

土 木 研 究 所 資 料

水中不分離性コンクリートに関する 試験調査報告書(2)

—水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)—

1991年1月

建 設 省 土 木 研 究 所
地質化学部コンクリート研究室

「Copyright © (1991) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

水中不分離性コンクリートに関する

試験調査報告書(2)

—水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)—

コンクリート研究室 室 長 河野広隆

研 究 員 森濱和正

研 究 員 高橋弘人

要 旨

水中不分離性コンクリートのフレッシュコンクリートの性状、強度特性、耐久性について実験を行った。

それらの実験結果などをもとに、水中で施工するコンクリート構造物に水中不分離性コンクリートを用いる場合の、設計および施工の一般的な事項についてとりまとめたものである。

キーワード：水中不分離性コンクリート、水中不分離性混和剤、設計、施工

まえがき

1974年、西ドイツでコンクリートに添加するとフレッシュコンクリートの粘性を高め、水中施工時の材料分離を生じにくくなる混和剤（水中不分離性混和剤）が開発され、1977年から水中コンクリート工事に本格的に使用されている。わが国へは1981年に技術導入され、水中不分離性コンクリートと呼ばれ水中工事に使用され始めている。従来の水中コンクリートは、水とコンクリートが接触しないように施工方法に工夫してきたが、特にセメントペーストの水中への逸散をなくすことは非常に困難であった。一方、水中不分離性コンクリートは、材料分離しにくいようにコンクリートの性質そのものを改良した点に大きな特徴を有している。この特徴を有効に活用すれば、水質汚濁など環境条件の厳しい施工条件の水中コンクリート工事においても利用できるものと考えられる。

しかし、このコンクリートは、開発されて日も浅いため、コンクリートの性状が明らかになっていない点多々あるため、品質基準、施工方法、品質管理方法などはまだ確立されていない。このため、1989～90年にかけて水中不分離性コンクリートのフレッシュコンクリートの性状、強度特性、耐久性について実験を行ってきた。

これらの実験成果などを取り入れ、現場で使いやすいように指針の形でとりまとめ、水中不分離性コンクリートを水中構造物に用いる場合の設計および施工についての指針（案）を作成した。なお、本指針（案）の作成にあたっては、著者らも参加している土木学会・特殊水中コンクリート小委員会でも水中不分離性コンクリートの設計・施工指針および水中不分離性混和剤の品質規準の作成が行われており、それらも参考にさせていただいた。

水中不分離性コンクリート設計施工指針（案）

目 次

まえがき

1章 総 則	1
1.1 適用の範囲	1
1.2 用語の定義	2
2章 水中不分離性コンクリートの品質	4
2.1 総 則	4
2.2 フレッシュコンクリートの品質	4
2.2.1 水中不分離性	4
2.2.2 ワーカビリティ	6
2.3 硬化コンクリートの品質	7
2.3.1 強 度	7
2.3.2 耐 久 性	10
3章 材 料	11
3.1 総 則	11
3.2 材 料	11
3.2.1 水中不分離性混和剤	11
3.2.2 水中不分離性混和剤の貯蔵	11
3.2.3 高性能減水剤	12
3.2.4 セメント	13
3.2.5 混 和 剤	13
3.2.6 混 和 材	13
4章 配 合	14
4.1 総 則	14
4.2 配合条件	14
4.2.1 水中不分離性	14

4.2.2	ワーカビリチー	16
4.2.3	配合強度	16
4.2.4	耐久性	17
4.2.5	空気量	18
4.3	配 合	18
4.3.1	単位水量	18
4.3.2	水中不分離性混和剤の単位量	19
4.3.3	高性能減水剤の単位量	19
4.3.4	水セメント比	20
4.3.5	単位セメント量	20
4.3.6	粗骨材の最大寸法	20
4.3.7	細骨材率	21
4.3.8	混和材料の単位量	21
4.4	試験練り	21
4.5	配合の表し方	22
5章	コンクリートの製造	24
5.1	総 則	24
5.2	計 量	24
5.2.1	水中不分離性混和剤の計量	24
5.2.2	高性能減水剤の計量	24
5.3	練りませ	25
5.3.1	一 般	25
5.3.2	ミ キ サ	26
5.3.3	練りませ	26
6章	レデーミクストコンクリート	28
6.1	総 則	28
6.2	品質についての指定	28
6.3	受入れ検査	29
7章	運搬および打込み	30
7.1	総 則	30
7.2	運 搬	30
7.3	打 込 み	30

7.3.1	一般	30
7.3.2	コンクリートポンプを用いた圧送および打込み	31
7.3.3	トレミーを用いた打込み	33
7.4	打継ぎ	33
7.5	コンクリート表面の保護	34
8章	鉄筋工	35
8.1	総則	35
8.2	鉄筋の組立て	35
8.3	鉄筋の継手	36
8.4	組立てた鉄筋の水中設置	36
8.5	水中存置期間	37
9章	型わく	38
9.1	総則	38
9.2	型わく	38
9.2.1	材料	38
9.2.2	設計	39
9.2.3	組立ておよび取りはずし	39
10章	管理および検査	41
10.1	総則	41
10.2	コンクリートの品質管理	41
10.3	施工管理	42
10.4	構造物の検査	43
11章	設計に関する一般事項	44
11.1	総則	44
11.2	構造細目	44
11.2.1	かぶり	44
11.2.2	鉄筋のあき	45
11.3	設計定数	45
12章	特殊な考慮を必要とするコンクリート	46
12.1	マスコンクリート	46

12.1.1	総 則	46
12.1.2	温度ひびわれの制御	46
12.1.3	温度ひびわれ発生を検討	47
12.2	寒冷下あるいは冷水中における施工	49
12.2.1	総 則	49
12.2.2	材 料	49
12.2.3	配 合	50
12.2.4	運搬および打込み	50
12.3	暑中コンクリート	50
12.3.1	総 則	50
12.3.2	材 料	51
12.3.3	配 合	51
12.3.4	練上り温度	51
12.4	鉄骨コンクリート	51
12.4.1	総 則	51
12.4.2	鋼 材	52
12.4.3	鉄骨の製作	52
12.4.4	コンクリートの打込み	52
12.5	補修および補強コンクリート	52
12.5.1	総 則	52
12.5.2	補修および補強	53
12.6	流水中の施工	53
12.7	干満帯の施工	54
12.7.1	総 則	54
12.7.2	水セメント比	55
12.7.3	打 継	55
	参考文献	56

1 章 総 則

1.1 適用の範囲

この指針は、水中で施工するコンクリート構造物に用いる水中不分離性コンクリートの設計および施工に適用する。

【解説】 水中コンクリート工事は、従来、プレバックドコンクリート工法やトレミー工法に代表されるように、水とコンクリートができるだけ接触しないように打設機械、装置を改良、工夫するなど施工法の技術開発に重点がおかれていた。一方、水中不分離性コンクリートは、特殊な混和剤（水中不分離性混和剤）をコンクリートに添加し、フレッシュコンクリートの粘性を高めることで材料分離を生じにくいように、コンクリートの性質そのものを改良したものである。そのため、コンクリートが水中を自由落下しても水の洗い作用などによる材料分離が少なく、所要の品質を容易に確保することが可能となった。また、これまでの水中コンクリート工法と比較して、打設場所周辺の水の汚濁を低減することができ、環境保全にも顕著な効果を発揮する。

水中不分離性コンクリートの特徴を以下に示す。

- ① 粘性が高く水中分離抵抗性に優れており、水中で落下させても材料分離しにくく、水の汚濁が少ない。
- ② 独特の流動性を有しており、材料分離を生じることなく流動性を保持し、充填性やセルフベリング性が向上する。このため、一般に縮固めのできない水中でも良質なコンクリートを施工しやすくなる。
- ③ 余剰の練りませ水があっても高い分離抵抗性のため、ブリージングやレイトランスを生じにくい。
- ④ 乾燥収縮が大きく、凍結融解抵抗性が普通コンクリートと比較して劣る。

これらの特徴から、水中不分離性コンクリートは、構造物の品質に高い信頼性が要求される工事、仕上がり面の平坦性が要求される工事などに適している。環境面からは、水質汚濁に制約を受ける場所での工事に適しているという、これまでにない大きな特長も有している。しかしその反面、高い粘性を有しているため、従来のコンクリートに比較して取扱いがむずかしく、所要の品質のコンクリートを製造し、施工するには十分な配慮が必要である。また、耐久性の面から気中構造物には適さない。

本指針では、これらの特徴から水中不分離性コンクリートの適用範囲を以下のとおりとする。

- ① 水中の無筋あるいは鉄筋コンクリート工事を対象とする。将来、気中に露出することが予想される構造物は原則として適用外とする。
- ② 施工は、静水中（流速5 cm/sec程度以下）において、水中落下高さ50 cm以下の条件で打込む工事を原則とする。
- ③ 環境条件に対する配慮が厳しく要求され、水質汚濁をできるだけ抑制しなければならない工事も含める。

