

PC サステナビリティ宣言

國富 康志*1・加藤 佳孝*2・小山 明男*3・手塚 正道*4

サステナビリティ (sustainability) は直訳すると「持続可能性」となる。1987年の国際連合の「環境と開発に関する世界委員会」は日本の提案によって設けられたもので、その最終報告書のブルントラント報告である「Our Common Future」では、「Sustainable Development (持続可能な開発)」を「将来世代のニーズを満たす能力を損なうことなく、現世代のニーズを満たす開発」とはじめて定義され¹⁾、近年では国内外を問わずサステナビリティの概念が一般化されつつある。また、コンクリート分野でも *fib* や ACI において環境・サステナビリティに関する学会活動が活発になされているとともに、2012年には JCI が「コンクリートサステナビリティ宣言」を発している。

このような現状を鑑み、プレストレストコンクリート (以下「PC」) を扱う立場から、持続的な社会・経済活動に向けての議論を行い、速やかに行動に移していくことが大切であると判断し、2013年にプレストレストコンクリート工学会 (以下「PC工学会」) 内へ対応すべき委員会を設置した。その活動の成果として、2017年に「PC サステナビリティ宣言」を作成し PC 工学会より公表された。本稿では、宣言の報告を行うとともに、サステナビリティに関わる活動が決して新しいものだけでなく、既存の技術や活動もサステナブルなものが存在していることを紹介する。

キーワード：サステナビリティ、環境性、社会性、経済性、サステナビリティ事例

1. はじめに

21世紀は、大量生産・大量消費といった20世紀の価値観を大きく転換し、持続的な社会・経済活動へ大きく舵を切ることが求められている。このような社会的要請は、ある限定された分野への要請ではなく、地球で活動するすべての人類に要請されていることであり、すなわち、PC分野も例外ではないと考えられる。わが国のコンクリート分野では、コンクリート用化学混和剤協会、セメント協会、全国コンクリート製品協会、鉄鋼スラグ協会、日本コンクリート工学会、日本コンクリート診断士会、日本フライアッシュ協会が共同で、2012年4月に、「コンクリートサステナビリティ宣言」を発している。この宣言では、①安全なコンクリート構造物の実現、②資源消費とCO₂排出の低減、③資源循環への貢献、④生物環境や地域環境の保全・向上、⑤ステークホルダーとのコミュニケーション、⑥長寿命化に必要な技術の開発、⑦国際展開による環境問題解決への貢献、⑧人材の育成と技術の継承、の8つの項目が対象となっている²⁾。また、*fib* や ACI 等の国際的な学会でも、サステナビリティに関わる活動が活発になってきている。このような社会情勢を鑑み、PC工学会としても、将来世代により良い環境・社会・経済を受け渡すことに貢献するため、サステナビリティ宣言を発信することとし、プレストレストコンクリートサステナビリティ委員会を発足させることとなった。

本委員会は、2012年に準備委員会として1年の活動を

行ったのち、2013年～2016年の本委員会で検討を重ね、PC工学会としてのサステナビリティ宣言(案)を作成した。その成果に対してPC工学会の承認を得た後、2017年5月にPC工学会としてサステナビリティ宣言の公表に至った。宣言の詳細は、PC工学会のホームページを参照されたい (<http://www.jpcci.or.jp/download/pc-sustainability-20170526.pdf>)。

2. 委員会の活動

2.1 活動方針

PC工学会としてのサステナビリティ宣言は、PC技術者が目指すべき指標となるべきであると考え、そのためには関係各位の理解を得ることが重要となる。そのことを念頭に、本委員会では次の3方針を立てて活動した。

方針①：PC技術の役割と牽引していく方策の検討

方針②：社会から認識してもらう方策の検討

方針③：責任ある運営を行っていく方策の検討

方針①に関しては、サステナビリティ活動に対して、既存および新しいPC技術の貢献に注意を払いながら検討を進めた。

方針②に関しては、あらゆる立場の人々に対して理解してもらうために、各宣言に対して解説文を付記した。なお、ここで言うあらゆる立場とは、活動当初はPC技術者のみならず一般の方々も対象としていたが、2017年に公表した宣言はPC技術者のみを対象とした。これは、すべての人々を対象とした場合は詳細な解説文が必要となり文章量が膨大となることで、もっとも読んでいただきたい

*1 Yasushi KUNITOMI : (株)安部日鋼工業

*2 Yoshitaka KATO : 東京理科大学 教授

*3 Akio KOYAMA : 明治大学 教授

*4 Masamichi TEZUKA : オリエンタル白石 (株)

PC 技術者ですら、それを敬遠されることを懸念したためである。しかし、宣言を一般社会から認識してもらうことも重要であるため、一般の人々を対象とした宣言については、今後、継続的に検討を進めていく必要がある。

方針③に関しては、宣言は公表することが目的ではなく、それが目指すべき指標となり継続的に活用されることが重要であると考え、PDCA サイクルを確実に実行する枠組みの構築として、2017 年度から新たにサステナビリティ委員会を PC 工学会内に立ち上げ、残された課題や宣言の見直しなどに対応することとした。

