 全体横倒れ座屈に対する安定照査
- ⑫ 斜めづり時の横荷重に対する応力照査
- ⑬ 仮支点の相対高さとは支点反力の照査
- ⑭ 合成桁の架設中並びに床版打設時の耐力検討
- ⑮ 曲線桁架設時のねじれ付加応力、横座屈及び安定性検討

工法・形式別の照査項目

架設工法	橋梁形式	1けた	箱けた	トラス	ラーメン 1)	アーチ系 2)	備考	
多点支持工法	ペント	①② ③ ^{c)} ④	①② ③ ^{c)}	①② ③ ^{b)}	①②	① ^{a)} ② ^{a)} ③ ^{a)} ④ ^{a)}	a) 下路式 b) 斜材、垂直材 c) 曲線けた	
	ケーブル直ぐり	①② ⑤	①②	①② ③ ^{b)}		① ^{a)} ② ^{a)} ③ ^{a)}		
	架設けた	①② ⑥	①②					
架設時の構体に荷重をかける工法	横取り	②③④ ⑦⑧⑨	②③ ④⑤				部材の組立までは 多点支持工法参照	
	降下	②③④ ⑦⑧⑨	②③ ④⑤					
	送出し	②③④⑤ ⑦⑧⑨⑩	②③④⑤ ⑦⑧⑨					
	ケーブル（斜めづり）				①② ⑧⑨	①② ⑧⑨		上部アーチ系構
	強出し	①②③ ⑦⑧⑨⑩	①②③ ⑦⑧	①② ③⑧⑨				地組立までは ペント工法参照
一括架設	①② ⑦⑧⑩	①② ⑦⑧	①② ⑧		①② ③ ^{a)} ④ ^{a)}			

1) Xラーメン、V脚ラーメン、鋼脚一体ラーメン等
2) アーチ、ランガン、ローゼ、ニールセンローゼ等

おわりに



おわり

御清聴ありがとうございました。