本指針は、水中コンクリート構造物に用いる水中不分離性コンクリートの設計および施工において、特に考慮すべき事項について示したものであり、この指針に示されていない事項についてはその他の関連する指針などによらなければならない。なお、水中不分離性コンクリートに関しては、(財)沿岸開発技術研究センター・(財)漁港漁村建設技術研究所「水中不分離性コンクリート・マニュアル(設計・施工)」(1989.12)および土木学会「水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)」(1991.5刊行予定)があり、参考にするとよい。

1.2 用語の定義

この指針に用いる用語を次のように定義する。

- (1) 水中不分離性混和剤：コンクリートに混和することによってコンクリートの粘性を増大させ、水中においても材料分離しにくい性能をコンクリートに付与する混和剤
- (2) 水中不分離性コンクリート：水中不分離性混和剤を混和することによって、材料分離抵抗性を高めた水中コンクリート
- (3) 高性能減水剤：コンクリートに混和することにより、所要のスランプフローを得るための単位水量を大幅に減ずることを主目的とする混和剤
- (4) 水中不分離性：コンクリートが水による洗い作用を受けたり、長時間水中流動させても材料分離しにくい性質
- (5) 充填性：コンクリートが狭い空隙や型わくのすみずみまで自重で流れ込み、隙間なく詰まる性質
- (6) セルフレベリング性：コンクリートが平面的に広がり、水平な表面を形作る性質
- (7) スランプフロー：JIS A 1101(コンクリートのスランプ試験方法)に従ってスランプコーンに試料を詰め、直ちにスランプコーンを上げた場合に生じる試料の広がり
- (8) 水中落下高さ：コンクリートを打込む際、打込み用具の下端から打込み位置までコンクリートが水中落下する距離
- (9) 水中流動距離：コンクリートを打込む際、打込み位置から周囲へ向かってコンクリートが流動する距離
- (10) 水中作製供試体：JIS A 1132に規定する型わくに、水中でコンクリートを自由落下させて作製した供試体
- (11) 気中作製供試体：JIS A 1132に規定する型わくに、気中でコンクリートを充填して作製した供試体
- (12) 水中気中強度比：同一材令での気中作製供試体の圧縮強度に対する水中作製供試体の圧縮強度の比
- (13) プラント添加方式：水中不分離性コンクリートの製造方法で、プラントですべての材料を練

りませる方式。一般には、はじめにセメント、骨材、水中不分離性混和剤を空練りし、その後に水と高性能減水剤を投入して所定の時間練りませる方法

(14) 現場添加方式：水中不分離性コンクリートを製造する方法で、プラント添加方式以外の方法

【解説】(3)について 水中不分離性混和剤と高性能減水剤は、前者が主として水中不分離性を、後者が流動性を調整するために用いられ、各々の効果を併せて所要の品質の水中不分離性コンクリートを製造する。高性能減水剤は、現時点において品質規格がないため、土木学会規準「コンクリート用流動化剤品質規格(JSC E-1986)」に適合するものを用いるものとする。

(7)について コンクリートの流動性を表すための指標として用いられるもので、測定は土木学会規準「コンクリートのスランプフロー試験方法(案)」による。スランプフローは、スランプコーンを引上げてから5分後に測定した試料の広がり の測定値とする。

(10)について 本指針の配合、品質管理などで扱うコンクリート強度は、すべて水中作製供試体を用いて得られるものを基準としている。水中作製供試体の作製は、土木学会規準「水中不分離性コンクリートの圧縮強度試験用 水中作製供試体の作り方(案)」による。

2章 水中不分離性コンクリートの品質

2.1 総論

水中不分離性コンクリートは、所要の強度、耐久性、密実性、鋼材を保護する性能などをもち、品質のばらつきの少ないものでなければならない。また、その施工時には、作業に適するワーカビリティを有し、必要に応じて水質の汚濁を防止する性能を有していなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートは、所要の強度および耐久性を有し、鋼材を腐食から保護する性能を有していなければならない。水中不分離性コンクリートは、一般に所要のワーカビリティを得るための単位水量が $200\text{kg}/\text{m}^3$ 以上となるため、所要の強度を得るための水セメント比から定まる単位セメント量は $400\text{kg}/\text{m}^3$ 以上になることが多い。したがって、水中不分離性コンクリートの品質は、水中での施工に適するワーカビリティや強度ばかりでなく、単位セメント量の増大にともなうコンクリートの温度上昇やそれを低減するための各種混和材料の使用の適否などを検討する必要がある場合がある。また、打込まれたコンクリートの品質のばらつきは、使用材料の品質の変動や計量誤差ばかりでなく、打込み時のコンクリートの水中落下高さ、水中流動距離、施工水域の流速などにより影響を受ける。このように、水中不分離性コンクリートの品質には、使用材料および配合以外に施工条件の影響も大きく、これらを総合的に考慮することが重要である。

水中不分離性コンクリートに付与すべき水中不分離性、流動性、セルフベリング性などの程度は、構造物の条件や種類、環境条件、施工条件などによって異なる。一方、水中不分離性コンクリートの材料分離の程度は、主として水中不分離性混和剤の使用量による。したがって、所要のコンクリートの流動性および水中不分離性が得られるよう、水中不分離性コンクリートの配合、特に水中不分離性混和剤の使用量を適切に定める必要がある。

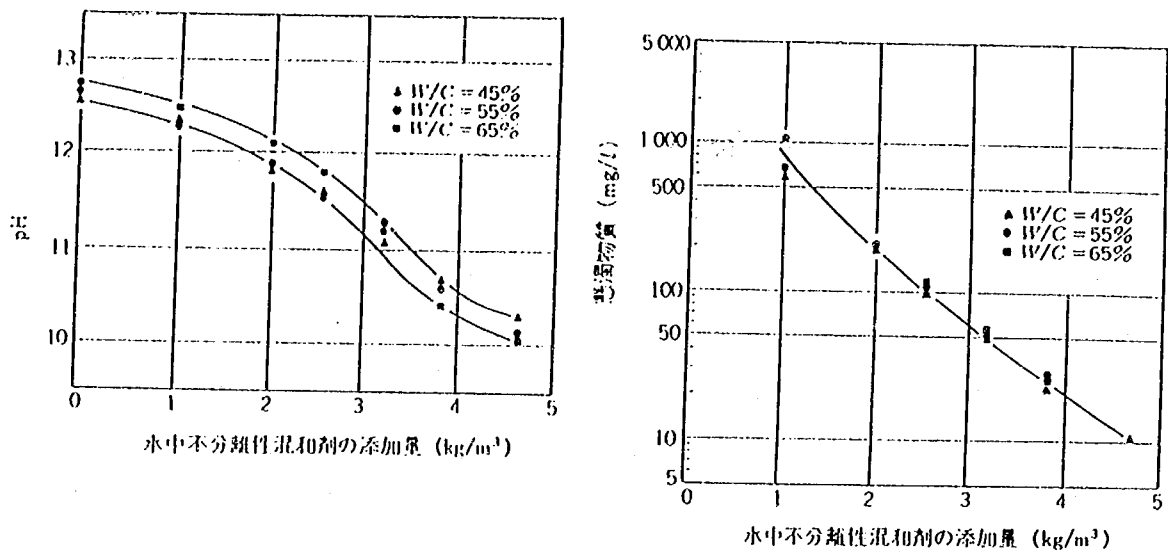
2.2 フレッシュコンクリートの品質

2.2.1 水中不分離性

- (1) 水中不分離性コンクリートは、所要の水中不分離性を有するものでなければならない。
- (2) 水中不分離性は、一般には、水中気中強度比により表示するものとする。水中作製供試体の作製方法および強度試験は、2.3.1(2)による。
- (3) 水質汚濁を防止する場合は、懸濁物質質量、pHあるいは濁度も表示するものとする。懸濁物質

量およびpHの測定は、土木学会規準「コンクリート川水中不分離性混和剤品質規格(案)・附属書2 (水中不分離性コンクリートの水中分離度試験(案))」に準じる。

【解説】(1)について 水中不分離性は、水中不分離性コンクリートの最も重要な特性である。水中コンクリートは、さまざまな原因により水の洗い作用などによる材料分離を生じやすい厳しい施工条件にあり、そのような状況下にあっても品質の良好なコンクリートが得られるようにしなければならない。水中不分離性コンクリートは、水中不分離性混和剤の添加量を増加することにより水中不分離性を改善することができる。解説 図2.1は、水中不分離性混和剤量を変化させたときのpHおよび懸濁物質量を測定した結果であり、水中不分離性混和剤が増加するにしたがいpHおよび懸濁物質量は減少しており、セメント粒子などの分離が少なくなっていることを示している。

