

PC 鋼材巻立て工法による ASR 劣化橋脚の補強に関する一考察

奥山 和俊*1・坪浦 康行*2・尾花 祥隆*3・鳥居 和之*4

1. はじめに

アルカリ骨材反応（以下、ASR）による劣化は、コンクリート中に含まれる反応性骨材と高いアルカリ水溶液が反応してアルカリシリカゲルが生成され、このゲルが水分を吸水、膨張することにより構造物にひび割れを生じさせる劣化現象である。

従来、ASR が原因で劣化した構造物はコアコンクリートが健全であれば構造物における耐荷性能の大きな低下は無いとされ、補修工法として ASR に必要な水分供給を遮断する目的で表面保護工法が実施されてきた。しかし、実際には表面保護工法を施工しても ASR による膨張を抑止することができず、再劣化する事例も確認されている。さらに、近年においては、この ASR によるスターラップ鉄筋の破断事例が報告され²⁾、耐荷性能に影響を及ぼす劣化として ASR は重大な問題となっている。そのため、今後、ASR による劣化が生じている構造物の補強工法の選定は重要となってくると考える。

ASR が原因で劣化した代表的な構造物としてコンクリート橋脚があげられ、その橋脚に対する補修工法の一つとして PC 鋼材巻立て工法がある。本工法は、従来、橋脚の耐震補強工法として開発された工法であるが、PC 鋼材を水平方向に使用し、プレストレスを導入すること、またプレキャストパネルを使用することから ASR による内部からの膨張を抑制し、外部からの水分供給を遮断するといった特長をもっている。

現在までに、ASR 劣化に対して PC 鋼材巻立て工法で施工された橋脚は数多くあるが、構造物の環境条件や ASR の劣化度、橋脚の断面形状などさまざまな条件で施工されており、実際にどのような条件において本工法が適用されているのか体系的に明確になっていないのが現状である。

そこで本稿は、PC 鋼材巻立て工法が採用された 5 例の橋脚を対象とし、それぞれの環境条件や ASR 劣化度、残存膨張量等の各種条件を整理し、さらに補強に対する設計の考え方や施工方法をまとめることにより本補強工法の ASR 劣化に対する適用性を明らかにするものである。

2. 各橋梁の概要

2.1 各橋梁の位置

図 - 1 に各橋梁の位置図を示す。橋梁は A 橋から E 橋までの 5 橋であり、それぞれの橋梁は東北地方、北陸地方、中国地方に位置している。また、表 - 1 に各橋梁の施工環境を示す。施工環境は山間部から海上部まで幅広い範囲において施工されている。



図 - 1 各橋梁の位置図

表 - 1 各橋梁の施工環境

橋梁名	施工地域	施工環境
A 橋	中国地方	水中および気中 海上部
B 橋	中国地方	水中および気中 海上部
C 橋	中国地方	水中 河口部
D 橋	東北地方	気中 山間部
E 橋	北陸地方	気中 山間部

2.2 各橋梁の概要

(1) A 橋の概要

A 橋は 1976 年に中国地方で施工された 3 径間連続トラス橋である。本橋脚には 1986 年に、ASR によるひび割れが確認され、2 回にわたり表面保護工法で補修が実施された

