

報告 高流動コンクリートの送電用鉄塔基礎への適用

中島良光 *1 ・ 渡部 正 *2 ・ 神山英幸 *3

要旨：送電用鉄塔基礎の施工は、高所、狭隘な空間での作業であり、省力化が望まれている。そこで、高流動コンクリートを適用し、作業の省力化を図った。3ヶ所の鉄塔基礎で施工し、その結果、締固めを行わずにライナープレートの背面まで完全に充填することが可能であった。高流動コンクリートの品質は要求品質を満足しており、コアによる硬化後の躯体の品質も、圧縮強度、単位容積質量、骨材面積率の測定の結果、均一で高品質なものであることがわかった。

キーワード：高流動コンクリート、送電用鉄塔基礎、コア、骨材分布

1. はじめに

山間部における送電用鉄塔基礎の施工は、急峻な地形の中で直径3～5m、深さ10～30mの立坑を掘削し、ライナープレートの建込み、鉄筋の建込み、およびコンクリート打設を狭隘な空間で行う高所作業である。またコンクリート打設においては、ライナープレート背面、すなわちライナープレートと岩盤との隙間にコンクリートを充填させ、躯体と岩盤との付着を得るために入念な締固めが必要とされる。従来これらの作業には多大な労力を伴い、また、作業環境も良くないことから、省力化が望まれていた。

そこで、作業の省力化と躯体の品質向上を目的として、送電用鉄塔基礎の躯体の一部に高流動コンクリートを適用した。適用するにあたっては、高流動コンクリートの配合を定めるため、室内配合選定試験、実機プラントにおける配合試験を行った。また、実施工においては、充填性の管理を種々の方法で行った。硬化後のコンクリートについても、コアを採取して分析を行った。以下の各章においてこれらの結果について報告する。

2. 施工概要

図-1の(a)～(c)に示す形状寸法の送電用鉄塔基礎に高流動コンクリートを適用した。表-1に施工の概要を示す。高流動コンクリートの打設数量はそれぞれ49.5m³、73.0m³、22.0m³である。(a)ではコンクリートと岩盤の一体性を高めるため、打設直前にライナープレートを一部取り外して打設した。その際、岩盤の崩落などにより内部作業が危険なため、施工の無人化を目的とした。(b)ではライナープレートの開口部からコンクリートを背面に流入させることにより、モルタル注入を省くことを目的とした。(c)では、過密配筋で狭隘な空間での作業の省力化を目的とした。

打設はポンプ車を用いて行った。表-1に示したように、(a)、(c)では配管長160m、高低差50m(登り)の配管を行い、圧送して打設した。(b)ではポンプ車のブームを立坑内に直接挿入して打設を行った。いずれの場合も打込み箇所は1箇所とし、打ち込まれたコンクリートは、図-2に示すようにライナープレートの開口部(4cm×23cm)から背面空洞へ流入させて充填した。

*1 前田建設工業(株)技術研究所土木材料研究室研究員、工修(正会員)

*2 前田建設工業(株)技術研究所土木材料研究室副室長、工博(正会員)