2.2 委員会としてのサステナビリティの考え方

サステナビリティは、環境性、社会性、経済性の3側面と考えられることが一般的であるが、3側面の関係のあり方は、さまざまな議論がなされているところである。たとえば矢口³⁾は、3側面は並列ではなく、環境的持続可能性を前提とし、経済的持続可能性を1つの手段とし、社会的持続可能性を最終目的・目標とする関係性をもつと指摘している。なお、環境を犠牲にして経済的要因が重視されてきた過去に対し、環境側面の重要性を高めることによって、3側面のバランスを回復することが重要であることは共通した認識であると言える。

これら3側面の扱いに関して、本委員会では並列な関係であると考えて活動した(図-1)。

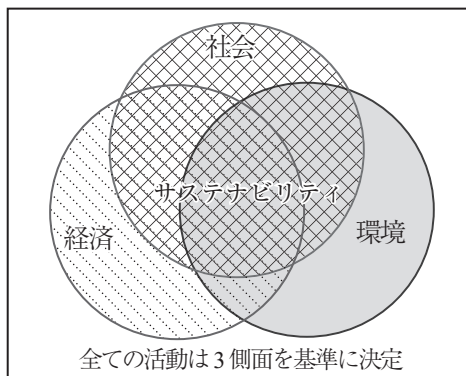


図-1 3側面の関係

2.3 活動内容

活動の流れとしては、初めに「理想的な目標の検討(宣言項目の検討)」と「具体的な技術の分析と評価指標の検討(PC技術がサステナビリティの観点から社会に貢献してきたこと、できることの洗い出し)」とし、次に「決定した宣言を継続するための枠組みの構築」を検討した。

具体的には、図-2に示すように「理想的な目標を検討(トップダウン的なアプローチ)」するWG1と、「具体的な技術を分析(ボトムアップ的なアプローチ)」するWG2に分けて活動した。WG1とWG2の活動は並行して進めることで、相互に補完し合いながら宣言を検討した。技術は、社会のニーズを満たすべく開発されてきたはずであり、PC技術についても例外ではない。そこで、WG2ではこれまでに開発されてきたPC技術の変遷と、代表的な技術について、宣言文に基づく評価を実施することで、

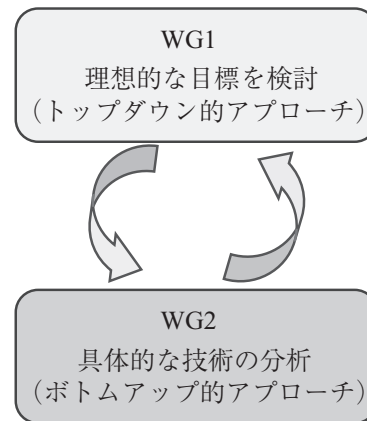


図-2 WG1とWG2の関係

PC技術者の理解を深めるための資料を整備することも目標とした。

その成果として、WG1では宣言文を、WG2では宣言文に関わる参考資料を取りまとめているが、今回公表したのは宣言文のみである。参考資料は、2017年度に新たに発足したサステナビリティ委員会にて精査を行い、報告書としてまとめる予定である。

3. 公表したサステナビリティ宣言の概要

公表した宣言文は、下記I～IVの категорияで構成されている。

カテゴリーIについて PC工学会として、サステナビリティ宣言を発信することの必要性について、わが国を含む世界的な動向を踏まえて言及している。

カテゴリーIIについて 宣言は将来に向けた内容であるものの、宣言を提案するためには技術変遷など過去の活動を見直し将来へ活かすことが重要であることから、これまでのPC技術について大筋を顧みている。

カテゴリーIIIについて PC工学会が取り組むべきサステナビリティ宣言の内容を述べている。本カテゴリーは、サステナビリティの3側面を基調として、4つの項目で構成している。初めに、社会性に着目し、現在の技術をベースとした活動(III-1.)と、将来の技術開発をベースとした活動(III-2.)について記述し、次に環境性に着目した活動内容(III-3.)について、最後に経済性に着目したうえで経済性のみではなく3側面のバランスが重要であることを意識した活動(III-4.)について言及している。

カテゴリーIIIの詳細は4章で紹介する。また、その内容をイメージしやすくするため、5章で宣言に対応する事例を記載する。

カテゴリーIVについて サステナビリティ宣言の内容を、継続するために必要な活動について述べている。本カテゴリーも4つの項目から構成されており、それぞれ、技術の継承と発展、人材の確保と育成、PDCAサイクルの構築、社会への情報発信、について言及している。

