

## 戦-27 損傷を受けた基礎の対策工に関する研究

研究予算：運営費交付金（道路勘定）

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：橋梁構造研究グループ

研究担当者：中谷昌一、白戸真大、河野哲也

### 【要旨】

本研究は、軟弱地盤上の橋台における代表的な損傷形態の一つである側方移動に対する対策工ガイドラインの整備、および近年顕在化しているアルカリ骨材反応により損傷を受けたフーチングの健全度評価手法について検討するものである。前者については、昨年度までに対策工ガイドラインとして取りまとめ、検討を終えた。今年度は、アルカリ骨材反応により損傷を受けたフーチングの健全度評価について、フーチング供試体の暴露試験により損傷過程の観察を継続するとともに、暴露環境と損傷状況との関係を整理、分析した。

キーワード：アルカリ骨材反応、フーチング、暴露実験、超音波試験、ひずみ

### 1. はじめに

近年では、地中構造物であるフーチングにおいて、アルカリ骨材反応（以下、ASR）により損傷を受けた事例が報告されている。ASRによる損傷を受けたフーチングに対しては、以下の手順が必要とされると考える。

ASRの損傷の発生条件・進展過程の把握、および損傷状況の調査方法の検討

で検討された調査方法による調査結果とフーチングの耐力低下との関係の検討、および補修・補強の必要性の検討

適切な補修・補強方法の検討

は、どのような条件でASRが発生・進展するのか、その傾向はどのような調査方法により評価できるのかを検討する手順である。そして、<sup>1)</sup>の調査結果を分析し、ASRによる損傷を受けたフーチングが、どの程度の耐力を有しているのかを分析し、補修・補強の必要性を検討する。さらに、<sup>2)</sup>において損傷状態の分析結果に基づき、どのような補修・補強方法であれば実施可能か、最も効果があるかを分析し、補修・補強を実施する必要がある。しかし、従来からASRによる損傷が確認され多くの研究実績を有する上部工、橋脚などのはりや柱部材と異なり、フーチングは地中環境にある低鉄筋比の版構造であり、そのASRの発生条件、損傷過程に関する知見は全くない。そこで本研究は、フーチングのASRによる損傷過程について知見を得るべく、野外で暴露実験を実施するものである。

暴露実験は平成18年度から実施しており、今年度は、フーチング供試体の暴露試験により損傷過程の調査・観

察を継続するとともに、現時点での暴露環境と損傷状況との関係を整理、分析した。以降、本試験をフーチング模型暴露実験と呼ぶ。

さらに、フーチング模型とは別に小型の供試体を作製し、温度及び湿度を一定に保った養生施設において暴露実験を実施した。そして、環境条件の違い、反応性骨材と非反応性骨材の割合の違い、非反応性骨材の種類の違いによるASRの進行状況の違いを確認した。以降、小型供試体暴露試験と呼ぶ。

本文では、上記2つの試験について、計測開始後の計測結果について報告する。

## 2 フーチング模型暴露実験

### 2.1 実験概要

供試体の概要を図2.1に示す。供試体は3体作製された。いずれもフーチングの寸法は同じであり幅2.0 m×長さ2.0 m×高さ0.7 mである。柱部の寸法はCase 1, 2は幅0.6 m×長さ0.6 m×高さ1.0 mであり、Case 3は幅0.6 m×長さ0.6 m×高さ2.6 mである。供試体のコンクリート打設は、フーチングと柱部に分けて二回行われた。供試体作製に用いたセメントは普通ポルトランドセメントである。設計基準強度は21 kN/mm<sup>2</sup>であり、材齢14日、28日の圧縮強度はそれぞれ32.9 kN/mm<sup>2</sup>、34.5 kN/mm<sup>2</sup>であった。なお、添加アルカリとしてNaClを12.0 kg/m<sup>3</sup>添加した。用いた鉄筋はSD295Aであり、配筋量は引張鉄筋比0.20%、圧縮鉄筋比0.05%である。鉄筋の曲げ半径の違いによるASRの損傷の違いを把握することを目的とし、フーチング上面の4辺の鉄筋の曲

げ半径のうち、北側と東側を 1、南側と西側を 2 とした。また、フーチング上側の鉄筋量は、下側の鉄筋量のおよそ 1/4 程度である。

実験ケースを表-2.1 に、暴露試験の概要を図-2.2 に、暴露試験の状況を写真-2.1 に示す。Case 1, 2 はそれぞれ幅 4.0 m × 長さ 4.0 m の水槽内に設置した。Case 1 では水位を変動させ、フーチングの底面が着水している状態、フーチングの下から半分が水中にある状態、フーチング天端が浸水する状態という 3 つの状態が入れ替わるようにした。水位は、Case 3 の地下水位にあわせて変動させた。一方、Case 2 はフーチング天端が常時浸水するケースである。Case 3 は、供試体を土中に埋設し、柱頭部を 0.5 m 気中に出したケースである。

表-2.2 に計測項目を示す。計測には、大きく分けて 3 体の供試体について ASR の進行具合を計測するもの、

ASR の促進に影響すると考えられる環境条件を測定するものの二つがある。ASR の進行具合の計測は、供試体内に埋め込まれた鉄筋ひずみゲージ、コンクリートひずみゲージによりそれぞれのひずみを計測する他、コンタクトゲージを用いて表面の膨張量を計測する。表面の膨張量は、供試体表面に貼りつけられたチップの間隔をコンタクトゲージで計測することで評価できる。なお、チップの初期の間隔は 300 mm である。さらに、目視により外観調査を行い、ひび割れ状況を確認する。また、超音波試験も実施した。コンクリートに透過させた超音波は高周期成分ほどよく減衰する<sup>4)</sup>。高周期成分が減衰すると、透過速度が減少するとともに、スペクトル重心が低くなるが、ASR により劣化したコンクリートではこの傾向がより顕著になる<sup>1)</sup>。超音波透過試験はこの特性を利用し、超音波の透過速度およびスペクトル重心を初期値(健全時)と劣化時と比較することにより、コンクリートの劣化度を推定するものである。環境条件の測定では、ASR の進行に寄与すると考えられる給水量の測定 (Case 3 における地下水位変動、降水量)、温度の測定 (土中温度、外気温、水温、コンクリート内部温度)を行う。各計測項目の暴露試験開始後の計測頻度は、うちのゲージによる計測項目及びの全ての項目は、1 回/h とし、暴露試験を終了するまで計測を続ける。ただし、本文に示す計測結果は、午前 0 時の計測結果である。上記以外の計測項目は、一年間を気温の変動により 4 つの時期 (3~5 月: 温度上昇期、6~9 月: 高温期、10~11 月: 温度下降期、12~2 月: 低温期)に分け、各時期に応じて計測頻度を変えることにした。外観観察、コンタクトゲージによる膨張量計測は、高温期には毎月行うこととし、その他の時期には、計測センサの計測値を

参考しつつ、各期に 1 回ずつ行う。なお、以下に示す計測結果のうち、コンクリートの内部の計測結果(温度およびひずみ)の値は、コンクリート内部(かぶり 100 mm 位置)に取り付けられた熱伝対、ひずみゲージにより計測された値である。

## 2.2 Case 1 (水中・水位変動有)の計測結果

図-2.3 に Case 1 の暴露環境温度(気温・水温)の計測点及び計測結果を示す。気温と水温の時刻歴を比較すると、夏期はわずかに気温の方が高いもの(最大 8 差)の、ほぼ同様に変動している。一方で、気温の履歴は水温に比べて高周期であり、短期間では気温の方がわずかに変動が激しいことがわかる。

図-2.4(a) は、Case 1 のフーチング部におけるコンクリート内部温度および表面温度の計測場所及び計測結果を示したものである。また、(b) は、柱部のコンクリート内部温度の計測結果を示したものである。それぞれの計測器の位置は、(c)に示す通りである。フーチングの表面温度は、フーチング天端の表面に取り付けられた熱伝対により計測された値であり、フーチング部・柱部ともに、内部温度は最外縁に位置する鉄筋に取り付けた熱伝対により計測されたものである。内部温度については、フーチング部・柱部のそれぞれで、計測地点により計測結果に大きな違いは見られない。一方、同位置に取り付けられた表面温度と内部温度の計測結果を比較すると、夏期には表面温度が内部温度よりも高くなる傾向があるが、冬期はほぼ同じ値である。また、計測地点や、内部と表面の違いに関わらず、コンクリート温度の年間の変動特性は、図-2.3 に示した環境温度と同様であり、コンクリート温度が周囲の環境温度に大きく依存していることがわかる。