*3 東京電力(株)南いわき開閉所工事事務所副長

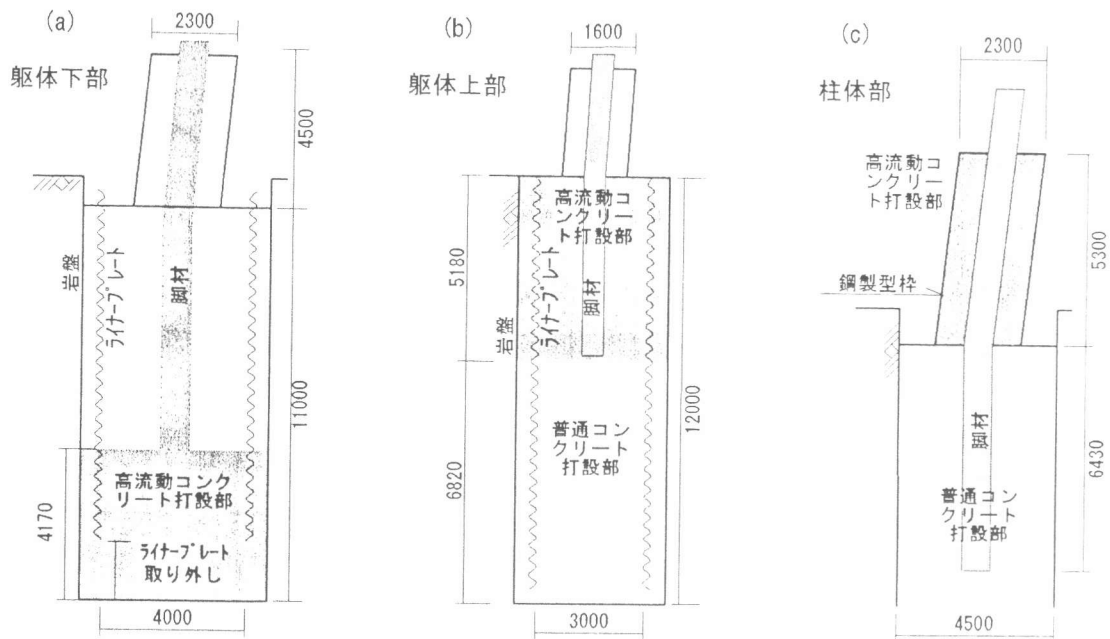


図-1 対象鉄塔基礎の形状寸法

表-1 施工概要

打設部	略号	(a)	(b)	(c)
	打設箇所	躯体下部	躯体上部	柱体部
適用目的		高所作業の無人化	ライナープレート背面充填	狭隘空間作業の省力化
構造	打設量	49.5m ³	73.0m ³	22.0m ³
	配筋	疎	やや密	かなり密
製造運搬	使用ミキサ	市中プラント 2.5m ³ 強制二軸練り型ミキサ		
	運搬時間	約50分	約40分	約50分
施工	打設方法	ポンプ車	ポンプ車	ポンプ車
	配管長	160m、高低差50m	ブームのみ	160m、高低差50m
	作業性	高所作業	高所作業、狭隘	極めて狭隘

3. 高流動コンクリートの特性

3.1 要求品質

高流動コンクリートに要求される品質は、現場での施工条件、構造、配筋などによって左右される。これらの条件のもとにコンクリートに要求される品質を表-2のように定めた。

3.2 使用材料

高流動コンクリートに用いた材料は表-3に示すとおりである。

表-2 高流動コンクリートの要求品質

打設箇所	(a)	(b)	(c)
スランプフロー (荷卸時)	60±5cm	60±5cm	60±5cm
空気量 (荷卸時)	6%以下	5%以下	5±1%
VF(S)値 (荷卸時)	15cm以上	15cm以上	15cm以上
圧縮強度	180 kgf/cm ² 以上 (材齢28日)		

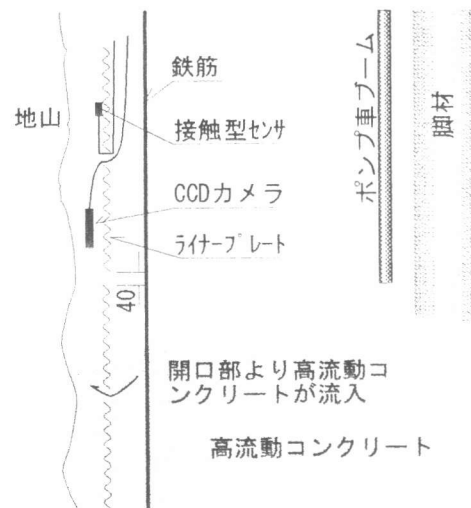


図-2 ライナープレート背面への充填

3. 3 配合

高流動コンクリートの配合を定めるにあたって、図-3に示すように室内配合選定試験を行い、要求品質を満たす配合を選定し、さらに実機試験において配合の修正を行って示方配合を定めた。表-4に選定された配合を示す。ポンプ圧送などの条件が異なることから、(b)では配合1を、(a)、(c)では配合2を用いた。

