

外ケーブルを併用した新強首橋の設計

佐藤 慶亀*1・中山 茂樹*2・登石 清隆*3

1. はじめに

新強首橋（仮称）は一級河川雄物川において、水害常襲地の被害解消を目的とした強首輪中堤整備事業の一環として架替えとなる、橋長400mの6径間連続PC箱桁橋である。本橋では建設コスト縮減などの見地から、建設省の新設橋梁施工では初めて外ケーブル方式が採用され、次の利点などにより全体事業費の低減や施工性、維持管理面での改善が

図られている。

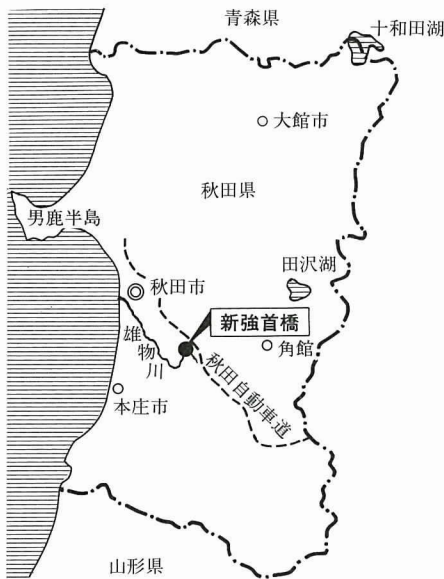


図-1 位置図

TC制度による検討体制

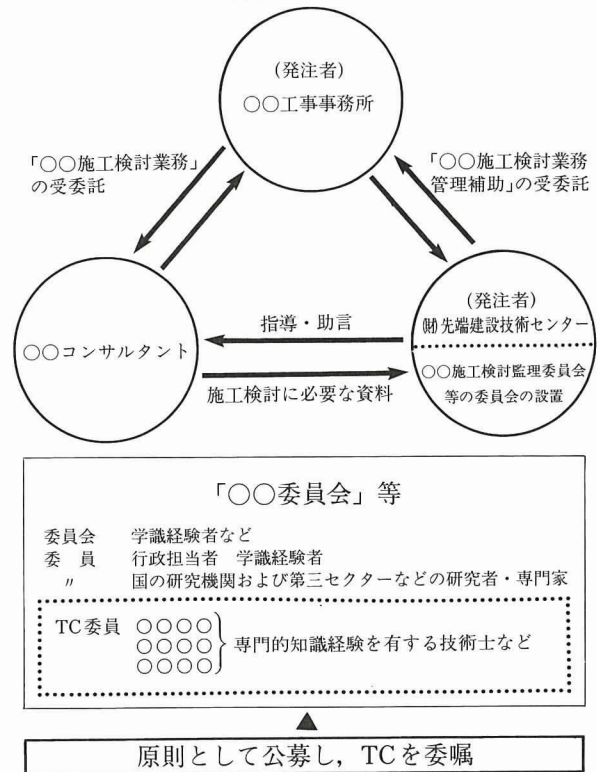


図-3 TC制度の概要

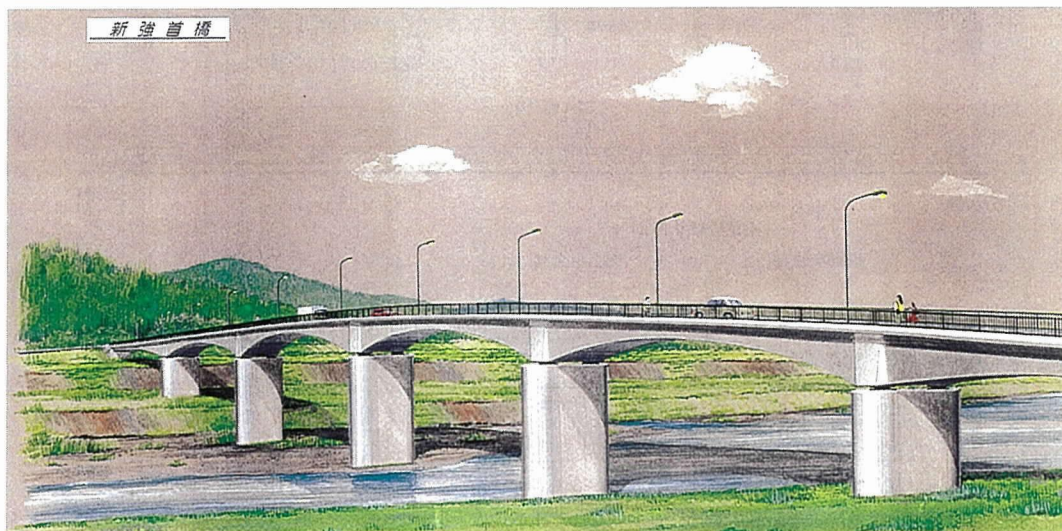


図-2 完成予想図

*1 Keiki SATO: 建設省 湯沢工事事務所 工務第一課 課長

*2 Shigeki NAKAYAMA: 前(助)先端建設技術センター 主任研究員

*3 Kiyotaka TOISHI: アジア航測(株) 道路・橋梁部

◆ 設計報告 ◆

- ① コンクリートウェブ厚を小さくすることによる自重軽減と経済性の向上
- ② コンクリート部材内の緊張材減少によるコンクリート打設などの施工性改善

外ケーブル構造は近年実績が増えており、平成8年「道路橋示方書(以下、道示)」に盛り込まれるなど、今後広く採用されていくものと考えられるが、建設省施工では実績がないこと、また、本橋は片持ち張出し施工(カンチレバー施工)で、橋梁規模も大きく、慎重な設計施工が求められていた。

このため本橋の設計・施工にあたっては、広く有識者から意見を聴取し、指導を受けるべく「新強首橋上部構造技術検討委員会(委員長:三浦 尚東北大学教授)」およびTC(Technical Cooperator)制度による「TCワーキング」を組織

し、外ケーブルの構造特性、維持管理、施工計画等について検討を行った。

本報告では、新強首橋の設計概要と、委員会やTCワーキングで検討された事項について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の全体形状図を図-4、設計条件を表-1に示す。当初設計における本橋の上部構造は、次のような方針で設計されている。

- ① 桁架設方法は、カンチレバー工法である。
- ② 内外ケーブル比率は、外ケーブルの有利性を発揮するため橋体自重は内ケーブルで、活荷重・橋面荷重は外ケーブルで対応することとした。中間支点上の内ケーブル量は、張出し完了時の荷重により決定している(表-2)。

表-1 上部工設計条件

路線名	一般県道淀川北野目線
道路規格	第3種第3級
設計速度	V=50 km/h
橋長	400.00m
支間長	(58.20+4×70.50+58.20) m
有効幅員	車道部: 8.50m 歩道部: 3.50m 全幅: 13.00m
斜角	A1:左78°/P1~P5:90°/A2:右85°
活荷重	B活荷重
雪荷重	100 kgf/m ²
上部工形式	6径間連続外ケーブル併用PC箱桁
下部工形式	橋台:逆T式橋台 橋脚:壁式小判形橋脚
基礎工形式	橋台:場所打ち杭 橋脚:圧入オープンケーソン
設計震度	B地域 II種地盤 重要度B種
架設時震度	水平 kh=0.1 鉛直 kv=0.05
架設工法	カンチレバー工法

表-2 内外ケーブルの比率

	PC鋼材重量	比率
内ケーブル	72t	46%
外ケーブル	85t	54%
計	157t	100%

- ③ PC鋼材は検討の結果、施工性等から次の規格・仕様を用いた(表-3)。

表-3 PC鋼材の規格・仕様

名称	規格・仕様
内ケーブル	SWPR7B 12S12.7B
外ケーブル	SWPR7B 19S15.2B
横締め鋼材	SWPR19 1S28.6
鉛直鋼材	SBPR930/1 180 φ32

