

リスクマネジメントによるポステン桁の架設計画

－竹佐連絡道路PC上部工事－

名古屋支店 土木工事1部 岡林秀勝
名古屋支店 土木工事1部 宮崎哲哉

概要：国土交通省発注の三遠南信竹佐連絡道路PC上部工事は、建設中の三遠南信道路のアプローチ道上にポストテンション方式PC単純桁橋を架設する工事である。発注時の架設方法は架設桁と2台の移動式クレーンを用いる併用架設工法であったが、縦断勾配が大きいこと(6%)、橋台背面を使用できないこと、第三者が通行する仮橋と近接していること、架橋下が工事用道路として使用されているなどの条件から、架設方法を再計画することが求められた。架設工法を再検討した結果、移動式クレーン1台による単吊り架設を採用することとなった。しかし縦断勾配が大きい主桁の単吊り架設は社内においても施工実績が少なく、架設時のリスクが高いと考えられたため、予防対策に重点をおいたリスクマネジメントを実施し、架設計画を行った。本稿はリスクマネジメント手法を適用したPC桁架設工事について報告するものである。

Key Words：リスクマネジメント、予防対策、リスクの抽出、単吊り架設

1. はじめに

近年「リスク」や「リスクマネジメント」の言葉が、社会的に広く関心を持たれるようになってきており、金融、投資分野や航空宇宙、原子力分野等への導入が広がりつつある。

リスクマネジメントの目的は予め想定したリスクに対し、そのリスクを低減する方法を検討することにより、大きなリスクを回避することにある。土木分野においてはリスクマネジメントの適用は検討され始めたばかりの段階であり、工事の施工段階においては多くの不測の事態が存在するにもかかわらず、リスクを特定することが行われず、工事担当者の経験や勘にゆだねられていることが現状である。従って、多くのリスクが内在する施工段階において、リスクマネジメントを実施し、リスクの存在を整理し、認識することは施工リスクを低減するために有効であると考えられる。本工事では架設計画の立案に際し、リスクの低減を図ることを主たる目的としてリスクマネジメントを実施した。

2. 架設計画

本工事は国土交通省発注の三遠南信自動車道のアプローチ道に架かる跨道橋の架設工事であり、構造形式はポストテンション方式PC単純桁橋(セグメント工法、橋長31.0m、主桁重量75t/本、縦断勾配6%)である。発注時の架設方法は架設桁と2台の移動式クレーンを用いる併用架設工法であった。しかし、架橋下が工事用道路として使用されており、主桁の架設作業中は工事用道路を通行止めとする必要があり、工事用



岡林秀勝



宮崎哲哉

道路占有に伴う関係工事への影響を最小限に抑えるため架設工法の再検討を行った。工法の選定は併用架設、移動式クレーン架設、架設桁架設の3案について経済性、施工性、安全性、他工事への影響について行い、総合的に比較した結果、第3案の移動式クレーン架設を採用した。

表-1 架設工法選定表

項目	第1案 移動式クレーンと架設桁による併用架設	第2案 移動式クレーン架設	第3案 架設桁架設
概要	架設桁上で主桁組立を行い移動式クレーンを用いて架設する。	架設地点近傍の主桁組立ヤードで主桁組立を行い移動式クレーンを用いて架設する。架設ヤードの制約上、移動式クレーン1台を使用する単吊り架設となる。	架設桁上で主桁組立を行い門型架設機を用いて架設する。
経済性	架設桁と移動式クレーンの両方が必要となるが②案より小さい移動式クレーンで架設可能である。	移動式クレーン1台のみでの架設となるが最も大きい移動式クレーンが必要となる。別途、主桁組立ヤードの軌道設備が必要となる。	架設用の大型の移動式クレーンが不要でありこのケースでは最も安価であった。
施工性および安全性	架設桁の縦断勾配が大きくなるため架設桁のかき上げが必要である。	相吊り架設であれば特別な問題は無いが単吊り架設であるので吊り装置、縦断勾配の対処等の検討が必要である	橋脚上に門型架設機を設置する必要があり背面が一般道路であり控え索の設置が困難である。
工程	主桁組立・架設に要する日数は7日である。	主桁組立・架設に要する日数は6日である	主桁組立・架設に要する日数は11日である。
他工事への影響	架設桁設置から主桁組立・架設および架設桁撤去までの間、工事用道路と占有する必要があり、占有日数は7日である。	架設作業日のみの工事用道路占有となる。占有日数は2日である。	架設桁設置から主桁組立・架設および架設桁撤去までの間、工事用道路と占有する必要があり、占有日数は11日である。
総合	△	○	×

