

[1106] 通気型防水材の ASR 抑制効果の確認試験

正会員 小野紘一 (鴻池組土木本部)
 正会員 ○今江 守 (鴻池組土木本部)
 正会員 金好昭彦 (鴻池組土木本部)
 篠原稔雄 (大日本塗料技術本部)

1. まえがき

アルカリ骨材反応によって被害を受けているコンクリート構造物は、耐力的にはほぼ問題がないことが明らかとなっており、今後の課題は主として構造物の健全性保持の観点からコンクリートの耐久性の維持をはかることであり、具体的な対策の1つとして防水材塗布による反応抑制対策が挙げられる。

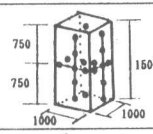
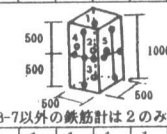

各種防水材を用いたアルカリ骨材反応抑制効果に関する基礎的実験を行なった結果⁽¹⁾では、コンクリート内部水は外に出やすいが外部からの水の浸透が少ない通気型の防水材が反応抑制効果を発揮することが判明した。しかしながら、この種の実験は100×100×400mmの小型角柱供試体を用いて室内で乾湿くり返し養生を行なったものであり、実構造物のような大断面をもつコンクリート部材でアルカリ骨材反応抑制効果があるかどうかは未知数である。

このような背景から、本研究は反応性骨材を用いて実構造物を想定した大型模型供試体を作製し、通気型のポリマーセメント系やシランモノマー系を塗布して反応の進行度合を測定したものである。

2. 実験概要

2-1 供試体

供試体は表-1に示すように、供試体寸法、防水材の種別、防水時期、養生条件を実験要因と表-1 供試体の種類

| 供試体種別 (寸法) | A (1000×1000×H1500mm) | B (500×500×H1000mm) | | | | | | | | C (100×100×H400mm) | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 軸筋(鉄筋比[%]) D10-5本, D13-12本(0.19) | D10-5本, D6-4本(0.19) | | | | | | | | ----- | | | | | | | |
| | フープ筋(鉄筋比[%]) D10-9本(0.086) | D10-3本(0.086) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 番号 | A | B-1 | B-2 | B-3 | B-4 | B-5 | B-6 | B-7 | B-8 | C-1 | C-2 | C-3 | C-4 | C-5 | C-6 | C-7 | C-8 |
| 防水材種別 | 割7-セメント系 ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | |
| | シランモノマー系 | | | | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | ○ | | |
| | 無処理 | | | | | | | ○ | ○ | | | | | | | ○ | ○ |
| 防水時期 | 膨張ひずみ 500×10 ⁻⁶ ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | |
| | 膨張ひずみ 1000×10 ⁻⁶ ○ | | | ○ | | | ○ | | | | | | ○ | ○ | | ○ | |
| | 乾湿くり返し ○ | ○ | | ○ | ○ | | ○ | ○ | | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 養生条件 | 自然暴露 | | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | | | | |
| | 促進 | | | | | | | | | | ○ | | | | | | ○ |
| 膨張量測定位置 ○……鉄筋計 ●……測定プラグ (ゲージ長30cm) 供試体A, Bは4断面 Cは2側面取付 |  |  | | | | | | | |  | | | | | | | |
| 供試体数 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | | * B-1, B-7以外の鉄筋計は2のみ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8 | | | | | | | | 24 | | | | | | | |

する角柱供試体である。

表-2 配合表

表-2は使用コンクリートの配合である。使用した反応性骨材は表-3に示す古銅輝石安山岩である。等価Na₂O量は、NaClの添加によってセメント

| セメント 種類 | 水セメント比 W/C (%) | 細骨材率 s/a (%) | 単 位 量 (kg/m ³) | | | | A E 剤 | * GR/G (%) | 等価 Na ₂ O (%) |
|--------------|----------------------|--------------------|----------------------------|--------|----------|----------|-------|------------------|--------------------------------|
| | | | セメント C | 水 W | 細骨材 S | 粗骨材 G | | | |
| 普通 ポルトランド | 55 | 41 | 345 | 191 | 745 | 1070 | 0.1 | 40 | 2.0 |

