

コンクリート構造物の 損傷事故とマネジメント

フェロー会員 長岡技術科学大学大学院教授 丸山久一

コンクリート構造物の損傷事故において、直接的な原因のほかに、事故を防ぐシステム面からの考察を試みた。近年の公共工事をめぐる環境の厳しさが、発注者、設計者、施工者の連携を妨げる状況を生み出すとともに、技術者が技術力を向上させる機会や余裕を奪いつつある。これらの状況を改善する新システムが必須である。

技術に百パーセントはない

「技術に百パーセントはない」ことは、誰でもわかっている。とは言っても、それゆえに事故が起きてしまう仕方がないとは誰も思わない。したがって、いったん大きな事故が生じると、特にマスコミ関係からは「○○安全神話の崩壊」などと喧伝され、関係者は轟々の非難を

浴びることになる。

今から20年以上前に、米国で、スペースシャトル「チャレンジャー」が打上げの数分後に爆発するという事故があった。これまで人工衛星の打上げに20年近くの経験があり、いく度も成功している米国で、なぜこのような事故が生じたのか、再現性が科学技術の真髄であり、いったん成功すれば、その後失敗が起きるはずはないのではないかと、何かの初歩的なミスが生じたのではないかというのが当時の率直な感想であった。

再現性を考える際に最も重要なことは、境界条件や環境条件など、その理論や手法の前提となっている各種条件が百パーセント同じであるか否かという点である。その観点からすると、土木工事では百パーセント同じ条件というのは皆無である。したがって、同じ構造物を建造するとしても、過去の経験に加えて、種々の条件を適切に考慮しないと、初歩的なミスがなくても不具合の発生や事故につながる可能性がある。

コンクリート構造物の 損傷事故

筆者がかかわったコンクリート構

造物の損傷事故として、朱鷺メッセの歩道橋落橋事故および垂井高架橋ひび割れ損傷事故がある。事故の概要については、前者は新潟県のホームページおよび土木学会誌^①に、後者は土木学会コンクリート委員会のホームページ^②およびセメントコンクリート^③に掲載されている。事故調査委員会の報告では、主として事故の直接的な原因を追究し、その結果をまとめているが、それがなぜ防げなかったのかについて、システム面からの検討は必ずしも十分ではない。

本稿では、事故調査委員会での検討を通して筆者が感じた「発注、設計、施工にかかるシステム」面での問題点を中心として述べることにする。個々の技術が、仮に十分でなくても、問題となりそうな事項を事前に見つけ、適切に対処することで大きな事故を未然に防ぎ、初期の目的を達成することは可能である。これまで、わが国でも、世界初という構造物を大きな事故なく建造してきた実績がある。個々の技術者が十分な連携を保ち、世界にさきがけて未知の領域を開拓してきた歴史がある。それを可能とした技術とシステムがあったはずであるにもかかわらず、

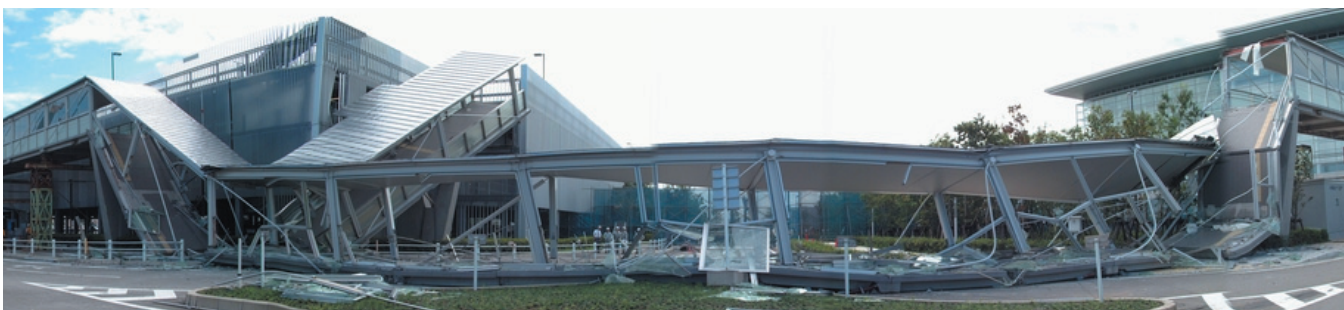


写真1 朱鷺メッセ歩道橋の落橋

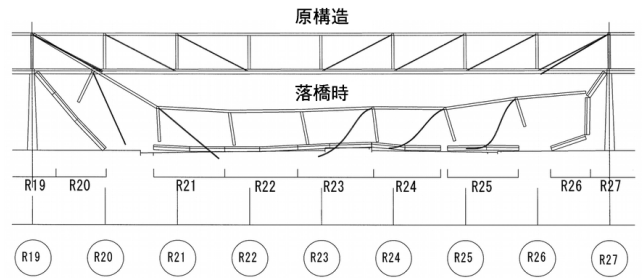


図1 朱鷺メッセ歩道橋の構造

なぜこのような損傷事故が生じたかが本稿の主題である。

なお、垂井高架橋は、2007(平成19)年7月末に補修補強工事を完了して開通に至っている。土木学会コンクリート委員会の事故調査委員会では、補修補強、モニタリング、および発注・設計・施工システムの問題点についても検討を続けており、本年度末までにはその内容を公表する予定である。

