特殊架設機材の管理：安全

著：Elie H.Homsi, Civil Eng., Flatirocorp, Colorado, USA.Contact:ehomsi@flatironcorp.com
訳：会誌編集委員会海外部会*

複雑な橋梁構造物は，特殊・特注の架設機材の使用で，より早く，より経済的だけでなく，より安全に建設することができる。上記目的を達成するために，本稿では建設事故の主たる明白な原因を 4 つのカテゴリに分類した。
－架設機材の設計および製作
－橋梁構造物の設計および施工
－仮設構造物の設計
－現場における特殊機材の操作

キーワード：架設機材；安全；橋梁建設；建設事故；移動起重機

はじめに

複雑な橋梁構造物は，特殊・特注の架設機材の使用で，より早く，より経済的だけでなく，より安全に建設することができる。

これらの設備を理解し，設計・施工・製作し，そして安全に運転するためには，施工段階における橋梁の挙動や架設機材と施工中の構造物の相互作用を完全に理解することが求められる。特殊・特注の架設機材は，設計や製作，施工段階において手順やプロセスが適切に実施されれば，安全で信頼できる施工方法に導くことができる。

工事の事故を軽減するための最重要な要素は，適切なチームの選択である。このチームは，有能で経験豊富な設計者，建設エンジニア，機材製作者，品質分析 / 品質検査（QA：quality analysis，QC：quality check）の技術者および有能な請負者を含むべきである。

事故は，しばしば各施工段階やミス，不注意の組合せにより起こり，そして最終的にシステムの崩壊へつながるのを念頭に置くことが重要である。根本的な事故の原因を明確に指摘することは，しばしば困難である。とくに，事故が悲惨な崩壊または怪我を伴った場合である。

本稿では，建設事故の主たる明白な原因を 4 つのカテゴリに分類した。
－架設機材の設計および製作
－橋梁構造物の設計および施工
－仮設構造物の設計
－現場における特殊機材の操作

架設機材の設計および製作

このカテゴリーは，架設機材の設計ミスもしくは製作不良により引き起こされる建設事故を含んでいる。架設機材の設計および製作の問題を軽減するためのもっとも確実な方法は，同種機材を用いた工事に関して経験豊富で有能な架設機材納入業者を選択することから始まる。

特殊架設機材の設計および製作段階において，以下の項目をも考慮する必要がある。
－適切な基準
－正しい安全の基準
－作業員のための適切なアクセス
－安全のための設計
－架設機材の使用履歴
－原材料の出所およびその製作
－架設機材納入業者のガイダンス

適切な基準による設計

架設機材は，使用国において承認されている，適切な基準・規格により設計されるのを確実に確かめることが重要である。計画した QA/QC の過程を適切に実施することや，第三者による審査過程の実施は，設計ミスを排除する有効な手段である。

正しい安全の基準による設計

架設機材は最低限，工事に影響する安全規則を満足するよう，設計されるべきである。これらの規則を満たしていない，もしくは標準以下となっている場合は，機材の安全運転や作業員および一般公衆の安全を保証するよう，安全規格の一式を作るのは経験者である架設機材納入業者およびゼネコンの責任である。コストは，プロジェクトにおいて大いに考慮すべきであるが，これは公衆やもしくは作業員の安全とトレードオフされるべきではない。滑車の安全係数や，手すりの高さ，落下防止要求のようなものは，場所によって異なっており，これらの使用した機材を利用する際に，詳しい検討を行うべきである。

適切なアクセスの計画

機材を動かしたり，点検したり，維持するために，有効な安全通路を作業員に確保することは，その機材が安

全に作動するために非常に重要である。機材のあるところに安全通路を確保することにより追加で労力や経費はかかっても，事故の危険性を減らすことによって，また生産性を向上させることによって，長い目で見れば成果をあげる。

たとえば，安全通路のないところで，オーバーヘッドガントリーの先端で毎日の注油を必要とする滑車を設置することは，効率のよい手法ではない。簡単にまた安全に滑車まで到達できる作業員のための通路足場を設置しないならば，作業員はそのメンテナンススケジュールを守らないため，違う型の滑車を設置すべきかもしれない。