表-3 使用材料

セメント	T社製普通ポルトランドセメント 比重3.15
フライアッシュ	J火力産フライアッシュ 比重2.19
細骨材	吾妻川産川砂 比重2.57、FM2.80、吸水率1.88%
粗骨材	吾妻川産川砂利 Gmax=25mm、比重2.62、FM6.97、吸水率1.63%
高性能 AE 減水剤	変性レグコン、アルキルアクリル硫酸および活性持続ポリマー複合物

表-4 高流動コンクリートの配合

配合	水粉体 体積比 (Vol.%)	細骨材 率 (%)	F A 置換率 (Vol.%)	単位量 (kg/m ³)					
				水 W	セメント C	フライアッシュ F A	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 AE 減水剤
1	93.0	53.0	58.5	155	216	213	884	772	14.18
2	98.0	54.9	55.0	168	242	200	870	728	10.69

3. 4 フレッシュコンクリートの性状

室内配合試験、実機試験を経て決定した配合の高流動コンクリートは図-4に示すフレッシュ時の性状を持つ。運搬時間が約40~50分であることを考慮し、練り上がりから1時間後にスランプフローが要求品質を満たすように練り上がり直後のスランプフローなどを調整している。

4. 施工結果

4. 1 施工管理方法

実施工にあたって、コンクリートの品質、運搬時間、充填状況などを把握するため、表-5に示すような管理・計測を行った。

4. 2 施工状況

(a)、(c)では圧送距離が長く、高低差も50mと

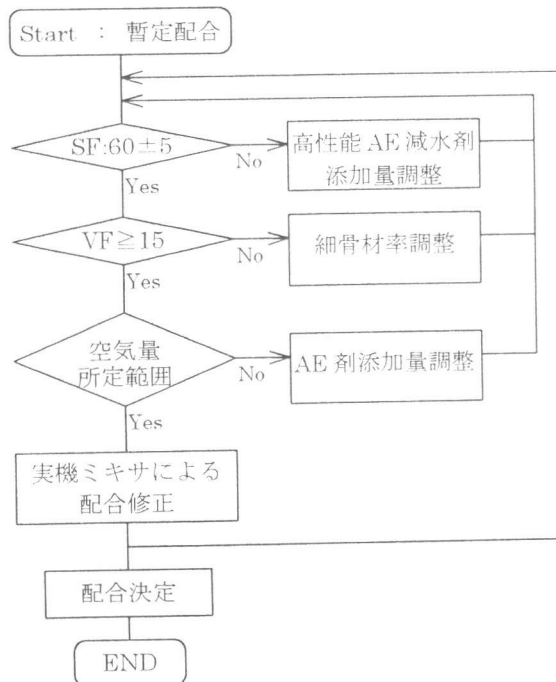


