

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

| | | | | | | |
|--|-------------------|---------------------------------------|-----------------|------------|----|--|
| ①研究代表者 | 氏名（ふりがな） | | 所属 | | 役職 | |
| | (きし としはる) 岸 利治 | | 東京大学 生産技術研究所 | | 教授 | |
| ②研究 テーマ | 名称 | 生産性向上とライフサイクルコストの削減に資する膨張材併用軽量床版の研究開発 | | | | |
| | 政策 領域 | [主領域] 特定課題（道路構造物LCC削減） | 公募 | IV | | |
| | | [副領域] | タイプ | | | |
| ③研究経費（単位：万円） | 平成29年度 | 平成30年度 | 平成31年度 | 総合計 | | |
| | 13,653,900 | 32,500,000 | | 46,153,900 | | |
| ※H29 は受託額、H30 以降は計画額を記入。端数切捨。 | | | | | | |
| ④研究者氏名（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。） | | | | | | |
| 氏名 | | 所属・役職 | | | | |
| 岩城 一郎 | | 日本大学・教授 | | | | |
| 田嶋 仁志 | | 首都高速道路(株) 技術部 土木技術担当部長 | | | | |
| 蔵治 賢太郎 | | 首都高速道路(株) 技術部 技術推進課 担当課長 | | | | |
| 岸田 政彦 | | 首都高速道路(株) 技術部 技術推進課 | | | | |
| 石原 陽介 | | 首都高速道路(株) 技術部 技術推進課 | | | | |
| ⑤研究の目的・目標（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。） | | | | | | |
| <p>膨張材併用軽量コンクリート床版の実用化を目標として、2009年度の要素試験から始まり輪荷重走行試験、プラント選定およびポンプ圧送試験などの数々の検討を経て、2015年に首都高速道路横浜北線新横浜付近の上部工でパイロット工事として約1000m²の実施工を行った。ただし、パイロット工事の実施により施工性と耐疲労性に関して克服すべき課題が新たに確認されたことから、それら課題を克服し、補修補強を含む道路橋の生産性向上とライフサイクルコストの削減に資する膨張材併用軽量床版の実用化することを本研究の目標とした。具体的には、要求性能に応じて膨張材混和量を3段階に設定した膨張材併用軽量コンクリート床版の開発と、単位水量の少ない土木用配合で軽量コンクリートをポンプ圧送により確実に施工する技術の構築である。</p> | | | | | | |

⑥これまでの研究経過

(研究の進捗状況について、これまでの研究目標の達成状況とその根拠(データ等)を必要に応じて図表等を用いながら具体的に記入。また、研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性についても記入。)

《圧送性確保のための検討》

年間を通して確実に施工できる膨張材併用軽量コンクリート床版の技術開発のために、ポンプ圧送試験を実施することとした。

課題としては、気温が低い冬季施工において、標準添加量を下回る量のSP使用量でも十分なスランプが確保できてしまい、結果として材料分離を伴わずにSP添加量を増やすことが困難となり、ポンプ圧送性を更に改善することが困難なことである。生産性を向上させるためにポンプ圧送を前提とした軽量コンクリートの施工が必要であることから、検討を行った。

ポンプ圧送試験の実施時期は、冬季に加えて、スランプロスの影響により一般的に圧送性が低下する夏季においても実施した。また、圧送性確保のためにパイロット工事までの配合は単位水量が 165kg/m^3 であったが、単位水量を 170kg/m^3 に変更して試験を実施した。

本報告では、事前に石灰系の低添加型コンクリート用膨張材(以下、HEX)のみを用いて実施した冬季のポンプ圧送試験結果とHexとエトリンガイト・石灰複合系の低添加型コンクリート用膨張材(以下、CSA)の2種類を用いて実施した夏季のポンプ圧送試験結果について記載する。なお、低添加型とは普通コンクリート 1m^3 中に 20kg 混和することで、JISA6202に準拠した方法による長さ変化率で収縮補償となる $150\sim 250\times 10^{-6}$ 程度の膨張率を得ることができる膨張材である。

【試験結果(冬季)】

・コンクリートの配合および試験方法

本試験で用いたコンクリートの配合条件を表-1に示す。軽量コンクリートは、設計基準強度 40N/mm^2 、 $W/B=37\%$ と設定し、粗骨材及び細骨材ともに人工軽量骨材を使用した。また、ケミカルプレストレス効果により耐久性向上を目的としてHexを 15kg/m^3 混和して試験を実施した。目標スランプは、軽量コンクリートであることとポンプ圧送性を考慮して 18cm とした。目標空気量は、普通コンクリートと同等の 4.5% とし、混和剤の量により調整を行った。また、試験時の外気温は約 9°C であった。

表-1 コンクリートの配合

| 配合名 | 膨張材種類 | 単位量(kg/m^3) | | | | | AD ($\text{P}\times\%$) | AE ($\text{P}\times\%$) |
|--------|-------|------------------------|-----|----|-------|-------|------------------------------|------------------------------|
| | | W | C | Ex | S_L | G_L | | |
| HEX-15 | HEX | 170 | 444 | 15 | 574 | 554 | 0.6 | 0.003 |

コンクリートのフレッシュ性状に関する試験項目は、スランプ、空気量、加圧ブリーディングとした。ポンプ圧送試験は、生コン工場より施工現場までトラックアジテータ車により運搬し、練混ぜから60分以上経過していることを確認した後にコンクリートポンプ車にて圧送した。配管径は5B管（12.5cm）とし、配管長は実施工での最大圧送延長と同じ水平換算距離で151mとなるように配管した（図-1参照）。コンクリートポンプ車は、最大設計吐出量160m³/h、最大吐出圧力8.5N/mm²の油圧ピストン式コンクリートポンプ車を使用した。圧送性の評価は、圧送時の状況と筒先のコンクリート性状にて行った。

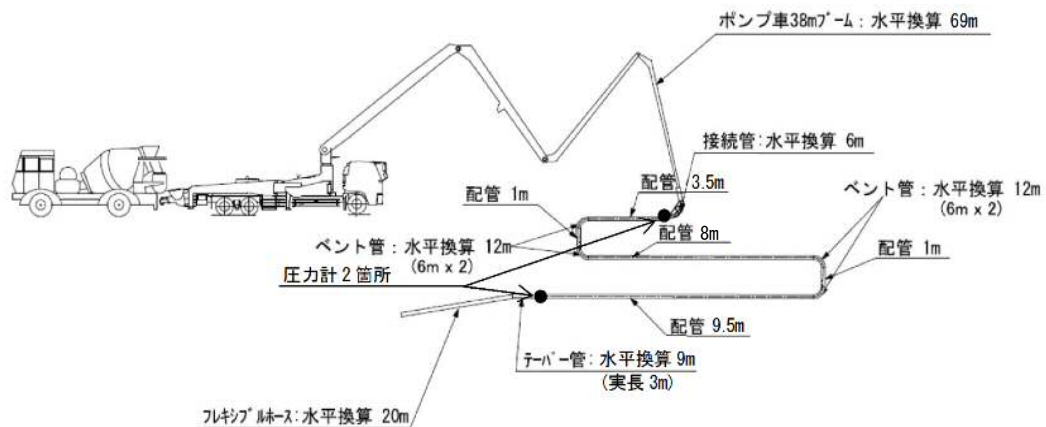


図-1 コンクリートポンプ車配管図

・フレッシュ性状試験結果

フレッシュ性状試験結果について、スランプ、空気量ともに、出荷時、圧送前、筒先と若干のロスが生じたものの、変化は小さかった。空気量について、出荷時から空気量が増減していることが確認できたが、いずれのケースも目標の4.5±1.5%以内であり、変化は小さい結果であった。

