

新潟県下のRC構造物の 老朽化に関する考察

地 濃 茂 雄

まえがき

上越新幹線は、新潟県と首都圏を結ぶ大動脈である。その幹線の大清水トンネル（越後湯沢-上毛高原間・約22キロ）で、モルタル片11個、重さ計約24.7キロが側壁から剥がれ落ちたことが新聞・テレビなどで取り上げられ、大清水トンネルが1982年に開通してから30年経ち、経年劣化した可能性もあると報道された[新潟日報2013/01/28]。それは、開通してから35年経過した中央自動車道笹子トンネル（山梨県）の事故で、公共インフラの老朽化への関心が極めて高くなってきた時でもあった。

また一方、佐渡市内に建つ、築40年以上のビルにおいて、外壁タイルやモルタルが剥がれ落ちるなど、老朽化に関連した事故は全国各地に相次いでいる。

そこで本報ではこうした事態を鑑み、RC構造物（鉄筋コンクリート構造物）のありようをまず捉え、次いでRC構造物の劣化現象を考察して、それに基づきRC構造物の老朽化の事前対策・事後対策について見解を述べることとした。

RC構造物のありよう

科学技術の進歩とともに、経済の成長や利便性を求めた結果、人々は特定の場所に集中するようになった。それは都会の過密化であり、地方都市の近代化である。このような過密化の環境において、ものを遮断できる材料が必要不可欠となる。

それには、地震や火災などから身を守ることができ、また外界の熱、光、音、風、水などを完全に遮断できる材料でなければならない。この点、コンクリートは強さと耐久性のほかに、十分な厚さと広がりを持って、火熱、光、音、風、水などを完璧に遮断できる能力をうまく持ち合わせていた。

また、社会資本整備の観点から、防潮堤やダムや橋や堤防では津波や河川水を、トンネルや擁壁では土砂を、また新幹線や高速道などの高架建設物では地上の人や車

両などを遮断する必要がある。これに応えられるのもコンクリートである。

要するにコンクリートとは、「人間の生命・健康・財産を守り、社会生活の秩序を樹立し、個人の人間的生活を安らかに楽しくできる空間の創出のほかに、脆弱なわが国の国土において自然の脅威に雄々しく立ち向かってその役割を余すことなく演じることのできる格好の材料」と言える。

元来、コンクリートはセメントと水から成る糊（セメントペースト）が砂と砂利を包み込み、セメントの水和反応によって糊が硬化してコンクリートに成る。それは砂と砂利を糊付けしたようなものであり、引張強度は圧縮強度の10%程度にすぎず、引っ張りには極めて弱い材料である。従って、様々な構造物をコンクリート単体で創出するのは力学的に難しい。

構造物の創出には、安全性・耐久性・機能性・意匠性、それに施工性や経済性の全てを満たすものでなければならない。そこで、引っ張りに弱いコンクリートが引っ張りに強い鉄筋の助けを借りれば頑強な構造物として、その任を果たすことができる。それがRC構造物で、鉄筋が引っ張り力を、コンクリートが圧縮力を負担するよううまく組み合わせたものである。

コンクリートは自らの弱点を鉄筋で補ってもら一方で、鉄筋の弱点を支えている。

その一つは、鉄筋の発錆防止である。鉄は大気中の水分によって錆びて、やがては当初の強さを失う。この点、コンクリートはアルカリ性であるため、コンクリートの中に鉄筋を埋め込めば、鉄筋を発錆させることなく保護できる。

また、鉄筋は火熱に弱く、約350～400℃以上から強さは急激に低下してしまう。これに対してコンクリートは耐火性に優れている。鉄筋の表面をコンクリートで覆う（3～4cm）ことによって耐火性に優れた構造物が具現化できる。

