

委員会報告

「充填材の品質評価研究委員会報告」

辻 幸和 (群馬大学工学部建設工学科)
 鈴木一雄 (全国生コンクリート工業組合連合会)
 牛島 栄 (株青木建設研究所)

1. 委員構成

委員長：辻 幸和 (群馬大学工学部建設工学科)
 幹事：鈴木 一雄 (全国生コンクリート工業組合連合会) 牛島 栄 (株) 青木建設研究所
 委員：青木 茂 (株) 大林組技術研究所 石橋 龍吉 (住宅・都市整備公団)
 今井 実 (清水建設(株)技術研究所) 新藤 竹文 (大成建設(株)技術研究所)
 関根 信哉 (日本道路公団) 高田 誠 ((株) ポプリス物産)
 高橋 弘人 (建設省土木研究所) 宅間善三郎 (オリエンタル建設(株))
 竹内 徹 (藤沢薬品工業(株)) 中谷 清一 (電気化学工業(株))
 福手 勤 (運輸省港湾技術研究所) 古谷 時春 (東日本旅客鉄道(株))
 松島 泰幸 (建設省建築研究所) 壬生 幸吉 ((株) ヒュー・エスエンジニアリング部)
 森 博嗣 (名古屋大学工学部建築学科) 柳田 克巳 (鹿島建設(株)技術研究所)
 綿貫 輝彦 ((株) 小野田 開発研究所)

2. 委員会の目的と活動概要

2.1 委員会の設立目的

充填材には、PCグラウトやプレパックドコンクリート用注入モルタル等のように従来から有用されてきたものの他に、RM構造用グラウト、逆打ち高流動コンクリートおよび各種充填コンクリートなどといった新しい分野においても、他に代替できない材料として、セメントペーストやモルタルとしてだけでなく、コンクリートとしても幅広く活用されている。

しかしながら、これらの充填材は、これまでそれぞれ用途別に研究開発され、また有用されてきたため、これらの品質が共通の基準で相互に評価されたことは、皆無といえる。そして、これらそれぞれの充填材に要求される流動性、材料分離抵抗性、充填性、強度および耐久性などの品質についても、統一的に検討されたことはない。またこれらの品質は、新しい混和材料や練混ぜ方法等の採用により高度化、高性能化されつつある。そのため、従来の試験方法ではそれらの品質を正確に評価できなくなる場合が生じてきており、それぞれ独自に対応しているのが現状である。

そして、充填材自体に要求される性能としては、単なる充填性だけでなく、一体性を確保することが主要な品質項目となる場合が多い。そのためには、充填材にも周辺のコンクリート等と同等以上の力学的性質が必要とされるなどの、構造材料として充填材を評価する場合も多くなってきている。このような事例は、RM構造用グラウトや従来のプレキャスト用グラウトなどにおいても主要な要求品質として取り上げられてきたが、構造型式の多様化やプレキャスト化の進展などに伴って今後ますます焦点となる品質項目になると考えられる。

充填材の品質評価研究委員会は、このような充填材の調査を行い、充填材の品質を統一した概念で把握するために設立された。

2.2 委員会の活動概要

本研究委員会では、平成3年度と4年度の2年間において、まず個々の充填材について一般に用いられている要求性能やその品質評価試験方法を調査して、試験方法および試験結果を総合的に比較検討し、試験方法の適用範囲と精度を明らかにした。そして、充填材に要求される品質の分類化と統一化、高品質化した充填材に適した共通の試験方法等を検討するとともに、充填材として付与すべき品質とその評価方法を検討することを目的として、活動を行ってきた。そして、セメント系充填材のシンポジウムを平成4年12月に東京に於いて開催し、本委員会の活動の中間報告¹⁾と応募頂いた論文発表²⁾を行った。本報告は、これまで本委員会が行ってきた活動結果を報告するものである。

3. 充填材、グラウト

3.1 充填材・グラウトとは

日本工業規格(JIS A 0203)によれば、グラウトを、細かいすき間に充填するため、混和材料を加えて充填性をよくしたセメントペーストまたはモルタルと定義している。これに従えば、細かいすき間をセメントペーストやモルタルで埋める行為を充填と、また埋める材料、すなわち充填するのに用いるセメントペーストまたはモルタルなどセメント系の充填材をグラウトと、それぞれ呼ぶのが、JISの定義となっている。

