

## 鋼構造架設の現況とその問題点 ——主として鋼橋について——

土木学会鋼構造委員会 鋼構造架設小委員会

## まえがき

最近、諸外国において、鋼箱桁橋の落橋事故があいついで起り、各国で問題点の究明対策の検討が行われている。わが国においても、鋼構造物の事故の大半は架設時に発生している現状にある。この原因としてまず考えられることは、鋼構造物の設計・製作に際して準拠すべき基準・示方書の類が比較的完備しており、その内容も厳密で細部にわたってきめ細かく定められているのに対して、架設に関しては、参考とすべき資料等がきわめて少ないことがあげられる。架設工事は、一般的にいて現場条件が種々さまざまであり、統一的に取扱うことが困難である。設計・製作に関する資料に比べて架設関係の参考書が少ないのは、このためであると考えられる。このような背景から、架設に使用される構造物は経済性等の問題がからみ、その安全度を極端に小にとったり、現場条件の不明確さから不当に安全度の高い仮設備を設けたりしている例もみられる。

最近、鋼構造物の大規模化の傾向が著しく、従来はなかった新しい形式のもの、高強度の鋼材を使用したものなどが数多く建設されるようになってきた。このような意味からも、鋼構造物の架設に関する統一取扱い方法を明確にすることが、関係者の間で強く望まれている。

鋼構造架設小委員会は、このような状況にかんがみ、鋼構造物架設に関する資料、とりわけ、架設中に起った事故例、また架設に用いた諸設備の設計例等を収集し、鋼構造架設の現況と問題点を明らかにしようとして試みた。調査は比較的資料の集めやすい鋼橋を対象とし、事故例、架設施工例ごとに統一フォームによりデータを集め、事故原因の分析、仮設構造物設計方法のばらつきを調べた。本文では、これらの調査結果の概要を報告するが、将来鋼構造の架設基準を作成する際の参考となればと考えている。

また、最後に調査結果をふまえて今後の鋼構造の架設、なかんずく鋼橋の架設についての提案事項をまとめているが、これらについて会員諸氏のご批判をいただきたいと考えている。

## 1. 鋼構造架設工事の問題点

まえがきにも述べたように、架設工事は、設計・製作に比べて統一的に取り扱うことが困難であり、種々の問題点を含んでいる。ここでは、それらの問題点をさまざまな角度から論じてみる。

## (1) 荷重の算定と安全率

鋼構造物の架設に際して工事担当者が頭を悩ますことは、架設中に、構造物本体およびそれを支える仮設構造物に作用する荷重を、どの程度に見込むかということである。完成後の構造物に作用する荷重については、設計示方書、諸基準に明確に示されており、これに基づいて構造物が設計されるわけであるが、架設中に構造系全体に作用する荷重は、現場条件、架設工法によって異なり一義的には定まらない。架設荷重の中にも、架設される構造物本体、仮設備の自重など比較的明確なものから、地中に設置されたアンカー、杭などに加わる土圧、架設作業によって生ずる衝撃、その他の作業荷重など明確に定め得ないものまで種々のものがある。

架設荷重の実体が明らかとなっても、仮設構造物に見込む安全率もしくは許容応力度の決め方によって構造物の安全度は著しく左右される。荷重の実体が明確に把握できる場合には、安全率は完成時の構造物の有する安全率、もしくは架設時割増しを見込んだ比較的小きな安全率で十分であると思われるが、荷重の大きさに幅があったり、明確に推定できない場合は、安全率には十分余裕を見ておかなければならない。表-1は鋼道路橋施工便覧(日本道路協会)に示された仮設構造物に対する荷重の組合せ・安全率の標準である。ここでは、仮設構造物に作用する荷重を架設主荷重、架設衝撃荷重、架設時水平荷重の3種とし、それらの組合せと、それに対する許容応力、安全率を各種架設工法ごとに示している。また架設時水平荷重としては、風荷重、地震荷重、引出し式架設を行う場合に生ずる水平力を考えている。