* 全粗骨材 (G) 中の反応性粗骨材 (GR) が占める割合

重量の2.0%に調整した。また、非反応性粗骨材および細骨材は化学法で無害の山砂利および除塩砂を用い、全粗骨材に対する反応性骨材の含有率 (GR/G) は40%を採用した。

表-3 反応性骨材の性質

| 色調による区分 | 黒色(A) | 灰色(B) | 茶色(C) | ブレンド ^{*1} | |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------------------|-------|
| 構成比 (%) | 11.6 | 37.6 | 50.8 | - | |
| 岩 種 | 古銅輝石安山岩 | | | - | |
| 化 学 法 | Sc ^{*2} | 663 | 696 | 671 | 677 |
| | Rc ^{*3} | 183 | 199 | 221 | 199 |
| | Sc/Rc | 3.6 | 3.5 | 3.1 | 3.4 |
| 判 定 | 潜在的 有害 | 潜在的 有害 | 潜在的 有害 | 潜在的 有害 | |
| モルタル 膨張 係数 判定 ^{*4} | 等価Na ₂ O (%) | - | - | - | 2.0 |
| 膨張 係数 判定 ^{*4} | 3ヶ月 | - | - | - | 0.262 |
| | 6ヶ月 | - | - | - | 0.284 |
| 判 定 | - | - | - | - | 有害 |

*1 岩種A、B、Cを構成比でブレンド

*2 Sc: 溶解シリカ量 (mmol/l)

*3 Rc: アルカリ濃度減少量 (mmol/l)

*4 6ヶ月膨張量が0.1%を超える場合を有害とした。

2-2 実験方法

表-4は供試体の養生条件を示したものである。防水処理は供試体の膨張量が 500×10^{-6} になったものおよび 1000×10^{-6} になったものの2通りに区別して行なった。供試体の膨張量は促進養生約40日後に約 500×10^{-6} 、また約150日後に約 1000×10^{-6} となったが、この時点から供試体を約一週間乾燥させ、コンクリートの含水率が9%以内になった時点で防水処理を行なった。なお、自然暴露状態での供試体は、未だ防水処理時期まで膨張しておらず防水処理は行っていない。防水直前の最大ひびわれ幅は、膨張量が約 500×10^{-6} 時点でA種が0.2mm、他種は一般に0.1mm以下の微細なものであったが、約 1000×10^{-6} 対象の供試体では0.3~0.4mmであった。表-5は使用した2種類の通気型防水材を示したものである。

養生条件は反応の促進と自然暴露による効果を想定した乾湿くり返しを主とした。養生方法は

表-4 供試体の養生条件

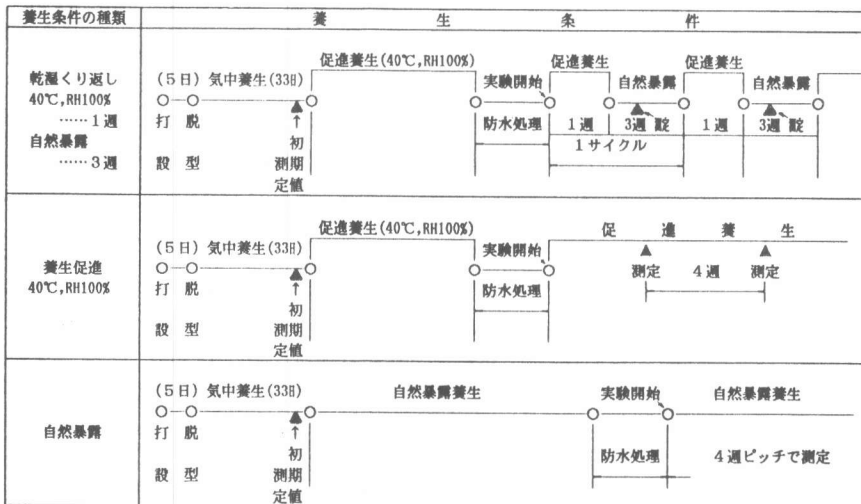


表-5 通気型の防水材

| 配号 | 塗 装 系 | 使 用 材 料 | 使 用 量 |
|----|-----------|-------------------|--------------------------|
| E | ポリマーセメント系 | アクリルエマルジョン+特殊セメント | 0.5kg/m ² ×2層 |
| S | シランモノマー系 | 浸透性シランモノマー | 0.2ℓ/m ² ×2層 |