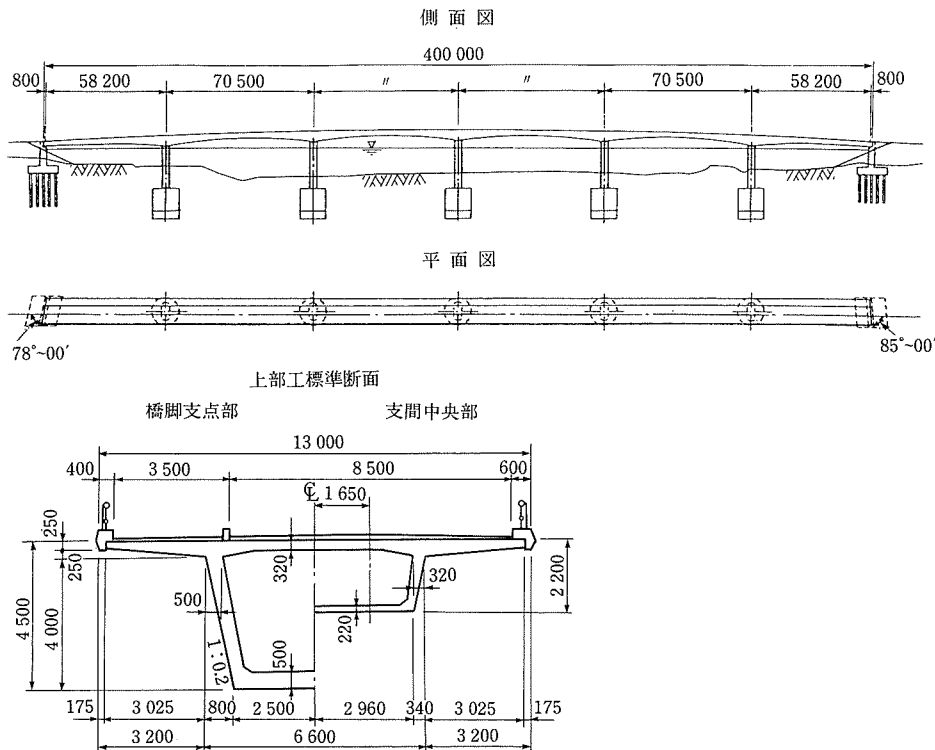


図-4 一般図

- ④ 内ケーブルのカンチレバーケーブルは、施工性等から上床版内のみのストレート配置とし、ウェブ内には配置しないこととした。主桁断面図を図-5に示す。
- ⑤ 主桁形状は経済性・景観などを考慮し逆台形断面とした。
- ⑥ 支点上の支承間隔が狭いため横桁を直角方向に広げ、格子解析により設計した。

に橋梁全体の耐久性向上やライフサイクルコストに配慮し、ミニマムメンテナンス化を目指した。これらの検討結

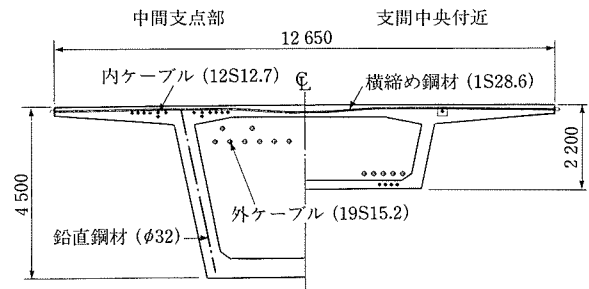


図-5 主桁断面図

3. 技術的課題と検討結果概要

TCワーキングおよび委員会において、技術的課題を構造関係、施工関係等に区分して抽出し、対策と改善案の提案を行った。ここでは外ケーブルに関することのほか、とく

表-4 新強首橋における問題点・課題とその対応策

項目	検討項目	現計画	重要度	問題点・課題	対策および検討案		
計画・構造関係	外ケーブル 構造設計	・曲げ破壊照査時は20kgf/mm ² の増加応力を考慮した設計となっている(ただし引張鉄筋を考慮しないケース)。	A	・応力増加20kgf/mm ² は破壊時モーメント再分配後に期待できるもので、設計終局荷重時の増加応力としては大きい。	・引張鉄筋を考慮すれば増加応力を0kgf/mm ² としても安全度は確保できることを確認した。 ・非線形解析を行って安全性を確認した。		
		・デビエーター通過ケーブルの曲げ付加応力を考慮していない。	B	・曲げて配置した緊張材の疲労強度は低下する。そのため、極力大きい曲率が望ましい。	・曲げ半径を大きくし、付加応力を考慮する。 ・エポキシPC鋼線など、曲げによっても十分な耐荷性能を有することが確認されていれば、問題とならない。		
	維持管理対応	・外ケーブルの取替え等は考慮していない。	A	・外ケーブルの利点を検討する必要がある。 ・取替えを考慮しない場合、防錆性能を高める必要がある。	・予備孔設置の対応とした。		
	防錆処理	・グラウト方式にて設計。	A	・近年の技術開発と、ミニマムメンテナンスを考慮した防錆対策の検討が望ましい。	・PE被覆エポキシPC鋼線とした。		
横締め	防錆処理	・グラウト方式にて設計。	A	・省力化および品質管理の向上が課題。	・プレグラウトPC鋼材を提案した。 ・横締め鋼材の防錆と橋面防水で、橋梁の耐久性は格段に向上する。		
