

平成22年度（財）港湾空港建設技術サービス センター研究開発助成報告書

助成番号：平成23年1月28日付 第10—5号

研究開発項目：（番号）⑧公共施設の維持・管理に関するもの

コンクリート構造物の施工時初期欠陥 の対策技術の開発

平成24年4月30日

早稲田大学創造理工学部社会環境工学科

清宮 理

1 章 打継処理剤の性能評価に関する各種実験検討

概要：散布するのみで通常の打継処理と同等の性能を確保できる打継処理剤について、力学性能および耐久性能に関する定量的なデータを把握するため、直接引張試験・促進中性化試験・アウトプット法による透水試験を実施した。その結果、用いる打継処理剤によっては通常打継処理（凝結遅延剤＋高圧水）よりも大きな引張強度が得られる傾向が認められた。また打継目における中性化速度は通常打継処理よりも大きいことが明らかとなった。透水試験では打継処理剤を用いることで、透水量が徐々に減少する傾向が認められ、コンクリート標準示方書に示される算定式以下の透水係数を確保できることが明らかとなった。

1. はじめに

コンクリートの打継ぎ処理では、十分な強度、耐久性および水密性を有する打継目を造るために、既に打ち込まれた下層コンクリート上部のレイタンス、品質の悪いコンクリート、緩んだ骨材などを取り除いてから打ち継ぐことが肝要である。

既に打ち込まれた下層コンクリートの打継目の処理方法には、硬化前処理方法と硬化後処理方法およびこれらを併用した方法がある。硬化前処理方法としては、コンクリートの凝結終了後、高圧の空気または水でコンクリート表面の薄層を除去し、粗骨材粒を露出させる方法が用いられている。この処理方法は、打継目が比較的広い場合に効率のよい方法であるが、打継処理に適した時期を逸すると、コンクリートの強度が高くなり過ぎて粗骨材粒の露出が困難である。このような施工上の制約を緩和するため、コンクリート打継目にグルコン酸ナトリウム等を主成分とする遅延剤を散布して、コンクリート打継表面の薄層部の硬化を計画的に遅らせ、処理時期を大幅に延長できる打継ぎ処理方法が一般に用いられている。一方、硬化後処理方法による場合、既に打ち込まれた下層コンクリートがあまり硬くなければ、高圧の空気および水を吹き付けて入念に洗うか、水をかけながらワイヤブラシを用いて表面を粗にする必要がある。旧コンクリートが硬いときは、ワイヤブラシを用いて表面を削るか、表面にサンドブラストを行った後、水で洗う方法等がある¹⁾。

いずれの方法においても、打継ぎ処理を行う際には水を用いなければならない、高いアルカリ性を示す処理水が排出されるため、このアルカリ水の処理方法についても事前に配慮が必要となる。また硬化後処理の場合には、非常に多くの労力を必要とすることや、硬化前処理と比較して均一性に劣ることが課題として挙げられる。

このような背景の中、散布するのみで通常の打継処理と同等の性能を確保できるとされる打継処理剤が開発され、様々な現場で適用されている。この場合、打継処理に際しての労力軽減や処理水の問題、さらには打継処理品質の均一性を目的として適用されるものと考えられるが、その諸特性については明らかとされていない部分が多く、定量的な情報は少ない。このため、打継処理剤を含む各種打継処理方法の力学的性能および耐久性能に関する実験から、その性能について比較・検討を行った結果をここに報告する。

2. 実験概要

2.1 実験目的

本検討では、打継目の力学性能と耐久性能に関する 2 種類に大別される実験を行った。打継目において力学面で特に問題となるのは、せん断抵抗性や引張抵抗性であるが、ここではひび割れ発生に大きく関係すると考えられる引張抵抗性に着目し、直接引張試験からその性能を評価することとした。また耐久性能に関しては、促進中性化試験による打継部の中性化速度と、透水試験（アウトプット法）による打継目の水密性から評価することとした。

2.2 実験ケース

打継処理方法は、無処理（ケース B）、通常打継処理（凝結遅延剤＋高圧水：ケース D）、打継処理剤①（ケース J）、打継処理剤②（ケース C）の 4 ケースとした。通常打継処理とは凝結遅延剤散布後、所定の時間を置いた後で高圧水にて打継目の脆弱層を除去する方法である。また打継処理剤散布は、コンクリート打設後ブリーディング水が上昇し、その後ブリーディング水がコンクリートに引き込まれる時点で標準量を散布する方法である。

表－１ 検討項目

項目	評価内容	実験方法
力学性能	引張強度	直接引張試験（φ100）
耐久性能	中性化速度	促進中性化試験（角柱）
	透水係数	アウトプット法（φ150）

表－２ 検討ケース

ケース	打継処理方法	標準散布量
B	無処理	－
D	通常打継処理 （凝結遅延剤＋高圧水）	300 g/m ² （原液）
J	打継処理剤①	200～300 g/m ² （原液）
C	打継処理剤②	300 g/m ² （原液）

2.3 供試体作製

直接引張試験と透水試験はコア供試体で実験を行うため、表－２に示す処理方法による打継目を設けたスラブ状のコンクリート部材からコア削孔を行って供試体を採取した。使用材料および供試体作製方法を表－３および図－１に示す。また、コンクリートの配合およびフレッシュ性状を表－４に示す。なお、打継目を有する構造物としてケーソンや栈橋上部工などの港湾コンクリート構造物を対象としたことから、セメントにはこれらの構造物で一般に使用される高炉セメント B 種を用いた。コア採取部材は図－１に示す形状とし、１層目のコンクリート打設後に凝結遅延剤および打継処理剤をメーカー推奨の標準散布量およびタイミングで散布した。

表－３ 使用材料

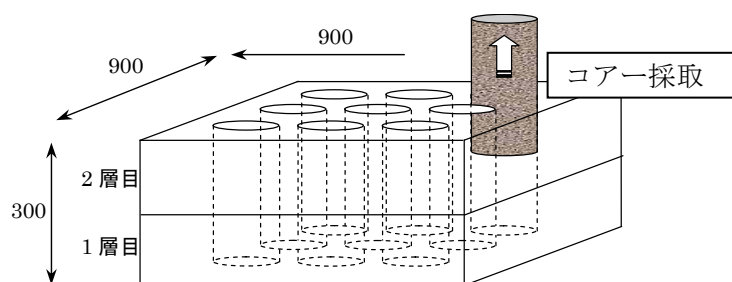
使用材料	物理的性質など
セメント (C)	高炉セメント B 種（BB） / 密度:3.04g/cm ³ .
細骨材 (S)	那須塩原産 / 密度:2.57g/cm ³ , 吸水
粗骨材 (G)	那須塩原産 / 密度:2.57g/cm ³ , 吸水
AE 減水剤	ポゾリス No.78S

表－４ コンクリートの配合（30-12-20BB）およびフレッシュ性状

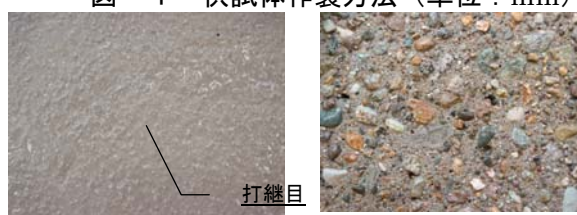
使用セメント	打設部位	SL (cm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					フレッシュ試験結果		
						W	C	S	G	Ad	SL (cm)	Air (%)	C.T. (°C)
BB	1 層目	12	43.	4.	39.	16	38	67	103	3.8	14.5	4.1	25.0
	2 層目		4	5	4	5	0	3	6	0	13.5	5.9	28.0

※) Ad : AE 減水剤, SL : スランプ, Air : 空気量, C.T. : コンクリート温度

また、通常打継処理のものは打設翌日に高圧水を用いて表面の脆弱層を除去し粗骨材粒を露出させた。各打継処理実施後はビニルシートを処理面天端に敷設し、コンクリート表面からの水分の逸散を防止した。各ケースの打継目の処理後の状態を写真－1に示す。2層目の打設は1層目打設から14日後に実施した。なお、コアを用いた直接引張試験を万能試験機により簡便に行えるよう、コアの上下両端の削孔中心位置にあらかじめインサートを設置した。ただし1層目と2層目の間でインサートの位置に“ずれ”が生じると、実験結果に大きな影響を及ぼすことが懸念されたため、入念に位置合わせを行ってからコンクリートの打設を行っている。また、透水試験（アウトプット法）に用いる供試体は、供試体外部からの圧力により水を打継目から浸入させ、供試体中心部から排出される水量を計測する必要性から、中心部に径25mm程度の小孔を設けた。



図－1 供試体作製方法（単位：mm）



処理後（左：ケース B，右：ケース D）



処理後（左：ケース J，右：ケース C）

写真－1 各ケースの打継目処理後の状態

一方、促進中性化試験については100×100×400（50×2層）mmの鋼製型枠を用いて、水平に2層に分けて打継処理を行うことで供試体を作製した。

2.4 打継処理剤について

打継処理剤は樹脂エマルジョンを主成分とした薬剤であり、コンクリート打設直後に散布するだけで打継処理が行えるというものである。樹脂エマルジョンを用いた打継処理の品質には、次の3つの要因が大きな影響を与えるとされている²⁾。

- (a) 旧コンクリートの改質層の結合力（アンカー効果）
- (b) レイタンス成分の固定化（樹脂改質効果）
- (c) 新コンクリートと改質層の結合力（キレート効果）

ここで、(a) のアンカー効果は、打設直後に散布する樹脂エマルジョンがコンクリートへ拡散・浸透する深さによって決まる性能である。(b) の樹脂改質効果は、浸透した樹脂エマルジョンが乾燥歴を受け、ポリマー粒子同士の融着現象を経て進行し、ポリマーコンクリート層の形成が付着阻害因子であるレイタンスなどを固定化しながら進むために打継性能が向上するものと考えられている。(c) のキレー

ト効果は、接触面に生じる親和性にのみ依存すると考えられており、この親和性はポリマーコンクリート層表面の化学的性質により決定される。表－5に実験で使用した打継処理剤の主成分を示す。

表－5 実験に用いた打継処理剤

名称	主成分
打継処理剤 ①	PAE 系エマルジョン
打継処理剤 ②	PAE・SBR 系エマルジョン

2.5 試験方法

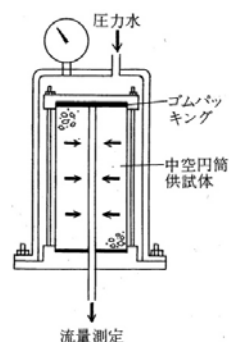
本検討における評価項目のうち、引張強度は直接引張試験により評価した。直接引張試験の方法には様々なものが提案されているが、簡易に実験が行えることに主眼を置き、供試体内部にあらかじめインサートを埋設して載荷用治具と接続することで万能試験機による載荷を可能とした。載荷用治具は軸方向力のみを伝達する構造となっており、曲げモーメント等の軸方向引張以外の外力が供試体に作用することのないようにした（図－2）。

また中性化速度については JIS A 1153 に規定される促進中性化試験により評価した。促進条件は温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 5\%$ 、二酸化炭素濃度 $5 \pm 0.2\%$ である。

一方、透水性状については、打継目からの水の流入を評価する目的から、図－2 引張試験詳細
アウトプット法による実験により評価を行った。アウトプット法は一定の圧力の水を供試体に作用させ、流入量と流出量が等しくなったときの流量を測定し、ダルシー則より透水係数を求める方法である。アウトプット法による透水試験概要を図－3に示す。中空円筒型の供試体の上下端面をゴムパッキングにより水密に保ち、側面から水圧を加えた。側面からの圧力水は 0.98N/mm^2 とし、供試体下面からの流出水を量に応じて 1 時間～24 時間間隔で測定した。透水係数の算出は式（1）を用いた。

$$K = \rho \log_e(r_0/r_i) \cdot Q / (P_0 \times 2\pi h) \quad (1)$$

ここに、 K ：透水係数（cm/sec）、 ρ ：水の単位容積質量（kg/cm³）、 r_0 ：供試体半径（cm）、 r_i ：中心孔半径（cm）、 Q ：流出流量（cm³/sec）、 P_0 ：外側圧力（N/mm²）、 h ：供試体高さ（cm）である。