## (2) 架設工事に伴う種々の問題点

最近では、構造物の大型化とともに工事の各工程が細分

表-1 仮設構造物に対する荷重の組み合わせ・安全率の標準

種類	構成部材	荷重の組み合わせ	許容応力	安全率	備考
ベント	柱	主荷重 主荷重+水平荷重	鋼示の 30% 増 鋼示の 50% 増	—	引出し工法等の場合は実状を考慮して水平荷重は割増しを考慮すること
	対傾構	水平荷重	鋼示の 50% 増	—	同上
手延べ機	主構	主荷重 主荷重+水平荷重	鋼示の 30% 増 鋼示の 50% 増	—	水平荷重は引出し直角方向を考慮する
	横対傾構	水平荷重	鋼示の 50% 増	—	同上
	転倒に対して	主荷重	—	2.2	手延べ機先端が対岸ローラ上についた時の送り出しローラ上のモーメント比に対して
架設けた(またはトラス)	主桁または主構	主荷重 主荷重+水平荷重	鋼示の 30% 増 鋼示の 50% 増	—	水平荷重に風荷重を考慮する場合、風荷重は本橋と架設桁またはトラスの垂直投影面積について考える。引出しに使用する時は風荷重の代わりに水平荷重を考慮すること
	横対傾構	水平荷重	鋼示の 50% 増	—	
ケーブルクレーン	鉄塔	主荷重+衝撃 <sup>*1)</sup> (作業時) 主+衝撃+風荷重 主(休業時)+風荷重	クレーン構造規格 同上の 15% 増 同上の 30% 増	—	風荷重はクレーン構造規格による <sup>*2)</sup>
	主索	主荷重+衝撃 <sup>*1)</sup>	—	2.7	クレーン構造規格第 52 条
	後方索, 横行用ワイヤロープ	主荷重+衝撃 <sup>*1)</sup>	—	4.0	同上
	巻上用ワイヤロープ	主荷重+衝撃 <sup>*1)</sup>	—	6.0	同上
ケーブル式工法に用いられる架設構造物	鉄塔	主荷重	鋼示の 30% 増	—	—
	主後方索	主荷重	—	2.0 <sup>*3)</sup> 以上	使用ワイヤの破断強度に対して
	吊り索	主荷重	—	4.0 <sup>*4)</sup> 以上	同上
アンカー	滑動に対して	主荷重 主荷重+水平荷重	—	1.5 1.2	現場の地盤状況, 地形等を考慮して, アンカーの前面受働土圧が期待できると考えられる場合には, 受働土圧が作用するとして安定計算を行なってもよい
	転倒浮き上がりに対して	主荷重 主荷重+水平荷重	—	1.1 1.1	アンカーが地下水位以下の場合にはアンカーの浮力を考慮する
棧橋	主構	主荷重 特殊荷重載荷時 <sup>*5)</sup>	道示の 30% 増 降伏点または座屈荷重に対し	1.1	—

- 注: \*1) ここでいう衝撃とは「クレーン構造規格」で動荷重係数といっているものである。「クレーン構造規格」では動荷重係数の数値についての規定はない。設計するクレーンの構造, 支間, 速度等を考慮しての数値を定めなければならない。最大 0.2 程度であれば十分と思われる。
- \*2) クレーン構造規格の第 11 条は, 風荷重について規定されている。
- \*3) 主索, バックステイの安全率を 1 つの値に規定してしまうのはいろいろ問題があるので, ここでは最小値という意味で 2 以上とした。使用ケーブルの本数, ワイヤクリップの構造, 使用ケーブル相互間の弾性係数の違い, 調整装置の構造等によっては力が均等にかからないので, それらを考慮して, ケーブルの安全率を決定しなければならない。
- \*4) 吊り索は架設途中で何回か調整しなければならない。調整作業を各吊り索にかかる力を一定の状態に保って施工することは不可能と思われるので, ここでは一定安全率を 4 以上としてあるが, 調整装置の構造, 調整作業の施工方法等を考慮して安全率を検討しなければならない。
- \*5) 特殊荷重載荷時とは, トラッククレーン等の重機載荷時の事である。このときの設計に使用する荷重は概略の数値ではなく, 現場で重機を使用する状態で事前にアウトリガーの反力等を実測するか, 重機の製作メーカーより反力の値を計算で求めてもらうなど十分事前に作用力の検討をした場合のみ降伏点または座屈荷重に対して安全率をとってよいことなので, 細心の注意をもって計算を行わなければならない。杭の支持力に対する安全率については, 地盤の状態等を考慮し, 別途考慮する必要がある。

化する傾向にあり, 設計・製作・架設の段階の工程が完全に分業化して実施される場合が多い。したがって, 設計担当者が製作・架設について十分な配慮なしに設計を行ったり, 架設担当者が設計者の意図を十分に理解することなく工事を進めたりすることが起りうる。すなわち

工事実施についての契約上の分業システムが, 各工程担当者の意志の疎通を妨げる傾向にある。また, 架設工事では, 現場の状況が多様多岐であるので, 状況の変化や架設計画立案時に考慮しなかった問題点が多い。これに対して, 現場担当技術者は十分な照査を行ったり, 架設

計画そのものを変更する必要が生じる。これらの問題点を背景にして、具体的に現われたのが、架設時に発生する各種の事故であるといえよう。架設工事中に起る事故でわれわれが日常経験するものには、単純な作業ミス程度のものから、種々の要因が重なって起る複雑なものまであり、その規模も軽微なものから人身事故を伴う大きなものまで種々雑多であるが、工事担当者がその防止のために参考とすべき資料は少ない。この資料の具備すべき条件は、架設工事の各工程ごとに関りうる各種のミスを分類し、そのおのおのについてチェックポイントをもれなく明確に示すことであり、分類の試案としては、次のようなものがある。

- ㉒ 本体設計上の問題
- ㉓ 架設機材、機器の設計上の問題
- ㉔ 架設計画上の問題
- ㉕ 製作上の問題
- ㉖ 作業上の問題
- ㉗ 自然現象による問題

これらの架設事故を大別すれば、次の種類となる。

- ① 架設工事の計画の不備によるもの
- ② 架設作業の不相当によるもの

このような見地から、本委員会は十分に安全で種々の条件に無理なく対応できるような架設基準を作成して、架設計画が適切に立てられるようにすること、さらに、架設作業マニュアルのようなものを作成して、作業の標準化を徹底することが必要であると考へた。