現在、土木や建築工事をはじめ鉱山における工事に関連して使用される充填材の種類は、極めて広範にわたっており、その施工量や適用の頻度もかなり相違している。しかしながら、実際に行われている各種充填材の施工に対する学協会の規準等は少なく、プレストレストコンクリートのPCグラウトやプレパックドコンクリート用注入モルタルについて定められている規準類を準用して、品質管理等を実施しているのが実情である。このため、それぞれの充填工法によって用語の使われ方が相違し、充填材の品質を総合的に評価したり、管理試験の統一化等を推進する場合などに、基本的な問題となっている。そこで、現在建設工事などで使用されている主要な充填材について調査し、充填材の呼び名について現状を整理した。

3.2 対象とした充填材

本委員会では、充填材の品質評価に対する検討の範囲としては、“流動性の程度がフロー値またはスランプフロー値で評価される軟練りのセメントペースト、モルタル、コンクリートの無機系材料で、その中に有機系材料が10%程度まで混合されているものも含める”とし、これらが構造体として用いられるものまでを対象とした。したがって、RM構造用グラウト、逆打高流動コンクリートおよび各種充填コンクリート等の骨材の最大寸法が大きい場合も検討の対象となっている。これら各種の充填材に対する学会における品質規格は、上述のプレストレストコンクリートのPCグラウトとプレパックドコンクリ

表-1 用語の比較

項目	プレストレストコンクリートのPCグラウト	プレパックドコンクリート用注入モルタル	充填モルタル
充填する材料	グラウト	注入モルタル	充填モルタル
充填作業	注入	注入	充填
充填が終了した状態	充填	注入	充填

ート用注入モルタル、膨張材を用いた充填モルタル等が定められている。この3つの規格において使用されている用語を整理すると表-1に示すようであって、充填材をプレストレストコンクリートのPCグラウトの場合「グラウト」、プレパックドコンクリート用注入グラウトの場合「注入モル

タル」とそれぞれ呼んでおり、充填材の使用箇所（施工法）によって使われ方が相違している。そこで、本研究委員会が対象としている充填材について、慣用的に使用されている用語を整理し、表-2にまとめた。

表-2によると各種充填材の施工において、慣用的に使用されている充填材の名称は、多くの場合「グラウト」であり、JIS A 0203に従った呼び方となっている。プレパックドコンクリート注入モルタル、支承下グラウト、機械台座下グラウト、軌道スラブ下グラウト等の場合は、「モルタル」と呼び、「グラウト」に次いで多く用いられている。なお、グラウトの注入作業については、「注入」ないし「充填」と呼ばれている。JIS A 0203によれば、「グラウチング」がこれに対応した用語であるが、現在あまりこれは使用されていない。

表-2 各種充填工法において使用されている用語の比較

No	充填材の種類	充填する材料名	充填作業
1	PCグラウト	グラウト (セメントミルク)	注入
2	鉄筋継手グラウト	グラウト	充填
3	プレパックドコンクリート用注入モルタル	注入モルタル	注入
4	RM構造用グラウト	グラウト	充填
5	逆打ち高流動コンクリート	セメントペースト モルタル、コンクリート	注入
6	構造物の補修・補強注入グラウト	注入グラウト	注入
7	ダム継目グラウト	グラウト	注入、グラウチング
8	トンネルシールド裏込めグラウト	グラウト (グラウチングミルク)	充填
9	プレキャスト用グラウト	グラウト、コンクリート	充填
10	貯蔵ピット用グラウト	(貯蔵ピット用) グラウト	充填
11	支承下グラウト	無収縮モルタル	注入
12	機械台座下グラウト	グラウト、モルタル	充填・注入
13	軌道スラブ下グラウト	グラウト セメントアスファルトモルタル	注入
14	舗装版下グラウト	グラウト	注入
15	原子力発電所格納容器下グラウト	充填モルタル 充填コンクリート	充填

3.3 充填材とグラウト

建築補修用注入エポキシ樹脂(JIS A 6024)や建築用シーリング材(JIS A 5758)なども、狭い間隙に注入するための材料であるから、充填材に分類される。以上より、充填材としてセメント系混合物を用いる場合には、「グラウト」や「充填モルタル」、「充填コンクリート」の用語が使用されている。前述の建築工事の一部用いられるコーキング材やシーリング材には、一般に有機系の材料が用いられ、これに関するJIS規格では、「充填材」という表現が用いられ、「グラウト」は使用されていない。

したがって、充填材とは、構造体の間隔を埋める全ての材料を総括する用語であって、コンクリートをも含むものとし、グラウトはコンクリートを除くセメント系の充填材に対する用語として用いられるのが現状である。そして、更に広義に解釈して、「構造体の間隙」「永久型枠中」および「鋼材中」等も対象とし、それらの中に充填するコンクリートも含むものとした。