*1 Kazutoshi OKUYAMA：(株)ピーエス三菱 西日本支社 開発部 開発技術グループリーダー

*2 Yasuyuki SONEURA：(株)ピーエス三菱 東日本支社 土木部 PC 工事グループ

*3 Yoshitaka OBANA：金沢大学大学院 社会基盤工学専攻

*4 Kazuyuki TORII：金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系 教授

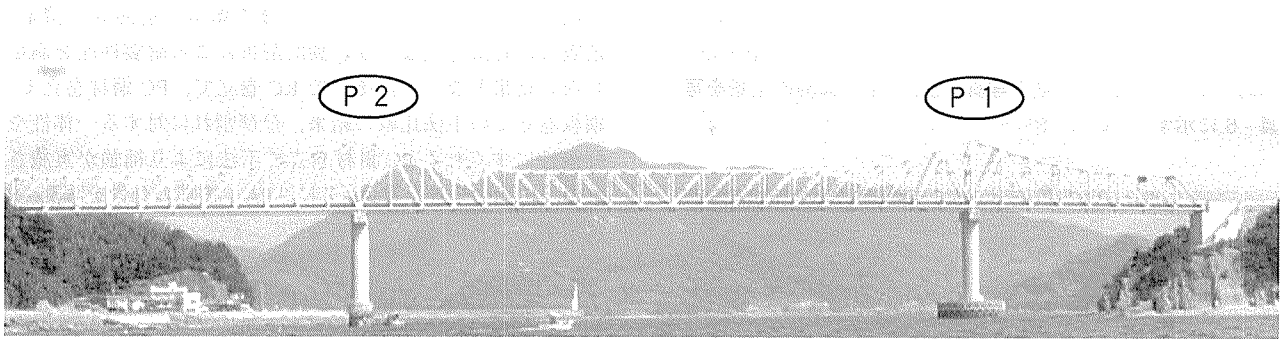


写真-1 A橋の全景

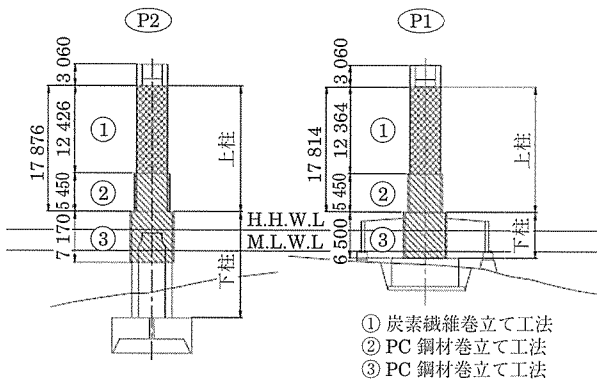


図-2 A橋の構造概要

が再びひび割れが生じたという経緯がある。本橋脚の構造的な特徴としては上柱部と下柱部に区別されることである。構造概要を図-2に示す。既設橋脚の断面形状は上柱部は円形、下柱部は小判型の形状である。上柱部については経済性の観点からPC鋼材巻立て工法と炭素繊維巻立て工法の併用を採択し、下柱部についてはPC鋼材巻立て工法を採択した。本橋の全景を写真-1に示す。

(2) B橋の概要

B橋は1976年に中国地方で施工された2径間+3径間+2径間の連続トラス橋で、既設橋脚の断面形状は矩形断面である。1999年に橋梁全体の調査が行われ、上部工はほぼ健全であったが、下部工は橋脚躯体にASRによるひび割れが多数認められた。その後、道路橋示方書に基づく照査の結果、耐震補強が必要と判断され、下部工については橋脚の補強効果ならびにASRによるひび割れ抑制が期待できるPC鋼材巻立て工法が採用された。本工法で施工された橋脚はP1、P2、P5、P6の4橋脚である。本橋の全景を写真-2に、P5、P6橋脚の全景を写真-3に示す。

(3) C橋の概要

C橋は1975年に中国地方で施工された4径間単純鋼桁橋で、既設橋脚の断面形状は小判型である。本橋脚は、道路橋示方書に基づく照査により、耐震性能を満足しない結果となったため、橋脚の耐震補強が必要と判断された。また、橋脚が海中部に位置し、点検の結果、ASRによる劣化を生じていることも確認された。そこで各種検討の結果、ASRの膨張抑制効果が期待でき、仮締切りを行わずに水中施工が可能であり、他工法よりも経済的となるPC鋼材巻立て

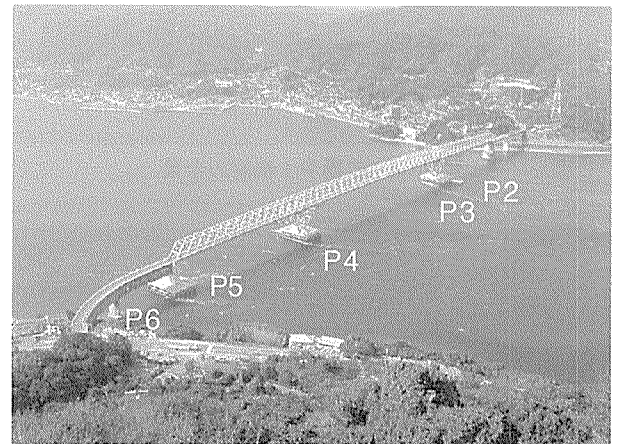


写真-2 B橋の全景

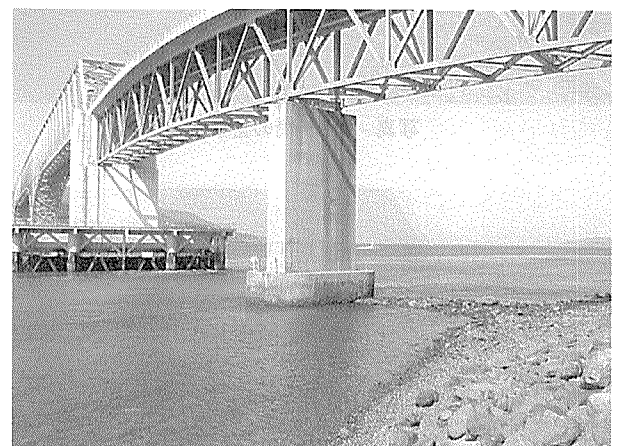


写真-3 B橋 P5, P6橋脚の全景

工法が採用された。本工法で施工された橋脚はP1、P2の2橋脚である。写真-4にP1橋脚の全景を示す。

(4) D橋の概要

D橋は1978年に東北地方で施工された4径間連続鋼桁橋で、既設橋脚の断面形状は小判型である。2003年に実施された点検の結果、橋脚に多数のひび割れが生じていることが確認され、その後の各種調査によりASRによる劣化であることが判明した。橋脚補強工法の検討を実施した結果、RC巻立て工法が経済的と判断されたが、今後もASRが進行することが予想され、ASRによる膨張を抑制する効果の

ある PC 鋼材巻立て工法が橋脚補強工法として適していると判断された。補強が実施された橋脚は P 1, P 2, P 3 の 3 橋脚である。本橋の全景を写真 - 5 に, P 2 橋脚の全景を写真 - 6 に示す。

