

5. 脱水・脱気型枠（ドライフォーム）を転用施工した コンクリートの耐久性に関する研究

石 原 誠一郎
立 松 和 彦
崎 山 和 隆
木 村 建 治
吉 川 元 清*

要 旨

本報告は、コンクリート表層部の耐久性向上を目的として開発した脱水・脱気型枠（ドライフォーム）を転用し、打設したコンクリートの耐久性確認試験の結果について述べたものである。今回の実験から、ドライフォームを4回転用（5回使用）施工して作成したコンクリートの各試験体とも、耐久性が十分向上していることが確認された。

キーワード

ドライフォーム／脱水脱気型枠／耐久性／余剰水／中性化／塩分浸透／凍結融解／セメント量分布／細孔径分布／転用施工

目 次

1. はじめに
2. 試験概要
3. 試験項目・試験方法
4. 試験結果および考察
5. ま と め

5. EFFECT OF REPEATED EXCESS WATER AND AIR PERMEABLE (DRY FORM) ON CONCRETE DURABILITY

Seiichiro Ishihara
Kazuhiko Tatematsu
Kazutaka Sakiyama
Kenji Kimura
Motokiyo Yoshikawa*

Abstract

This report describes durability test results for concrete used in construction. We tested each type of concrete with Dry Form that was developed to improve the durability of the concrete surface. If Dry Form was applied five times, significant improvement in durability was confirmed.

* 大阪本店 土木部 技術企画課

1. はじめに

当社では、コンクリートの耐久性向上技術の1つとして、脱水・脱気型枠「ドライフォーム工法」の研究・開発を行ってきたが、当工法による普通コンクリートおよび高強度コンクリートの耐久性性能確認実験の結果については、すでに技術研究所報¹⁾、²⁾ およびコンクリート工学年次論文³⁾において報告した。

これらの実験結果から、普通コンクリートおよび高強度コンクリートともドライフォームを用いることにより、コンクリート表層部の耐久性が大きく向上することが確認された。

本報告は、これらの研究に引き続き、ドライフォームを転用施工することにより、普通コンクリートの耐久性性能がどのように変化するかを確認するために行った施工実験の結果について述べたものである。

なお、本実験は建設省近畿地方建設局近畿技術事務所と共同で行ったものである。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

コンクリートは、呼び強度 210、スランプ8 cmのレデミクストコンクリートを使用した。セメントは高炉B種セメントとした。なお、コンクリートの打設が冬期であることおよび材令4日でコアを採取するため、混和材料として無塩化タイプのAE減水剤（促進形）を使用した。そのコンクリート配合表を表-1に示す。

表-1 コンクリート配合表

コンクリート 呼び名	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/A (%)	単位量 (kg/m ³)				水和剤 (kg/m ³)
					セメント C	水 W	細骨材 S	粗骨材 G	
210-S-20-BB	8	4	59	45.1	280	165	812	1034	2.8

注 1) 使用材料 セメント：日本セメント㈱製高炉セメントB種

水：地下水

細骨材：京都府城陽産山砂

粗骨材：大阪府高槻産砕石

水和剤：日曹マスタービルダーズ㈱製AE減水剤促進形1種(商品名:ゴノリスNo.75)

2) コンクリートは、枚方板井生コン株式会社が生産したものである。

2.2 試験体

ドライフォームを転用使用しても、コンクリートの耐久性に問題がないかどうかを確認するため、まず、試験体を1体作成し、順次ドライフォームを転用させながら計5体の試験体を作成した。試験体は、いずれも高さ1.2m、全長5mの片面鉛直、片面3分勾配のコンクリート擁壁であるが、別に比較用として長さ2.5mの普通型枠を使用した試験体1本を作成した。

図-1にその試験体の配置図、記号、寸法およびその施工順序、打設日を示す。

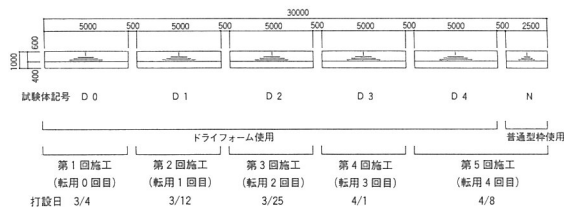


図-1 施工順序および試験体記号

1) ドライフォーム使用試験体（試験体記号D0～D4）

図-2に試験体の型枠組立図を示す。A面（傾斜面）、B面（鉛直面）とも、せき板にはアクリル系樹脂塗装合板（厚さ12mm）を用い、コンクリートに接する面には透水マット（商品名ウィンロックJ-50）を貼り付けた。透水マットから出る余剰水を排出するため、型枠面に10cmピッチでφ9mmの穴を削孔し、その下に水を回収するための排水受を設けた。

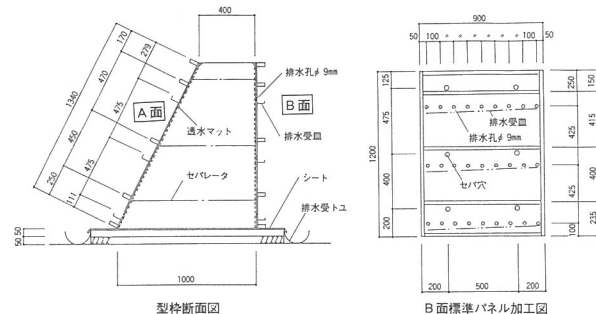


図-2 ドライフォーム使用試験体の型枠組立図

2) 普通型枠使用試験体（試験体記号 N）

せき板にはアクリル系樹脂塗装合板（厚さ12mm）を使用した。型枠形状は、ドライフォーム試験体と全く同じであるが、排水用の穴は設けていない。

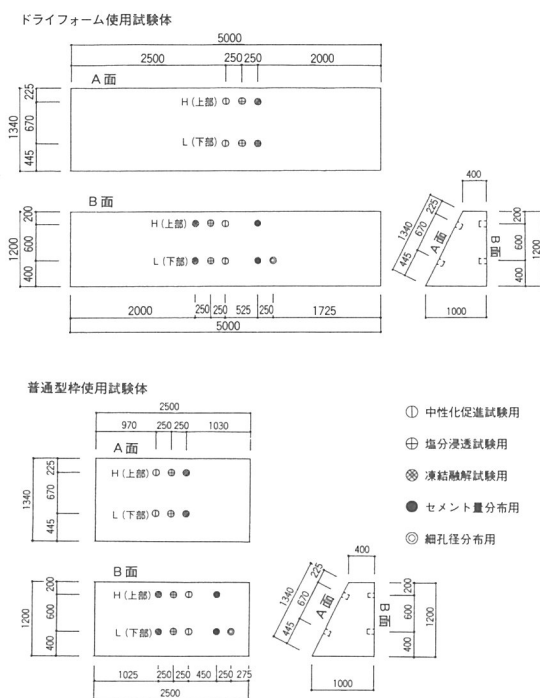
2.3 コンクリート打設方法および脱型

コンクリートは高さ40cmごとに3層に分け、アジテータ車から直接型枠内に打ち込んだ。棒状バイブレータ（φ40mm、12000vpm）を2台使用し、各層ごとにコンクリートの締め固めを十分に行った。

ドライフォーム使用試験体、普通型枠使用試験体とも、コンクリートの打設後、保温マットと養生シートによって試験体を養生し、材令4日で脱型した。

2.4 コンクリートコア供試体

各試験体（D0～D4，N）共、コンクリートの材令が26日～27日たった時点で、A面とB面の図－3に示す位置で、直径10cmのコンクリートコア供試体を採取した。促進中性化試験、促進塩分浸透性試験および凍結融解に対する抵抗性試験に供する供試体については、試験型枠面を除く各面をエポキシ樹脂系塗料により被覆した。セメント量分布および細孔径分布の測定試験に供する供試体については、試験開始まで、温度20℃、相対湿度60％の恒温恒湿室内に静置した。



