

コンクリート構造診断士と期待される役割

二羽 淳一郎*

PC技術協会では、「コンクリート構造診断士」の技術者資格制度を設け、損傷したコンクリート構造物やプレストレストコンクリート構造物に対して、力学的・構造的な診断や評価を実施し、当該構造物に対して適切な補修・補強、あるいは維持管理の手法を提示する技術者を認定する事業を2007年度より実施してきた。本文ではこの技術者資格制度について、詳細に説明するとともに、3月に発生した東日本大震災におけるコンクリート構造物の被災事例を取り上げ、コンクリート構造診断士に期待される役割とその具体的な内容を解説することとした。

キーワード：コンクリート構造診断士、技術者資格、検定試験、耐震補強

1. はじめに

戦後のわが国の高度成長を支えるため、道路、鉄道、ライフライン等、各種の社会資本が猛烈な勢いで整備されてきた。その結果、戦後65年以上を経た今日では、「21世紀は維持管理の時代」といわれるに至っている。さらに近年の公共事業に対する逆風を考えると、これら既設の社会資本を適切に維持管理して、如何に長期に供用していくかが問われているといえよう。コンクリート構造物は社会資本の多くを形成しているが、これら既設のコンクリート構造物を適切に維持管理していくためには、当該コンクリート構造物の現状を的確に診断し、対応を図ることのできる技術者が必要である。にもかかわらず、たとえば大学ではこのような技術を体系的に教授することは従来ほとんどなく、そのため、この分野の技術者も決して多いとはいえない状況にある。しかし、コンクリート構造物をはじめとする社会資本に対する診断と維持管理業務に対する需要は大きく、このため各種の学協会が維持管理に関する技術者資格認定を開始するに至っている。たとえば、日本コンクリート工学会では2001年から「コンクリート診断士」の制度を設け、資格試験を実施して技術者の認定を行っている。この「コンクリート診断士」は、主として材料や施工面から、コンクリート構造物の診断を行い、補修や維持管理を実施するための技術者資格である。ただし、構造的な診断や構造的な補修・補強の実施は主たる対象としていない。プレストレストコンクリート技術協会（以下、本協会と

略す）では、このような状況に鑑み、鉄筋コンクリート（以下、RCと略す）構造物やプレストレストコンクリート（以下、PCと略す）構造物に対して、主として構造的な観点から、的確な診断を行い、また補修・補強や維持管理を行うための技術者資格として、「コンクリート構造診断士」の制度を設け、2007年から資格試験を実施してきた¹⁾。コンクリート構造診断士に期待される具体的な役割としては、たとえば当該コンクリート構造物に対する設計規準が更新された場合に、既設のコンクリート構造物が、新しい設計規準のもとでも安全か否かを検討し、もし安全性に問題があると判定された場合には所要の補強対策を提示することが考えられる。あるいはまた、既設のコンクリート構造物が大きな震災を受けて損傷した場合に、的確な診断を行って、所要の補修・補強対策を提案することなども期待されている。これらの業務を通じて、安全で安心な社会資本の維持管理に寄与していくことが、「コンクリート構造診断士」の使命である。

2. コンクリート構造診断士とは

コンクリート構造診断士の具体的な役割、コンクリート構造診断士制度、コンクリート構造診断士に求められる知識などについて、少し具体的に説明する。詳細については文献を参照されたい²⁾。

2.1 具体的な役割

コンクリート構造診断士は、①PC技術協会が開催する「コンクリート構造診断技術講習会」を受講し、②検定試験によってコンクリート構造物に対する診断能力と、維持管理に必要とされる高度の技術と知識を保有していることが認定され、さらに③所定の手続きにより登録を行った技術者に授与される技術者資格である。今のところ、法に定められた国家資格ではないが、有用な技術者資格として、今後、幅広く活用されていくことを期待している。

なお、本協会ではすでに、PC技士の技術者資格制度を設けており、PC技士の有資格者は6000名以上に及んでいる。一方、コンクリート構造診断士は歴史の浅いこともあり、総数でまだ1000名に達していない。本協会として



* Junichiro NIWA

本協会副会長
コンクリート構造診断士委員会 委員長
東京工業大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻・教授