充填材とグラウトとの分類を図示すると、図-1に示すようである。

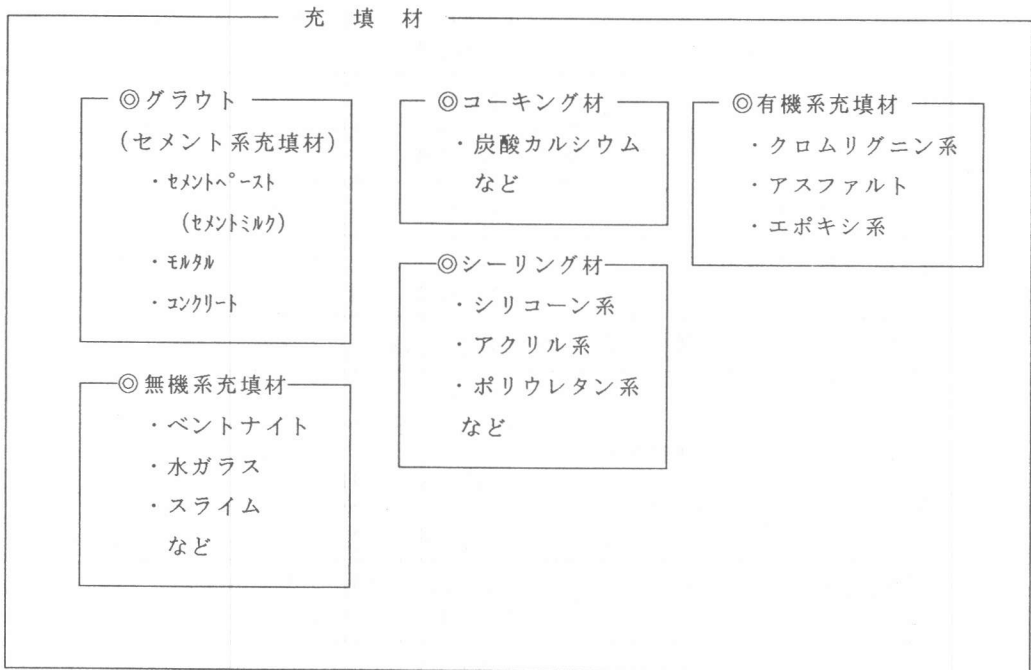


図-1 充填材とグラウトとの分類

4. 充填材の要求性能

4.1 要求性能による分類

各種の充填材は、その使用目的に応じて要求される性能が異なり、図-2に示すように、「硬化前の充填材に要求される性能」と「硬化後の充填材に要求される性能」の二つに大別される。また、充填材の要求性能に関しては、構成材料、材料特性、施工性、構造体の性能の各段階について、評価項目とともに表-3に示す。

充填材に要求される性能としての流動性と材料分離抵抗性は、図-2および表-3に示すように、非常に重要な要求性能であるので、これらの用語の定義を4.2に提案する。今後は、流動性や材料分離抵抗性を評価する試験方法が重要となり、より活発な研究が期待される。