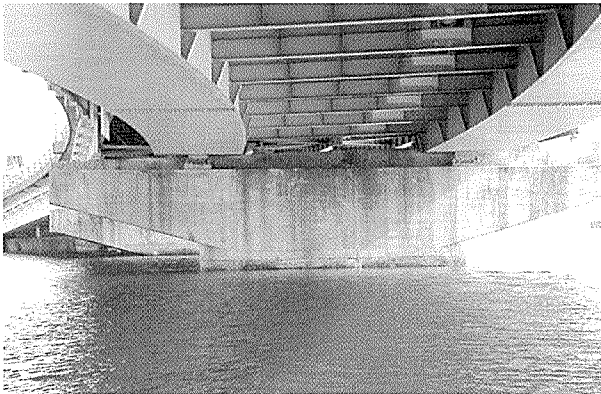


写真 - 4 C 橋 P 1 橋脚の全景

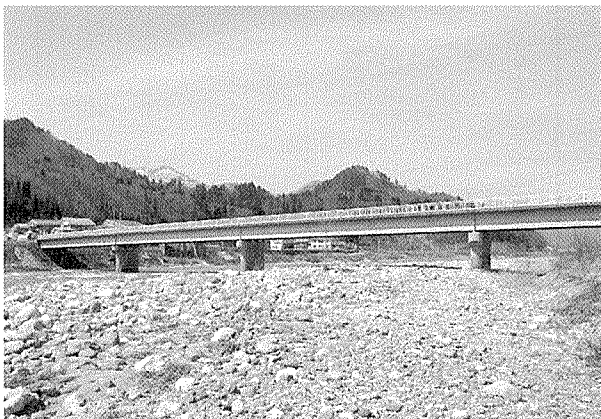


写真 - 5 D 橋の全景

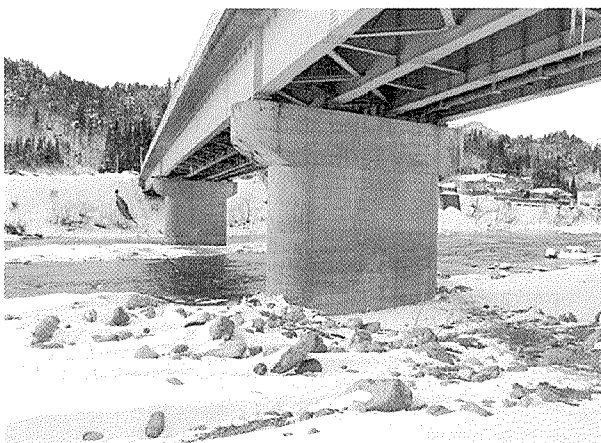


写真 - 6 D 橋 P 2 橋脚の全景

(5) E 橋の概要

E 橋は 1978 年に北陸地方で施工された単純プレテンション方式 T 桁 + 4 径間連続 T ラーメン橋梁で既設橋脚の断面形状は矩形断面である。本橋梁における PA 1 橋脚は T 桁橋と T ラーメン橋の掛違い部の橋脚である。柱隅角部に軸

方向に沿ったひび割れが生じ, また耐震性能照査の結果, 地震時保有耐力法ならびに動的解析による耐震性能を満足しない結果となった。そこで RC 巻立て, PC 鋼材巻立て, 鋼板巻立ての工法比較の結果, ひび割れに対する一体性や経済性にすぐれる PC 鋼材巻立て工法により補強が実施された。橋梁の全景を写真 - 7 に, PA 1 橋脚の全景を写真 - 8 に示す。