図-2.5 は、Case 1 のフーチング部のひび割れ状況図である。(a) は暴露開始後一年が経過した段階でのひび割れ状況であり、(b) は暴露開始後二年が経過した段階のひび割れ図である。ともに、配筋図を展開し、その上にひび割れを重ね描きしている。暴露開始後一年間ではフーチングの隅角部を中心にひび割れの発生が確認された。また、ひび割れ幅の最大値は 0.3 mm であった。その後、さらに一年間暴露した結果、隅角部だけでなく、天端や側面の下方にまでひび割れが大きく進行した。また、ひび割れ幅の最大値は 0.7 mm となり、ひび割れの数量だけでなく、ひび割れ幅も大きくなっていることがわかる。

図-2.6 は、フーチング天端の表面ひずみについて、計測点及び時刻歴を示したものである。また、図-2.7

は、側面の表面ひずみおよび鉄筋に取り付けたひずみゲージによる計測結果について、計測点および時刻歴を示したものである。天端の表面ひずみについて見てみると、暴露開始後150日程度経過したあたりから表面ひずみが増加し始めている。また、冬期は夏期に比べてひずみの増加量が小さいものの、増加を続けていることがわかる。側面の計測結果を見てみると、表面のひずみと鉄筋にとりつけたゲージによる計測結果の両方について、フーチング上側に大きなひずみが生じており、下方は小さい。すなわち、フーチングは上ぞりの形状になっている。これは、鉄筋量の違いによる影響であると思われる。さらに、本実験ではフーチング底面の温度は計測していないが、表面に比べるとフーチング底面の温度は低いことが想定されるため、温度の違いによる影響もあるものと推察される。

図-2.8は、超音波試験の計測結果及び試験位置を示したものである。超音波試験は、フーチング部・柱部について行われ、それぞれの部位について、東西方向に透過させた場合と、南北方向に透過させた場合の二回を実施した。文献<sup>1), 2), 3)</sup>によれば、本供試体のように超音波の透過距離が比較的長い構造物に対しては、伝播速度よりもスペクトル重心による分析の方が、優れていると報告されている。ただし、スペクトル重心により評価する方法は、現在の所一般的ではない。そこで、本文では、スペクトル重心と超音波伝播速度の両方の分析結果について述べる。結果の分析は、暴露開始日(2007/02)に計測された結果(以下、初期値と呼ぶ)に対し、約23ヶ月後(2009/01)に計測された結果(以下、計測値と呼ぶ)がどの程度低下しているかを調べることにより行う。図-2.8の縦軸は、超音波伝播速度およびスペクトル重心の変化率(計測値-初期値)を初期値で除した値である。計測地点及び透過方向にかかわらず、変化率は負の値となっており、劣化が進行したことが分かる。計測地点の違いによるスペクトル重心の違いを見てみる。透過方向にかかわらず、超音波伝播速度は下部(水中部)と上部(気中部)で大きな違いがない。その一方で、スペクトル重心は下部(水中部)に比べて上部(気中部)の方が大きな低下率を示しており、上部の劣化が激しいことがわかる。このように、ある調査結果に対する評価方法の違いで、損傷度合いの評価が異なる。今後、調査結果を蓄積することにより、フーチングのASRに対する適切な調査方法が確立されることが期待される。

### 2.3 Case 2(水中・水位変動無し)の計測結果

次に、Case 2の計測結果について報告する。Case 2

は、フーチング天端が常に浸水する条件で暴露されたものである。

図-2.9は、Case 2 供試体のフーチング部のコンクリート表面に取り付けた温度とかぶり部分の鉄筋に取り付けた熱伝対により計測された温度の時刻歴である。Case 1と同様に、夏期以外は表面と内部温度で大きな差はない。

図-2.10は、Case 2のひび割れ状況図である。Case 2では、(a)に示すように、一年目の秋口(暴露開始8ヵ月後の11月)までは一切のひび割れが確認できなかったが、暴露開始後約一年が経過した2月の計測では、(b)に示すように、顕著なひび割れが増加し、冬期に大きく増加したことが確認された。さらに、今年度の試験で(c)に示すように、ひび割れは大きく進展した。従来は、水中や気温の低い冬期には膨張は進展しにくいと言われていたが、Case 1, 2の結果より、水中や夏期以外の低温期にも膨張が進展する場合があることが確認された。

図-2.11は、Case 2のフーチング天端の表面ひずみについて、計測点及び時刻歴を示したものである。天端のひずみは、暴露開始200日程度経過したあたりから増加しており、膨張開始時期がCase 1よりも若干遅いようである。また、夏期ほど顕著な増加は見られないものの、冬期にもひずみが増加している点も、Case 1と同様である。一方、Case 2においては、二年目の夏期に大きくひずみが増加している点が特徴である。図-2.12は、側面の表面ひずみおよび鉄筋に取り付けたひずみゲージによる計測結果について、計測点および時刻歴を示したものである。側面のひずみについて見てみると、Case 1と同様に上側の方が大きなひずみが生じており、フーチングが上ぞりの状態になっていることが確認される。

図-2.13は、超音波試験の計測結果を示した図である。なお、計測位置は、Case 1(図-2.8(c))と同じ位置である。Case 1と同様に、暴露開始日の計測結果を初期値、暴露開始23ヵ月後の計測結果を計測値とし、超音波伝播速度、スペクトル重心の変化率=(計測値-初期値)/初期値として示している。全ての計測線において、超音波伝播速度、スペクトル重心ともに低下しており、コンクリートが劣化している結果を示している。また、フーチング部については、図-2.12でみたように、下側に比べて上側に大きなひずみが生じており、顕著な膨張が確認されたが、超音波試験の計測結果においても下側(F8-F14)に比べて上側(F1-F7)の低下率が大きく、表面ひずみと同様の傾向を示している。

### 2.4 Case 3(土中)の計測結果

次に、土中に埋設された Case 3 の計測結果について述べる。Case 3 については、暴露開始以降常に土中に埋設しているため、フーチング部の外観計測はしていない。本文では、環境温度とゲージによるひずみの計測結果について述べる。なお、 $D$ は柱径であり、600 mm である。

図-2.14 は、Case 3 の柱部及びフーチング部の土中温度を計測した結果である。また、図-2.15 は、供試体の柱部の内部に取り付けた熱伝対により計測された温度である。図-2.14 より、地表面に近いほど年間の最高温度が高く、また、温度変化が大きいことがわかる。その一方で、冬期には地表面に比べて地中部の方が高温となっており、季節によって、供試体周辺の温度の分布が異なることがわかる。一方、図-2.15 をみると、供試体内部の温度の計測結果は、図-2.14 に示した地中部の温度の計測結果に比べて深度ごとの温度差は小さく、各深度で同様の履歴を示している。

図-2.16 は、柱内部に取り付けたひずみゲージにより計測されたひずみの計測結果の時刻歴を示した図である。地表面に近いほどひずみは大きく、深度の大きい DL-2D あたりでは、ようやく膨張が開始し始めた程度である。また、地表面付近の膨張速度は、冬期には著しく低下し、二年目の夏期に再度、膨張速度が増加している。これは、図-2.14 や図-2.15 でみた、深度方向の温度分布や、季節ごとの温度変動によく似た変動であり、温度とひずみに強い相関関係があることを示している。

## 2.5 暴露条件の違いによる計測結果の違い

図-2.17 は、Case 1, 2 のフーチング表面温度、および Case 1~3 の内部温度の時刻歴を示した図である。Case 1, 2 については、水中、気中にかかわらず、鉄筋に取り付けた熱伝対による計測結果に大きな違いは見られない。また、表面の温度の時刻歴についても、気中で暴露した Case 1 の方が若干高いものの、大きな違いはない。以上より、フーチング周辺の温度については、水中・気中の違いにかかわらず、ほぼ同様であると考えられる。一方で、Case 3 については、Case 1, 2 よりも温度が低く、年間の変動量も小さい。

図-2.18 は、Case 1, 2 について、フーチング表面ひずみの時刻歴を比較した図である。計測位置は、図-2.6, 2.11 に示す位置の東側の計測点である。水中で暴露された Case 2 の方が水位を変動させた Case 1 よりも大きな表面ひずみが生じており、膨張が進んでいることがわかる。一方、前述のように、膨張開始時期は、Case 1 の方が若干早い。水中で暴露した Case 2 は、膨張開始時期は遅いものの、その後の進展速度が大きいことが明らか

