

# 高流動コンクリート（ニューロクリート）の開発（その1）

——ニューロクリートの基礎物性と過密配筋を有する土木構造物への適用——

三浦 律彦  
芳賀 孝成

近松 竜一  
入矢 桂史郎

(本社 土木技術本部  
技術第四部)

十河 茂幸  
谷口 勝

(本社 ガス貯蔵地下  
タンクプロジェクトチーム)

## Development of Highly Workable Concrete, "Neuro-crete"(Part 1)

——Basic Properties of Neuro-crete and Application to Large-scale Structures with Heavy-Reinforcement——

Norihiko Miura  
Takashige Haga

Ryuichi Chikamatsu  
Keishiro Iriya

Shigeyuki Sogo  
Masaru Taniguchi

### Abstract

Recently in Japan, highly workable concrete with great flowability has attracted attention as being effective in rationalization of concrete placement. "Neuro-crete Method" is the name of a way of placing highly workable concrete developed by Obayashi Corporation, which can be applied for simplifying placing work while securing high quality of concrete structures. Especially, in case of a heavily reinforced structure, it is highly applicable because of its excellent space-filling capacity. Opportunities to apply the Neuro-crete Method to large civil structures have arisen and studies have been going on for several years.

This report contains introductions of the basic properties of Neuro-crete, a new method of quality control, and a summary of applications to base mats with heavy reinforcement for underground LNG tanks.

### 概要

近年、流動性を著しく高めた高流動コンクリートが打設の合理化に有効であるとして注目を集めている。ニューロクリート工法は大林組の高流動コンクリートを用いた工法の名称で、コンクリート工事の省力化および高品質化の用途に使用できる工法である。特に重要構造物で配筋が多く、パイププレートによる締固めが十分に行えないような場合には、ただ流し込むだけで高い充填性を発揮してくれることから、その適用性は高いと思われる。今回、大型の土木構造物でニューロクリート工法を適用する機会を得、各種の検討を進めてきた。

本報告は、ニューロクリートの特徴や基礎物性、新たな品質管理手法を紹介するとともに、比較的過密な配筋を有するLNG地下タンクの底版に適用した場合の結果の概要を示し、ニューロクリート工法の優位性や課題について検討を加えるものである。

## 1. まえがき

近年、コンクリートの高強度化や構造物の多様化が進む中で、断面寸法が小さく形状が複雑な部材が多くなり、結果的に鉄筋やPC鋼材を過密に配置した構造物が設計される場合がよく見受けられる。このような構造物の施工ではパイププレートによる締固め作業が困難となる場合も多く、充填性に優れたコンクリートを使用する必要がある。しかし、単に流動性を高める目的で水量を増加させるだけではかえってジャンカが生じ易くなり、ひび割れ発生など構造物の早期劣化の一因となることから、本質的な配合の改善が求められていた。

一方、コンクリート構造物の大型化や重要構造物への適用に伴い、設計年数がかなり長く設定されるようになり、高耐久性が要求される場合も多くなってきた。また、大型コンクリート構造物の急速施工の要求や、コンクリート工事における熟練作業員の不足等の問題から、コン

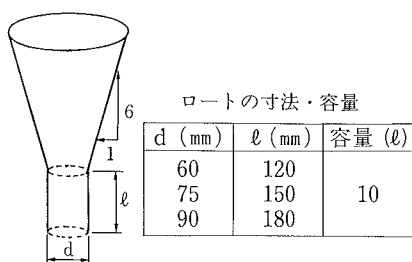
クリート工事の省力化・合理化が最重要課題となっている。

このような状況の中で、コンクリート構造物の施工の合理化と高品質化を目的として、締固め作業を軽減あるいは省略できる高流動コンクリート「ニューロクリート」を用いた合理化施工法を開発した。

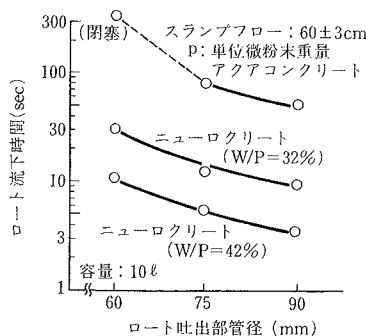
本報告では、高品質なニューロクリートを製造するための配合設計手法や、現場で行える新たな品質管理手法を紹介するとともに、打設・養生・型枠などの施工検討の結果の概要、それに実施工における適用性の検討に関して土木工事への適用例を示して考察を加える。

## 2. 締固め不要コンクリートに関する既往の研究

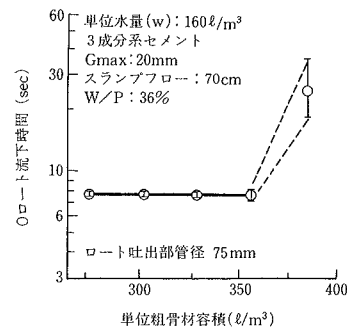
1986年に東京大学の岡村教授によって、コンクリート構造物の高品質化を目的とした「ハイパフォーマンスコンクリート (H. P. C.)」の概念が提唱され<sup>1)</sup>、その中で、