図－3 コンクリートコア採取位置

3. 試験項目・試験方法

試験項目の一覧表を表－2に示す。

以下、その試験方法について詳述する。

3.1 フレッシュコンクリートの性状試験

コンクリートの荷卸し時に、JISの試験方法に準じて、フレッシュコンクリートの性状（スランプ・空気量・コンクリート温度）試験を実施した。また、同時に圧縮強度試験用のテストピースも作成した。

表－2 試験項目

試験項目	試験材令	養生方法	備考
打設時の試験			
スランプ、空気量 コンクリート温度	（打設時）	——	——
脱水量	（打設時）	——	——
打設後の試験			
アバタ率	型枠脱型後	——	——
シリンダー強度	4，28日	標準養生（28日） 気中養生（4.28日）	φ10×20cm 計9本（各回）
表面強度	4，28日	（気中養生）	——
中性化深さ	促進中性化開始後 4ヶ月	20℃、60％RH、 CO ₂ ：5％	φ10×10cm
塩分浸透深さ	乾燥・塩分浸漬開始後 3ヶ月	50℃で乾燥3日、 20℃で塩水浸漬4日 の7日を1サイクル	φ10×10cm
凍結融解 抵抗性	300サイクル	－18℃→5℃→ －18℃を1サイクル 1サイクル3～4時間	φ10×10cm
細孔径分布	（材令27日でコア採取）	（気中養生）	φ10×15cm
セメント量分布	（材令27日でコア採取）	（気中養生）	φ10×15cm
透水マットの 透気量・ 透水係数	（転用時にマットの一 部を切り取る）	——	φ10cm

3.2 脱水量の測定

脱水量を測定するため、ドライフォーム使用試験体（D0～D4）については、上部、中央それぞれの排水孔からの脱水量と、下部の排水孔と型枠足元からの合計脱水量を測定した。普通型枠使用試験体については、型枠足元からの漏水量だけを測定した。測定は第1層目のコンクリート打設終了後、15分毎に脱水が終了するまで行った。

3.3 アバタ率の測定

型枠脱型後、図－4に示すA面（傾斜面）、B面（鉛直面）のH・M・Lの位置（左右2カ所ずつ、1体について2面×6＝計12カ所）で、20cm四方の中に存在するアバタの総面積を求め、下記の式によりアバタ率を算出した。アバタの面積は透明な用紙に表面のアバタを写し取って計算した。ただし、アバタの長辺が1mm以下のものは除外した。なお、アバタ率は左右2カ所のアバタ率を平均した値を採用した。

$$\text{アバタ率} [\%] = \frac{\text{アバタの総面積}}{\text{測定面積} (20 \times 20 \text{cm})} \times 100$$

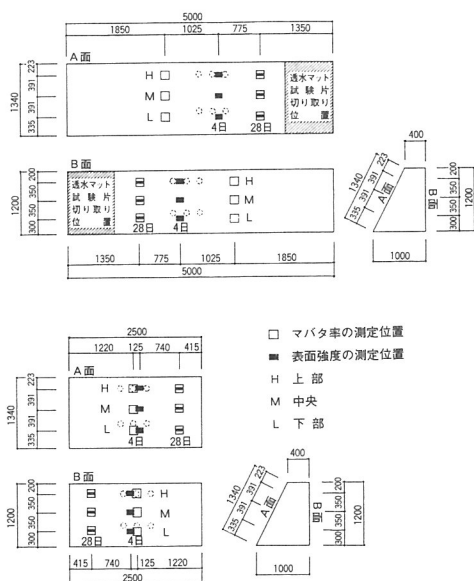


図-4 アバタ率および表面強度の測定実施位置

3.4 シリンダー強度

各試験体（N,D0～D4の計5体）の荷卸し時に作成したシリンダー供試体（φ10×20cm）を用いて、打設したコンクリートの強度増進の確認を行った。試験材令は4日、28日とし、養生は標準水中養生および現場気中養生とした。表-3にその一覧を示す。

表-3 シリンダー強度試験用テストピース一覧

材令	4日	28日	計
標準水中養生	—	3本×5体	15
現場気中養生	3本×5体	3本×5体	30
計	15	30	45

3.5 表面強度の推定

ドライフォーム使用試験体と普通型枠使用試験体とも、図-4に示す位置で、材令4日と28日にシュミットハンマーを用いて試験を行い、表面強度を推定した。測定範囲は原則として12cm×9cmの大きさとし、打撃点は20カ所とした。試験体のA面ではNR型のシュミットハンマーを用い、B面ではP型のシュミットハンマーを用いた。

なお、それぞれの表面強度の推定式を以下に示す。

$$P型：F = 7.39 \times R_0 - 66.7 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

（日本材料学会提案式、垂直面打撃の場合）

$$NR型：F = -184 + 13 \times R_0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

（日本材料学会の推定式による）

F：表面強度の推定値

R₀：反発度

3.6 促進中性化試験

試験は、温度20℃、湿度60%、CO₂濃度5%の環境条件下に供試体を4ヵ月間（17週）静置し、中性化を促進させ、中性化終了後に供試体を割裂した。その破断面にフェノールフタレイン1%アルコール溶液を噴霧し、中性化深さをノギスで10点測定し、その平均値を中性化深さとした。なお、測定点に粗骨材がある時は、上下の中性化部分を直線で結んで求めた。

3.7 促進塩分浸透性試験

試験は、コア供試体を試験開始前48時間、温度20℃の標準水中養生した後、塩水浸漬4日間（塩化ナトリウム3%水溶液、溶液温度：20℃）、乾燥3日間（空気浴温度：50℃）を繰り返す、塩分の浸透を促進し、浸漬乾燥繰り返し13サイクル終了時に、供試体を切断した。ドライフォームおよび普通型枠を使用したそれぞれのコンクリート表面から、深さ方向に、0～5mm、5～10mm、10～15mm、15～30mm、30～50mmと中央部（50～100mm）の各層毎のコンクリート中の塩分をイオンクロマトグラフ法により分析した。

塩分の抽出は、コンクリートを温度105～110℃の空気浴中で24時間乾燥し、74μmふるい全通まで粉碎し、その中から約2gを計量し、これに水200ccを加え温度50℃で30分間攪拌する方法によった。

3.8 凍結融解に対する抵抗性試験

コア供試体を凍結融解試験開始前に20℃の水中で2日間養生し吸水させた後、JIS A 6204 附属書2「コンクリートの凍結融解試験方法」に準じて300サイクルまで繰り返し、供試体の質量変化および試験型枠面の表面状況の観察を行った。

3.9 細孔径分布の測定試験

供試体は、試験体D0,D2,D4,N（計4体）から材令27日に図-3に示す位置で採取（φ10×15cm）した。試験は、水銀圧入式ポロシメーターを用いて、ドライフォームおよび普通型枠使用コンクリートの表面から深さ方向に0～10mm、10～30mm、30～50mm、50～100

mmの各層毎の細孔径分布を測定した。

測定用試料は、コンクリート材令30日時に採取し、アセトンを用いて水和反応を停止させた後、24時間減圧乾燥し（圧力 $5 \times 10^{-3} \text{ kgf/cm}^2$ ）、試験に供した。

3.10 セメント量分布の測定試験

試験は、セメント協会・コンクリート専門委員会報告 F-18（硬化コンクリートの配合推定のための化学分析方法）に準じて、ドライフォームおよび普通型枠使用コンクリートの表面から深さ方向に0～10mm、10～30mm、30～50mm、50～100mmおよび100～150mmの各層毎のセメント量を測定した。

なお、供試体コンクリートに使用されている粗骨材中にはカルサイト(CaCO_3)が混在しているので、同協会法による酸化カルシウム量からセメント量を推定する手法では、大きな誤差を生じるものと判断し、本試験では、二酸化けい素量よりセメント量の推定を行った。