## 2. 架設事故例調査

架設中の事故がどのような原因で発生しているのかをすることは、事故防止対策上重要である。ここで、本小委員会が収集した資料の一部を紹介し参考供したい。本資料のうち国内の事故例は、本小委員会が実施した文献調査、国鉄関係の事故例調査および橋梁建設協会に委託して橋梁各社に対して行った「鋼構造物の架設工事における失敗例調査」に、また、海外の事故例は、近年あいついで発生した箱桁橋事故の文献調査結果に基づいている。

### (1) 国内の事故例

調査に用いた事故の分類と収集した事故例数を表一2に示す。また、表一3には、各分類ごとに代表的と思われる事故例を示し、表一4には表一3以外の事故例の推定原因のみを各分類ごとに示した。事故例によっては、他の分類にあてはめるのが適当であると考えられるものもあるが、記入者側の事故のとらえ方の差や、事故の状況によっては表一2の分類にあてはめにくい面もあった

表一2 調査時に用いた事故の分類

事故の分類	蒐集した事故例数
A 本体の問題	2
B 架設機材による問題	
B-1 仮設構造物の問題	4
B-2 架設機器の問題	6
C 計画上の問題	
C-1 荷重の問題	1
C-2 計算上の問題	1
C-3 安全率の問題	
C-4 その他	1
D 製作上の問題	
E 作業上の問題	11
F 自然現象による問題	5
計	31

と考えられるので、調査結果に忠実に分類した。

本調査結果から、下記のような点に問題があると思われる。

① 作業管理が不十分であったと考えられるものが7例報告されているが、このうち単純な作業ミスは2例であり、その他はなんらかの形で作業方法や手順の不備が原因であると認められる。この種の事故を減らすためには、架設担当者の作業管理強化の努力が不可欠である。

② 架設機材の設計・保守になんらかの手落ちがあったと考えられるものが13例報告されている。このうち外力算定の誤り、不適当な構造の採用、強度不足によるものが11例にのぼっている。架設機材は、本体に比べて架設時というだけの理由で安易に安全率を低くして設計される場合が見受けられたり、また、各工事ごとに新設されることはまれで、手持ち機材の転用を図るのが普通であり、機材の設計および既存機材の選択には慎重な検討が必要である。

③ 架設計画時の考へが不十分であったと考えられるものが5例ある。このうち架設地点の自然条件の把握を誤ったものが3例報告されているが、これは架設工事の基本であり、十分に調査されなければならない。また、現地では計画時点と異なった事情が発生し易いものであり、これによる工法の修正、作業方法の変更、あるいは機材改造の不備が事故の誘因となった例が、本調査の中にも含まれている。このことは、不測の事態に対して設計・架設のそれぞれの担当者が一体となって対処する必要性を示している。

④ 本体の設計に誤りがあったと考えられるものが2例あげてあるが、架設を考慮した設計を行う必要があると同時に、設計内容を架設担当者に徹底されることが望まれる。

### (2) 海外の事故例

海外における最近の事故例としては、1967年から1971

表-3 代表的事故例

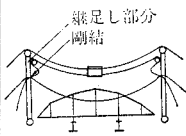
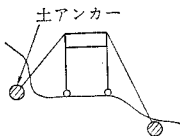
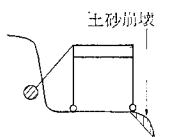
事故の分類	A. 本体の問題	B. 架設機材の問題	C. 計画上の問題	E. 作業上の問題	F. 自然現象の問題
構造形式	逆台型箱桁	トラスドラムガー桁	曲線箱桁	単純合成桁	3径連続トラス
支間 (m)	72+96+72	140	36	34	40+60+40
架設工法	—	吊下工法	ケーブルクレーンステージング工法	ケーブルクレーン、引出し工法	ケーブルクレーン、引出し工法
代表的事故例の状況と原因	<p>① 状況：床版コンクリートの最終ブロックを打設後、支点上ダイヤフラム、下フランジおよび腹板が局部座屈し、桁がたれ下った</p> <p>② 原因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 支点上ダイヤフラムの補剛不足</li> <li>● 腹板の傾斜によって生ずる下フランジの横方向圧縮力に対する考慮不足</li> </ul>	 <p>① 状況：タワー高さの不足により継ぎ足しをして架設中タワーが座屈</p> <p>② 原因：継ぎ足し部の連結を剛結にしたためタワーに曲げモーメントが作用した</p>	 <p>① 状況：桁を運搬中タワーが転倒</p> <p>② 原因：土アンカーの耐力不足</p>	<p>① 状況：主桁の引出し完了後横引き中に主桁の左右の移動量が大きく異なり、探索がはずれ桁が転倒</p> <p>② 原因：不注意な横引き作業</p>	 <p>① 状況：連続降雨によりタワー基部の土かぶりが崩壊し、タワーが傾斜</p> <p>② 原因：架設計画時に自然条件の把握が十分でなかった</p>

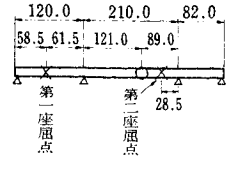
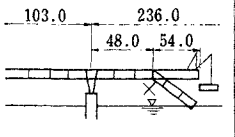
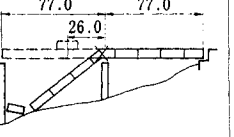
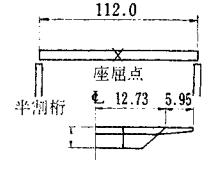
表-4 事故例