になった。

図-2.19 は、Case 1, 2 および 3 について、フーチング部の内部ひずみの時刻歴を示した図である。計測位置は、図-2.17 の鉄筋に取り付けた熱伝対の位置と同じ位置である。Case 1 と 2 を比較すると、Case 1 の方が大きなひずみが計測されている。これは、図-2.18 でみた表面ひずみとは逆の関係である。すなわち、現時点では、水中で暴露されたケースは、気中で暴露されたケースに比べて表面のひずみは大きいものの、内部までは膨張が進展していないと考えられる。今後の経過を観察する必要がある。

## 3 小型供試体暴露試験

### 3.1 実験概要

供試体は、図-3.1 に示すように、100 × 100 × 400 mm の無筋コンクリートである。実験ケースを表-3.3 に示す。S シリーズは、非反応性骨材に滋賀県産のものをを用いたケースであり、T シリーズは、2. のフーチングの作製にも用いた、茨城県つくば産の骨材を用いたケースである。なお、反応性骨材は、S シリーズ、T シリーズともに北海道産のものである。また、ASR の進行を十分に促進させるため、添加アルカリとして NaCl を 12.0 kg/m<sup>3</sup> 添加した。

S シリーズについては、40 - 湿度 100%、30 - 水中、20 - 水中の環境条件で暴露試験を行った。一方、T シリーズは、40 - 湿度 100%、20 - 水中、20 - 湿度 100% の環境条件で暴露試験を行った。S シリーズは T シリーズに先駆けて行われており、本文に示す計測結果は S シリーズについては試験開始後約 1000 日、T シリーズについては約 750 日が経過した時点でのものである。

図-3.1 に供試体概要を示す。供試体表面にはコンタクトゲージ計測用チップを貼り付けている。チップ間の距離をコンタクトゲージにより計測することにより、表面ひずみが計測される。なお、チップ間の距離の初期値は、およそ 100 mm である。計測箇所は一体の供試体につき 4 点あり、その平均値をそのケースの表面ひずみとした。

### 3.2.2 計測結果

図 3.2(a) は S シリーズ、(b) は T シリーズの表面ひずみの計測結果の時刻歴である。S シリーズの計測結果について見てみると、40 - 湿度 100% のケースは最も早く膨張を開始し、すでに膨張が停止している。30 - 水中のケースは、40 - 湿度 100% のケースに比べて膨

張開始時期が遅いものの、やはり膨張はすでに停止している。そして、上記の二つのケースの最終ひずみ量は、ほぼ同程度である。一方、20 -水中のケースは、最も膨張開始時期が遅い。また、膨張はほぼ収束しており、その最終ひずみ量は、40 -湿度 100%のケース、30 -湿度水中のケースに比べて小さい。次に、T シリーズについて見てみると、40 -湿度 100%のケースは、T シリーズの中では最も早く膨張を開始している。そして、すでにひずみの増加は認められず、膨張が収束していると考えられる。ただし、40 -湿度 100%のケースについて、S シリーズとT シリーズで膨張開始時期を比較すると、前者の方が早い。また、最終的なひずみ値について見てみると、T シリーズはS シリーズの半分程度で収束している。以上より、反応性骨材や暴露条件が同一であっても、非反応性骨材種の違いにより、膨張過程や最終膨張量に違いが見られることがわかった。T シリーズについて見てみると、20 -水中のケースは、暴露開始後 400 日程度経過した後に膨張を開始しており、40 -湿度 100%のケースと同様に、S シリーズに比べると、膨張開始時期が遅い。また、20 -湿度 90%のケースは、現時点では膨張する傾向が見られない。

なお、2. でみたフーチングの表面ひずみの計測結果は、現時点で、Case 1 で 5000 $\mu$ 、Case 2 で 8000 $\mu$  程度まで増加しており、同じ骨材を用いたT シリーズの 40 -湿度 100%の最終膨張量を超過している。この要因については、以下の二つの要因が関係していると考えている。一つ目は、図 - 2.3 で見たように、フーチングの周辺温度は 24 時間で変動し、かつ、年間では 20 程度の変動を生じ、図 - 2.4, 2.10 で見たように、それに伴ってフーチングの表面・内部温度も変動する。一方で、小型供試体はこのような温度変動がなく、常に一定の温度・湿度

環境にて暴露されている。このように、周辺の温度や湿度の変動が、コンクリートのひずみの膨張量に違いを生じさせた可能性がある。もうひとつは、現在も膨張を継続している 20 -水中のケースや、20 -湿度 90%のケースの最終膨張量が、40 -100%のケースの膨張量を超過する可能性があることである。今後、さらに計測を継続し、観察を続ける予定である。

#### 4. まとめ

フーチングの ASR による損傷メカニズムの解明、損傷後の状態評価手法の確立を目的として、フーチング供試体の暴露試験により損傷過程の観察を継続するとともに、現時点での暴露環境と損傷状況との関係を整理した。その結果、周辺の温度が高いほど早く膨張が開始する一方で、最終的な膨張量は、必ずしも温度が高いほど大きいわけではないことがわかった。また、ASR の進行は、非反応性骨材の種類によっても影響されることが明らかになった。今後、さらに計測を継続し、ASR による膨張過程についてより詳細な検討を行うとともに、補強案についても検討していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 稲葉ら : コンクリート供試体における超音波減衰係数, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム論文報告集, 第 4 巻, pp. 289-292, 2004.10.
- 2) 葛目ら : ASR 劣化構造物の非破壊的な評価方法について, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム論文報告集, 第 5 巻, pp. 151-158, 2005.10.
- 3) 葛目ら : ASR 劣化調査に用いる非破壊検査手法, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム論文報告集, 第 4 巻, pp. 67-74, 2004.10.

表 - 2.1 実験ケースと暴露条件一覧

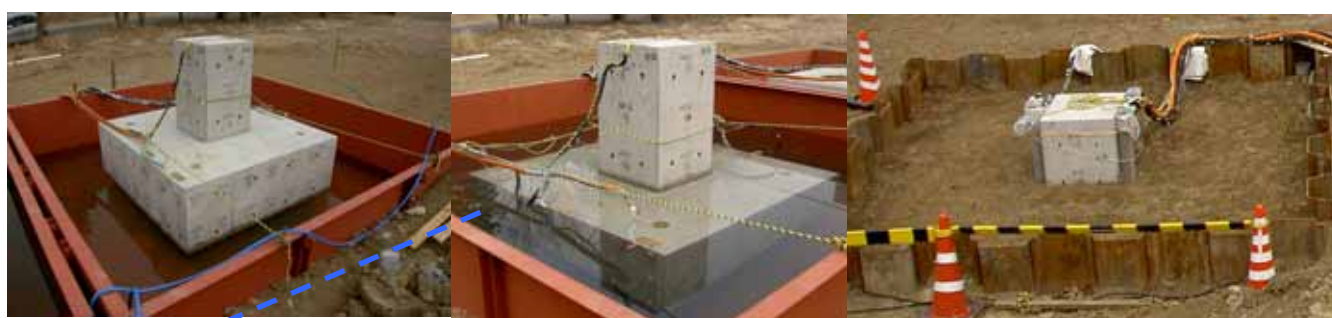
Case	暴露条件
Case 1	水位が変動する状態 (写真 - 1) Case 3 の地下水位にあわせて, 三段階に変動
Case 2	フーチングが常に水没する状態 (写真 - 2)
Case 3	フーチングが土中に埋設される状態 (柱の一部は気中) (写真 - 3)

表-2.2 暴露試験計測項目一覧

大項目	中項目	細目	計測・試験項目	計測方法	計測頻度または時期
A S R 進行状況	観察	ひび割れ状況	外観調査	目視観察	7回/年
	計測	ひずみ	コンクリート表面ひずみ	標点計測(手動)	
			コンクリート内部ひずみ	計測センサー	1回/1時間
			鉄筋ひずみ	計測センサー	
試験	コンクリート劣化度	超音波透過試験	超音波法	2回/年	
	鉄筋破断	鉄筋破断確認試験	電磁誘導法	(暴露開始前に一回)	
環境条件	計測	温度	コンクリート温度	計測センサー	1回/1時間
			外気温	計測センサー	
			土中温度	計測センサー	
			水中温度	計測センサー	
	その他	供給水分	地下水位(CASE-3)	自動+手動計測	1回/1時間+適宜
			水槽水位(CASE-1)	手動設定	適宜
降水量			メーター利用		
品質管理試験	試験	強度試験	圧縮強度	JIS A 1108	2回/年
			静弾性係数測定	JIS A 1149	
	脆性試験	コンクリート表面ひずみ	標点計測(手動)	1回/2週間	