3.11 転用したマットの通気量および透水係数

型枠を転用するごとに、図-4および図-5に示した位置で透水マットの試験片（ $\phi 10 \text{ cm}$ ）を転用ごとに3枚ずつ切り取った（1枚で、通気量と透水係数の2項目を測定する）。切り取った跡は、新しいマットを貼りつけて補修した。なお、初回（番号0に相当する）の試験片は、型枠製作時にあらかじめ切り取っておいた。

通気量の測定は、JIS L 1096に規定するA法によって行い、各試験片を通過する空気量 [$\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$] を求めた。

透水係数の測定は、JIS A 1218に規定する定水位透水試験によって行い、各試験片の透水係数 [cm/sec] を求めた。

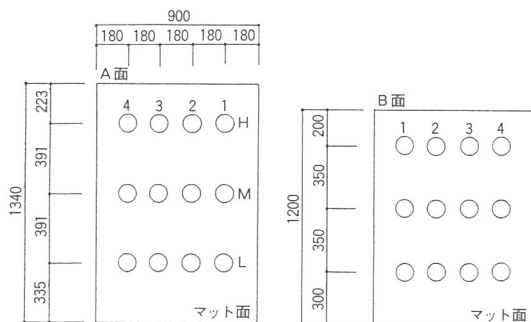


図-5 透水マットの試験片切り取り位置

4. 試験結果および考察

4.1 フレッシュコンクリートの性状試験

各試験体に使用したフレッシュコンクリートの荷卸し時の性状を表-4に、コンクリートの試験体への打設状況を写真-1に示す。

表-4 フレッシュコンクリートの試験結果

	D 0	D 1	D 2	D 3	D4,N
打 設 日	3/4	3/12	3/25	4/1	4/8
スランプ (cm)	8.5	8.1	7.8	9.3	6.5
空気量 (%)	3.8	4.7	4.3	4.6	4.3
コンクリート温度 (°C)	10	11	13	12	19



写真-1 コンクリートの打設状況

4.2 脱水量の測定

各試験体（D0～D4,N）における脱水量および単位面積当たりの脱水量の比較を図-6、図-7に、各試験体の脱水量（N試験体の足元からの漏水量はD4試験体の図に示した）の経時変化を図-8に示す。

A面とB面とも試験体D0～D3については総脱水量にあまり変化はみられないが、D4については総脱水量に減少がみられた。

単位面積当たりの脱水量を比較すると、A面の脱水量はB面の脱水量に比べ、D0では多くなっているが、D1試験体以降は逆に少なくなっている。

また、各試験体の脱水量の経時変化をみると、D1試験体以降は上部(H)・中央(M)からの脱水がかなり少なくなり、下部(L)（なお、下部の排水孔からの脱水はほとんどなく、型枠足元からの脱水が主であった）からの脱水が総脱水量に占める割合が高くなっている。

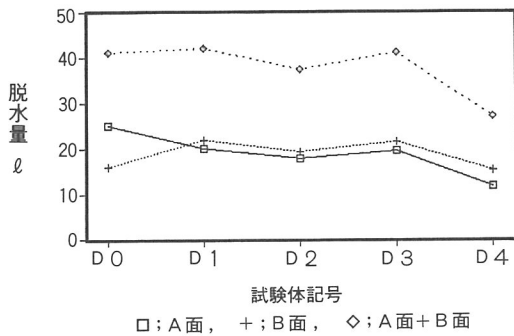


図-6 転用ごとの脱水量比較

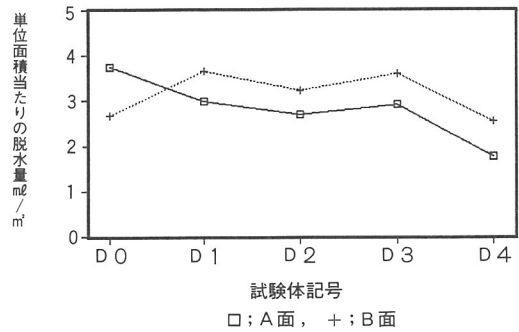


図-7 転用ごとの単位面積当たりの脱水量比較

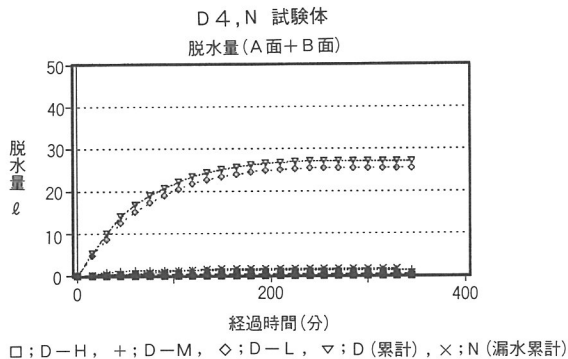
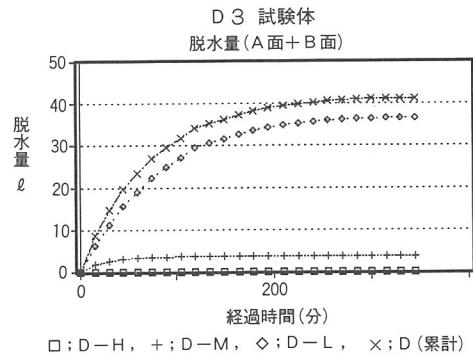
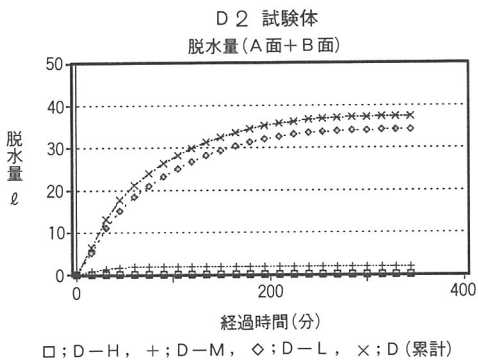
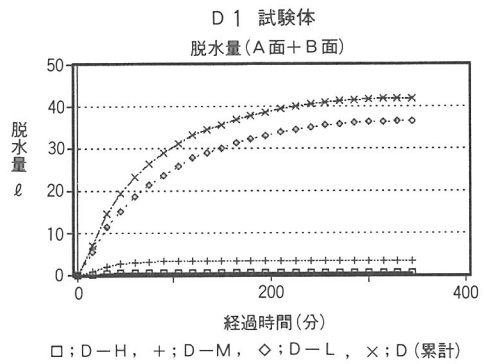
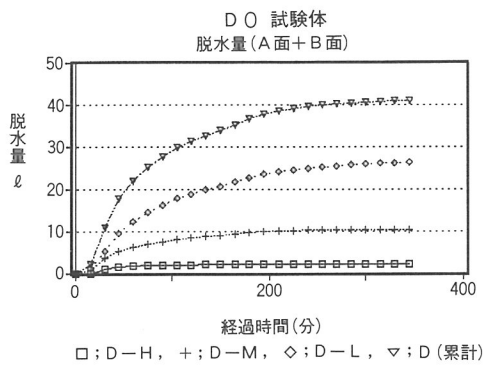


図-8 各試験体の脱水量の経時変化

4.3 アバタ率の測定

A面とB面の部位別アバタ率の測定結果を図-9および図-10に示す。

ドライフォームを使用したコンクリート表面では、型枠転用0～4回（使用5回）のいずれの場合も試験体の上部にわずかのアバタが見られただけであり、普通型枠を使用したコンクリート表面に比べると相当少なかった。ドライフォームの使用により、特に傾斜面においてはコンクリート表面のアバタ率を大幅に低減できることが分かった。