そして鉄筋とコンクリートは付着し、熱に対する伸び縮み（熱膨張率）もほぼ等しいことから、暑中や寒中環境下でも両者は同じように伸び縮みするので一体化は失

ちのう しげお

〒950-0824 新潟市東区中島2-6-2（自宅）



セメントの水和反応によって生成した水和物。水和物が生成してゆくことに連れ、コンクリートの強さは増してゆく。



打放しコンクリートの素材感を巧みに活かした著名建築家・安藤忠雄氏の作品（新潟市立豊栄図書館・2000年竣工）。



怒涛逆巻く海水の浸食から岸を護るために設置されたコンクリート塊およびコンクリート構造物（新潟海岸・防波堤）。



地上から隔て、立体交差により列車の安全走行を実現化させた上越新幹線のRC高架橋（新潟市中央区内・1982年開業）。



第3代となる現橋は国の重要文化財で、アーチを連ねたRC橋。橋長306.9m、幅員22mを誇る（萬代橋・1929年竣工）。



萬代橋の下流に架かる近代的なプレストレスコンクリート箱桁橋。橋長212.1m、幅員40m（柳都大橋・2002年竣工）。

われることはない。

このように鉄筋の性質とコンクリートの性質がうまく噛み合っ、耐震・耐火・耐久性・機能性などに優れたRC構造物が、空間創出の担い手として位置づけられている。

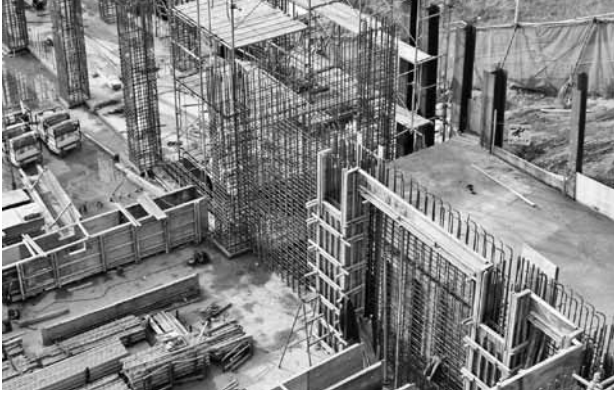
従って、RC構造物の寿命や耐久性はコンクリート内部の鉄筋の腐食の程度によって決まることから、コンクリートの役目は極めて大きい。

なお、本章に関するセメントやRCの歴史的事項の概

要を記述すれば以下のようなものである。

現在使用されているようなセメントは1824年イギリスにおいて誕生した。またRCについては、引っ張り力の改善にあれやこれやと時間を費やしている中、1867年、フランスの植木職人モニエが植木鉢を作る際に補強として針金を用いた。これがRCの始まりと言われている。

日本では1875年（明治8年）に東京・深川の官営セメント会社においてセメントの製造に成功。また、RC構造物の最初として、1903年（明治36年）に琵琶湖疎水の



コンクリートと鉄筋の複合により強い構造物を実現させた (RC建物・コンクリート内部に配置される鉄筋の組立て)。



RC建物のひび割れは半ば宿命的。幅0.4mm以上のひび割れは内部鉄筋の腐食を誘発する(延命策を講じた補修の痕跡)。



二酸化炭素によってコンクリートは中性化し、水分の下で内部鉄筋が腐食し膨張。その結果、コンクリートを剥離させた。



コンクリート中の水分が凍結と融解を繰り返し、ひび割れを発生させた後、表層コンクリートを剥離・剥落させた(凍害)。



塩分がコンクリート中に入り込み、内部の鉄筋が腐食し、体積膨張によりコンクリートを剥落させた(塩害・築後30年)。



劣化周辺部のコンクリートを取り除き、鉄筋の錆びを落とした上で特殊な補修材で覆い延命策を図る(塩害の補修事例)。

橋が、翌年に佐世保重工のポンプ小屋が建設されている。その後、関東大震災(1923年)や終戦期(1945年)を経て、RCが多用されるようになった。1947年(昭和22年)には日本で初めての生コンクリート製造会社が東京都墨田区業平の地(東京スカイツリー建立の場所)に操業された。