(a) 全体図



(b) Case 1: 水中養生, 水位変動 (c) Case 2: 水中養生, 常時水中 (d) Case 3: 土中埋設

写真-2.1 暴露状況写真 (暴露開始時, 2007/02/27)

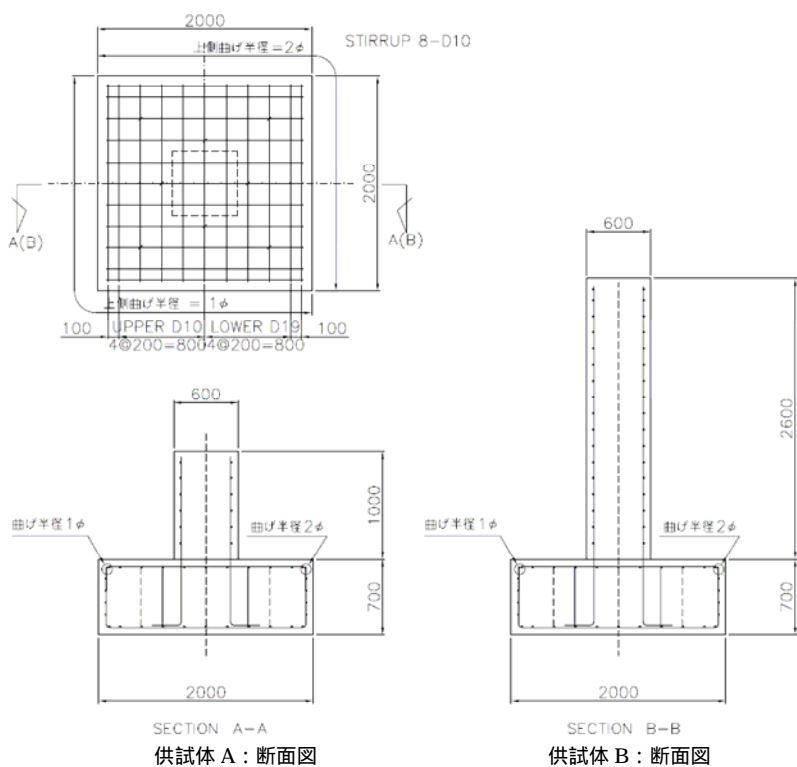


図-2.1 暴露試験供試体

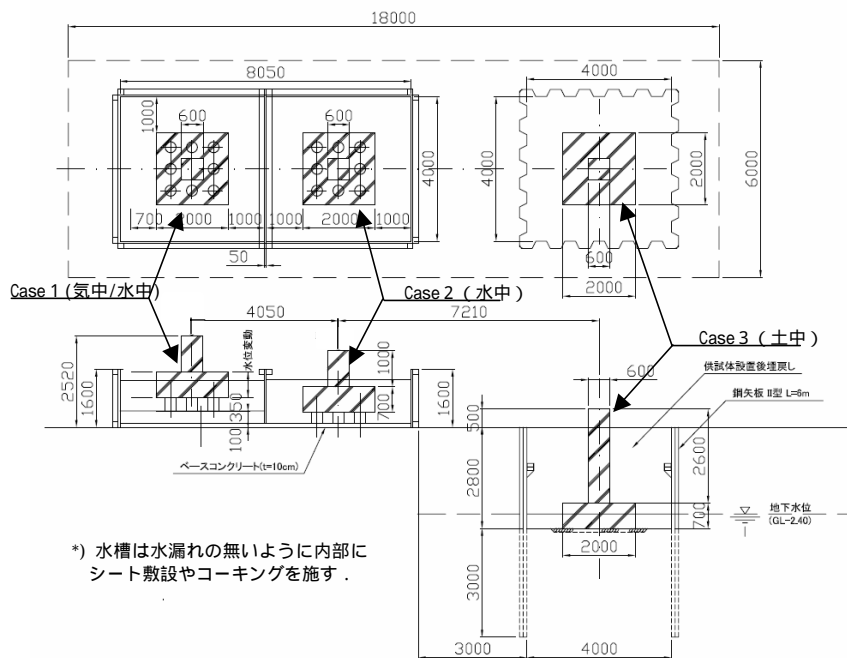


図-2.2 暴露試験概要

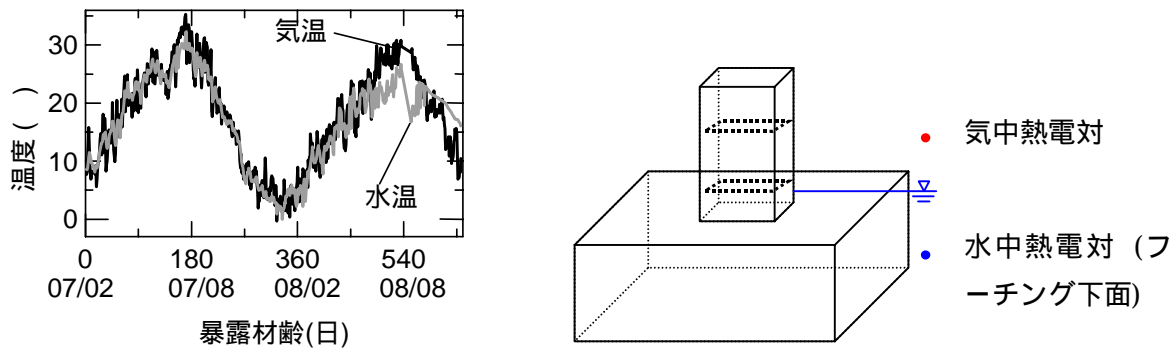
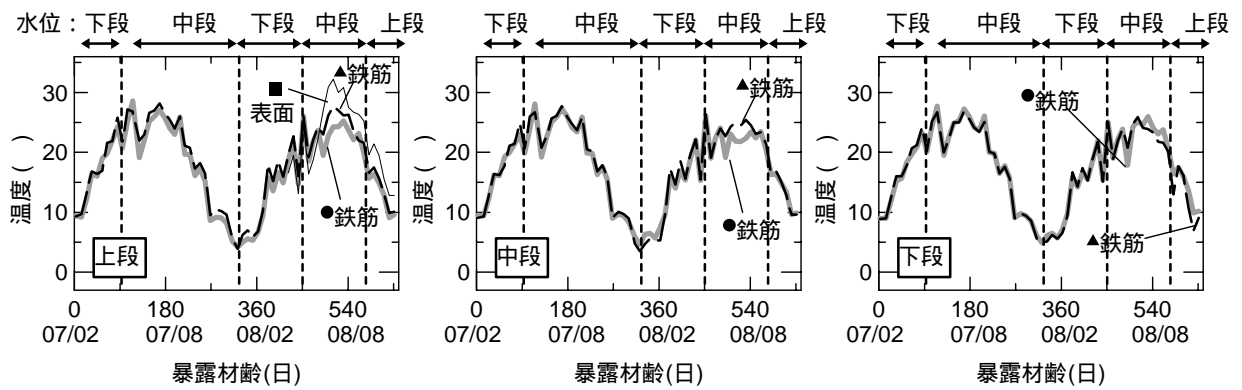
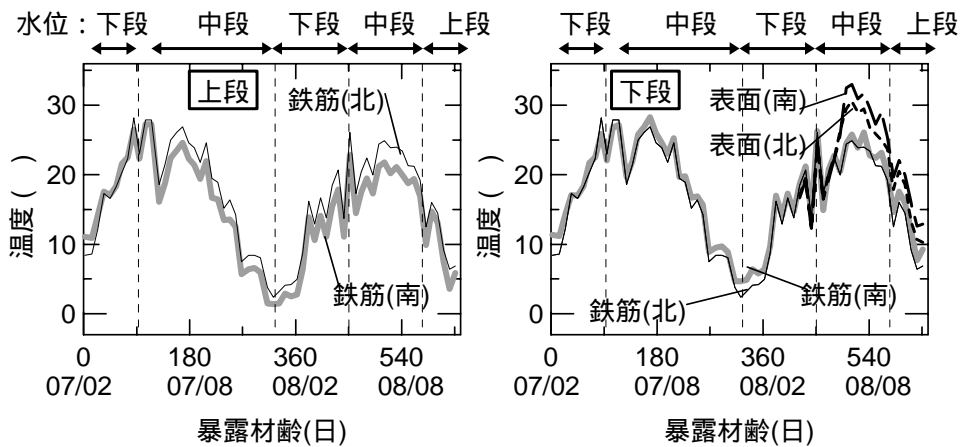