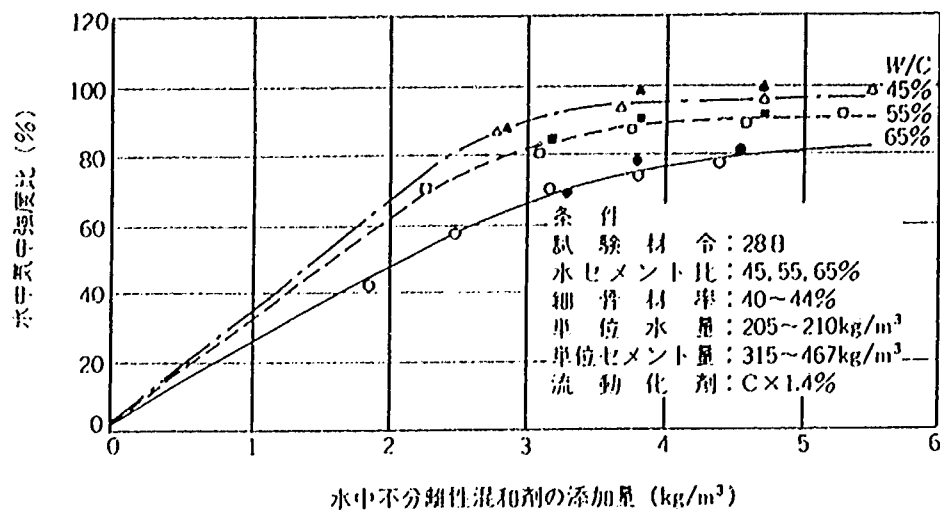


配合表								
粗骨材の 最大寸法 G_{max} (mm)	水セメント比 W/C (%)	粗骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m³)					
			水 W	セメント C	粗骨材 S	粗骨材 G	水中不分離性 混和剤	流動化剤
20	45	40	210	467	652	992	0~4.67	0~6.3
20	55	42	210	382	714	1004	0~4.67	0~5.2
20	65	44	210	323	765	994	0~4.67	0~4.4

解説 図2.1 水中不分離性コンクリート（セルローズ系）を水中自由落下させた際の懸濁物質量およびpHの測定結果の例²⁾

(2), (3)について 水中不分離性を表すには、実用上試験が簡単で実績があり、しかも配合試験でも行う圧縮強度試験を兼ねることができる、水中気中強度比で水中不分離性を表すこととした。解説 図2.2には、水中不分離性混和剤量と水中気中強度比の関係を示しており、解説 図2.1と見比べ、水中不分離性が改善されるほど水中気中強度比も高くなっており、水中気中強度比で水中不分離性を表すことができることを示している。

水質汚濁防止を目的とする場合には、水中気中強度比に加え、直接pHや懸濁物質量、濁度なども測定することを原則とした。



解説 図2.2 水中不分離性混和剤（セルロース系）添加量と水中気中強度比の例²⁾

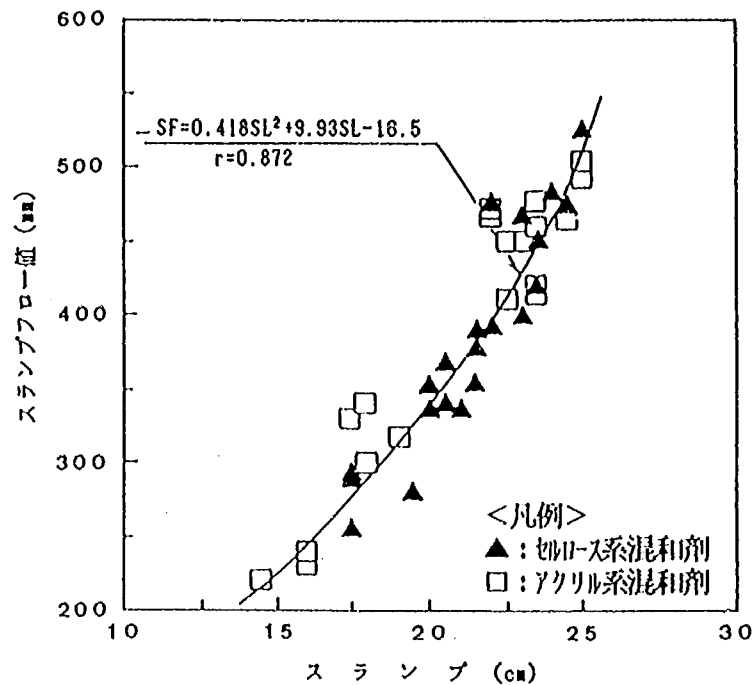
2.2.2 ワーカビリチー

(1) 水中不分離性コンクリートは、所要の流動性、充填性を有し、場合によってはセルフレベリング性を有するものでなければならない。

(2) 流動性、充填性、セルフレベリング性は、スランプフローにより表示するものとする。スランプフロー試験は、土木学会規準「コンクリートのスランプフロー試験方法(案)」によるものとし、スランプコーンを引き上げてから5分後の値をスランプフローとする。

【解説】(1) について 水中不分離性コンクリートは、鉄筋コンクリート部材の製作や狭い間隙への充填、斜面の被覆などさまざまな水中構造物に使用されることが考えられる。狭い間隙や鉄筋の間などへ打込む場合には十分な流動性や充填性が必要となるし、斜面の場合には流下しない硬練りのコンクリートとしなければならない。水中不分離性コンクリートは、単位水量を多くしても分離しにくく流動性が向上するので、この性質を活かしてセルフレベリング性として、コンクリートの打上がり面の平坦性を確保することに利用することも可能である。

(2) について 水中不分離性コンクリートは、通常のコンクリートとは異なる流動性を示し、通常用いられているスランプ試験ではその流動性を表しにくい。スランプとスランプフローの関係を解説 図2.3に示すように、両者の間にはほぼ2次の関係がみられ、常用の範囲ではスランプはスランプフローの1/3程度の変化しかなく、スランプでは流動性を表しにくい。したがって、スランプフロー試験によることとした。