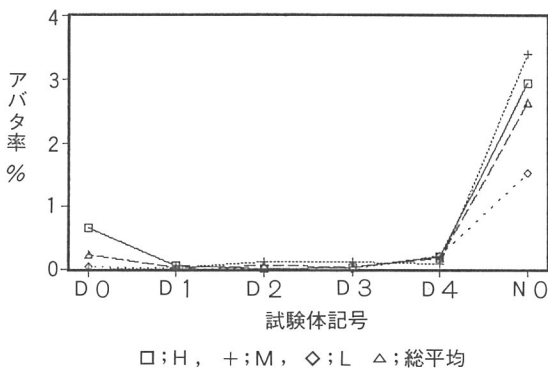


図-9 A面（傾斜面）の部位別アバタ率の測定結果

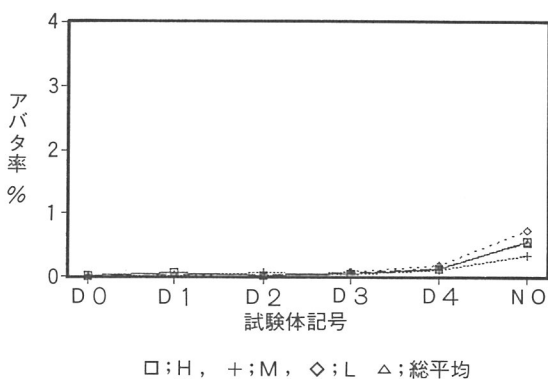
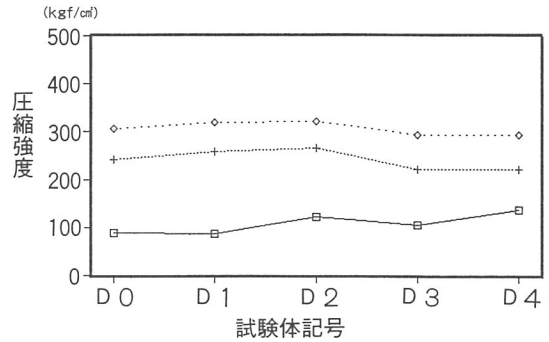


図-10 B面（鉛直面）の部位別アバタ率の測定結果

4.4 シリンダー強度

各試験体に使用したコンクリートの現場気中養生（材令4、28日）と標準水中養生（材令28日）のシリンダー強度試験の結果を図-11に示す。



□ 現場気中(4日) + 現場気中(28日) ◇ 標準水中(28日)

図-11 圧縮強度（シリンダー強度）試験結果

4.5 表面強度

各試験体のA面、B面の材令4日、28日のシュミットハンマーによる表面強度の推定結果を図-12～図-13に示す。

ドライフォーム使用試験体の表面強度は普通型枠使用試験体より大きく、多少のばらつきはあるものの材令4日でA、B面とも約2倍、材令28日でA面は平均約1.35倍、B面は平均約1.56倍であった。これはドライフォームの使用による脱水効果のため、表層部のコンクリートの水セメント比が小さくなり、緻密化したことによるものと考えられる。ただし試験型枠の上部(H)が、中央(M)、下部(L)に比べ10%～20%程度表面強度の発現が小さいのは、上部が中・下部にくらべ型枠への側圧が小さく、中・下部のコンクリートからの脱水量が少ないためと考えられる。

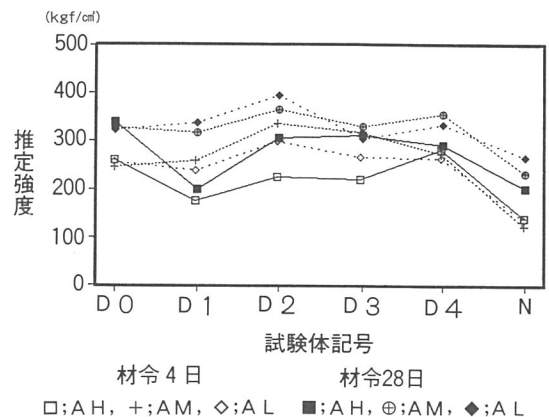


図-12 A面（傾斜面）の材令4日・28日の表面強度推定結果

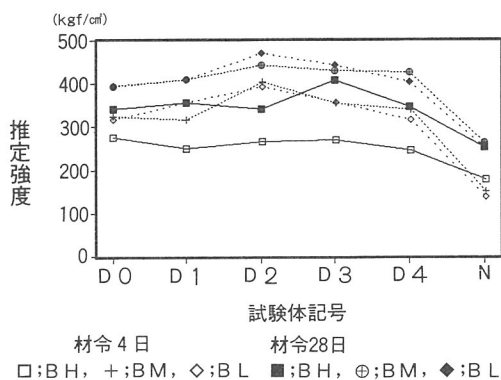


図-13 B面（鉛直面）の材令4日・28日の
表面強度推定結果

4.6 促進中性化試験

促進中性化試験の結果を図-14に示す。

ドライフォーム使用試験体において、供試体の採取面〔A面とB面〕を比較した場合、試験体の傾斜面から採取した供試体(A-H, A-L)の中性化深さは、試験体の鉛直面から採取した供試体(B-H, B-L)の中性化深さをやや上回る傾向にあった。また、供試体の採取位置(A-HとA-L, B-HとB-L)を比較した場合、試験体の上部から採取した供試体(A-H, B-H)の中性化深さは、試験体の下部から採取した供試体(A-L, B-L)の中性化深さをやや上回る傾向にあった。

普通型枠使用試験体においては、供試体の採取面あるいは採取位置の相違と中性化深さとの関係は明確でなかった。

ドライフォーム使用試験体の中性化深さは、普通型枠使用試験体に比べ、型枠転用0～4回のいずれの場合も約 $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{2}$ 以下であった。

以上のことからドライフォームを用いた場合には、普通型枠に比べ型枠転用0～4回のいずれの場合も、中性化に対する抵抗性能が向上する事が確認された。

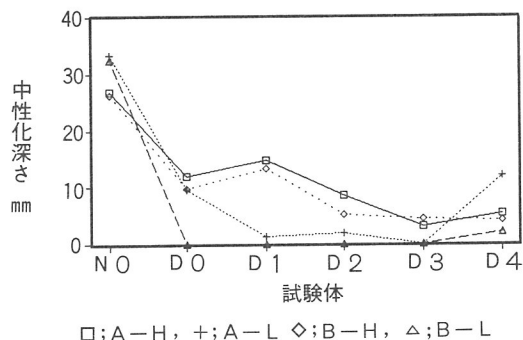


図-14 転用ごとの中性化深さの比較

4.7 促進塩分浸透性試験

促進塩分浸透性試験の結果のうち、各採取位置における転用ごとの塩分浸透量を比較した結果を図-15に、各試験体 (D0～D4, N) ごとの塩分浸透量の結果を図-16にそれぞれ示す。

ドライフォーム使用試験体の塩分浸透量は、型枠転用0～4回のいずれの場合も、試験型枠面からの深さ0～5mmの表層部が大きく、5～10mm, 10～15mmと試験型枠面からの深さが大きくなるに伴い、浸透した塩分量は急激に小さくなる傾向を示し、試験型枠面からの深さが30～50mm層 (RC構造物の鉄筋位置に相当) では、ごくわずかに塩分が確認される程度であった。

供試体の採取面〔A面とB面〕を比較した場合、試験体の傾斜面から採取した供試体(A-H, A-L)の塩分浸透量は、試験体の鉛直面から採取した供試体(B-H, B-L)の塩分浸透量と、同等かやや上回る傾向にあった。また、供試体の採取位置(A-HとA-L, B-HとB-L)を比較した場合、試験体の上部から採取した供試体(A-H, B-H)の塩分浸透量は、試験体の下部から採取した供試体(A-L, B-L)の塩分浸透量をやや上回る傾向にあった。

