

ポストテンション鋼材の耐久性に関する ワークショップに参加して

以後 有希夫*

1. はじめに

ポステン PC 構造物の耐久性が我が国をはじめ、欧米諸国で大きな問題となってきた。この状況を背景に、IABSE の Working Commission 3 “コンクリート構造物” ならびに fib の Commission 9 “補強およびプレストレスの材料およびシステム” の共催により、“Durability of Post-tensioning Tendons (ポストテンション鋼材の耐久性)” に関するワークショップが 2001 年 11 月 15、16 日の 2 日間にわたりベルギーのゲントで開催された。日本からは、池田尚治教授 (横浜国立大学)、町田篤彦教授 (埼玉大学)、睦好宏史教授 (埼玉大学)、青木圭一氏 (日本道路公団)、濱田譲氏 (ドービー建設工業(株))、仁木敏彦氏 (住友電気工業(株))、以後有希夫 (著者、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会) の 7 名が参加した。ここでは、ワークショップの概略を紹介する。

2. 会議の概要

2.1 開催地ゲントの紹介

今回のワークショップは、ベルギーの首都ブリュッセルの西約 50 キロに位置するゲントで開催された。ゲントの起源は、7 世紀までさかのぼることができる。フランダース地方の中心都市で、別名「花の都市」と呼ばれ、5 年ごとに世界的に有名な国際フラワーショー「ゲント・フロラリー」が開催されることでも有名である。中世の面影を色濃く残す街でもあり、ギルドハウス、古城、荘厳な大聖堂などが街のいたるところに点在している。会場となった“Het Pand”は、

ゲント大学から徒歩 15 分程度離れた歴史的建造物が立ち並ぶ旧市街に位置し、レイエ川に面している。レイエ川側から臨んだ“Het Pand”を写真 - 1 に示す。この建物は、13 世紀に建設された修道院であり、500 年にわたり拡張しながらさまざまな様式に改装され、1991 年に補修・修復が完了した後は、450 人まで収容できる会議場として使用されており、130 人収容の食堂も備えている。館内の通路には歴史的価値のあるコレクションが無造作に飾られており (写真 - 2)、日本とはまったく異なる文化と思想の違いに大いに感銘を受けた。このような歴史的な雰囲気の中、古くて新しいポストテンション鋼材の耐久性に関する議論が活発に行われた。

2.2 Magnel コンクリート研究所

このワークショップは、ゲント大学の Magnel コンクリート研究所の 75 周年記念行事として、IABSE と fib の協賛により開催された。ゲント大学は 1817 年に創立したヨーロッパにおいては比較的歴史の浅い大学であるが、著名な科学者を数多く輩出している。研究所に名前を残す G. Magnel 教授もその一人であるが、彼は、PC 部材の設計に用いられるマグネル・ダイヤグラムや各国の PC 枕木に採用された Magnel 式定着法などを開発し、PC 分野において数多くの業績を残している。日本初のポストテンション方式 PC 桁は、この Magnel 式定着法を用いて、昭和 28 年に東京駅 6 番、7 番ホームに採用されたため日本でもその名はよく知られている。Magnel コンクリート研究所は、Magnel 教授により 1926 年に創設されたが、現在では 25 人のスタッフを有するベルギー最大のコンクリート研究機関である。ワークショップは、この研究機関スタッフのボラ



写真 - 1 Hed Pand の全景



写真 - 2 Hed Pand 内の廊下に展示された美術品

* Yukio IGO : (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 技術次長

ンティアの献身的な活動により運営された。

2.3 ワークショップの概要

ワークショップは国内外の学術講演会（シンポジウムやコンGRESS）とは趣旨が異なり、限定されたテーマについて比較的少人数の参加者が活発な質疑応答を通じて情報交換を行うことを目的としている。本ワークショップでは、各国を代表する 21 人の講演者を含め、70～80 人の参加者を予定していたが、実際の参加者は 94 人であった。プログラムのスケジュールでも多くの時間が質疑応答に割り当てられており、実際に活発な意見交換が行われた。ワークショップは Hed Pand 最大の会議室（写真 - 3）で開催され、プログラムに応じて会議室を移動する必要はなく、会議に集中することができた。