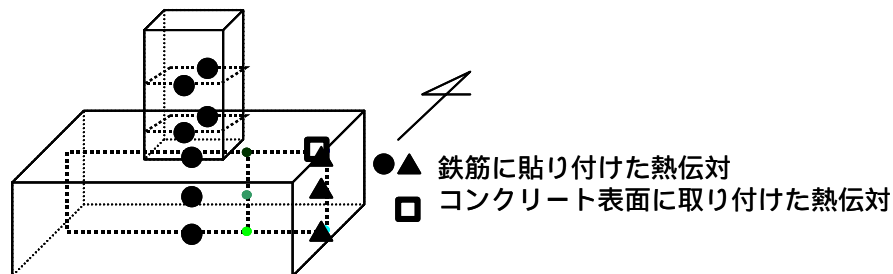
図 - 2.3 水中・気中温度の経時変化と計測地点



(a)フーチング部



(b) 柱部



(c) 計測位置

図 - 2.4 コンクリート内部および表面温度の経時変化 (Case 1: フーチング部)



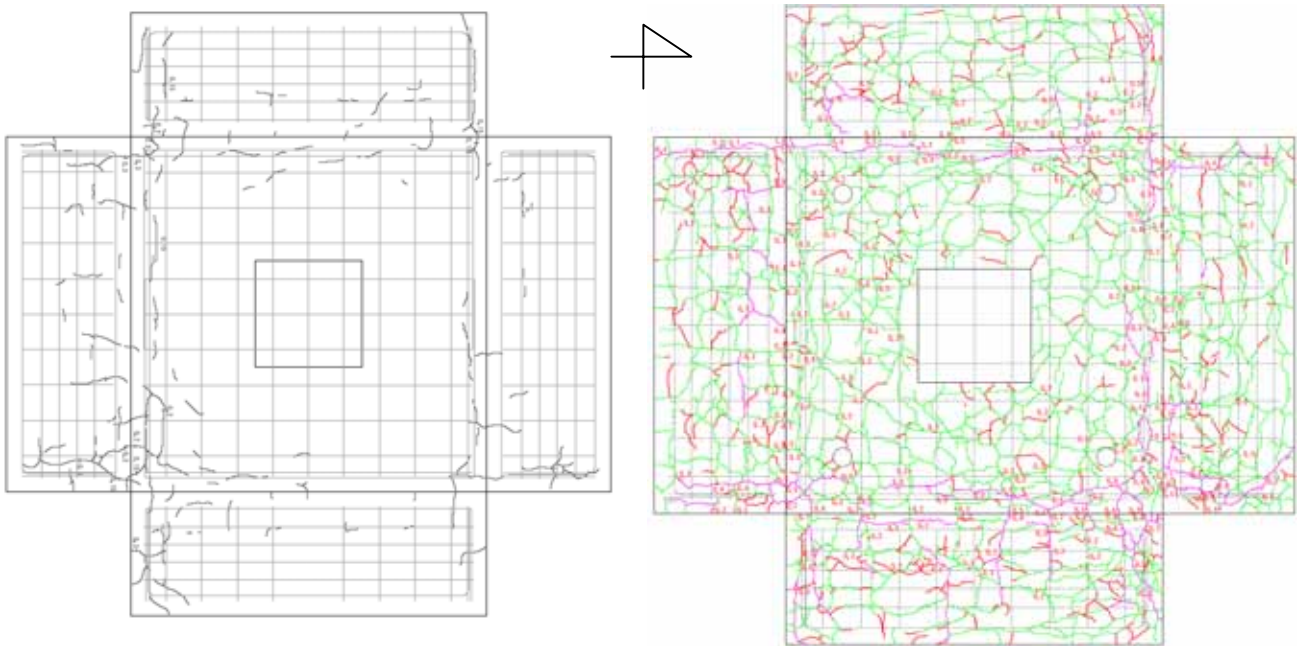


図-2.5 コンクリート内部および表面温度 (Case 1: フーチング部)

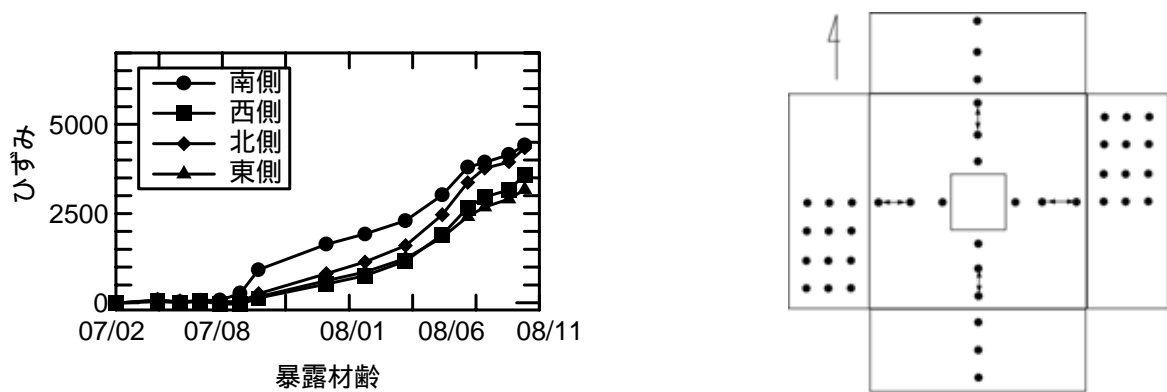


図-2.6 フーチング天端の表面ひずみの経時変化と計測位置(部), Case 1

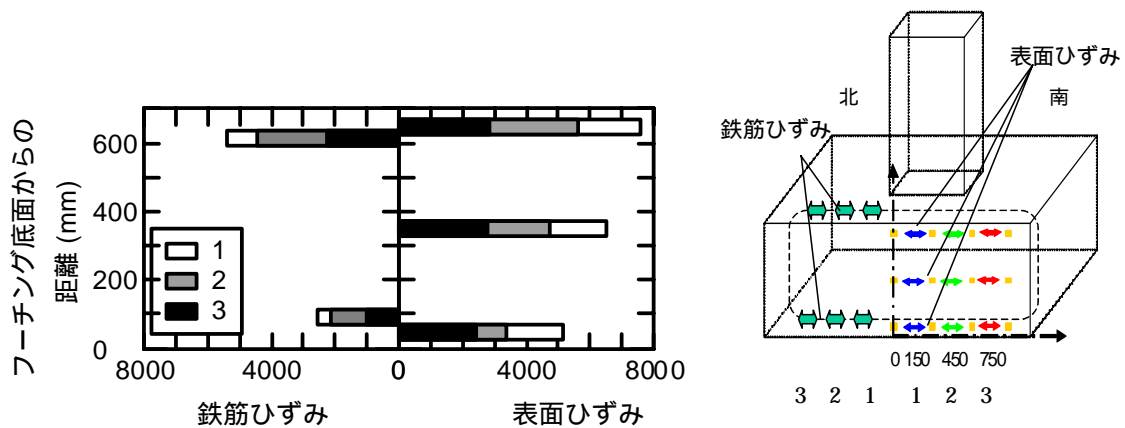
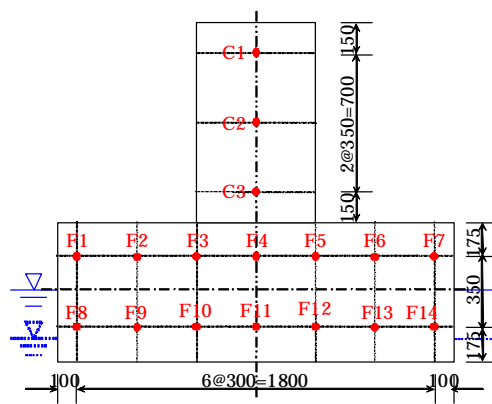
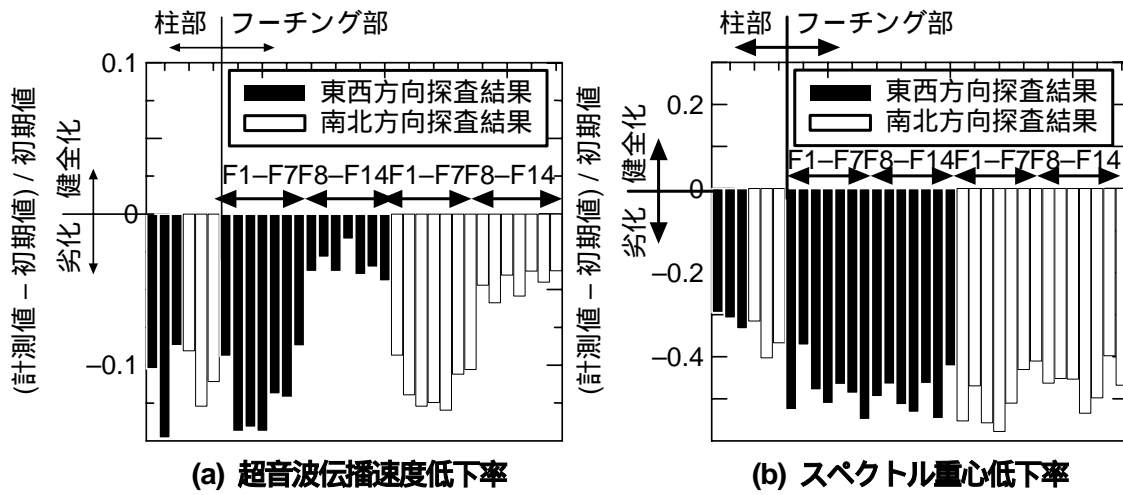