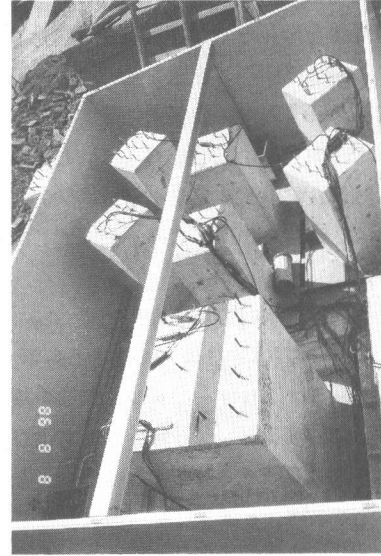
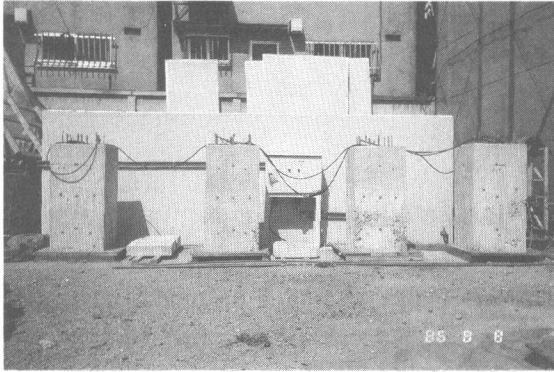


写真-1 養生室と自然暴露供試体 (B種, C種) 写真-2 養生室内 (屋根撤去時)

養生室屋根部の撤去、復旧が可能な促進養生室を設置し(写真-1, 2)、40℃, 100%RHを1週間、養生室外と同じ自然暴露状態を3週間のくり返し暴露状態にした。

供試体の膨張量はコンクリート表面をコンタクトゲージで測定し、またA種・B種の大型模型供試体では内部鉄筋のひずみ量も鉄筋計で測定し、これをコンクリート内部の膨張量とした。

3. 実験結果

3-1 防水直前の供試体のひびわれ発生状況と膨張性状

図-1は代表例として防水直前のA種供試体(1000×1000×H1500)のひびわれ発生状況とコンクリート表面および内部の膨張量の分布を示したものである。これらの結果によると、ひびわれは自由端の供試体上部から発生しはじめており、膨張量もひびわれ程度に比例して上部から低下しており、アルカリ骨材反応の劣化は自由端の供試体上部から発生して次第に下方に進行するようである。また、アルカリ骨材反応による膨張は内部も表面と同程度しているようである。

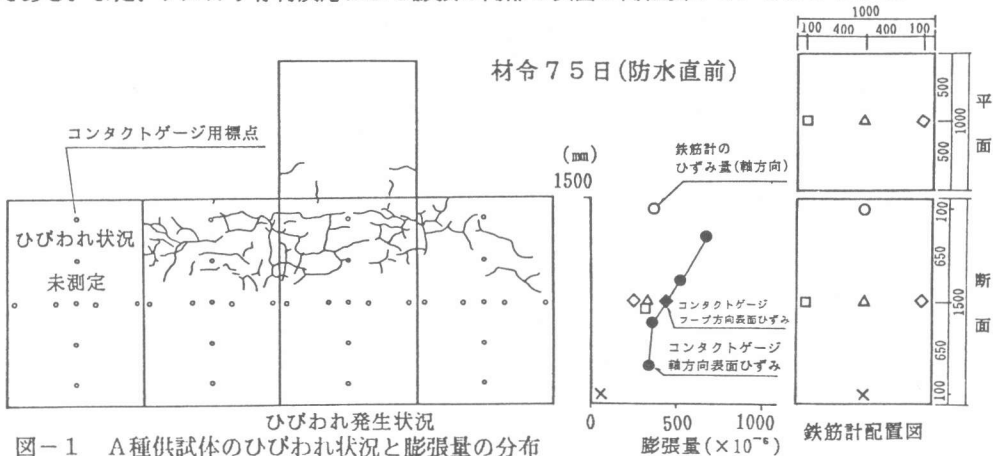


図-1 A種供試体のひびわれ発生状況と膨張量の分布

図-2は、B種供試体(500×500×H1000)とC種供試体(100×100×H400)の膨張量経時変化を示したものであるが膨張量はB種、C種ともほぼ同じ履歴をたどっており、約 1000×10^{-6} 程度の膨張量に達する期間は供試体の大・小に関係なくほぼ同じであった。また、A種供試体が防水時の約 500×10^{-6} に達する時間もB種、C種とほぼ同じ時期であった。