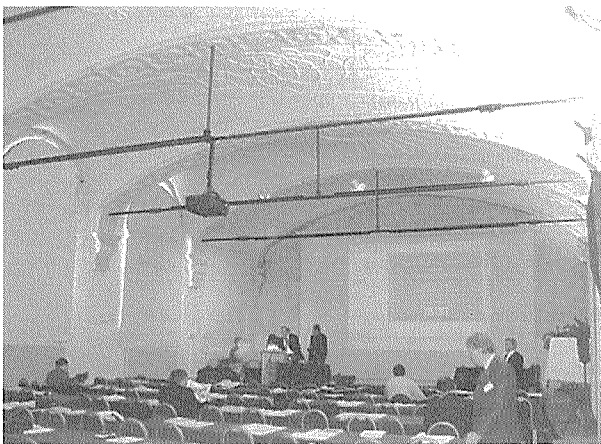


写真 - 3 ワークショップ会場

近年の国際会議では、開催国に次いで日本からの参加者が多数を占める事例が多く報告されているが、前述のとおり、日本からの参加者は 7 名であり、今回のワークショップでは第 5 番目に多い参加国となった。参加国と参加者数を表 - 1 に示す。

表 - 1 参加国と参加者数

参加国	参加者数
ベルギー	15
アメリカ	13
フランス、ドイツ	9
日本	7
スイス、カナダ、イタリア	6
オーストリア、オランダ、イギリス	4
ノルウェー	3
デンマーク、スペイン	2
チェコ、フィンランド、ポルトガル、ユーゴスラビア	1
合計	94

一方、国別の講演数を比較すると、日本からの 4 編が最多であり、グローバルワイドな視点からも日本が耐久性に高い関心をもっていると言える。講演発表国と編数を表 - 2 に示す。

表 - 2 講演発表国と編数

講演発表国	編数
日本	4
フランス、ドイツ、イギリス、アメリカ	3
スイス	2
オーストリア、カナダ、イタリア	1
合計	21

また、講演発表国を文化圏で分類すると、ヨーロッパ圏（13 編、62 %）、北米圏（4 編、19 %）、アジア圏（4 編、19 %）と大別できる。ヨーロッパ圏の講演が突出しているのは開催地がベルギーであったことが最大の理由と考えられるが、それに加え、イギリス、フランス、ドイツを筆頭にヨーロッパ諸国は国ごとにポストテンション鋼材に関する独自の思想を持っていることが背景にあるように感じられた。しかし、日本が欧米諸国と同じ土俵で議論に参加する機会を得られたのは非常に幸運であると感じた。このワークショップに日本が参加できた理由のひとつには、日本の戦後の急速な社会資本整備を通じて多数の PC 構造物が建設され、その技術が世界中で高く評価されていることが挙げられる。

また、ワークショップ参加者を職種で分類した結果を表 - 3 に示す。各国の産官学から専門家が参加しており、職種を越えた多方面の視野からの有益な意見交換が行われた。

表 - 3 参加者の職種

職種	人数	割合 (%)
大学関係者	26	27.7
コンサルタント	25	26.6
建設業者	18	19.1
研究所	8	8.5
発注者（公的機関）	7	7.4
メーカー	6	6.4
協会関係者	4	4.3
合計	94	100.0

2.4 プログラム

2 日間にわたって開催されたワークショップのプログラムを表 - 4 に示す。どの発表をとっても非常に興味深く、講演後の質疑応答や意見（コメント）交換が活発に行われ、意義深いものであったと同時に筆者にとっては気を休める瞬間もなく、ある意味で過酷な会議であった。

3. 会議の内容

ワークショップで議論された内容について、日本の現状と照らし合わせて、著者が興味を覚えた事項について紹介する。なお、あらかじめお断りするが、個人の独断と偏見に基づいた上に、著者の語学力不足や背景の認識不足により、誤解が多々あると思われるがご容赦願いたい。

3.1 イギリスの講演

(1) 技術報告書第 47 号 (TR 47)

イギリスからの発表は、1996 年に英国コンクリート学会が発刊した技術報告書第 47 号（以下、TR 47 と略記する）の内容を中心に、それ以降の技術進歩を織り交ぜながら行われた。