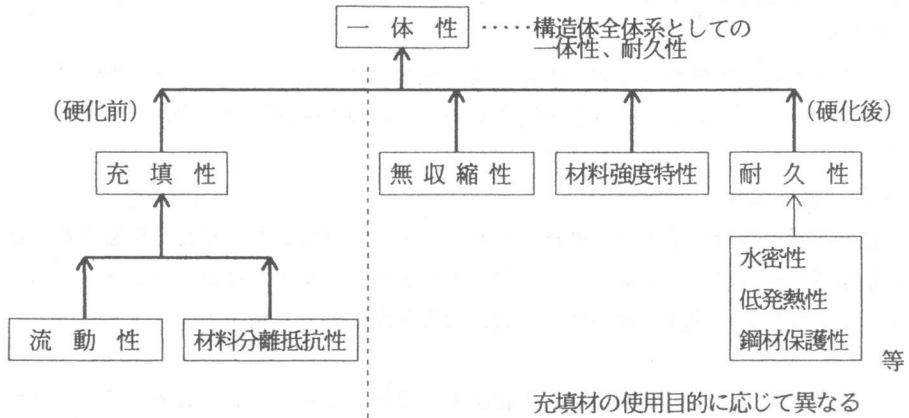


図-2 各種充填材に要求される性能

表-3 要求性能に対する評価項目

項目	フロー	要求性能	評価項目
1. 構造体としての性能に係る評価		<ul style="list-style-type: none"> 各構造物の使用目的による要求性能 	<ul style="list-style-type: none"> 構造耐力 接着性、付着性 水密性、透気性 ひび割れ防止 強度 その他耐久性
2. 充填性(施工性)に係る評価		<ul style="list-style-type: none"> 各構造物の使用目的による要求性能を確保するために注入間隔、空隙、の隅々まで充填できる性能 	<ul style="list-style-type: none"> 注入量 注入勾配、高さ 接着性 流出口からの流出量と流動性の確認 強度
3. 充填材の特性に係る評価		<ul style="list-style-type: none"> 各構造物の使用目的による要求性能を確保するために充填材の品質を満足できる性能 	<ul style="list-style-type: none"> 流動性 材料分離抵抗性 無収縮性 強度特性 硬化速度
4. 構成材料に係る評価		<ul style="list-style-type: none"> 各構造物の使用目的による要求性能を満足する構成材料の性質 	<ul style="list-style-type: none"> 低発熱性 膨張性 分散性 骨材の最大寸法

4. 2 要求性能に関する用語

(1)流動性

変形あるいは流動のしやすさの程度で表されるフレッシュコンクリート、フレッシュモルタルまたはフレッシュペーストの性質をいう。流動性は材料固有の性質であるが、振動、圧力、温度などの施工条件の影響を受ける。

(2)材料分離抵抗性

振動などの外力や重力が、骨材・セメント・水に作用して、相対移動を生じさせることに抵抗するフレッシュコンクリート、フレッシュモルタルまたはフレッシュペーストの性質をいう。必要な材料分離抵抗性は、一般に施工条件によって決まる。

(3)充填性

所定の空間に充填材が満たされる程度を示す性質をいう。各種の施工条件下における作業性も含まれる。

(4)一体性

硬化した充填材が周辺の構造物あるいは部材とともに外力に抵抗する程度を示す性質をいう。経時変化を含めた性質であり、材料自体の耐久性にも影響を受ける。

なお、作業性に関する用語等についても検討し整理した。

4. 3 流動性の評価方法

充填材の流動性を評価する試験方法は、これまでも数多く提案されている(表-4)。流動性の良好な充填材の評価方法としては、土木学会規準「プレパックドコンクリートの注入モルタルのコンシステンシー試験方法」(JSCE-1986)に示されるPロート等のロート法を用いた流下時間の測定が挙げられる。しかし、流下時間と充填材の物性値との関連について理論的に解析した

表-4 充填材の主な流動性試験方法(セメントペーストおよびモルタル)

試験方法	提案者または研究者	測定値	解析式	物性値との関連
Pロート法 (Jロート JAロート)	赤塚 ³⁾	流下時間	Navier-Stokes式	η
	村田、鈴木 ⁴⁾	"	エネルギー方程式 Buckingham-Reiner式	η_{P1}, τ_f
ロート法	谷川、森ら ⁵⁾	流下時間 流動勾配	エネルギー方程式 Buckingham-Reiner式	η_{P1}, τ_f
回転粘度計法	村田 ⁶⁾	η_{P1}, τ_f	回転粘度計の力学	
	菊川 ⁷⁾	"	"	
	玉井 ⁸⁾	"	"	
	長滝 ⁹⁾	"	"	
	梅屋 ¹⁰⁾	"	"	
	T. C. Powers ¹¹⁾	"	"	
細管型粘度計	村田、鈴木 ⁴⁾ 田沢ら ¹²⁾	流量	Buckingham-Reiner式	η_{P1}, τ_f
球引き上げ式 粘度計	西林ら ¹³⁾	η_{P1}, τ_f	Ansley式	
傾斜管試験法	村田、鈴木 ¹⁴⁾	傾斜角度 流量	エネルギー方程式 Buckingham-Reiner式	

研究はこれまで少なかったが、近年精力的な研究が行われている^{3)~5)}。流動性の試験方法として回転粘度計法および傾斜管試験法が提案されており、レオロジー定数を算定する試みがなされている^{6)~14)}。更に、最近話題になっている超流動コンクリートでは流動性の評価を目的とする各種の試験が試行されており、フレッシュコンクリートの流動性把握のためレオロジー定数の算定が重要になってきている^{15)~17)}。

5. 充填材の品質規格、試験方法および用途の現状

本研究委員会中間報告では、各種充填材の品質規格および試験方法を、要求性能別に取りまとめて表にして示した。充填材は、3. 充填材、グラウトで述べたように様々な用途に使用されているが、学協会における品質規格等が十分整備されていない場合もあったので、工事仕様や現場に於ける経験則等も参考までに調査の対象とした。要求性能としては、①流動性、②材料分離抵抗性、③充填性、④無収縮性、⑤一体性、⑥強度、⑦耐久性、⑧水密性、⑨低発熱性、⑩鋼材を保護する性質、⑪その他（配・調合）を取り上げた。対象とした充填材は、表-2に示すものである。充填材の用途の現状については、各種の充填材ごとに、①概要、②使用目的、③要求性能と評価方法、④施工方法、施工例、⑤配合、⑥今後望まれる改善点の項目ごとに、詳細に中間報告で報告した。