図－3 アウトプット法概要および実施状況

3. 実験結果

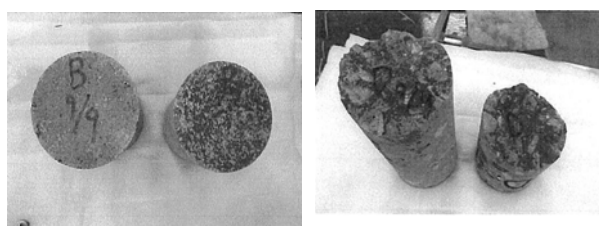
3.1 引張強度

表－6に直接引張試験結果を示す。これらの引張強度は2層目打設から28日（4週）および91日（3ヶ月）経過時点のものである。ケースB（無処理）に対して、各打継処理は、当然のことながら28日および91日の双方において引張強度が増加する傾向が確認できる。また、通常処理（凝結遅延剤＋高圧水）のケースDに比較して、ケースJ（打継処理剤①）では28日および91日の引張強度は増大したが、28日と91日で引張強度の増進はほとんどなく、ほぼ同様の値であった。一方でケースC（打継処理剤B）では無処理と比較して大きい値を示してはいるものの、ケースD（凝結遅延剤＋高圧水）と比較するとその値は小さい。

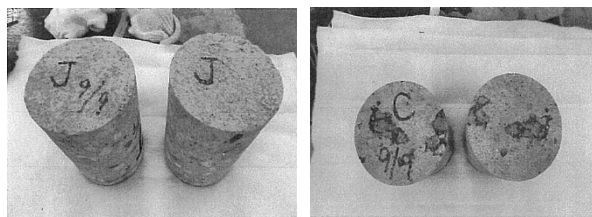
以上のことから、打継処理を実施することで引張強度は増大し、適切な打継処理剤を用いることで、これまでに実施されてきた通常処理（ケースD）のような打継処理方法よりも大きな引張強度を確保できる可能性が認められた。なお、打継処理剤で引張強度の増大傾向に差異が認められた原因として、樹脂エマルジョンの種類の違いにより引張強度に差を生じることが報告されている³⁾ことから、各打継処理剤の材料的特性が密接に関連していると考えられる。すなわち、PAE系エマルジョンに比べて粘度が高いSBR系エマルジョンは旧コンクリートに引き込まれにくく、コンクリート表層部の脆弱層への浸透が不十分となり、旧コンクリートの改質層の結合力（アンカー効果）が相対的に小さくなったと考えられる。写真－2には、各ケースにおける代表的な破壊界面の状態を示す。

表－6 直接引張試験結果一覧

ケース		28 日		91 日	
		荷重 (k N)	引張強度 (N/m m ²)	荷重 (k N)	引張強度 (N/mm ²)
B	1	8.65	1.13	9.96	1.29
	2	1.80	0.25	7.45	0.97
	3	4.66	0.62	5.43	0.71
	平	5.04	0.67	7.62	0.99
D	1	17.8	2.28	16.4	2.21
	2	8.72	1.13	11.8	1.52
	3	10.4	1.35	11.9	1.54
	平	12.3	1.59	13.4	1.73
J	1	19.2	2.50	16.6	2.14
	2	12.9	1.69	14.4	1.86
	3	15.1	1.97	17.6	2.27
	平	15.7	2.05	16.2	2.09
C	1	8.46	1.09	9.27	1.20
	2	6.55	0.86	13.4	1.73
	3	6.14	0.81	5.30	0.69
	平	7.05	0.92	9.32	1.20



破壊界面の状態（左：ケースB，右：ケースD）



破壊界面の状態（左：ケース J，右：ケース C）

写真－2 各ケースにおける破壊界面の状態

ケース B（無処理）では、破壊界面は打継目に表れているのに対して、ケース D（凝結遅延剤＋高圧水）では母材コンクリートで破壊したことから、良好な付着性状が確保できていたものと推察される。一方で打継処理剤についてはケース J、ケース C ともに打継目での破壊であった。ただし、ケース C については打継目の一部に剥がれが認められた。

3.2 中性化抵抗性

表－7～9には JIS A 1153 に規定される促進中性化試験で得られた中性化深さの結果を示す。また、図－4～6に各層（上層・打継目・下層）における中性化深さの経時変化を示す。

なお、測定は所定の促進期間に達した時点で供試体の長さ方向と直角に供試体を端部から約 60mm の位置で割裂した面においてノギスを用いて行った。また計測箇所は 1 側面につき 6 等分した 5 箇所としている。また打継目の中性化抵抗性を把握する目的から、上層（上部 4 箇所平均）・打継目（中央部 2 箇所平均）・下層（下部 4 箇所平均）それぞれの局所的な中性化抵抗性を把握した。

表－7 中性化深さ（上層平均・単位：mm）

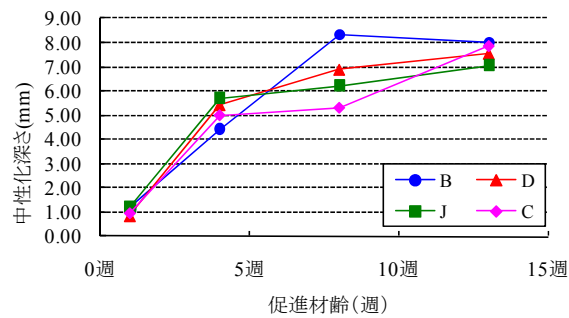
促進材 齢	B	D	J	C
1 週	1.2	0.9	1.2	0.9
4 週	4.4	5.4	5.7	5.0
8 週	8.3	6.9	6.2	5.3
13 週	8.0	7.5	7.1	7.9

表－8 中性化深さ（打継目平均・単位：mm）

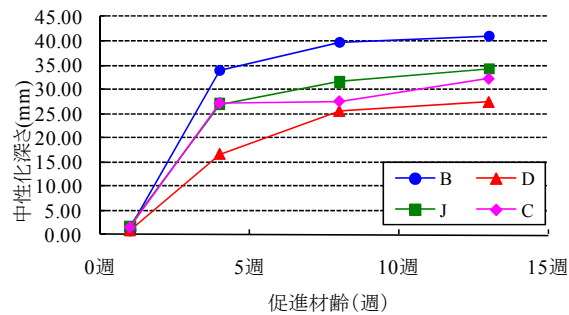
促進材 齢	B	D	J	C
1 週	1.0	0.9	1.8	1.4
4 週	33.9	16.7	27.0	27.1
8 週	39.7	25.5	31.5	27.5
13 週	41.0	27.3	34.3	32.2

表－9 中性化深さ（下層平均・単位：mm）

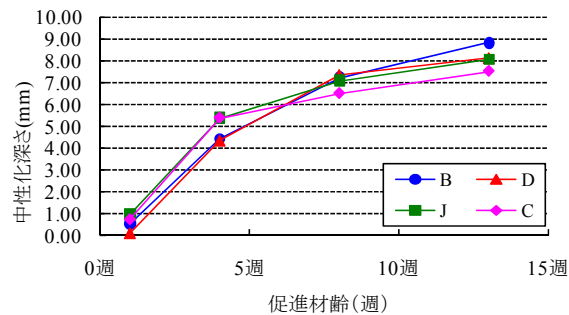
促進材 齢	B	D	J	C
1 週	0.5	0.1	1.0	0.7
4 週	4.5	4.4	5.4	5.4
8 週	7.3	7.4	7.1	6.5
13 週	8.9	8.1	8.1	7.5



図－４ 中性化深さの経時変化（上層）



図－５ 中性化深さの経時変化（打継目）

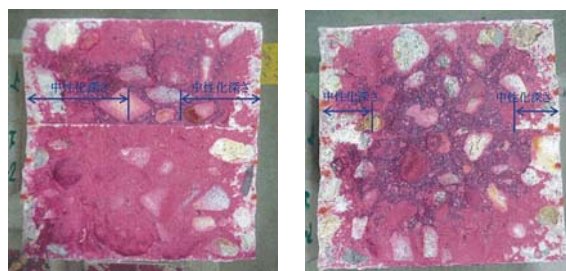


図－６ 中性化深さの経時変化（下層）

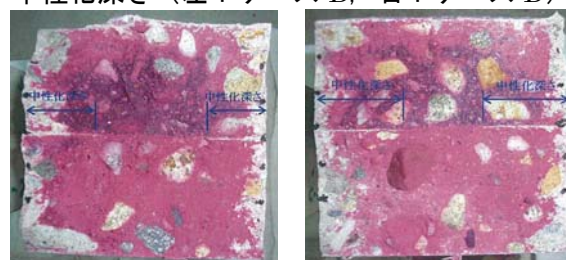
打継目における中性化深さは、13 週経過時点でケース D（通常処理）が最も小さく、無処理が最も大きい傾向であった。

また、打継処理剤は通常打継処理に比べて 5～7mm ほど中性化深さが大きいことから、中性化抵抗性の向上についてはあまり期待できないと考えられる。

写真－３に 4 週時のフェノールフタレイン溶液噴霧による中性化深さ測定時の写真を示す。打継目では、幅 1mm 程度の細い線状の無色の部位が供試体中心方向に向かって伸びる様子が確認できる。それ以外の部位（上層・下層）では中性化深さが 4～6mm 程度であることから、打継目ではそれ以外の部位と比べて著しく中性化しやすい傾向にあると言える。このことは環境によっては打継目から中性化が著しく進行し、局所的に耐久性上問題となる内部鉄筋腐食に繋がる可能性を示しており、特に中性化が進行しやすい環境下においては、打継処理剤よりも通常の打継処理方法（凝結遅延剤＋高圧水）の適用が相応しいと判断される。

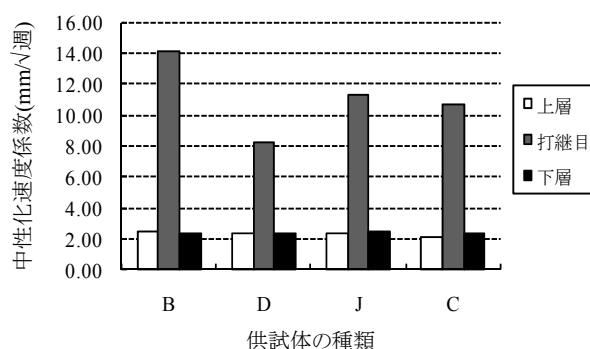


中性化深さ（左：ケース B, 右：ケース D）



中性化深さ（左：ケース J, 右：ケース C）

写真－3 フェノールフタレイン法による
中性化深さ（4 週時）



図－7 中性化速度係数平均の比較（4～13 週時）

また，中性化速度係数の平均を比較した結果を図－7に示す。中性化速度係数の平均値には，測定時の誤差が比較的大きいと考えられる 1 週時を除いた 4～13 週時の測定値を使用した。その結果，上層および下層（一般部と呼ぶ）では中性化速度係数はほぼ 2（mm/√週）で同程度にあるのに対して，打継目では一般部における値の 4～6 倍の大きな値が得られた。通常打継処理が最も中性化速度係数の値が小さく，それに次いで打継処理剤の値が小さい傾向は，前述した中性化深さと同様であった。

打継処理剤で処理した場合に，通常打継処理より中性化深さが大きくなった理由は明確ではないが，レイタンス層の分布の不均一さ等により，打継処理剤の効果が打継目全面にわたって均一に及んでいないことも推察される。

3.3 透水係数

表－10にアウトプット法より得られた各供試体の透水係数一覧を，図－8に各供試体の透水係数の比較を示す。土木学会 コンクリート標準示方書【設計編】⁴⁾では，既往の実績や研究成果に基づく水セメント比や強度と透水係数との関係から間接的に透水係数を算定してよいとされていることから，示方書において示される下記の式（2）による算定値も同図内に点線で示した。

$$\log K_p = 4.3 \cdot W/C - 12.5 \quad (2)$$

ここに， K_p ：透水係数（cm/sec）， W/C ：水セメント（結合材）比（=43.4%）である。

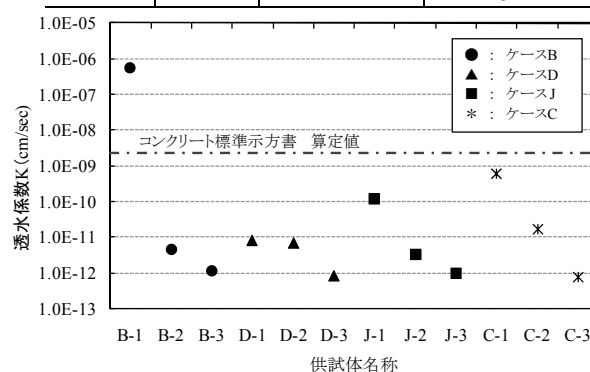
ケース B（無処理）については，1 供試体において示方書の算定値を大きく上回る値が得られた。ま