3-2 防水材の反応抑制効果

(1) 供試体寸法の違いによる影響

図-3はポリマーセメント系Eを施したA、BおよびC種の供試体を乾湿くり返しに暴露した場合におけるコンクリート表面および内部の防水処理後の膨張量を示したものである。まだ、実験の途中経過であり必ずしも明らかな結果は得られていないが、防水後の伸び量は、おおむね無処理>A種>B種>C種の順に小さくなっている。防水前までは供試体の寸法の大小に関係なくほぼ同じ速度で膨張してきたことを考えると、現時点では小型供試体の方が抑制効果がよく現われているようである。

外部の水は遮断し、コンクリート内部の水分は逸散させるという通気型防水材の特徴から、大断面を有する大型供試体は小型供試体に比べて、供試体内部水の外部への逸散が時間的に長期に渡ることが予想されるため、小型供試体の方が早く抑制効果が現われ、大型供試体は徐々に効果が現われてくるとも推定される。いずれにしても未だ実験の初期段階であり、今後更に実験を継続して定量的な検討を行ないたい。

(2) 防水材の種別による効果の相違

図-4は通気型防水材のシランモノマー系Sとポリマーセメント系Eを施したB種・C種供試体の膨張量を示したものである。シランモノマー系Sを防水したものは、乾湿くり返しの3サイクル目(3ヶ月)で、写真-3, 4に示すようにひびわれが増加し、最大ひびわれ幅も0.1mm

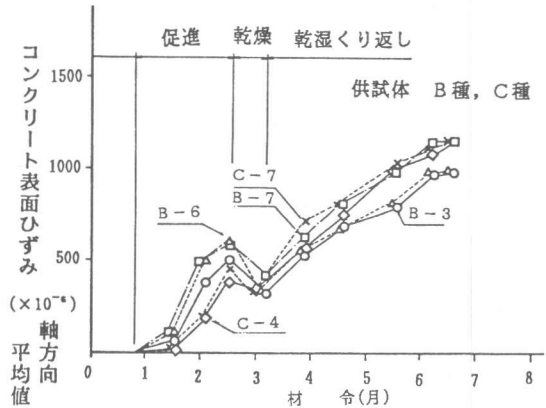


図-2 膨張量経時変化

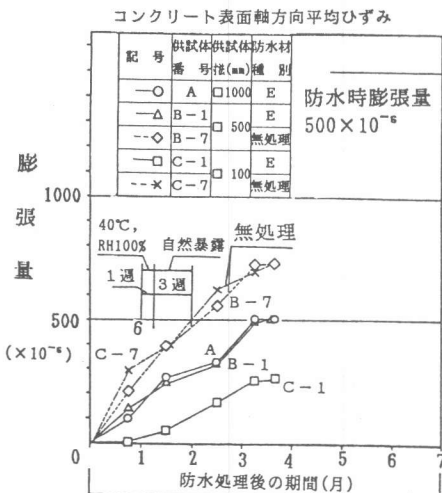
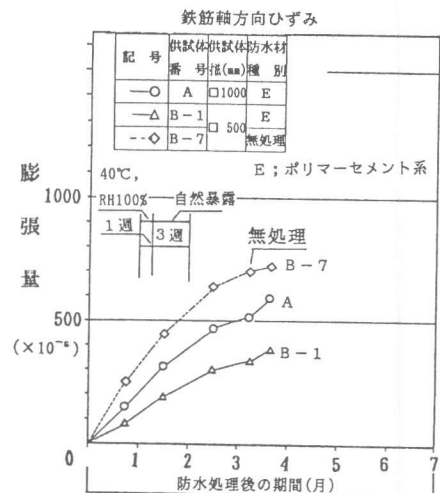