施工関係	支 承	支 承	・予備せん断型支承としている。	B	・予備せん断量によっては高価になる可能性がある。	・後ひずみ型支承との比較を行った。	
		カンチレバー 施工	移動作業車重量	・一般型2主桁用75t考慮(型枠含)。	C	・工程上、冬期施工時の養生設備重量を考慮する必要がある。	・冬期施工時養生設備重量を考慮し、安全性を確認した。
			施工時積雪の検討		C	・架設時の雪荷重を考慮する必要がある。	・許容値までに対する応力余裕から逆算し、冬期管理の目安とした。
			側径間 支保工部	・支柱式支保工としている。	C	・H鋼杭の撤去が可能か。	・現参考図ではH鋼を切断しながら引き抜くことで可能。
		閉合吊り支保工	・一般的な吊り支保工としている。	A	・閉合部の工程短縮。	・ワーゲンを使用した閉合部施工方法を比較検討した。	
	施 工 工 程	施工工程が変更になった場合の照査	・工程表に基づくクリープ係数にて計画している。	C	・大きな工程変更や施工手順変更がなければ、上越し管理値の変更のみで一般に問題ない。	・大きな変更については設計照査が必要。	
		現計画工程	・標準稼働効率を考慮した日数により作成している。	A	・低水路進入可能率76%および搬入路復旧を考慮すると厳しい。 ・移動作業車の連続した転用を考慮するのがよい。	・下記条件により、工程を再検討した。 1) 稼働率を60%とする(不稼働日数考慮した工程の見直し)。 2) 移動作業車の休止期間を短くした工程を検討する。	
		施 工 管 理	外ケーブル工		C	・横桁部および偏向部における保護管位置と方向性の確保。 ・保護管の接続の確実性(グラウト漏れの防止等)。 ・導入張力の確認方法。	・詳細な計画を立案した。
			コンクリート工		C	・凍結防止剤を散布するため、防水層のほかコンクリートの配合に注意する必要がある。	・桁、地覆に用いるコンクリートの空気量、W/Cなどについて検討した。
		グラウト品質管理		C	・冬期、夏期におけるコンクリートの品質の確保。	・対応策を検討した。	
	河床道路計画	・盛土による工用道路としている。	A	・グラウトの施工、品質の確認が重要である。	・PCグラウト施工マニュアル(1996)などにより管理する。		
河床道路計画			A	・増水時および復旧を考慮した道路構造の検討が必要である。 ・河床道路を必要としない工法検討も検討する必要がある。	・河床道路構造についての検討を行った。		
維持管理関係			C	・実施事例が少なく、点検などの維持管理方法が確立していない。	・外ケーブルの点検方法について検討した。		

