

# 東北地方におけるコンクリート構造物

## 設計・施工ガイドライン(案)

### コンクリート構造物の耐久性向上に向けた取り組み

佐藤 和徳

東北地方は、その面積の98%が積雪寒冷地域であり、さらに約80%が豪雪地帯となっているため凍害の影響を受けやすい。また、冬期は日本海からの季節風による飛来塩分の影響を受けるため、海岸に近いところほど塩害の影響を受けやすい。

このような状況を踏まえ、東北の厳しい環境条件に適合した、新設のコンクリート構造物の耐久性の向上を図るため、一般的な事項としてのコンクリートの初期欠陥防止対策の他に、塩害、凍害など、東北地方特有の損傷要因に対応した「東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン(案)」を作成した。

キーワード：東北地方、コンクリート構造物、耐久性、設計・施工ガイドライン、塩害、凍害

#### 1. はじめに

コンクリート構造物は、同様の機能を鋼製構造物として確保した場合と比べて、一般的に初期コストが安く、塗装が不要であることから維持管理費も鋼製構造物のようにはかからないとの想定で東北地方においても大量に建設されてきた。

しかしながら、近年、道路橋の定期点検結果などから、コンクリート構造物であっても、環境条件や施工条件によって、早期に劣化する事例が見られるようになってきた。

一方、公共投資が抑制される中で、構造物を新設する予算だけでなく、構造物を維持管理する予算も年々減少を続けている。今後、高度経済成長期に大量につくられた構造物が一斉に老朽化していくことから、維持管理予算のほとんどがこれらの既設構造物に費やされることが予想される。

このため、今後構造物を新設するにあたっては、将来生じるであろう維持管理費を抑えられる「耐久性のある構造物」をつくることが重要となってきている。

このような状況を踏まえ、東北大学名誉教授の三浦尚先生を委員長とする「東北地方のコンクリート構造物の耐久性向上検討委員会」を立ち上げ、東北地方の厳しい環境条件に適合したコンクリート構造物を新設する場合の設計・施工ガイドライン(案)を作成したのでその概要を紹介する。

#### 2. 東北地方のコンクリート構造物の主な損傷原因

国が管理する東北地方の道路橋の定期点検結果を見ると、コンクリートの締固め等の施工の配慮不足に起因する損傷、乾燥収縮・温度応力などによるひび割れ、防水工・排水工の配慮不足に伴う遊離石灰の発生や鋼材の腐食が発生している事例が見られる。

このことは、設計・施工段階におけるコンクリートの初期欠陥等の防止や、設計・施工・維持管理段階における「排水・防水対策」が、コンクリート構造物の損傷の発生や耐久性に大きな影響を与えることを示している。



写真1 乾燥収縮により発生した橋台のひび割れ



写真一 防水工不良による漏水から剥離鉄筋露出にいたったPC桁

東北地方の日本海沿岸を縦走する国道7号のプレストレストコンクリート橋で顕在化した塩害は、冬期の日本海からの季節風による飛来塩分がコンクリートに付着・浸透し、内部の鋼材が腐食するとともに、その腐食による膨張圧で発生したコンクリートのひび割れから、さらに鋼材腐食促進因子である塩分が供給され、鋼材の腐食とコンクリートひび割れの増大や剥離が加速度的に進行することが知られている。また、塩害は、補修や補強に多大な費用が必要となるため、設計段階から、外部から進入する塩分によるコンクリート内部の鋼材の腐食を如何に防止するかという視点が重要となる。



写真二 塩害を受け、アウトケーブルで補強した橋梁

コンクリート表面から供給され内部に浸透した水分が、凍結融解の繰り返しにより、かぶりコンクリートにひび割れを生じさせたり表面剥落を引き起こす凍害



写真三 凍害を受け、桁かかり部分に剥落が生じた橋台

は、塩害と同様に進行性の損傷であり、設計段階から如何に凍結融解の繰り返しに強いコンクリートをつくるかという視点が重要となる。

### 3. ガイドライン（案）による主な対策

東北地方のコンクリート構造物の主な損傷要因別に、その対策をガイドライン（案）ではどのように記載しているかを紹介する。

#### (1) コンクリートの初期欠陥対策等

コンクリートの初期欠陥の対策として、施工段階における打ち込み及び締め固め、養生における留意事項や、ひび割れ対策及び排水・防水対策について以下のように記載されている。