は、最終的にPC技士と同程度の資格者数を期待している。

PC技士が主として新設のPC構造物の計画、設計、施工に関係するのに対して、コンクリート構造診断士は、既設のRC構造物、PC構造物の診断と維持管理に関係する点が大きな違いである。コンクリート構造診断士は、構造物の劣化や損傷の程度を診断し、維持管理手法を提案すると同時に、構造体の耐力や耐震性能に関する評価を行い、必要によっては補修・補強方法に関する判断や提言を行うことが求められる。したがって、コンクリート構造診断士は、構造物の診断や維持管理のために必要なコンクリート構造に関する基礎的な知識に加えて、構造体の力学性能の評価や判定等、構造工学的な知見に関しても、的確な判断が求められている。

2.2 コンクリート構造診断士制度

2.2.1 基本方針

本協会におけるコンクリート構造診断士制度の基本方針は以下の5点である。

- ① 橋梁を中心とするPC構造物が主な診断の対象となっているが、診断技術にはコンクリート構造物全般に関係する知識が要求されることから、名称は「コンクリート構造診断士」とする。
- ② 本資格の獲得のためには、PCとコンクリート構造物の診断を行うことのできる専門的知識と高度の判断力が求められるが、受験資格者は本協会の会員に限定せず、資格獲得を目指す技術者に広く門戸を開放する。
- ③ コンクリート構造診断士が有する技術的能力の公的な認知度を高め、また同時に水準を確保するため、検定試験を実施する。
- ④ コンクリート構造診断士の継続的な技術研鑽を図るため、事前の技術講習会、事後の研修会を開催する。
- ⑤ コンクリート構造物に関する診断技術の普及を目的として、コンクリート構造診断士の業務を補助する「コンクリート構造診断士補」を設ける。

2.2.2 コンクリート構造診断士制度の概要

(1) 受験資格と検定試験

受験資格と検定試験の内容は2012年度から一部変更となる(表-1)。受験資格はA、Bに二分される。従来はこの他に区分Cを設け、区分Cに該当する場合は、基礎問題の受験を課していたが、2012年度からは区分Cならびに基礎問題の筆記試験がなくなり、筆記試験は応用問題Ⅰ(四肢択一)と応用問題Ⅱ(小論文)のみとなる。ただし、区分B(従来の区分C)の方には、基礎問題の筆記試験に代わり、所定の様式により実務経験の説明を求めることとなっている。

検定試験は、例年7月上旬に国内3箇所(東京、大阪、福岡)で実施しており、今後も当面はその予定である。なお、検定試験に先駆けて、診断技術講習会が開催されるが、受験者にはこの講習会の受講が義務付けられている。なお、講習会受講の有効期間は2年間である。すなわち、仮に1年目に検定試験に合格できなかった場合は、2年目には講習会の受講を省略して、直接、検定試験を受験してよい。講習会は例年5月の連休明けから国内3箇所(東京、

大阪、福岡)で開催されており、今後も当面はその予定である。

(2) 合格、登録と研修

コンクリート構造診断士の合格発表は例年10月である。検定試験の合格者は所定の手続きにより、協会事務局に「コンクリート構造診断士」の登録を申請することで、本技術者資格が付与される。この資格の有効期間は4年間であるので、更新を希望する方は、資格獲得後、3年目に所定の研修を行った後、資格を更新していく必要がある。なお、前述のコンクリート構造診断士補は、診断技術講習会受講者の内、その登録を希望する方全員に認めている。なお、登録は有料である。

2.3 コンクリート構造診断士に求められる知識

コンクリート構造診断士には、前述のとおり、PCやコンクリート構造物の診断や維持管理のために必要な、コンクリート構造に関する基礎的な知識に加えて、構造体の力学性能を評価し、判定する構造工学的な能力が求められる。この資格は土木あるいは建築に限定したものではないので、土木構造物と建築物のおのおのについて、基礎的な理解が必要となる。高度成長期に建設された膨大な量のコンクリート構造物の中でも、PC技術は戦後の技術でありながら、その合理性から急速な普及を遂げ、橋梁構造物を中心に、多くの構造物に適用されている。そして、高強度コンクリートの使用とプレストレスによるひび割れ制御により、PC構造物は一般には耐久性に優れ、維持管理費用も少なく済むと考えられている。しかしながら、その一方で、PC鋼材は腐食に対して敏感であり、さらにまたPC鋼材が破断した場合は、構造体自体の破壊につながるおそれもある。したがって、PC構造物は、より一層入念に、点検や診断を行っていく必要があるといえる。