重要度 A：計画上最も重要となる事項，B：変更検討が必要な事項，C：原案でも対応可能な事項

果の概要を表-4に示し、主な事項を次に示す。

(1) 外ケーブル構造設計

- ① これまでの外ケーブル併用道路橋の事例を収集し、解析手法や維持管理対策などについて整理した。道路橋の事例では天ヶ瀬橋以来、複合構造や斜張橋などに採用され、施工中の橋を含めて39橋となる(図-6)。
- ② 曲げ終局時の非線形解析を実施し、安全度を確認した。解析結果については次章にて示す。

(2) 維持管理および耐久性向上

- ① 「橋梁」に対する設計施工の信頼性から、外ケーブル構造の利点の一つである取替えは前提とせず、不測の事態に対する予備孔設置に留めた(表-5)。
- ② 外ケーブル保護構造は防食性能、施工性、経済性などの面から検討し、PE被覆エポキシPC鋼より線とした(表-6)。
- ③ 横締め鋼材は施工性、経済性について比較検討し、定着端部の防錆にも配慮したプレグラウトタイプとした。
- ④ 橋面排水は、床版の耐久性向上の重要な要素となることから、地覆部の鋼製排水溝と橋面防水層を設置し

た。また、さらに亜鉛メッキは永久処理でないとの認識に立ち、橋体に組み込まれる排水受皿はFRP製とし、かつ桁側面を汚しにくい排水溝の構造とした。

- ⑤ 桁端部では、点検および作業スペースとして幅50cm確保するものとした。

(3) 支 承

予備せん断型支承と、近年事例が増えている後ひずみ型支承を比較検討した。その結果、本橋においては同程度の経済性となったため、現場作業の少ない予備せん断型支承とした。

(4) 閉合吊り支保工

閉合部の施工は、一般的な吊り支保工と移動作業車による閉合とを比較検討し、経済性・施工性の観点から後者の施工法を適用した。

(5) 冬期施工時の検討

移動作業車の冬期養生設備重量および積雪荷重に対する検討を行った。

(6) 搬入・工程計画の検討

河床道路構造について検討し、橋脚周りは大型土のうによる法面保護盛土、通行路の横断部は一般盛土とすること

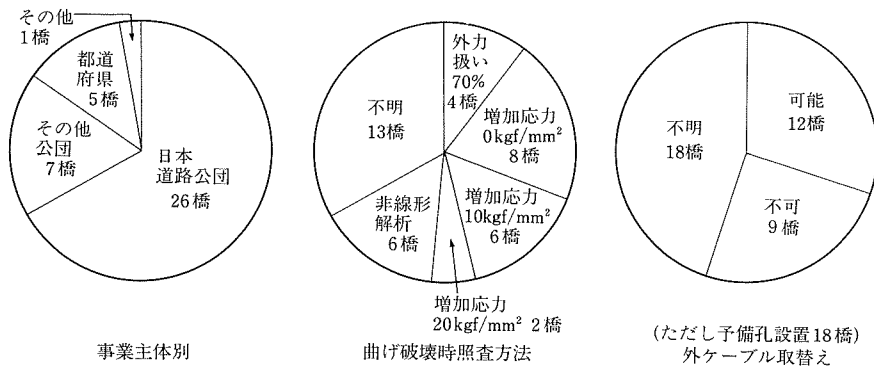


図-6 外ケーブル併用橋事例調査の整理(全39橋)
(TCワーキング調査結果 1998.10 現在)