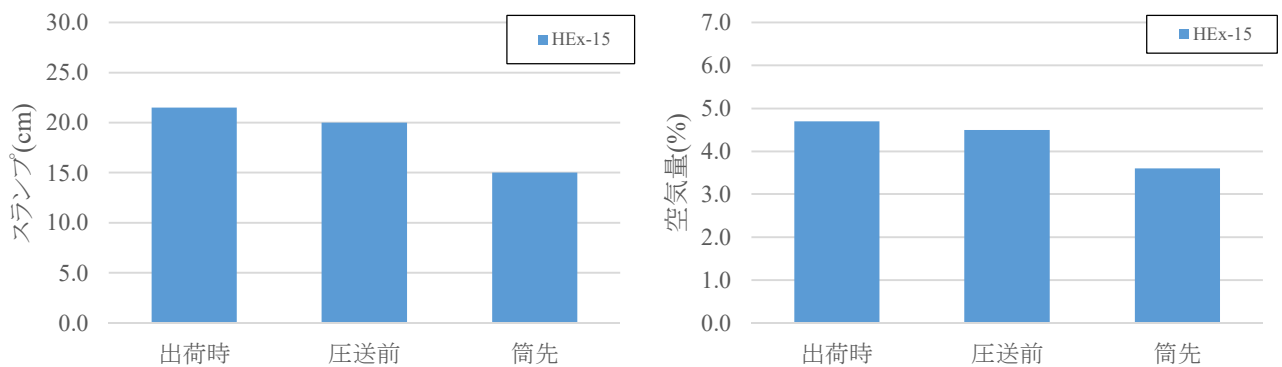


図-2 フレッシュ性状試験結果（左：スランプ試験結果、右：空気量試験結果）

・ポンプ圧送試験結果

ポンプ圧送試験は5分おきに、圧送停止・再開を繰り返し実施し、ポンプ圧送性を確認した。練混ぜから120分経過後までの間に圧送途中での閉塞は見られず、非常に良好であるとの結果を得た。単位水量を170kg/m³とすることでポンプ圧送への対処が可能と考えられる。



写真-1 ポンプ圧送試験状況

・加圧ブリーディング試験結果

コンクリートの圧送性を評価するために加圧ブリーディング試験を実施した。加圧ブリーディング試験結果を右図に示す。圧送前、筒先ともにポンプ圧送性が良好な範囲内に収まった。実際の圧送試験において閉塞が見られなかったことから、妥当な結果であると判断できる。

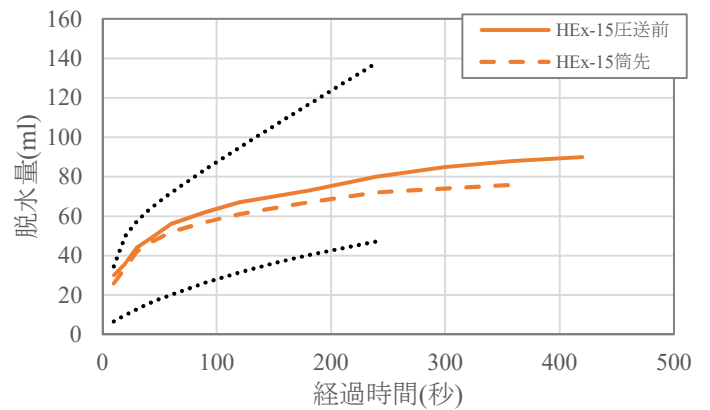


図-3 加圧ブリーディング試験結果

【試験結果（夏季）】

・コンクリートの配合および試験方法

本試験で用いたコンクリートの配合条件を表-2に示す。設計基準強度やW/Bなどの諸条件は冬季に実施したものと同様の条件とした。膨張材の種類は2種類（HEx、CSA）とし、CSAについては膨張材混和量を15kg/m³と20kg/m³の2ケース、全3ケースで試験を実施した。

試験方法についても冬季と同等の条件で試験を実施した。また、試験時の外気温は約28℃であった。

表-2 コンクリートの配合

| 配合名 | 膨張材種類 | 単位量(kg/m ³) | | | | | SP (P×%) | AE (P×%) |
|--------|-------|-------------------------|-----|----|----------------|----------------|----------|----------|
| | | W | C | Ex | S _L | G _L | | |
| HEx-15 | HEx | 170 | 444 | 15 | 589 | 543 | 1.2 | 0.011 |
| CSA-15 | CSA | 170 | 444 | 15 | 589 | 543 | 1.2 | 0.011 |
| CSA-20 | | 170 | 439 | 20 | 589 | 543 | 1.2 | 0.011 |

・フレッシュ性状試験結果

スランプについて、出荷時、圧送前、筒先と若干のロスが生じたものの、変化は小さかった。空気量について、出荷時から空気量が増減していることが確認できたが、いずれのケースも目標の4.5±1.5%以内であり、変化は小さい結果であった。

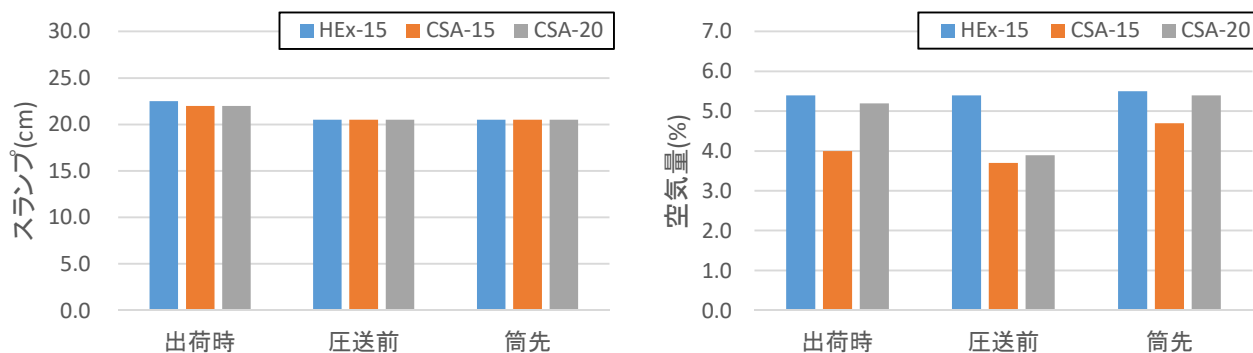


図-4 フレッシュ性状試験結果（左：スランプ試験結果、右：空気量試験結果）

・ポンプ圧送試験結果

ポンプ圧送試験は5分おきに、圧送停止・再開を繰り返し実施し、ポンプ圧送性を確認した。いずれのケースにおいても練混ぜから120分経過後までの間に圧送途中での閉塞は見られず、非常に良好であるとの結果を得た。単位水量を170kg/m³とすることでポンプ圧送が可能であることが確認できた。