図-3 試験練りフロー

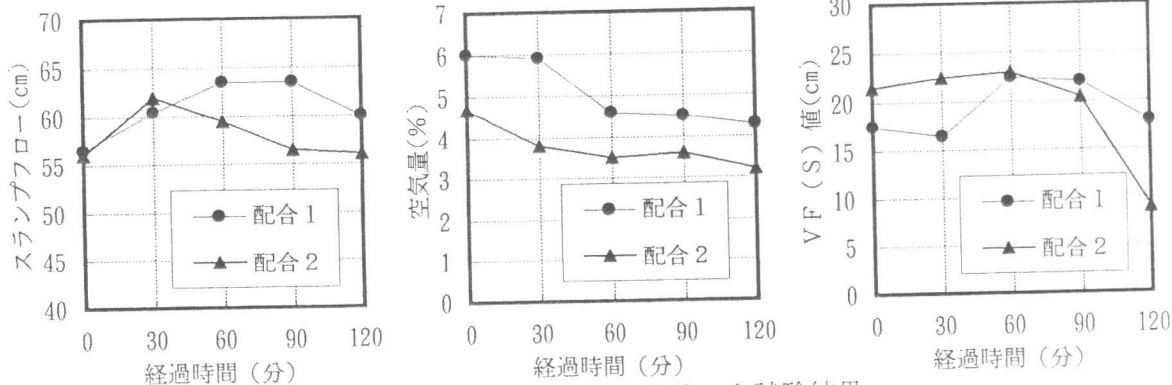


図-4 フレッシュコンクリート試験結果

表-5 管理・計測項目一覧

サイクル	目的	試験項目	試験方法	頻度			備考
				(a)	(b)	(c)	
製造時	骨材表面水の補正	細骨材表面水率	JIS A 1111	1回/2時間	1回/2時間	1回/2時間	
		粗骨材表面水率	簡易法*	同上	同上	同上	* 10分待乾機
出荷・荷卸時	品質確認 検査	スランプフロー	土木学会	1回/20m ³	1回/10m ³	1回/22m ³	運搬時間を記録
		空気量	JIS A 1123	同上	同上	同上	
		コンクリート温度	棒状温度計	同上	同上	同上	
		圧縮強度	JIS A 1108	同上	同上	同上	材齢 28.91日
打設時	流動状況観察	流動勾配	打設高測定	-	1回/10m ³	-	
	充填状況確認	充填観察	CCDカメラ撮影	-	打設中	-	
			接触型カメラ	-	高さ1mおき	-	
	圧送後品質確認	圧縮強度	JIS A 1108	12台目	1回/10m ³	1台目	材齢 28.91日
硬化後	打設された	圧縮強度	JIS A 1108	コア 11m	コア 6m×2本	-	材齢 28.91日
	躯体の品質 確認	粗骨材分布	粗骨材トレス			-	
		単位体積重量	JIS A 1108			-	

大きい閉塞等のトラブルを一切生じることなく順調に打設できた。打設速度は(a)で 17.8m³/hr、(c)で 13.3m³/hr であった。(c)では配筋が密であるが鉄筋に阻害されることなく隅々まで充填する状況が確認できた。写真-1 に施工時の状況を示す。