事故の分類	A. 本体の問題	B. 架設機材の問題	C. 計画上の問題	E. 作業上の問題	F. 自然現象による問題
表-3 (A) 以外の事故例の主要原因	<p>① 逆台形箱桁にコンクリート床版を打設中主桁圧縮フランジの座屈</p>	<p>① 吊下工法のタワーステイワイヤーの取付金具破断</p> <p>② 吊下工法の吊索受ばりの転倒</p> <p>③ 吊下工法のタワーステイワイヤーのアンカー部定着金物のすべり出し</p> <p>④ 木製ジャッキ受台の沈下</p> <p>⑤ チェーンブロック取付金具の破断</p> <p>⑥ 軌条ばりの横倒れ座屈</p> <p>⑦ 吊索クリップの滑動</p> <p>⑧ 引出しローラー受台に水平力を考慮しなかったため転倒</p> <p>⑨ トラッククレーンライニングの磨耗によりブロック落下</p>	<p>① 引出し架設時の反力誤差を考慮しなかったため、カウンターウエイトに用いた主桁と引出し桁との連結部分のフランジが横倒れ座屈</p> <p>② 吊下工法のタワーの断面力の計算時に控索角度を誤ったため、タワーの強度が不足し座屈</p>	<p>① ジャッキの不均衡こう下により桁が転倒</p> <p>② 橋梁上を進行してきた他の重車両の振動によりクレーン車が傾斜</p> <p>③ 荷おろし中ハッカー1個を使用して桁を吊上げ、トラッククレーンを旋回したため桁が落下</p> <p>④ トラッククレーンの作業半径を越えたためクレーン転倒</p> <p>⑤ 側方スティのないタワーを持つケーブルクレーンで桁を相吊りしたため、タワーに曲げモーメントが作用しタワー座屈</p> <p>⑥ 受台と桁の重心が偏心したため受台がくずれ桁が転倒</p>	<p>① 台風に伴う降雨により地盤が悪化し、タワー基部が沈下したため、タワーが転倒</p> <p>② 桁の地組中凍結地盤がとけてジャッキ受台が沈下し桁が傾斜</p> <p>③ トラッククレーンで架設中、風の影響によりクレーン転倒</p>

年にかけて、西ドイツ、イギリス、オーストリア、オーストラリアで発生した、鋼箱桁橋の一連の落橋事故がある。これらについてはわが国においてもすでに詳細に報告されているので、ここでは推定される事故原因について、一般的な見解をまとめて表-5に示す。

コブレンツ橋およびウエストゲート橋の場合は、その原因は比較的明確であるといわれている。コブレンツ橋は下フランジ縦リブの溶接継手の構造が不相当であり、これが下フランジの局部座屈の主な原因といわれている<sup>2)~4)</sup>。ウエストゲート橋は架設計画自体に疑問点がある

表-5 海外の事故例

区分	①	②	③	④	
橋梁名	新ウィンドナウ橋	コブレンツ橋	ミルフォードヘブン橋	ウェストゲート橋	
国名	オーストリア	ドイツ	イギリス	オーストラリア	
事故発生日	1969年11月	1971年11月	1970年6月	1970年10月	
構造形式	3径間連続2箱桁鋼床版	3径間逆台形箱鋼床版	7径間連続逆台形箱鋼床版	単純逆台形1箱鋼床版	
架設工法	カンチレバー工法	カンチレバー工法	カンチレバー工法	半割桁一括吊上工法	
事故状況					
推定原因	直接原因	主桁フランジ (×印部分) の座屈	主桁圧縮フランジの座屈	中間支点上ダイヤフラムおよび圧縮フランジの座屈	主桁圧縮フランジ (上フランジ) の座屈
	設計	● 架設時荷重の推定ミス ● 日照による応力の推定ミス	● 圧縮フランジとリブの溶接継手の構造不適当	● 支点上ダイヤフラムの強度不足	● 上フランジの自由突出脚長が長すぎた
	製作	● 製作誤差による座屈耐力の低下	● 製作誤差および残留応力等の影響による座屈耐力の低下	● 製作誤差による座屈耐力の低下	
	架設	—	—	● 負反力止めのボルトが強く締めつけられていたこと等の作業上のミス	● 架設計画の不備、初期の異常に対する不適当な処置
契約	—	—	● 責任所在の不明確な契約方式	● 責任所在の不明確な契約方式	

こと、初期の異常（突出フランジ部の座屈）に対する処置が不適当であったことなどが原因であるといわれている<sup>9)</sup>。

これに対して、新ウィンドナウ橋とミルフォードヘブン橋の事故例は、鋼箱桁に対するわれわれの知識と経験の範囲を越えた原因で事故が発生した可能性がある。新ウィンドナウ橋の事故の教えるところは、日照によって桁に生ずる応力および製作時の変形や溶接残留応力と座屈耐力の低下との関係を明確にする必要があるのではないかとされている点である<sup>9)</sup>。ミルフォードヘブン橋の場合は、事故原因の綿密な調査が行われるとともに、箱桁全般にわたる詳細な研究が行われており、それらはわれわれにとっても有益な資料となるであろう<sup>1)</sup>。コブレンツ橋、ウェストゲート橋は、契約上の問題が指摘されている。発注、設計、製作、架設の各段階で発生する問題を解決する場合、責任の所在が不明確であったといわれている。わが国においても、コンサルタントの発達とともに発注者側の技術者が減少している傾向もあり、このような問題の発生する可能性もあると考えられる。