普通型枠使用試験体の塩分浸透量は、試験型枠面からの5～10mmおよび10～15mmの層の塩分量が、深さ0～5mmの表層部に比べ、同等かやや大きくなる傾向にあり、15～30mm, 30～50mmと試験型枠面からの深さが大きくなるに伴い、浸透した塩分量は次第に小さくなり、試験型枠面からの深さが30～50mm層では、0.02～0.15%の塩分量が浸透した。なお、供試体の採取面あるいは採取位置の相違と塩分浸透量との関係は、明確でなかった。

ドライフォーム使用試験体は、普通型枠使用試験体に比べ、型枠転用0～4回の、いずれの場合の塩分浸透量も試験型枠面からの深さ10～15mm, 15～30mmおよび30～50mmの各層で大きく減少し、供試体全体の平均塩分浸透量は、普通型枠を用いた場合の約 $\frac{1}{2}$ 程度以下であった。

以上から、ドライフォームを用いた場合には、普通型枠を用いた場合に比べ、型枠転用0～4回いずれの場合も、塩分浸透に対する抵抗性能が大きく向上する事が確認された。

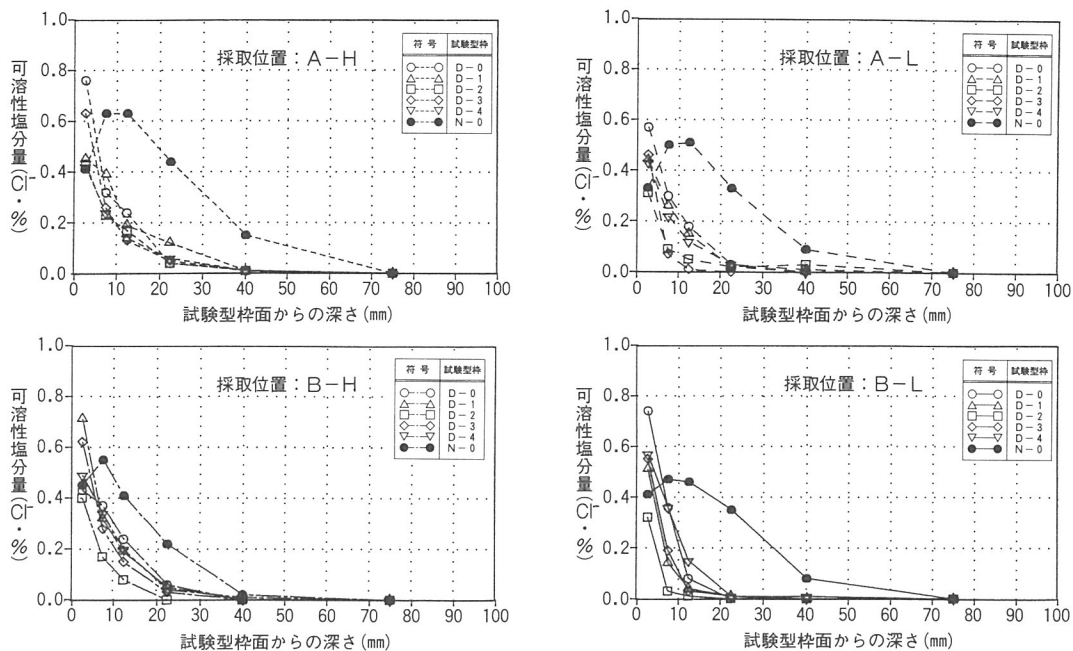


図-15 各採取位置における転用ごとの塩分浸透量

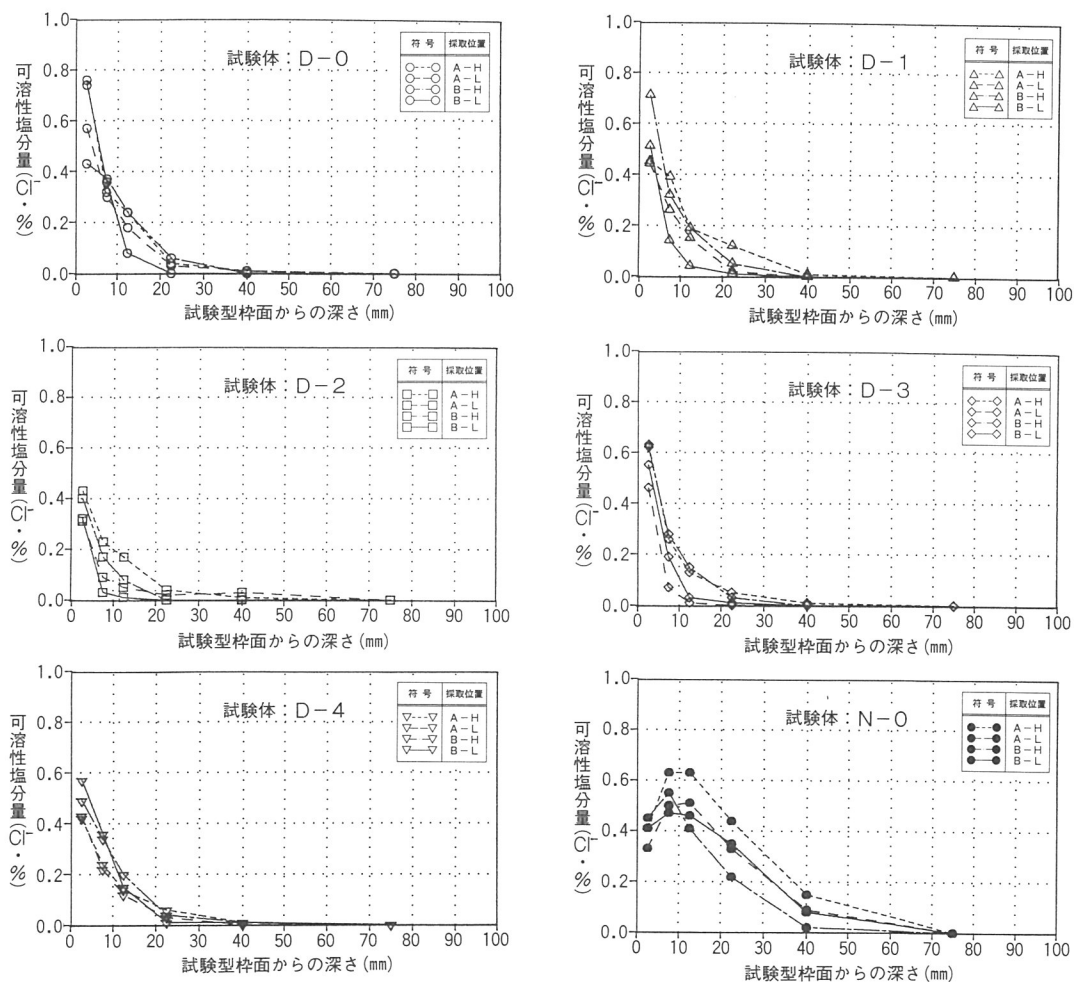


図-16 各試験体ごとの塩分浸透量

4.8 凍結融解に対する抵抗性試験

凍結融解に対する抵抗性試験の結果のうち、各採取位置における転用ごとの質量変化率と凍結融解サイクル数の関係を図-17に、各試験体の質量変化率と凍結融解サイクル数の関係を図-18に示す。

ドライフォーム使用試験体の質量変化率は、型枠転用0～4回のいずれの場合にも、凍結融解サイクル数が進むに従って、徐々に増加する傾向にあり、供試体の採取位置(A-HとA-L, B-HとB-L)を比較した場合、試験体の上部から採取した供試体(A-H, B-H)の質量増加率は、試験体の下部から採取した供試体(A-L, B-L)の質量増加率を、やや上回る傾向にあるが、供試体の採取面〔A面, B面〕の違いは、質量変化率にあまり関与しなかった。また、供試体の表面状況観察の結果、転用3回目のドライフォーム使用試験体(D3)の傾斜面上部から採取した供試体の表面に部分的な剥落が観察されたものの、ドライフォームを用いたその他の供試体は、試験当初の表面状況をほぼ維持していた。