(1) 事故の特徴

① 朱鷺メッセ歩道橋

歩道橋の構造は、写真1、図1に示すように、一種のトラス構造である。プレキャスト版をPCケーブルで軸方向に連結(軸圧縮力を導入)して床版とし、上弦材および鉛直材には型钢を、また、斜材にはPCロッドを用い、斜材にプレストレスを導入して、全体構造を形成するものである。崩落はスパン(R19・R27)48mの区間で生じていて、歩道橋全体のなかでは最長のスパンとなっている個所である。

竣工は2001(平成13)年4月で、崩落したのは、竣工後2年4ヶ月経過した2003(平成15)年8月26日午後8時過ぎである。当夜の気象は、晴れ、気温25℃、微風で、自

重以外には大きな荷重などが作用した可能性はほとんどない状態であった。また、供用後2年4ヶ月しか経過していないので、劣化はもろんのこと、疲労による影響も考え難い。

部材の破壊個所は、図1に示すように、プレキャスト床版端部でPCロッドの定着部が8個所(プレキャスト床版の両端部とも破壊している)、定着部の破壊は8個所だが、位置的には4個所、上弦材が2個所(位置的には1個所)、プレキャスト床版を連結していた軸方向PC鋼材の切断が3個所であった

② 垂井高架橋

垂井高架橋は、写真2、ならびに図2、3に示すように、7径間連続PRC箱桁橋である。スパンはほぼ均等割で35.5~47.0mとなっている。十分な耐震性を確保し、かつ経済的にも有利な構造として選ばれたもので、5%に及ぶ鉄筋量を配置した個所もある。

竣工は2002(平成14)年4月で、多数のひび割れが発見されたのは1年半後の2003年10月である。ただ、この高架橋を含む路線はまだ完成していなかったため、作業車以外の一般車の通行はなく、交通荷重の影響はない状況であった。