た算定値を下回る他の 2 供試体では経過時間とともに累積透水量が増大する傾向が認められ、徐々に透水量が減少し最終的に水の流出がなくなったケース D, J, C とは明らかに違う性状を示した。この原因として、打継処理を実施したケース D, J, C では、打継界面におけるセメントの水和反応の進行や打継処理剤によるレイタンス層の改質効果が水みちを閉塞させたのに対して、ケース B では脆弱なレイタンス層がそのまま残留することで、水みちが閉塞されなかったためと考えられる。

またケース B（無処理）を除いて、どの打継処理方法においても欠陥なく施工できた場合、透水係数は比較的低いレベルに抑えられると判断できる。さらに、通常の打継処理であるケース D（凝結遅延剤＋高圧水）は最も透水係数にばらつきが少なく、施工による欠陥ができてにくい方法であると考えられる。

表－１０ アウトプット法による透水係数
(ケースごとに大きな測定値から順に並べている)

ケース	供試体	流出流量 Q (cm ³ /h)	透水係数 K (cm/sec)
B	B-1	2.31×10^3	5.70×10^{-7}
	B-2	1.86×10^{-2}	4.66×10^{-12}
	B-3	4.50×10^{-3}	1.12×10^{-12}
D	D-1	3.09×10^{-2}	7.72×10^{-12}
	D-2	2.67×10^{-2}	6.63×10^{-12}
	D-3	3.20×10^{-3}	7.97×10^{-13}
J	J-1	4.72×10^{-1}	1.17×10^{-10}
	J-2	1.32×10^{-2}	3.25×10^{-12}
	J-3	3.91×10^{-3}	9.65×10^{-13}
C	C-1	2.49×10^0	6.18×10^{-10}
	C-2	6.81×10^{-2}	1.71×10^{-11}
	C-3	3.05×10^{-3}	7.62×10^{-13}



図－８ 各供試体の透水係数比較

4.まとめ

打継処理剤の性能評価を目的として、直接引張試験・促進中性化試験・アウトプット法による透水試験を実施した。得られた知見は以下のとおりである。

- (1) 打継処理剤を用いることで通常打継処理（凝結遅延剤＋高圧水）よりも大きな引張強度を確保できる可能性が認められた。
- (2) 打継処理剤は通常打継処理と比べて中性化速度はやや大きく、中性化抑制効果の向上についてはあまり期待できないと考えられる。
- (3) アウトプット法による透水試験では、打継処理剤を用いることで通常打継処理と同程度、かつコンクリート標準示方書に示される算定値以下の透水係数の確保が認められた。
- (4) 実際の現場において打継処理剤を用いる場合、メーカー推奨のタイミングで散布する場合は殆どであるため凝結性状に関する検討を実施しなかったが、打継処理剤の効果を検証する上では重要と考えられるため、今後の検討課題とする。

なお本研究は、早稲田大学清宮研究室、五洋建設（株）、東亜建設工業（株）、東洋建設（株）、以上4者の共同研究として実施したものである。

参考文献

- 1) （社）土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書 施工編，pp.131-132，2008.3
- 2) 前中敏伸，門中章二，森田 浩，伊藤篤司：超微粒子タイプの樹脂エマルジョンを水平打継ぎ面処理に用いた検討，コンクリート工学年次論文集，Vol. 23，No.2，pp.1201-1206，2001.6
- 3) 沢出 稔：ポリマーエマルジョン散布打継工法を適用した若材齢コンクリート打継目の接着強度，材料，第40巻，第456号，pp.8-14
- 4) （社）土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書 設計編，pp.165-167，2008.3

第2章 細径バイブレータによる振動締固め効果に関する検討

1. 目的

鉄筋コンクリート構造物においてかぶりコンクリートは、外部からの劣化因子の侵入を防ぐための重要な役割を果たしているため、密実かつ確実なコンクリート施工が求められる。かぶり部の施工は、狭小なかぶり部へ直接ホースを挿入することは難しいため、コンクリートを躯体の内側に打ち込み、やむを得ずバイブレータの振動によって鉄筋を通過させてかぶり部を充填させることが多い。また、密な配筋条件では、細径のバイブレータを使用するが増えており、そのときの振動締固め効果についての検討例は少ない。そこで本研究では、鉄筋あきの小さい配筋条件において、細径のバイブレータを用いてかぶりコンクリートを施工した場合の振動締固め効果について検討を行った。

2. 実験方法

実験で用いたコンクリートの配合を表-1に、試験体の概要と実験ケースを図-1に示す。試験体の寸法は長さ1.0m×幅0.5m×高さ0.8mとし、D16の鉄筋を60mm間隔で格子状に組み立て、鉄筋あき44mm（Gmaxの2.2倍）の配筋とした。コンクリートの打込みは、躯体内側のかぶり部以外の箇所に1層あたり高さ40cm分を投入し、打重ね時間間隔1時間で2層に分けて行った。締固めは、棒径31mmの高周波マルチバイブレータを用いて行い、1層目はバイブレータの下端を型枠より5cm浮かせた状態で加振し、2層目はバイブレータを1層目に10cm挿入した状態で行った。締固め位置は図-1に示すとおりであり、振動時間は1箇所あたり15秒とした。締固め中は、各層の高さ方向中央に設置した加速度計により、加速度を測定した。加速度の測定方向は水平方向で、サンプリング間隔は200 μ sとした。締固め完了後、試験体は20℃の室内にて静置し、材齢7日で型枠を取り外した後は気中養生した。その

後、材齢 28 日でコアを採取し、圧縮強度試験、静弾性係数試験および単位体積重

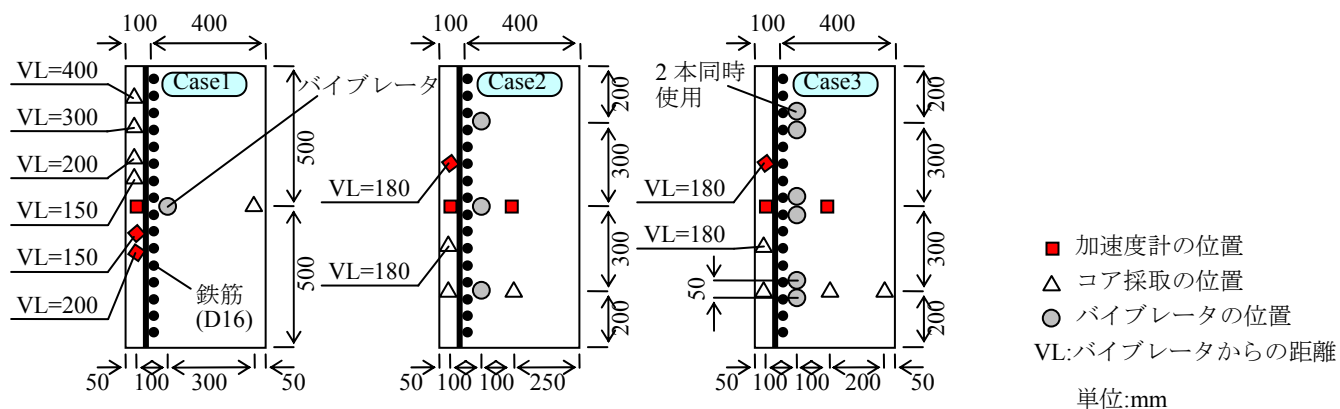
表ー1 コンクリートの配合

スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	C	S	G	AE 減水剤
12	4.5	55.8	43.7	162	291	793	1059	1.75
15	4.5	56.5	44.0	170	301	797	1037	2.71

高炉セメント B 種使用、Gmax=20mm (碎石)

表ー2 実験ケース

Case	スラ ンプ	パイプレータ (締固め方法)
1	15cm	1 本/1 箇所×1 箇所
2		1 本/1 箇所×3 箇所
3	12cm	2 本/1 箇所×3 箇所



量を測定した。また、Case2、Case3 のパイプレータからの距離 100mm で採取したコアから、2 層目中央付近より採取した試験片で細孔径分布測定を行った。

3. 実験結果

本実験に先立ち、Case2 の条件でスランプ 12cm のコンクリートを用いて打込み・締固めを行った。これは、本試験体を壁部材と仮定して施工性能に基づいてスランプの選定¹⁾を行うとスランプ 12cm となるためである。結果はかぶり部に未充填が発生し、この要因は細径のパイプレータの振動力が小さいため、コンクリートが鉄筋間を通過できなかったと考えられる。そのため本実験では Case1、Case2 はスランプ 15cm の配合で行い、Case3 はスランプ 12cm で細径のパイプレータを 2 本同時に使用することで振動力を上げたケースとして行った。

締固め中の加速度の測定結果を、パイプレータからの距離と加速度の関係として図-2 に示す。なお加速度は、加速度計の設置位置にコンクリートが充填された後の値を平均したものである。測定結果より、かぶり側の加速度は内側の値に比べて小さかった。これは、パイプレータの振動の伝播が鉄筋によ

って抑制されていることが影響しているためと考えられる。この傾向は1層目と2層目で同様であり、実験ケースによる違いもほとんどなかった。

次に、コア供試体の圧縮強度、静弾性係数および単位体積重量の測定結果を図-3に示す。かぶり側と内側におけるこれらの測定結果は、Case3の圧縮強度で若干の差はあるものの、それ以外はほぼ同等の結果となった。これは、鉄筋間を通過させてかぶり部にコンクリートを充填できれば、かぶり部の品質は確保されることを示唆していると考えられる。図-4に示す細孔径分布の測定結果も上記の結果と同様に、かぶり側と内側で大きな差は見られなかった。