図-3 供試体寸法の影響



から0.2mmに拡大した。また、C種供試体では防水性を失って無処理供試体と同様の膨張量になった。これはシランモノマー系が無色透明の含浸タイプで膜厚数10 μ m程度にすぎないために防水後の膨張に追従できずひびわれが発生し、そこから水分の浸水が起こり反応抑制効果が損なわれたものと推定される。

一方、ポリマーセメント系Eを塗布した供試体は膨張量に伸びが見られるものの写真-5に示すように未だひびわれは発生していない。ポリマーセメント系Eは膜厚500 μ m程度の柔軟型でコンクリートの伸縮に追従できる性能を有しており、コンクリートのひびわれ幅は増加していると推定されるがひびわれは塗布材表面には及んでおらず、通気型の機能を持続しているものと考えられる。したがって、今後はシランモノマー系塗布のB-4供試体とポリマーセメント系塗布のB-1供試体の膨張に差が生じてくると予想される。

図-5はポリマーセメント系を塗布し促進養生したC種供試体の膨張量を示したものである。沖野ら⁽²⁾、山崎ら⁽³⁾によるとシラン系等の通気型防水材料は、乾湿くり返しの環境条件では効果を発揮するが、湿潤条件下では無処理の場合とほぼ同様になってしまう抑制効果は期待できないとの報告もされているが、今回の実験で用いたポリマーセメント系Eの塗布した供試体C-3は、40 $^{\circ}$ C、100%RHの促進養生下においても膨張は見られるものの供試体にひびわれ

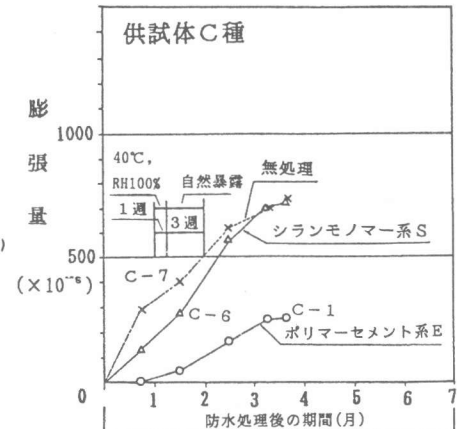
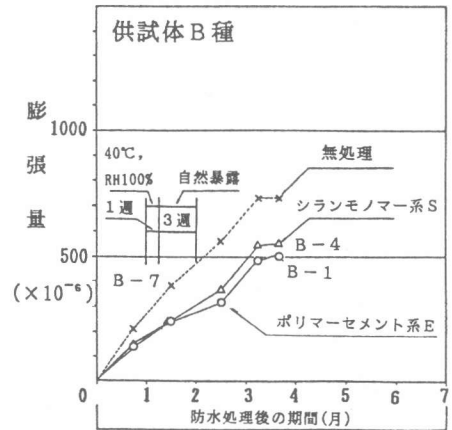


図-4 防水材料種別の効果
(コンクリート表面軸方向平均ひずみ)

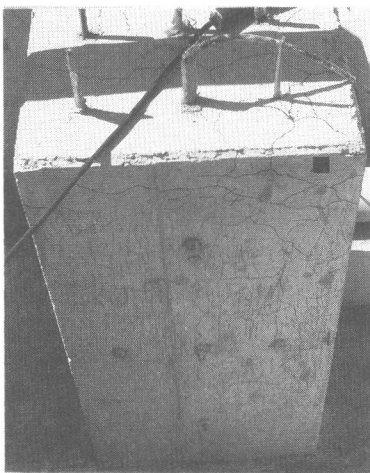


写真-3 防水直前の供試体 (B-4)

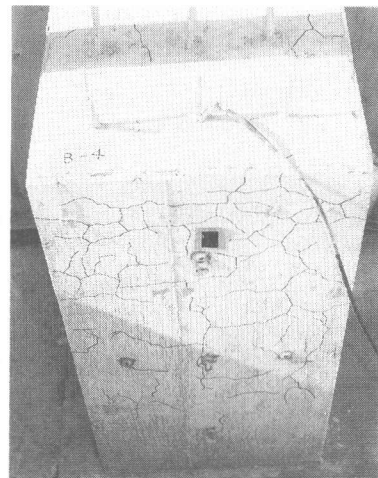


写真-4 シランモノマー系 (B-4)