表-5 新強首橋における外ケーブル構造の維持管理対応比較表

	予備孔設置案	ケーブル取替え案(その1)	ケーブル取替え案(その2)
設計の考え方	• 構造物の劣化等不測の事態に対して、外ケーブルを追加配置できる構造とする。	• PCケーブルの不測の事態に対しては、ケーブルの取替えを前提とし、桁端部の再緊張は主桁内に定着突起を設置する案。	• PCケーブルの不測の事態に対しては、ケーブルの取替えを前提とし、桁端部の再緊張は橋台パラベット背面に緊張室を確保する案。
概略図	<p>予備孔の設置図</p> <p>中間支点上 径間中央部</p>	<p>主桁内突起定着図</p>	<p>橋台背面緊張室配置図</p>
利 点	• 構造物の劣化等不測の事態に対して、比較的容易に対応できる。	• PCケーブルの腐食等の事態に対応できる。 • 主桁内で取替え作業ができる。	• PCケーブルの腐食等の事態に対応できる。 • 数本のケーブル取替えが可能である。
対応する事項	• 各偏向部と定着部に予備孔を設置する。	• 取替え可能な定着具と偏向部とする。 • 定着突起を追加できる構造とする。	• 取替え可能な定着具と偏向部とする。 • 橋台背面に緊張室を設置する。 • 落橋防止装置の再検討が必要。
全体評価	橋梁の設計施工に対する信頼性などから、外ケーブルの取替えを前提とした設計ではなく、不測の事態に対する予備孔設置の計画とする。		

表-6 新強首橋における外ケーブル保護構造比較表

分類	グラウト	ノングラウト				
	PC鋼より線 +セメントグラウト	アンボンド (グリース+PE被覆)	エポキシPC鋼より線	エポキシPC鋼より線 +PE被覆	マルチアンボンド (PC鋼より線+グリース +PE被覆)	
施工分類	現場製作+セメントグラウト	現場製作	現場製作	現場製作	工場製作	
ケーブル断面概念図						
ストランド断面概念図						
防錆仕様	自由長部	セメントグラウト+PE管	グリース+PE被覆	エポキシPC鋼より線	エポキシPC鋼より線+PE被覆	グリース+PE被覆(内装) +PE被覆(外装)
	偏向部	外管：鋼管 内管：PE管+グラウト	外管：鋼管 内管：PE管+グラウト	外管：鋼管 内管：PE管+グラウト	外管：鋼管 内管：無(グラウト不要)	外管：鋼管 内管：無(グラウト不要)
	定着部	・グラウト	・グラウト	・グラウト ・エポキシ対応の定着体が必要	・グラウト ・エポキシ対応の定着体が必要	・グラウト
PC鋼材の挿入方法	・一括挿入ができない。	・一本ずつ挿入のほか、一括挿入が可能で工期短縮が図れる。	・一本ずつ挿入のほか、一括挿入が可能で工期短縮が図れる。	・一本ずつ挿入のほか、一括挿入が可能で工期短縮が図れる。	・一括挿入のみの施工で、ケーブル長によっては大容量クレーンが必要。	
実績	18橋	3橋	8橋	5橋	3橋	
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・施工実績が多い。 ・ストランドの取扱いに特別な配慮が不要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・材料費のみのコストは低い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・エポキシ被覆の信頼性が高い。 ・ストランドの目視点検が容易。 ・耐フレッチング性能に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・エポキシ被覆の信頼性が高い。 ・偏向部のグラウト作業がない。 ・偏向部の腹圧に対しPE被覆によりエポキシが保護される。 ・耐フレッチング性能に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・3重防食(定着部1重防食)。 ・偏向部のグラウト作業がなく、簡素化できる。 ・耐フレッチング性能に優れる。 	
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・PCより線間が接触状態にあり耐フレッチング性能が劣る。 ・PE管設置やグラウト作業が手間。 ・一括挿入ができない。 ・グラウトの品質確保が難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・偏向部の腹圧に対しPE被覆が損傷し耐久性に問題がある。 ・端部のPE被覆剥離とグリース除去が必要。 ・偏向部のグラウトが必要。 ・施工実績が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・偏向部のグラウトが必要。 ・ストランド挿入時のエポキシ鋼材の取扱いに配慮が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工実績がまだ少ない。 ・端部のPE被覆剥離が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・端部のPE被覆剥離とグリース除去が必要。 ・定着部は1重防食。 ・施工実績が少ない。 	
評価	○	△(偏向部があるため適用不可)	○	◎	○	