表 - 4 ワークショップのプログラム

タイトル	Title	講演者 (座長)	国
開会の言葉	Welcoming address	L.Taerwe / 伊藤學 ベルギー / 日本	
はじめに	Introduction	J.Combault	フランス
「現状報告」(1日目午前の部)	<i>Inventory and Condition</i>	J.Breen / 町田篤彦 アメリカ / 日本	
・ イギリスでの道路橋のポストテンション鋼材の耐久性 Durability of post-tensioned tendons on road bridges in the UK		R.Woodward	イギリス
・ ドイツでのポストテンション鋼材の問題と解決策と改善策 Problems, solutions and developments of post-tensioning tendons from the German point of view		D.Jungwirth	ドイツ
・ フランスでのポストテンション鋼材の現状 Status of durability of post-tensioned tendons in France		B.Godart	フランス
・ アメリカでのポストテンション鋼材の耐久性の現状 Status of the durability of post-tensioning tendons in the United States		C.Freyermuth	アメリカ
・ ポストテンション鋼材の耐久性：カナダでの実績 Durability of post-tensioning tendons		N.Webster	カナダ
・ 日本でのポストテンションPC橋の耐久性の現状 Present situation of durability of post-tensioned PC bridges in Japan		睦好宏史	日本
「調査と補修」(1日目午後の部)	<i>Investigation and Repair</i>	M.Bracstrup / M.Elices イギリス / フランス	
・ 腐食による破壊機構 Corrosion induced failure mechanisms		U.Nurnberger	ドイツ
・ ポストテンション鋼材の非破壊評価とモニタリング Non-destructive evaluation and monitoring of post-tensioning tendons		P.Matt	スイス
・ PC橋のメンテナンス Maintenance of prestressed concrete bridges		濱田譲	日本
・ 損傷を受けた鋼材ならびに構造物の補修補強 Repair and strengthening of damaged tendons and structures		M.Wicke	オーストリア
・ 損傷を受けたPC構造物の補修と補強 Repair and strengthening of damaged prestressed structures		G.Mancini	イタリア
「技術の進歩」(2日目午前の部)	<i>Technical Progress</i>	P.Marti / A.Naaman スイス / アメリカ	
・ プレストレッシングシステムの進化 Evolution of prestressing systems		H.Ganz	スイス
・ グラウトとグラウト技術の発展 Development of grout and grouting techniques		J.-Ph.Fuzier	フランス
・ プレグラウトPC鋼材を用いた最新技術 Latest technology applied to the pre-grout prestressing strand		仁木敏彦	日本
・ 耐久性に富むPC橋のための適切な設計ディテール Appropriate detailing in the design progress for durable post-tensioned bridges		M.Raiss	イギリス
「改良に向けての戦略」(2日目午後の部)	<i>Strategies for Improvement</i>	J.Combault / 池田尚治 フランス / 日本	
・ イギリスの戦略と fib の成果 The UK strategy and fib developments		G.Clark	イギリス
・ ドイツでの外ケーブル橋とその将来展望 External prestressing of German bridges and its further development		J.Eibl	ドイツ
・ 改良戦略 Strategies for improvement		R.Chaussin	フランス
・ 北米でのボンド有りポストテン方式コンクリート構造物の改良戦略 North American strategies for improving bonded post-tensioned concrete construction		R.Poston	アメリカ
・ 北米でのアンボンドポストテンシステムの改良戦略 Strategies for the improvement of unbonded post-tensioning systems in North America		C.Walker	アメリカ
・ 日本での方針 Approach in Japan		青木圭一	日本
「結 論」	Conclusion	J.Combault	フランス

周知の事実であるが、イギリスでは1992年に「グラウトによってPC鋼材のシースを充填するポストテンション工法」禁止令が出され、その改善策としてTR 47が作成、出版された。本ワークショップには、当時TR 47の特別委員会での招集担当者であったMark Raissと英国道路研究所における実物大試験を実施したRichard Woodward、部会の長を務めたGordon Clarkの3名が講演を行った。

著者は落橋と禁止令による先入観から、イギリスでは多くの損傷橋梁が存在すると想像していたが、それを否定するかのよう、「数多くのポストテンション方式PC橋で、PC鋼材は腐食せず良好な状態である。」との発表が繰り返されたのが印象的であった。