図-2.7 フーチング側面のひずみの経時変化と計測位置(部), Case 1



(c) 計測位置

図-2.8 超音波試験結果(Case 1)

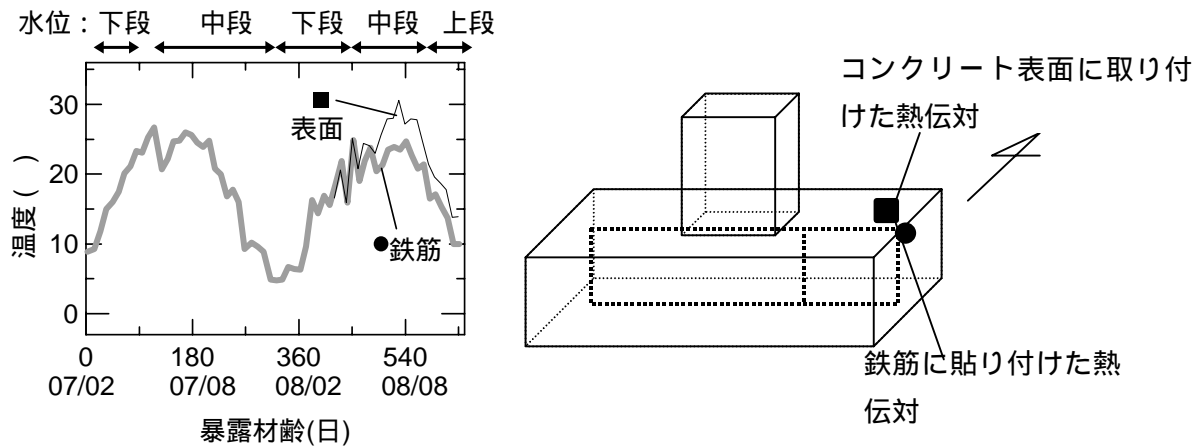
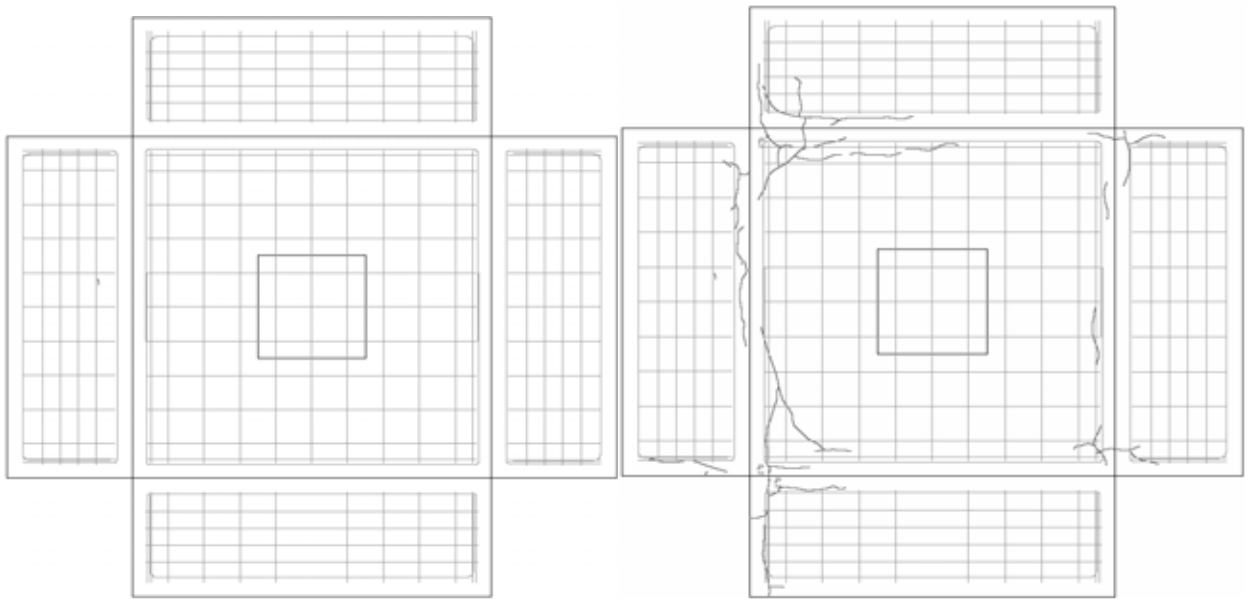
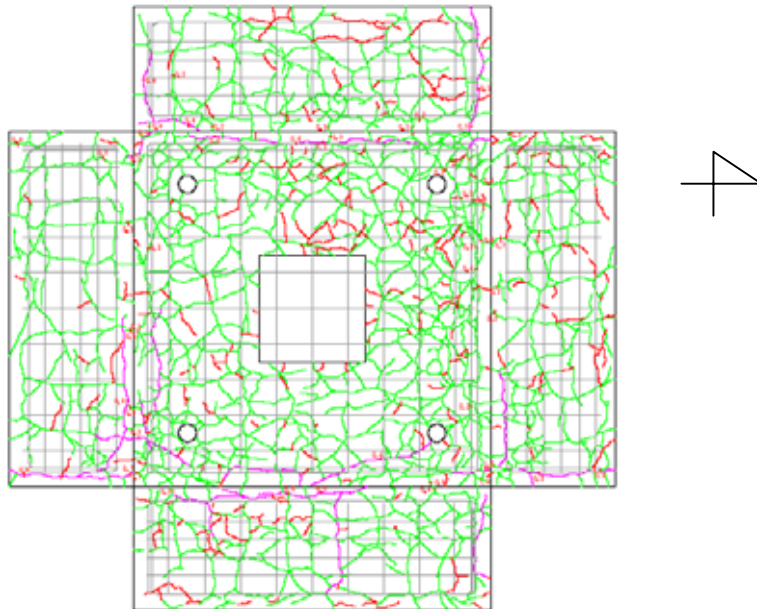


図-2.9 コンクリート内部および表面温度の経時変化 (Case 2: フーチング部)



(a) 一年目の秋口(暴露開始8ヶ月後の07年11月)

(b) 一年目の冬期(暴露開始11ヶ月後の08年2月)



(c) 二年目の春期(暴露開始20ヶ月後の08年11月)

図-2.10 フーチング表面ひび割れ図(Case 2)