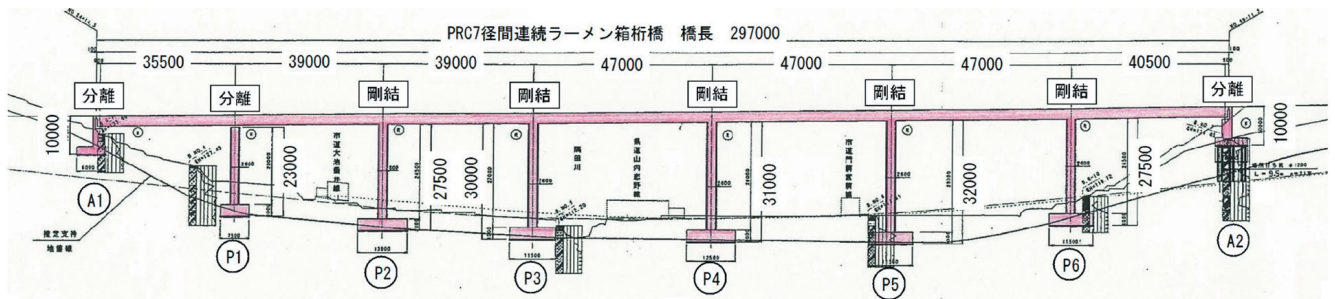


図2 全体構造



写真2 垂井高架橋の全景

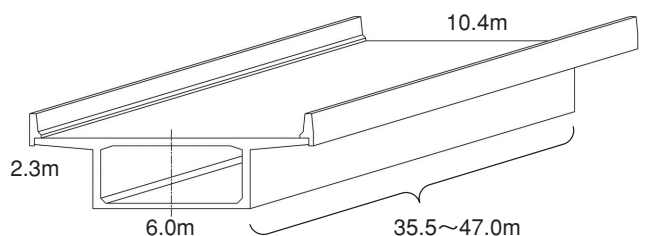


図3 断面形状

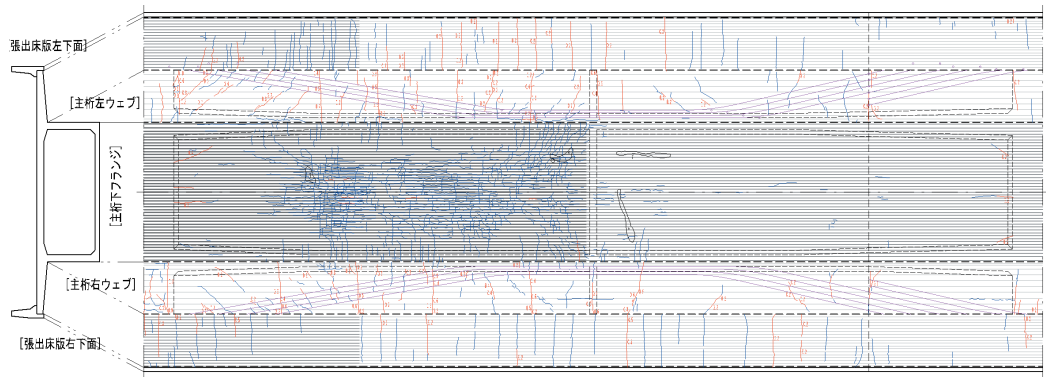


図4 ひび割れ状況

ひび割れの状況は、図4に示すように、0.1~1.0mmの幅のひび割れが100~500mm間隔で、下床版、側壁などに多数発生していた。下床版では橋軸直角方向が、また側壁では鉛直方向がひび割れの主な方向であるが、PC鋼材と直角方向にも発生していて、コンクリートの収縮を鋼材が妨げたことによるひび割れという印象も強く与えていた。

(2) 発注・設計・施工システムの概要

① 朱鷺メッセ歩道橋

朱鷺メッセは新潟県港湾空港局の発注である。全体構造は建築物であるので、設計は建築設計事務所が行っており、建築物に付随する歩道橋の設計も建築設計事務所である。施工管理(監理)は、通常の土木工事とは異なり、設計事務所と連携している建築士である。システムを一般的な図で示せば図5のようになるが、施工管理者のバックグラウンドは設計者に近い。

歩道橋は朱鷺メッセの建物周囲に同一形式でつくられているが、施工は分割発注されていて、崩壊した区間と隣の区間は連続した構造ではあるが、施工業者が異なっている。

報告書にあるように、この歩道橋の形式は複合構造で、施工手順が非常に重要であるにもかかわらず、設計者および施工者ともにその認識が希薄で、設計者は完成系での解析しかしていない。調査委員会のヒアリングでは、設計図に基づいて施工手順を工夫してきちんと施工するのが施工者の役割である、と設計者は主張していた。一方、施工者は、施工時の応力解析などの詳細は行っておらず、施工管理者のいうとおりに施工していたようである。施工管理においては、斜材のPCロッドにどの時点でのどの程度のプレストレスを導入するかが最重要であるはずだが、施工管理者にもその認識が希薄であった。このことから、施工途中で不具合が生じ、手直した経緯がある。

発注者は、実は、工事の詳細を十分には把握していなかったように思われる。委員会で入手した種々の資料から、工期に迫られていたこともあって、種々の手続きやそれを示す書類などが混乱していた様子が伺えた。

② 垂井高架橋

発注は国土交通省近畿地方整備局で、設計は土木工事を担当するコンサルタント、施工も橋梁工事を

を担当する施工会社である。(1)でのシステムも、図で示せば前者と同じく図5のようになるが、施工管理者は、施工者の一部という位置づけであった。設計者は、建築分野では独立した存在として大きな位置を占めているが、土木分野の工事では、どちらかというが発注者の指示のもとで設計業務を行う者という位置づけに感じられる。

7径間連続となっている上部工は同一施工者に発注されているが、橋脚は別発注ですでに施工が完了していた。上部工は全支保工で施工されたためか、施工の進行に伴って発生する応力の詳細な検討はされていないようであった。

事故調査委員会では、工事のシステム分析も実施している。分析結果などはまだ公表されていないが、この構造物の施工の難しさは、発注者、設計者および施工者とも認識していなかったようである。3者とも、この橋梁はすでに施工実績のある構造物との認識であった。

施工途中では多少の困難もあったようであるが、実際には無事竣工し、その時点では瑕疵は認められず、発注者は完成品として受け取っている。

(3) システム上の問題点

ここで示す2例が典型というわけではないが、わが国の建設工事における発注者、設計者、施工者、施工管理者などの関係は、一般的に図5のように示される。ただ、個々の関係者の力関係は、「土木工事」と「建築工事」では違いが認められる。発注者が公的機関である「土木工事」の場合、基本的には、発注者を介して、設計者と施工者が連携している。設計者と施工者が直接協議することは特殊な場合以外はない。施工者は設計図書によってのみ設計者の意図を読み取るのが通例である。特殊な場合といたっても、発注者が主導で設計者と施工者を議論の場に招集するのであって、設計者が直接施工者に指示することは少ない。

設計者は、一般には完成系についてのみ構造安全性などを検討しているため、施工方法は特に念頭においていない。どのような施工方法を用いて構造物を建造するかは、施工者の技量に任されている。