写真-2 ポンプ圧送試験状況

・加圧ブリーディング試験結果

コンクリートの圧送性を評価するために加圧ブリーディング試験を実施した。加圧ブリーディング試験結果を右図に示す。いずれのケースにおいても、圧送前、筒先ともにポンプ圧送性が良好な範囲内に収まった。実際の圧送試験において閉塞が見られなかったことから、妥当な結果であると判断できる。

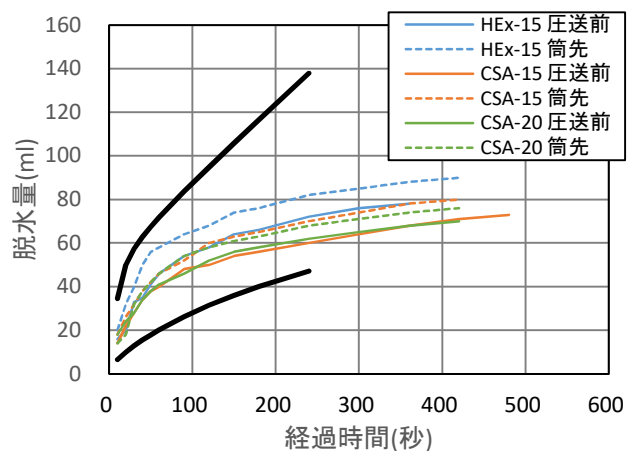


図-5 加圧ブリーディング試験結果

《耐疲労性に関する検討》

軽量（Ⅱ種）コンクリートに低添加型コンクリート用膨張材を普通コンクリートにおける収縮補償の膨張率となる混和量（20 kg/m³）混和することで、ケミカルプレストレスが導入できることを膨張性試験により確認した。また、夏季には軽量（Ⅱ種）コンクリートに低添加型コンクリート用膨張材を20 kg/m³混和することで、1.1N/mm²相当*の圧縮力が導入できることも確認した。

※供試体上面鉄筋ひずみを用いて算出

初年度は低添加型コンクリート用膨張材を20 kg/m³混和した供試体を作製し、輪荷重走行試験により耐疲労性を検証する。現在、輪荷重走行試験を実施中であり、2月7日までに終了する予定。

本報告では、供試体の強度試験結果およびケミカルプレストレスの推定値および1月19日までの輪荷重走行試験結果について記載する。

【供試体】

・コンクリートの配合

供試体のコンクリートの配合を表-3に示す。軽量コンクリートは、設計基準強度40N/mm²、W/B=37%と設定し、粗骨材及び細骨材ともに人工軽量骨材を使用した。また、ケミカルプレストレス効果により耐久性向上を目的としてCSAを20kg/m³混和した。

表-3 コンクリートの配合

| 記号 | W/B (%) | s/a (%) | SL (cm) | Air (%) | 単位量 (kg/m ³) | | | | | | |
|--------|------------|------------|------------|------------|--------------------------|-----|----|-----|-----|----|----|
| | | | | | W | C | PC | SI | GI | SP | AE |
| CSA-20 | 37.0 | 48.5 | 18.0 | 4.5 | 170 | 439 | 20 | 502 | 428 | 適量 | 適量 |