新潟県内においては、1927年(昭和2年)にRCの新潟カトリック教会や旧・第四銀行住吉支店[新潟市歴史博物館敷地内に移築]が建てられ現在に至っている。

RC構造物の劣化現象と考察

近年、相次ぐコンクリート事故でRC構造物の老朽化や劣化が大きな問題となっている。

これは、高度成長期以降のRCの構造物や建築物が、完成後30年から50年経過して、経年劣化が進行していることに起因している。

インフラの例として、橋梁寿命50年としてみた場合、2012年では28%、31年で53%該当する。また、新潟県が管理する道路トンネル207のうち、建設後50年以上のもの



反応性骨材と高いアルカリ性と降雨などの水分が揃って、膨張性のひび割れを発生させた（アルカリ骨材反応・RC柱）。



反応性骨材と高いアルカリ性と降雨などの水分が揃って、膨張性のひび割れを発生させた（アルカリ骨材反応・RC擁壁）。



まだ固まらないコンクリートを型枠の中に流し込み、締め固めて一体化を図る（RC建物・精魂込めて施工する作業員）。



コンクリート、鋼、ガラスを巧みに使いこなし、明日の発展を担うRC建物やRC構造物郡（新潟県都・新潟市中心部）。

のは現在の約21%から20年後には約54%にもなる。

このように、非常に短い時期に集中的に社会資本が整備されたことが分かる。これに関連して老朽化も一斉に起こるものと言える。

RC構造物は、長期間にわたって安全にその形態を保つことが必要である。従って、RC構造物の耐久性は極めて重要な性質である。つまり、RC構造物に有害なひび割れ（内部の鉄筋が発錆する恐れがある場合のひび割れ幅は、目安として0.4mm以上）が発生した場合や環境条件等に起因してコンクリートが劣化した場合は、構造物としての耐久性は乏しい。

そこで、RC構造物の代表的な劣化要因と劣化現象を概説すれば以下のようなものである。

まず、「ひび割れ」が挙げられる。ひび割れ発生の要因は、コンクリートの材料、調合、施工、使用環境、構造、外力などの条件、またはその組み合わせになど、多岐にわたる。従って、ひび割れの現れる箇所や時期を予測したり、制御したりすることは極めて難しい。

次に「中性化」である。中性化は、大気中の二酸化炭素がコンクリート内部に侵入し炭酸化反応を起こすことにより、コンクリート中のアルカリ性環境が失われ中性

に移行していく現象である。これにより内部の鉄筋は水分と酸素の下で発錆する。錆の進行に伴い鉄筋は体積膨張しコンクリートにひび割れを発生させる。

「凍害」も劣化要因の一つである。コンクリート中の水分が凍結と融解を繰り返すと、ひび割れが発生し、コンクリートの表層が剥離したりして、表層部分から次第に劣化が進行していく。

「塩害」も大きな劣化要因である。海水、潮風、凍結防止剤（塩）などがコンクリート中に入り込んだ場合、内部の鉄筋が腐食し、鉄筋の体積膨張によってコンクリートにひび割れや剥落あるいは鉄筋の断面欠損を生じさせる。

「アルカリ骨材反応」も手におえない劣化事象である。それは、ある種の鉱物を含む反応性骨材がコンクリート中の高いアルカリ性を示す水溶液と反応して、コンクリートに異常な膨張およびそれに伴うひび割れを生じさせる。

このようにRC構造物の寿命や耐久性に影響を及ぼす劣化要因は数多く、また複雑に絡み合って作用している。特に新潟県は海岸地域や山間地域等、RC構造物にとって厳しい環境下にあることが伺える。

老朽化の事前対策・事後対策

コンクリートは誰が作っても固まり、見たところはどれも同じである。その上、RC構造物は鉄筋が複雑に入り込んでいるので施工の良し悪しもある。また出来上がったRC構造物を取り巻く環境もまちまちである。