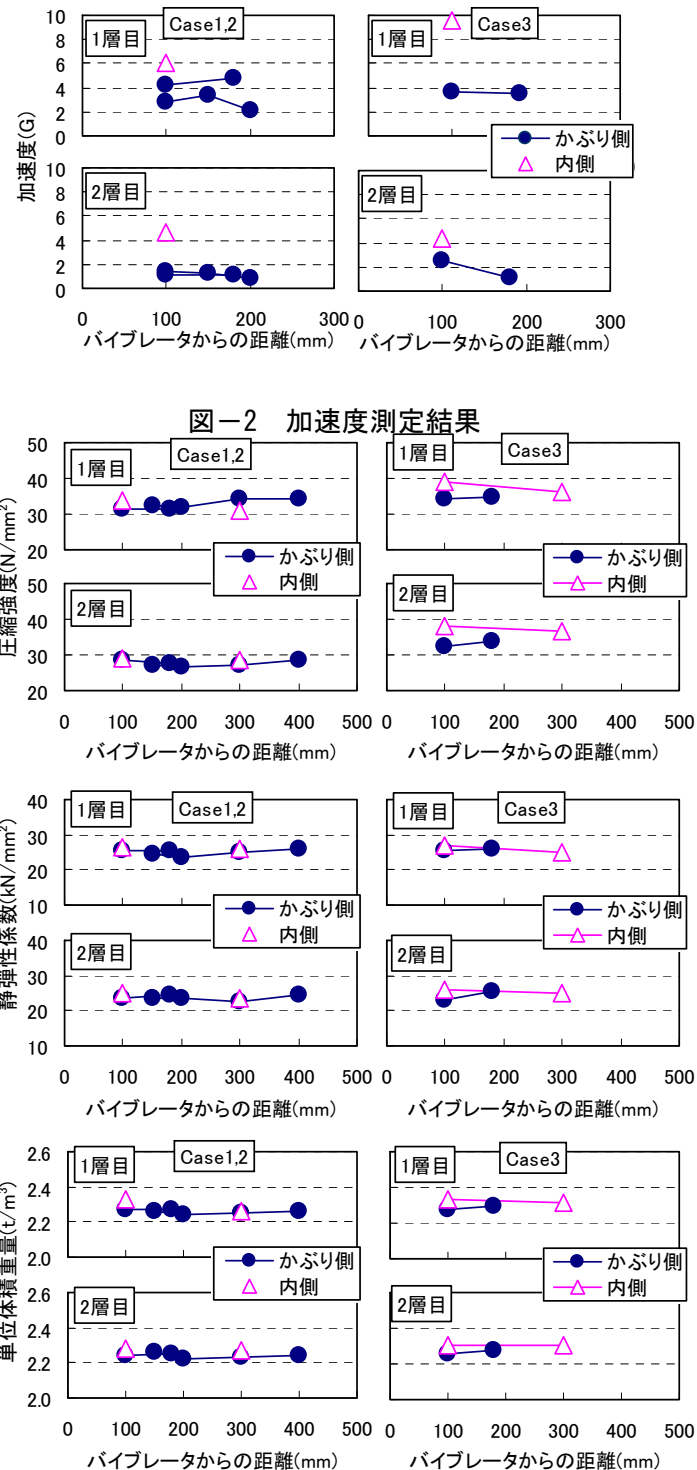


図-2 加速度測定結果

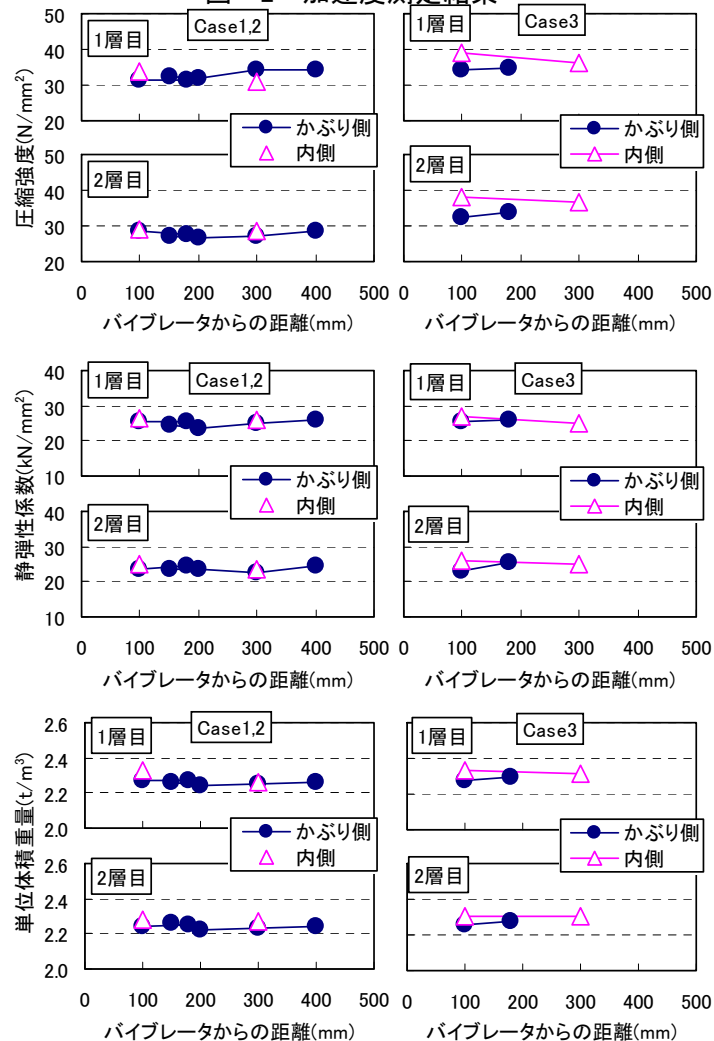
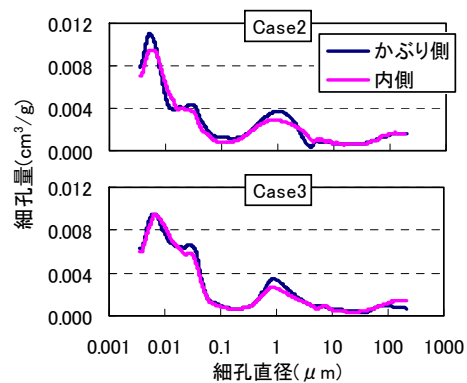


図-3 コア供試体の試験結果



図ー4 細孔径分布測定結果

4. まとめ

本実験では、鉄筋あきの小さい配筋条件で細径のバイブレータでしか締固めが行えないような場合でも、かぶり部の品質を確保できることがわかった。ただし、施工性能に基づくスランプより大きめに設定するか、または細径のバイブレータを2本併用するなどして振動力を大きくするような対策などの十分な配慮が必要と考えられる。

参考文献 1)コンクリート標準示方書 [施工編], 土木学会, 2007

(付属資料1) 透水試験試験結果

$$\log K_p = 4.3 \cdot W/C - 12.5 \quad (\text{式1})$$

ここに、

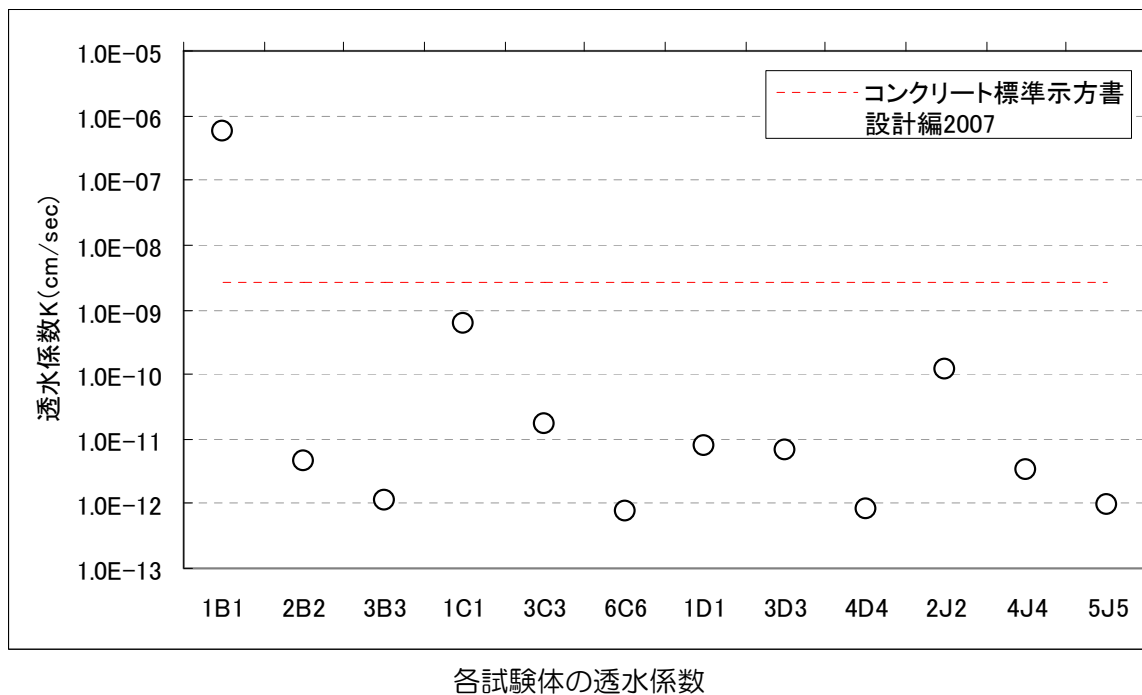
K_p = W/Cから算出した透水係数(m/sec)

W/C = 水セメント比 (W/C = 45%)

試験体 名称	供試体の半径 (cm)					中心孔の半径 (cm)					供試体の高さ (cm)			外側圧 力	流出量(※ 1)	水の単位 容積質量	透水係数 (※2)
	1	2	3	4	平均	1	2	3	4	平均	1	2	平均				
1B1	2.80	2.80	2.78	2.78	2.79	15.2	15.0	15.0	15.1	15.1	30.2	30.2	30.2	10.0	2.31E+03	0.001	5.70E-07
2B2	2.72	2.74	2.75	2.74	2.74	15.0	15.0	15.1	15.0	15.0	30.1	30.1	30.1	10.0	1.86E-02	0.001	4.66E-12
3B3	2.79	2.79	2.76	2.76	2.78	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	30.1	30.0	30.1	10.0	4.50E-03	0.001	1.12E-12
1C1	2.74	2.76	2.74	2.76	2.75	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	30.2	30.2	30.2	10.0	2.49E+00	0.001	6.18E-10
3C3	2.73	2.72	2.64	2.72	2.70	15.0	15.0	15.1	15.1	15.0	30.2	30.3	30.3	10.0	6.81E-02	0.001	1.71E-11
6C6	2.73	2.74	2.71	2.64	2.70	15.0	15.0	15.0	15.1	15.0	30.3	30.3	30.3	10.0	3.05E-03	0.001	7.62E-13
1D1	2.75	2.73	2.74	2.72	2.73	15.0	15.0	15.1	15.1	15.0	30.2	30.2	30.2	10.0	3.09E-02	0.001	7.72E-12
3D3	2.73	2.75	2.75	2.74	2.75	15.0	15.0	15.1	15.0	15.0	30.2	30.3	30.3	10.0	2.67E-02	0.001	6.63E-12
4D4	2.75	2.75	2.74	2.75	2.75	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	30.1	30.2	30.2	10.0	3.20E-03	0.001	7.97E-13
2J2	2.72	2.76	2.69	2.75	2.73	15.1	15.1	15.0	15.1	15.1	30.6	30.6	30.6	10.0	4.72E-01	0.001	1.17E-10
4J4	2.75	2.77	2.76	2.75	2.76	14.9	14.9	15.1	15.0	15.0	30.4	30.4	30.4	10.0	1.32E-02	0.001	3.25E-12
5J5	2.75	2.74	2.75	2.75	2.75	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	30.4	30.4	30.4	10.0	3.91E-03	0.001	9.65E-13