(b)では躯体断面積が大きいこと、配管を用いないことから、打設速度を大きくしても充填性に問題はないと判断し、50m³/hr で打設した。

4. 3 フレッシュコンクリート品質試験結果

スランプフローの品質試験結果を図-5 に示す。(a)~(c)のいずれの場合も、荷卸時において管理基準の 60±5 cm を満足していた。

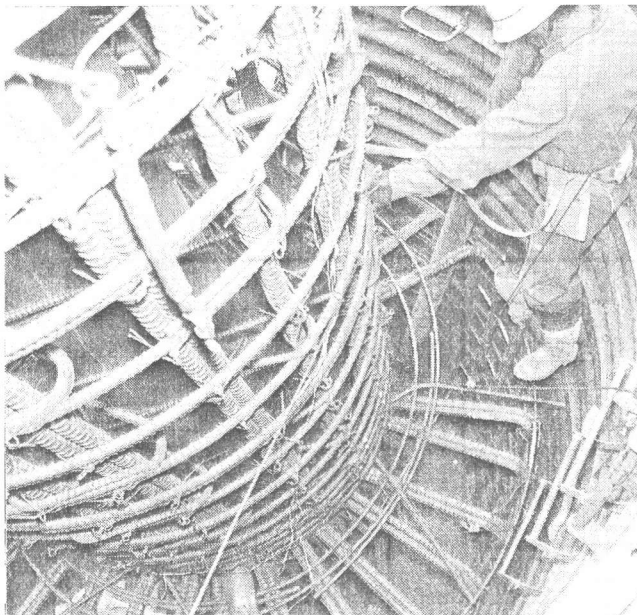


写真-1 施工状況

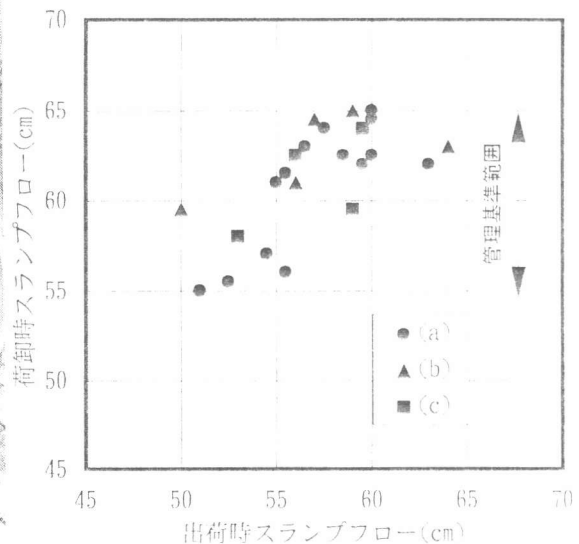


図-5 フレッシュコンクリートの試験結果

4. 4 充填状況計測結果

(b)の施工時において CCD カメラ、接触型センサを用いてコンクリートの充填状況を随時観察した。図-6にライナープレート前後のコンクリートの流動勾配を示す。ライナープレートによる流動の阻害はほとんどなく、ライナープレート前後の打設高さの差は平均で7mm程度であった。また、流動勾配は平均で2.24%であった。これらから、コンクリートの流動、充填状況はきわめて良好であったといえる。

4. 5 圧送状況計測結果

(a)の施工時にポンプの吐出圧力を測定した。その結果、 $20\text{m}^3/\text{hr}$ の速度での打設時において平均吐出圧力は 26.8 kgf/cm^2 、最大吐出圧力は 36.7 kgf/cm^2 であった。用いたポンプ車の性能や配管長などから考えると、スランプ12cm程度の普通コンクリートでのポンプ吐出圧力は 33.4 kgf/cm^2 となる[1]ことから、今回の高流動コンクリートのポンプ圧送性はスランプ12cmのコンクリートと同程度といえる。過去の実験[2]では高流動コンクリートの方が圧力損失がスランプ12cmのコンクリートより約30%大きい結果となっており、今回同程度となったのは、単位水量が多く単位結合材量の少ない配合を用いた事が原因と考えられる。