図一 大型ロート試験装置



図二 粘性の異なる配合の流下時間



図三 粗骨材量と流下時間

構造物の品質が施工技術の良否に左右されるという不確実性を解消できる一手段として「締固め不要」で施工できるコンクリートの開発が紹介された。その後、流動性および分離抵抗性に優れたコンクリートの研究開発が建設各社を中心に進められ、名称はまだ統一されていないが、一般に「高流動コンクリート」、「締固め不要コンクリート」などの名称で呼ばれている。

当社においては、水中工事用の『アクアコンクリート』、逆打ち工事用の『コンテックスコンクリート』、高品質な『地下連壁コンクリート』等の締固めを必要としないコンクリートや、高強度かつ高施工性の『超高強度コンクリート』の技術を既に保有していたので、これらの蓄積を基礎として、一般の構造物に適用できる『ニューロクリート工法』を速やかに開発し、実用化した。

### 3. ニューロクリートの特徴

#### 3.1 配合設計上の特徴

**3.1.1 流動性と分離抵抗性** 充填性に優れたコンクリートの配合設計を行う上で留意すべきことは、「流動性」を高めるだけでなく、それに合わせて粗骨材とモルタルの材料分離に対する抵抗性（以下「分離抵抗性」と略）も改善する必要があることである。一般に流動性と分離抵抗性は相反する性質と考えられており<sup>2)</sup>、流動性を高めると材料分離の傾向が著しくなり、逆に分離抵抗性を高めると流動性は悪くなる傾向を示す。この2つの性質をバランス良く向上させるためには、セメント等の微粉末量を増加させたり増粘剤を併用して、セメントペーストの粘性を高めることで分離抵抗性を向上させるとともに、高性能 AE 減水剤等の混和剤を併用して高い流動性を保持する必要がある。

**3.1.2 分離抵抗性の評価試験法の提案** ニューロクリートの流動性の指標としては、スランプ試験時のスランプフロー（コンクリートの広がり幅）を用いることが多い。しかし、前述したような充填性改善の観点からコンクリートの流動特性を総合的に評価するためには、分離抵抗性を定量的に把握することが必要となる。コンクリートの分離抵抗性は一般に粘性に相関があり、粘性が高いほど材料分離は起こりにくくなると考えられるが、

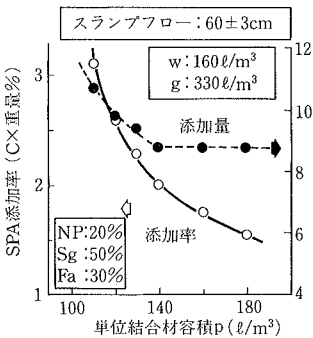
その判定法はまだ確立されていない。そこで、図一に示すコンクリート用の大型ロート試験装置（Oロートと呼ぶ）を作製し、ロート内のコンクリートが流下する時間を測定することで、コンクリートの粘性を評価する手法を考案した<sup>3)</sup>。図二にスランプフローがほぼ一定で粘性が大きく異なる3種類のコンクリートのロート流下時間を示す。粘性の高い配合ほどロート流下時間は長くなり、ロート流下時間でコンクリートの分離抵抗性に影響を及ぼす粘性の違いを簡易に評価できることが判明した。また、図三に細骨材率のみを変化させた場合の粗骨材量とロート流下時間の関係を示す。この場合では、単位粗骨材容積が350 ℓ/m³程度以上になるとロート流下時間は長くなり、測定値のばらつきが大きくなった。この理由はロート下部において骨材のかみ合いが生じて、流動状態が不安定になるためである。このことから、ロート流下時間の測定値のばらつきからも分離抵抗性の良否を判定できるといえる。なお、試験の簡便性、時間の測定し易さや精度、測定可能な粘性の範囲などから判断すると、粗骨材の最大寸法が25 mm以下のコンクリートでは、吐出部の径が75 mmで試料容量が10 ℓのロートが最も適当であることが判明した。

**3.1.3 配合設計の考え方** ニューロクリートの配合設計の考え方の基本は、強度や耐久性、水密性等の要求性能、配筋等の構造条件、それに打設方法等の施工条件を考慮して材料や配合を選定することで、従来のコンクリートと同様である。従来のコンクリートと異なる点は、流動性や分離抵抗性を向上させるために単位微粉末量（結合材+不活性微粉末）を多くする必要があることである。微粉末としては、セメントの他に高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカフューム、膨張材などの各種結合材と、石灰石粉などの不活性微粉末を適切な比率で組合せて使用する。

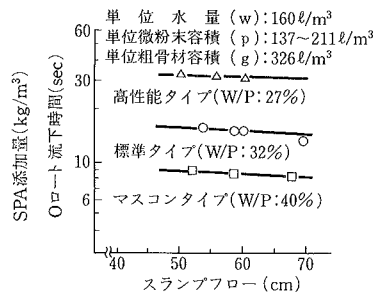
また配合設計に際しては、構造物の形状・部材寸法・配筋状態・打設条件等に応じて適切な流動性（スランプフロー）と分離抵抗性（Oロート流下時間）を設定し、単位水量、水結合材比、単位微粉末、粗骨材最大寸法、単位粗骨材容積、混和剤添加量などを決定することが重要である。なお、ニューロクリートは要求性能のランク