宣言文I～IVの内容を以下に列記する。

- I. サステナビリティ社会に向けて
- II. プレストレストコンクリート技術の足跡

Ⅲ. サステナビリティ社会の実現に向けた PC 工学会の活動（宣言）

1. 社会の安全・安心を構築し維持していくため、プレレストレストコンクリート技術を活用し、良質な構造物の建設と維持管理に努める。
2. 社会のニーズに対応した構造物の創造に向けてプレレストレストコンクリート技術の開発に努める。
3. 構造物のライフサイクルにわたり、環境負荷低減に努める。
4. 3 側面の評価項目の見える化を推進し、バランスに配慮した評価に努める。

Ⅳ. PC サステナビリティ活動を継続するために

1. 活動に貢献するため、プレレストレストコンクリート技術の継承と発展に努める。
2. 活動を理解する人材の確保と育成に努める。
3. PDCA サイクルを構築し、宣言活動の見直しに努める。
4. プレストレストコンクリート技術の魅力とサステナビリティ活動を社会へアピールすることに努める。

4. カテゴリーⅢの宣言決定までの経緯

4.1 カテゴリーⅢについて

宣言を考えるうえで、初めに PC 技術の特徴を整理した。主要な特徴として、利点は「耐久性が高く復元性が高いこと」、「部材を PC 鋼材を用いて連結させる施工方法など、プレキャスト部材を有効に活用できる技術であること」、欠点は「設計や施工において特殊性を有するため、計画段階で敬遠される傾向があること」が考えられた。なお、欠点については主に建築分野で想定されているとの意見であった。建築基準法で PC 構造は「その他の構造」に含まれており、章立てに PC 造が含まれていないため、施主の立場からは選択肢に入りにくいとのことである。このことから、本宣言が PC 技術を普及させるツールになるように検討する必要があると再認識した。

これらの特徴を踏まえ、カテゴリーⅢの項目は、当初は、サステナビリティの 3 側面（環境性、社会性、経済性）を考慮した上で①安全・安心②快適性③既存構造物の有効活用④資源循環型社会⑤環境負荷低減⑥3 側面の最適解を意識した生産活動と、6つのキーワードに整理し宣言文を構築することとした。しかし、実際に宣言文を作成すると内容の重複などが確認されたため、再度整理し、最終的に「安全・安心」「快適性」「環境」「3 側面のバランス」の、4つの項目で構成することとした。

内容の重複とは、たとえば③既存構造物の有効活用に関して言えば、建築でのコンバージョンのように用途を変更して既存構造物を継続的に使用する場合、既設構造物を補強することでより安心して使用できる状態を確保する必要がある（キーワード①の内容）。また、用途変更そのものが社会ニーズに応えたものとなるため、社会の快適性にも関連する内容となる（キーワード②の内容）。更には、既存構造物を活用することは、更新による資源の消費が抑制され環境負荷低減にもつながる（キーワード⑤の内容）

というように、視点を変えることでべつのキーワードと重複する。また、これは宣言を読む人の立場によっても異なるものであり、ここに記載していない内容も多数存在すると思われる。

そのため、宣言の項目はサステナビリティの 3 側面（環境性、社会性、経済性）をベースに検討し直すとともに、記載内容の重複を避けるため、それぞれの項目では主眼を置いた側面に関する内容に留めることとした。なお、社会性として「安全・安心」と「快適性」に分けたのは、公共構造物で活用されることが多い PC 技術では、まずは「安全・安心」が大前提であるが、上記のようにこの宣言を読む人の立場や地域、環境などによっても受け取り方が異なるため、それぞれの人々にとっての快適性（求めているニーズ）も項目としてあげる必要があると考えたからである。さらに、「安全・安心」に対しては、現状でも実現できている内容が多く含まれるため、既存技術をベースにすることとし、「快適性」に対しては、ニーズは社会情勢などによって変化するものであり、とくに将来ニーズに柔軟に対応することが重要な視点になるため、将来の技術開発をベースにすることとした。

また、宣言を行う対象は、2.1 節で記載したとおり当初は一般の人々と PC 技術者の両方としていた。そのため、カテゴリーⅢでは大項目（Ⅲ-1. やⅢ-2. など）と中項目（1-1. や 1-2. など）に分けて記載し、大項目は一般の人々を対象に、中項目では PC 技術者を対象として記載した。しかし、前記したとおりに文章量が膨大となったため、まずは PC 技術者のみを対象とすることとなったが、当初の大項目と中項目の構成はそのままとし、大項目では中項目の位置づけを説明している。

4.2 カテゴリーⅢ-1「安全・安心」

「安全・安心」は、施工時、使用時、災害時、維持管理時などあらゆる段階で配慮が必要な内容であり、当初は、これらの内容で分類していた。その後の議論で、施工時の安全性はあたり前であるため解説文に含める程度にすることとし、使用時や災害時は高耐久で復元性も高い PC 構造物を展開することが安全・安心の確保につながると考えた。また、維持管理時に対しては、モニタリングや非破壊検査など近年活発に技術開発が進められており、これらのさらなる高度化が必要と考え、最終的には以下のように、新設、既設の 2 項目に分類することとした。