3. 資格獲得までの道のり

本協会では、コンクリート構造診断技術講習会に向けて、テキスト³⁾を作成し、検定試験の受験者に資するように配慮してきた。ただし、このテキストは400頁を超える大部なものであり、初学者の入門書としては、やや詳細で、しかも膨大との印象は否めないところもある。このため本協会では、2009年1月号から2010年9月号まで会誌「プレレストコンクリート」に11回にわたって連載した「講座」を取りまとめて、自習用の参考書⁴⁾を作成したので、参考にしていただきたい。また、これまでのコンクリート構造診断士検定試験における、いわゆる過去問と解答例をまとめた問題集⁵⁾も刊行されている。このような参考書や問題集も大いに活用していただきたい。

また本協会では例年2月～3月に全国8か所の会場でPCに関する技術講習会を開催している。最近の講習会には、ほとんどの場合、PCやコンクリート構造の診断や維持管理に関するテーマが取り上げられているので、これらも参考にするとよい。検定試験に合格した後は、正式に登録を行って、普段の業務にご活用いただきたい。また継続的な研修により、この資格を是非継続して維持していただきたい。

表 - 1 受検資格と検定試験の内容

区分	受験資格				2012 年度試験	
	学歴または資格	登録または課程	実務経験年数	講習	応用問題 I	応用問題 II
A	① 技術士（建設部門） ② 一級建築士 ③ 博士号または PhD ④ 土木学会特別上級技術者 ⑤ PC 技士 ⑥ コンクリート主任技士 ⑦ コンクリート診断士 ⑧ 一級（土木・建築）施工管理技士	いずれかの資格を登録している者。 ただし一級（土木・建築）施工管理技士にあっては、監理技術者資格者証を有すること。	—	1) コンクリート構造診断技術講習の受講は全員必修	あり	あり
	① 大学（注 1）	1) 土木工学・建築学関連の課程を修めた卒業生 または、 2) コンクリートに関する科目を履修した卒業生	4 年以上（注 2）	2) 前年度コンクリート構造診断技術講習修了者は免除	あり	あり
	② 短期大学 ③ 高等専門学校	1) 土木工学・建築学関連の課程を修めた卒業生 または、 2) コンクリートに関する科目を必須科目としている学科の卒業生	6 年以上（注 2）			
	④ 工業高等学校	1) 土木工学・建築学関連の課程を修めた卒業生 または、 2) コンクリートに関する科目を必須科目としている学科の卒業生	8 年以上（注 2）			
⑤ その他の学歴・課程		10 年以上（注 2）				

(注 1) 大学院でコンクリート構造またはプレストレストコンクリートに関する研究を行った人は、その期間を実務経験とみなす。

(注 2) コンクリートまたはプレストレストコンクリートに関しての実務経験年数。なお、実務経験年数は所定の形式により、詳細チェックを行う。

4. 東日本大震災におけるコンクリート構造物の被災事例とコンクリート構造診断士に求められる役割

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は、牡鹿半島の東南東 130 km の海底 24 km の地点を震源として、国内最高のマグニチュード 9.0 を記録するとともに、余震域は南北 500 km、東西 200 km の広範囲にわたり、また地震動継続時間もきわめて長いものとなった。また、加速度応答スペクトルによれば、固有周期 0.1 ~ 0.5 秒の間の応答加速度が非常に大きいものであった。しかしながら、一般的に言えば、地震動自体によるコンクリート構造物の被害よりも、地震に伴って発生した大規模な津波による被害が甚大であった。波高 10 m を超える津波が各所で観測されており、場所によっては海面からの遡上高さが 40 m に達した事例もあったといわれている。ここでは、いくつかのコンクリート構造物の被災事例を対象に、その被災のメカニズムや損傷の原因について、考察を行うものである。コンクリート構造診断士には、被災したコンクリート構造物に対して、このような判断や評価が求められるわけであり、そのための事例紹介となれば幸いである。

4.1 東北新幹線 RC 橋脚の損傷

東北新幹線は海岸線から離れていることもあり、津波の被害を受けなかったが、地震動による損傷が生じた例がある。写真 - 1 は損傷した RC 橋脚である。コンクリート構造診断士には、なぜこのような損傷が生じたかという分析と、それに対する具体的な対応策の提言が求められる。そのためには、当該橋脚の設計図書等の基本的な情報を入手することが前提となる。写真 - 1 の損傷形態は帯鉄筋の