解説 図2.3 スランブとスランブフローの関係の例³⁾

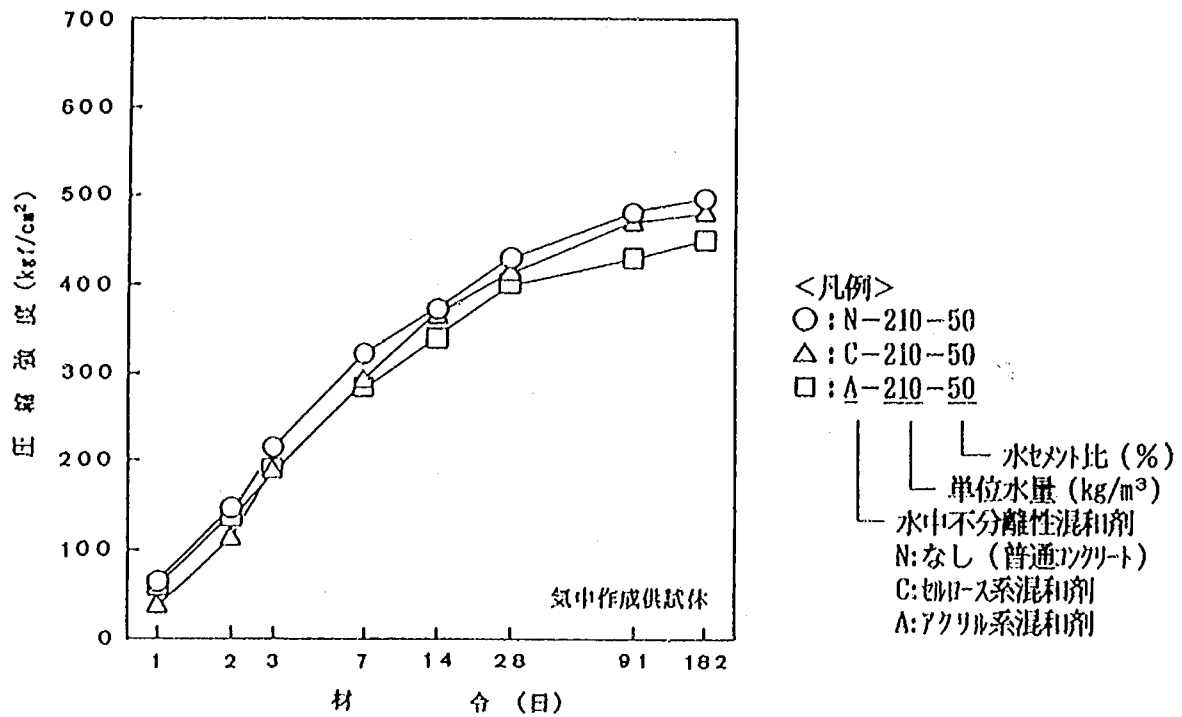
2.3 硬化コンクリートの品質

2.3.1 強度

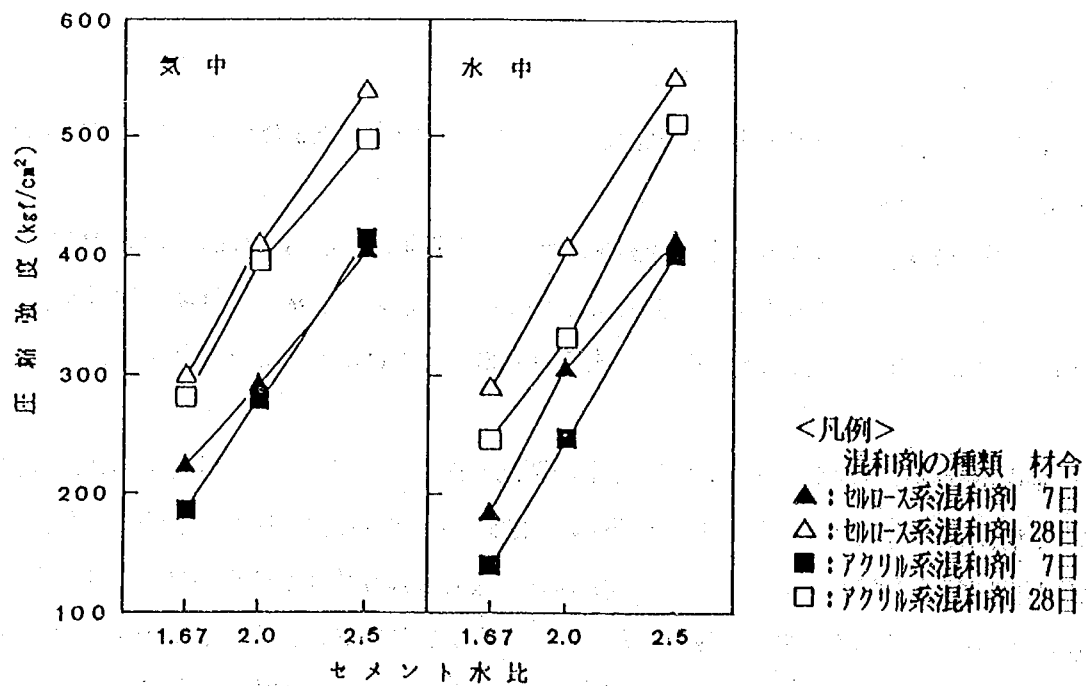
(1) 水中不分離性コンクリートの強度は、一般には、水中作製供試体の強度が所要の強度を有するものでなければならない。

(2) 水中不分離性コンクリートの圧縮強度試験、引張強度試験および曲げ強度試験は、それぞれ JIS A 1108、JIS A 1113 および JIS A 1106 によるものとする。また、水中供試体の作製は、土木学会規準「圧縮強度試験用 水中作製供試体の作製方法(案)」およびこれに準ずるものとする。

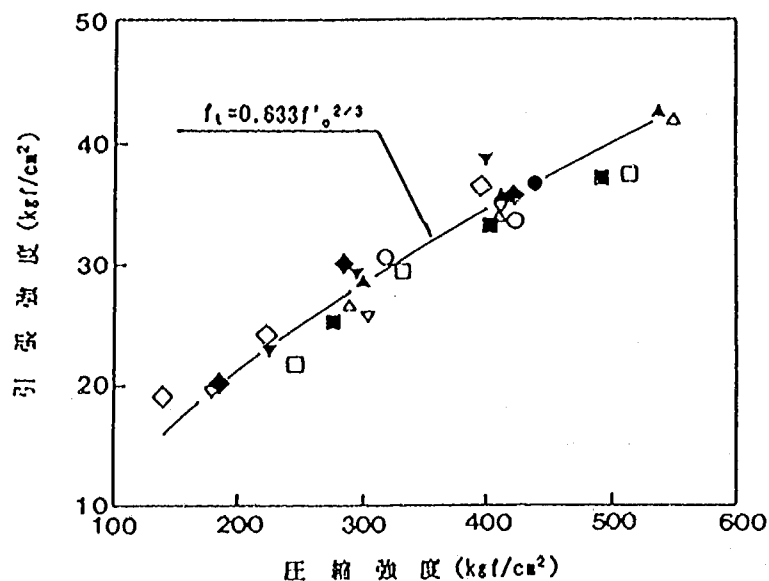
【解説】 水中不分離性コンクリートの強度特性を解説 図2.4～2.7に示す。解説 図2.4には材令と圧縮強度の関係を、解説 図2.5はセメント水比との関係を、解説 図2.6は圧縮強度と引張強度の関係、解説 図2.7は引張強度と曲げ強度の関係を示しており、いずれも一般的な強度特性は通常のコンクリートと同じ傾向を示している。しかし、供試体を水中で作製した場合、水の洗い作用などにより、水中不分離性コンクリートでも気中作製供試体より強度は低下する(解説 図2.2)。したがって、水中不分離性コンクリートの強度試験は、水中作製供試体によることとした。