・供試体寸法・配筋および計測内容

供試体一般図を図-6に示す。供試体の寸法は幅2,800mm×長さ4,500mm×床版厚250mmであり、実床版を模擬した形状である。

また、膨張材を混和した効果を把握するため、図-7に示すように供試体の内部にひずみゲージや埋込ひずみ計を設置し、鉄筋ひずみやコンクリートひずみを計測した。

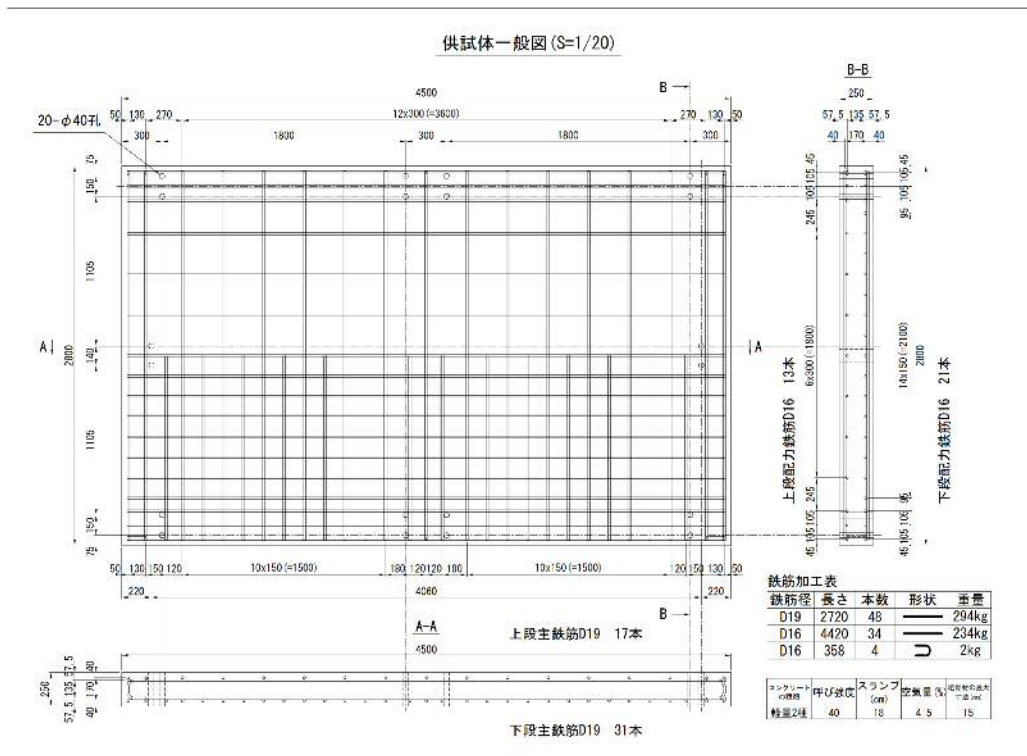


図-6 供試体一般図

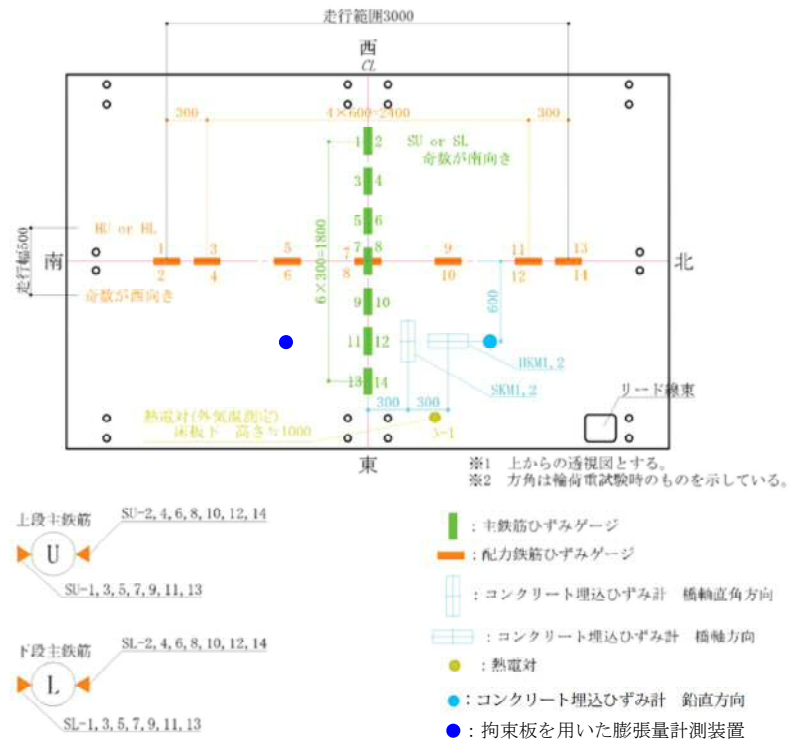


図-7 ひずみ計測位置図



写真-3 作製した供試体

・強度試験結果

材齢28日時点の強度試験結果を下表に示す。圧縮強度は平均で56.0N/mm²であり、設計基準強度40N/mm²を上回る結果となった。

表-4 圧縮強度試験結果

| 試験項目 | 材齢 (日) | 試験体 No. | 最大 荷重 (kN) | 圧縮強度 (N/mm ²) | |
|--------|-----------|------------|------------------|------------------------------|------|
| | | | | 平均 | |
| 圧縮強度試験 | 28 | 1 | 444 | 56.3 | 56.0 |
| | | 2 | 450 | 57.0 | |
| | | 3 | 431 | 54.8 | |

表-5 静弾性係数試験結果

| 試験項目 | 材齢 (日) | 試験体 No. | 静弾性係数 (kN/mm ²) | |
|-------|-----------|------------|--------------------------------|------|
| | | | 平均 | |
| 静弾性係数 | 28 | 1 | 19.6 | 19.1 |
| | | 2 | 18.7 | |
| | | 3 | 19.0 | |

表-6 割裂引張強度試験結果

| 試験項目 | 材齢 (日) | 試験体 No. | 最大 荷重 (kN) | 割裂引張強度 (N/mm ²) | |
|--------------|-----------|------------|------------------|--------------------------------|------|
| | | | | 平均 | |
| 割裂引張 強度試験 | 28 | 1 | 99.0 | 3.15 | 2.97 |
| | | 2 | 83.1 | 2.64 | |
| | | 3 | 98.5 | 3.13 | |

表-7 せん断強度試験結果

| 試験項目 | 材齢 (日) | 試験体 No. | 最大 荷重 (kN) | せん断強度 (N/mm ²) | |
|---------|-----------|------------|------------------|-------------------------------|------|
| | | | | 平均 | |
| せん断強度試験 | 28 | 1 | 119 | 5.95 | 5.66 |
| | | 2 | 101 | 5.00 | |
| | | 3 | 122 | 6.04 | |