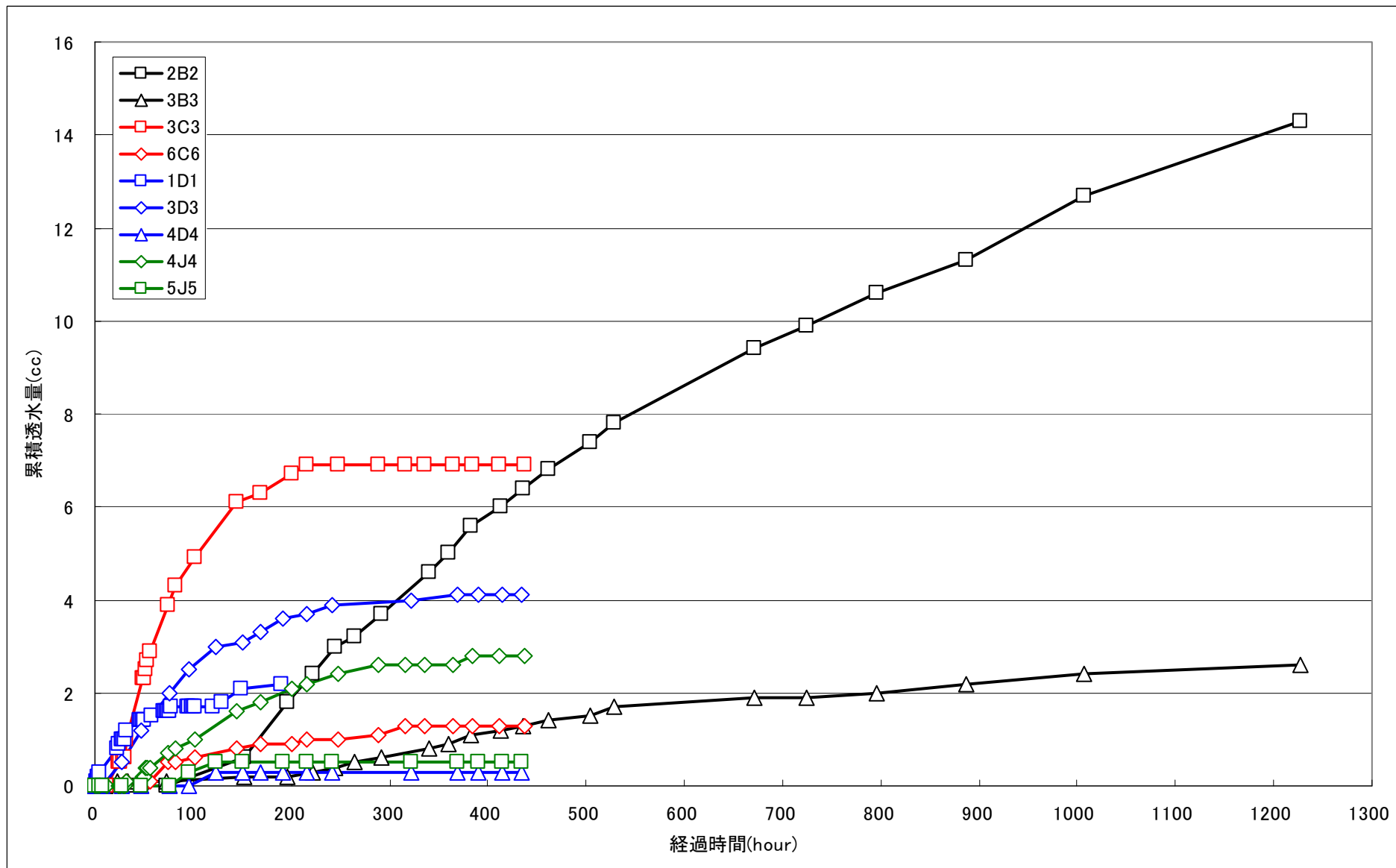
※1: 流出量の算出方法は添付資料1

※2: 透水係数は式1により算出した。



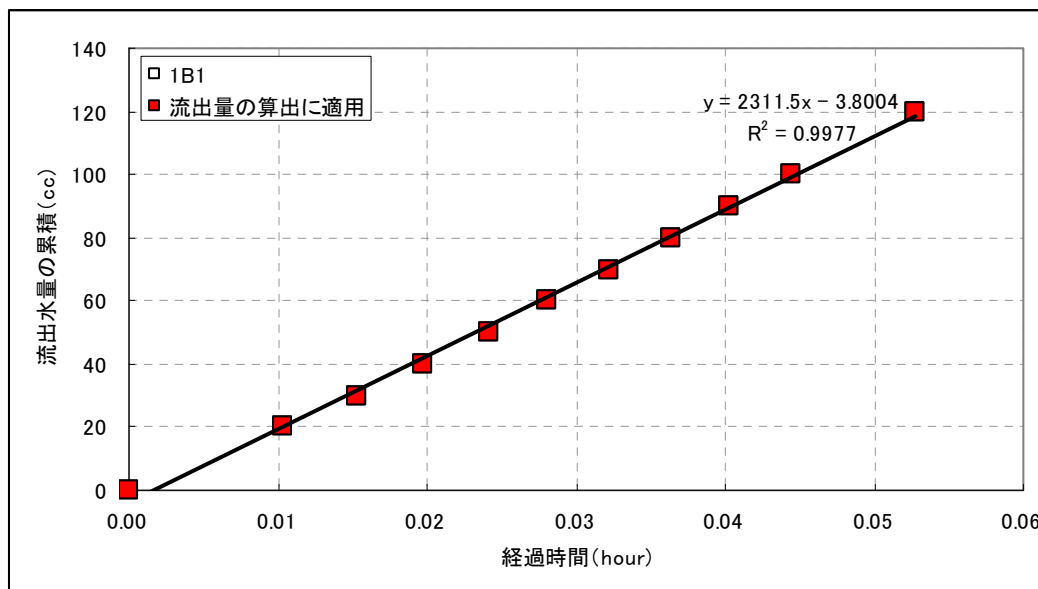
- ①どの処理方法でも欠陥がなく施工できれば、透水係数は比較的低いレベルに抑えられる。
- ②通常処理（D）はばらつきがすくなく、施工による欠陥ができにくいと考えられる。
- ③そのほかの処理は、施工による（処理剤の材料的な特性？）欠陥ができる可能性がある。
欠陥部ができる度合は（できる確率はいずれも1/3）同じであるが、欠陥部の大きさは
B（無処理）>C（セボ・ハードナ）>J（ジョイントエース）であり、Bが特に大きい。C、Jについては
W/C43%の示方書式から算定される透水係数以下は確保できている。
- ④無処理については、いったん水みちができると閉塞する現象がみられない。他の処理については、透水係数が 1.71×10^{-11} 以下において、閉塞する現象がみられた。

1B1		2B2		3B3		1C1		3C3		6C6		1D1		3D3		4D4		2J2		4J4		5J5	
經過時間	透水量	經過時間	透水量	經過時間	透水量	經過時間	透水量	經過時間	透水量	經過時間	透水量	經過時間	透水量	經過時間	透水量	經過時間	透水量	經過時間	透水量	經過時間	透水量	經過時間	透水量
hour	cc	hour	cc	hour	cc	hour	cc	hour	cc	hour	cc	hour	cc	hour	cc	hour	cc	hour	cc	hour	cc	hour	cc
0.00000	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
0.01028	20.0	3.50	0.0	3.50	0.0	0.67	0.0	1.20	0.0	1.20	0.0	0.50	0.0	5.17	0.0	5.17	0.0	0.67	0.0	1.20	0.0	5.17	0.0
0.01528	30.0	4.50	0.0	4.50	0.0	1.40	2.0	2.73	0.0	2.73	0.0	1.00	0.0	8.17	0.0	8.17	0.0	1.40	0.0	2.73	0.0	8.17	0.0
0.01972	40.0	10.50	0.0	10.50	0.0	2.27	4.6	3.98	0.0	3.98	0.0	2.17	0.1	27.67	0.5	27.67	0.0	2.27	0.0	3.98	0.0	27.67	0.0
0.02417	50.0	22.50	0.0	22.50	0.1	2.63	5.6	11.95	0.0	11.95	0.0	2.67	0.1	47.83	1.2	47.83	0.0	2.63	0.0	11.95	0.0	47.83	0.0
0.02806	60.0	33.50	0.0	33.50	0.1	3.62	9.0	23.98	0.5	23.98	0.0	3.17	0.2	76.67	2.0	76.67	0.0	3.62	1.4	23.98	0.0	76.67	0.0
0.03222	70.0	46.50	0.0	46.50	0.1	4.17	10.8	24.40	0.5	24.40	0.0	3.67	0.2	96.00	2.5	96.00	0.0	4.17	1.8	24.40	0.0	96.00	0.3
0.03639	80.0	72.50	0.0	72.50	0.1	5.00	13.5	26.07	0.5	26.07	0.0	5.17	0.3	123.67	3.0	123.67	0.3	5.00	2.2	26.07	0.0	123.67	0.5
0.04028	90.0	152.50	0.6	152.50	0.2	5.97	16.7	28.65	0.6	28.65	0.0	22.23	0.8	149.67	3.1	149.67	0.3	5.97	2.8	28.65	0.0	149.67	0.5
0.04444	100.0	196.50	1.8	196.50	0.2	6.87	19.8	29.90	0.6	29.90	0.0	24.17	0.9	168.67	3.3	168.67	0.3	6.87	3.6	29.90	0.0	191.67	0.5
0.05278	120.0	221.50	2.4	221.50	0.3	7.70	22.8	31.90	1.0	31.90	0.1	26.67	1.0	191.67	3.6	191.67	0.3	7.70	3.8	31.90	0.1	215.67	0.5
		245.00	3.0	245.00	0.4	8.33	24.8	48.15	2.3	48.15	0.1	28.17	1.0	215.67	3.7	215.67	0.3	8.33	4.2	48.15	0.2	241.67	0.5
		264.68	3.2	264.68	0.5	9.27	28.0	49.90	2.3	49.90	0.1	29.67	1.0	241.67	3.9	241.67	0.3	9.27	4.8	49.90	0.2	321.67	0.5
		291.15	3.7	291.15	0.6	10.40	31.8	51.90	2.5	51.90	0.1	31.67	1.2	321.67	4.0	321.67	0.3	10.40	5.2	51.90	0.4	369.67	0.5
		340.50	4.6	340.50	0.8	12.00	37.4	53.90	2.7	53.90	0.1	46.20	1.4	369.67	4.1	369.67	0.3	12.00	6.4	53.90	0.4	390.67	0.5
		359.75	5.0	359.75	0.9	24.32	75.7	55.90	2.9	55.90	0.1	47.47	1.4	390.67	4.1	390.67	0.3	24.32	13.0	55.90	0.4	414.17	0.5
		382.50	5.6	382.50	1.1	25.17	78.1	74.37	3.9	74.37	0.5	49.00	1.4	414.17	4.1	414.17	0.3	25.17	13.6	74.37	0.7	433.85	0.5
		413.00	6.0	413.00	1.2	26.08	80.5	82.08	4.3	82.08	0.5	50.25	1.4	433.85	4.1	433.85	0.3	26.08	14.0	82.08	0.8		
		435.50	6.4	435.50	1.3	28.25	87.3	101.98	4.9	101.98	0.6	58.22	1.5					28.25	14.9	101.98	1.0		
		461.72	6.8	461.72	1.4	29.35	89.3	144.07	6.1	144.07	0.8	70.25	1.6					29.35	15.2	144.07	1.6		
		504.68	7.4	504.68	1.5	31.02	93.9	169.07	6.3	169.07	0.9	70.67	1.6					31.02	16.1	169.07	1.8		
		529.17	7.8	529.17	1.7	32.42	97.7	200.17	6.7	200.17	0.9	72.33	1.6					32.42	16.6	200.17	2.1		
		671.00	9.4	671.00	1.9	47.83	137.8	215.90	6.9	215.90	1.0	74.92	1.6					47.83	22.2	215.90	2.2		
		724.58	9.9	724.58	1.9	49.83	142.6	247.00	6.9	247.00	1.0	76.17	1.6					49.83	23.0	247.00	2.4		
		796.17	10.6	796.17	2.0	52.17	148.6	288.07	6.9	288.07	1.1	78.17	1.7					52.17	23.8	288.07	2.6		
		886.83	11.3	886.83	2.2	54.00	152.8	315.90	6.9	315.90	1.3	94.42	1.7					54.00	24.5	315.90	2.6		
		1007.00	12.7	1007.00	2.4	56.00	157.4	336.07	6.9	336.07	1.3	96.17	1.7					56.00	25.2	336.07	2.6		
		1226.50	14.3	1226.50	2.6	72.05	192.1	364.90	6.9	364.90	1.3	98.17	1.7					72.05	29.8	364.90	2.6		
						76.20	200.1	384.23	6.9	384.23	1.3	100.17	1.7					76.20	30.9	384.23	2.8		
						81.72	211.6	411.90	6.9	411.90	1.3	102.17	1.7					81.72	32.6	411.90	2.8		
						97.72	241.9	437.90	6.9	437.90	1.3	120.63	1.7					97.72	36.3	437.90	2.8		
						104.37	254.0					128.35	1.8					104.37	37.9				
						119.68	280.2					148.25	2.1					119.68	40.9				
												190.33	2.2										



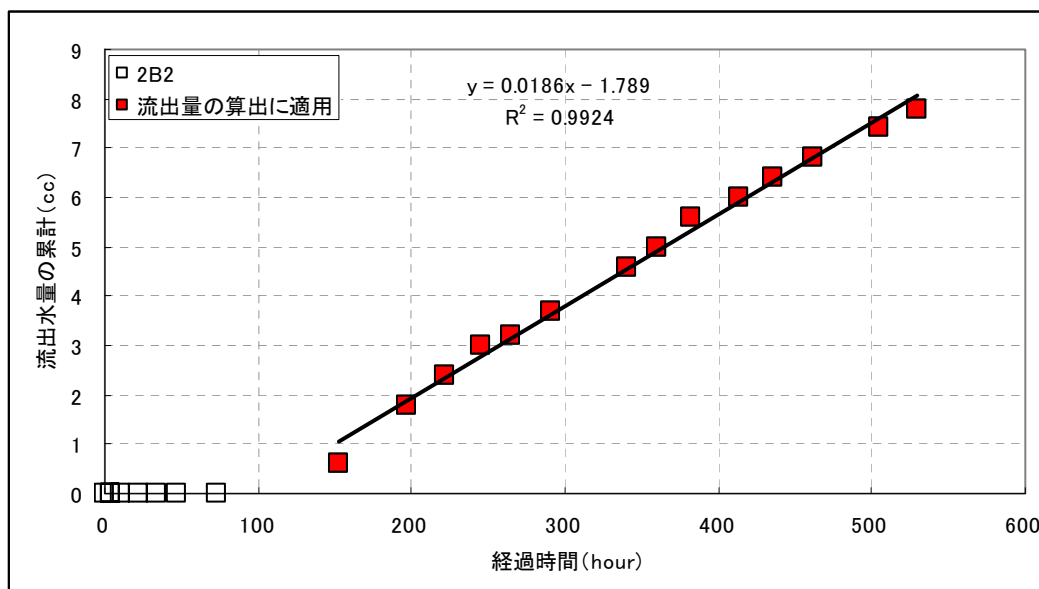
■ 1B1 試験体

流出水は一定の割合で増加した。そのため、測定した全データの近似直線の傾きを流出量 ($2.31 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{hour}$) とした。