### 3. 架設施工例調査

鋼構造物の架設は、前にも述べたように準拠すべき資料、基準等が少なく、おのおの独自に計画され、施工されている実状にある。このため、架設に用いられる仮設

構造物については、それに作用する荷重、安全率の取扱いが一定していないと推測される。

今回の調査は比較的資料の集めやすい鋼橋について行ったが、ベント、タワーなどの架設構造物に作用する水平荷重の取り方、安全率、許容応力度の割増し等に、予想どおり工事ごとの差異が見られた。これらの資料は、前章の架設事故例調査結果とともに架設基準作成の際の有力な資料となるが、ここではその調査結果の概要をまとめて紹介する。

#### (1) 調査方法

今回の調査は、現在行われている鋼橋の架設について実設計値を収集することを目的として、次のような内容で行った。

架設用の各仮設構造物を設計する際に必要な荷重の種類、大きさ、組合せと許容応力度、安全率等の設計条件が実際の架設計画ではどのように決められているかを調べた。荷重の種類は ① 主荷重（橋体、仮設構造物、機器材重量）、② 衝撃荷重、③ 地震力、④ 風荷重、⑤ その他（温度応力、雪荷重等）に分類し、設計基準としては、⑥ 許容応力度、⑦ 安全率、⑧ その他（地耐力等）に分け、各仮設構造物ごとに荷重と設計基準の組合せを調査した。その調査記入例を表-6 に示す。

仮設構造物は各工法別に、その他大ブロック工法の使用機材、トラッククレーン、コンクリートアンカー、吊金具などについて表-7 に示す調査項目内容について調

表-6 仮設構造物調査用紙 (記入例)

工 法		ステーシング工法										設計基準			参考橋梁諸元					
区 分		荷重の組合せ・大きさ										許容 応力度	安全率	その他	橋名	橋梁 形式	橋長	地形	架設 年度	発注者
		主荷重		衝撃		地震力		風荷重		その他										
		鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	水平											
ベント	1	W	/	0.2W	0.1W	/	/	/	/	/	/	1.25 $\sigma_a$	/	/	昭和橋	ローゼ	80m	河川	昭和45年	首都公団
	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
対傾構 スティ	1	/	/	/	/	0.3W	/	/	/	/	/	1.25 $\sigma_a$	/	/	昭和橋	/	/	/	/	/
	2	/	/	/	/	/	/	/	V=30m/s	/	/	1.5 $\sigma_a$	/	/	昭和橋	/	/	/	/	/
	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
基 タ	1	W	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15t/m <sup>2</sup>	昭和橋	/	/	/	/	/
	2	W	/	0.2W	0.1W	/	/	/	/	/	/	/	/	10t/m <sup>2</sup>	昭和橋	/	/	/	/	/
	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
礎 抗	1	W	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3.0	/	二の橋	飯桁	50m	河川	昭和46年	住宅公団
	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注: W=荷重量+質材重量.  
 $\sigma_a$ =鋼道路橋示方書の許容応力度.

表-7 調査項目とその内容

調 査 項 目	調 査 内 容
(1) 仮設構造物の設計例	① ステーシング工法: ベント, 対傾構, スティ, 基礎 (ベント, 基礎抗) ② ケーブル式工法: 金具類, 吊索, 主索, 斜吊索, 巻揚索, 往行索, トラックケーブル, 控索, タワー ③ 片持式工法: ベント転倒, 回転 ④ 引出し工法: 主構, 横構対傾構, ベント ⑤ 架設術工法: 主構, 横構対傾構, 支持台 ⑥ ケーブルクレーン: 巻揚索, 往行索, トラックケーブル, 控索, タワー
(2) 大ブロック工法の使用機材	大ブロック工法の場合の架設ブロック重量, 台船能力, 曳船の大きさ, フローティングクレーンおよびアンカー等
(3) トラッククレーンの使用例	トラッククレーンを使用して架設する場合の桁最大部材重量, 使用クレーンの形式 (油圧メカニカル, クローラー), 最大吊能力, 地形および橋梁形式等
(4) コンクリートアンカーの設計例	ケーブル式工法やケーブルクレーンに使用したコンクリートアンカーの概略図, 計算方法および安全率等
(5) 吊金具の設計例	部材に溶接する吊金具について概略図, 計算方法および安全率等

査を行った。

(2) 調査結果

調査結果については現在整理の段階であるが、その一部を取り出して 表-8, 図-1 に示す。

表-8 は、ある程度類似点のある各工法別のベントおよびタワーについてまとめたものであるが、それらの特徴について述べてみる。

- ① 主荷重 (水平力): 引出し工法のみ3件あるが、これは引出し抵抗を考慮したものであろう。
- ② 衝撃荷重 (鉛直): 過半数のベントで考慮されており、とくにタワーについては2/3以上が考慮されている。また、その大きさはほとんどが20%である。
- ③ 衝撃荷重 (水平): 片持ち架設は考慮されてい

