

V-40 注入条件、配合条件がフレパックスコンクリートの均等性におよぼす影響について — 水中施工の場合 —

鹿島建設技術研究所 正員 中原 康

鹿島建設技術研究所 正員 ○大友忠典

鹿島建設技術研究所 木口良男

1 まえがき

フレパックスコンクリート工法は、我国でも20年近くの実績をもつ特殊コンクリート施工法であり、近年には本州四国連絡橋の基礎工に同工法を適用することの検討のため大規模な施工実験がくり返されている。これら一連の実験から、フレパックスコンクリートの水中施工の場合の注入モルタルの分離という問題が提起され、この問題点に沿った視野からみると、フレパックスコンクリートは必ずしも均等質でないことが判明している。すなわち、施工時に注入管から吐出された注入モルタルは、最も通過し易い経路（一般には注入管に沿った部分）を通過して既注入モルタルを貫流して、その上に上昇し、そこを起点としてまわりの水と接しながら粗骨材空隙中を各方向へ流動するが、この流動距離が短い部分に比べて長い部分では強度が低下し、極端な場合には未硬化の状態を呈する。

このような強度低下を少なくするためには、注入モルタルがまわりの水と接しながら流れることのないように施工方法を変えることや、まわりの水と接しながら流れても強度低下の少ない注入条件、配合条件を選定することが考えられる。本実験は後者に関するものであり、注入条件、配合条件等の各種要因が流動距離の長い部分の強度低下におよぼす影響を調べ、強度低下の少ない条件の選定に主眼をおいている。

2 既往の研究

フレパックスコンクリートに関する既往の研究は数多くあるが、注入モルタルがまわりの水と接しながら流動する距離とフレパックスコンクリートの強度の関係について調べた例は極めて少ない。日本鉄道建設公団による研究⁽¹⁾、筆者等の研究⁽²⁾、原田、岩井、板井氏等の研究⁽³⁾等はその数少ない例であるが、いずれも注入条件、配合条件等の要因が流動距離の長い部分の強度低下におよぼす影響を十分に詳しく調べているとはいえない。岩崎、富山氏等は、流動距離の増大にともなうモルタルとまわりの水の混合について調べているが、まだ基礎研究の域にある⁽⁴⁾。ACI Committee 304の報告⁽⁵⁾やCUR Commissie C17で発表された報告をまとめたL. Stavast氏の報告⁽⁶⁾等にも注入モルタルの流動距離とフレパックスコンクリートの強度の関係について調べている例はみあたらない。

3 実験方法

(1) 要因：注入モルタルの流動距離が長い部分の強度低下に影響をおよぼすと思われる要因を、図-1に示した。図-1の要因のうち*印を付してあるものを今回の実験にとりあげた。

(2) 実験体の製造方法：実際の施工を図-2(a)のように想定し、その一部分をとりだして実験体

は図-2(a)のような $\frac{1}{8}$ 円柱体とした。実際の実験体製造作業は8個の実験体を組み合わせて実施したので外観上は1個の円柱体に見える。

(3) 実験構成：図-1に示した要因のうち粗骨材寸法2通りと注入モルタル最大流動距離2通りを組み合わせて4つの組を作り、A、B、C、Dブロックと名付ける。各ブロックで残りの7つの要因を直交表L₈にわりつける実験構成とした。表-1に実験構成を示す。

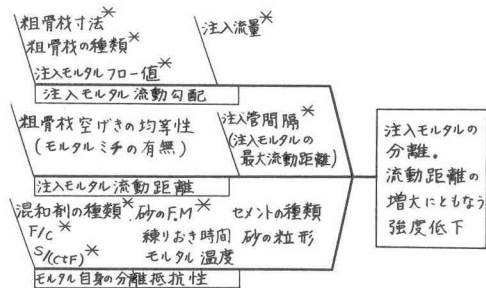
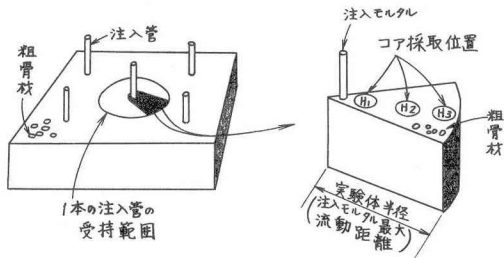


図-1 要因図



写真-1



(a) 実際の施工(水中) (b) 実験体(型わく灌水)