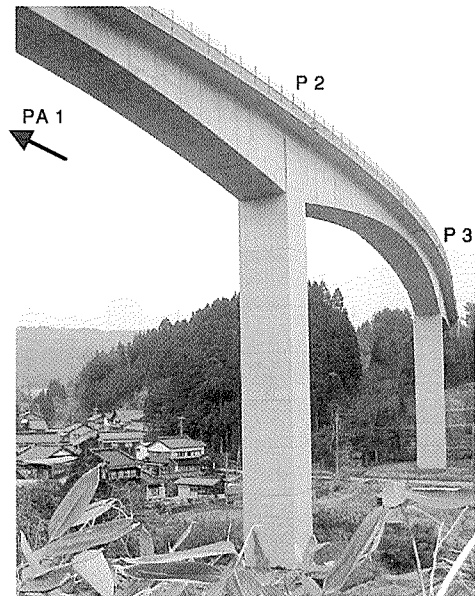


写真 - 7 E 橋の全景

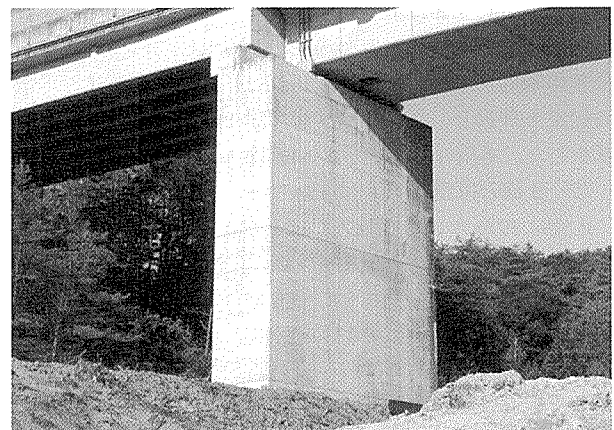


写真 - 8 E 橋 PA 1 橋脚の全景

3. 使用骨材の種類

今回, 研究対象としたすべての橋脚の粗骨材には ASR の反応性骨材として安山岩砕石が使用されていた。この安山岩砕石は非常に高い ASR 膨張性を示す骨材として知られている。安山岩に含まれるシリカ鉱物は火山ガラス, クリストバライト, トリジマイト, 石英などであるが, このうち, 石英以外の鉱物はアルカリによる浸食を受けやすい。すなわち安山岩砕石は JIS A 1145 骨材のアルカリシリカ反応性試験方法 (化学法) において「無害でない」と判定される骨材であると考えて良い。

安山岩は中新世以降（200 万年前以降）の火山岩類に分類される岩石で全国的に広く分布しているものである。日本において骨材の使用地域は輸送コストの関係から分布地域と同様の分布を示しており、広範囲において構造物に ASR 劣化が生じる可能性がある。本研究における対象橋脚の施工地域は東北、北陸、中国と 3 地域にまたがっており、安山岩の分布と密接に関係していると思われる。この安山岩砕石の使用が ASR 劣化を生じた大きな要因の一つと考えられる。

4. 各橋梁の ASR 劣化度

4.1 外観変状状況

ASR によるコンクリートの劣化は主にひび割れであり、構造物の外観に生じる。一般に無筋コンクリートにおいては、ひび割れは亀甲状に発生し、軸方向鋼材や PC 鋼材により膨張が拘束されるような構造物においては、軸方向にひび割れが発生する。したがってコンクリート橋脚構造物での ASR によるひび割れは、軸方向に卓越したひび割れが生じ、またこれらを繋ぐようにひび割れ網が形成されることが特徴である。

各橋における外観調査の結果を表 - 2 に示す。また、外観状況を写真 - 9 ~ 12 に示す。

表 - 2 各橋脚の外観調査結果

橋梁名	試験結果
A 橋	方向性の無いひび割れが多数発生し、遊離石灰や漏水を伴うものも認められた。 ひび割れ幅は補修部で 0.2 mm 以下、未補修部で 1 ~ 5 mm であった。
B 橋	胸壁部に亀甲状のひび割れが認められ鉛直方向のひび割れが顕著であり、遊離石灰を伴う。 ひび割れ幅は 0.5 mm 以上のものが多数見られた。
C 橋	橋脚梁部には 0.5 ~ 1.0 mm 程度のひび割れが多数生じており、かぶりコンクリートの剥離部分も確認された。壁部においても 0.5 ~ 1.0 mm 程度のひび割れが数箇所発生していた。
D 橋	柱部に亀甲状のひび割れが認められ鉛直方向のひび割れが顕著であった。 ひび割れ幅は最大で 2 mm 程度のものが多数見られた。
E 橋	柱の隅角部に鉛直方向に連続した著しいひび割れが見られ、天端から地表面まで連続していた。 最大ひび割れ幅は 27 mm であり、所どころ剥離を伴っていた。



写真 - 9 A 橋の外観状況 (P1 橋脚)

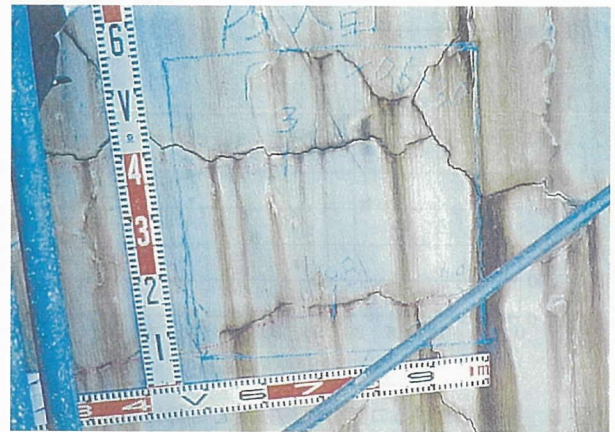


写真 - 10 B 橋の外観状況 (P5 橋脚)



写真 - 11 D 橋の外観状況 (P1 橋脚)

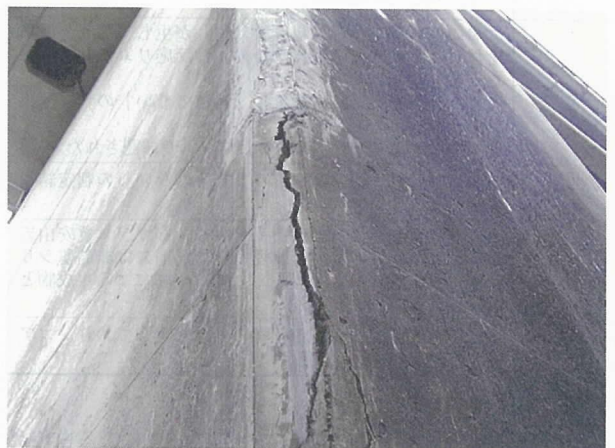


写真 - 12 E 橋の外観状況 (PA1 橋脚)