4. 6 硬化後の品質試験結果

(a)および(b)においてコアを採取し、圧縮強度、単位容積質量、骨材面積率を測定した。コアの採取位置を図-7に示す。

(1) 圧縮強度

図-8にコアの圧縮強度と打設

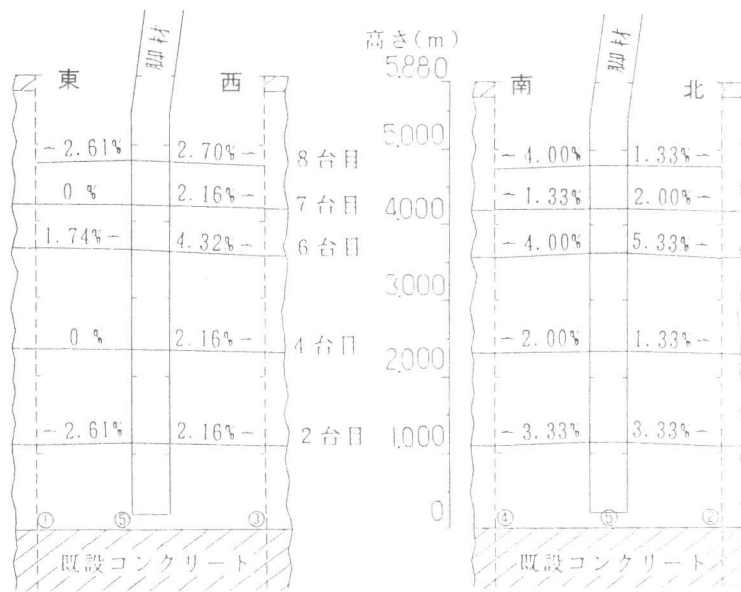


図-6 流動勾配測定結果

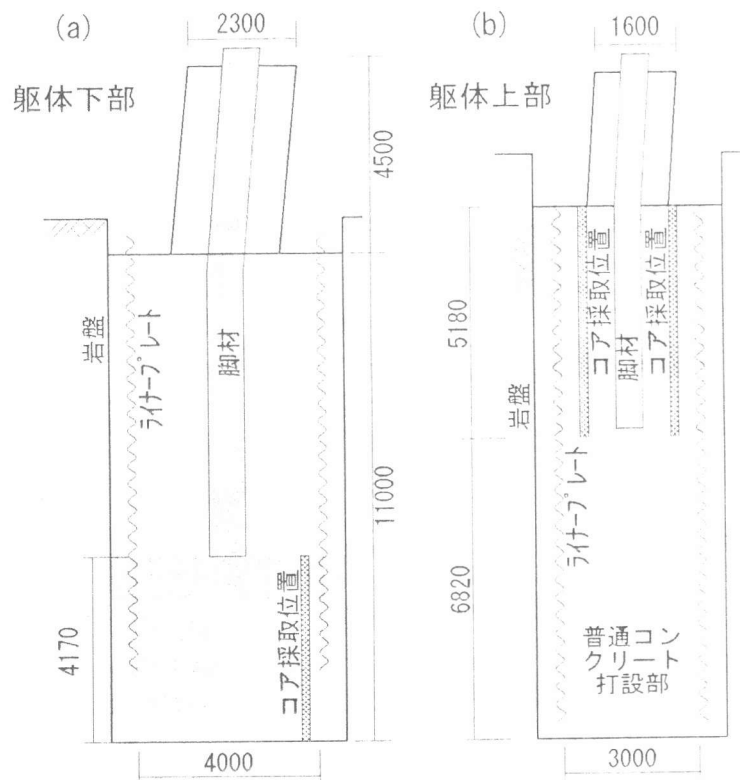


図-7 コア採取位置

深さの関係を示す。(a)、(b)とも、最上部のコアの強度が小さくなっているが、それ以外のコアでは強度のばらつきに傾向的なものはみられない。最上部で強度が小さくなっているのは、養生温度が外気の影響で低くなっていることが考えられる。

(2) 単位容積質量

図-9に単位容積質量と打設高さの関係を示す。単位容積質量は全コアにわたって上部ほど小さくなっている。圧密効果が働いたものと思われる。

(3) 粗骨材面積率

採取したコアの側面で粗骨材をトレースし、面積比を算出した。図-10に粗骨材面積率と打設高さの関係を示す。粗骨材面積率は全体にわたってばらつきはあるが、骨材の沈降を示す傾向はみられない。

以上の結果、硬化後の躯体はほぼ均一であり、圧縮強度も設計基準強度を十分に満足しており要求された品質を満足しているといえる。

5. まとめ

高流動コンクリートを送電用鉄塔基礎に適用した結果をまとめると、以下のように言える。

- (1) 高流動コンクリートを用いることにより、締固めを行うことなくライナープレートの背面までコンクリートが行き渡り、高い充填性が得られた。
- (2) 流動勾配は2~5%であり、打設においては1ヶ所からの打設で隅々までコンクリートを充填することができた。
- (3) コアによる硬化躯体の品質試験により、コンクリートは分離を起こすことなく均一に充填されていることが確認された。
- (4) 山間部において配管長160m、高低差50mの長距離の圧送であったにもかかわらず、打設されたコンクリートは十分な流動性と充填性を持っており、締固めを行うことなく施工できた。このことから、高流動コンクリートを送電用鉄塔基礎に適用することで大幅な省力化と、高所、狭隘な作業からの解放が図れることがわかった。