図-2 想定した施工と実験体

表-1 実験構成

要因 ブロック名	粗骨材寸法	注入モルタル最大流動距離	残りの要因	直交表 L ₈ による組み合わせ											
				実験体 No.	注入モルタルの材料、配合	粗骨材の種類	注入流量	コア供試体強度 モルタル流動距離							
					混合剤 F/C	S/(C+F)	70-値 秒	砂の F.M				H ₁	H ₂	H ₃	
A	mm 40~80	m 3.5	直交表 L ₈ で組みあわせる	A B C	C-1	P 剤	0.2	1.0	15±1	1.58	碎石	小 (G ₁)			
				A B C	C-2	P	0.4	1.5	19±1	2.34	碎石	小 (G ₁)			
B	40~80	1.75	直交表 L ₈ で組みあわせる	A B C	C-3	Q	0.2	1.5	15±1	2.34	碎石	大 (G ₂)	これらの欄に コア供試体の 試験結果か 入る。		
				A B C	C-4	Q	0.4	1.0	19±1	1.58	碎石	大 (G ₂)			
C	25~40	1.4	直交表 L ₈ で組みあわせる	A B C	G-1	P	0.2	1.0	19±1	2.34	川砂利	大 (G ₂)			
				A B C	G-2	P	0.4	1.5	15±1	1.58	川砂利	大 (G ₂)			
				A B C	G-3	Q	0.2	1.5	19±1	1.58	川砂利	小 (G ₁)			
D	25~40	0.8	直交表 L ₈ で組みあわせる	A B C	G-4	Q	0.4	1.0	15±1	2.34	川砂利	小 (G ₁)			

注) 1. G₁: A,Bブロックでは6.25ℓ/min, C,Dブロックでは1.875ℓ/min, G₂:同様に125ℓ/min, 3.75ℓ/min

2. A,B,C,Dブロックの順に H₁は0.45, 0.45, 0.30, 0.30 m, H₂は1.55, 1.00, 0.70, 0.50 m

H₃は3.20, 1.55, 1.20, 0.70 m

(4) 使用材料：アサノ普通ポルト, アサノフライアッシュ, 利根川産砂(F.M=1.58と2.34), 奥多摩産碎石(40~80mmと25~40mm), 相模川産川砂利(40~80mmと25~40mm), 混和剤2種P, Q(いずれもAl粉末を含む)

(5) 試験項目：モルタルの流動勾配, 圧縮強度(実験体から採取したコア供試体、実験体作成時に同一配合のモルタルで製造した標準供試体), 弾性係数等

4 実験結果および検討

(1) モルタルの流動勾配

モルタルの流動勾配測定値の分散分析の結果、いずれの要因も流動勾配に影響をおよぼすと判定できるデータではなかった。ただ、その中でも粗骨材寸法のみは多少の影響があるように思われ表-2にそれを示す。検査管を定位置に設置して流動勾配を測定する現行の方法では、モルタルの流線に沿って測定しているとは限らず、また、モルタルの流れの枝分れの数など未知な事柄も多い。このようなことから非常に効果の大きい要因のみが検出され、それは粗骨材寸法に期待できると考えるべきであろう。このような問題を含む測定法ではあるが、流動勾配測定値0.6~0.8以上になったものには未硬化の部分が存在した。

表-2

粗骨材の寸法	40~80 mm	25~40 mm
流動勾配	1.0	1.0

(2) コア供試体強度

各要因の圧縮強度への影響を図-3~図-5に示す。Cブロックについては示さなかったが、Cブロックではコンクリートに未硬化の部分が多く、コア採取のできなかった所に欠測値の代用値を入れても、解析結果に確信がもてなかったためである。他の研究例でもCブロックの条件(粗骨材寸法25~40mm, 最大流動距離1.4m)に近いものは未硬化の部分が生じており、この条件を実際の施工に採用すると未硬化の部分が生じることの不安を除くことはできない。

図-3~図-5をみると、より均等質なフレパックスドコンクリートを製造するための条件が選定できる。粗骨材寸法40~80mmの場合(A, Bブロック)と25~40mmの場合(Dブロック)とで多少様子は異なるが、前者の場合には混和剤=Q剤, $F/C=0.4$, $S/(C+F)=1.0$, フロー値=15±1 sec とすること等が均等性に有利であり、後者の場合には混和剤=Q剤, $S/(C+F)=1.0$, 粗骨材=川砂利などが有利である。

分散分析の結果もあわせて考慮して最良条件を決め、そのときの圧縮強度を推定した結果を図-6に示す。図-6よりわかるように最良条件を選べば、強度低下はA, B, Dブロックでそれぞれ0.65, 0.86, 0.78 程度におさめられると推定される。なお推定計算はΩ法による。

文献(1)に示されているフレパックスドコンクリートの強度と、それに対する本実験結果からの推定値を図-7に示す。コンクリート特有の材料の多様性、製造工程の多様性などのため絶対値は一致しないまでも強度低下が約1/2になる点では一致している。

(3) 標準供試体強度とコア供試体強度の比較

図-3~図-6に示している標準供試体強度とコア供試体強度を比較して注目されることは、要因の効果が両者で必ずしも一致しないことである。その端的な例が、フロー値の効果、粗骨材の種類の効果であり、例えば、標準供試体ではフロー値19 secの方が大きい強度を示すが、コア供試体では逆になっている。(A, Bブロック) このことはモルタルの水中流動という悪条件をほとんど与えないで製造した標準供試体の強度で、配合の適否、注入条件の適否などを定めることへの警鐘と考えることができ、特に重要構造物では、実際の施工に擬した模型で注入実験をし、モルタルの水中流動という悪条件を与えた状態での強度を確認することなどが肝要となろう。