を提案した。また積雪寒冷地であることや、低水路進入可能日数などの河川条件から、作業不能日を考慮した工程計画を検討した。

(7) 外ケーブルおよびコンクリート工の施工管理方法

外ケーブル固有の留意点について整理し、また積雪寒冷地であることなどから、コンクリート施工における耐久性向上のための留意点などについて整理した。

(8) 外ケーブルの維持管理方法

外ケーブルの点検方法及点検リストを作成した。

4. 非線形解析

4.1 概 要

外ケーブルを有する橋梁は、外ケーブルがコンクリートと付着していないため、平面保持の仮定が適用できず、部材の変形に伴う張力増加は内ケーブルと同様には見込めない。

これまでの研究成果などからは、終局荷重作用時の外

ケーブルの張力増加はある程度見込めると考えられ、海外では基準値を設定しているところがある。国内における実施例を見ると、終局荷重作用時の検討において安全側に外ケーブルの張力増加を無視したり、あるいは、張力増加を+10kgf/mm²、または+20kgf/mm²を見込んで設計を行っているというように、設計方法が確立されていないのが現状である。この張力増加の算定は、非線形解析により求めることができ、その解析手法としては次の手法が考えられる。

- ① ファイバーモデルを用いたフレーム解析
- ② ソリッド要素を用いた有限要素解析
- ③ 断面のM-φ関係を用いたフレーム解析

国内ではこれまで岩滑沢橋、添川高架橋、開明高架橋など数橋が、非線形解析を行って安全性を照査しており、その実施例を見ると軸力変動・2軸曲げなど、任意の荷重経路を取り扱うことができる①の方法が採用されている。本橋でもこれにより解析を行い、安全性を確認することとした。

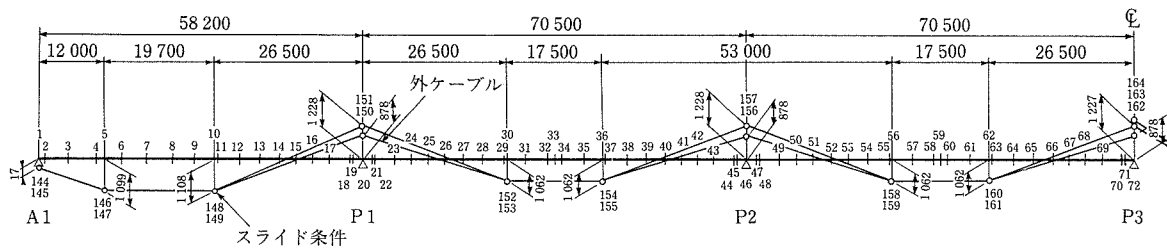


図-7 解析モデル

4.2 解析モデル

解析モデルは6径間全体モデルとして、各外ケーブルごとに偏向部は安全側に可動、定着部のみ固定とするスライドモデルとした。着目断面は対称構造であることから第1径間 M_{max} 位置、P1支点上および第2径間中央の3断面とした。コンクリート、PC鋼材、鉄筋の応力-ひずみ曲線は、土木学会「コンクリート標準示方書」に準じて、トリリニアカーブでモデル化した。骨組みモデルを図-7に示す。

照査方法は終局荷重状態の荷重係数を漸増していき、破壊時の荷重係数が、照査係数である1.7または2.5以上となることを確認することで照査とした。

設計荷重作用時	$1.0 \times (D+L) + P$	$1.3 \times D + 1.0 \times L + P$
終局荷重作用時	$1.7 \times (D+L) + P$	$1.3 \times D + 2.5 \times L + P$
破壊時	$\gamma_u \times (D+L) + P$	$1.3 \times D + \gamma_u \times L + P$
照査式	①式	②式
照査方法	$\gamma_{u1} > 1.7$	$\gamma_{u2} > 2.5$