いが、引出し工法では過半数が考慮されている。

- ④ 地震力 (鉛直): ほとんど考慮されていない。
- ⑤ 地震力 (水平): ステーシング工法のみ1/3程度考慮されている。最大は0.2である。
- ⑥ 風荷重 (水平): 片持ち式架設では2/3が考慮されている。また、ほとんどが30m/sec以下の風速である。
- ⑦ 風荷重 (鉛直): 表-8では省略したが、片持ち架設で考慮したものが2件あった。
- ⑧ 許容応力度 (主荷重): ほとんどが許容応力度の割増しを行っていないが、割増しを行っているものはほぼ30%程度である。
- ⑨ 許容応力度 (主荷重+水平荷重): 許容応力度の割増しは30%以下である。タワーについては70%の割

表-8 ベント集計表

項 目	設 備 名	ベ ン ト			タ ワ ー
		(a) ステージング工法 (調査総橋数=23)	(b) 片持式工法 (調査総橋数=13)	(c) 引き出し式工法 (調査総橋数=12)	(d) ケーブル式工法 (e) ケーブルクレーン (調査総橋数=43)
主 荷 重	鉛 直				
	水 平				
衝 撃 荷 重	鉛 直				
	水 平				
地 震 力	鉛 直				
	水 平				
風 荷 重	水 平				
許 容 応 力 度	(1) 主荷重 (衝撃を含む)				
	(2) 主荷重 (衝撃を含む) + 水平荷重				

増しを行っているものがあるが、これは地震時である。

⑩ 引出し工法：地震力や風荷重を考えたものは1件もなかったが、これは引出しが短時間に行われるためと思われる。

図-1は、トラッククレーンの使用例であるが、この

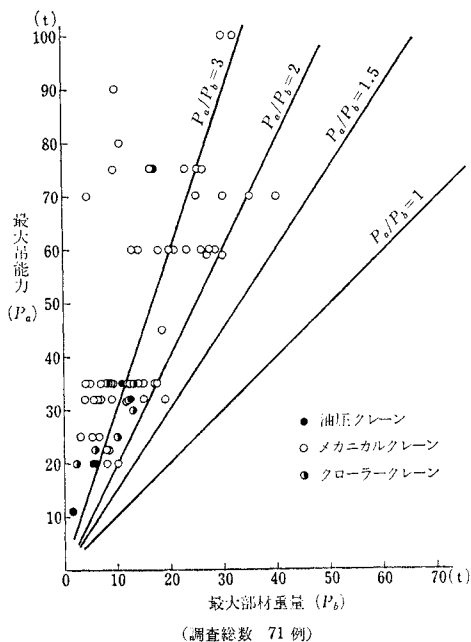


図-1 トラッククレーンの最大吊り能力と最大部材重量との関係  
(調査総数 71例)

図でみると、大部分は部材重量の2倍の吊り能力のあるものを使っている。また、3倍以上のクレーンを使っているものが2/3近くある。

以上、今回の調査結果の一部を発表してみたが、これらの資料は、実際に使用された設計の基準値を集計したものであり、この値をそのまま信用して用いることは危険であるから、十分注意していただきたい。

#### 4. 架設工事の計画と留意点

構造物の架設の問題点として考えられるのは、架設工事の条件が種々多様であり、構造物の状態が架設の進行とともに変化し、かつ自然条件に左右されることが多いことである。そのうえ、周囲の障害物に制約を受けることも多く、夜間工事や高所作業を伴う場合も多い。加えて工期、工費の制限を受けることもあり、仮設備、架設機材なども、その工事に全く適合したものが使用されているとは限らない。

鋼橋の架設中の事故例を見ると、単純な作業ミスから多くの要因が複合したもので種々さまざまな事故原因があるが、単純ミスに起因するものが比較的多い。単純

ミスは、技術がいかに進歩しても、絶滅を図ることは困難な問題ではあるが、架設担当者は、細心の注意を払って単純ミスによる事故を防ぐ必要がある。

長大橋梁の架設事故については、通常の規模の橋梁では重大な欠陥とならない部材構成や、一時的な架設応力が原因で予想外の破壊に至った例があり、設計・製作・架設計画には十分な注意が必要である。

前述のウエストゲート橋の事故報告によれば、設計者と施工担当者との情報交換が円滑に行われていないことが要因の一つにあげられている。

架設中の構造物の変形・変状については現場担当者は入念なチェックを行う必要があり、適切な処置を行うことにより、事故・破損を防ぐことができるケースも少なくないと考えられる。

架設計画においては、その設計条件が多岐にわたり、複雑であり、実際の施工条件と異なることが多く、細部設計まで行われていない場合が多い。

架設担当者は、十分に架設の計画設計者と打合せを行い、現地の条件と設計条件の確認をチェックし、異なる場合は再計算を行う必要がある。とくに、仮設備、架設機材などでは、転用したもの、古機材が多く使用されている場合があるので、その強度計算は、損傷度、腐食を考慮して細部にわたり再計算する必要がある。