TR 47で推奨された多重防食手法では、有害物質がPC鋼材に影響を与えないように、連続して密閉されたダクト

の必要性が挙げられているが、セグメント橋におけるダクト連続性を保証することができないため、現在でも内ケーブルを用いたポストテンション方式のセグメント橋は建設が禁止されている。

禁止令の施行中に多数の橋梁が調査され、その結果、橋梁を120年間供用するためには、モニタリングと頻繁な点検を実施して、再度グラウトを行うことの重要性が認識されている。

(2) New TR 47

現行のTR 47では、内ケーブル限定のディテールが記述されているが、外ケーブルの解放、定着具配置、円滑ダクトと排気口等を含めた改訂が行われる予定である。現在、外ケーブルの項目で、改訂中のfibの新規準と整合性を取る作業を行っている。

(3) インテリジェントPC鋼より線

モニタリングの試みとして、PC鋼より線の中心線を光ファイバーに換えて、応力や破断をモニタリングする「インテリジェントPC鋼より線」を実橋に採用している。現時点ではまだ、この検査モニタリング装置の効果を評価できる段階ではない。

(4) 鋼より線入りブリーディング試験

従来から200mm高の円柱を用いたグラウトのブリーディング試験が実施されてきた。しかしPC鋼より線を配置した透明シース試験ではより多くのブリーディング水が観察された。これはPC鋼より線がロウソクの芯のような働きをしてより多くのブリーディング水を上昇させることが分かった。そのため、この「(ロウソクの) 芯の影響」を考慮したブリーディングテストが導入されることとなった。この試験の状況を写真-4に示す。

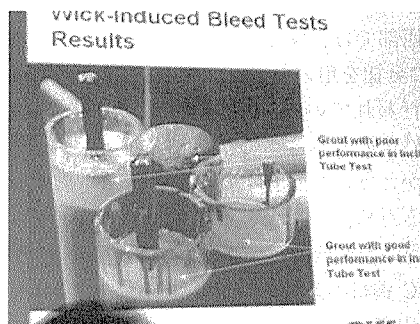


写真-4 PC鋼より線入りブリーディング試験

3.2 フランスの講演

フランスではモニタリングと点検を十分に実施していたため、橋梁が瀕している危機を十分に早く察知することが可能であり、幸運にも落橋事故は無かった。

(1) 傾斜テスト

最近のグラウトは水のように非常に流動性に富んでおり、(日本のJPロートに似た)マッシュコーンの試験で10秒以下のフロー値である。このようなグラウトは注入直後から白色物質、気泡への分離が認められた。

「(ロウソクの) 芯の影響」でブリーディング水が多く発生するという現象を考慮して、フランスでは写真-5に示

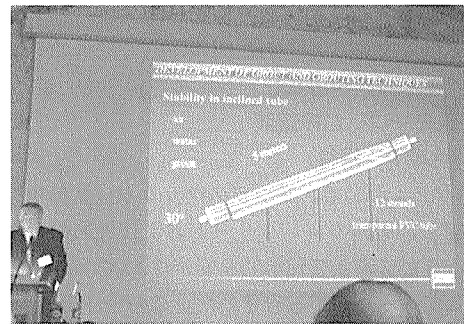


写真-5 傾斜シースでのテスト

す傾斜テストを開発し、実施している。傾斜することによりグラウトの材料分離が顕著となる。この現象は、血液の循環に関して発見を行ったイギリスの外科医にちなんで「ボイコット効果」として知られているらしい。

30度に傾けられた長さ5m、内径80mmの透明シース内に(PC鋼材による)排水効果を再現するためPC鋼材を配置した、模擬グラウト試験が行われている。

傾斜透明シース試験は、①一度に全グラウトを注入、②時間を空けて2段階の注入、の2種類の注入実験を並列して行われる。試験の評価は、分離した空気、水、グラウトのそれぞれの体積を計測して行っている。その試験結果状況を写真-6に示す。