6. あとがき

平成3年度から活動を行ってきた充填材の品質評価研究委員会の調査結果のうち、本委員会で対象とする充填材は、種々の議論を経て、“流動性の程度がフロー値またはスランプフロー値で評価される軟練りのセメントペースト、モルタル、コンクリートの無機系材料で、その中に有機系材料が10%程度まで混合されているものも含める”としていることをまず報告した。そして、このような充填材に要求される品質性能を分類化・統一化して、充填材の要求性能を示し、各種の充填材についての品質規格や試験方法を調査した結果を表にまとめて紹介するとともに、各種の充填材の用途に関する現状調査結果を報告した。最後に、シンポジウムで発表された研究成果や討議内容を踏まえ、充填材が正しい用途と要求性能で合理的に使用され、用途によっては構造材料としても正しく評価されることを希望して結びとしたい。

[参考文献]

- 1) 充填材の品質評価研究委員会中間報告書、(社)日本コンクリート工学協会、1992.12
- 2) セメント系充填材に関するシンポジウム論文集、(社)日本コンクリート工学協会、1992.12
- 3) 赤塚雄三：注入モルタルの流動性測定について、土木学会誌、Vol.48, No.5, pp.71-73, 1963
- 4) 村田二郎・鈴木一雄：傾斜管試験法によるグラウトの粘度測定、土木学会『フレッシュコンクリートの物性値の測定ならびに挙動に関するシンポジウム』論文集、pp.1-8, 昭和58年、3月
- 5) 谷川恭雄・森博嗣・黒川善幸・小村理恵：セメント系粘性材料のロータ試験方法に関するレオロジー的考察、(社)日本コンクリート工学協会、セメント系充填材に関するシンポジウム論文集、pp.1~6, 1992.12
- 6) 村田二郎・菊川浩治：まだ固まらないコンクリートのレオロジー定数測定法に関する一提案、土木学会論文報告集、第284号、pp.117-126、1979.4
- 7) 村田二郎・菊川浩治：回転粘度計によるフレッシュペースト、モルタルおよびコンクリートのレオロジー定数測定方法、土木学会『フレッシュコンクリートの物性値の測定ならびに挙動に

- 関するシンポジウム』論文集、pp.9-16、昭和58年3月
- 8) 玉井元治・川東龍夫：セメントペーストおよびセメントモルタルの硬軟化特性について、土木学会『フレッシュコンクリートの物性値の測定ならびに挙動に関するシンポジウム』論文集、pp.33-40、昭和58年3月
 - 9) 長瀬重義・河野広隆・杉山孝一：フレッシュモルタルの粘性構造についての考察、セメント技術年報、Vol.33、pp.101-104、昭和54年12月
 - 10) 梅屋 薫：懸濁系硬軟化のレオロジー、セメント技術年報、Vol.30、pp.19-29、昭和51年3月
 - 11) T.C.Powers :The Properties of Fresh Concrete,John Wiley & Sons Inc. pp.437-532,1968
 - 12) 田澤栄一・宮沢伸吾・岡本修一：遅延型流動化剤の添加時期がフレッシュペーストの性質に与える影響、土木学会『フレッシュコンクリートの物性とその施工への適用に関するシンポジウム』論文集、pp.49-54、昭和61年3月
 - 13) 西林新蔵・矢村 潔・吉野 公：流動化コンクリートのフレッシュ状態での特性評価に関する一実験、土木学会『フレッシュコンクリートの物性値の測定ならびに挙動に関するシンポジウム』論文集、pp.25-32、昭和58年3月
 - 14) 村田二郎・鈴木一雄：グラウトの管内流動に関する研究、土木学会論文集、第354号、pp.99-108、1985.2
 - 15) 近松竜一・三浦律彦・青木茂・十河茂幸：高流動コンクリートの流動性を評価する方法、セメント・コンクリート、No.530、pp.60-66、1991.4
 - 16) 森 博嗣・谷川恭雄：粘塑性有限要素法によるフレッシュコンクリートの流動解析、日本建築学会構造系論文報告集、第374号、pp.1~9、昭和62年4月
 - 17) 森 博嗣・谷川恭雄：フレッシュコンクリートの各種コンシステンシー試験方法に関するレオロジー的考察、日本建築学会構造系論文報告集、第377号、pp.16~26、昭和62年7月