Ⅲ-1. 社会の安全・安心を構築し維持していくため、プレレストレストコンクリート技術を活用し、良質な構造物の建設と維持管理に努める。

【解説】 PC 構造物を通して社会環境の安全・安心を維持するための活動について、新設と既設の構造物に着眼点を分けて「1-1」と「1-2」に具体的内容を述べる。「1-1」では計画・設計・施工に着目し、「1-2」では維持管理に着目して述べている。

1-1. 良質な社会基盤整備に貢献するため、耐久性・耐震性に優れた PC 技術を展開する。

【解説】高強度かつ高耐久であるPC構造物は、長期にわたる健全性確保に加え、地震時においても復旧性が確保される構造物であると期待される。また、PC技術の特徴であるプレキャストブロックを活用した技術は、部材の品質確保に加え、現場作業での安全性や、工期短縮に伴う近隣住民への影響軽減を期待できる。

PC工学会は、PC技術を重要構造物へ展開するとともに、PC技術を利用されていない新たな構造物への展開も図ることで、被災時の安全性や復旧性のさらなる向上に努め、良質な社会基盤の整備に貢献する。

1-2. 社会基盤の安全性を確保するため、維持管理に関わるPC技術の高度化と活用を推進する。

【解説】PC構造物の健全度は、PC鋼材の劣化のように外観から劣化状況を把握することが困難な場合もある。内部の状況も含めた健全性を適切に把握し必要に応じて対策を講じることで、利用者が安心して使用できる状態を保持しておくことが重要となる。近年は維持管理に関わる技術や材料など幅広い分野で高度化が積極的に進められているが、効率的な維持管理といった人材不足に配慮した技術開発も重要となる。

PC工学会は、構造物の安全性を持続させるために維持管理に関わる既存技術の高度化に努める。また、外ケーブル補強が鋼構造物の補強でも用いられているように、維持管理に関わるPC技術がPC分野以外でも活用される方法を模索することで、構造物全般の効率的な安全性確保にも努める。

4.3 カテゴリーⅢ-2「快適性」

「快適性」に対する考えは、変化する社会情勢（ニーズ）に対応できる構造物を創造することで快適性の向上に貢献するとしていた。また、それを実行するために、大空間を確保することや既設構造物のコンバージョンに対応できる補修・補強技術の提案、プレキャスト技術活用による効率的な施工を項目としてあげていた。

その後、議論を進めるなかで、ニーズに対応できる構造物の創造とは、社会基盤整備によって確保される空間と捉え、この空間的ニーズに対応することがPC技術者にとって重要なことであると考えた。また、これら空間的ニーズは社会情勢（時代）によって変化するとともに、ニーズを求める人々の住む地域（場）によっても異なると考え、最終的には以下のように、空間・場・時代の3項目に分類することとした。

Ⅲ-2. 社会のニーズに対応した構造物の創造に向けてプレストレストコンクリート技術の開発に努める。

【解説】PC技術を通して社会のニーズに対応できる構造物の創造を実現するための活動について、空間・場・時代に着眼し、それぞれについて「2-1」「2-2」「2-3」に具体的な内容を述べる。「2-1」では計画・設計に着目し、「2-2」では施工に着目し、「2-3」では維持管理に着目して述べている。

2-1. 自由度の高い空間を創造するため、PC技術の特長である部材のスリム化や長支間化などのさらなる高度化を推進する。

【解説】自由度の高い空間とは、供用期間中の用途変更に容易に対応できる大空間に加え、かぎられた土地に構造物を構築して確保される空間と考える。前者は、梁部材の長支間化や部材の薄肉化によって確保される。後者は、狭隘部や急峻な土地でも、構造物を構築できることで確保される。PCは高強度の材料を用い、プレストレスを導入することで、RCに比べて部材のスリム化、梁部材の長支間化が可能な技術であり、自由度の高い空間を確保するために有効な技術であると期待できる。

PC工学会は、PC技術の特長を活かし、多種多様な構造物へのPC技術の適用やさらなるスリム化・長支間化を推進し、自由度の高い空間を創造することで、長期間にわたって使用できる構造物の展開に努める。

2-2. 地域ごとのニーズに対応した施工方法を提案する。

【解説】構造物の建設や補修・補強において、施工条件や環境条件は地域によって異なる。また人材不足に加えて就労者の一極集中が進むなど、地域ごとに異なる多様なニーズに対応した施工方法が必要と考えられる。プレキャストPC技術は、現場作業の省力化・効率化を可能とし、早期の社会基盤整備に対応できるうえ、地域への影響軽減も可能である。また、人手不足にも有効な対応技術と考えられる。プレキャスト化の活用に加え、大型架設機材による施工方法の進化、新材料（高強度材料など）・新技術（外ケーブル構造との併用など）の組合せなど、さらなる省力化や工程短縮を実現する技術開発が必要となる。