4.3 解析結果

解析結果の一例を図-8に、安全度と外ケーブル鋼材の増加応力度を表-7に示す。

解析結果をまとめれば次のようになる。

- ① 本橋では所要の終局曲げモーメント以上の曲げ耐力があり、安全であることが確認できた。
- ② 本橋においては、「道示・同解説」による終局荷重作用時荷重係数 ($\gamma=1.7$ または 2.5) に達したときの外ケーブル増加応力度は、 $3 \text{ kgf/mm}^2 \sim 9 \text{ kgf/mm}^2$ 程度となった。また破壊レベルでは $20 \text{ kgf/mm}^2 \sim 50 \text{ kgf/mm}^2$ となり、設計計算で想定したレベル (20 kgf/mm^2) 以上の増加応力が確認できた。ただし、この破壊時の桁の変位量は、約 1.5 m に達していることに注意する必要がある ($y/L \div 1/40$)。
- ③ 第1径間中央付近の照査断面において、A1からP1間の1径間長外ケーブル (1径間鋼材) と、A1からP2間の2径間連続外ケーブル (2径間鋼材) では、ケーブル長の長い2径間鋼材の方が、増加応力度が小さくなった。これは偏向部をスライド条件としていることにより、桁の変形に伴う外ケーブル鋼材の伸び量が、ケーブル全長に平均化されたことによると考えられる。
- ④ 本橋では、終局荷重作用時の外ケーブル鋼材応力増加量をゼロとしたうえで、引張鉄筋を見込んだ曲げ破壊安全度の照査において安全であることが確認されており、耐力上の問題は無い。

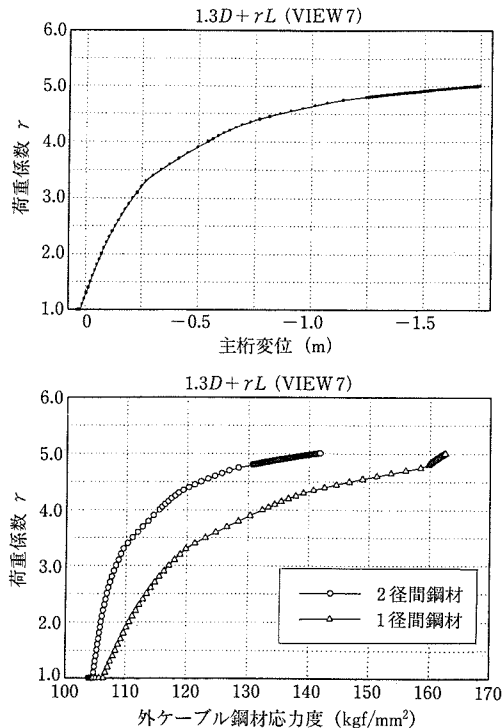


図-8 非線形解析結果 (第1径間 M_{max} 断面)

表-7 安全度の結果と外ケーブル鋼材の増加応力度

		第1径間	P1支点	第2径間	
道 示 荷 重 係 数 時	照 査 式	②式	①式	②式	
	照査荷重係数	2.5	1.7	2.5	
	増加応力度 (kgf/mm ²)	2径間鋼材	4.0	6.7	2.5
		1径間鋼材	11.8	5.7	—
平均		8.7	6.1	2.5	
破 壊 時	照 査 式	②式	①式	②式	
	破壊時荷重係数	4.91	2.51	5.17	
	増加応力度 (kgf/mm ²)	2径間鋼材	33.8	23.4	20.6
		1径間鋼材	59.6	20.2	—
		平均	49.3	21.5	20.6
主桁変位 (m)		1.5	—	1.0	

表-8に本解析結果と、これまで公表されている事例の解析結果を一覧表にして示す。

5. 施工管理方法

外ケーブル構造の実績は急速に増えつつあるが、現在施工管理における規準等が確立していないため、外ケーブルに関する施工管理方法を検討し、固有の留意点を整理した。また橋梁のライフサイクルコスト低減には、とくにコンクリートの耐久性確保が重要と考え、コンクリートの施

表-8 非線形解析の他事例との比較

橋名	形式	施工方法	非線形解析			
			解析モデル	解析手法	解析結果	外ケーブル増加応力度 (kgf/mm ²)
岩滑沢橋	6径間連続箱桁	押し出し工法	部材評価法	ファイバーモデルを用いたフレーム解析	$\gamma = 2.31 > 1.7$ ①式	ケーブル長 200 m のとき $\sigma_p = 25$ ケーブル長 100 m のとき $\sigma_p = 50$
					$\gamma = 1.7$ のとき	ケーブル長 200 m のとき $\sigma_p = 5$ ケーブル長 100 m のとき $\sigma_p = 6$
添川高架橋	2径間連続箱桁	支保工施工	部材評価法	ファイバーモデルを用いたフレーム解析	$\gamma = 2.08 > 1.7$ ①式	$\sigma_p = 40$
開明高架橋	3径間連続 ラーメン箱桁	支保工施工	部材評価法	ファイバーモデルを用いたフレーム解析	$\gamma = 2.7 \sim 2.9 > 1.7$ ①式	
新強首橋	6径間連続箱桁	片持ち施工	部材評価法	ファイバーモデルを用いたフレーム解析	$\gamma = 2.51 > 1.7$ ①式	ケーブル長 140 m のとき $\sigma_p = 21 \sim 33$
					$\gamma = 4.91 > 2.5$ ②式	ケーブル長 70 m のとき $\sigma_p = 20 \sim 60$
					$\gamma = 1.7$ または 2.5 のとき	ケーブル長 140 m のとき $\sigma_p = 3 \sim 7$ ケーブル長 70 m のとき $\sigma_p = 6 \sim 12$