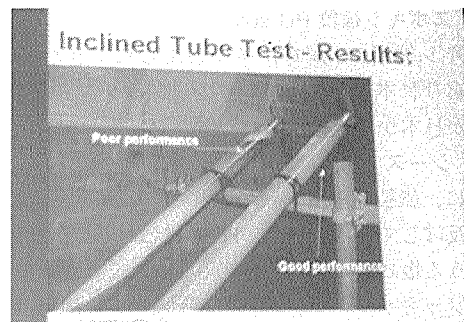


写真-6 傾斜チューブ試験結果

(2) グラウトの保証方法

フランスでのグラウトの保証方法を紹介する。配合設計者と施工者との責任と役割が明確化している。具体的には、配合設計者が、グラウトの配合に責任を持ち、施工者が、配合設計者の指示したグラウト配合に従い、水量を管理し、練り混ぜ、適切な装置を用いてグラウト注入を行うことによりグラウトの保証を行っている。

(3) 外ケーブルのグラウト

内ケーブルに関しては、セメントを用いたグラウトは将来有望であると考えられているが、外ケーブルに関しては懐疑的な意見もあり、(2001年2月の公式文書では)セメントグラウト以外の方法が強く推奨されている。

3.3 ドイツの講演

ドイツではグラウトに関して、二つの動向がある。一つは、装置やグラウト自体の品質保証と同様に、施工に関してもチェックリストを用いた効果的な品質管理を導入しようとする動向と、もう一つは管理、交換、補強可能なボス

トテンション鋼材を採用し、施工ミスによるリスクを低減を試みる動向である。そのため現時点では外ケーブルの採用が多くなる傾向がある。

3.4 他ヨーロッパの講演

(1) 絶縁 PC 鋼材

PC 鋼材および定着具をプラスチックシース等を用いて電気的に絶縁し、周囲のコンクリートおよび鉄筋の電気抵抗を測定することによって化学的な安定性、PC 鋼材の保護状態を調査している事例が報告された。この手法は 1990 年代初頭から主にスイスで多く採用され、既に 20 橋以上の適用実績があり、施工中や計画中の橋梁も多くある。電気抵抗を定期的に調査した結果、水や有害物質は PC 鋼材まで到達していないことが確認されている。

(2) 亜鉛メッキ PC 鋼材

亜鉛メッキ PC 鋼材がポストテンション方式に用いられることは稀で、吊橋のケーブルに用いられることが多い。長期にわたる仮設材に用いるケースがある。

(3) 亜鉛アルミニウムメッキ PC 鋼材

1980 年頃から約 5 % のアルミニウムを含んだ亜鉛メッキ PC 鋼材も使用されている。塩水噴霧促進試験では亜鉛メッキより耐久性に優れている結果が報告されており、加えて亜鉛メッキよりも堅いので、くさび定着に有利となる。しかし、亜鉛メッキ PC 鋼材と同様にポストテンション方式に用いられることは稀である。

(4) エポキシ被覆 PC 鋼材

エポキシ被覆 PC 鋼材が多く使用されてきた。しかし、仮設ならびに本設としてアンボンド外ケーブルとしての使用報告が日本から行われている。

(5) シース

過去に、紙製シースが使用されたことがあり、耐久性に影響を及ぼしている。また、PC 鋼材に対して潜在的に有害となりうる塩ビ製のシースも使用されたことがあった。

亜鉛メッキシースは、摩擦低減効果が期待できることから世界中で共通して多く使用されている。その一方、PC 鋼材の水素脆化の発生を危惧して使用を禁止している国もある。世界中で多くの亜鉛メッキシースが使用されているが冷間引抜加工の 7 本より PC より鋼線では損傷事例が報告されていない。

フランスでは 1950 年から 1975 年までの間、摩擦低減のため鉛を裏張りしたシースが使用されており、これが異金属間の腐食現象の原因となった報告がある。

(6) グラウトホース

従来から、グラウトの注入排出にはプラスチックホースが使用されてきた。グラウト注入直後にホースを折り曲げて番線で縛り（写真 - 7）グラウトを止めていた。グラウト硬化後コンクリート面で切断している。しかしながら、施工中の異物の侵入やグラウト完了後のシール機能を考慮して、ネジ山の付いた（コルゲート）ホースにキャップ（写真 - 8）やバルブ（写真 - 9）を取り付けた方法が考案されている。