表一 ニューロクリートの3タイプ

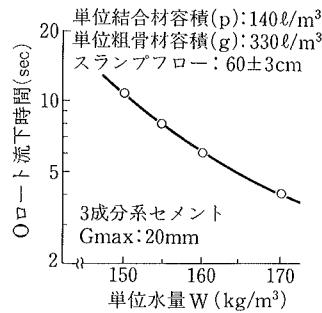
ニューロクリートのタイプ	スランプフロー (cm)	Oロートタイム (sec)	用途	流動性		分離抵抗性
				大きさ	流動速度	
高性能タイプ	60~70	20~30	極めて高い充填性が必要な場合 (超過配筋、極薄内部材等の充填) ・高所落下、長距離流動時の分離防止	◎	遅い	◎
標準タイプ	55~65	10~20	一般の構造物の施工性、充填性向上 ・過密配筋部、複雑かつ狭い部材にコンクリートを充填する場合	○	中程度	○
マスコンタイプ	50~55	7~10	広範囲打設、大量打設時の急速施工 ・マスコン構造物の温度ひび割れ防止	○	速い	○



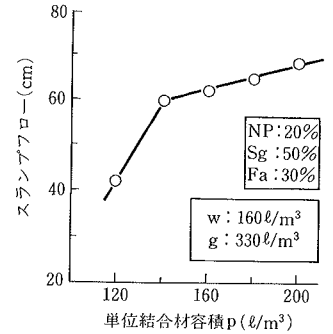
図一六 単位結合材容積とSPA添加量



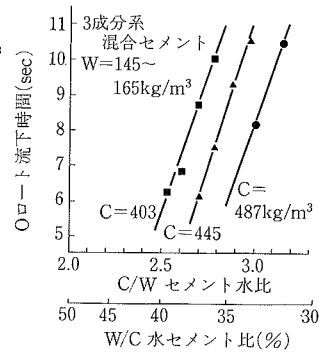
図一七 スランプフローと流下時間



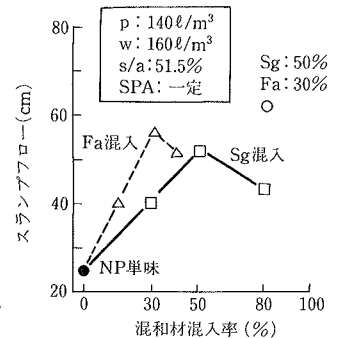
図一四 混和材混入率とスランプフロー



図一五 単位結合材容積とスランプフロー



図一八 セメント水比と流下時間



図一九 単位水量と流下時間

により、表一に示すような、『標準タイプ』、『高性能タイプ』、『マスコンタイプ』の大きく3種類に分類でき、用途に合った使い分けができる。

### 3.2 配合要因が流動性に及ぼす影響

**3.2.1 単位水量、混和剤添加量の影響** ニューロクリートの流動性を高めるためには、従来のコンクリートと同様に、単位水量や混和剤の添加量を増加させることで対処できる。しかし、水量が多くなるとひび割れ発生などの原因となり、また混和剤添加量が過度に多くなると凝結や初期強度の発現が遅れるため、これら従来手法のみで流動性を著しく高めることは難しい。そこで、以下に述べるように結合材の種類を変えたり、結合材量を増加させて流動性を高める手法が用いられる。

**3.2.2 結合材の種類の影響** 普通セメントの一部にフライアッシュや高炉スラグ微粉末を置換して使用した場合、混和材混入率（容積比率）とスランプフローの関係を図一四に示す。セメント（NP）の一部をフライアッシュ（Fa）や高炉スラグ微粉末（Sg）で置換することでコンクリートの流動性は大きく変化し、流動性が最も高くなる混入率が存在する。また、これらの微粉末を組合せて使用することにより、さらに流動性を改善できる。この実験の範囲では、容積比でNPを20%、Sgを50%、Faを30%混合した結合材が最も流動性が良くなった。このように、結合材の種類や混合比率を適正に選定することで、単位水量や混和剤使用を変えずに流動性を著しく改善できる。

**3.2.3 単位結合材容積の影響** 単位結合材容積とスランプフローの関係を図一五に示す。スランプフローは

単位結合材容積が大きいほど大きくなり、120~140 l/m³での変化が著しい。図一六は所定のスランプフロー（60 cm）を得るのに必要な高性能 AE 減水剤の添加率と量を示したもので、単位結合材容積が140 l/m³より少なくなると高性能 AE 減水剤の添加量が急激に増加する。これらの結果より、流動性は単位結合材容積が大きいほど大きくなり、あまり少ないと所定の流動性が得られない場合があることが分かった。

### 3.3 配合要因が分離抵抗性に及ぼす影響

**3.3.1 水結合材比、水微粉末比の影響** 水微粉末比（W/P）が異なる3種類の配合において、混和剤の添加量を変えてスランプフローを変化させた場合のOロート流下時間を図一七に示す。同一配合では、スランプフローの変化に対して、Oロート流下時間の変化は少ない。このことから、Oロート流下時間はスランプフローで測定される流動性の違いの影響を受けにくい物性値を示していると考えられる。

単位セメント量を3段階に変化された場合の、セメント水比とOロート流下時間の関係を図一八に示す。単位セメント量が同じ配合ではOロート流下時間はセメント水比と直線関係にあり、セメント水比の変化を的確に捕えていることから、コンクリートの分離抵抗性は水セメント比（または水結合材比、水微粉末比）の影響を強く受けることが明らかである。