①式…… $M_u = \gamma \times (M_d + M_i)$, ②式…… $M_u = 1.3 \times M_d + \gamma \times M_i$

工管理上の留意点を整理した。その要約を以下に示す。

5.1 外ケーブルの施工管理方法

(1) PC鋼材の取扱い

各ケーブルを明確に識別できるようにし、組立ては中間支持点などを設けて施工する。また運搬、保管時に有害な変形、損傷を受けないよう取り扱う。

(2) 定着部および偏向部の施工

定着部支圧板は、緊張材と直角になるよう取り付け、偏向部はケーブルの折れなどに大きく影響するため、精度よく施工する。

(3) 緊張管理

緊張管理は、内ケーブルと比較し摩擦損失などが小さいことから管理は容易であり、ポンプのマノメータ示度と鋼材の伸び量により管理する。また摩擦係数は $\mu = 0.3$, $\lambda = 0$ とする。

(4) 防錆材の注入

ロングラウトタイプで定着部のみ防錆材注入する場合は、端部のシーリングを確実にを行う。

5.2 コンクリート工に関する施工管理

本橋の架設地点は秋田県内陸部に位置し、寒冷地であるため凍結融解作用や路面凍結防止剤散布による塩化物作用を受ける厳しい環境条件下である。ここでは耐久性向上のための一般的留意点および管理方法のほか、とくに検討した事項の概要を示す。

(1) 生コン工場の選定方法

生コン工場は、JIS指定および「全国生コンクリート品質監査保証工場」の中から選定する。また架橋位置付近に保証工場がない場合の選定基準として、定量的に判断できる具体的な方法を示した。

(2) 配合計画上の留意点

地覆コンクリートはとくに厳しい環境条件下にあるため、海洋コンクリートの規準に準じた水セメント比、空気量、単位セメント量を提案した。主桁コンクリートの水セメント比は一般に45%以下になるため、空気量5.0%を推奨し、また凍結融解作用に影響する骨材の吸水率についても基準値を示した。

(3) コンクリートの打設計画

コンクリート打設時の留意点と柱頭部、張出し部、側径間部の打設順序を参考として示した。

(4) 特殊な考慮を要するコンクリート

寒中および暑中コンクリートの施工上の留意点を示した。

(5) 主な劣化原因に対する耐久性対策

凍害、塩害、アルカリ骨材反応に対する対策と確認試験方法を示した。

6. 外ケーブル構造に関する維持管理方法

橋梁の維持管理は、基本的には「土木研究所資料 橋梁点検要領(案):昭和63年7月」に拠って行うことができるが、この要領には、外ケーブル構造に関する維持管理事項を定めていないことから、この部分について検討し維持管理方法を提案した。外ケーブル構造固有な部材として、定着部および偏向部、PC鋼材、保護管および防錆材に区分し、点検内容や判定基準、チェックリストを作成した。

7. おわりに

建設省施工では初めてとなる外ケーブルを併用した新強首橋の設計の概要と、委員会やTCワーキングで検討された事項について報告した。

外ケーブル方式は、建設コスト縮減を背景に鋼材保護の高耐久化や複合構造の普及発展などにより、今後ますます増えていくものと考えられる。本報告が今後の橋梁計画の参考となれば幸いである。

最後に、三浦委員長(東北大学教授)、川上委員(秋田大学教授)をはじめ委員各位には貴重なご意見とご指導をいただき、またTCワーキング委員各位には、設計施工維持管理まで詳細なご検討をいただいた。誌面を借りて厚く御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 畑, 佐藤, 中沢, 登石: 新強首橋の計画と設計, 第7回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.397~400, 1997.10
- 佐久間, 水上, 江川, 栗崎: 外ケーブル併用押し出し施工によるPC箱桁橋の設計(上)(下), 橋梁と基礎, Vol.29, No.4, pp.17~25, No.5, pp.26~35, 1995
- 佐藤, 渡辺, 鶴岡, 山本: 内外ケーブル併用プレキャストセグメント工法を適用した添川高架橋の設計, 第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.309~414, 1996.10
- 村田, 野田, 山村, 矢野: 全外ケーブル方式の連続ラーメン橋(開明高架橋)の設計施工, 第7回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.425~430, 1997.10

【1999年6月18日受付】