参考文献

- [1]土木学会：コンクリートのポンプ施工指針（案）、1985
- [2]小嶋・吉川・内田・中島：フライアッシュを用いた二成分系ハイパフォーマンスコンクリートの配合と品質特性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.14、No.1、1992.06

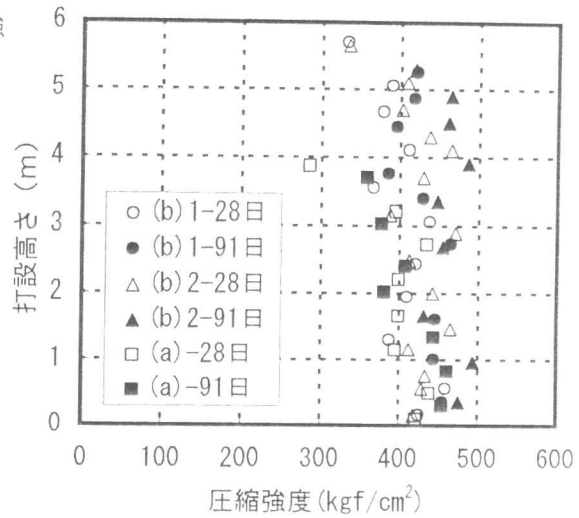


図-8 圧縮強度分布

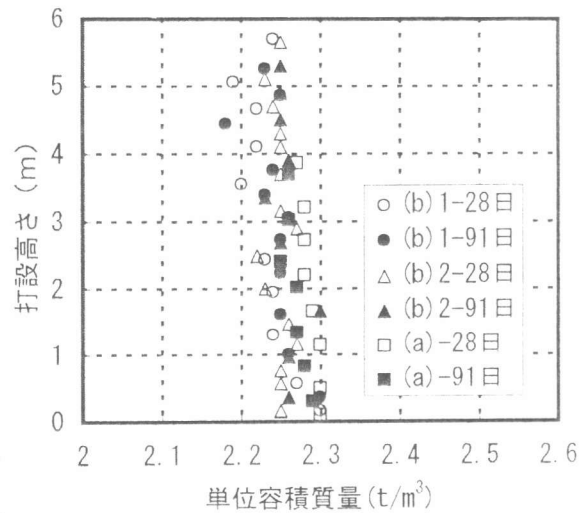


図-9 単位体積重量分布

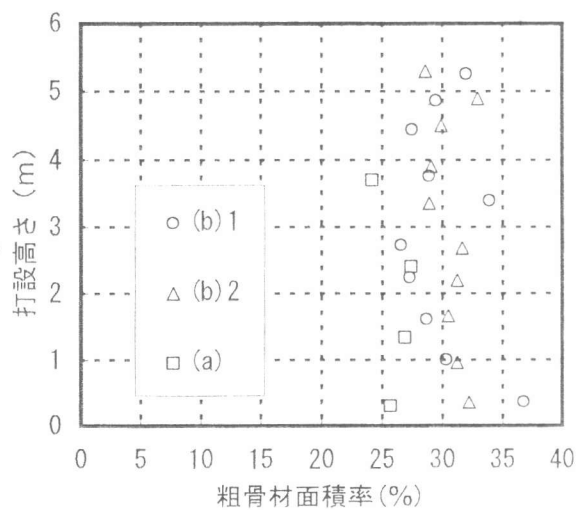


図-10 粗骨材分布