**3.3.2 単位水量、単位結合材容積の影響** 図一九に単位結合材容積、単位粗骨材容積が一定の場合の単位水量とOロート流下時間の関係を示す。スランプフローが同

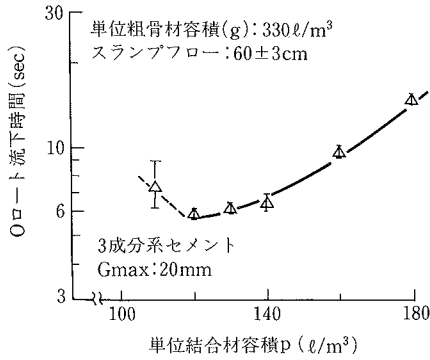


図-10 単位結合材容積と流下時間

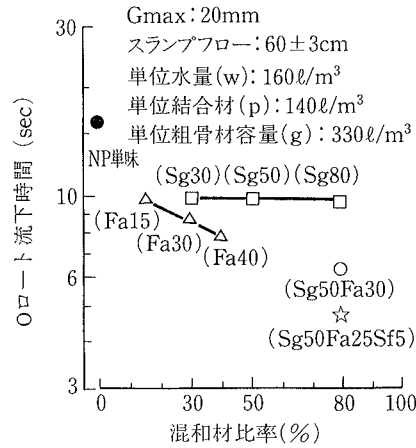


図-11 混和材比率と流下時間

表-2 混和剤の種類と凝結時間

種類	温度	凝結時間 [時間-分]			
		20℃		10℃	
		始発	終結	始発	終結
ナフタリン系: N		31-00	42-10	48-20	66-30
ポリカルボン	P	12-40	21-10	20-40	34-10
	P(C)	17-50	25-50	26-00	40-20
酸系	P(B)	28-40	39-30	-	-

⑧セメント: 三成分系低発熱セメント, 微粉末: 石灰石粉

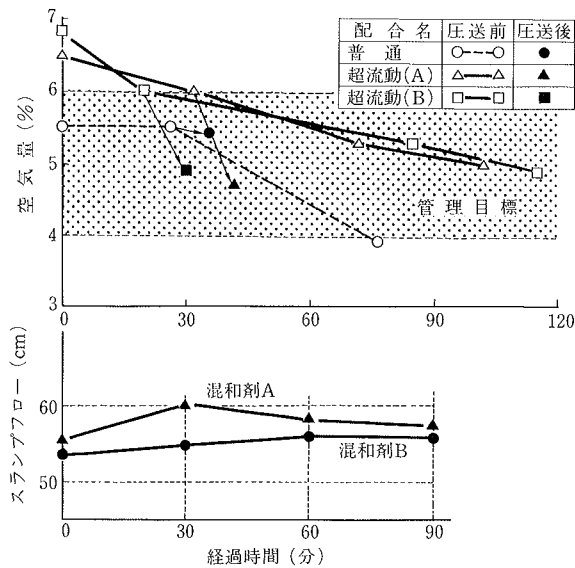


図-12 スランプフロー, 空気量の経時変化

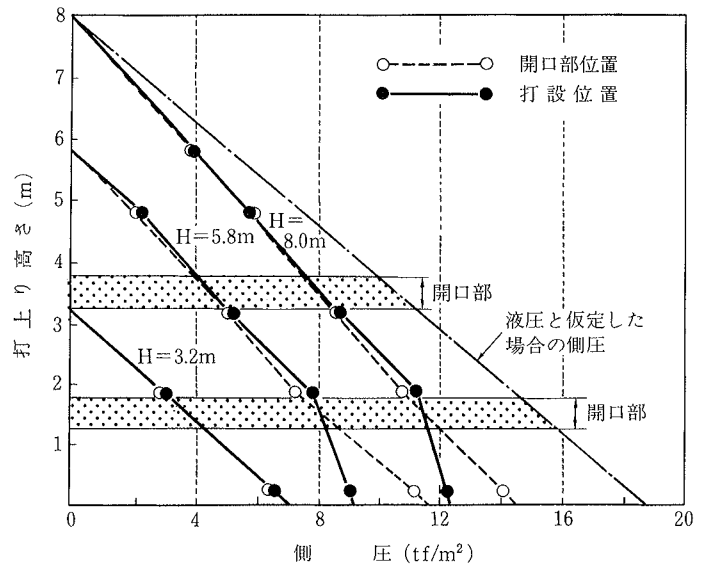


図-13 高さ8mの壁における側圧分布の例

じでも、単位水量が増加すると水結合材比の増大により粘性は低下する。このように、Oロート流下時間は水量の変動の影響を敏感に受けるため、骨材の表面水率変動<sup>4)</sup>によるコンクリートの品質変動を判定する試験法としても利用できる。

図-10に単位水量、単位粗骨材容積を一定とした場合の単位結合材容積とOロート流下時間の関係を示す。単位結合材容積が増加すると水結合材比の低下により粘性は増大する。単位結合材容積が少ない場合にもOロート流下時間は増大するが、これは粘性不足で骨材のかみ合いが生じ、間隙流動が不安定になったためである。

**3.3.3 結合材, 微粉末の種類の影響** スランプフローが一定の場合の、微粉末の種類や混合比の違いがOロート流下時間に及ぼす影響を図-11に示す。図-11は普通セメントにフライアッシュや高炉スラグ微粉末を混入した場合の結果で、混和材料の組合せによりOロート流下時間は少し変化するが、その影響の程度はスランプフローの場合ほど大きくはない。フライアッシュを不活性の石灰石粉で置換した場合でもOロート流下時間はほと