作業員には，機材の定期点検や維持管理を行うための安全な通路足場，もしくは他の安全で簡単に足場へアクセスする方法が確保されるべきである。多くの場合，持ち場にアクセスする主要な手段として，特殊機材が使用される。これらの状況では，点検者や来客と同様に，オペレーターのための安全通路を確保するために追加の配慮がとられなければならない。

機材にアクセスする権限者を訓練して，ヘルメットステッカーで特定する訓練計画を確立することも賢明である。この訓練は，機材の運転方法や危険認知，オペレーターの注意事項（すべきこととそうでないこと）も含むべきである。ミニ訓練会議は来客に対して開催される。

安全のための設計

安全のための設計は，経験豊かな機材設計者が，プロジェクトに関して事故の危険性を予想し，軽減する要素を率先して取り入れる「危険防止設計」を基本的に実践しています。たとえば，ネジ足がある高さより伸びるべきでないならば，固定もしくははっきりと見えるマーキングによって，その行動を妨げるか，オペレーターに警告されるべきである。

機材設計者にとって，彼らが設計している複雑な機材は，最終的には，機材について本質的によく理解していない作業員により使用され，その制限を越えて，故意にまたは不注意に操作することを認識しておくことが重要である。

写真 - 1 は，オーバーヘッドガントリーの事故を示している。不運なことに，多くの事故と同様に，原因の数は，異なる分野ごとの専門家の数に依存する。そして，根本的な原因が明解に特定されることはまれである。

この場合，トロールウインチが傾斜と運搬荷重に対し通常より小さかったか，もしくはパーキングブレーキが故障していたのかもしれない。

建設中に発生する小さな現場状況の変化にも順応するために，十分な余裕量がシステムに組み入れられなければならない。これらの余裕量は，明解に特定され，オペレーターに通知されるべきである。加えて，影を最小にする適切な照明は，機材設計の早い段階から考慮されるべきである。理想的には，デザイナー，ファブリケーター，コントラクター，そしてオーナーから構成される専門調査団により，機材のあらゆる部分に組み入れられる

写真 - 1　ブレーキの故障またはウィンチの能力不足による事故事例

最小限の安全基準が確立されるべきである。しかしながら，当然，いくつかの特殊な機材は，特定の現場状況に適応したオーダーメイドとなりがちである。これにより，効果的で実施可能な基準を設定することは，不可能ではないにしても困難となる。このため，デザイナー，ファブリケーター，コントラクター，オーナーからなるプロジェクト・チームによって適切な安全対策を立案，作成，実行する責任が残る。彼らの専門知識によって，知識の少ない依頼人に対し，機材に安全機能が組み込まれていることの利点について指導することは，機材供給元の責任となる。

機材の使用履歴

中古の機材の使用を検討する場合，建設チームにとって，機材のこれまでのすべての使用履歴を知ることが重要である。その機材が事故に巻き込まれていたかどうか分かっていて，事故の状況および原因ならびに実施された修理について調査することが重要である。また，機材が最初に製作されてから，改造を経ているかどうか知ることも重要である。その改造履歴は，機材の設計，適合性と作動への影響を評価し，再調査され，分析されるべきである。既存の機材の使用を検討する場合，機材が設計され製作されるのに用いられた基準が，現在のプロジェクトの基準と仕様の要求性能を満たすかどうかについて調べることが重要である。

再利用を念頭に設計することに必要なことの一つを，**写真 - 2** に例示する。

この場合，機材設計者は，典型的な開断面トラスの代わりに，パイプトラスを選択することによって，トラス斜材を最適化した。パイプトラスは，プロジェクトにとってより効率的で経済的であり，構造上，機材による風荷重を減少させる。しかしながら，プロジェクトが完成した時，その機材はヤードに保管され，その機材を再利用する新しい機会が来たが，新しいチームは，それらが保管されていた後，管の中の腐食のレベルを確かめる効果的で経済的な方法がなかったので，その斜材が無傷かどうかを確認することができなかった。斜材の状態の適