表より橋脚には、0.2 mm 以下から 27 mm に達するものまで様々な幅のひび割れが生じていたことが分かる。さらに、ひび割れには遊離石灰や漏水を伴うものも認められた。

4.2 コンクリートの圧縮強度と静弾性係数の関係

コンクリートの力学的性状を把握するため既設橋脚からコア採取を行い、圧縮強度試験ならびに静弾性試験を実施した。コアの圧縮強度と静弾性係数 / 圧縮強度比の関係を図 - 3 に示す。いずれの橋脚も静弾性係数の低下が著しく、

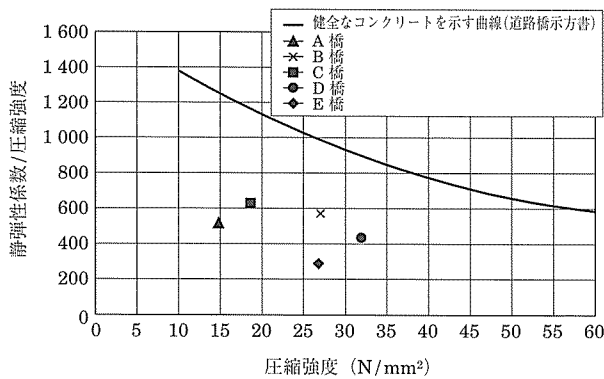


図 - 3 各橋におけるコアの圧縮強度と静弾性係数 / 圧縮強度比の関係

健全なコンクリートを示す曲線よりも下側にプロットされており、ASR による劣化構造物の特徴が認められる。すなわち、ASR による劣化が進行し、構造物の物性値に影響をおよぼすレベルであるため、対策としては構造物の力学的な性能を回復させるための修復が必要と考えられる。

4.3 アルカリ骨材反応性

アルカリ骨材反応性の確認については既設橋脚からコアを採取し、コアの外観調査やアルカリ骨材反応性試験の実施、さらには SEM 顕微鏡観察等により行っている。表 - 3 にこれらの試験による結果を示す。

表 - 3 各橋脚のアルカリ骨材反応性結果

A 橋	コアの外観調査から、粗骨材に割れが認められ白色ゲルが充てんしているものも見られた。また、コア全体にわたり、白色ゲルおよび反応リムが認められた。アルカリ骨材反応性試験より「無害でない」の判定結果であった。
B 橋	コアの外観調査から、粗骨材に割れが生じており、コア全体にわたり多数の白色ゲルおよび反応リムが認められた。アルカリ骨材反応性試験より「無害でない」の判定結果であった。SEM 顕微鏡観察で白色ゲルや反応リムが確認された。
C 橋	アルカリ骨材反応性試験より「無害でない」の判定結果であった。
D 橋	偏光顕微鏡観察により火山ガラスを含むガラス質安山岩が確認され、このガラス質安山岩の周囲には非晶質シリカが析出していた。非晶質シリカは ASR による生成物と考えられる。
E 橋	コアの外観調査から、粗骨材に割れが生じており、コア全体にわたり多数の白色ゲルが認められた。

この結果より、すべての橋脚において ASR による白色ゲルや反応リム等が確認され、また「無害でない」と判定される骨材の使用が明らかとなった。前述のように使用骨材の種類が安山岩砕石のため、対象橋脚のコンクリートは非常に高いアルカリ骨材反応性を有しており、また、反応生成物である白色ゲルや反応リムの存在により、各橋とも ASR の反応が十分に進行していることが判明した。

4.4 残存膨張量

構造物に使用している骨材がアルカリ骨材反応性を示している場合には ASR による膨張が収束状態または進行中かを判断する必要がある。

そこで構造物よりコアを採取し、既設構造物の膨張状態を把握するため残存膨張量試験を実施し、この結果を、補修、補強工法の選定に活用した。

表 - 4 に残存膨張量の試験方法および判定基準を、表 - 5 に残存膨張量の試験結果を示す。

この結果より A, B, D 橋は有害と判定されており、ASR による膨張は今後も継続すると考えられる。したがって PC 鋼材巻立て工法は、残存膨張試験において有害と判定され、今後も膨張が継続されると判断された構造物に対して適用が可能な工法である。

表 - 4 残存膨張量の試験方法

試験名	促進養生の条件	判定基準
JCI-DD2 法	温度 40℃, 湿度 100% の条件下にて養生	阪神高速道路(株) 全膨張量が 0.1% を超える場合、有害と判定する。
		国土交通省 建設省総合プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術開発」では 40℃, 100% R.H. の条件下に 13 週間養生し、0.05% 以上の膨張量を示すものを有害または潜在的有害と判定する。
デンマーク法	温度 50℃ の飽和 NaCl 溶液中に浸漬	試験材齢 3 ヶ月での膨張量で以下のように判定する。 0.4% 以上：膨張性あり 0.1 ~ 0.4%：不明確 0.1% 未満：膨張性なし
カナダ法	温度 80℃ の IN の NaOH 溶液中に浸漬	ASTM C 1260 - 94 の判定基準：試験開始後 14 日間での膨張量で以下のように判定する。 0.1% 以下の場合：無害 0.1 ~ 0.2%：有害と無害な骨材が含まれる。(この場合、14 日以降もさらに試験を継続する) 0.2% 以上の場合：潜在的に有害な膨張率