PC工学会は、既存のPC技術の活用及び新たな技術の開発により、さまざまな施工方法を提案することに努め、地域ごとの多様なニーズを満足することに貢献する。

2-3. 時代のニーズに対応して既存構造物を活用するため、PC技術の高度化を推進する。

【解説】建設分野では、免震レトロフィットや耐震補強など、PC技術に関わらず、耐震性の向上や機能向上を目的としたあらゆる技術を利用し、既存構造物を長く使用する取組みが行われてきた。近年では、既存構造物のコンバージョンのように建設当初の使用目的を変更して構造物を長期間有効に活用する事例や、文化遺産の保護を目的として古墳を保存するためのドーム型構造物が建設される事例など、PC技術がさまざまな目的に活用されてきている。また、将来の新たなニーズにも柔軟に対応するため、これらの取り組みを発展させ、既存構造物を有効に活用するため、PC技術の高度化を推進していくことが重要である。

PC工学会は、PC技術の活用によって、構造物の長寿命化を実現するなど、構造物を長期にわたり有効に活用できる技術を高めることを推進する。

4.4 カテゴリーⅢ-3「環境性」

「環境性」に対する当初の項目は、消費エネルギー最小

化と環境負荷低減を目指すことを念頭に、最適な構造形式の選定、プレキャスト部材の活用など最適な施工方法の提案、ゼロエミッションなど環境負荷低減へのさまざまな活動への関与をあげていた。

環境に関する内容は、昨今あらゆる場所では取り上げられており、PC技術者の間でも多くの議論や技術開発が進められている。そのため、当初の内容から大きく変更することは無かったが、近年は産業副産物である高炉スラグやフライアッシュの活用も幅広く検討されていることから、3R（リデュース・リユース・リサイクル）に関わる内容を追加し、最終的には以下のように、計画から解体まで、3R活動、自然エネルギーなどの3項目に分類することとした。

Ⅲ-3. 構造物のライフサイクルにわたり、環境負荷低減に努める。

【解説】PC分野において環境負荷低減を実現するための活動について、構造物本体に関わる環境負荷低減、資源循環型社会、環境負荷低減全般に関わる活動に分けて「3-1」「3-2」「3-3」に具体的内容を述べる。「3-1」では構造物の計画から解体までの施工方法や材料などの選定に着目し、「3-2」では3R活動に着目し、「3-3」では自然エネルギーなどに着目して述べている。

3-1. 環境負荷低減に貢献するため、設計・施工・維持管理の高度化を推進する。

【解説】PC技術は長支間化が可能となり、使用する資源・資材の抑制に貢献できる。これに加え、山間部での橋梁では下部工の数を減らせる構造形式を選定することにより、自然破壊の抑制にも貢献できる。これらの特徴を活用し、計画・設計段階から資源消費抑制・工期短縮に配慮することで、環境負荷低減に貢献できると考える。

維持管理時や解体時に関しては、省力化や効率化に配慮した技術の高度化を図ることが重要となる。

PC工学会は、既存のPC技術と新たに開発されてきているPC技術の高度化を推進することで、あらゆる段階で環境負荷低減に貢献する。

3-2. 資源循環型社会に貢献するため、リデュース・リユース・リサイクルに関わる技術の開発を推進する。

【解説】高耐久であるPC構造物は、元来よりライフサイクルの観点で資源消費抑制、廃棄物の発生抑制（リデュース）に貢献している。また、耐久性の高さから長い年月使用されても健全性を保持している部材が存在し、それらは解体後も構造部材として使用（リユース）できる可能性がある。さらに、産業廃棄物から採取される高炉スラグやフライアッシュを混和材として利用（リサイクル）し、構造物の耐久性向上も実現してきている。

PC工学会は、新設されるPC構造物への産業廃棄物のさらなる活用を検討し、その構造物の展開に努めるとともに、リデュース・リユース・リサイクルに関わる技術の開発を推進することで、資源循環型社会に貢献する。

3-3. 環境負荷低減に関わる様々な活動に、積極的に関与・貢献する。

【解説】構造物の建設は、PC分野も含めて建設時に環境負荷へ配慮したとしても、少なからず資源やエネルギーを消費し、環境負荷物質の排出が伴うものである。

PC工学会は、PC構造物の建設において、施工現場ではゼロエミッションを目指した活動を積極的に取り組むことに努める。また、自然エネルギーを活用するために必要となる構造物の建設に積極的に関与し、その構造物の建設を効率的（低コスト、短工期、高耐久）に実施するための技術開発に努めることで、環境負荷低減に貢献する。

4.5 カテゴリーⅢ-4「3側面のバランス」

経済性は昔から考慮されてきたものであり、時代によっては重視されていた部分もあるため、宣言で経済性について特化した内容を記載すると、PC工学会として利益を求めていると捉えられる懸念があり、記載すること自体を避けるべきとの考えもあった。しかし、実情としては社会性や環境性に配慮したうえで経済性は必ず考慮されるものである。また、経済性とは「構造物を安く施工する」ことのほか、「社会基盤整備によって国内全体の経済的発展」につながる、いわゆるストック効果の役割も果たす。さらには、安く施工することに関しても、予算をかぎり有る資源と捉えた場合、経済性に配慮することがサステナブル活動となる。