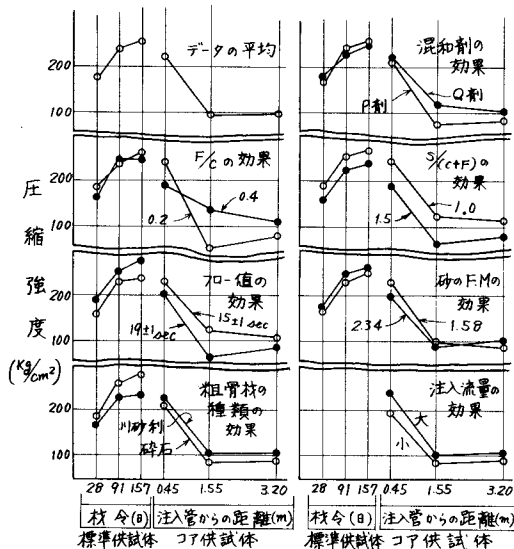


図-3 各要因のコンクリート強度への影響 (Aブロック)

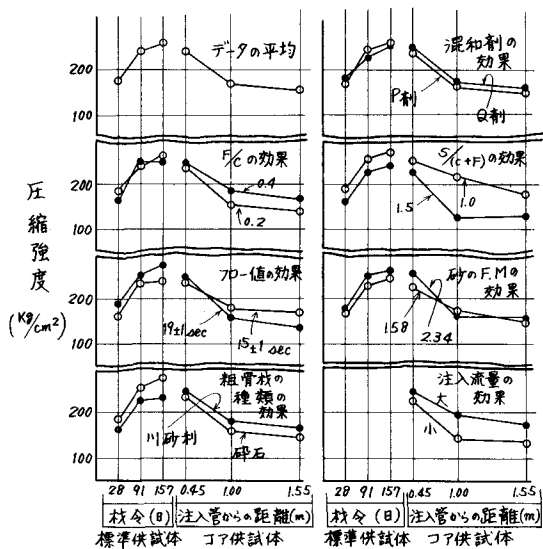


図-4 各要因のコンクリート強度への影響 (Bブロック)

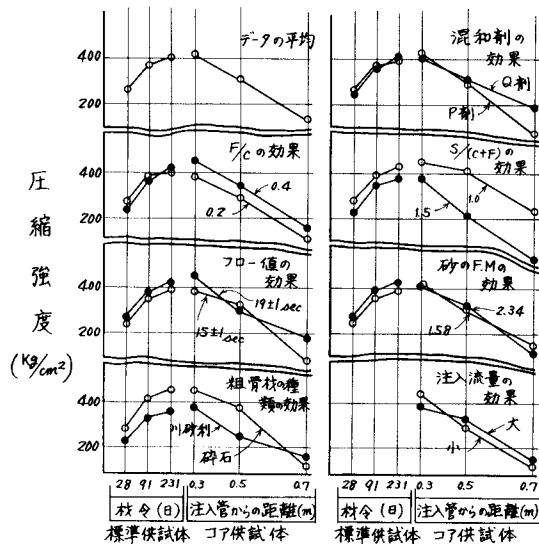


図-5 各要因のコンクリート強度への影響 (Dブロック)

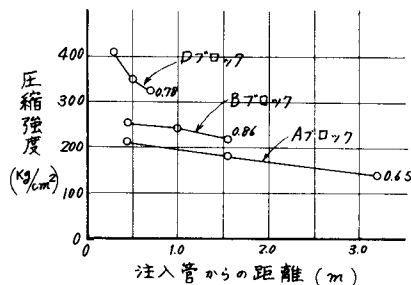


図-6 最良条件における強度

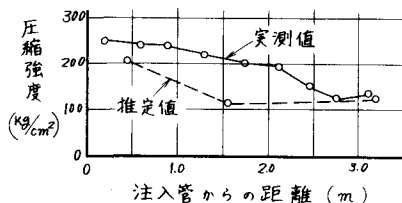


図-7 ある条件での推定値

参考文献

- 1) 日本鉄道建設公団；本州四国連絡橋基礎工調査実験報告書 昭45.3
- 2) 中原、大友、木口；フレパッドコンクリート工法の研究(その3) 鹿島建設技術研究所年報 Vol.18
- 3) 原田、岩井、板井；フレパッドコンクリート工法における注入充填材の流動性状に関する諸実験 鉄道技術研究所報告 施設編 No.730
- 4) 岩崎、高山；水中フレパッドコンクリートにおけるクラウトの稀釈について 第25回セメント技術大会
- 5) ACI Committee 304；Replaced aggregate concrete for structural and mass concrete Jour. of ACI Vol.66 No.10
- 6) L.Stavast；Underwaterbeton Cement 22(2)