普通型枠使用試験体の質量変化は、初期段階では質量の増減はなかったが、試験体の傾斜面から採取した供試体(A-H, A-L)が凍結融解30サイクル以降、試験体の鉛直面から採取した供試体(B-H, B-L)が凍結融解150サイクル以降に、それぞれ減少傾向に転じ、試験終了時の質量減少率は、傾斜面から採取した供試体が鉛直面から採取した供試体に比べ、上部位置から採取した供試体が下部位置から採取した供試体に比べて、それぞれ大きくなった。また、供試体の表面状況観察の結果、表面層の剥落時期に多少の差異はあるが、試験終了時には全ての供試体の表面層が剥落し、粗骨材表面が露出した。

以上のことから、ドライフォームを用いた場合には、普通型枠を用いた場合に比べ、型枠転用0～4回のいずれの場合も、凍結融解に対する抵抗性能が向上したといえる。

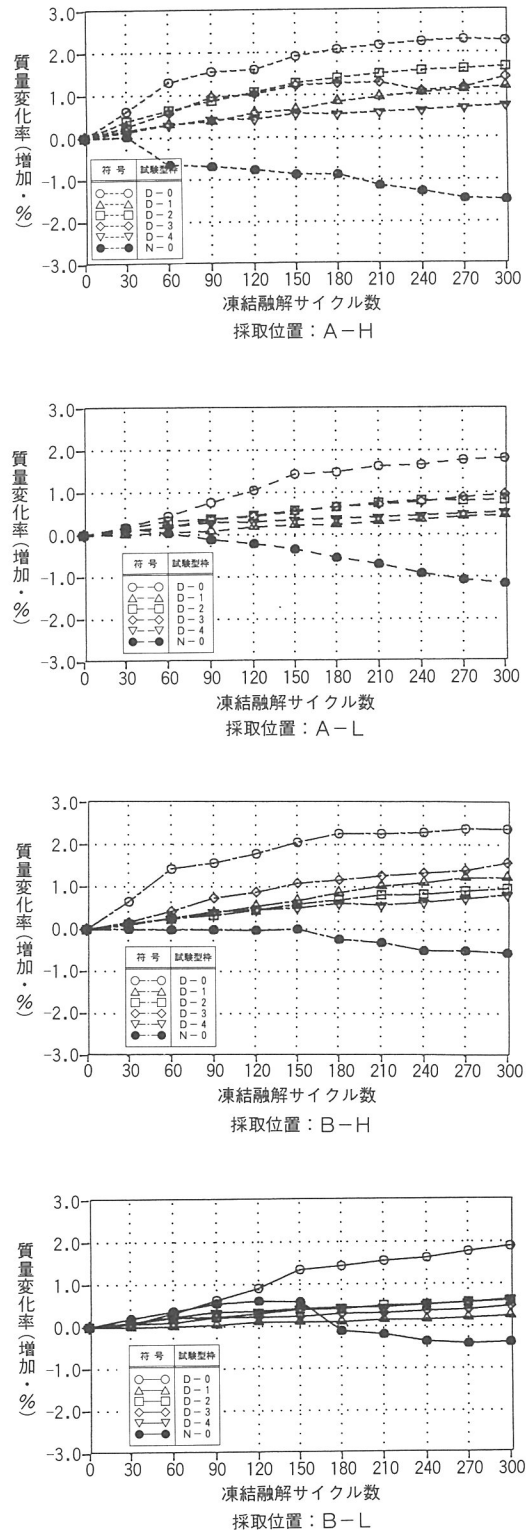


図-17 各採取位置における転用ごとの質量変化率と凍結融解サイクル数の関係

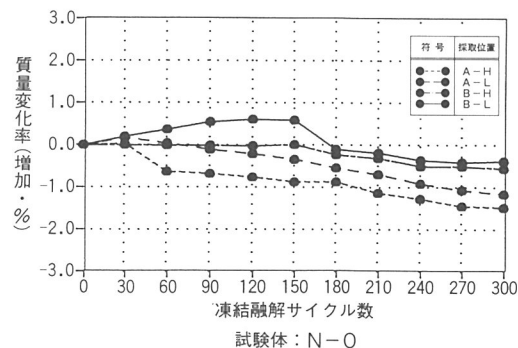
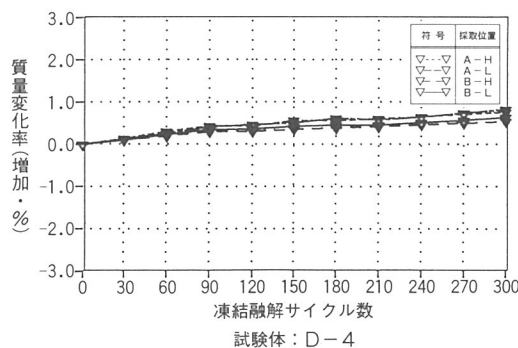
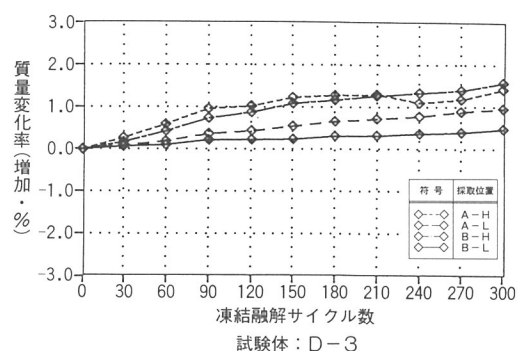
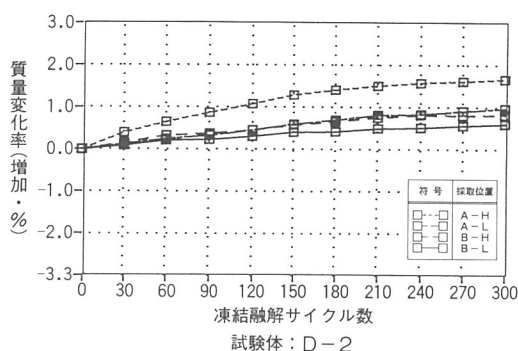
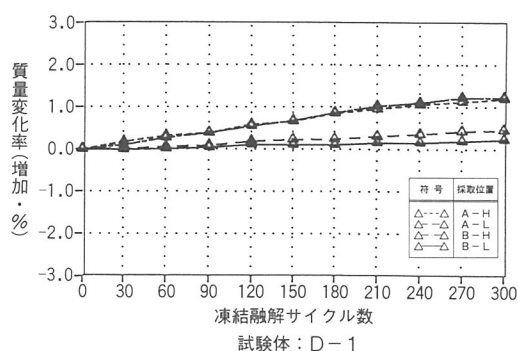
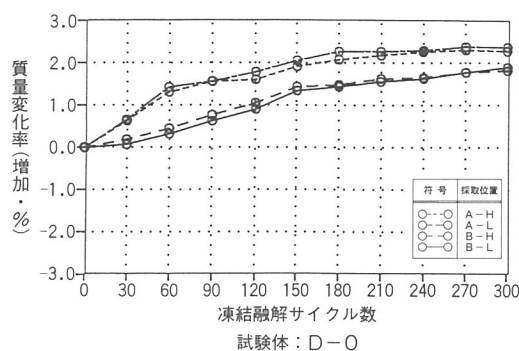


図-18 各試験体の質量変化率と凍結融解サイクル数の関係

4.9 細孔径分布の測定試験

細孔径分布の測定結果のうち、各測定深さにおける転用ごとの細孔径分布比較(試験体D0, D2, D4, Nのみ測定)を図-19に、各試験体の細孔径分布を図-20にそれぞれ示す。