(7) グラウト注入時期

ひとたび PC 鋼材をシースに挿入したら、できるだけ早

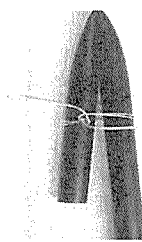


写真 - 7

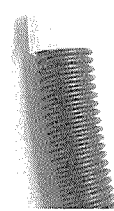


写真 - 8



写真 - 9

く緊張を行い、グラウト等で永久的に保護する必要がある。PC 鋼材の挿入、緊張から、グラウト等で保護されるまでの期間について、各国の規準を比較する。

アメリカでは特別な措置を施さない場合、PC 鋼材挿入からグラウトまでの期間は、相対湿度 70 % 以上の場合 7 日、通常の場合 15 日、相対湿度が 40 % 以下の場合 20 日が許容される期間として規定されている。

ヨーロッパでは標準案の最終段階であるが、PC 鋼材製造からグラウトまでが最長 12 週間、PC 鋼材挿入からコンクリート打設までが最大 4 週間、緊張からグラウトまでが最大 2 週間とすることを提案している。この提案が満足できない場合は、保管目的の水溶性油脂を鋼材表面に噴霧する等の特別な保護対策が必要とされる。グラウト前に洗浄する必要が無い油脂を選ぶ必要がある。水で洗浄することは環境問題として避けるべきであり、またグラウトの品質にマイナス要因となる水をダクト内に残す可能性がある。

他の一時的な保護方法としては、乾燥空気や窒素等の不活性ガスを PC 鋼材の入ったダクトに吹き込む方法等が挙げられる。このような一時的な保護方法は冬期や気温がグラウトに適しない場合にも採用されうる手段である。

3.5 アメリカとカナダの講演

(1) PC 鋼材の破断確認試験

カナダ西部では、マイナスドライバー（一ネジ回し）と約 840 g の金槌を用いてアンボンド PC 鋼より線の緊張力確認がよく行われている。マイナスドライバーの先を PC 鋼より線の外側の 6 本すべてにあてがいハンマーで打撃して貫入するかどうかで判定する。このテスト結果は実施者の主観が入るため、金槌に替わってシュミットハンマーの反発係数を用いた客観的評価手法が考案されている。

(2) PC 鋼材の破断モニタリング手法

PC 鋼より線の破断時の音を検知するモニタリングシステムが開発されている。

PC 鋼材が破断する際、エネルギーが急激に解放され、その際に発生する音響情報を、あらかじめ構造物に多数のセンサーを配置しておき、音響情報をコンピュータで解析することにより、破断位置を特定するシステムが開発されている。前述のマイナスドライバー貫入試験と比較して、このシステムが優れている点は、測定点に限らず不良部を検知できることが上げられる。

(3) グラウトの等級分け

アメリカでは、環境条件に応じたグラウトの等級分けを行う傾向にある。通常環境下でのグラウト材料は、現在広く使われている材料と同様のものであるが、厳しい環境下でのグラウト材料は、材料の制約が増え、鉱物や化学的混

和剤に関する規定が設けられ、フレッシュ時と硬化後の特性についてテストが要求される予定である。

施工前にグラウトの事前テストが課せられ、通常環境下のグラウトは、硬化時間、圧縮強度、ポンパビリティ、フローコーンによる流動性、芯入りブリーディングテストで品質管理が要求される。一方、厳しい環境下では、通常環境下での試験に加え、低透過性、体積変化、加圧ブリーディング試験による管理が要求される。

グラウト施工中の品質管理試験は、通常環境下では圧縮強度試験と流動性試験だけである。一方、厳しい環境下では、これに加え体積変化試験や加圧ブリーディング試験(写真-10)が一定注入量ごとに実施される。