以上のことから、経済性についても記載することとしたが、経済性のみではなく環境性と社会性とのバランスを考慮した最適解を考えることが重要であるとし、最終的には以下のように、3側面（環境性、社会性、経済性）を考慮した評価方法について言及することとした。

Ⅲ-4. 3側面の評価項目の見える化を推進し、バランスに配慮した評価に努める。

【解説】カテゴリーⅠで言及したように、サステナビリティ社会の実現のためには、環境性、社会性、経済性の3つの側面のバランスがきわめて重要となるが、たとえば、社会性を他の2側面よりも重視するなど、3側面のバランスは、社会ニーズや個別プロジェクトの目的に応じて異なる。そのため、たとえば、各側面に重み付けをして、3側面の評価結果を統合する方法を提案すると、画一的な評価方法となり、関連分野の行動を誤った方向に誘導する可能性がある。重要なことは、各側面について、客観的な情報に基づき定量的あるいは定性的な指標で表現し、第三者が評価結果を理解できるように分かりやすい説明を加えて情報公開することである。これにより、プロジェクトごとでの、3側面のバランスに配慮した評価につながる事となる。

カテゴリーⅢの1.～3.では、社会性および環境性に関連する内容について言及しているため、ここでは、経済性の指標としてライフサイクルコスト（LCC）を例に取る。経済性の視点で考えればLCC最小化が重要になるが、構造物の予定供用期間終了までのすべてのコストを見積もることは難しい場合がある。たとえば、プレキャストPC技

術の活用によって、工期短縮による経済効果を見積もることはできるが、品質管理の向上に伴う構造物の耐久性向上の結果として維持管理費用を低減させる効果を定量的に見積もることは必ずしも容易ではない。このとき、重要なことは、前提条件を明示したうえで、LCCの試算方法および結果を分かりやすく公開することである。これにより、将来、前提条件や試算方法の誤りや、社会ニーズの変化などに基づいて再評価し、必要に応じて対策することが容易になる。すなわち、構造物のライフサイクルにわたり経済性評価のPDCAが実現しやすくなる。

PC工学会は、バランスに配慮した評価に努めるために、まずは、構造物のライフサイクルを通じた環境性、社会性、経済性を評価する項目の見える化を推進する。

5. 宣言に関連する具体的な事例

本章では、前章で記載したカテゴリーⅢに記載している宣言文に対し、関連する具体的な6事例を紹介する(表-1)。なお、本委員会のWG2で作成した参考資料では12事例をまとめているが、ここではその一部を紹介する。

表-1 宣言文とPC技術の具体事例

宣言文	PC技術事例	備考
1-1	立川市庁舎(免震構造とPC造)	建築分野
1-2	外ケーブル補強を併用したモニタリング技術	維持管理技術
2-2	PC橋におけるプレキャストセグメント工法	土木分野
2-3	山梨市庁舎(プレキャストPCアウトフレーム)	建築分野
3-1	高強度PC鋼材	材料
3-2	PC構造物への産業副産物の利活用	材料

(1) 免震構造とPC造を組み合わせた長寿命・環境建築 (立川市庁舎)

本事例は、免震構造とプレキャストPC造を組み合わせて採用された建物であり、自然エネルギーの活用や省エネルギーの観点からさまざまな環境技術を取り入れたものである^{4,5)}。

構造躯体に対しては、免震構造を採用することで安全性を確保し、庁舎としての機能性を損なわず、また、プレキ



写真-1 立川庁舎全景

ャストPC造を組み合わせることで採用することにより躯体の耐久性(長寿命化)も向上させることができるなど、新設構造物の安全・安心に配慮した事例であり、主に宣言1-1に該当する事例である。

その他の宣言文に該当する内容として、PC造による梁および床の構造を4本の鉄骨柱が支えることにより、見通しが良く、かつ将来の用途変更も可能なフレキシブルな空間構成を可能にしている(宣言文2-1)。さらに、耐久性を向上させることは更新に伴う環境負荷を低減させることにもつながる(宣言文3-1)。

また、屋上緑化、自然通風をはじめとする自然エネルギーの積極的利用(宣言文3-3)や、混合セメント(高炉B種)などのエコマテリアルの利用(宣言文3-2)にも配慮されている。

(2) 外ケーブル補強を併用したモニタリング技術

本事例は、耐荷性能の低下が懸念されるPC桁に対して外ケーブルを設置すると同時に外ケーブルに張力測定用センサーを設置し、外ケーブルの張力変動を連続的にモニタリングするものである。測定結果より、内ケーブル破断を検知するとともに、内ケーブル破断時には補強ケーブルとして機能させることもできる手法である⁶⁾。

本手法は、新幹線構造物の劣化に対する補強手法として開発されたものであり、既設構造物の長寿命化を図ることで安全・安心を確保した事例であり、主に宣言文1-2に該当する事例である。