移動式クレーン架設の場合、本工事のように縦断勾配が大きく、桁長30m超級のPC桁の架設では移動式クレーン2台による相吊り架設が一般的であるが、架設ヤードの制約があり、移動式クレーンの配置スペースが確保できないため1台の移動式クレーンを使用しての単吊り架設を行う必要があった。このようなケースにおける移動式クレーン1台による単吊り架設の事例は社内でも施工実績が少なく、また確立された安全な施工方法は定められていなかった。そこでPC桁の架設作業において内在するリスクを整理し、リスクの存在を認識することによってリスク低減を目的としてリスクマネジメントを実施し、架設計画を行った。

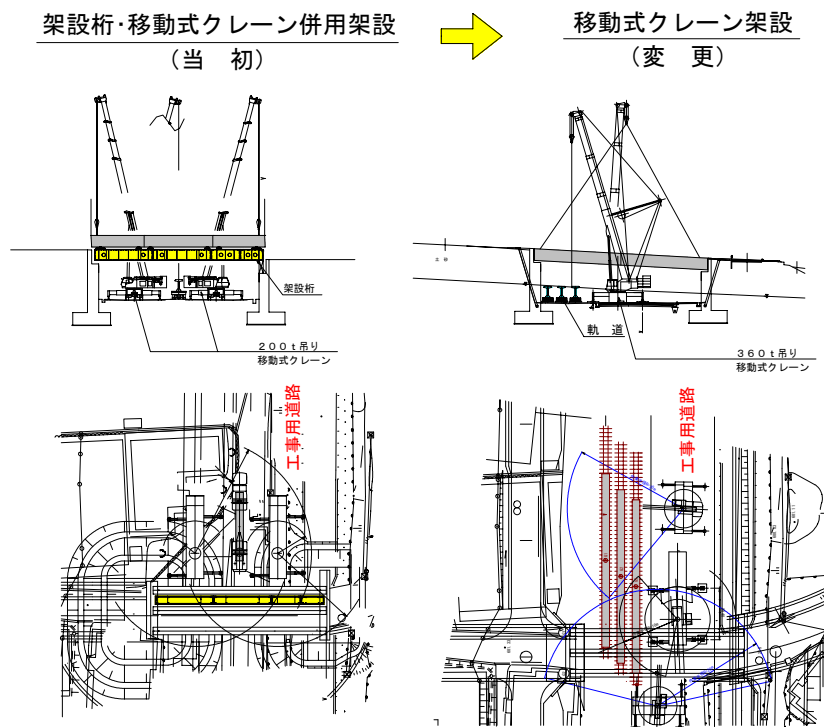


図-1 架設工法変更

3. リスクマネジメント

3.1 リスク低減

一般的にリスクの大きさ (R) はリスクの発生確率 (P) とリスクが発生した場合の損失 (C) の積として評価される。

$$\text{リスク (R)} = \text{発生確率 (P)} \times \text{損失 (C)}$$

リスクを低減させる対策には、大別して「予防対策」と「軽減対策」があり、予防対策はリスクの発生確率 (P) を小さくする対策であり、軽減対策はリスクが生じたときの損失 (C) を小さくする対策である。また、前式で算出されるリスク (R) がリスク低減策によって生じるコストより小さい場合は、リスク低減策を実施しない方が得策となる。

架設計画において、架設作業中に生じる不具合は許容できない大きな人的、物的損失に直接結びつく。そこで本工事の架設計画の作成にあたり、リスクの発生確率を低減することに重点を置く、予防対策によるリスクマネジメントを実施した。本工事では、リスクマネジメントを実施するにあたり下記の事項を前提とした。