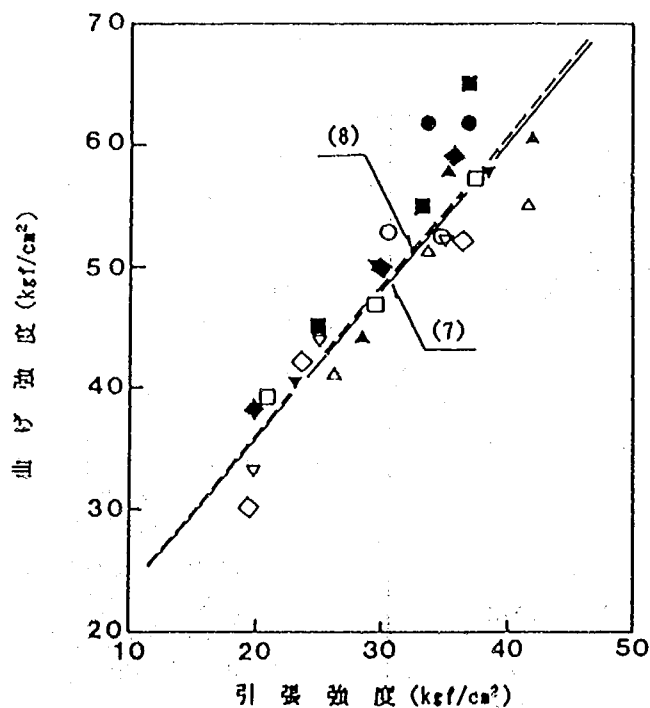
解説 図2.4 材令と圧縮強度の関係の例³⁾



解説 図2.5 セメント水比と圧縮強度の関係の例³⁾



解説 図2.6 圧縮強度と引張強度の関係の例³⁾



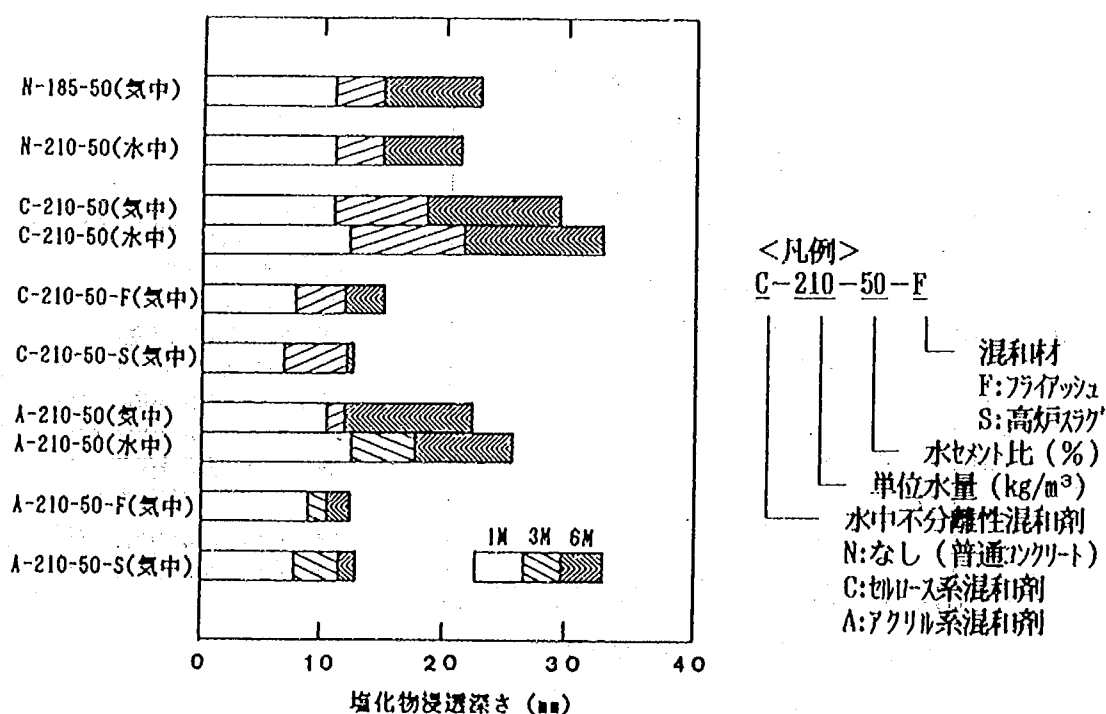
解説 図2.7 引張強度と曲げ強度の関係³⁾

2.3.2 耐久性

水中不分離性コンクリートは、環境条件などに対して十分な耐久性を有していなければならない。

【解説】 この指針では、水中不分離性コンクリートを、気中構造物に用いることは適用の範囲外であるため、凍結融解、乾燥収縮などは考慮しなくてよい。水中不分離性コンクリートによって建設される構造物の設置環境は、海水中あるいは水中であり、海水や酸性水による化学的侵食、流水などによるすりへり、塩化物イオンによる鉄筋の腐食などを受けるおそれがあり、これらに対して十分検討しなければならない。解説図2.8は、塩化物浸透試験の例を示したもので、水中不分離性コンクリートは通常のコンクリートより浸透は大きくなっている。このため、通常のコンクリート以上に耐久性に対して注意を要する面もある。しかし、高炉スラグ、フライアッシュを混入すれば通常のコンクリートよりかなり改善されていることがわかる。

これらの水中不分離性コンクリートの諸物性をよく把握したうえで、耐久性を確保するための対策を講じなければならない。所要の耐久性を確保するために、水セメント比の適切な設定、化学的侵食に実績のある混和材料の使用、十分なかぶりの確保、表面の保護などで十分対処しなければならない。



解説 図2.8 塩化物浸透試験結果の例³⁾

3章 材 料

3.1 系 材

材料は、品質の確かめられたものを用いなければならない。

3.2 木 材

3.2.1 水中不分離性混和剤

水中不分離性混和剤は、土木学会規準「コンクリート用水中不分離性混和剤品質規格（案）」に適合したものでなければならない。

【解説】 水中不分離性混和剤の品質の良否は、水中不分離性コンクリートの品質に大きく影響するため、所定の品質をもった混和剤を用いることが重要である。現在、水中不分離性混和剤は、主成分の種類によってセルローズ系とアクリル系に、また凝結時間によって標準形と遅延形に分けられる。土木学会規準「コンクリート用水中不分離性混和剤品質規格（案）」では、これらの混和剤を用いた水中不分離性コンクリートの品質として、水の洗い作用に対する分離抵抗性が一定の水準以上であり、かつ、正常な圧縮強度を有していなければならないことなどを規定している。

したがって、水中不分離性混和剤はこの規格(案)の定める試験を行い、その試験値がすべての項目について規格(案)に示す範囲内にあるものでなければならない。

水中不分離性混和剤は主成分が同じであっても、その銘柄によって水中不分離性の程度や流動性状などが変化する。したがって、工事に使用する水中不分離性混和剤の性能を既往の資料などによって把握するとともに、工事に使用する材料によってあらかじめ試験を行い、所要の品質が得られることを確認する必要がある。

なお、市販の粘性を高める水中コンクリート用混和剤の中には、土木学会規準の規格(案)に合格しないものもある。それらの中には海水中の使用に限れば良好な品質を示すものもある。このような混和剤は、海水中において本規格(案)に基づいて試験を行い合格したものは、海中での施工に限って使用してよい。

3.2.2 水中不分離性混和剤の貯蔵

(1) 水中不分離性混和剤は、吸湿しないように、また、直射日光や高温にさらされないようにしな

なければならない。

(2) 袋詰めした水中不分離性混和剤は、使用直前に解袋するものとし、貯蔵中に破袋したものは工事に用いてはならない。

(3) 貯蔵期間が長期にわたった場合は、試験を行い、所定の品質を有することを確認しなければならない。

【解説】 水中不分離性混和剤は吸湿性があり、吸湿することによって混和剤粒子の凝集や有効成分含有率の相対的な低下を引き起こし、水中不分離性コンクリートとしての所要の品質が得られなくなる。また、直射日光や高温にさらされた場合には、変質するおそれもある。混和剤の貯蔵にあたっては直射日光をさけ、常温下(30℃以下)で防湿性の密封容器などに入れて保存しなければならない。貯蔵期間は、上記の条件のもとで6ヶ月以内とする。

貯蔵期間が長期にわたった場合は、品質が土木学会規準「コンクリート用水中不分離性混和剤品質規格(案)」を満足することを確認して使用しなければならない。

3.2.3 高性能減水剤

混和剤として用いる高性能減水剤は、土木学会規準「コンクリート用流動化剤品質規準(案)」に適合し、かつ、水中不分離性混和剤と併用してコンクリートに悪影響を及ぼさないものでなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートは、所要の流動性を得るために単位水量が多くなり、単位セメント量も多くなる傾向にあり、これを抑制するために通常は高性能減水剤を併用する。

高性能減水剤と水中不分離性混和剤の間には相性のあることが知られており(解説 表3.1)、セルロース系の水中不分離性混和剤と併用する高性能減水剤としては、メラミンスルホン酸塩系(トリアジン系)が推奨されている。セルロース系水中不分離性混和剤とナフタリンスルホン酸塩系高性能減水剤を併用すると、空気量の増大とそれともなう強度低下、流動性の低下などを生じる。アクリル系水中不分離性混和剤の場合には、メラミンスルホン酸塩系、ポリカルボン酸塩系、ナフタリンスルホン酸塩系などを使用する。

解説 表3.1 高性能減水剤と水中不分離性混和剤の相性

水中不分離性 混和剤の種類	使用 可	使用 不可
セルロース系	メラミンスルホン酸塩系(トリアジン系)	ナフタリンスルホン酸塩系
アクリル系	メラミンスルホン酸塩系 ポリカルボン酸塩系 ナフタリンスルホン酸塩系	

3.2.4 セメント

(1) 普通ポルトランドセメント、中熱ポルトランドセメントは、JIS R 5210、高炉セメントおよびフライアッシュセメントはJIS R 5211およびJIS R 5213に適合したものでなければならない。

(2) (1) 以外のセメントについては、水中不分離性コンクリートとしての品質を確認し、その使用方法を十分検討しなければならない。

【解説】 水中不分離性混和剤の作用機構から、セメントの種類は水中不分離性コンクリートの品質に大きな影響を与えることはないと考えられる。(1) はこれまでに使用実績のあるものであり、それ以外のセメントについてはコンクリートが所要の品質を得られることを確認しなければならない。

3.2.5 混和剤

(1) 混和剤として用いるAE剤、減水剤、AE減水剤は、JIS A 6204に適合し、かつ水中不分離性混和剤と併用してコンクリートに悪影響を及ぼさないものでなければならない。

(2) (1) 以外の混和剤については、その品質を確かめ使用方法を十分検討しなければならない。

【解説】 (1) について これまでに水中不分離性コンクリートに使用実績のあるAE剤、減水剤、AE減水剤は限られており、すべての種類のものが添加による悪影響がなく、しかも添加による効果が期待できるかは明かではない。JIS A 6204に適合している混和剤であっても、使用するにあたっては使用実績や試験などによる確認が必要である。

(2) について (1) 以外の混和剤を使用する場合には、目的に応じてその性能が発揮できるよう混和剤の種類や添加量など使用方法を事前に十分検討したうえで、コンクリートの品質についても十分確認しなければならない。

3.2.6 混和材

(1) 混和材として用いるフライアッシュは、JIS A 6201に適合したものでなければならない。

(2) 混和材として用いる高炉スラグ微粉末は、土木学会規準「コンクリート用高炉スラグ微粉末規格(案)」に適合しなければならない。

(3) (1) および(2) 以外の混和材については、その品質を確かめ、使用方法を十分検討しなければならない。

【解説】 (3) について フライアッシュ、高炉スラグ微粉末以外の混和材の使用実績はほとんどないため、使用にあたっては事前にコンクリートとしての品質を確認しなければならない。

4章 配 合

4.1 総 則

水中不分離性コンクリートの配合は、所要の水中不分離性、ワーカビリティ、強度および耐久性をもつよう、試験によってこれを定めなければならない。

【解説】 通常のコンクリートは、所要の性能をもつ範囲内で単位水量をできるだけ少なくすることを基本原則として定めている。水中不分離性コンクリートは、まず所要の水中不分離性を確保するために、単位水量に対する水中不分離性混和剤の添加率を定め、次に作業に適するワーカビリティを得るために必要な範囲内で単位水量をできるだけ少なくなるように定めることを原則とする。ただし、水中不分離性コンクリートの単位水量は通常のコンクリートよりかなり多くなるので、水中不分離性混和剤量、単位水量、単位セメント量を考慮しながら、高性能減水剤を使用し、単位水量ができるだけ少なくなるようにする。