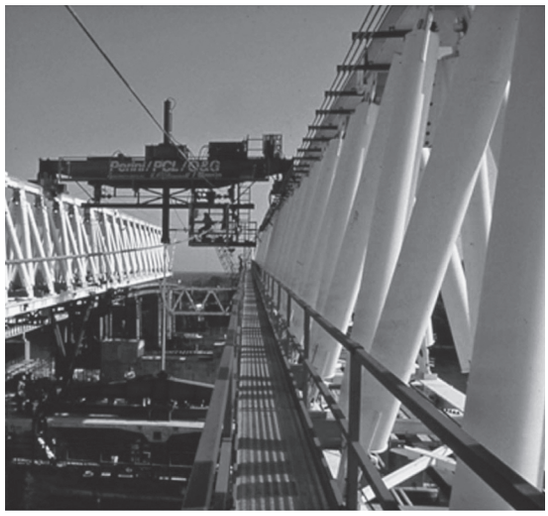

写真 - 2　腐食調査ができなかった事例

切な評価なしにトラスを使用することは不安全であると思われるため，これらの架設桁が再度使われることはなかった。機材メンテナンスを考えない短期的な初期費用を節約したことにより，機材を安全に再利用できずに終わった。

中古の特殊機材を用いるにあたり，改造または再設計を必要とする場合には，機材の年数，使用したプロジェクトの数，保管状況，作動環境，腐食のレベル，改造と事故履歴を考慮しなければならない。

原材料の出所と製作

全体とは個々の集合体も同然である。施工チームは架設機材の原材料の品質を確認しなければならない。また，その材料の出所を工場までさかのぼり，品質試験および仕様書の要求事項に満足しているという証明を得なければならない。補修や現場での修復に使用するどの材料に関しても，生産記録は重要である。さらにいえば，信頼と実績を有する製作工場を選択し，QA/QC（品質保証，品質管理）手順に沿って製作されていることを確認することはとくに重要である。

載荷試験はおそらく，機材の正しい使用（運転）および安全性を保証する重要な手段の一つであり，そのような実験を切り捨てるべき（行わないなんてことがあってはならない）ではない。その実験は原材料の妥当性（疲労問題についてはべつだが），製作工程，組立ての正しさ，そして機構部品の妥当性を証明するに至るまで幅広いさまざまな機能を果たし，実物と理論の違いを確認するものである。

架設機材納入業者のガイダンス

架設機材の保守点検事項や時期の記載と同じく，正しく安全な使用（運転）を記載したマニュアルを施工チームに提供することは，架設機材の納入業者の義務である。また，業者は滑車，固定・接続金物やボルトなどといった部品の再使用に関する指導もしなければならない。

橋梁構造物の設計および施工

建設事故の第 2 のカテゴリーは設計ミスや施工不良が原因で，永久構造物の崩壊によって引き起こされる事故を含んでいる。施工チーム全員は既存の構造物上の架設機材による荷重の度合いを理解することの重要性および施工過程の手抜きの重大性を認識しなければならない。

そのほかの設計と同じように，永久構造物は関連するすべての設計規準・規格を満足しなければならない。計画した QA/QC のプロセスを正しく実行することや第三者による審査は設計ミスによる安全災害を排除する有効な手段である。

機材による荷重を理解すること

設計・施工チームともに特殊な架設機材によって発生する荷重を完全に理解しておく必要がある。施工過程が正しく，施工は認められた架設計画によって進んでいるということを確認するために，現場計測を行うべきである。

風荷重・地震荷重

設計・施工チームはまた，架設機材や構造物に作用する風荷重や地震荷重の影響を理解することも必要である。架設機材納入業者はこれらの影響を正しく評価しなければならない。また，正しい価格による入札を行うためにも早めに応札者に知らせておく必要がある。もし，そのような自然環境的な荷重による影響が周知されておらず，入札段階で工事の価格にも組み込まれていないのならば，最終設計において影響を考慮することに気乗りせず，手抜きするであろう。

工事における QA/QC

特殊な架設機材による事故のもう一つの主要な原因は，鉄筋の不足・充填不良のコンクリート・不適切な PC 鋼材の緊張・埋め込み不足・劣った材料・不適切な復旧，また最新の図面を使用していないなどの低水準な慣行による恒常的な問題である。これらの不規則な要因のいずれかが構造物の崩壊や人と資材の損傷につながる可能性がある。