・鉄筋ひずみの計測結果

鉄筋ひずみの計測結果を下図に示す。主筋及び配力筋方向の鉄筋ひずみはいずれも平均して 300μ 程度であった。

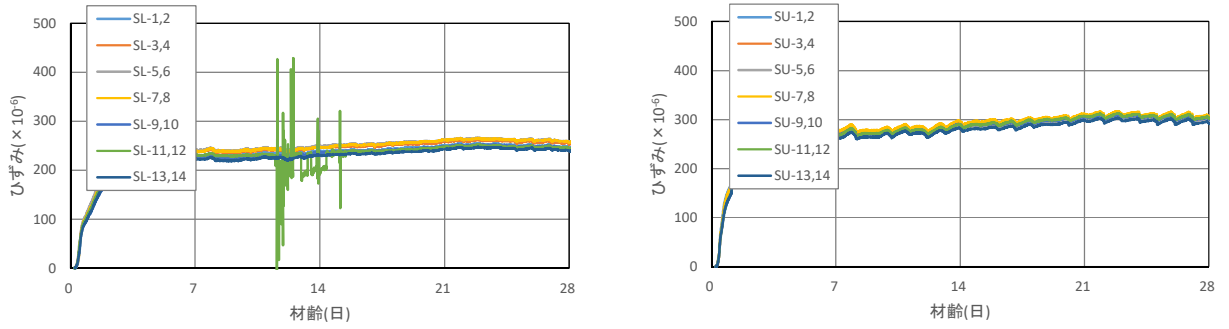


図-8 材齢と鉄筋ひずみの関係（主筋方向）（左：下段鉄筋、右：上段鉄筋）

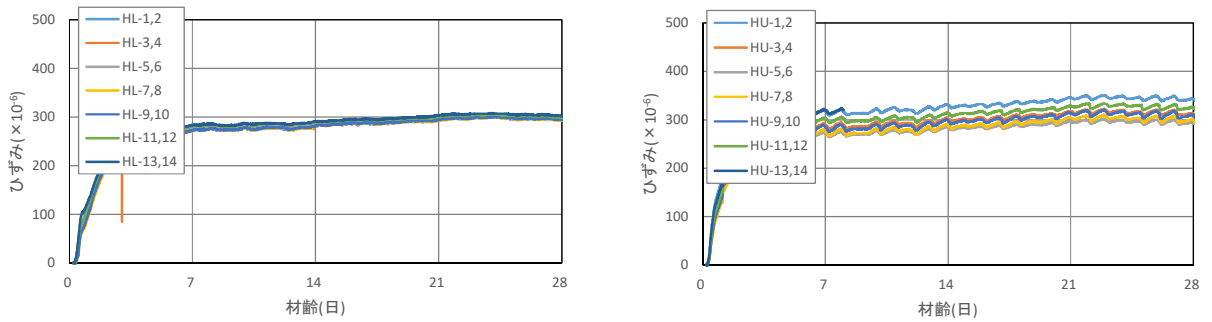


図-9 材齢と鉄筋ひずみの関係（配力筋方向）（左：下段鉄筋、右：上段鉄筋）

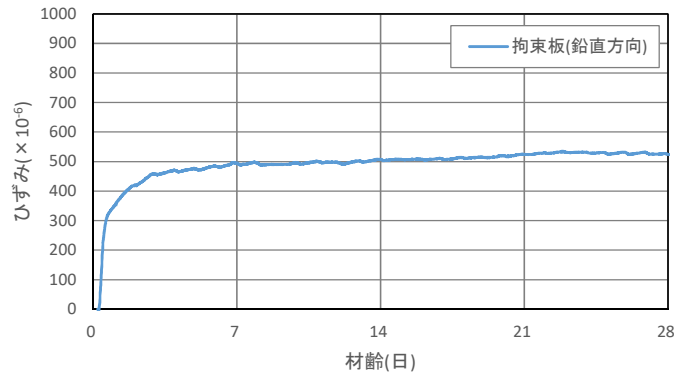


図-10 材齢と鉄筋ひずみの関係（鉛直方向）

・導入圧縮応力（ケミカルプレストレス）の推定

床版内部に働くケミカルプレストレスについて、図-9の鉄筋ひずみのデータ（主筋方向）から、下式を用いて概略算出したケミカルプレストレスを図-11に示す。

$$\sigma_{cp} = \varepsilon \cdot E_s \cdot p$$

σ_{cp} : ケミカルプレストレス

ε : 鉄筋ひずみ（上段の主筋方向の鉄筋ひずみ）

E_s : 鉄筋のヤング係数

p : 拘束鉄筋比（供試体の配筋より1.146%）

材齢28日までで、約0.70N/mm²程度の圧縮応力（ケミカルプレストレス）が導入されていると推定される。

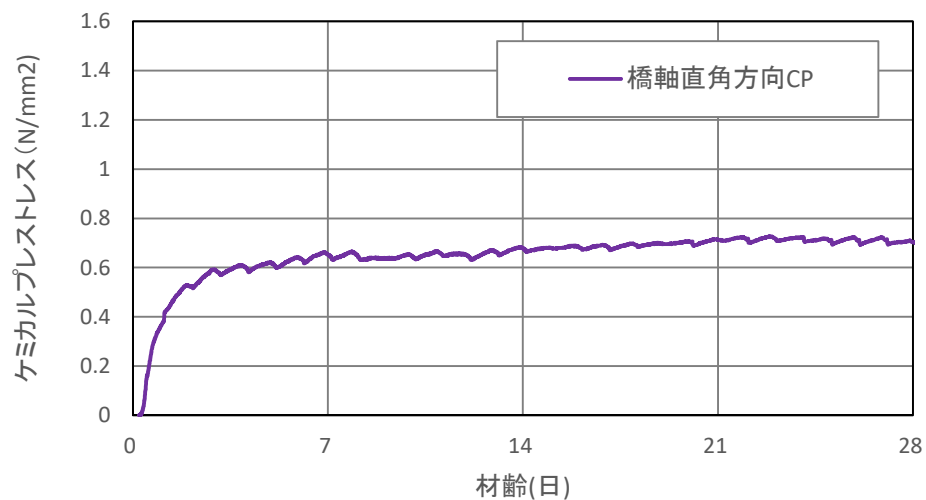


図-11 ケミカルプレストレスの分布の推定結果

以上のことから、低添加型コンクリート用膨張材を20kg/m³混和することで、圧縮応力（ケミカルプレストレス）を導入できることが確認できた。

【輪荷重走行試験】

上述の供試体の耐疲労性を検証するために輪荷重走行試験を実施している。

輪荷重走行試験は、輪荷重走行試験機を保有し、試験実績も豊富であるIHIインフラシステムと契約をして実施している。以下に、IHIインフラシステムが所有する輪荷重走行試験機（図-12、表-8）を示す。

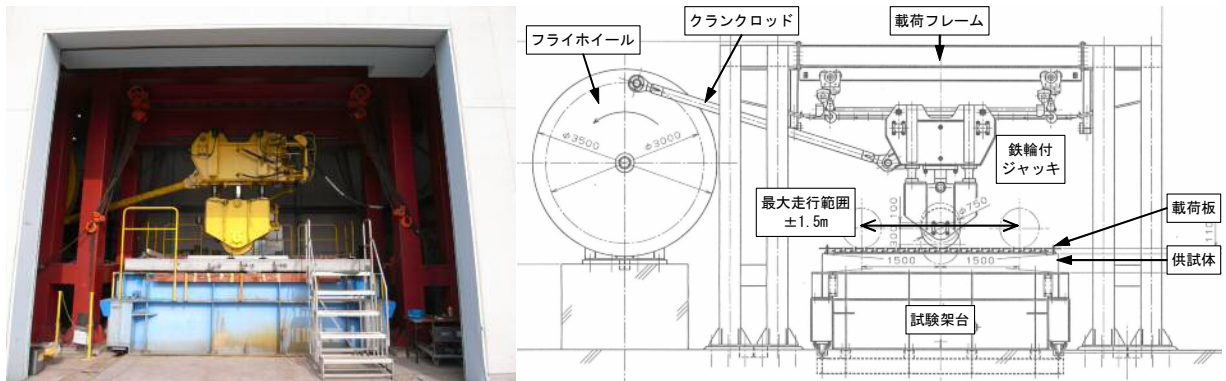


図-12 輪荷重試験機（左：外観、右：概要図）

表-8 輪荷重試験機の基本仕様

| 項目 | | 仕様 |
|-------|------------|---|
| 形状・寸法 | 試験装置寸法 | フレーム：高さ約5.8m×長さ約8m フライホイール：直径3.5m |
| | 車輪の種類 | 鉄輪：直径750mm×幅320mm |
| 供試体 | 供試体寸法 | 幅2.8m×長さ4.5m×厚さ0.16～0.35m (標準寸法，最大供試体幅 5.3m) |
| | 支持条件 | 長さ方向辺：2辺単純支持 幅方向辺：2辺弾性支持 |
| 駆動 | 電動機 | 90kW×6P×AC400V×f3×50Hz (インバーター制御) |
| | 走行範囲 | ±1.5m (±0.5m, ±1.0m, ±1.25m対応可) |
| | フライホイール回転数 | MAX 30rpm |
| 载荷 | 载荷荷重 | 117.6kN(12t)～490kN(50t) |
| | シリンダーストローク | 400mm |

・支持条件

供試体の支持条件を下図に示す。4 辺のうち長辺 2 辺は支間長 2,500mm の単純支持、短辺 2 辺は支間長 4,500mm の弾性支持とした。単純支持辺（長辺）は丸鋼で支持、弾性支持辺（短辺）は横桁で支持した。

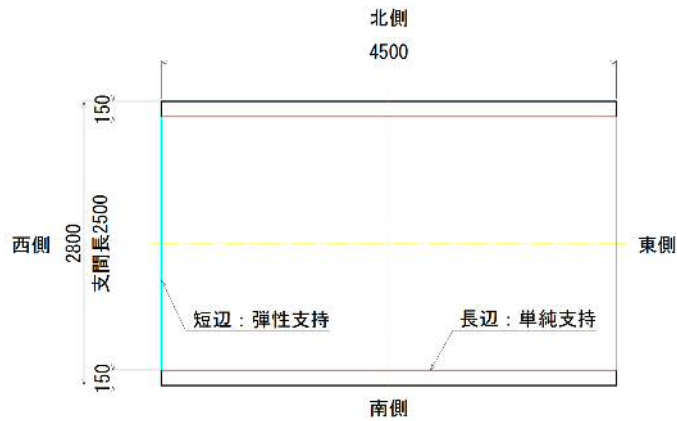


図-13 供試体支持条件

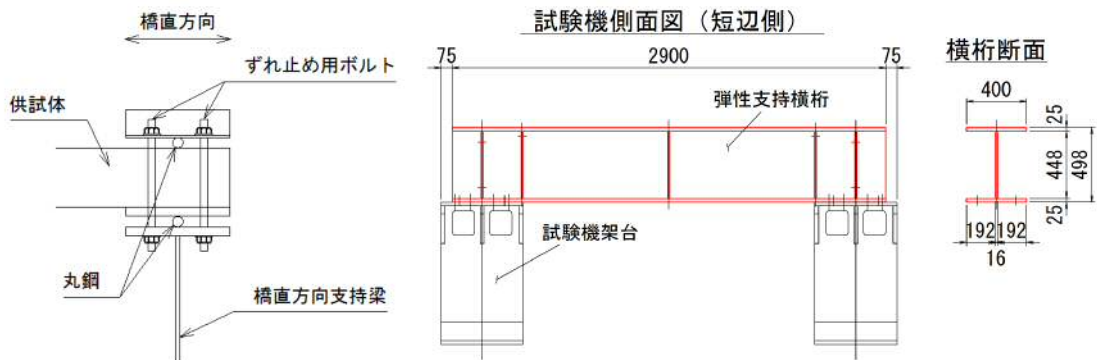


図-14 支持条件詳細（左側：単純支持、右側：弾性支持）



写真-4 供試体搭載完了

・荷重条件

荷重条件は図-15のとおり、走行開始から走行回数4万回までは載荷荷重157kN（16tf）を載荷し、以降は走行回数4万回ごとに載荷荷重を19.6kN（2tf）ずつ増加させる方式（土研方式）を採用した。走行範囲は供試体中央から長辺方向に±1500mm、幅500mmとした。