その他の宣言に該当する事例として、新幹線の運行を休止することなくPC桁の機能を回復できるため、社会のニーズに対応した施工方法である(宣言文2-2,2-3)。加えて、PC桁の内ケーブルの破断やグラウト充填状況の調査の効率化が図れること、人手をかけずに継続的にモニタリングができること、モニタリング用のケーブルが補強も兼ねており補強ケーブルを新たに配置する必要がないことから、作業の省力化にも寄与し経済性も向上する(宣言文1-2,3-1)。

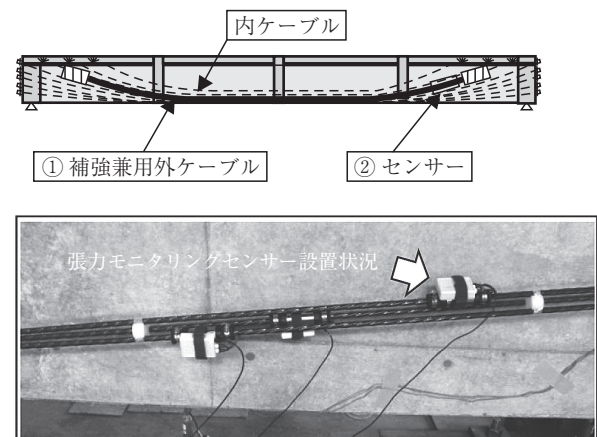


図-3 外ケーブル張力モニタリング技術

(3) PC橋におけるプレキャストセグメント工法

本事例は、あらかじめ工場や現場サイトで分割して製作したプレキャスト部材(セグメント)を架橋地点で接合し、

プレストレスを与えて一体化するプレキャストセグメント工法⁷⁾である。

本工法は、セグメント製作と架設地点での下部工工事を並行して進めることができ、架設地点での作業が減少するため、工期短縮、省力化に有効であるなど、施工地域（場）への影響を低減させることも配慮された事例であり、主に宣言文2-2に該当する。

その他の宣言に該当する内容として、作業の省力化に起因した現場作業の安全性向上（宣言文1-1）。さらに、セグメントの製作方法や現場での架設方法にバリエーションがあり、都市内や山間部といった架設地点ごとに異なるニーズに対応しやすい工法である（宣言文2-2）。

セグメントを工場や現場サイトなど、整った設備で製作し、一定の機材で繰返し架設することによって作業者の習熟度が上がるため、品質および耐久性の向上に繋がる（宣言文1-1, 3-1）。また、大型架設機や鋼製型枠設備など機械設備を多用した製作・架設による現場施工の効率化は、騒音・振動など周辺環境への負荷低減（宣言文3-1）、建設コストの削減を可能とする。



写真 - 2 プレキャストセグメント工法

(4) プレキャスト PC アウトフレームによる既存建物のコンバージョン（山梨市庁舎）

本事例は、既存建物が工場であったものから市庁舎へとコンバージョンするための耐震補強に、プレキャスト PC



写真 - 3 山梨市庁舎

構造のアウトフレームを既存の躯体と連結することで生まれ変わった、前例のない建物事例⁴⁾であり、まさに宣言文2-3に該当する。

その他の宣言に該当する内容として、既存施設を極力活かし、かつ再利用できるものは徹底的に利用して地球環境に最大限配慮した計画となっている（宣言文3-1）。

アウトフレームへ、プレキャスト PC 構造を活用することで、工期が短縮され、省力化が図れる施工方法と言える（宣言文2-2）。また、工事に伴う騒音、振動、粉塵および現場廃材を低減できるなどの環境配慮型の工法である（宣言文3-1）。

プレキャスト PC 構造のアウトフレームは高強度 (Fc50 N/mm²) のコンクリートであるため、高耐久で安全性が確保されたコンバージョンを実現できる（宣言文1-2）。

(5) 高強度 PC 鋼材

本事例は、高強度 PC 鋼材を PC 上部工へ適用することで、使用する資材の低減を図ったものである。

高強度 PC 鋼材の使用は、設計において、PC 鋼材本数を少なくでき、製造、運搬および現場作業の各段階において、省資源化・省エネルギー化や環境負荷低減が図れるなどの利点を有する。また、PC 鋼材や定着具の数量低減だけでなく、高強度 PC 鋼材を使用して部材寸法を縮小することで下部構造物を含めた構造物全体の数量を低減することが可能となり、その結果、環境負荷を低減することが可能となる。さらに、維持管理に関わるライフサイクルにおいても、劣化や設計荷重の増加などに対する構造物の補強において、少量の材料で施工可能なことから環境負荷低減に有利である⁸⁾。これら、施工時および維持管理時における環境負荷低減に貢献できる事例であり、主に宣言文3-1に該当する。

その他の宣言に該当する内容として、箱桁橋の外ケーブル数量の大幅な削減にともない、施工の省力化・人材減少への対応につながる（宣言文1-1, 2-2）。また、設計の自由度を高める効果もある（宣言文2-1）。