解説 図4.1は、水中不分離性コンクリートの配合設計の一般的な考え方を示したものである。フローの左側は、配合を決めるにあたっての考慮すべき条件であり、右側は本指針に基づいて配合を設定する条件を示している。

4.2 配合条件

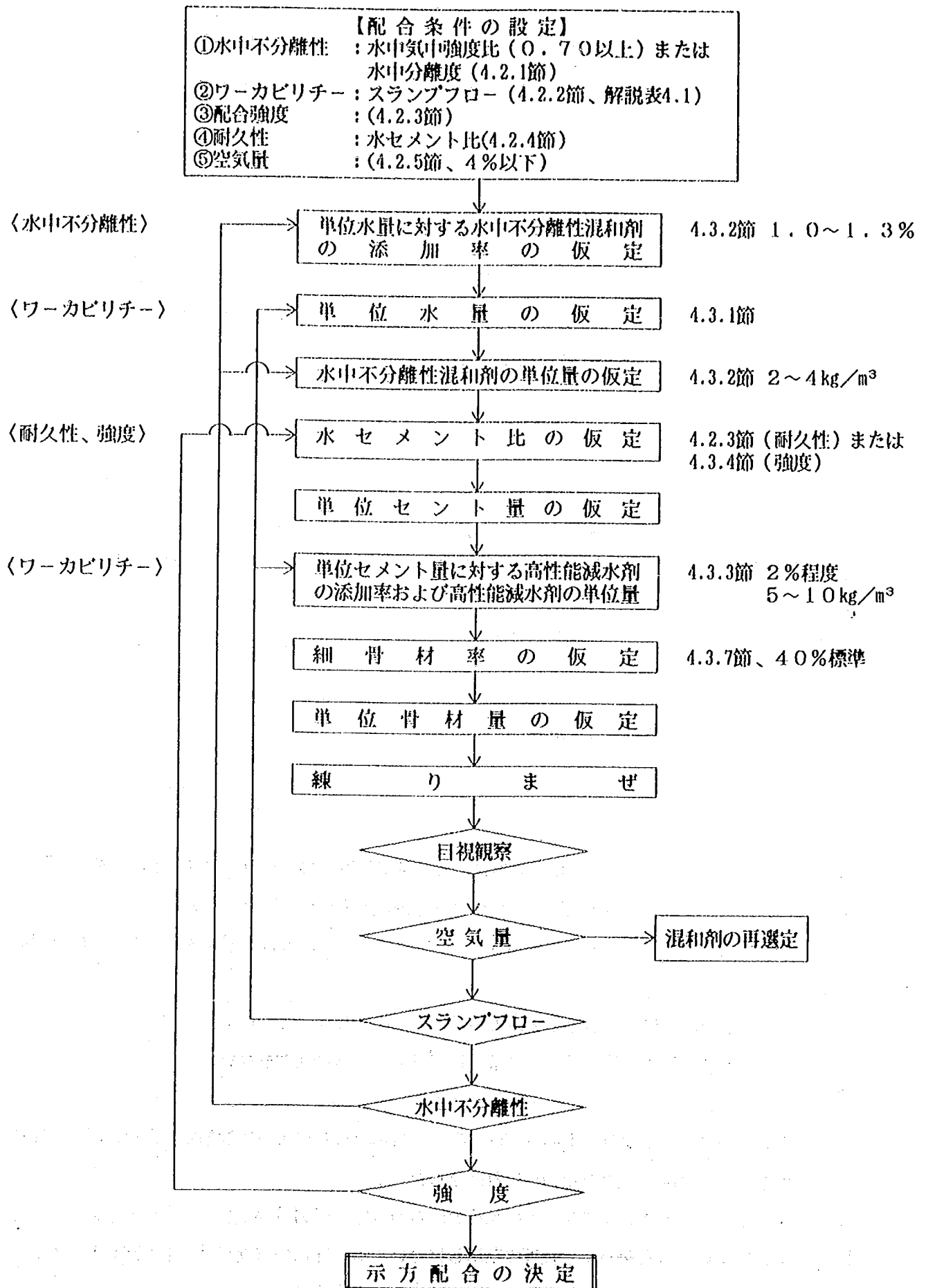
4.2.1 水中不分離性

(1) 所要の水中不分離性が得られるよう、水中気中強度比を適切に定めなければならない。

(2) 水質汚濁を防ぐことを目的とする場合は、水質汚濁防止の程度に応じpH、懸濁物質質量または濁度を適切に定めなければならない。

【解説】 (1) について 既往の実績から判断して、適切な水中不分離性を有するコンクリートの水中気中強度比は一般に0.70以上である。鉄筋コンクリートのように高い品質のコンクリートが要求される場合は、さらに大きい水中気中強度比を定めるとよい。

(2) について 環境条件の制約などから、pH、懸濁物質質量などを定める。



解説 図4.1 配合設計の一般的な考え方

4.2.2 ワーカビリチー

(1) 打込み時のスランプフローは、運搬、打込みなどの作業に適する範囲内で、できるだけ小さくなるように定めなければならない。

(2) 水中不分離性コンクリートのスランプフローは、一般の場合、所要の値に対して±3 cm以下でなければならない。

【解説】(1)について 作業に適するスランプフローは、施工場所、配筋状態、打込み方法など施工条件により異なる。作業に適するスランプフローを適切に定めるには、既往の施工実績、資料などを参考にする。とよい。解説 表4.1にスランプフローの範囲の参考値を示す。

解説 表4.1 水中不分離性コンクリートのスランプフローの標準範囲

施工条件	スランプフローの範囲(cm)
急斜面の張石(1:1.5~1:2)の固結や、斜面の薄いスラブ(1:8程度までの施工などで流動性を小さく押さえたい場合	35~40
一般の場合 特に複雑な形状でない部分に打ち込む場合	40~55
空洞へ充填する場合	50~55
狭い空洞へ充填する場合 特別に良好な流動性を求められる場合	55~60

4.2.3 配合強度

(1) 水中不分離性コンクリートの配合強度は、設計基準強度、およびコンクリートの製造、運搬および打込みにおけるコンクリートの品質のばらつきを考慮して定めなければならない。

(2) 水中不分離性コンクリートの配合強度は、一般の場合、次の条件を満足するものでなければならない。

(a) 1回の試験結果は、設計基準強度の85%以上でなければならない。

(b) 3回の試験結果の平均値は、設計基準強度以上でなければならない。

【解説】(1)について コンクリートの強度は、製造、打込みなどによって変動するため、設計基準強度を下回ることがないように配合強度を定めなければならない。

(2)について 水中不分離性コンクリートの品質のばらつきは、材料分離しにくいいため通常のコンクリートと同程度と考えてよい。したがって、強度の割増しについては、通常のコンクリートと同じとした。

割増し係数は、(a)、(b)の条件より、以下の式によって求める。

変動係数が10%未満の場合：

$$p = \frac{1}{1 - \sqrt{3} V / 100}$$

変動係数が10%以上の場合：

$$p = \frac{0.85}{1 - 3 V / 100}$$

ただし、p：割増し係数

V：変動係数（%）

4.2.4 耐久性

水中不分離性コンクリートの耐久性を確保するには、環境条件などに応じて適切に配合を定めなければならない。

（1）練りませ時におけるコンクリート中の塩化物含有量の許容限度は、構造物の種類、設置される環境条件などに応じて適切に定めなければならない。

（2）コンクリートへの化学作用、鉄筋への腐食作用などに対して、水セメント比で対処する場合には、その値は表4.1の値以下でなければならない。

表4.1 耐久性を考慮するときの水セメントの最大値（%）

水 域	無筋コンクリート	鉄筋コンクリート
淡水中	60	55
海水中 酸性水	50	50

（3）アルカリ骨材反応に対しては、次の（a）～（d）の対策のうちのいずれかを選択しなければならない。

- （a）安全と認められる骨材の使用
- （b）低アルカリ形セメントの使用
- （c）抑制効果のある混合セメント等の使用
- （d）コンクリート中のアルカリ総量の規制

【解説】 水中不分離性コンクリート構造物は常に水中にあり、劣化を生じていてもそれを発見することは難しく、発見した後もその後の進行状況の把握、劣化に対する適切な補修対策をとることなどは極めて困難である。耐久性を確保するために、配合上も十分配慮しなければならない。

（1）について 塩化物がコンクリート中に大量に含まれると、コンクリート中の鉄筋の腐食が促進される原因となる。また、海中への打込みでは、コンクリート打込み時に海水中の塩分の巻込みも懸念されるため、塩化物量の初期値はなるべく低くおさえておく必要がある。