このように全てが絡み合っただけでRC構造物の寿命や耐久性が決定されることをまず念頭に置き、老朽化の事前対策と事後対策について考えてみる。

まず、「事前対策」についてである。

半製品のコンクリートは、生コン工場で製造され所定時間内に現場に搬入される。そして型枠にコンクリートが打ち込まれ、締め固められ、養生されてRC構造物が誕生する。言わば、地産地消の一品生産である。つまり、作業員の技能や肉体労働を前提とするローテクなコンクリート作業で、悪戦苦闘するほどRC構造物に生命は宿る。反面、時として施工中に不具合が発生するなど、大小さまざまなリスクを内包している。

日本には恥の文化があり、故意でない不具合でも隠すことが多い。また不具合の発生で当事者だけが追求されるのなら進んで不具合を公開しない。不具合の適切な処置が行わなければ初期欠陥を引きずり寿命や耐久性は大幅に低下することになる。見せかけだけの処置は何の意味もない。適切な処置を施してこそ、健全なRC構造物として性能・機能を保持することができる。このことこそが事前対策の要と言えよう。具体的に提示すれば、不具合の原因把握と調査、耐久性や第三者への影響の検討、判断と補修、不具合部の経時変化観察、そして記録である。

次に、「事後対策」である。

かつて、コンクリートはメンテナンスフリーと言われてきた。今となってはまるで神話のようで誤認だったことにまず気づく必要がある。

総じて、コンクリートの劣化現象については、実験室基礎研究レベルの段階で解明され、それに基づく対策指針類も提示されている。しかし、RC構造物においては今日指摘されているような劣化事象は初めて遭遇する出来事でもある。

高度成長期の経済一辺倒の中で、新しく生み出されたRC構造物は脚光を浴び、半面、地味な点検や維持管理や補修の予算は先送りされてきた事実は否定できない。功を焦った政治的な背景を裏付けるかのように今、経年劣化が顕在化してきた。

こうしたことからコンクリート工学会では、既存コンクリートを対象に、劣化の程度を診断し、維持管理方法を提案するコンクリート診断士の資格制度を平成13年から設けた。現在、有資格者は全国でおよそ9200人で、新

潟県内では200人程度である。

資格所有者は、社会への貢献と資質向上を組織的に展開することを目指して、全国に地区診断士会を立ち上げている。新潟県では新潟県コンクリート診断士会として平成20年10月に設立され会員は100人程度である。

人間に健康診断や医者が必要なように、RC構造物も点検や診断、補修や補強、維持管理が重要であり、多くの診断技術者を育てることが急務と言える。

とりわけ、RC構造物の耐力・耐久性の低下に関わる外的要因は他県に比べ厳しいものがある。塩害や凍害など、劣化の実態を把握し、延命策を構築することが必要であろう。

むすび

先々を見据えた防災・減災対策は脆弱な国土ゆえに不可欠である。また、高度成長期に建設されたRC構造物への老朽化対策も避けて通れない。しかし、建設業はかねてから幾度となく政治や経済の動向に振り回され、予算次第で資材や人材不足を引き起こし、場合によっては粗製乱造。また整理削減も余儀なくされてきた。こうした土壌では、国民の安全、安心を確保できる暮らしの創造は殊のほか難しい。

建設業の第一義は、国民の生命と財産を守ることにある。裏打ちされた技術と倫理の基に造り出されるRC構造物を長期間にわたり点検、診断、補修などの維持管理を怠りなく講じていくことで、ようやく国民一人ひとりの安全、安心が確保できる。

建設業の根っこを支えている現場の造り手たちは、暑中や寒中の時期でもコツコツとモノづくりに励み、現場一品生産に魂を込めている。国も県も市町村も彼らの誇りと責任感ある仕事にまず光を当て、対価と共に安定的に働ける場を構築する必要がある。造り手たちの技術の向上においても、また若者が激減する中での後継者育成の面から見ても大事なことだ。これがなければ国民の安全は守れない。建設業本来の使命を誰もが認識した上で、建設を担う人たちにエールを送りたいものである。

(写真も筆者)