んど変化が見られず、粒子形状の違いによる悪影響は比較的少ないことが確認されている。

**3.3.4 細骨材率, 単位粗骨材容積の影響** 図-3に示したように、細骨材率が44%と小さめの場合には3回の測定値に大きなばらつきが見られ、平均値もかなり大きくなった。これは、単位粗骨材容積が多く、流下中に粗骨材のかみあいによって閉塞ぎみとなったためである。この結果より、良好な分離抵抗性、間隙通過性を確保するのに必要な細骨材率の最小値、あるいは単位粗骨材容積の最大値が使用材料に応じて決まるといえる。

#### 4. ニューロクリートの凝結・硬化性状

##### 4.1 凝結開始前後の性状

**4.1.1 フレッシュ性状の経時変化** ニューロクリートの混和剤である高性能 AE 減水剤には、スランプフローの経時変化を抑制する保持剤が混合されているため、1~2時間程度は練上り後のスランプフローを維持できる(図-12)。しかし、空気量は従来のコンクリートと同様に若干低下(1時間で0.5~1%程度)する。

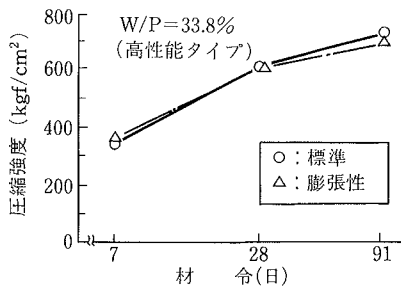


図-14 強度発現性状の一例

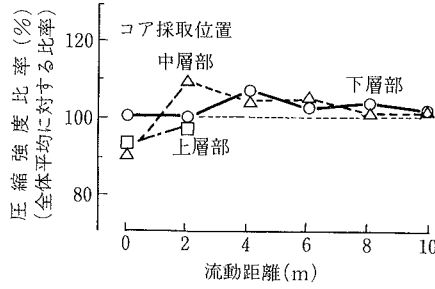


図-15 流動距離と圧縮強度の関係

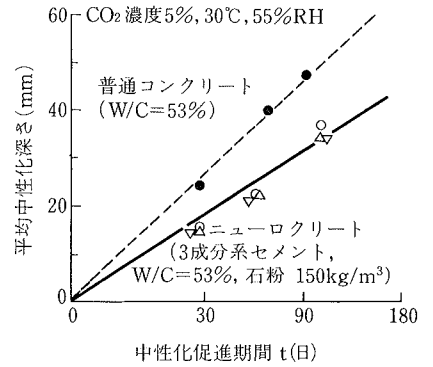


図-16 中性化試験結果

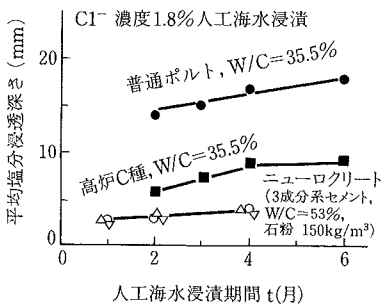


図-17 塩分浸透試験結果

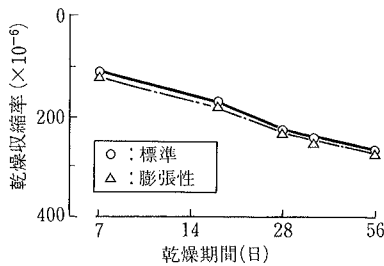


図-18 乾燥収縮試験結果

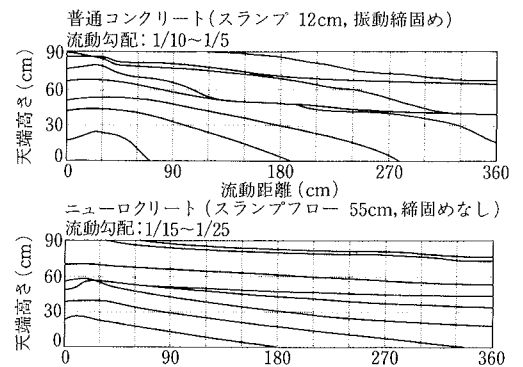


図-19 壁状モデルにおける流動状況

4.1.2 凝結性状 ニューロクリートは微粉末量が多く、高性能 AE 減水剤等の混和剤を多量に使用するため、凝結の開始時間は一般に従来のコンクリートより遅くなる。凝結の開始時間は使用する結合材や混和剤の種類、使用量、温度などによって大きく異なり、8時間程度と比較的早い場合から、30時間以上と極端に遅くなる場合もあるので(表-2参照)、事前に試験で確認しておく必要がある。

凝結の開始が遅く長時間流動状態を保つため、コンクリートの圧力が液圧に近い状態で長時間型枠に作用することになる(図-13参照)。従って、打ち上がり高さが大きくなる場合には、型枠やセパレータの設計に注意が必要である。

また、凝結が遅れると初期強度の発現も遅れるため、若材令の強度が必要な場合には混和剤の種類を促進タイプに変えて凝結時間を早める必要がある。

4.1.3 温度上昇量 ニューロクリートは結合材量が比較的多いため、マスコンクリート構造物に適用するにはできるだけ水和熱が低くなるよう結合材の種類や微粉末の組合せを検討しなければならない。