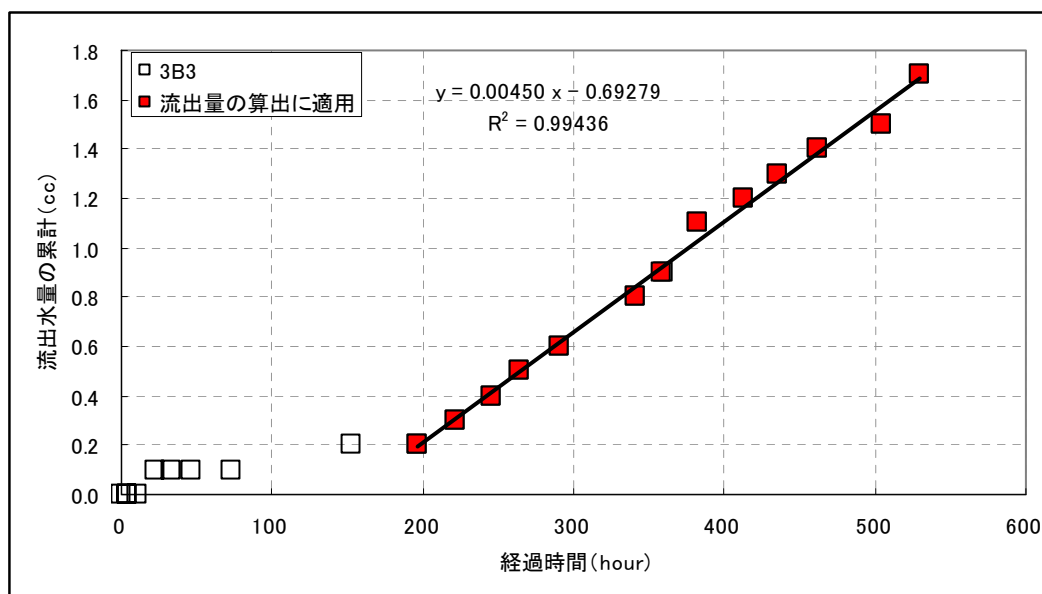
■ 2B2 試験体

透水試験開始後 150 時間頃から流出水がほぼ一定の割合で増加した。そのため、一定の割合で流出水が増加した区間の近似直線の傾きを流出量 ($1.86 \times 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{hour}$) とした。



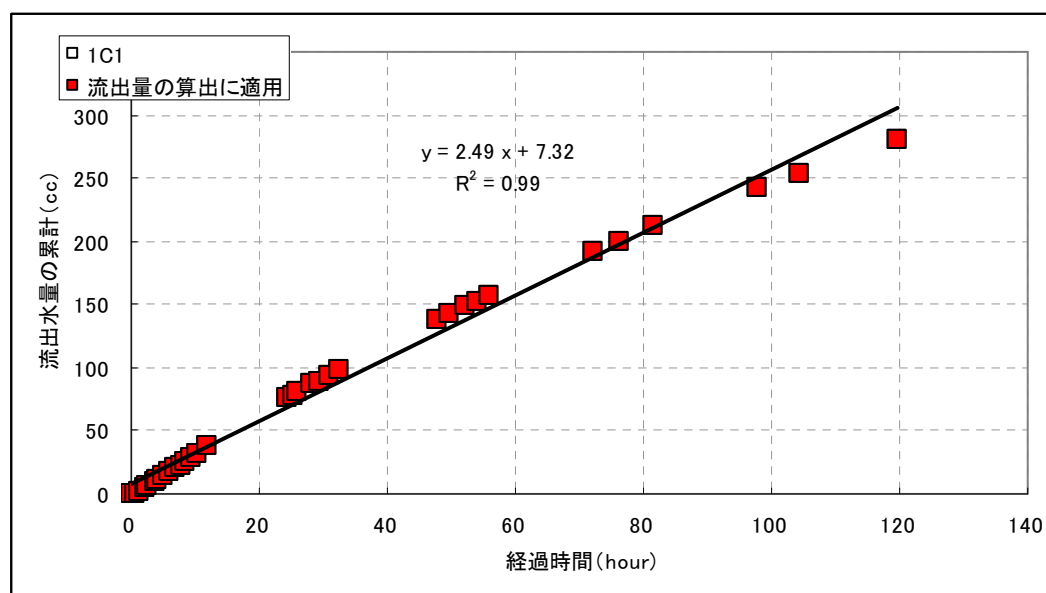
■3B3 試験体

透水試験開始後 20 時間頃から流出水が確認され、200 時間頃からほぼ一定の割合で流出水が増加した。そのため、流出水が一定の割合で増加した区間の近似直線の傾きを流出量 ($4.50 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{hour}$) とした。



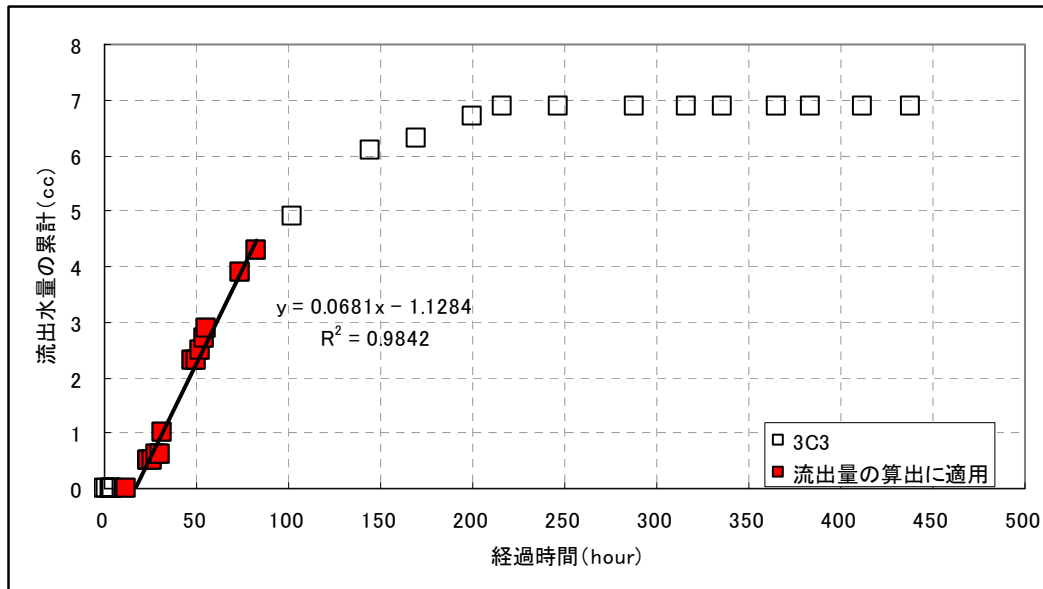
■1C1 試験体

流出水はほぼ一定の割合で増加した。そのため、測定した全データの近似直線の傾きを流出量 ($2.49 \text{ cm}^3/\text{hour}$) とした。



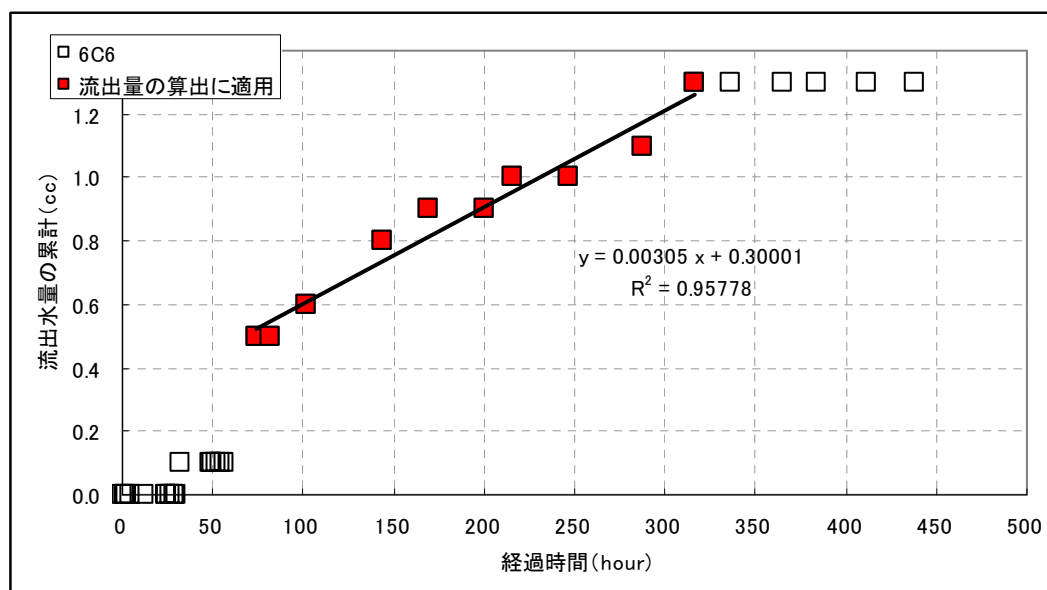
■3C3 試験体

透水試験開始後 24 時間頃から流出水が確認され、24～80 時間頃の区間においてほぼ一定の割合で流出水が増加した。そのため、流出水が一定の割合で増加した区間の近似直線の傾きを流出量 ($6.81 \times 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{hour}$) とした。



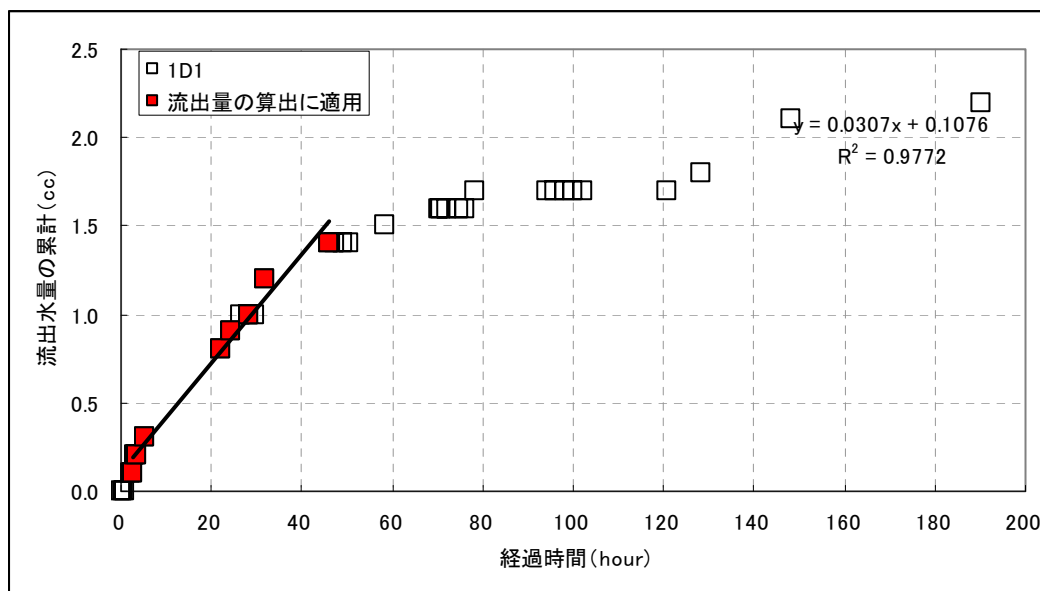
■6C6 試験体

透水試験開始後 30 時間頃から流出水が確認され、74～315 時間頃の区間においてほぼ一定の割合で流出水が増加した。そのため、流出水が一定の割合で増加した区間の近似直線の傾きを流出量 ($3.05 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{hour}$) とした。