ドライフォーム使用試験体の細孔径分布は、普通型枠使用試験体に比べ、D0, D2 およびD4のいずれの試験体においても、細孔半径1850~75000Åの比較的大

きな空隙量が減少する傾向にあり、型枠面に近い表層部ほど、その減少量が大きくなる傾向になることから、ドライフォームを使用したコンクリートの型枠面に近い表層部ほど組織が緻密化していることが確認された。

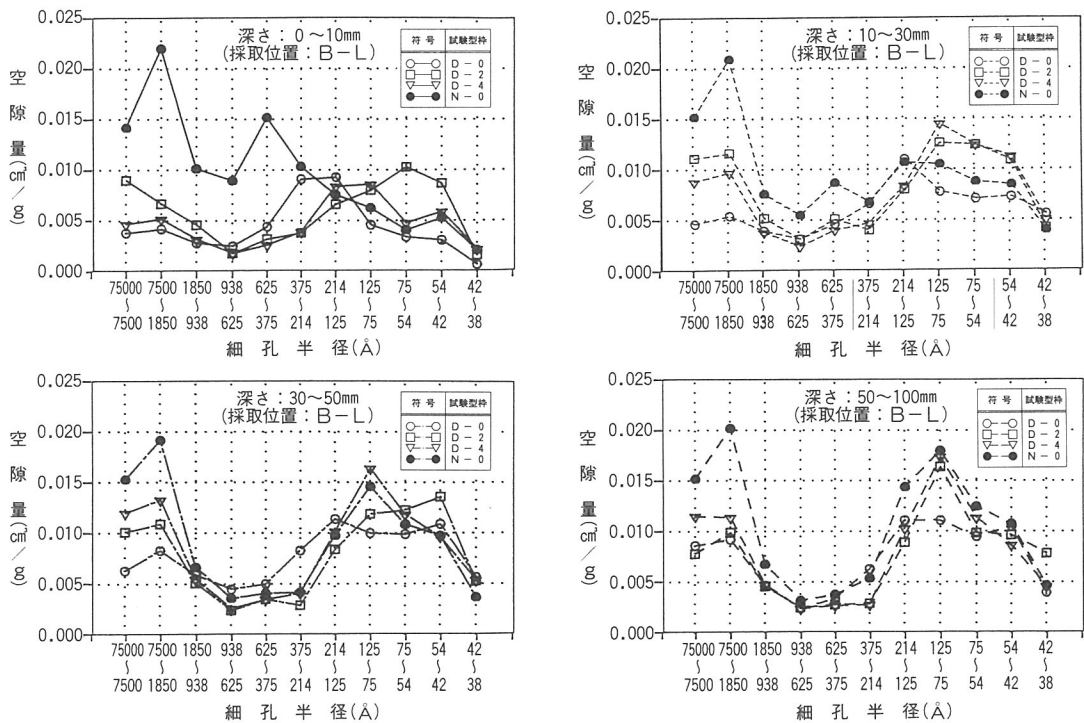


図-19 各測定深さにおける転用ごとの細孔径分布比較
(試験体D0,D2,D4,Nのみ測定)

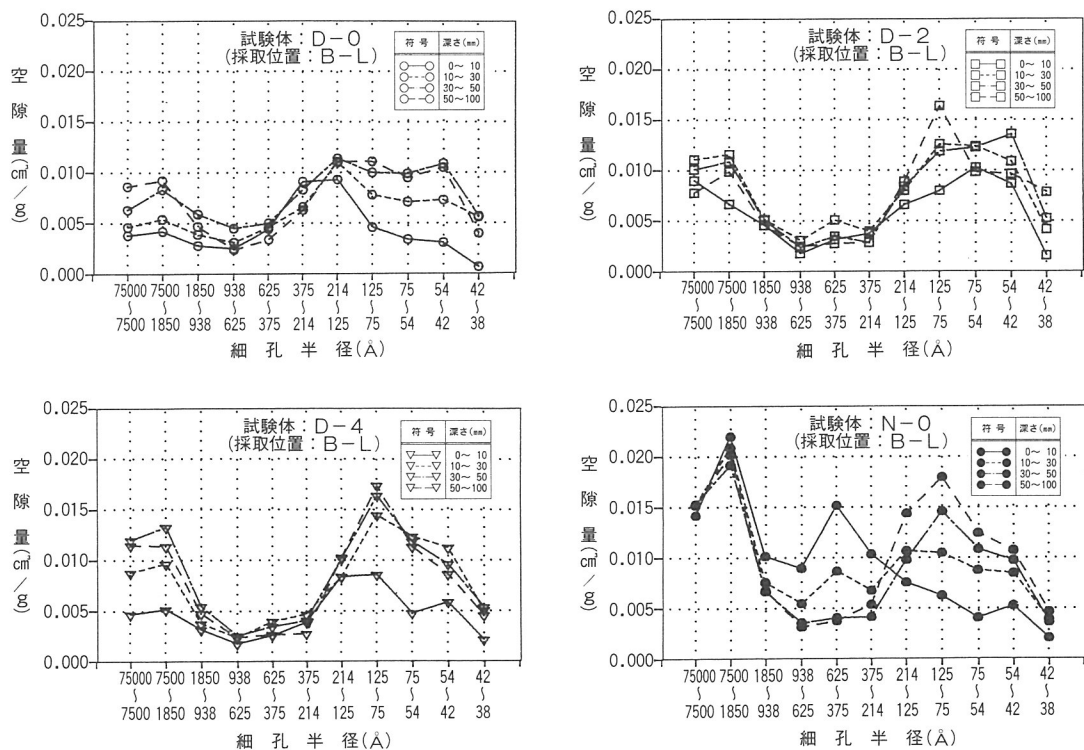


図-20 各試験体の細孔径分布

4.10 セメント量分布の測定試験

セメント量分布の測定結果のうち、各採取位置における転用ごとのセメント量分布比較を図-21に、各試験体のセメント量分布を図-22にそれぞれ示す。

ドライフォーム使用試験体のセメント推定量は、型枠転用0～4回のいずれの場合も試験型枠面からの深さ0～10mmの表層部が、供試体内部（深さ50～150mm）に比べ、大きくなる傾向を示し、供試体内部セメント推定量（深さ50～100mm と100～150mm の各層の平均セメント推定量）の約20～90%の増加率となった。

普通型枠使用試験体の、供試体の深さ方向に対する

セメント量の分布には明確な傾向は見あたらなかった。

ドライフォームを用いた場合には、普通型枠に比べ、型枠転用0～4回のいずれの場合も、深さ0～10mmの表層部の推定セメント量の増大傾向が明らかにみられ、ドライフォームを用いた場合には、型枠転用0～4回のいずれの場合も、型枠面からの深さ0～10mmの表層部がセメント分の豊富な層となることが確認された。