写真 - 4 高強度 PC 鋼材の適用事例（外ケーブル）

(6) PC 構造物への産業副産物（高炉スラグ）の利活用
本事例は、高炉スラグ微粉末を PC 構造物へ適用するこ

とで、環境負荷低減を図ったものである。

高炉スラグ微粉末を PC 構造物へ採用するにあたって、初期強度の確保が課題であったが、使用するセメントを早強ポルトランドセメントとし、高炉スラグ微粉末の比表面積を、一般的に使用されていたものより細かく（比表面積 4 000 cm²/g から 6 000 cm²/g へ）したことで、PC 構造物への採用を可能とした。産業廃棄物である高炉スラグ微粉末を活用することによって環境負荷を低減することを図った、宣言文 3-2 に該当する事例である。

その他の宣言に該当する内容として、高耐久化（宣言文 1-1）、LCC や LCCO₂ の削減にも貢献できる（宣言文 3-1）。また、高炉スラグ微粉末を採用した理由（図 - 5.2 「高炉スラグ微粉末を用いた高耐久性 PC 構造物 (BSPC) 研究会」集計データより）に着目すると、時代に応じてその理由が変化していることが分かり、社会のニーズに対応している技術と捉えることができる（宣言文 2-3）。

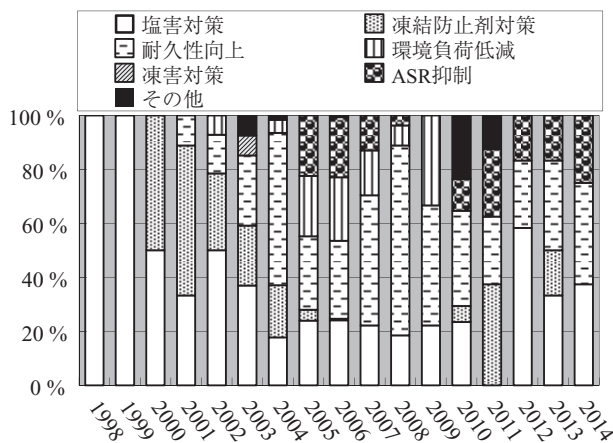


図 - 4 BSPC の採用理由

6. おわりに

宣言や事例からも分かるように、サステナビリティ活動は決して新しいものではなく、すでに PC 技術者が実施していることが多数ある。本宣言の内容を新しいものと敬

遠するのではなく、これまでの活動が将来に配慮した活動であったと自負していただき、その活動を継続・発展させていくことが重要であると捉えていただきたい。さらに、無意識のうちにサステナビリティ活動を実施していたことに対しても、見方を変えることで現代社会だけではなく将来世代へも貢献していることが多数実施されていることを再認識していただくことができれば、本宣言を公表した意義があると考えている。

一方で、一つの活動（たとえばプレキャスト部材の活用など）でも、視点を変えれば環境性や社会性、経済性といった 3 側面に対応しているものがあり、それぞれの活動をどのように評価するかは非常に難しい課題であるが、今後は評価指標についても検討し、それぞれの活動を評価できるようになれば、より一層身近な物に感じていただけると期待し、更なる検討を進めたいと考えている。

参考文献

- 1) United Nations: Report of the World Commission on Environment and Development Our Common Future, UN General Assembly Resolution 42/187, 1987
- 2) 日本コンクリート工学会, コンクリートサステナビリティ宣言, 2012.4.24. (http://www.jci-net.or.jp/jci/propos-al/proposal24_05.pdf)
- 3) 矢口克也, 「持続可能な発展」理念の論点と持続可能性指標, レファレンス, No.711, 国立国会図書館, pp.3-27, 2010.4
- 4) 日本建築学会関東支部: 進化(深化)する PC 建築 - 最近 10 年の PC 建築作品と PC 技術 -, PC 建築専門研究委員会, 2013.3
- 5) 城戸隆宏: 立川市庁舎の設計・施工 - PCaPC 間柱を耐震要素とした中間層免震構造 -, 第 18 回 PC 建築技術講習会テキスト, プレストレスト・コンクリート建設業協会, 2010.6
- 6) 丸山直樹, 村田一郎, 近藤拓也, 森川英典: 外ケーブル張力モニタリング方式による PCI 形桁の健全度把握手法の開発, プレストレストコンクリート工学会 第 21 回シンポジウム論文集, 2012.10
- 7) プレストレスト・コンクリート建設業協会: コスト縮減を目指す PC 橋 - 従来橋に加え, さらに広がる選択肢 -, 2007.9
- 8) プレストレストコンクリート技術協会: 高強度 PC 鋼材を用いた PC 構造物の設計施工指針, 2011.6

【2017 年 10 月 23 日受付】



刊行物案内

更新用プレキャスト PC 床版技術指針

平成 28 年 3 月

定 価 8,000 円 / 送料 300 円

会員特価 6,000 円 / 送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会