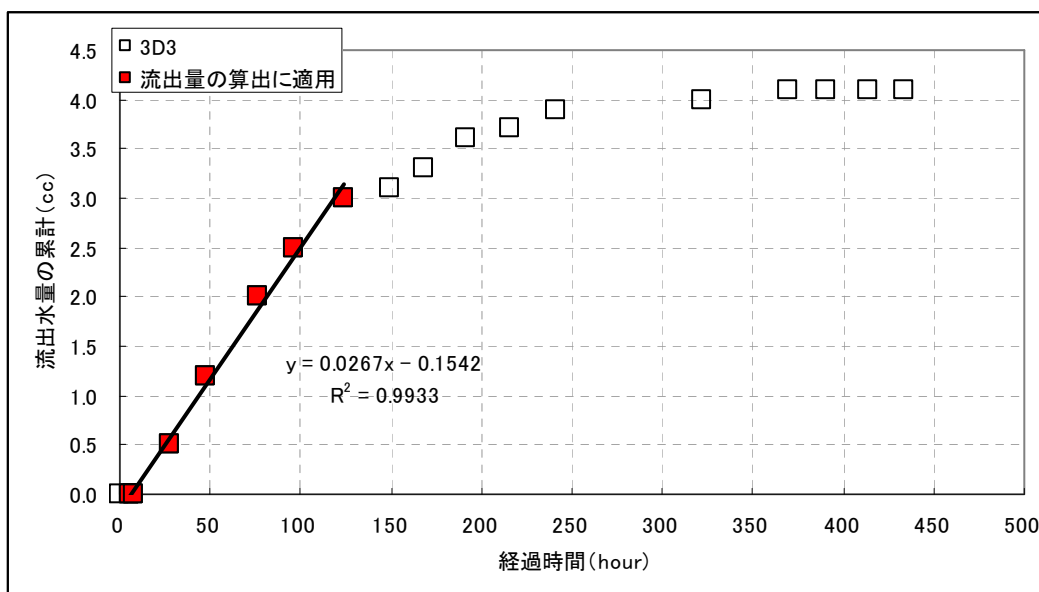
■ 1D1 試験体

透水試験開始後 2 時間頃から流出水が確認され、2～45 時間頃の区間においてほぼ一定の割合で流出水が増加した。そのため、流出水が一定の割合で増加した区間の近似直線の傾きを流出量 ($3.07 \times 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{hour}$) とした。



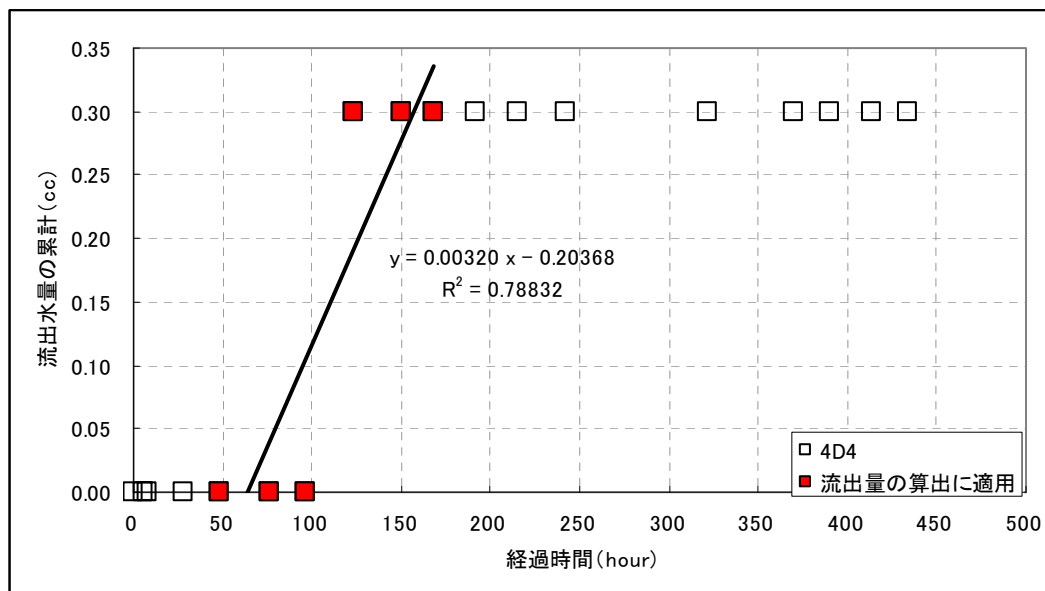
■ 3D3 試験体

透水試験開始後 27 時間頃から流出水が確認され、27～123 時間頃の区間においてほぼ一定の割合で流出水が増加した。そのため、流出水が一定の割合で増加した区間の近似直線の傾きを流出量 ($2.67 \times 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{hour}$) とした。



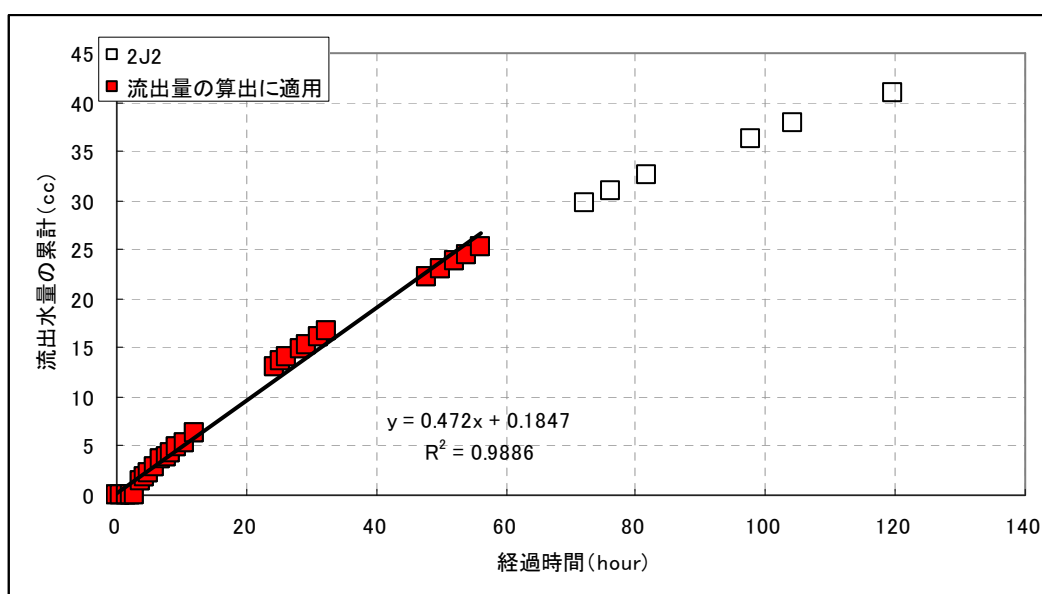
■4D4 試験体

透水試験開始後 123 時間頃に 0.3cm^3 の流出水が確認されたが、以後は流出水が確認されなかった。そのため、流出水が確認された前後 3 点の測定データの近似直線の傾きを流出量 ($3.20 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{hour}$) とした。



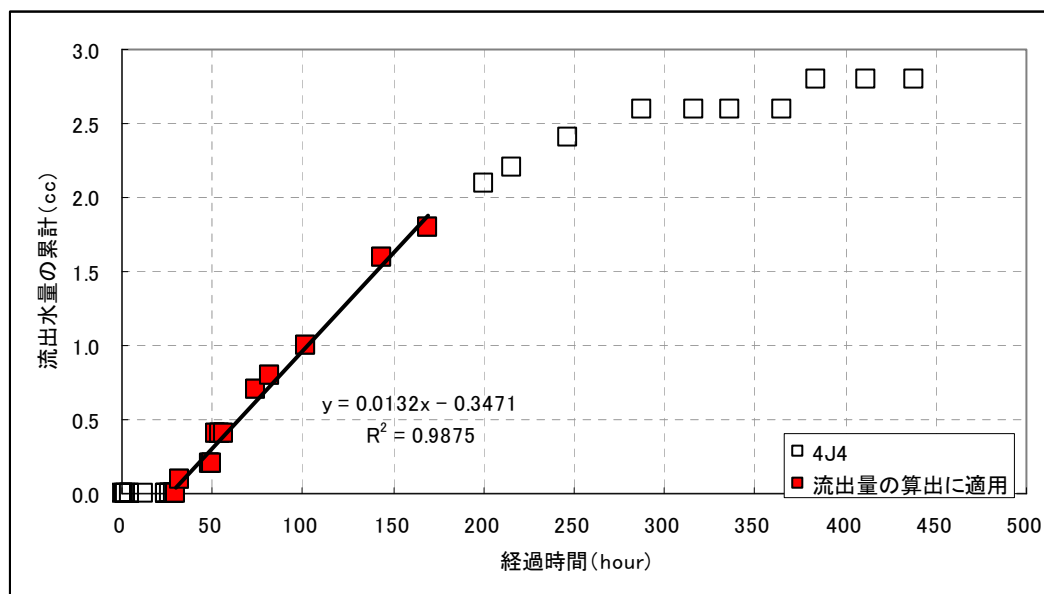
■2J2 試験体

透水試験開始後 3 時間頃から流出水が確認され、3~56 時間頃の区間においてほぼ一定の割合で流出水が増加した。そのため、流出水が一定の割合で増加した区間の近似直線の傾きを流出量 ($4.72 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{hour}$) とした。



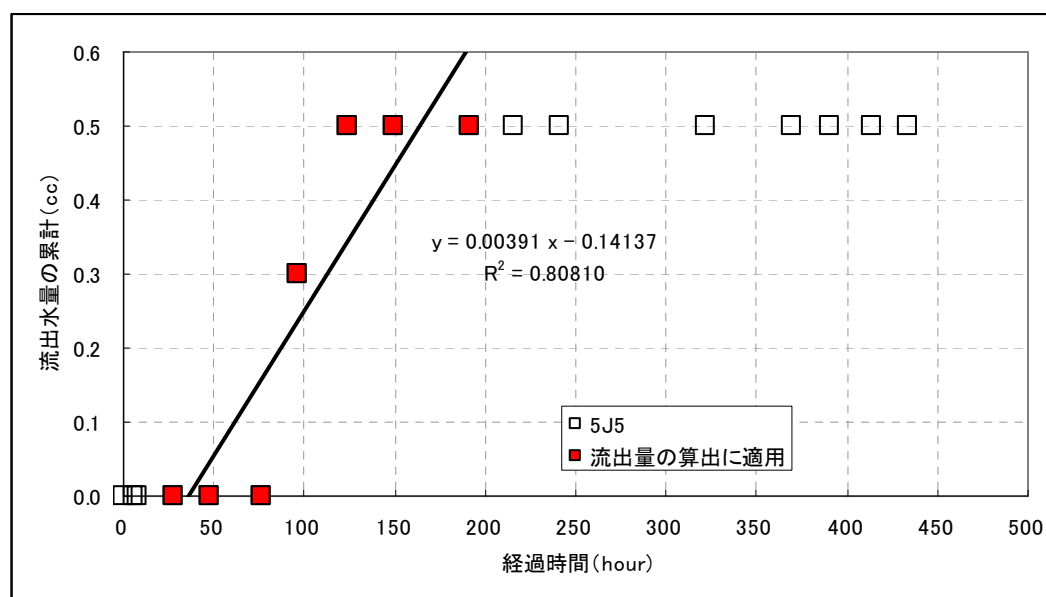
■4J4 試験体

透水試験開始後 32 時間頃から流出水が確認され、32～169 時間頃の区間においてほぼ一定の割合で流出水が増加した。そのため、流出水が一定の割合で増加した区間の近似直線の傾きを流出量($1.32 \times 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{hour}$)とした。



■5J5 試験体

透水試験開始後 96 時間頃に 0.3 cm^3 、123 時間頃に 0.5 cm^3 の流出水が確認されたが、以後は流出水が確認されなかった。そのため、流出水が確認された前後 3 点の測定データの近似直線の傾きを流出量($3.91 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{hour}$)とした。