温度ひび割れ対策から、所要の流動性や分離抵抗性を得るのに必要な結合材量が確保できない場合には、水和熱に影響を及ぼさない不活性な石灰石粉や珪石微粉を併用することが必要となる。

## 4.2 硬化後の性状

4.2.1 圧縮強度 ニューロクリートの圧縮強度は、従来のコンクリートと同様に基本的には水結合材比の値で決まる。一般にニューロクリートは、分離抵抗性を確保するために水結合材比がかなり小さく設定されており、

石粉などを用いなければ圧縮強度は高強度となる場合が多い(図-14)。

厚さ1.5mのスラブ状構造物にスランプフローが50cm程度のニューロクリートを水平方向に流動させながら打設した時の流動距離と圧縮強度の関係を図-15に示す。流動距離が10mの範囲では、流動による圧縮強度の低下の傾向は見られない。しかし、流動距離が過大になると、粗骨材の沈降分離や強度低下が認められるようになり、ニューロクリートにも品質が低下しない限界流動距離が存在する。この値はコンクリートの配合・構造物の形状・配筋・施工条件によって異なると考えられる。

4.2.2 中性化、遮塩性 図-16に中性化促進試験(CO<sub>2</sub>濃度5%、温度30°C、湿度55%の室内に2カ月間放置)の結果を、また図-17に人工海水浸漬試験(塩素イオン濃度1.8%の海水中に2カ月間浸漬)の結果を示す。

ニューロクリートは、高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどを混合したセメントやシリカフュームや石粉などの微粉末を多量に用いており、水結合材比も小さいため、コンクリートの内部組織がち密となり、中性化の進行や塩分の浸透が抑制され、構造物としての耐久性が向上する。

4.2.3 乾燥収縮 ニューロクリートの乾燥収縮は、従来の高強度コンクリートと同様に普通コンクリートと同程度か小さめとなる(図-18参照)。これは、粒度分布が異なる各種の微粉末材料を組合せて使用し、高性能 AE 減水剤を用いて水結合材比を小さく設計しているため、微細構造がち密化したためと思われる。

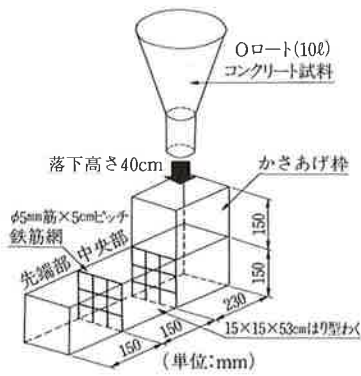


図-20 間隙通過試験装置

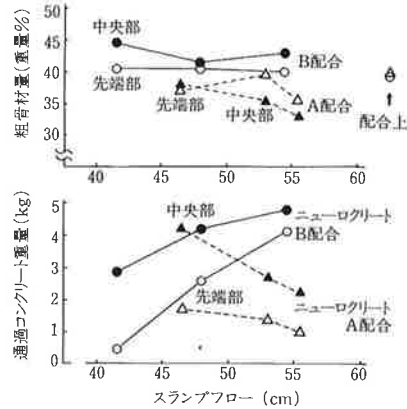


図-21 間隙通過量と粗骨材量の変動



写真-1 実規模過密配筋モデルの配筋

表-3 ニューロクリートの配合例（急速施工・高充填タイプ）

空気量 (%)	スランプフロー (cm)	O-ロートタイム (sec)	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
						W	C	S	G	SP <sup>1)</sup>
5±1	50±5	8±2	20	33.9	45.2	165	487	717	903	10.2

\*1) 3成分系低発熱セメント \*2) ナフリン系高性能AE減水剤(C×重量%)