表 - 5 残存膨張量の試験結果

橋梁名	試験方法	試験結果	判定
A 橋	JCI - DD2 法	膨張率 0.049% / 3 ヶ月 (φ 80 のコアを使用)	有害 (φ 80 のため、0.03 以上を有害と判定)
B 橋	JCI - DD2 法	膨張率 0.055% / 3 ヶ月	有害
C 橋	JCI - DD2 法	膨張率 0.009% / 3 ヶ月	無害
D 橋	カナダ法	膨張率 0.258% / 14 日	有害
E 橋	—	—	—

4.5 塩害による複合劣化の影響

塩害によるコンクリート構造物の劣化の要因として外部環境により塩分が浸透する場合(外来塩分)とコンクリートの材料内にすでに含まれている場合(内在塩分)とがある。外来塩分の原因としては海水中に含まれる塩分と凍結防止剤に含まれる塩分がある。前者は海上および海岸線付近の構造物環境に多く見られ、後者は山間部や北部の地方環境が当てはまる。内在塩分については十分に除塩されていない海砂の使用や貝殻の混入などが原因となる。また、この塩害と ASR が同時に起こる複合劣化の場合、ASR 劣化を促進することが知られており³⁾、さらに鉄筋腐食も進行するなど、著しい劣化現象となる。そこで既設構造物よ

りコアを採取し、塩化物イオン含有量試験を実施した。塩化物イオン量を把握することは劣化状態を予測するうえで重要な指針となる。表 - 6 に各橋における塩化物イオン含有量を示す。

表 - 6 よりほとんどの橋脚で腐食発生限界である 1.2 kg/m³ を上回っており、複合劣化の可能性が高いと考えられる。A ~ C 橋については施工環境が海上であることから飛来塩分の影響が大きいと推定される。また、D 橋については施工環境が山間部であるが、車両の通行量が少なく凍結防止剤をほとんど散布していない環境であるので塩害による劣化は生じていないと判断した。E 橋については山間部であり、凍結防止剤の影響を大きく受けている橋脚であるが、調査結果としては 1.2 kg/m³ を下回る結果であった。

このように複合劣化を生じている構造物に対しても PC 鋼材巻立て工法は密実なプレキャストパネルを使用しており外来塩分の浸透防止効果が期待できる。

表 - 6 塩化物イオン含有量

橋梁名	表面からの距離 (mm)	塩化物イオン含有量 (kg/mm ³)	判定
A 橋	40	2.80	1.2 kg/m ³ を超える
B 橋	40	3.28	1.2 kg/m ³ を超える
C 橋	50	3.83	1.2 kg/m ³ を超える
D 橋	—	—	—
E 橋	40	0.52	1.2 kg/m ³ を超えない

5. 設計上の考え方

5.1 PC 鋼材巻立て工法の概要

PC 鋼材巻立て工法は既設橋脚の周囲にプレキャストパネルを配置し、パネル内に設けられたシースに PC 鋼材を螺旋状に挿入する。そしてこの PC 鋼材を緊張することによ

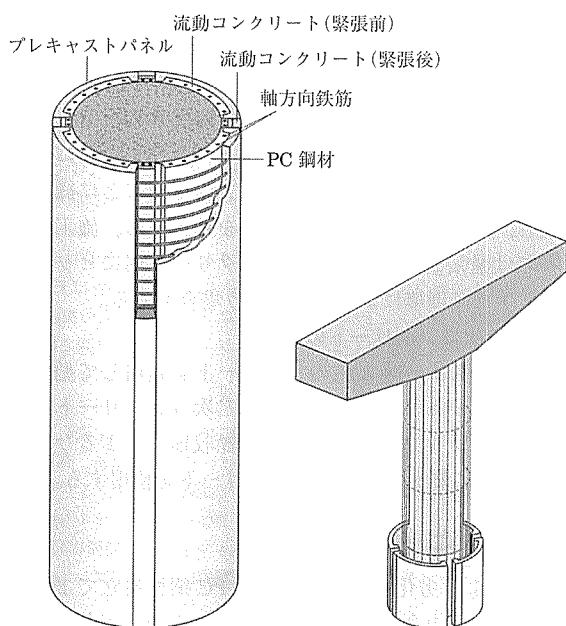


図 - 4 PC 鋼材巻立て工法概要図

り橋脚を締め付け、一体化を図る工法である。工法の概要を図 - 4 に示す。

本工法は橋脚の耐震補強を目的として開発された工法である。あらかじめ工場で製作されたプレキャストパネルを使用し、また、横拘束筋として高強度の PC 鋼材を使用し緊張することによりコンクリートを拘束し、じん性を高めることができる。したがってプレキャストパネルにより外部からの水分供給を遮断するとともに、PC 鋼材の緊張により、ASR による膨張に抵抗することができる。