図5を見て気がつくことは、施工者の位置である。作図の関係上中央に置いてあるというだけでなく、直接、構造物の建造に携わると

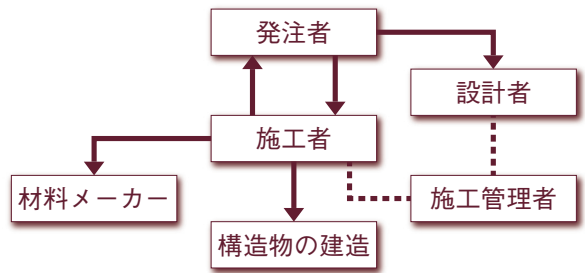


図5 発注・設計・施工システム

もに、発注者を介して設計者の意図を了解し、必要な材料などの手配も行うという位置づけになつてい。加えて、建設現場において設計で想定していない状況が生じた場合には、自らの判断で施工方法の変更を決定するとともに、設計の変更を発注者に申し出ることもある。その場合、施工の変更に伴う必要な計算を自ら実施するとともに、設計変更の必要性を示す計算および新たな設計まで行うこともある。すなわち、構造物の建造にかかる必要技術の大半を施工者が駆使しているが、施工者への設計者の意図は、発注者を介してのみしか伝えられていない。

さらに問題と思われるのは、施工の実施状態を管理する施工管理者の位置づけが明確でなく、その権限も十分保証されていないことである。本稿で取り上げた2例で共通しているのは、結果としてこのようなシステムの欠陥が現れる構造であったということである。すなわち、見かけ上特に新規な構造ではなく、発注者、設計者、施工者とも、これまでの施工技术で十分対応できると思つていて、特別な連携を取つていなかった。ある意味で、相互に信頼していったといえるが、分業化された

個々の作業にのみ集中するだけで、全体を見渡して危険度を感知するという技術者がおらず、それを可能とする責任体制が実質的に機能していなかった。

今後の課題

本稿は、損傷事故の直接的な原因を述べたものではない。同様な事故を2度と生じさせないためには、もちろん、直接的な原因を明らかにし、それを取り除く方法を講じるのが必須である。しかし、技術という側面から考えると、冒頭に述べたように、境界条件や制約条件がまったく同じ構造物というものは非常に少なく、また、構造技術や施工技术で完璧というものもない。そういう条件のなかで、いかに事故を防ぐか、不都合の生じる割合を極力小さくするかは、技術者の意識や技術レベルとともに、システムのあり方にもかかっている。これまでのシステムで特に問題がなかったという理由を筆者なりに推測すれば、次のようである。すなわち、発注側に設計や施工の実態に通じている技術者がいて、設計および施工に目配せをし、必要に応じて適切な指示を出していたか、あるいは施

工側に経験が豊富でかつ新規の技術開発にも通じている技術者がおり、問題が生じる前に対処できていたかである。

現在のように、公共事業がなにかにつけて批判され、工事費が大きく削減される状況になると、技術開発に投資できなくなり、技術者の技術レベルを上げる時間や経費が削られてきて、技術者の意欲がそがれるようになる。この状況が続くと、この分野に優秀な後継者が入つてこなくなる。すでに、発注者にも施工者にも技術に精通した技術者が減少する傾向にあり、現在のシステムのままでは、建設工事に不具合の発生する危険性が増すまま大きくなるといえる。

この打開策として、一つには、施工者のみならず発注者にも技術力を向上させるための時間と経費をかけることである。二つには、発注者、設計者、施工者の3者が同じ土俵で議論できる場を設けることである。発注形態を分割型から一括型に変えたり、施工管理者を独立の機関から任命する方法ももちろん有効だと思われるが、個々の技術力を向上させることなしには、問題を解決することはできない。

責任と寛容

個々の責任を強く求めすぎると、逆に、できるだけ責任をとらない方向に動く。この種の危険性は、建設関係者にも認められ始めている。その結果、発注者、設計者、施工者の間で、技術的な空白域が生じる。医療現場で患者のたらい回しという現象が生じるのも、苦勞の割に失敗した場合の責任が重すぎる仕事を避けたいという心理の現われと思われる。

これを解決するためには、技術者がモラルおよび技術を高めることは当然であるが、社会にも、新しい技術に挑戦することを適切に評価し、その結果をある種の寛容さをもつて受け入れる態勢をつくる必要があることである。そのことを土木学会はもっと主張すべきである。

参考文献

- (1) 丸山久一・朱鷺マッセ連絡橋ツッキの事故調査について、土木学会誌、vol.80No.4、pp.51-55、2004
- (2) <http://www.jisce.or.jp/committee/concrete/index.html>
- (3) 丸山久一・垂井高架橋のひび割れ損傷事故 その原因と今後の課題、セメント・コンクリート、No.725、pp.14-18、2007