現地調査・品質管理・品質保証は安全な作業環境を確保する上で不可欠な要素である。検査官は承認図と施工図面どおりに施工されていることを確認する第二の目としてみなされるべきである。

検査官・QA/QC の実施者・作業員との間には信頼関係がはぐくまれるべきである。施工者は適時な確認と情報を与えてくれるチームの一員として，検査官と QA/QC 実施者を受け入れる必要がある。彼らの適時なコメントは手戻りを最小限におさえ，設計通り安全に構造物を完成させること保証してくれる。

プロジェクト管理者は，検査官と QA/QC 実施者を，高額な手戻りや品質不良，崩壊の可能性がある不安全な構造物の原因となる手抜き工事を防ぐ第三者として認識

すべきである。したがって，経営者はすべてのチーム間の協力を推進するべきである。

写真 - 3 の事故は，施工不良によって引き起こされた橋脚天端の崩壊による可能性が高いことを示している。

写真 - 3　橋脚天端の崩壊による事故例

仮設構造物の設計

建設事故の第 3 のカテゴリーは特殊な架設機材に使用される仮設構造物によって引き起こされる事故である。これらの仮設構造物には，足場・支柱・タラップ・作業台・架台・つっぱり・仮設台・その他の永久構造物ではない資材等がある。

永久構造物と同様に技術者や設計者は，仮設構造物の設計をするための適切な規格や仕様に準拠しなければならない。チームのメンバーは，特殊な架設機材・永久構造物・仮設構造物・予想される一連の作業との相互関係を理解する必要がある。したがって，これらの仮設構造物はさまざまな道路工事に精通している有能で経験豊富な建設技術者によって設計されていることが重要である。この建設技術者は永久構造物の設計者・機材の納入業者・請負業者との適切な調整を担当するべきである。

プロジェクトのすべての段階で，適切な QA/QC と第三者による審査は，失敗や手抜き工事の危険性を減らすために必要である。

写真 - 4 は，仮設支柱の損傷による可能性が高いと考えられる架設桁事故の例である。

写真 - 4　仮設支柱の損傷による事故例

現場における特殊機材の操作

建設事故の第 4 のカテゴリーは現場における特殊機材の操作によって引き起こされる事故である。機材の最良の操作，永久構造物・仮設構造物の設計，特殊機材の安全性を実現することは，その機材を操作する現場担当者の手にかかっている。事故の原因としてもっとも多いのは，規則や決められた手順に従わないことである。

操作者によるこのような行動の原因の一つは，より良く，より早く，より簡単に，もしくは経済的な方法を見つけることによって操作をスピードアップさせたいという，一部の作業員の願望にある。もっとも重要な技術革新は現場で発生するにせよ，元の手順を定めて承認した設計者や技術者を経由せずに変更することは危険である。それらの現場での手順の変更は，構造物や機材の複雑な相互関係を十分に理解していない有能では無い作業者の判断によって考案され実施される。これらの変更は，しばしば彼らの同僚の命を危険にさらすとともに，重大な損失をもたらす原因となる。

定められた方法による操作を怠る操作行動は，自己満足である。特殊機材の運転はしばしば，繰り返し作業となる。

作業員は，同じ慎重な仕事を繰返し繰返し長期間にわたって行うため，架設桁の移動やセグメント架設のリスクに対して鈍感になる。自己満足は，操作者が定型的な作業に慣れきってしまったときには，特殊な場面を認識せず適切な措置を取ることができなくなるため，とくに危険である。この過剰な自信が，自己満足となり，作業手順ミスと事故に繋がる。

未経験，訓練不足および危険認知に対する能力不足は，現場における機材操作の事故の主要因である。特殊機材の操作は，適正な手順に応じて行った場合は比較的簡単であるが，建設技能者よりもより高い技能レベルの技能が求められる。鉄筋工，型枠工，支保工およびコンクリート打設等のすべての橋梁建設作業の標準的な技能に加えて，特殊架設機材の操作は複雑で合理的な機械の操作技能が必要とされる。