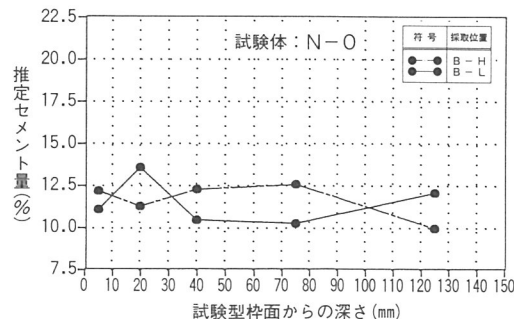
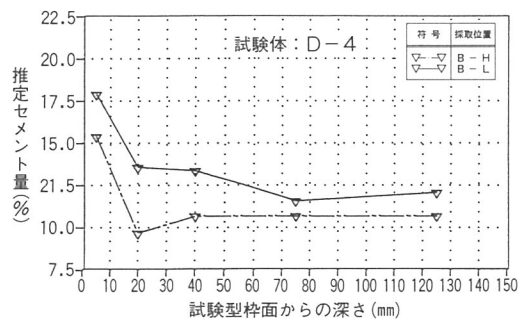
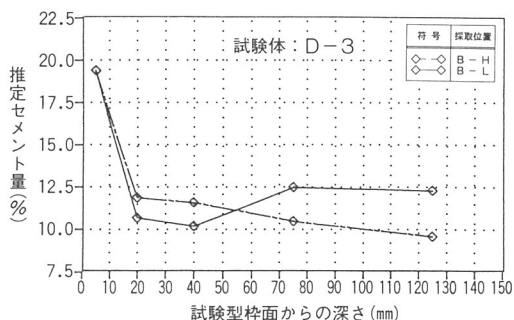
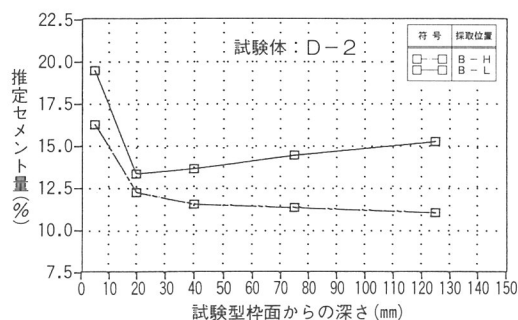
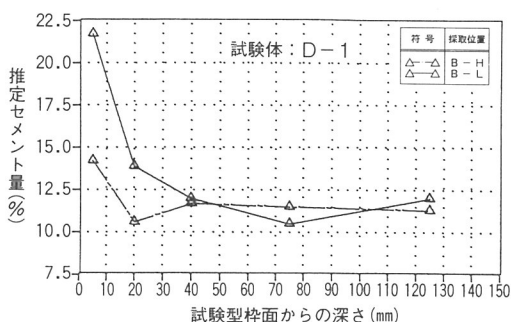
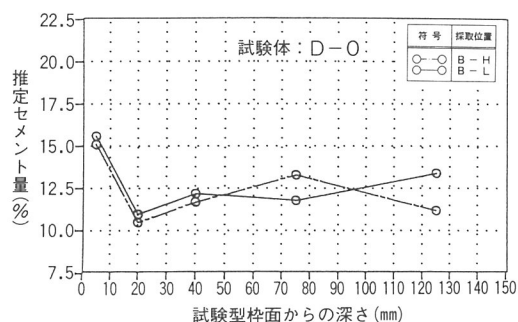


図-21 各試験体のセメント量分布

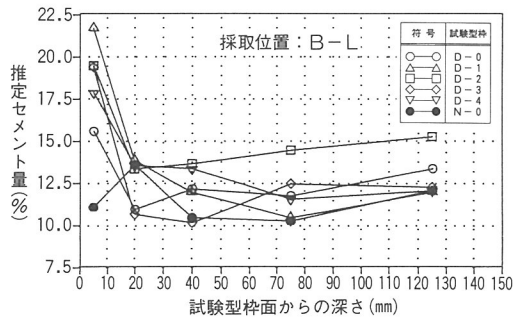
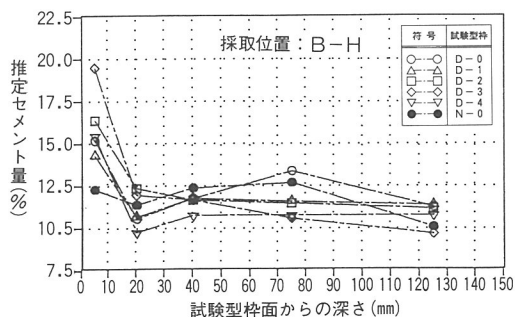


図-22 各採取位置における転用ごとのセメント量分布

4.11 転用したマットの通気量および透水係数

各試験体の型枠の転用に際して採取した透水マットの試験片の通気量と透水係数の測定結果を図-23、および図-24に示す。

透水性マットの通気量は転用により減少する傾向にあり、D2試験体以降は0.4 程度ではば一定しているが、透水係数は転用により増加する傾向を示した。

転用が進むにつれ、通気量は少なくなっているが、アバタ率との関係でとらえてみると、4 回転用（D4試験体）でも特に問題はなく、傾斜面・鉛直面とも普通型枠より大幅にアバタの発生を減らすことができた。

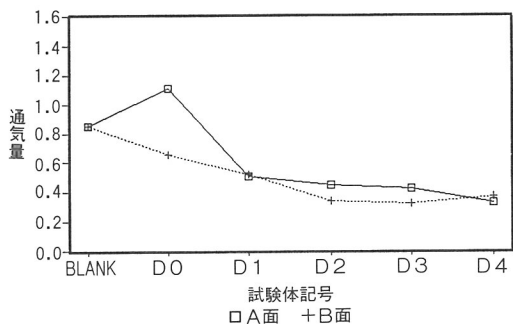


図-23 マットの転用ごとの通気量の測定結果

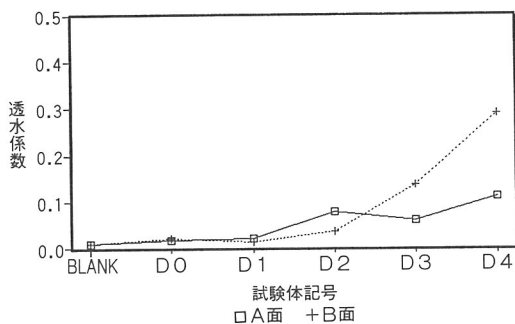


図-24 マットの転用ごとの透水係数の測定結果

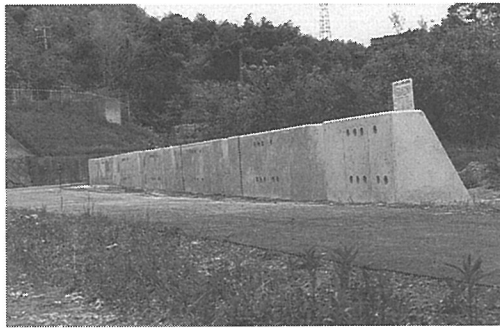


写真-2 試験体の全景

5. まとめ

本研究から以下の事が確認された。

- (1) 細孔径分布およびセメント量分布の測定結果より明らかなように、ドライフォームの脱水・脱気作用によってコンクリート表層部はセメント分が豊富になり、より緻密化された層が形成されるため、コンクリート表面からの中性化および塩分浸透が普通型枠を使用した場合に比べ $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 以下に抑制され、また凍結融解抵抗についてもその性能が大幅に向上することが確認された。
- (2) ドライフォームを使用した場合、コンクリート表層部の耐久性能の向上は、試験体の上部位置にくらべ下部位置が、傾斜面にくらべ鉛直面が、それぞれ大きかった。
- (3) ドライフォームを4回転用（5回使用）施工しても、いずれの試験体とも、普通型枠を使用した場合に比べ大きなばらつきもなく、耐久性能が大きく向上していることが確認された。

謝辞

本研究を行うにあたり、施工実験の指導・管理をいただいた建設省近畿地方建設局近畿技術事務所材料試験課の方々、および各耐久性試験の指導をいただいた(株)日本建築総合試験所の材料試験室の方々に深く感謝するとともに、御協力いただいた J. C. コンポジット株式会社、および当社大阪本店土木部技術企画課の各位に対してお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 石原誠一郎・木村建治 他：
脱水・脱気型枠（ドライフォーム）による高強度コンクリートの耐久性に関する研究
浅沼組技術研究所報創刊号 pp102～108,1989
- 2) 石原誠一郎・木村建治・立松和彦：
脱水・脱気型枠（ドライフォーム）による高強度コンクリートの耐久性に関する研究（その2）、
浅沼組技術研究所報 No.2 pp30～35,1990
- 3) 石原誠一郎・立松和彦：
脱水・脱気型枠によるコンクリート表層部の耐久性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集 Vol.13, No.1 pp561～566, 1991