架設上留意しなければならない点はきわめて多い。そこで、安全な架設を施工するために必要な架設前および架設中の留意点を次に述べる。

##### (1) 施工計画の立案と検討

架設工事着手前に調査・準備を行う必要がある。そこで、図-2の①～⑥に検討しなければならない事項を示す。

① について：架設担当者は、橋梁設計者および架設計画設計者と十分密な連絡をとり、十分に意思疎通を図る必要がある。

② について：立案計画した架設工法は、現地に適合できることを確認し、また、自然条件と設計条件との食い違いはないか確認する。適合しない場合は、再計算あるいは計画変更、設計変更を行う。

③ について：架設計算が完成系のみの場合が多く、架設時の各段階について照査検討する必要がある。

④ について：仮設構造物の設計荷重、基礎地盤の再検討を行い、その耐荷力の照査確認を行う。とくに、構造に古材を使用した場合は注意を要する。

⑤ について：架設機材が十分であり、耐荷力細部設計が架設条件に適合しているかの検討を行う。とくに古機材を使用する場合は、損傷度、腐食を確認し、修理または補強を要するか、場合によっては変更を行う。門構、



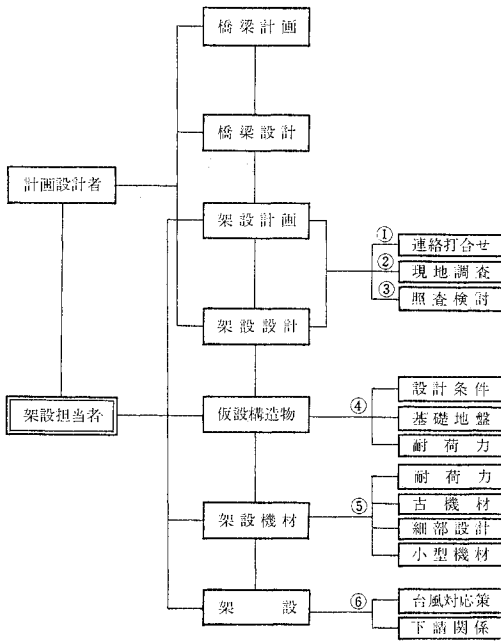


図-2 架設前のチェックポイント

ケーブル、バント、ワイヤーロープ、アンカー、キャリヤー、吊金具などは、とくに強度算定を行って検討する必要がある。

⑥ について：通常、台風時期を避けて行いが、やむを得ない場合は台風対応策、また、強風に関して架設に対する風速制限を定める。また、下請との関連、労務者の生活環境整備などの確認を行う。

(2) 架設工事中のチェックポイント

架設工事中に検討しなければならない事項は多数あるが、その主なものを図-3の①~⑪に示す。

① について：現地において、地形条件、架設条件の再検討を行い、計画変更が必要かどうか調査する。

② について：下部構部の測量を行い、支間、縦断曲線、中心線等について、上部構造との関連を照査する。

③ について：架設工事が鉄道、道路、河川、建築物などと関連を生じる場合に、関係機関との協議の必要がある。とくに、鉄道・道路上の工事には万全の防護施設が必要であり、場合によっては工事期間の制約を受ける場合がある。

④ について：鋼橋の場合、通常工場製作完了時に仮組立検査を行うが、立会して、組立順序、継手部、組立符号などの確認を行うのがよい。

⑤ について：架設工事に支障のないように、輸送、搬入、部材置場を定める。

⑥ について：仮設構造物には、基礎の不等沈下、構造物の変形などによる不均等な荷重、または衝撃荷重など、設計荷重以上の荷重が載荷されることも考えられる。その場合の耐荷力につき検討を行っておく必要がある。

⑦ について：架設機材が架設計画どおり搬入されているか確認し、その機能および強度を細部にわたるまで照査・検討を行う。

⑧ について：架設担当者は、架設中、常時設計者、発注者との連絡を密にすること。変形、変状調査、溶接検査、高力ボルト締付検査は入念に行い、異常な場合はすみやかに処置をとる。特に、たわみ測定は各段階を定めて行い、計算値との確認を行う必要がある。