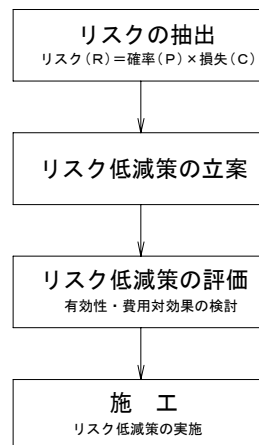


図-2 フローチャート

- 1) 現時点でリスクの発生確率を数値的に特定することは困難であるため、リスクの発生確率 (P) と損失 (C) は3段階のレベルとして評価した。
- 2) リスクの低減策は、実現可能なすべての案を想定し、費用対効果を考慮して評価した。
- 3) 施工検討会を実施し、リスク低減策の有効性・妥当性について検証することで、工事担当者の主観のみの判断に陥らないよう多角的・多面的に評価した。

3.2 リスクの抽出

抽出したおもなリスクは下記の通りである。

表-2 リスク評価表 (抜粋)

リスク項目	リスク要因	リスク			リスク低減策	費用	低減後リスク		
		P	C	R			P	C	R
吊り装置の破断により桁が落下し損傷する	吊り装置への曲げ荷重				吊り金具をピン構造とする	1	1	3	3
	吊り装置のずれ	3	3	9	吊り金具を緊張により一体化する	2	3	3	9
	縦断勾配の変化				吊り金具を低強度の太径の部材とする	1	2	3	6
縦断勾配の調整時に桁が縦ぶれし損傷する	地切り時の勾配の変化				組立ヤードを主桁勾配に設置する	3	1	3	3
	左右のワイヤー長の長さの違い	3	3	9	チェーンブロックを使用する	1	3	3	9
	縦断勾配の変化				勾配調整架台を使用する	1	1	3	3
オーバーストレスによりひび割れ座屈による桁の損傷	緊張力のばらつき	3	2	6	仮緊張を行う	2	1	2	2
					緊張力の割り増しを行わない	1	1	2	2
					弓張り緊張を行う	2	1	2	2

1) 吊り装置の破断によるP C桁の落下・損傷

吊り方向が斜めになるため、吊り装置の設置に誤差が生じた場合、吊り鋼材に曲げ荷重が作用し、強度低下により鋼材が破断する危険性がある。

2) 主桁吊り上げにおける地切り時の縦ぶれによる主桁の損傷

主桁組立ヤードにレベルに設置された主桁を6%の縦断勾配なりに吊り込むためには、左右の吊りワイヤ

一の長さを変える必要がある。この場合、左右の吊りワイヤーにかかる荷重が不均等となり、また左右のワイヤー長さの管理誤差に起因し、吊り点と主桁の重心のズレにより地切り時に急激な縦ぶれが生じ、主桁を損傷する危険性がある。

3) 主桁のオーバーストレス

セグメント工法では設計荷重時に目地部に引張応力を発生させないようにフルプレストレス状態となっているため、主桁架設時は、圧縮応力度が許容値に対して余裕のない応力状態となっている。また単吊り架設の場合、吊りワイヤーの張力が主桁の軸方向に主桁圧縮力として作用するため、これが合成応力度に加算され、吊り上げ時にはオーバーストレス状態を生じる危険性がある。