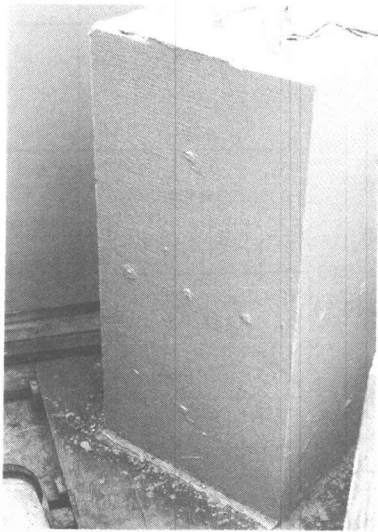


写真-5 ポリマーセメント系E (B-1)

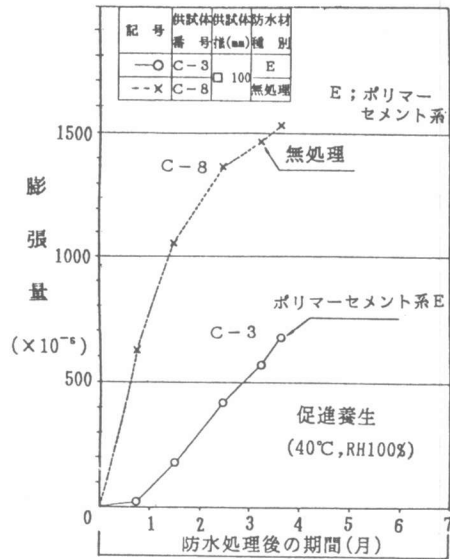


図-5 ポリマーセメント系Eの効果

も発生しておらず現在のところ同一条件の無処理供試体に比べ1/3程度に膨張が抑制されているようである。

4. あとがき

コンクリートの配合、反応性骨材の種類や含有率、アルカリ量等を同一条件で行なった基礎的実験⁽¹⁾では供試体の膨張量が 4000×10^{-6} 程度にも達した点を考慮すると、本実験は未だ実験中であり、今後さらに実験を継続して防水塗布材の反応抑制効果を検討していく予定である。

なお、今回実験に用いたポリマーセメント系EをASRひびわれが生じている実構造物に塗布し(写真-6, 7)膨張抑制やひびわれ抑制効果を検討中であるが、結果が出れば報告の機会を持ちたい。

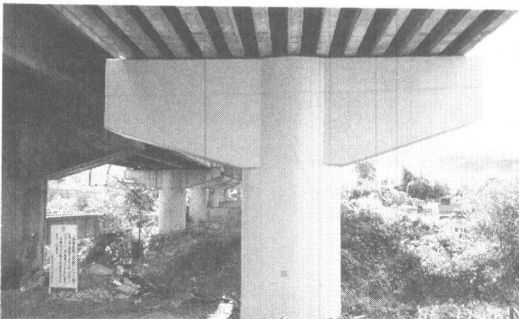


写真-6 実構造物の適用例

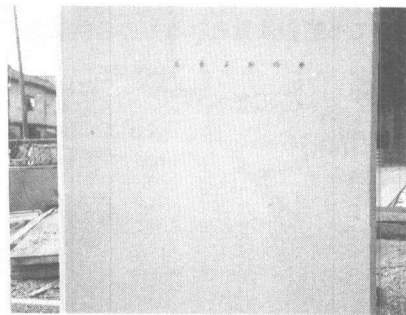


写真-7 実構造物の検証用標点

参考文献

- (1) 小野, 金好他: 防水材のASR抑制効果に関する研究: 第8回コンクリート工学年次講演会論文集 1986年, PP.209~212
- (2) 沖野, 富田: アルカリ骨材反応によるひびわれの補修方法の現状と今後の課題: コンクリート工学 1986年, PP.86~91
- (3) 山崎, 宮川: 補修: アルカリ骨材反応に関するシンポジウム 1985年, PP.152~167