5.2 コンクリートの応力-ひずみ曲線

本工法では、横拘束筋として PC 鋼材を使用し、PC 鋼材の影響はコンクリートの応力-ひずみ曲線に反映される。(1) ~ (4) 式に本工法のコンクリートの応力-ひずみ曲線式を示す。これは円柱試験体による圧縮試験により算出された式である⁴⁾。

$$\sigma_{cc} = \sigma_{ck} + 3.8 \cdot \alpha (\rho_s \cdot \sigma_y + \rho_{ps} \cdot \sigma_{py}) \quad (1)$$

$$\varepsilon_{cc} = 0.002 + 0.033 \cdot \beta \cdot \frac{\rho_s \cdot \sigma_t + \rho_{ps} + \sigma_{pt}}{\sigma_{ck}} \quad (2)$$

$$\sigma_{pt} = 3000 + \sigma_{pe} \quad (3)$$

$$E_{des} = 11.2 \frac{\sigma_{ck}^2}{\rho_s \cdot \sigma_y + \rho_{ps} \cdot \sigma_{py}} \quad (4)$$

ここで、 σ_{pe} は $\sigma_{py}/3$ とする。

σ_{cc} : 横拘束筋 (PC 鋼材) で拘束されたコンクリートの強度 (N/mm²)

σ_{ck} : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

σ_{pe} : 導入された平均プレストレス (N/mm²)

σ_y : 既設部横拘束筋の降伏点 (N/mm²)

σ_{py} : 補強部横拘束筋 (PC 鋼材) の降伏点 (N/mm²)

ρ_s : 既設部横拘束筋の体積比

ρ_{ps} : 補強部横拘束筋 (PC 鋼材) の体積比

ε_{cc} : 最大圧縮応力時ひずみ

E_{des} : 下降勾配

α, β : 道路橋示方書 V (平成 14 年版) で定義される断面補正係数

5.3 設計における特徴

本工法の設計における特徴として以下の点があげられる。

(1) 設計の基本的な考え方は道路橋示方書に準拠し、保有水平耐力法による検討を実施する。

(2) 既設橋脚コンクリートの圧縮強度、静弾性係数については必要に応じて低減する。

(3) 橋脚のじん性向上はプレキャストパネル内に設けられた PC 鋼材によるものとし、耐力の向上はパネル内側に設ける軸方向鉄筋により確保する。

(4) PC 鋼材の有効プレストレス力は降伏点荷重の 1/3 とする。これは耐震性能向上の観点から設定された値である。

5.4 各橋梁のプレストレスによる拘束力

PC 鋼材巻立て工法は ASR による膨張力に対して既設橋脚を PC 鋼材で締め付けること (プレストレス導入) により、膨張を抑制する効果を発揮する。そこで、各橋脚にお

けるプレストレスによる断面中心方向の拘束力を算出し、比較するものとする。拘束力の算出は以下の式で求める。

$$\sigma = \frac{P}{a \cdot R} \quad (5)$$

σ : プレストレスによる拘束力 (N/mm²)
 P : プレストレス力 (N)
 a : PC 鋼材の配置ピッチ (mm)
 R : PC 鋼材の曲げ半径 (mm)
 算出した各橋脚の拘束力を表 - 7 に示す。

表 - 7 各橋脚のプレストレスによる拘束力

	使用鋼材	緊張力 (N)	配置ピッチ (mm)	曲げ半径 (mm)	拘束力 (N/mm ²)
A 橋	IS17.8	110 000	150 mm	2 500 mm (上柱部)	0.29
	IS17.8	110 000	150 mm	3 150 mm (下柱部)	0.23
B 橋	IS15.2	74 000	150 mm	770 mm	0.64
	IS17.8	110 000	150 mm	770 mm	0.95
	IS19.3	129 000	150 mm	770 mm	1.12
C 橋	IS15.2	74 000	150 mm	1 250 mm	0.39
	IS15.2	74 000	150 mm	900 mm	0.55
D 橋	IS17.8	110 000	150 mm	1 200 mm	0.61
	IS17.8	110 000	150 mm	785 mm	0.93

これより拘束力は 0.23 ~ 1.12 N/mm² の値である。この数値のばらつきはプレストレス力が耐震設計の観点から決定されているためと考えられる。拘束力については円柱試験体による暴露試験により拘束力が 0.23 N/mm² 程度で ASR の膨張抑制効果が期待できるとの結果が得られている⁵⁾。したがってすべての橋脚で ASR 抑制効果が期待できる状況である。なお、現在、導入するプレストレスは構造物の耐震補強を考慮して決定しており、今後積極的に ASR 抑制も設計に考慮する場合には残存膨張量や、耐震性能を考慮し、バランスのとれたプレストレス力を決定する必要がある。

6. 施工方法

PC 鋼材巻立て工法による施工フロー図を図 - 5 に示す。また、主な施工内容を以下に示す。

6.1 軸方向鉄筋建て込み、アンカー定着

フーチング天端において削孔作業終了後、曲げ耐力を確保するために、軸方向鉄筋を建て込み、エポキシ樹脂を充てんして定着する。水中施工においては軸方向鉄筋は防錆効果の目的でエポキシ樹脂被覆鉄筋を用いる場合がある。なお、この場合はエポキシ被覆されているため付着長を通常鉄筋の 1.25 倍程長く設定する。