安全上の事故を削減するには，オペレーターのみならず，作業員全員が建設プロジェクトのすべての面において訓練され，操作上の限界を理解する必要がある。作業員はまた，構造物と架設機材との相互作用の複雑さと承認された操作手続きを遵守することの重要性を操作ミスがもたらす結果の重要性とともに理解する必要がある。現場における操作にともなうリスクを低減するためにいくつかのステップが取られる。最重要項目の一つは，同種機材を用いたプロジェクトに関して経験豊富で有能な監督的地位のスタッフを配置することである。この監督的立場のスタッフは，プロジェクトに携わる労働者の訓練と承認された手順を尊重し，遵守することを命じることができる者である必要がある。

作業開始時における日次の危険予知活動および作業内容に関する打ち合わせは，大変有用である。これらのミーティングにおいて，監督的立場のスタッフおよび作業員が，当日の予定作業に関して話し合うことで，安全意識と危険因子の認識とともに作業員の意識向上と特別な

場合や特別な手順に関する認識が生まれる。この過程は，とくに新規入場者が加わったときや多能工が作業シフトする場合に役立つ。同様の詳細な訓練のための会合がすべての新規活動の開始時に開催されるべきである。訓練の実施は，監督的立場のスタッフにより行われるべきである。熟練し，訓練を受けた労働者は，安全およびプロジェクトの成功に対して多大な貢献を行う。

適切な訓練のための会合では，プロジェクト管理者は，異なるレベルの責任と権威を有する有能なスタッフに指示を出す。チェックリストと管理様式が，有能な人材によって利用され，署名されるべきである。日次および定期的な検査と維持管理予定表は，遵守され，適切に文書化されるべきである。プロジェクト管理者はまた，プロジェクトにおける検査者の役割を認識すべきであり，彼らの参加を歓迎し，作業が適切に進められているかを評価できるような，すべての必要な道具，過程および手順を提供すべきである。

写真 - 5 ～ 8 は，現場における操作ミスにより事故やニアミスが発生した事例を示している。

写真 - 5　長期間使用されていなかったアンカーの整備不良による架設桁の崩壊

写真 - 6　引張弦材の欠落による架設桁の崩壊

結　　論

標準的な技術と施工および最善を尽くすことにより，特殊架設機材を用いた橋梁の建設は，複雑で優美な形状の橋を造るうえで安全，効率的かつ有益な方法となる。上記の最善策は，最高のチーム編成，第 3 者による審査，QA/QC および検査チームへの権限付与，訓練と証明書の要求およびチェックリストの活用を含むものである。

本稿では，いくつかの事故に対して焦点をあてたが，上記の技術的，施工的な最善を尽くすことで安全かつ成功裏に竣工しているさらに多くの特殊架設機材を用いたプロジェクトが存在していることを心に留めておくことが重要である。これらと同様の広範な実践は，方法のいかんに関わらず，すべての現場における事故を低減する。

安全と品質は会社文化であり，各階層のチームのリーダーシップに浸透させる必要がある。労働者が安全と品質を認識することは，プロジェクトを成功に導くための障壁ではなく，むしろ必要不可欠な道具である。チームのリーダーシップは，具体例をもとに示されなければならない。

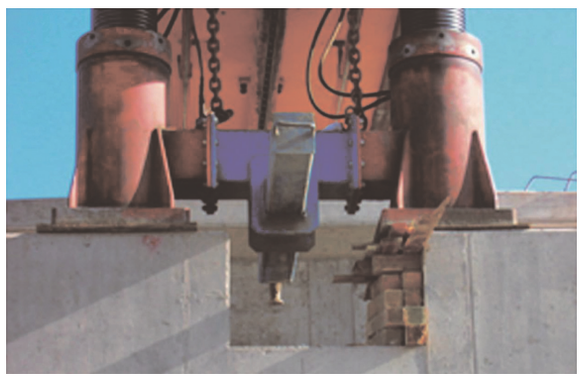

写真 - 7　不適切な支持によるニアミス

写真 - 8　木製キャンバー材の使用による支持部の崩壊

＊：会誌編集委員会海外部会委員
藪本　　篤（首都高速道路㈱）
秋山　　博（㈱銭高組）
白浜　　寛（鹿島建設㈱）
友成　弘樹（㈱ IHI インフラ建設）
横田　　剛（㈱ピーエス三菱）

【2013 年 4 月 9 日受付】