その一方、市販パッケージ化された(プレミックスド)グラウト材の使用が正式に認知され、事前テスト認証を受けたプレミックスドグラウト材を使用すると、事前テストを

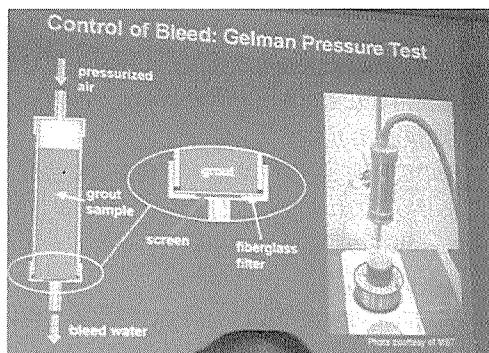


写真-10 加圧ブリーディング試験

省略することができ、施工中の品質管理も流動性テストだけに緩和される。

(4) グラウトの充填確認

グラウト注入から48時間後に、定着具の注入孔にドリルで穴をあけ、ファイバースコープを挿入し、定着具背面の状況を観察するテストが実施される。

3.6 日本の講演

(1) 全外ケーブル

日本での全外ケーブル採用実例を報告したところ、外ケーブルは内ケーブルに比較して、アーム長が短くなる点や主桁との付着が無いため終局耐力が低下するという短所を考慮した上でどのような理由で採用に至ったかとの質疑があったが、内ケーブルにグラウトを用いた場合、非破壊検査確認することが困難であり、PC鋼材の耐久性に対する不審を完全に払拭することができず、将来PC鋼材の耐久性に影響があった場合、ケーブル取替が可能であることを考慮して全外ケーブルが採用される事例があると応答を行った。諸外国とも内外ケーブル併用方式の利点は認めるが、全外ケーブルは火災を受けるとすぐに落橋する危険性があるので、全外ケーブルの採用は考えられないとのことであった。有事に敵兵の進入路を断つため、落橋方法を設計段階から考慮することがある文化の違いを垣間見ることができた。

(2) プレグラウトPC鋼材

日本で多くの採用実績を有するプレグラウトPC鋼材を

報告したところ、鋼材製造段階からの硬化時間管理、曲げ部分におけるポリエチレンシースの摩耗、耐火性能等について質疑があったが、いずれも日本では独自の規格化を行い、良好に管理・運営されているとの応答を行った。

4. 現場見学

ワークショップのテクニカルビジットとして、オランダ、ユトレヒト近郊のレック橋(PC7径間連続ストラット付き1室箱桁橋)の現場見学に参加した。この橋梁はオランダからイタリアへとヨーロッパを南北に結ぶ高速道路A2(E25)路線がレック川を跨ぐ形で架橋され、4車線を有する下路アーチ橋が供用されていたが、交通量増大に伴い、下路アーチ橋の傍らに二つの橋梁を新設する工事である。平成13年11月の状況は、新設1橋が既に完成し東行き3車線に供用され、下路アーチ橋が西行き4車線に供用されており、1橋が建設中であった。写真-11、12に建設中のレック橋の状況を示す。建設中の橋梁の進捗状況は7径間中5径間が完成しており、残されたP3橋脚の張出施工が開始間もない進捗状況であった。この橋梁は当初3室箱桁橋で計画されていたが、ストラット付き1室箱桁橋に変更されたものであり、橋長532m、幅員29mの橋梁である。

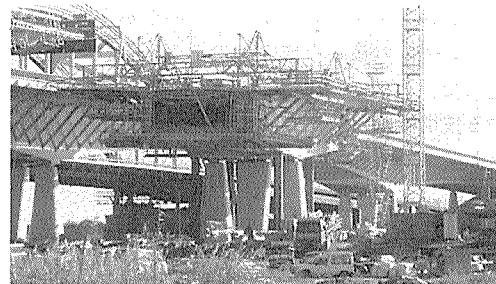


写真-11 レック橋（張出施工中）



写真-12 レック橋（側径間施工済）

5. おわりに

今回のワークショップへの参加に際しては、睦好宏史教授、青木圭一氏、濱田譲氏、仁木俊彦氏をはじめ(社)PC建協の耐久性委員会グラウト設計WG委員各位に大変お世話になりました。紙面をお借りいたしまして深く感謝いたします。なお、ワークショップ論文集(fib Bulletin 15)の抄訳は土木学会324委員会「PC構造物の現状の問題点とその対策に関する研究小委員会」(委員長:睦好宏史教授)の報告集に掲載する予定です。

[2002年4月22日受付]