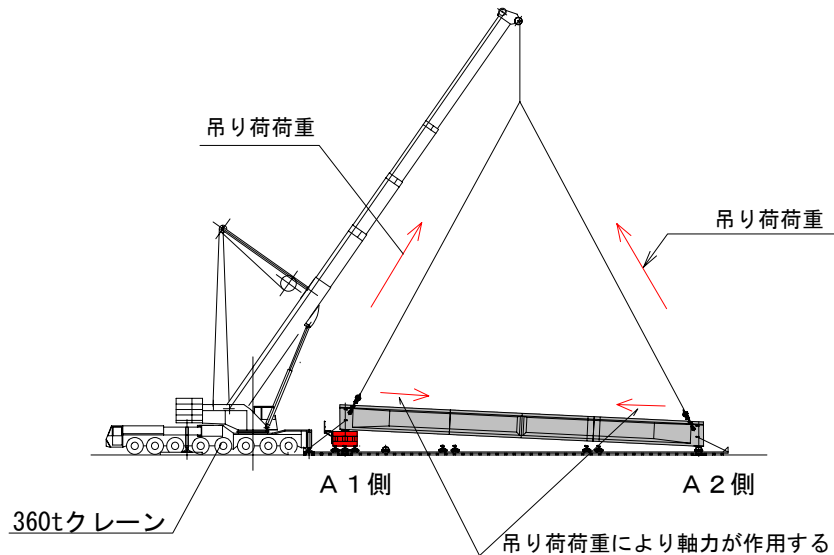


図-3 主桁吊り上げ時荷重作用図

3.3 リスク低減策

上記のリスクに対して下記の対策を立案した。

1) 回転に対してフレキシブルな桁吊り装置の採用

吊り角度の施工誤差を吸収する対策として、吊り装置を回転に対してフレキシブルなピン構造とした。これにより吊り鋼材には曲げ荷重が作用しない構造となり、吊り鋼材の破断の危険性を回避した。また、すべての主桁について主桁床板切り欠きの出来形形状を実測し、事前に吊り装置の設置に不具合が無いことを確認することとした。

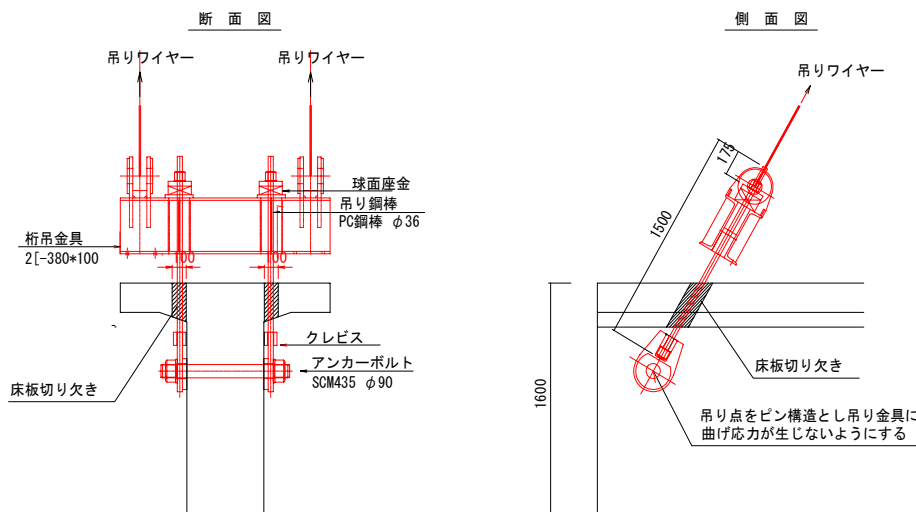
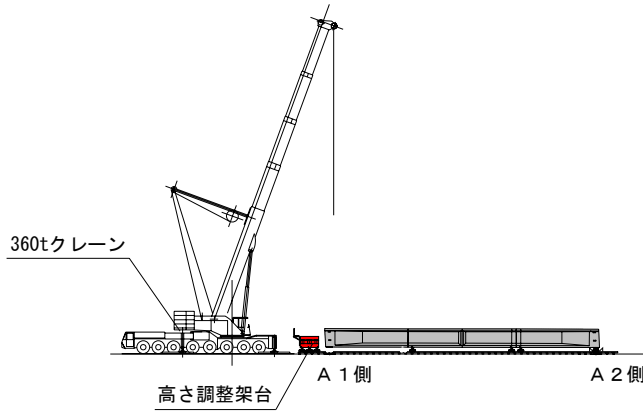