(a)鉛直筋まわりの充填状況



(b)鋼管まわりの充填状況

写真-2 ニューロクリートの鋼材まわりの充填状況

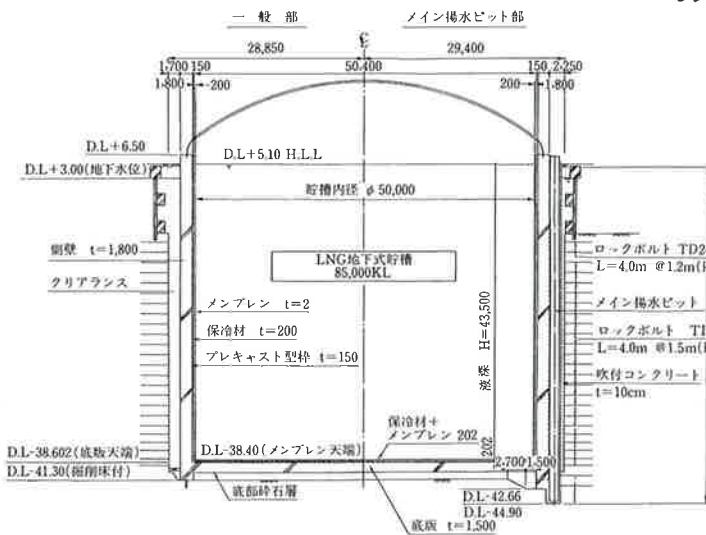


図-22 LNG地下タンクの概要

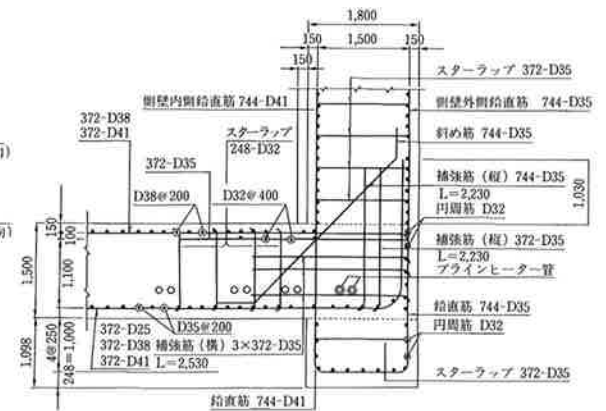


図-23 底版外周の過密配筋部の状況

## 5. ニューロクリートの施工実験

### 5.1 壁状モデルによる流動性確認実験

壁状型枠（長さ 3.6 m、高さ 0.9 m、厚さ 0.2 m）内にニューロクリート（3成分系低発熱セメント、石灰石粉を 150 kg/m<sup>3</sup> 使用、W/C=53.8%、スランプフロー 55 cm）とパイプレータを用いて打設した土木用普通コンクリート（水量、セメント量、W/C は同じ、石灰石粉 30 kg/m<sup>3</sup>、スランプ 12 cm）の流動状態を図-19に示す。ニューロクリートは左端より打設し、締め固めは全く行わず自然流動

のみで充填させた結果、流動勾配は1/15~1/25程度であった。普通コンクリートは振動締め固めを行いながら打設したにもかかわらず流動勾配は1/5~1/10と大きく、締め固めにかかなりの時間を要した。

### 5.2 過密配筋モデルによる充填性確認実験

ニューロクリートの過密配筋下での流動性や充填性を確認する目的で、実構造物とほぼ同様な配筋（写真-1参照）を有する部材モデル（長さ 3.0~4.75 m、幅 2.0 m、高さ 1.5 m）の打設実験を実施した。ニューロクリートの配合は単位セメント量の異なる 2 種類（単位セメント量



写真-3 鉛直配管



写真-4 水平配管とゲートバルブの配置



写真-5 ゲートバルブからの打設状況



写真-6 鉄筋周囲の流動状況

445 kg/m<sup>3</sup> の A 配合と 487 kg/m<sup>3</sup> の B 配合) とし、比較のためにスランプ 12 cm の普通コンクリートをバイブレータを用いて締固めたものも実施した。その結果、ニューロクリートの充填性は A, B 配合ともバイブレータを用いなくても大変良好で、鉄筋や鋼管とも密着していることが確認された（写真-2 参照）。

また、図-20 に示す試験装置を用いて間隙通過性を調べたところ、約 5 cm ピッチの鉄筋間隙を通過する時の分離抵抗性は図-21 に示すように、スランプが大きく変動しても B 配合の方が安定していることが確認された。

## 6. 過密配筋を有する土木構造物の施工例

### 6.1 対象構造物の概要

LNG 地下タンクの建設工事において、底版外周部と側壁の接合部付近（図-22, 23 参照）が、構造性能上過密な配筋状態となり、バイブレータによる締固め作業が困難で、計画当初からコンクリートの充填性の向上が課題とされていた。そこで、この箇所（約 1,200 m<sup>3</sup>）にニューロクリート工法を適用することを計画した。

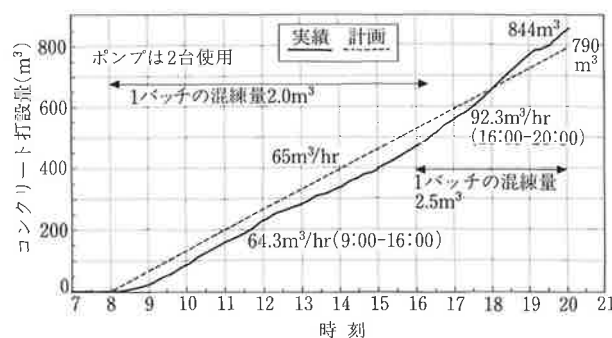


図-24 打設速度

### 6.2 使用材料、配合、練混ぜ

実施工に使用するレディーミクストコンクリート工場の設備の制約により、セメントは一般部の普通コンクリートと同じものに限定され、混和材料の使用もサイロの占有が不可能なためできなかった。そこで、フライアッシュを 20%、高炉スラグ微粉末を 45% 含む 3 成分系の混合セメントと、ナフタリン系の高性能 AE 減水剤の組合せでできるニューロクリートを適用することにした。

ニューロクリートの配合は、①基本配合選定のための室内試験、②細骨材の表面水率変動の影響確認試験<sup>4)</sup>、③実機における製造試験、④配合選定のための実規模モデル部材打設実験<sup>5)</sup>（前述）の結果から、実施工に最適と判断された配合（表-3）を選定した。

次に、実機での製造方法の確立と、実施工における品質管理手法の確認のために、⑤品質変動確認のための試験施工（約 350 m<sup>3</sup>）を実施した。その結果、練混ぜ時間は全材料投入後 60 秒（1 サイクル約 90 秒）で問題ないことが確認された。

### 6.3 施工上の特徴

6.3.1 ポンプ圧送と打設方法 地下約 45 m に位置する底版の施工であるため、鉛直配管（5B 管）の一部には写真-3 に示すような S 字配管を設けて、管内落下時の材料分離を抑制するようにした。また、ポンプ車は 2