写真 - 1 損傷した東北新幹線の RC 橋脚

配置量が少なかった、阪神淡路大震災の際の RC 橋脚の被災例によく類似している。さらに地震動継続時間が長かったこともあり、コアコンクリートが塊状に粉砕されている様子も認められる。JR によれば、阪神淡路大震災以後、東北新幹線の RC 橋脚には徹底的に耐震補強を施したということである。しかしながら、この橋脚はせん断破壊の前に曲げ破壊が先行すると判断されていたため、耐震補強が実施されていないということである。ただし、実際のせん断余裕度（=せん断耐力 / 曲げ耐力）が 1 に近かったため、曲げ降伏後の早い段階でせん断破壊を生じたものと推定される⁶⁾。なお、損傷した RC 橋脚は被災後 2 週間以内に、鉄筋の再配置と断面修復による補修がなされ、耐震性が向上している（写真 - 2）⁶⁾。



写真 - 2 損傷した RC 橋脚の補修状況

4.2 在来線と新幹線の併行区間における損傷の有無

仙台駅南側の長町付近で、新幹線と東北本線の高架橋が併行している区間がある。この区間で興味深い現象が観察された。従来の JR の耐震基準、耐震技術で構築された新幹線の高架橋の橋脚には、地震による損傷が認められたが、新しい耐震基準と内巻きスパイラル工法などの新しい技術を導入して構築された在来線の高架橋橋脚にはほとんど被害がなかったというものである（写真 - 3）⁷⁾。新しく導入された技術の内巻きスパイラル工法は、橋脚の軸方



在来線（2006 年）
新基準・各種新技術導入

新幹線（1983 年）
従来基準・技術

写真 - 3 在来線と東北新幹線併行区間の損傷の比較

向鉄筋の内側にスパイラル鉄筋（らせん鉄筋）を配置するもので、橋脚の変形性能を飛躍的に向上させることができると言われている。また、先端プレロード場所打ち杭工法も導入されている。これは、地盤をプレロードし、セメントミルクを注入して強化し、地中梁を無くして、橋脚と杭を直結するものである。東日本大震災の結果、これらの新技術の効果が実証されたが、コンクリート構造診断士は、このような各種の新技術についても、いち早く情報をキャッチして、随時、利用可能な状態にしておくことが望まれる。

4.3 沼田跨線橋の損傷と主桁の流出

沼田跨線橋は、1983 年に架設された岩手県陸前高田市にある橋長 65.2 m の跨線橋で 2 基の橋脚を有するポストテンション方式の 3 連の PC 単純 T 桁橋である。ポストテンション方式の PC 単純 T 桁は、津波の影響により、3 連ともすべて陸側に落下している。ただし、損傷の状況を詳細に観察すると、たとえば写真 - 4 に示すように、橋脚横梁上に設置された落下防止装置はほとんど損傷を受けていない。さらに写真 - 5 に示すように、主桁設置のためのアンカーバーが直立した状態のままとなっている。これらの状態に基づき、コンクリート構造診断士には、主桁落下のメカニズムについての仮説が求められる。



写真 - 4 無損傷の落橋防止装置



写真 - 5 直立する橋脚天端のアンカーバー

あくまでも推測の域を出ないが、写真 - 4, 5 に示される状況から、津波襲来時に橋梁全体が浸水し、その結果、津波による衝撃的な作用よりも、むしろ静的な浮力が支配的となって主桁が浮き上がり、その後、水平方向の流体圧により、落橋に至ったものと推定される⁸⁾。津波の高さ、襲来の方向、主桁の抵抗面積（津波に対する射影面積）、PCT 桁下面における津波の巻き込み、流体エネルギーなど、実際にはさらに詳細な分析が必要となると思われるが、おおよその落橋のメカニズムは上述のとおりであろう。

4.4 歌津大橋の主桁の流出と橋脚の損傷

歌津大橋は、1972 年に架設された宮城県南三陸町にある橋長 303.6 m の道路橋（国道 45 号線）で、11 基の橋脚を有し、主桁はポストテンション方式の 7 連の PC 単純 T 桁とプレテンション方式の 5 連の PC 単純 T 桁からなっている。沼田跨線橋と同様に上揚力に対する耐震連結装置が配置されていなかったため、主桁が浮き上がり、落橋防止装置（鋼製ブラケット）を越えて流出し、落橋したと推察される。歌津大橋も沼田跨線橋と同じく PCT 桁橋であるが、PCT 桁橋は桁下面の開口部が大きく桁重心位置が高いため、落橋の場合は、上下裏返しとなっている場合が多い（写真 - 6）。