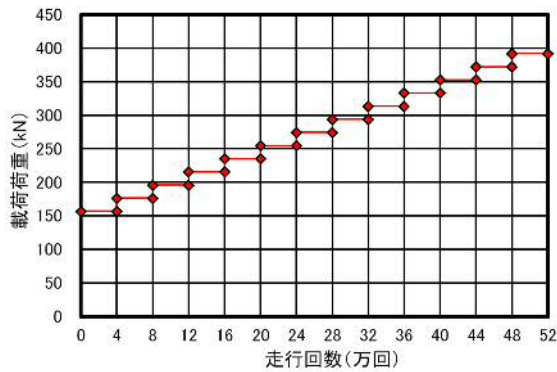


図-15 走行回数－載荷荷重関係（土研方式）

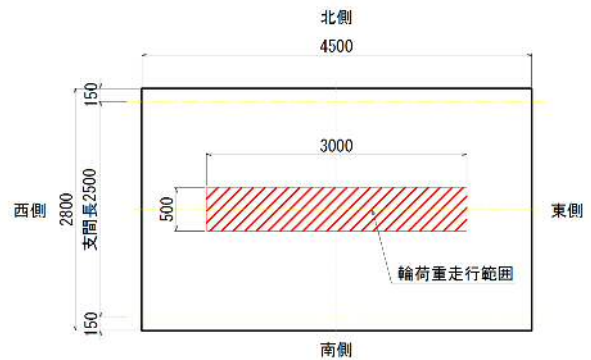


図-16 載荷範囲

・計測項目

計測項目および箇所数は表-9に示す通りとした。

表-9 計測項目および箇所数

| 計測項目 | 箇所数 | 備考 |
|---------------|-----|---------|
| 変位 | 13 | 配置は図7参照 |
| 主鉄筋ひずみ | 28 | 配置は図8参照 |
| 配力鉄筋ひずみ | 28 | 配置は図8参照 |
| 供試体上下面のひび割れ分布 | | 目視観察 |

各計測項目の計測箇所は下図のとおり。変位計は2方向の中心線上に計13箇所、主鉄筋、配力鉄筋のひずみは供試体中央に配置される上下の鉄筋両方に各14箇所（7点×左右2枚）設置した。走行試験完了後に供試体を中央で2方向に切断し、切断面を観察する。

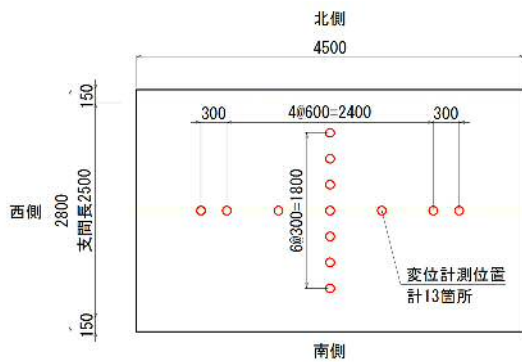


図-17 変位計配置図

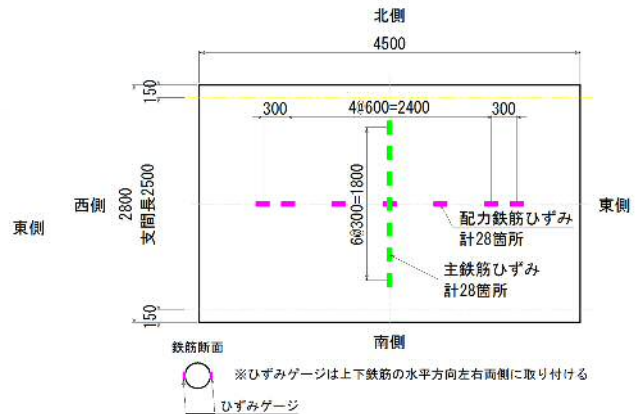


図-18 鉄筋のひずみゲージ配置図

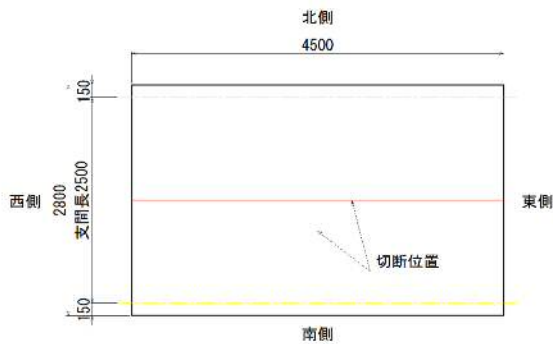


図-19 切断位置図

・試験の進捗状況

試験は1月16日より実施しており、1月19日現在、12万回まで载荷している状況である。試験終了後には各計測項目を走行回数ごとに整理し、既往の研究におけるRC床版の結果と比較し、膨張材併用軽量コンクリート床版の耐疲労性を検証する予定である。

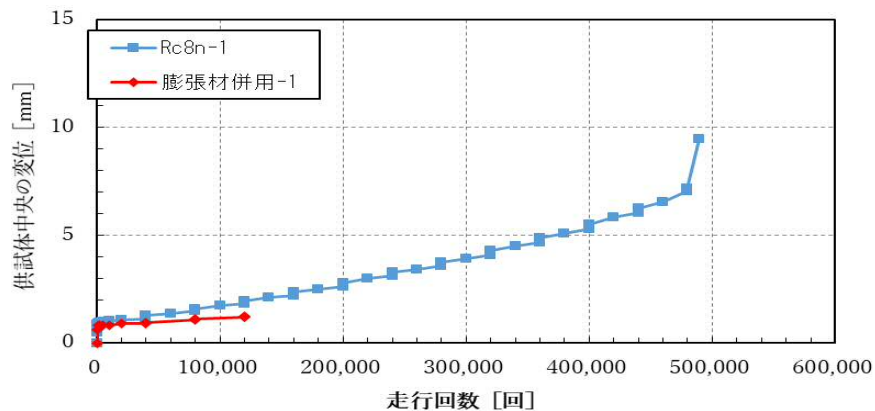


図-20 走行回数－変位関係 (1/19現在)

最終審査時の要望事項として「首都高だけでなく他の高速道路、国道、都道府県道等においても適用できる技術開発を進めていただきたい」が記載されていた。本技術は全国に適用できると考えているが、軽量コンクリートの性質から低温下での影響も検討することにより広範囲に適用できる可能性がある。よって、初年度は寒冷地での使用を想定して凍害に対する抵抗性に関する検討を実施することとした。

《凍害に対する抵抗性に関する検討》

寒冷地においても本技術が適用できるように凍害に対する抵抗性を把握するために試験を実施し、課題と改善策を整理する。軽量コンクリートの検討ケースとしては、膨張材を混和したケースと混和しないケースの2種類とし、実施する試験はスケーリング試験および凍結融解試験とする。実験の概要および進捗状況は以下のとおりである。