これらのことより、水中不分離性コンクリートを鉄筋コンクリートに使用する場合は、一般にコンクリート中の塩化物イオン重量は 0.30kg/m^3 以下とする。

なお、塩化物イオン量は、水中不分離性コンクリートから測定試料のろ液を採取することがむずかしいので、各材料の塩化物イオン含有量から計算によって求めてよい。

(2)について 水中構造物は、接触する水に含まれる各種塩類による侵食作用を受ける。水中不分離性コンクリートは、通常のコンクリートと比べ同一の水セメント比であれば塩化物の浸透がやや早くなる傾向がある。しかし、水中不分離性コンクリートは材料分離しにくく、これまでの実験結果などでは通常のコンクリートと同程度の耐久性状を示しており、水セメント比は通常のコンクリートと同程度とした。

(3)について 水中不分離性コンクリートは、単位セメント量が多く、海水中に打込まれた場合は常時アルカリ金属イオン(Na^+ 、 K^+)が供給されやすいなど、アルカリ骨材反応に対して不利な条件が多い。そのため、アルカリ骨材反応に対する対策は十分検討して決めなければならない。

4.2.5 空気量

(1) 空気量は、できるだけ少なく定めることを原則とする。

(2) 空気量は、一般の場合、定めた値に対して $+1.0\%$ 以下でなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートは、水中不分離性混和剤の添加によってもたらされた高い粘性により、コンクリートの練りませ時にエントラップドエアが多量に取り込まれる傾向がある。この空気泡はAE剤によるエントレインドエアのように流動性や凍結融解の改善効果は期待できない。

コンクリートの強度は、一般に、空気量が増すほど小さくなり、コンクリートの品質のばらつきも大きくなる。また、過剰な空気が混入されると、水中に打込まれたコンクリートから空気が抜け出す際にセメント粒子などを伴うことになり、周辺の水質汚濁の原因ともなる。さらには、打込んだコンクリートによって空気が圧縮され所定量のコンクリートが得られないことにもなる。

このようなことから、空気量はできるだけ少なくするほうがよい。一般には、 4% 以下を標準としてよい。

4.3 配 合

4.3.1 単位水量

単位水量は、水中不分離性混和剤および高性能減水剤の単位量を考慮して、所要のワーカビリティが得られる範囲内で、できるだけ少なくなるよう定めなければならない。

【解説】 単位水量は、高性能減水剤を併用し、所要のワーカビリティが得られる範囲内で、できるだけ少なくなるようにしなければならない。

通常の場合、スランプフロ 50cm 前後の場合の単位水量は、 $210\sim 230\text{kg/m}^3$ である。

単位水量は、解説 表4.2を参考にするとよい。

解説 表4.2 水中不分離性コンクリートの単位水量の概略値

粗骨材の最大寸法 (mm)	単位水量 (kg/m ³)	備 考
20	220	高性能減水剤10g/m ³ 程度を併用 水中不分離性混和剤使用量W×1.15% 細骨材率40%程度、空気量4%以下
40	215	

- (1) この表に示す値は、骨材として普通の粒度の細骨材と碎石を使用し、スランプフロ－50cmの水中不分離性コンクリートに対するものである。
- (2) 使用材料またはコンクリートの品質が(1)の条件と異なる場合は、上記の表の値を下記により補正する。

区 分	スランプ ¹ フロ－の範囲	単位水量の補正 (kg/m ³)
スランプフロ－が1cmだけ 大きい(小さい)ごとに	40～45cm	2.5だけ大きく(小さく)する
	45～55cm	4.0だけ大きく(小さく)する
	55～60cm	6.5だけ大きく(小さく)する
水中不分離性混和剤の添加量が W×0.10%大きい(小さい)ごとに		5.0だけ大きく(小さく)する

注) この補正值は、目安であり、スランプフロ－40～60cmの範囲で適用できるものである。
スランプフロ－60cm以上でセルフレベリング性を求める場合には、この補正值よりも大きい単位水量で補正する必要がある。

4.3.2 水中不分離性混和剤の単位量

水中不分離性混和剤の単位量は、要求される水中不分離性に応じて、適切な値を定めなければならない。

【解説】 水中不分離性混和剤は、セメントペースト中の水に溶解して水溶液の粘性を高める。コンクリート中の材料はこの高い粘性によってつなぎ止められ、コンクリートの水中不分離性が発揮される。このため水中不分離性混和剤の単位量は、単位水量に対する重量比によって定める。

一般に水中不分離性混和剤の単位量は、単位水量に対する百分率で1.0～1.3%、単位量で2～4kg/m³である。

4.3.3 高性能減水剤の単位量

高性能減水剤の単位量は、所要のワーカビリティが得られる範囲内で、単位水量ができるだけ少なくなるよう、適切な値を定めなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートは、所要のワーカビリティを得るのに必要な単位水量が多くなるため、その低減を目的に高性能減水剤を使用するのが一般的である。高性能減水剤は水中不分離性混和剤の種類や使用量によって減水効果が異なる。また、高性能減水剤は、添加量がある量を越えて増加しても減水効果が増えないような限界添加量が存在する場合があることや、過剰添加によって水中不分離性の効果を低下させるなどの弊害を引き起こす場合があることに配慮しなければならない。

一般に高性能減水剤の単位量は、単位セメント量に対して2%前後であり、単位量では5～10kg/m³である。

4.3.4 水セメント比

水セメント比は、水中不分離性コンクリートの所要の強度および耐久性を考慮して、これを定めなければならない。

(1) 水中作製供試体によるコンクリートの圧縮強度に基づいて水セメント比を定める場合には、試験によってこれを定める。

(2) 耐久性をもととして水セメント比を定める場合には、表4.1によらなければならない。

【解説】 (1) について 水中不分離性コンクリートは、通常のコンクリートのように水セメント比の法則が成立し、水中作製供試体の圧縮強度とセメント水比は線形関係が成り立つと考えてよい。この関係を利用して、通常のコンクリートと同じように水セメント比を定めればよい。

4.3.5 単位セメント量

単位セメント量は、単位水量と水セメント比から、これを求める。

4.3.6 粗骨材の最大寸法

粗骨材の最大寸法は、部材最小寸法の1/5および鉄筋のあきの1/2を超えてはならない。粗骨材の最大寸法は、表4.2を大体の標準とする。

表4.2 粗骨材の最大寸法

構造物の種類	粗骨材の最大寸法 (mm)
一般の場合	20または25
断面の大きい場合	40以下
無筋コンクリート	40以下

【解説】 コンクリートを経済的に作るには、なるべく大きな粗骨材を用いるのが有利である。しかし、打

込み時に水中での側方流動が避けられず、粗骨材の分離が生じやすくなるため、あまり大きな粗骨材を用いるのは不適當である。高い流動性が要求される場合には、粗骨材の最大寸法は20または25mmとするのがよい。

また、縮固めを行わないことを考慮して、鉄筋のあきに対する粗骨材最大寸法の比は、一般のコンクリートより小さくした。

4.3.7 細骨材率

細骨材率は、所要のワーカビリティーが得られる範囲内で、単位水量が最小になるように定めなければならない。

【解説】 普通的水中コンクリートは、材料分離を少なくするために細骨材率を一般のコンクリートより大きくすることが推奨されている。しかし、水中不分離性コンクリートは水中不分離性混和剤の粘性効果によって、細骨材率が小さくてもコンクリートは分離しにくく、これまでの実績では細骨材率が40%前後で適正なワーカビリティーが得られている。また、細骨材率が単位水量やワーカビリティーに与える影響は小さい。このため、細骨材率は一般には40%としてよい。

富配合または貧配合など特別な配合の場合には、細骨材率により水中不分離性やワーカビリティーが変化し、それにともない単位水量が変化するため、このような場合には試験により適切に定めなければならない。

4.3.8 混和材料の単位量

水中不分離性混和剤および高性能減水剤以外の混和材料の単位量は、使用目的に適するように、これを定めなければならない。

【解説】 混和材料の効果は、それぞれの特性ばかりでなく、水中不分離性混和剤、高性能減水剤の種類、コンクリートの配合などによって異なることがあるため、既往の実績や使用目的に応じた試験に基づいて、所要の効果が得られることを確認して、その使用量を定めなければならない。

4.4 試験のまとめ

試験練りでは、次の項目について試験を行うものとする。

- (a) 練上り状態の目視観察
- (b) スランプフロー
- (c) 空気量
- (d) コンクリート温度
- (e) 圧縮強度

必要に応じて、

(f) 分離度試験

(g) 単位体積重量

【解説】(a)について ミキサから排出されるときコンクリートの状態やスランプフロー試験時のコンクリートの状態を目視観察するとともに、練上りコンクリートをハンドスコップなどにとり、水を満たしたビーカーなどの容器に水中落下させて、水の濁りの程度やコンクリートの分離状態などを観察するなどして、所要の品質のコンクリートが得られていることを確認することを目的としている。