写真No.1

試験体



写真No.2

試験体設置状況



写真No.3

透水試験状況

付属資料 2 引張試験

1. 実験概要

コンクリート打ち継ぎ目の処理工法によって打ち継ぎ目の引張強度への影響を把握するために引張試験を実施した。試験は図－1に示す万能試験機にて、継ぎ目を処理する3ケースと無処理の1ケース計4ケースの36(9×4ケース)供試体によって行った。また、コンクリートの材齢(1ヶ月材齢、2ヶ月材齢と3ヶ月材齢)による引張強度の変化を調べるために、実験は3回(9×4ケース=12供試体)分けて実施した。図－2に供試体のセット様子を示す。試験はストローク制御によって実施し、載荷スピードは $0.5\text{mm}/\text{min}$ とした。実験の出力は荷重とストロークとした。実験結果によれば、バラツキがあったが、処理後のどのケースも無処理のケースより強度が上がった。また、無処理の供試体を除き材齢による引張強度の増加も確認できた。



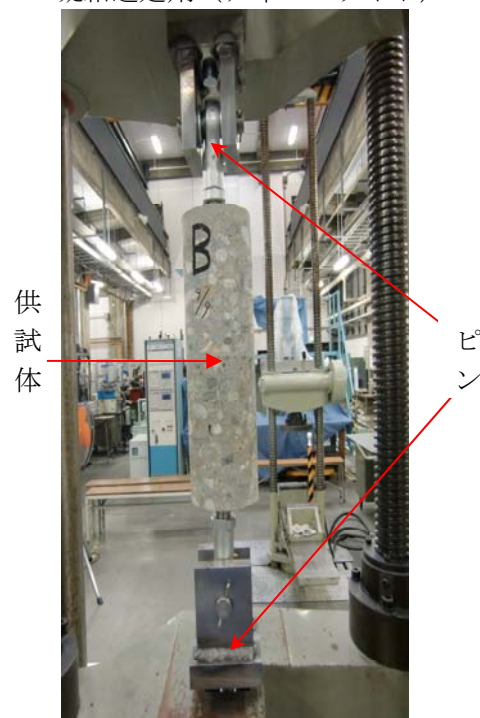
図－1 実験用万能試験機

1. 供試体

供試体は $\phi 100\text{mm} \times 300\text{mm}$ の円柱とした。継ぎ目の処理工法は次通りである。

B：無処理；C：セボ・ハードナ処理；D：凝結遅延剤（ディスパライト）+ハイウォシヤー処理；J：ジョイントエース処理

供試体の諸元は表－1に示す。



図－2 供試体のセット様子

表－1 供試体諸元-1

供試体 タイプ	試験日 月/日	供試体	寸法		質量 m(g)
			直径 ϕ (mm)	長さ l (mm)	
B	9/9	①	99.4		6068.2
	9/10	②	98.95		6111.1
		③	99.2		6061.1
	10/20	①	99.3	301.9	6060.8
		②	99.1	301.9	6064.6
		③	99.5	303.3	6095.1
	11/22	①	99.2	300.0	5973.8
		②	99.0	300.0	6078.5
		③	99.3	299.9	5960.2
C	9/9	①	100		6073.4
	9/10	②	99.75		6077.45
		③	99.9		6102.5
	10/20	①	99.9	302.5	6042.8
		②	99.9	302.6	6043.4
		③	99.6	302.7	6089.8
	11/22	①	99.7	300.7	6000.9
		②	99.8	300.9	6036.2
		③	99.9	301.7	6055.5

表－１ 供試体諸元-2

供試体 タイプ	試験日 月/日	供試体	寸法		質量 m(g)
			直径 ϕ (mm)	長さ l (mm)	
D	9/9	①	99.3		6066.7
	9/10	②	99.3		5987
		③	99.4		6048.3
	10/20	①	99.5	302.8	6023.3
		②	99.5	302.0	6081.1
		③	99.7	301.9	6054.7
	11/22	①	99.4	301.7	5980.4
		②	98.9	303.1	6039.7
		③	99.1	302.1	6064.4
J	9/9	①	100		6099.7
	9/10	②	99.5		6035.85
		③	99.1		6074
	10/20	①	99.4	301.8	6166.0
		②	99..2	302.4	6017.7
		③	99.9	302.1	6189.4
	11/22	①	99.8	300.4	6106.9
		②	99.8	303.0	6115.1
		③	99.8	302.9	6079.5

2. 実験結果

3-1 最大引張荷重（破断応力度）

1) 1回目（9/9、9/10） 表-2に1回目の実験結果を示す。

表-2 1回目の実験結果

供試体		試験値	断面積	自重	ジグ重量	最大荷重	応力度
		(kN)	(mm ²)	(kN)	(kN)	(kN)	(Mpa)
B	①	8.65	7760.02	0.03	0.09	8.77	1.130
	②	1.80	7689.91	0.03		1.92	0.250
	③	4.66	7728.82	0.03		4.78	0.618
	平均	5.04	7726.25			5.16	0.667
C	①	17.80	7853.98	0.03	0.09	17.92	2.282
	②	8.72	7814.76	0.03		8.84	1.131
	③	10.47	7838.28	0.03		10.59	1.351
	平均	12.33	7835.67			12.45	1.589
	C/B						2.381
D	①	19.24	7744.41	0.03	0.09	19.36	2.500
	②	12.96	7744.41	0.03		13.08	1.689
	③	15.14	7760.02	0.03		15.26	1.966
	平均	15.78	7749.61			15.90	2.052
	D/B						3.074
J	①	8.46	7853.98	0.03	0.09	8.58	1.092
	②	6.55	7775.64	0.03		6.67	0.858
	③	6.14	7713.25	0.03		6.26	0.812
	平均	7.05	7780.96			7.17	0.921
	J/B						1.381

注：供試体①は荷重制御によって行った。載荷速度は 25kN/min であった。

無処理の供試体 B の引張破断強度は 0.667MPa である。それに対して C 処理の供試体は 1.589 MPa、D 処理は 2.052 MPa、J 処理は 0.921 MPa で、それぞれ B 供試体の 2.381、3.074、1.381 倍大きくなっている。D 処理は最も効果的、C はその次きである。

2) 2回目（10/20）表-3に2回目の実験結果を示す。

表一3 2回目の実験結果

供試体		試験値	断面積	自重	ジグ重量	最大荷重	応力度
		(kN)	(mm ²)	(kN)	(kN)	(kN)	(Mpa)
B	①	9.96	7744.41	0.06	0.09	10.08	1.302
	②	7.45	7713.25	0.06		7.57	0.981
	③	5.43	7775.64	0.06		5.55	0.714
	平均	7.61	7744.43			7.73	0.999
C	①	16.48	7838.28	0.06	0.09	16.60	2.118
	②	11.86	7838.28	0.06		11.98	1.528
	③	11.98	7791.28	0.06		12.10	1.553
	平均	13.44	7822.61			13.56	1.733
	C/B						1.736
D	①	16.62	7775.64	0.06	0.09	16.74	2.153
	②	14.41	7775.64	0.06		14.53	1.869
	③	17.66	7806.93	0.06		17.78	2.277
	平均	16.23	7786.07			16.35	2.100
	D/B						2.103
J	①	9.27	7760.02	0.06	0.09	9.39	1.210
	②	13.40	7728.82	0.06		13.52	1.749
	③	5.30	7838.28	0.06		5.42	0.691
	平均	9.32	7775.71			9.44	1.214
	J/B						1.216

無処理の供試体 B の引張破断強度は 0.999MPa である。それに対して C 処理の供試体は 1.733 MPa、D 処理は 2.100 MPa、J 処理は 1.214 MPa で、それぞれ B 供試体の 1.736、2.103、1.216 倍大きくなっている。1 回目と同様に D 処理は最も効果的、C はその次である。

3) 3回目 (10/20) 表-4に3回目の実験結果を示す。

表-4 3回目の実験結果

供試体		試験値	断面積	自重	ジグ重量	最大荷重	応力度
		(kN)	(mm ²)	(kN)	(kN)	(kN)	(Mpa)
B	①	2.06	7728.82	0.06	0.09	2.18	0.282
	②		7697.69	0.06			
	③	3.28	7744.41	0.06		3.40	0.439
	平均	2.67	7723.64			2.79	0.361
C	①	13.14	7806.93	0.06	0.09	13.26	1.698
	②	14.43	7822.60	0.06		14.55	1.860
	③	11.57	7838.28	0.06		11.69	1.491
	平均	13.05	7822.60			13.17	1.683
	C/B						4.661
D	①	14.98	7760.02	0.06	0.09	15.10	1.946
	②	13.15	7682.14	0.06		13.27	1.727
	③	13.66	7713.25	0.06		13.78	1.786
	平均	13.93	7718.47			14.05	1.820
	D/B						5.041
J	①	12.54	7822.60	0.06	0.09	12.66	1.618
	②	12.17	7822.60	0.06		12.29	1.571
	③	12.65	7822.60	0.06		12.77	1.632
	平均	12.45	7822.60			12.57	1.635
	J/B						4.527

無処理の供試体 B の引張破断強度は 0.361MPa である。それに対して C 処理の供試体は 1.683 MPa、D 処理は 1,820 MPa、J 処理は 1.635 MPa で、それぞれ B 供試体の 4.661、5.041、4.527 倍大きくなっている。これまでの実験結果と同じで、D 処理は最も効果的、C はその次きであるが J と C の差は殆どない。

3-2 材齢の影響 表-5に各回の実験結果を示す。

表-5 各回の実験結果

供試体	試験日	最大荷重	応力度
		kN	N/mm ²
B	9/10: I	5.16	0.67
	10/20: J	7.73	1.00
	11/22: K	2.67	0.36
C	9/10: I	12.45	1.59
	10/20: J	13.56	1.73
	11/22: K	13.05	1.77
D	9/10: I	15.90	2.05
	10/20: J	16.35	2.10
	11/22: K	13.93	1.91
J	9/10: I	7.17	0.92
	10/20: J	9.44	1.21
	11/22: K	12.45	1.64

全供試体に対して2回目(10月20日)の実験による引張強度は1回目(9月10日)の方より大きくなり、材齢による強度の増加が確認できたが、3回目(11月22日)の結果についてBとD供試体の強度は1回目よりも下回っている。特にB供試体の3回目の結果は1回目の方の60%程度しかない。

3-3 破断断面

表-6に各供試体の破断位置と破断断面の状況を示す。

供試体	破断断面	状況
B	打ち継目	きれいに分離、殆どの破断断面は灰色と濃い灰色を呈している（図-3(1)参照）。
C	1回目と2回目は打ち継目、3回目は母材	1回目と2回目の破断断面は中央断面か中央から1~2cm離れた断面であった。中央断面での破断について断面に少し骨材が巻き込んで入るが、断面がほぼきれいである（図-3(2)参照）。3回目の破断は引張用埋め込みボルトの先端位置であって、母材破断で、断面が凹凸している（図-3(3)参照）。
D	打ち継目と母材	実験実施日によらず、打ち継目か母材かが破断した。すべての断面が凹凸している（図-3(4)、(5)参照）。また、3回目の破断断面について引張用埋め込みボルトの先端位置での断面もあった。（図-3(6)参照）。
J	1回目と2回目は打ち継目、3回目は母材のケースがあった	1回目と2回目の破断断面はほぼ中央断面であった。破断断面にわずかな骨材が巻き込んで入るがあったが、断面がほぼきれいである（図-3(7)参照）。3回目の破断断面について引張用埋め込みボルトの先端位置での断面もあった。（図-3(8)参照）。



図-3（1） B 供試体の破断断面－打ち継ぎ目



図－3（2） C 供試体の破断断面（2 回目）－打ち継ぎ目



図－3（3） C 供試体の破断断面（3 回目）－引張用ボルト先端



図－3（4） D 供試体の破断断面（1 回目）－母材



図－3（5） D 供試体の破断断面（2 回目）－打ち継ぎ目



図－3（6） D 供試体の破断断面（3回目）－引張用ボルト先端



図－3（7） J 供試体の破断断面（2回目）－打ち継ぎ目



図－3（8） J 供試体の破断断面（3回目）－引張用ボルト先端

3. 偏心について

偏心量にばらつきがあるが殆どの供試体の載荷点が図－4に示すように偏心している。偏心によって引張強度が降下されると考えられ、るがその影響について調べる必要がある。



図－4 供試体載荷点の偏心