##### (a) 打ち込み及び締め固め

コンクリートの打ち込みが不適切だと材料の分離やコールドジョイントが生じ、少なからずコンクリートの耐久性に影響する。また、締め固めが不十分だと豆板が発生し、その部分では所定の強度が出ないばかりか、劣化促進因子の通り道となるため耐久性にも大きく影響する。このため、打ち込み及び締め固めについて、ガイドライン（案）では次のように記載されている。

##### (打ち込み)

『コンクリートの打ち込みは、コンクリートに材料分離やワーカビリティの低下が生じて、打ち込み作業が中断しないように打ち込み区画、打ち込み方法、打ち込み速度、打ち込み順序、打ち重ね時間間隔、打ち込み箇所等を考慮して行わなければならない。』

##### (締め固め)

『①締め固めは、締め固め方法、振動機の種類・台数、要員数等について事前に検討してから実施する。』

『②コンクリートの締め固めは、内部振動機を用いることを原則とし、打ち込んだコンクリートに一樣な振動が与えられるように、あらかじめ振動機の挿入深さ、挿入間隔、振動時間等を定めておく必要がある。』

##### (b) 養生

コンクリートの養生は、強度発現や表面状態等、耐久性に関わる品質を大きく左右することから、養生中は、適切な温度、湿度管理のもとで十分な水和反応が行われるよう配慮する必要がある。特に東北地方特有の環境条件を加味して、コンクリートの品質に大きな

影響を与える養生について次のように記載されている。

『①コンクリートの養生においては、完成した構造物における強度、耐久性その他の要求される品質が確保されるよう、施工環境条件に応じて打ち込み後の一定期間コンクリートの水和反応に必要な温度及び湿度を保ち、有害な作用の影響を受けないようにしなければならない。』

②凍害を受けるおそれのある場合及び外部から塩化物が浸透するおそれのある場合には、コンクリートの養生を十分行うとともに、膜養生を併用することか望ましい。(以下省略)』

東北地方のように凍害や塩害を受けるおそれのある地域では、コンクリート表面からの劣化因子の侵入を防止または遅延させることが耐久性の確保上重要となる。このため、コンクリート表面が密実なものとなるように養生に十分留意するよう規定されている。

#### (c) 体積変化によるひび割れ対策

温度変化や乾燥収縮等、コンクリートの体積変化に伴うひび割れは、それを起点として劣化促進因子の侵入があれば、構造物の耐久性を大きく損なう可能性があり、これを防止する方法として、ガイドライン(案)では以下のように記載されている。

『①設計段階においては、体積変化に起因する初期ひび割れの検討が必要であるかどうかを判断し、必要である場合には初期ひび割れの検討を行うこととする。』

②体積変化に起因する初期ひび割れの検討にあたっては、ひび割れの発生確率が基準値以下となることを確認しなければならない。(以下省略)』

#### (d) 排水・防水対策

コンクリート構造物の表面を水が流れると、その部分から劣化が進行するケースが多く見られる。このためガイドライン(案)では構造細目の項を設け、排水・防水対策を規定している。ここでは、橋梁についての規定を紹介する。

##### (排水対策)

『コンクリート構造物の耐久性を確保するために、コンクリート構造物の上面に排水勾配を設け、流末まで適切に導くものとする。』

##### (防水対策)

『①コンクリート床版の上面には防水工を設けるも

のとする。

②防水工は、防水性能、施工性、床版や舗装との密着性、耐久性及び経済性などを考慮して選定するものとする。

③床版上面の滞水を防止するため、導水パイプと水抜き孔を設置するものとする。』

#### (2) 塩害対策

東北地方の日本海沿岸のコンクリート橋を中心に発生している塩害について、ガイドライン(案)ではその対策を次のように記載している。

『塩害は、海洋からの飛来塩分と凍結防止剤による飛散塩分の双方を考慮するものとし、十分な耐久性を有するよう、塩害区分に応じて必要な対策を講じるものとする。』

具体的には、凍結融解を受けかつ飛来塩分や飛散塩分あるいはその両者の影響を受ける地域においては、塩分の影響が大きく、交換が困難な部材ほど、かぶりを大きくとった上でエポキシ樹脂塗装鉄筋等を採用する複合対策を推奨している。