6.2 プレキャストパネルの架設

プレキャストパネルの設置は大別して橋面上からの架設と桁下からの架設に分けられる。橋面からの施工の場合、トラックにてパネルを運搬後、ラフタークレーン等にて吊り下ろし、架設する。桁下からの架設は橋面の作業制約がある場合や、桁下空間が広い場合などに適用される。また、

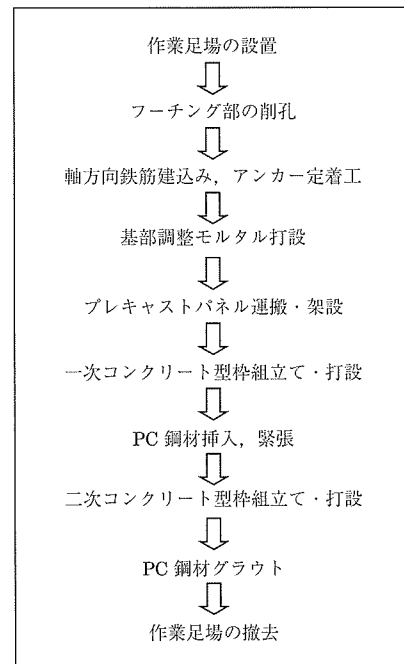


図 - 5 施工フロー図

橋面架設および断面形状が小判型または矩形の場合には既設橋脚梁に設置したレールとギヤードトロリーに吊り換えてプレキャストパネルを横移動させ、所定の位置に設置する。

6.3 一次コンクリートの打設

設置したプレキャストパネルと既設橋脚の間に一次コンクリートを打設する。パネルと既設橋脚の間が狭く、締め堅めを十分に行うことが困難なため、コンクリートの種類は高流動コンクリートとする。なお、水中施工の場合には水中不分離型高流動コンクリートである。

6.4 PC 鋼材挿入、緊張

プレキャストパネル内に PC 鋼より線を螺旋状に配置し、特殊双胴ジャッキを用いて緊張を行う。なお、水中施工の場合には PC 鋼より線は被覆鋼材を使用し、耐久性確保に努めるものとする。PC 鋼より線を挿入後、ジョイントカップラーを用いて接続し、1 本へと連続化する。緊張作業は相対する 2 箇所隣の隣接するプレキャストパネル間に特殊双胴ジャッキを設置して下方から上方へ半周ごとに繰り返し緊張し、連続的にプレストレス力を導入する。施工環境によっては緊張箇所である二次コンクリート部にピットを設置してドライ環境により施工を行う場合もある。

6.5 二次コンクリートの打設

プレキャストパネル内のインサートを利用して型枠を組み立て、プレキャストパネル間の二次コンクリートの打設を行う。コンクリートの種別は乾燥収縮等によるひび割れを防ぐため、膨張材入りのコンクリートを使用する。

7. まとめ

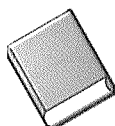
ASR による劣化を受けた橋脚の PC 鋼材巻立て工法の施工はさまざまな条件化で施工されているが、主として既設コンクリートに安山岩碎石を用いた構造物に適用されている

た。また、断面形状は円形、矩形、小判型といった各種断面に適用されている。本工法は、耐震補強工法の一つであるが、ASRによるひび割れが顕著に表れ、劣化のグレードとして進展期あるいは加速期に分類される状態であり残存膨張が高く今後も膨張が持続すると予測されるような構造物の補強において最適な補強工法の一つであると考えている。なお、補強量は耐震設計の観点からプレストレス力を降伏点の1/3と設定しているが、今後は最適なプレストレス力を決定するため、残存膨張量とプレストレス力の関係またはプレストレスによる拘束力の関係および耐震性能について明らかにする必要があると思われる。

参考文献

- 1) 石井浩司, 奥田由法, 和佐田慎吾, 鳥居和之: ASRにより劣化したコンクリート橋脚の対策事例 コンクリート Vol.46 No.1. 2008.1 pp.55-60
- 2) 土木学会: アルカリ骨材反応対策小委員会報告書 — 鉄筋破断と新たな対応 —
- 3) 奥田由法, 松本一昭, 小村辰彦, 湊俊彦: ASR 損傷橋脚の補強設計と施工 コンクリート Vol.36 No.9. 1998.9 pp.22-27
- 4) 張建東, 森拓也: PC 鋼材を帯鉄筋に用いた円柱コンクリートの応力-ひずみ関係 コンクリート工学年次論文報告集 Vol.19 No.2. 1997 pp.315-320
- 5) 石井浩司, 奥田由法, 谷川伸, 鳥居和之: ASR により劣化したコンクリート橋脚の補修・補強工法による抑制効果 コンクリート工学 Vol.43 No.7. 2005.7 pp.42-50

【2008年10月6日受付】



刊行物案内

第 16 回 プレストレスコンクリートの 発展に関するシンポジウム 論 文 集

(平成19年10月)

本書は、平成19年10月につくば市(つくば国際会議場)で開催された標記シンポジウムの講演論文集です。

頒布価格：会員特価 10,000 円〈一般価格 12,000 円〉(送料はいずれも 600 円)
体 裁：B5判, 箱入り