図-4 吊り金具詳細図

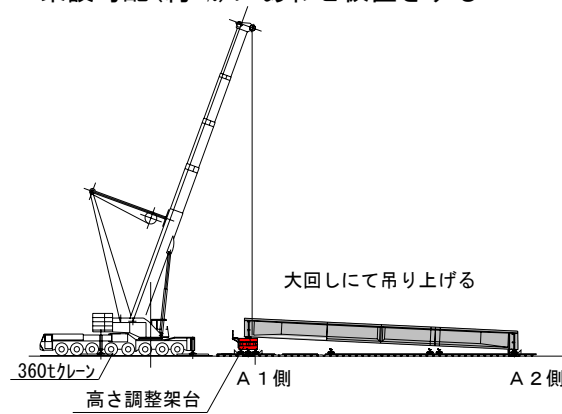
2)主桁縦断勾配の調整架台

勾配調整架台を用い、事前に主桁を吊り上げ時の勾配にあわせてから吊り込みを行うことで、地切り時に生じる縦ぶれを最小限に制御した。

【START】 主桁組立完了



【STEP1】 360tクレーンにて片側のみ吊り上げ高さ調整架台に乗せ主桁の勾配を架設勾配(約6%)にあわせ仮置きする



【STEP2】 このとき主桁が縦ぶれを起こさないようにチルホールにて固定する。

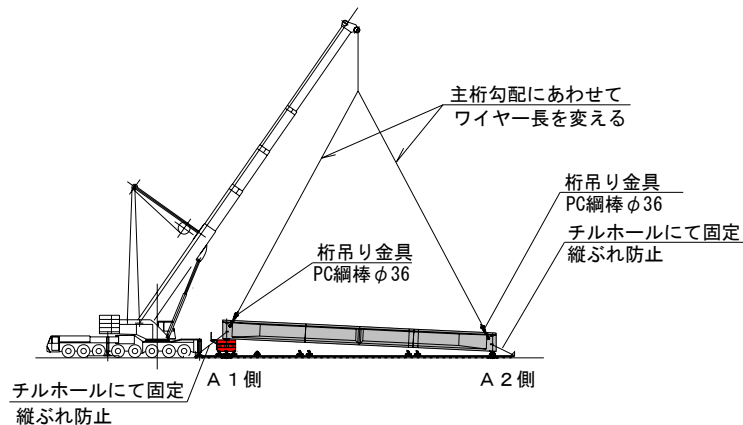


図-5 主桁勾配調整要領図

3)オーバーストレスの危険性の低減

通常のPC橋の場合、緊張管理はPC鋼材の見かけのヤング係数のばらつきを考慮し、緊張力の不足が生

じないよう設計値に対して3%多くプレストレスを導入するのが一般的である。また、架設時にオーバーストレスが生じる場合、PC鋼材の一部を架設後に緊張することでストレス量をコントロールする方法もある。しかし本工事では、架設時の主桁圧縮応力度が許容値に対して5%程度の余裕しか無く、また橋台パラペットも施工済みであり、後緊張は出来ない状態であった。そこで架設時に作用する付加応力も加味し、設計計算上3%の緊張力不足に対して主桁の安全性が確認できたため、緊張管理における3%の引き越しを行わない管理方法とすることで、架設時のオーバーストレスによる危険性を低減した。

3.4 リスク低減策の評価

架設計画を立案後、施工検討会を実施しリスク抽出・低減策についてその妥当性を検証した。施工検討会を実施することで、計画立案者の一面的なリスク低減策が多面的・多角的に評価され、リスクの大きさをより小さくすることが可能となる。



写真-1 主桁架設状況



写真-2 主桁架設状況

4. おわりに

近年、移動式クレーンの大型化はめざましく、吊り能力の面では十分に大型のPC桁についても単吊り架設が可能な状況が生じており、今後もさらに大型クレーンによる単吊り架設の機会は増加すると考えられる。しかし大型のPC桁の単吊り架設では、相吊り架設の場合とは全く違った様々な予期せぬ問題が生じる。本工事では単吊り架設作業に大きいリスクが内在すると考え、効果的なリスクの低減とリスクの抽出によるリスクの認識を目的としてリスクマネジメントを実施した。これにより効果的なリスクの低減を可能とし、実績の少ない、大きな縦断勾配を有する、桁長30m超級のPC桁の架設についてクレーン1台による単吊り架設の架設計画を立案し、不具合を生じることなく架設作業を完了することができた。

リスクマネジメントの工事施工への適用は、始まったばかりであり、理論的なマネジメント手法として確立するためには、今後多くの研究と実績を積む必要があり、結果をフィードバックすることによるリスク管理のレベルアップを図ることが重要である。本工事ではリスクの存在を整理し、認識することによって架設計画立案におけるリスクの低減に一定の成果を得ることができたと考えている。

参考文献

- 1) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物のリスクマネジメント研究委員会報告書，2005.9