道路橋示方書・同解説では、プレストレストコンクリート桁の場合、東北地方の日本海の海上または海岸線から100mまでの地域で、かぶり70mm以上の確保と塗装鉄筋の使用またはコンクリート塗装の併用を規定しているのに比べて、ガイドライン(案)では海岸線から300mまでの地域まで、かぶりと塗装鉄筋の使用等の併用を推奨しており、より塩害対策を強化して耐久性の向上を図ろうとする規定となっている。

構造物または部材の重要度と塩害対策区分に応じた対策例

(東北地方の日本海側で構造物の部材が交換が不可能な非常に困難な場合)

S : 海上または海岸線から100mまで	複合
I : 100mをこえて300mまで	複合
II : 300mをこえて500mまで	単独
III : 500mをこえて700mまで	単独

単独 : かぶりを大きくとる単独対策(橋梁上部工の場合最小70mm)

複合 : 単独対策に加えてエポキシ樹脂塗装鉄筋等を採用する複合対策

#### (3) 凍害対策

東北地方の山岳部等寒冷の度合いの大きい地域を中心に発生している凍害について、ガイドライン(案)

ではその対策を次のように記載している。

『凍害環境にある構造物のコンクリートはAEコンクリートとし、目標空気量は、荷卸し時6.0%（管理値±1.5%）を標準とする。なお、粗骨材最大寸法が25mmの場合は6.0%、40mmの場合は5.5%とする。』

『凍害を受ける恐れがあり、なおかつ凍結防止剤の散布の影響が懸念される部分においてはコンクリートの空気量を6.0%（管理値±1.5%）とし、水セメント比は45%以下としなければならない。』

凍害の影響を受ける環境においては、連行される空気が内部水の凍結に伴って増大する水圧を緩和させる働きを持っており、空気量を4.5%以上にする事により、凍結融解抵抗性は飛躍的に向上するといわれている。現在の空気量の管理値は±1.5%であることから、4.5%を下回らないように、標準を6.0%としている。

また、塩化物イオンを含んだ水分がコンクリート部材の表面に接すると、凍害による表面劣化が著しく促進されると言われていることから、凍結防止剤の散布の影響が懸念される部分においては、空気量を6.0%（管理値±1.5%）とし、水セメント比は45%以下とすることを規定している。

これらの規定は、東北地方の厳しい環境条件を反映して、凍害対策を強化して耐久性の向上を図ろうとする規定となっている。

#### 4. 今後の課題

今回のガイドライン（案）は、東北地方の厳しい環境条件に適合したコンクリート構造物を建設する場合の参考資料となるほか、将来の基準改定に資することを目的に策定されている。基準改訂時の主な論点としては、空気量6.0%、水セメント比45%以下のコンクリートがプラントで対応可能なのか、また施工性や塩化物の浸透に対する抵抗性能はどの程度向上し、費用の増加分に見合ったような効果が得られるのかという点になるものと思われる。

空気量6.0%、水セメント比45%以下のコンクリー

トは、一部地区のプラントへのヒアリング結果では、現状でも対応可能なプラントが相当数あることがわかってきている。

一方、空気量6.0%、水セメント比45%以下のコンクリートの塩化物の浸透に対する抵抗性能や、施工性については、室内試験や試験施工を通じて確認が必要と考えており、今後必要な試験を実施していく予定である。

また、橋梁点検結果から、塩害、凍害の発生部位を特定し、橋梁のどの部位にどのようなコンクリートを使用すべきなのかについても今後検討していく予定である。

#### 5. おわりに

このガイドラインの策定に携わる中で改めて感じたことは、コンクリート構造物は、設計・施工・維持管理の各段階で、十分な配慮を行って初めて耐久性が確保されるということである。その中でも施工における締固め不足や不適切な養生は、コンクリートの耐久性に直結するため、当たり前のことを当たり前にやることの重要性を再認識させられた。

さて、現在、「東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン（案）」は、東北技術事務所ホームページで内容を公開中であり、「東北地方コンクリートガイドライン」で検索できる。ダウンロードもできるようになっているので、皆様からのご意見をいただければと思います。

最後に、このガイドライン（案）の作成に多大な尽力をいただいた「東北地方のコンクリート構造物の耐久性向上検討委員会」やその下部組織である合同部会、各WGの委員の皆様がこの場を借りてあらためて御礼を申し上げます。

JICMA

#### 【筆者紹介】

佐藤 和徳（さとう かずのり）  
国土交通省 東北地方整備局  
東北技術事務所  
副所長