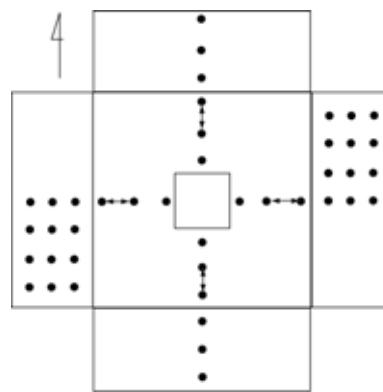
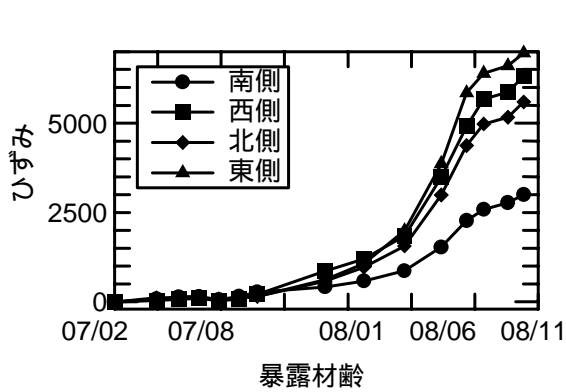


図-2.11 フーチング天端の表面ひずみの経時変化と計測位置(部), Case 2

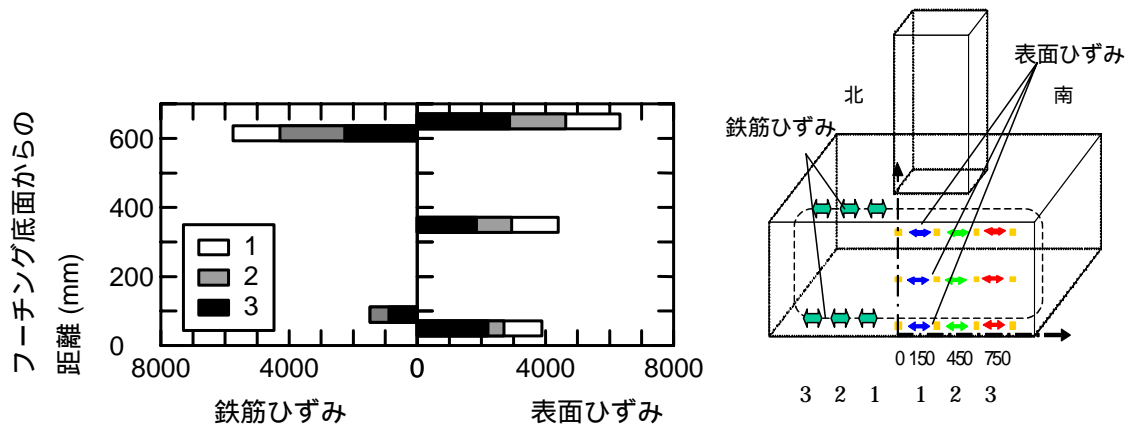


図-2.12 フーチング側面のひずみの経時変化と計測位置(部), Case 2

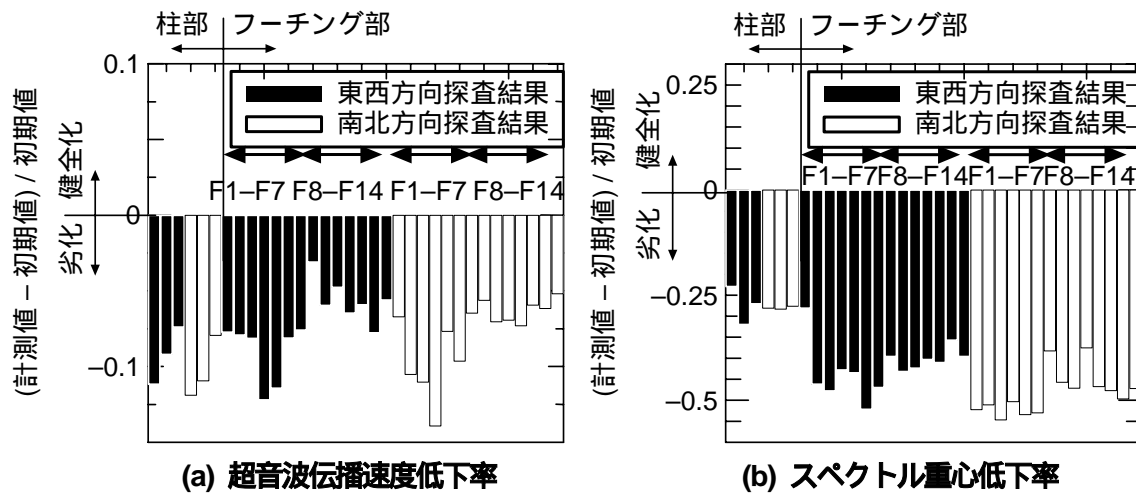


図-2.13 超音波試験結果(Case 2)