写真 - 6 上下裏返しで落下した主桁

歌津大橋の RC 橋脚は、コンクリート構造診断の立場からいえば、非常に興味深い損傷形態を示している（写真 - 7）。この単柱式橋脚にはすでに RC 巻立て補強が実施されており、したがって壊滅的な損傷を免れている。しかし、詳細にこの橋脚の上端部を観察すると、橋脚上端部左側のコンクリートにはかぶりコンクリートのはく落が認められ、この部分のコンクリートが曲げにより圧壊したことを示唆している。一方、橋脚上端部右側のコンクリート位置では橋脚と上部工を連結する鉄筋の破断が観測される。つまり、上部工に作用した津波の波力により、この橋脚には橋軸直角方向に曲げモーメントが作用したことを推測させる結果となっているのである⁸⁾。

4.5 津谷川橋梁の橋脚の破壊と傾斜

JR 気仙沼線津谷川橋梁は、歌津大橋と同じく宮城県南三陸町にある橋長 462 m の 19 径間の鉄道橋である。陸上



写真 - 7 典型的な曲げによる RC 橋脚の損傷

部は RC 桁となっているが、津谷川を横断する箇所ではスパンを長くするため PC 桁が用いられている。RC 桁の流出は 1 径間のみであったが、PC 桁は河川部の 6 径間のすべてが流失していた。

津谷川橋梁の被害で特徴的であったのは、河川部における RC 橋脚の損傷である。とくにもっとも北側に位置する RC 橋脚は完全に橋脚横梁部が折れ曲がっていた（写真 - 8）。コンクリート構造診断の観点からは、なぜこのような現象が生じたのかを推測する必要がある。そのためには、この橋脚に関する情報を収集しなければならない。この橋脚のみ横梁部が破壊した理由は当初不明であったが、その後の調査でこの橋梁は 1978 年の宮城県沖地震で損傷を受けたため、RC 橋脚の耐震補強が実施されていたことが明らかとなった。その際に、主桁の落橋防止のため、PC 桁を RC 橋脚に固定する措置がなされていた。その結果、今回の津波襲来に際して、PC 桁が受けた津波の力が RC 橋脚に直接伝わったと考えられる。そして、PC 桁が流出する際に、RC 橋脚から引きちぎられるようになり、その結果、RC 橋脚の横梁部が破壊したり、河川内では RC 橋脚自体が傾斜したりしたものと推測される（写真 - 9）⁶⁾。



写真 - 8 RC 橋脚横梁部の破壊



写真 - 9 河川中の RC 橋脚の傾斜

5. おわりに

コンクリート構造診断士とその期待される役割について、事例をもとに概説した。東日本大震災では、地震動そのものよりも、津波の襲来による被害が甚大であって、PC やコンクリート構造の分野にとっても新たな課題が課されたといえよう。現在、各学協会ではその対応を図るべく活動中であり、本協会においても、東日本大震災 PC 構造物災害調査委員会を設けて、被害調査と緊急対応、なら

びに教訓や将来への提言の取りまとめ作業を行っているところである。コンクリート構造診断士を目指す皆様は、是非、これらの報告にも注意を払い、自己研鑽を図っていただきたい。

参考文献

- 1) 魚本健人：コンクリート構造診断士制度の創設，プレストレストコンクリート，Vol.50, No.1, pp.11, 2008.1
- 2) 魚本健人，二羽淳一郎：コンクリート構造診断士制度の発足について（委員会報告），プレストレストコンクリート，Vol.49, No.3, pp.70～75, 2007.5
- 3) (社)プレストレストコンクリート技術協会編：コンクリート構造診断技術（第5版），412pp., 2011.5
- 4) (社)プレストレストコンクリート技術協会編：コンクリート構造診断入門，182pp., 技報堂出版，2011.5
- 5) 出雲淳一監修：コンクリート構造診断士試験問題と解説，278pp., 技報堂出版，2011.5
- 6) 丸山久一：東日本大震災調査報告書，日本コンクリート工学会，2011.5
- 7) 野澤伸一郎：東日本大震災における土木構造物の被害と教訓，土木学会 H23 年度全国大会研究討論会資料，pp.9～10, 2011.9
- 8) 西垣義彦：PC 橋の調査報告と今後の防災対策，コンクリートテクノ，Vol.30, No.9, pp.29～38, 2011.9

【2011年9月12日受付】



刊行物案内

プレストレストコンクリート技術

2011年7月

(PC 技士試験講習会テキスト)

別冊として、過去5年間のPC技士試験問題、正解および解説を掲載しています。

現金書留または郵便普通為替にてお申込みください。

(平成23年改訂)

定 価 6,000 円 / 送料 500 円

会員特価 5,000 円 / 送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会