【実験の概要】

- ・実験条件およびコンクリートの配合

表-10に、実験条件を示す。実験条件は、膨張材併用軽量床版の凍害に対する抵抗性を比較検討することを目的に設定した。コンクリートは2種類とした。まず、1)耐凍害性の良否を判断するための基準となる普通コンクリートである。ここでは、凍結融解抵抗性における空気量の影響を明確にするため、Non-AEコンクリートも作製した。次に、2)研究対象である軽量コンクリートである。

表-10 実験条件

| 供試体名 | 設定条件 |
|------|----------------------------------|
| N | L と L-CS の比較対象として作製した普通コンクリート供試体 |
| N-NA | N に消泡剤を混和し空気量を少なくした供試体 |
| L | 設計空気量は N と同様に軽量骨材を用いた供試体 |
| L-CS | L に膨張材を混和した供試体 |

表-11、12に、コンクリートの配合を示す。なお、N-NAは、Nの打ち込み後、消泡剤をアジテータ車に投入することで製造した。

表-11 普通コンクリートの配合

| 記号 | W/C (%) | s/a (%) | SL (cm) | Air (%) | 単位量 (kg/m ³) | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|--------------------------|-----|-----|-----|------|-----|
| | | | | | W | C | Sn | Gn | Ad | D |
| N | 55.0 | 47.2 | 12.0 | 4.5 | 169 | 308 | 848 | 968 | 3.08 | — |
| N-NA | | | | | | | | | | 0.3 |

表-12 軽量コンクリートの配合

| 記号 | W/B (%) | s/a (%) | SL (cm) | Air (%) | 単位量 (kg/m ³) | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|--------------------------|-----|----|-----|-----|------|------|
| | | | | | W | C | CS | SI | GI | SP | AE※ |
| L | 37.0 | 48.5 | 18.0 | 4.5 | 170 | 459 | — | 502 | 428 | 0.35 | 0.01 |
| L-CS | | | | | | 429 | 30 | | | | |

※AE 助剤は 100 倍希釈液としての使用量

・ 供試体形状および供試体作製状況

図-21に供試体形状を示す。図-21より、形状は、1000mm×長さ1000mm×高さ250mmの正方形の鉄筋コンクリートであり、配筋も含め実床版の一部をモデル化した形状である。写真-5には、供試体の作製状況を示す。

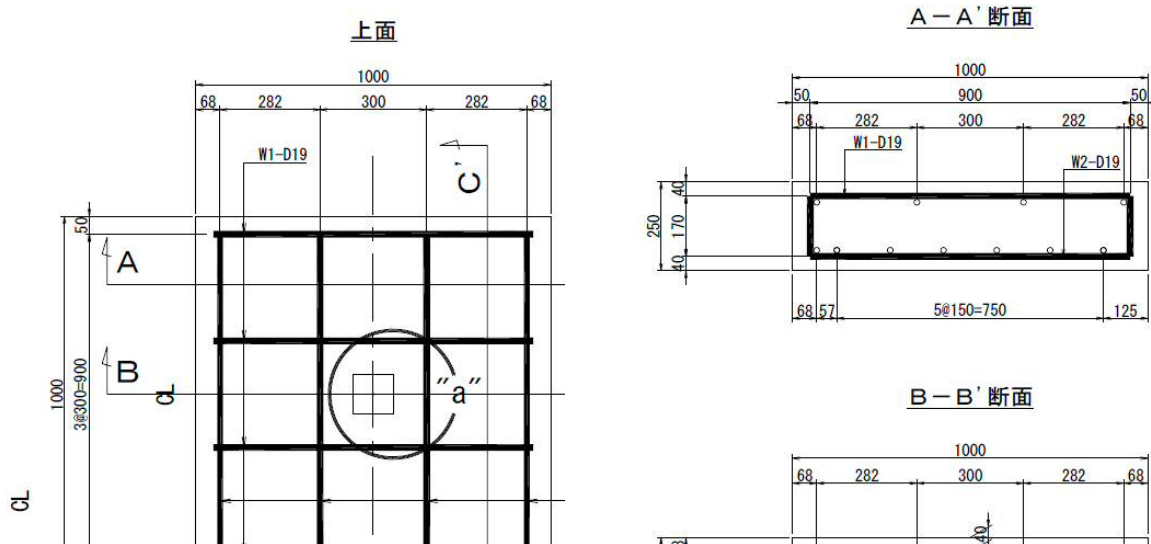


図-21 供試体形状



写真-5 供試体作製状況

【スケーリング試験】

軽量（膨張）コンクリートの耐凍害性について、JIS A 1148に準拠した試験ではなく、実構造物を模擬したRC供試体を用いてスケーリング試験にて評価することとした。本試験の目玉は、より実物に近い形状でスケーリング抵抗性を評価することである。

スケーリング試験は、大型環境試験装置を用いて、ASMT C 672を参考とした上面湛水法を採用し、供試体上面に濃度3%のNaCl溶液を深さ5mm程度で湛水させた。凍結融解サイクルは、試験機側の制御で+20°C～-20°Cの温度範囲を1日2サイクルとし、目標サイクル数として150サイクル以上を予定している。写真-2は、スケーリング試験状況である。

測定項目は、試験面上に発生したスケーリング片によるスケーリング量測定である。なお、試験面におけるコンクリートの表層品質を把握するため、透気試験と現場気泡間隔測定試験を行った。

以下に、実験の途中経過を示す。まず、本供試体における0サイクル時透気係数は、NとN-NAがグレード3(普通)、LとL-CSがグレード2(良)と、表層品質は、比較的良好であることを確認した。

図-22に、供試体試験面の気泡間隔係数を示す。N-NAとL、L-CSは、値が400 μ 以上となり、気泡分布からは耐凍害性が良好とは言えない結果となり、Nは、概ね250 μ 以下と一般的に耐凍害性が良好である結果となった。

このような供試体の状態に対して現在、スケーリング試験を行っており、現時点で15サイクルまで完了している。15サイクル時のスケーリング量測定結果を図-23に示す。N-NAが既にスケーリング劣化が進行していることが分かる。次に、Nにスケーリングが発生している状況であった。これに対して、LとL-CSは、気泡間隔係数の値は高いものの、凍結融解サイクル初期からスケーリングが著しい状況にはなっていない。次回以降のスケーリング測定結果の推移に注視する必要がある。