台使用し、円周方向に180°ずつ分担するように水平配管を設置し、配管の3.75 mごとにゲートバルブ(写真-4)を設けてその開閉のみで打設位置のコントロールを行った。落下高さは約1.8 mであった。さらに、流動距離が極端に長くなると粗骨材の沈降などの品質低下が生じることが心配されたため、流動距離が10 m程度となるよう、打設高さを0.5 m程度の3層打ちとなるよう打設位置を制御した。打設状況を写真-5, 6に示す。

**6.3.2 製造および打設速度** 過密配筋部の打設速度は図-24に示す通りで、製造開始から1時間は初期の品質確認試験のため若干計画を下回ったものの、それ以降は1バッチ2 m<sup>3</sup>練りで約65 m<sup>3</sup>/hと計画通りの値が得られ、1バッチ2.5 m<sup>3</sup>練りに変更した16時以降では約92 m<sup>3</sup>/hとかなり急速な施工が可能であった。なお、打設総量が若干計画を上回ったのは、底版中央部の普通コンクリートの領域にニューロクリートの一部が流失したためである。このようにニューロクリートは流動性が高く、型枠や境界部の仕切りを確実にに行わないと流失が生じる場合があるので注意を要する。

### 6.3.3 表面仕上げの時期

この工事では、低発熱の3成分系混合セメントとナフタリン系の高性能 AE 減水剤を併用したため、凝結の開始が27時間程度(20°C)とかなり遅くなった。従って、表面の仕上げの時期は従来のコンクリートと大きく異なり、打設終了後こてで粗均しを行い、翌日夕方に再度表面仕上げを行う方式を採用し、その後マット+散水養生を実施した。

### 6.4 適用性の評価

表面仕上げのタイミングを除き、製造から打設までの性状に関しては十分安定した良好な品質が得られた。硬化後の圧縮強度も材令91日で500 kgf/cm<sup>2</sup>以上と高強度が得られた。なお、表面仕上げに関しては、従来と異なる時期に実施することをあらかじめ知っていれば問題とならないことが確認された。

パイプレータを全く使用しなかったが、過密配筋下でも良好な充填性を示すことが確認され、作業員はバルブの開閉を行う者1名のみでよく、ポンプ1系統当たり3名程度の省人化が図れることが判明した。またゲートバルブ方式の採用により、従来のような筒先の移動や振回しなどの作業時間が省略できたため、ポンプ2系統当たり最高92 m<sup>3</sup>/hr程度の急速施工が達成できた。これは製造速度の限界(100 m<sup>3</sup>/h)に近い値である。さらに、打設中も配管内をコンクリートが流れる音だけで大変静かに施工できることも確認された。

## 7. あとがき

コンクリート構造物の高品質化と施工の合理化を目的として「ニューロクリート工法」の開発を行ってきた。数種類の実規模レベルの打設実験を経て、実工事への適用例も10件程度と多くなってきた。しかし、まだ製造時

の管理方法や最適施工法の確立など研究の余地が残されている。また現状では、材料単価が増加する分を工事における工期の短縮・品質の向上・騒音の低減等の付加価値に単純に置きかえられないなど、解決しなければならない課題も多い。しかし、コンクリート工事における施工環境の改善など社会的要求を考え合わせると、ニューロクリート工法は今後、益々普及していくものと期待される。

なお、ニューロクリート工法を実施に適用する場合の注意点をまとめると以下ようになる。

- ① 構造物の形状・寸法・配筋状態に応じた適切なスランブフローおよびOロート流下時間を設定する。
- ② マスコンクリート構造物に適用する場合は、低発熱型のセメントや、発熱にほとんど影響しない石粉等を使用し、流動性や分離抵抗性を確保する。
- ③ 単位微粉末量が多くなるため、練混ぜ時間は通常より長めに設定する。
- ④ 外気温が高い場合にはスランブフローの低下が大きくなるため、混和剤の種類を選定には特に注意する。
- ⑤ 型枠・支保工の設計では、側圧の大きさは液圧として計算し、流出等が生じないように確実に施工する。
- ⑥ 表面仕上げの時期が従来と大きく異なる場合がある。
- ⑦ ブリージングがないためコンクリート表面が乾燥し、プラスチック収縮ひび割れが生じやすい。従って、打設後早期に散水養生やシート掛け養生を行う。

## 謝 辞

末筆ながら、ニューロクリートの現場適用に際し、大変貴重な助言を戴きました東京大学工学部土木工学科の岡村 甫教授、小沢一雅助教授、また現場適用にむけてご尽力くださいました東京ガス(株)生産技術部の小松原徹課長ほか関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 岡村 甫：新しいコンクリート材料への期待，セメント・コンクリート，No. 475，p. 2~5，(1986. 9)
- 2) 小沢，前川，岡村：ハイパフォーマンスコンクリートの開発，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 11，No. 1，p. 699~704，(1989. 6)
- 3) 近松，三浦，青木，十河：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，p. 60~66，(1991. 4)
- 4) 三浦，入矢，十河：細骨材の表面水率の変動が超流動コンクリートの品質に及ぼす影響，コンクリート工学協会，コンクリートの製造システムに関するシンポジウム論文集，p. 37~42，(1992. 5)
- 5) 三浦，小松原，宮崎，入矢：超流動コンクリートの過密配筋構造物への適用に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 14，No. 1，p. 95~100，(1992. 6)