⑨ について：床版打設においては型わく強度、配筋の確認を行い計画どおり打設する。

⑩ について：塗装は使用材料、塗膜のチェックを行う。

⑪ について：竣工検査は所定のキャンバーのチェック、精度、変状のチェックを行う。

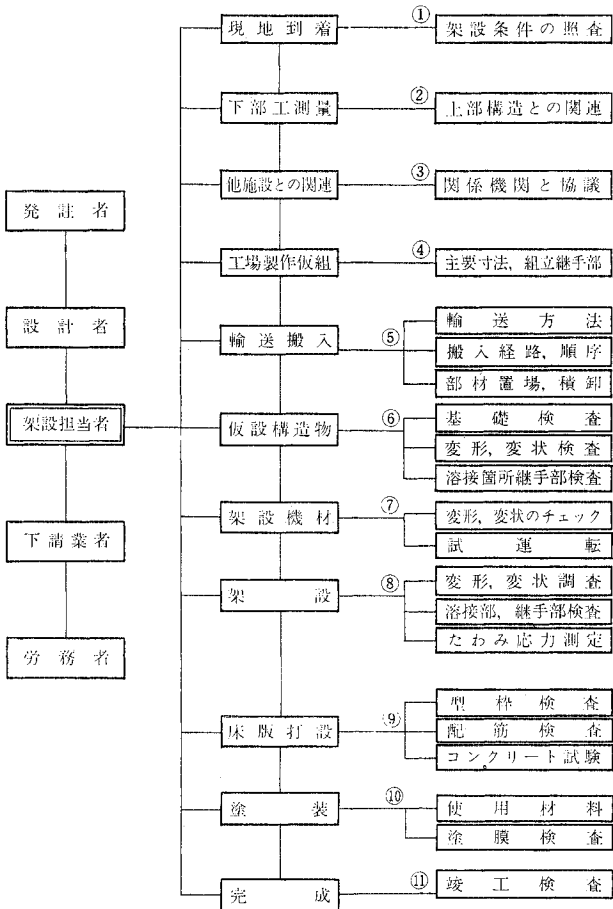


図-3 架設中のチェックポイント

以上のほか、安全対策としての落下防止、侵入

防止柵、足場など十分なものを設置する必要がある。また、機械、器具、仮設備の安全点検を定期的に行う必要がある。

以上、一般的な場合について述べたが、架設の地形的条件、構造物の規模、架設工法などにより、注意しなければならない事項があるが、表-9 にケーブルエレクション工法を例にとり、点検箇所、注意事項を示した。

表-9 ケーブルエレクションの注意事項

区 分	点 検 箇 所	注 意 事 項
主塔関係	鋼柱 対傾 中間梁 サドル 基礎および畜	強度、変形、添接箇所 強度、連結箇所 ケーブル支持状態 支持状態
	ケーブル アンカー アンカー用金具 グリップ トッグル	損傷度、強度 滑動、転倒に対する安定 フックなどの強度確認 強度、数、締付け状態 強度ケーブル取付箇所、可動状況
吊索関係	ワイヤーロープ 吊金具 ターンバックル 受 梁	損傷度、強度 強度 形状寸法、強度
	キャリアー 溝車滑車 ワイヤーロープ グリップ アンカー フック 巻揚索 走行索 吊上げ治具 ウインチ 台付ワイヤー やわら	台車数3以上、強度 ワイヤーと車の径 損傷度、強度 数と間隔、締付け 安定 耐力 たれ防止 整備 ドラム外周とワイヤー径ワイヤー止め 準備

## あとがき

鋼構造の架設の安全性について、従来から種々の問題点が論議されていたが、最近諸外国で鋼箱桁橋があいついで架設中に破壊落橋したことにより、わが国においても架設の実体を調査し、架設の安全性を検討する必要がある。本鋼構造架設小委員会では、これらの実情に沿って前述のような架設施工例、事故例の調査を行い、ある程度の実体を把握した。

架設の計画・設計・施工においては種々の問題点を含んでおり、架設工事においては留意しなければならない点が多岐に多い。準拠すべき基準が明確に定められていないために、架設時の構造物本体または仮設構造物の安全度がまちまちであったり、架設計画が不備であったり、検討すべき照査計算を怠っている場合も多いと考えられ

る。工費の積算も架設の実状と異なる場合が多いと考えられる。

鋼構造物の架設に関する統一的な取扱い方法を明確にし、さらに架設の安全性を高めるためには、計画・設計・施工において、一般に準拠できる技術基準の作成が必要であると考えられる。

しかしながら、架設工事は構造物の種類、規模、地形、自然条件、あるいは工法などにより、その条件が多岐にわたりさまざまであり、統一的な取扱いが困難である。例えば、架設時に作用する荷重に関しては、地形、自然条件と工期により、考慮すべき荷重が一定でないなどの問題があり、架設設計、強度照査に用いる安全率をいかに考えるかなどの問題がある。

架設基準作成に関して、転倒、滑動などの安定に関することと、曲げ座屈、圧縮座屈など、致命的な事故につながると考えられるものに対しては従来の施工例より安全率を上げる必要があり、一時的に使用する仮設構造物、架設機材、クレーンなどは安全率を小にとりよくと考えられる。架設設計に関しては、衝撃およびアンバランスなどを考慮した最大荷重を設計荷重にとり、終局強度計算を行って、これに対して定められた安全率をもつ設計を行うのが望ましいと考えられる。これは、部材または構造物の終局強度計算、いわゆる耐荷力を算定した場合には、架設現場の条件が設計条件と異なった場合において対応が容易であり、架設の安全性を図るのに役立つと思われるからである。

架設基準が定められた場合には、仮設構造物、架設機材に関する標準化が考えられ、仮設備、架設機材に関する事故の減少の一助となるものと考えている。

よって、鋼構造架設小委員会では、一般的な鋼構造架設基準の作成には種々の困難な問題も考えられるが、架設安全対策の一環として努力したいと考えている。

## 参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：鋼道路橋施工便覧。
- 2) 橋梁と基礎、1972年6月。
- 3) New Civil Engineer, 23 November, 1972.
- 4) E.N.R., November, 23, 1972.
- 5) 日本道路協会：West Gate Bridge 落橋事故報告書(抄訳)。
- 6) 橋梁と基礎、1970年9月。
- 7) Committee of inquiry into the basis of desis of design and method of erection of steel box girder Bridges. International Conferance on Steel Box Girder Bridges, 13-14, February, 1973.

(委員長・菊池 洋一/幹事長・山木 崇史)

土木学会編・昭和47年夏期講習会資料・12名のベテランによる書下ろし

市街地土木工事の仮設と安全対策 2200円 会員特価 2000円(〒170)