(a)スケーリング試験状況



(b)スケーリング片採取状況

写真-6 スケーリング試験状況

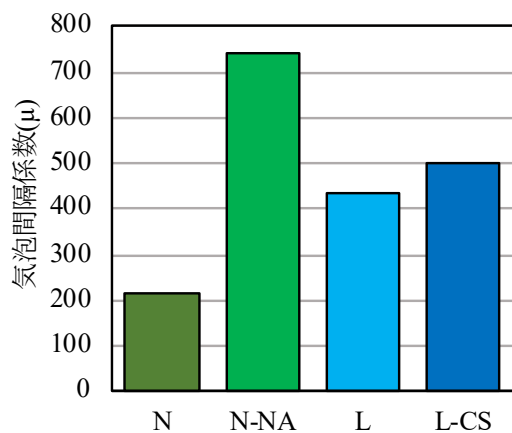


図-22 気泡間隔係数測定結果（試験面）

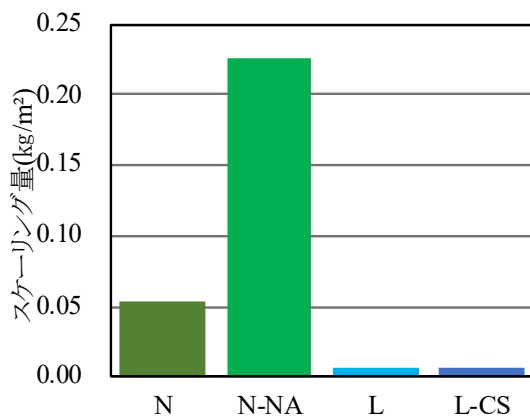


図-23 スケーリング量(15サイクル)

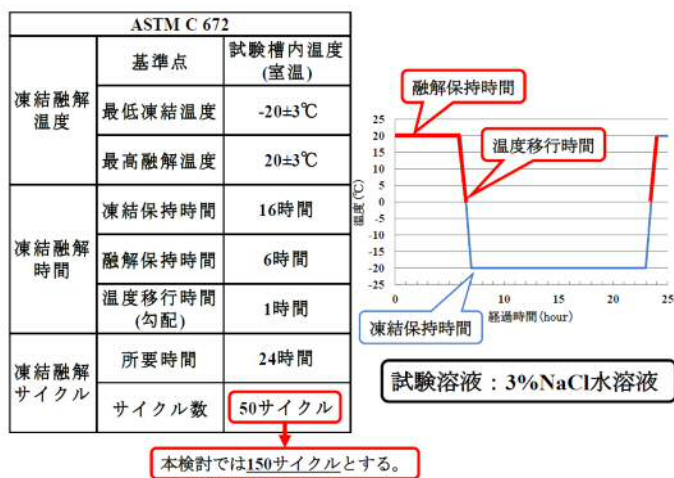
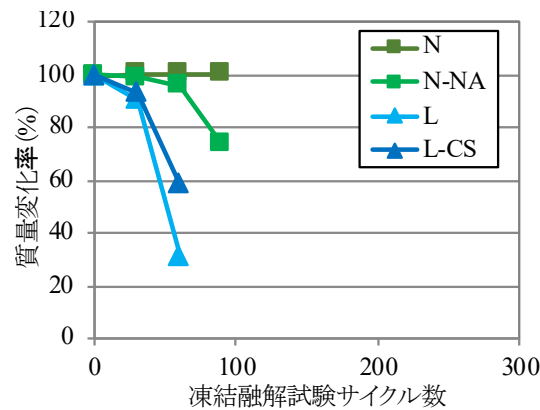


図-24 スケーリング試験試験条件

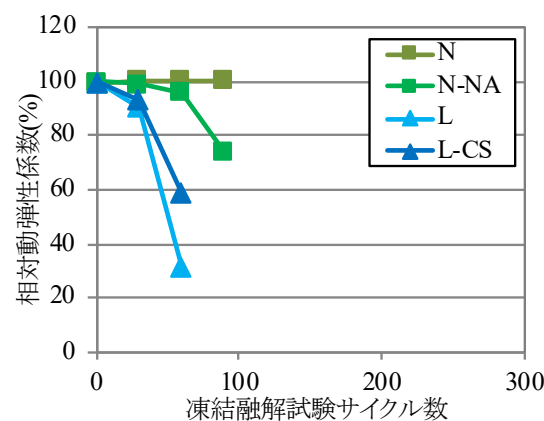
【凍結融解試験】

本実験では、大型供試体によるスケーリング試験の他に、コンクリートの特性としての耐凍害性を把握するため、JIS法に準拠した凍結融解試験についても実施している。本試験は現在進行中であるため、90サイクルまでの途中経過を以下に示す。

図-25に、供試体に用いたコンクリートで作製したJIS A 1148に準拠する角柱供試体の凍結融解試験の経過を示す。なお、試験溶液には3%のNaCl溶液を用いている。図より、質量変化率は、L、L-CS、N-NAの順に減少傾向にある。Nについては、ほぼ100%を維持している。相対動弾性係数についても同様に、L、L-CS、N-NAの順に減少傾向にあり、Nに変化は認められてはいない。90サイクルまでの推移より、N-NAは、そのコンクリートの特性上、凍結融解抵抗性が劣る傾向であるが、軽量骨材がN-NAよりも抵抗性が劣るような傾向を示していることから、要素試験においてもその推移に注視する必要がある、スケーリング試験と合わせて総合的に判断する。



(a) 質量減少率



(b) 相対動弾性係数

図-25 凍結融解試験結果

⑦特記事項

《圧送性確保のための検討》

建築配合と比較して、単位水量が少ない土木配合 ($W=170\text{kg/m}^3$) を用いて、圧送性の低下が懸念される冬季と夏季においてポンプ圧送試験を実施した。実施したケース全てにおいて圧送性が確保されていることが確認できた。残りケース（時期：冬季、膨張材：CSA）について確認すれば、年間を通して圧送性が確保できると考えられる。

《耐疲労性に関する検討》

輪荷重走行試験に先立ち実施した膨張性試験の結果、膨張材混和量と試験体に導入される圧縮応力およびコンクリートの膨張ひずみには図-26のような関係があることを確認できた。膨張材使用量を決める際に、ケミカルプレストレスの導入量と、同時に、鉛直方向の自由膨張ひずみを制御したい時に有効に活用できる可能性がある。（今回の実験においては図-26を参考に膨張材混和量を決定した。）今回は、夏季に実施した試験結果から得られた知見であり、導入される圧縮応力は季節ごとに変動すると考えられることから、膨張材混和量と導入圧縮応力および鉛直方向のコンクリートひずみの関係は季節ごとに明らかにする必要がある。

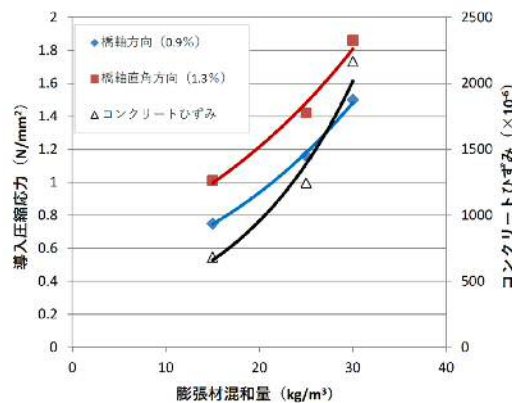


図-26 膨張材混和量と導入圧縮応力および鉛直方向のコンクリートひずみの関係

輪荷重走行試験は秋に膨張材を 20kg/m^3 混和して作製した供試体を用いて実施中である。本ケースにおける耐疲労性の評価は未了であるが、現時点で、道路橋示方書 (RC8n) と同等の変位で推移している。次年度は今年度の試験の評価結果により最終決定を行うが、今年度より大きな圧縮応力を導入させた供試体を用いた試験を実施する予定である。

《凍害に対する抵抗性に関する検討》

現在、スケーリング試験等を実施中であり、試験結果の推移を引続き注視していく。平成30年度は寒冷地に軽量床版が適用できるかどうか引き続き検討を行う。