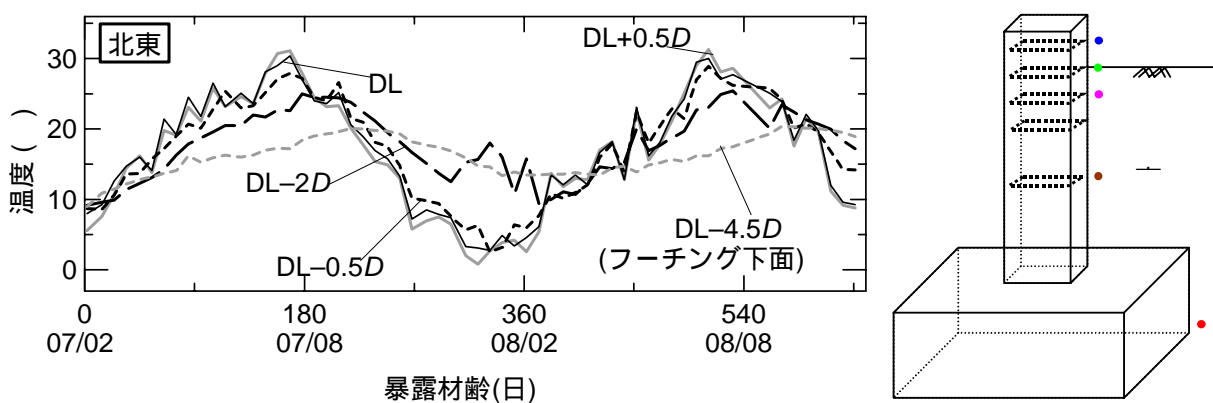


図-2.14 供試体周辺の土中温度の経時変化と計測位置(印), Case 3

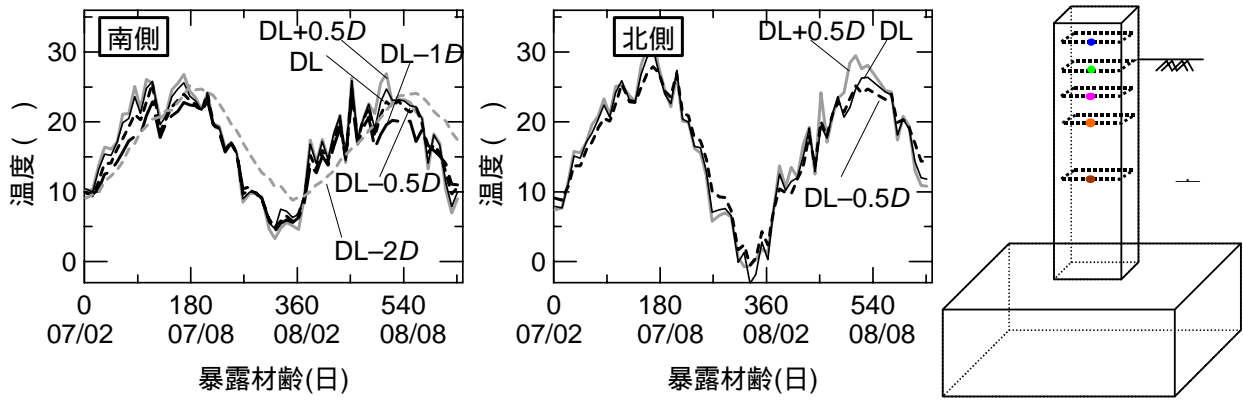


図-2.15 コンクリート内部温度の経時変化と計測位置( 印), Case 3

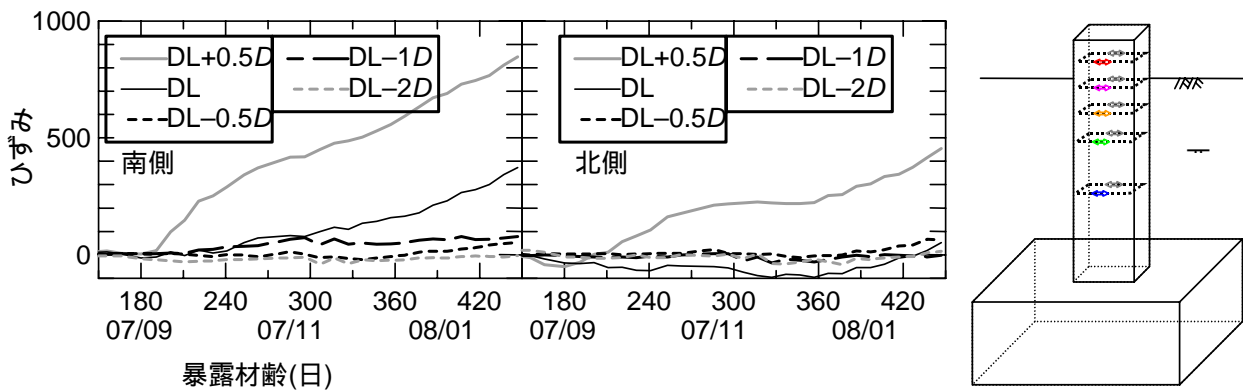


図-2.16 コンクリート内部ひずみの経時変化と計測位置( 印), Case 3

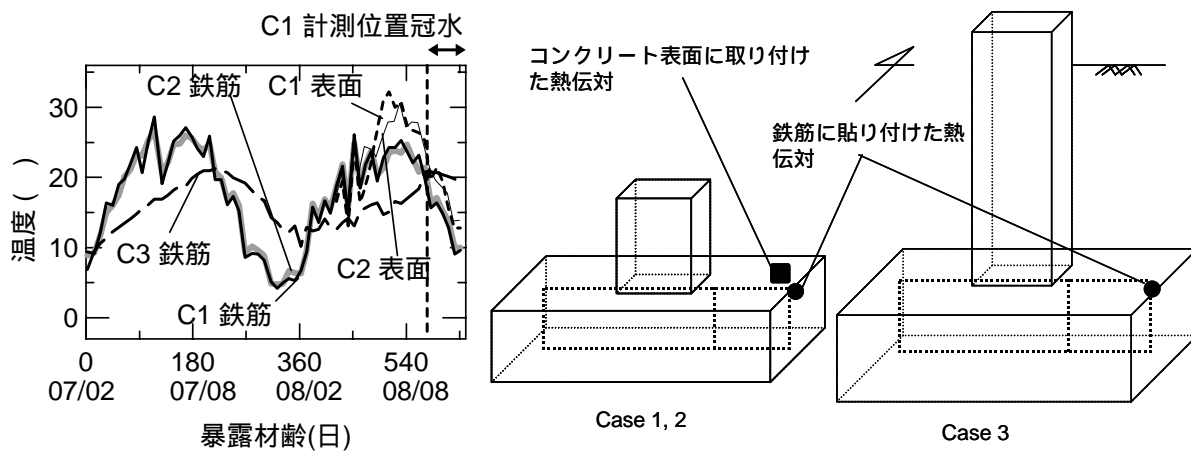


図-2.17 フーチング表面および内部温度の経時変化と計測位置( 印)

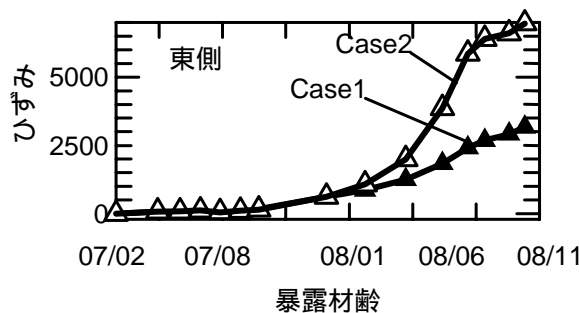


図-2.18 フーチング表面ひずみの経時変化

表3.1 小型供試体暴露試験ケース一覧

非反応性骨材	暴露環境			
	40 -湿度100%	30 -水中	20 -水中	20 -湿度100%
滋賀石(Sシリーズ)	3体	3体	3体	-
つくば石(Tシリーズ)	3体	-	3体	3体

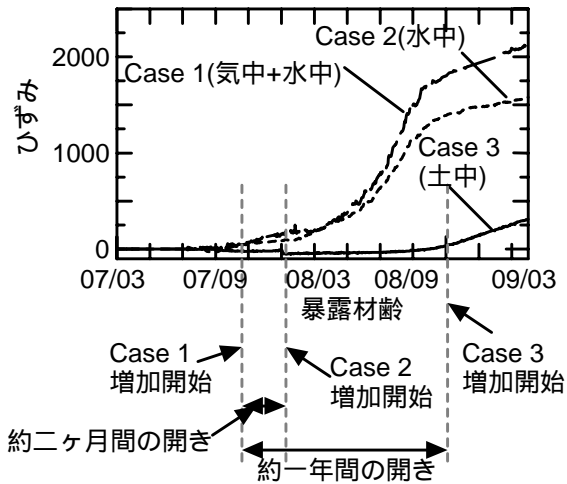


図-2.19 フーチング内部ひずみの経時変化

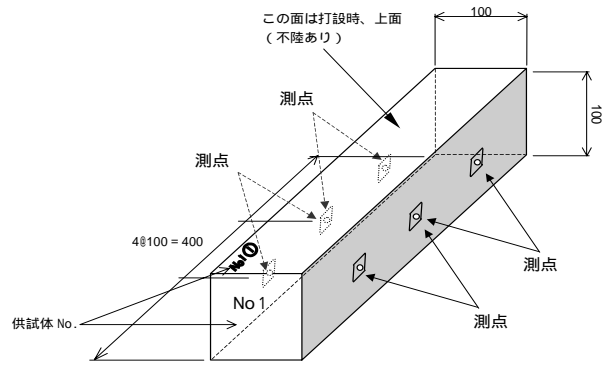
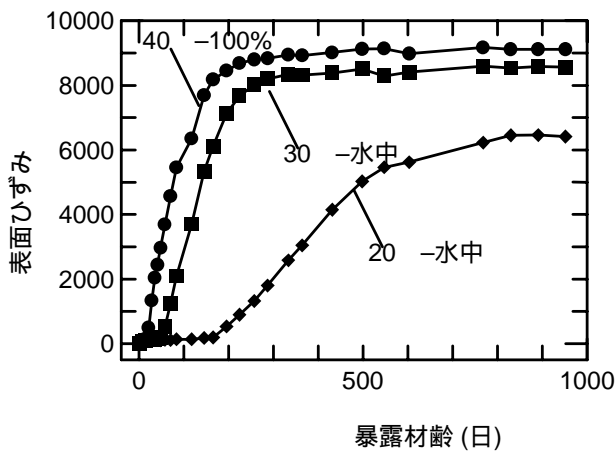
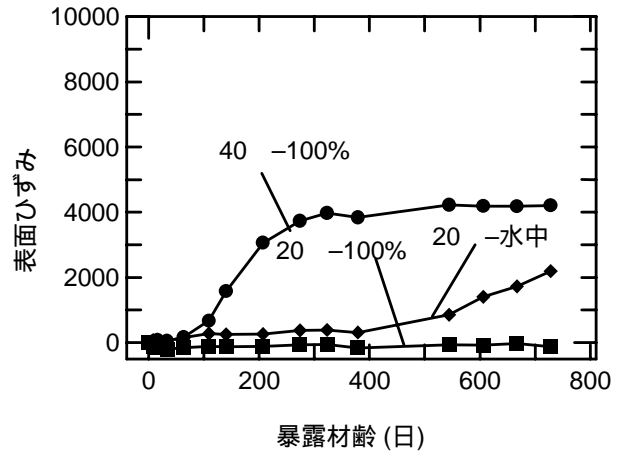


図 3.1 小型供試体暴露試験の供試体



(a) Sシリーズ



(b) Tシリーズ

図 3.2 小型供試体の表面ひずみ経時変化

## RESEARCH ON COUNTERMEASURE OF FOUNDATIONS RECEIVED DAMAGE

**Abstract** : This research studies about a guideline of countermeasures for lateral movement of bridge abutment and evaluation method for soundness of footing damaged by alkali silica reaction.

In this fiscal year, about lateral movement of bridge abutment, we carried out case research and arranged present issues. And about evaluation method for condition of footing damaged by alkali silica reaction, we started observation of the damage situation of footing by exposure test.

**Key words** : lateral movement of abutment, alkali silica reaction, footing, evaluation method for soundness, countermeasure