(d)について 通常のコンクリートのスランプと同じように、水中不分離性コンクリートのスランプフローもコンクリート温度の影響を受ける。しかし、その関係はまったく逆の関係である。通常のコンクリートのスランプと温度の関係は、温度が上がればスランプは小さくなる。水中不分離性コンクリートは、温度が上がればスランプフローは大きくなる。これは、水溶液の粘性との関係であり、水中不分離性混和剤は水溶液の粘性を増す効果があり、水の温度が上がれば水の粘性が小さくなるためである。このことに注意して、測定したスランプフローの値を検討しなければならない。

(e)について 圧縮強度試験は、水中作製供試体と気中作製供試体の2種類の試験を行い、水中気中強度比を確認しなければならない。

(f)について 水質汚濁を防止する目的の場合には、pH、懸濁物質質量または濁度を測定する。試験は、土木学会規準「コンクリート用水中不分離性混和剤品質規格(案)・附属書2(水中不分離性コンクリートの水中分離度試験(案))」に準じる。

そのほか、コンクリートの性能を確認するために必要な試験については、随時追加しなければならない。

4.5 配合の表し方

配合の表し方は、一般に表4.3によるものとする。

表 4.3 配合の表し方

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	スランプ フローの 範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメ ント比 $\frac{W}{C+Ad}$ (%)	細骨材 率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)								
					水	セメ ント	混和 材	細骨 材	粗骨材 G				
									mm	mm	水中 不分離性 混和剤	高性能減 水剤	混和 剤
					W	C	Ad	S	mm	mm			

【解説】 配合の表し方は通常のコンクリートのものを基本に、ワーカビリチーの表示はスランプフローとし、単位量に水中不分離性混和剤および高性能減水剤を加えた。

配合表には、設計基準強度、配合強度、使用材料の種類・品質、運搬時間、施工時期、打込み方法、水中落下高さなどについても併記しておくのがよい。

水中不分離性混和剤の量は、通常 $2 \sim 4 \text{ kg/m}^3$ と少量の使用量であることから、コンクリートの練上り容積の計算においては無視してよい。

高性能減水剤は、単位量全部を練りませ水の一部として扱う。ただし、高性能減水剤の使用量は $5 \sim 10 \text{ kg/m}^3$ と通常よりかなり多いため、固形分の率がわかっている場合は、固形分で表示してもよい。この場合は、水の量は単位水量の一部として扱う。

5章 コンクリートの製造

5.1 練 練

所定の品質の水中不分離性コンクリートを製造するため、コンクリートの各材料は正しく計量し、練上がりコンクリートが均等質になるまで十分に練り混ぜなければならない。

【解説】 コンクリートの各材料の計量誤差は、コンクリートの品質の変動の原因となる。したがって、各材料の計量は所要の精度で正しく行わなければならない。また、均等質なコンクリートを得るためには所要の性能のミキサを用いて、適切な材料の投入順序および練り混ぜ時間で練り混ぜなければならない。

5.2 計 量

5.2.1 水中不分離性混和剤の計量

(1) 水中不分離性混和剤の計量に用いる計量装置は、使用前後に点検し、付着した混和剤がないよう十分に清掃しなければならない。

(2) 水中不分離性混和剤は、1練り分ずつ重量で計量しなければならない。

(3) 水中不分離性混和剤の計量誤差は、1回計量分に対し3%以下でなければならない。

【解説】 (1) について 水中不分離性混和剤は吸湿性があり、しかも計量装置などに付着しやすい。計量装置に付着すると計量誤差の原因となるため、十分清掃した、専用の計量器でなければならない。

(2) について 袋詰めの中不分離性混和剤を使用する場合、1袋の重量は製造者の表示する重量として取扱ってよい。しかし、1袋の重量に満たない端数は、規定計量誤差内で計量しなければならない。

(3) について 計量誤差が3%以下であれば、諸物性に与える影響はほとんどない。

5.2.2 高性能減水剤の計量

(1) 高性能減水剤は、原則として原液で用いるものとし、1練り分ずつ重量または容積で計量しなければならない。

(2) 高性能減水剤の計量誤差は、1回計量分に対し3%以下でなければならない。

【解説】 (1) について 材料は重量で計量するのが原則であるが、容積で計ってもかなりの精度で計量で

きる場合があるので、高性能減水剤は容積で計量してもよいとした。

（２）について 計量誤差が３％以下であれば、諸物性に与える影響はほとんどない。

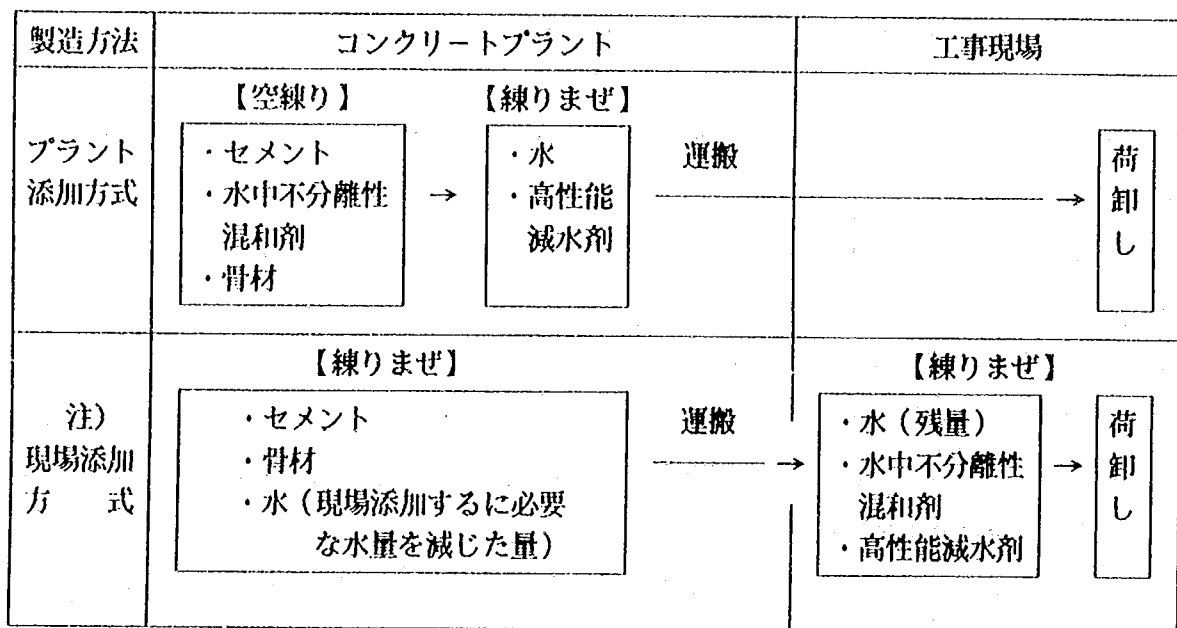
5.3 練りませ

5.3.1 一般

水中不分離性コンクリートの練りませは、プラント添加方式を原則とする。

【解説】 水中不分離性混和剤と水を最初に混合すると水中不分離性混和剤が固粒塊を形成し、他の材料と容易に混ざりにくくなり、均等質なコンクリートが製造できなくなる。

このため、水中不分離性コンクリートを製造するには解説 図5.1に示すように、まずセメント、骨材および水中不分離性混和剤を空練りし、その後に水と高性能減水剤を投入して、プラントで所定の時間練りませる方法を原則とする。



注）現場添加の最もシンプルな方法を示している。

そのほか、プラント添加方式のうち高性能減水剤を現場で添加する方法

高性能減水剤をプラントと現場で分割して添加する方法

現場添加方式の現場での練りませの際に高性能減水剤の添加を遅らせる場合
などがある。

解説 図5.1 水中不分離性コンクリートの製造

やむを得ずその他の練りませ順序や現場添加方式で製造する場合は、事前に試験などにより所定の品質のコンクリートが得られることを確認しておかなければならない。試験は、JIS A 1119「ミキサで練り混ぜた

コンクリート中のモルタルの差及び粗骨材量の差の試験方法」および土木学会規準「コンクリート用水中不分離性混和剤品質規格(案)」を行わなければならない。

現場添加方式で製造する場合は、以下のことについて配慮しなければならない。

- ① 添加前のコンクリートの配合と現場添加する混和剤の量をあらかじめ定めておく。
- ② 添加前のコンクリートの練りませから現場添加するまでの経過時間が、バッチ間でできる限り同じになるようにする。
- ③ 水中不分離性混和剤を練りませ水の一部に懸濁させたスラリーにして投入する場合は、スラリー製造とスラリー投入の間の時間の制限を定めておく。
- ④ 添加前のコンクリートをレデーミクストコンクリート工場などに発注する場合には、配合を指定し、添加前のコンクリートのスランプなどの管理値を定めておく。

また、トラックアジテータなどを用いる場合には、次の点に注意を払う必要がある。

- ① 練りませを確実に行えるよう、1バッチの量を最大積載量より少なくする。
- ② ミキサより長時間攪拌する。

5.3.2 ミキサ

ミキサは、JIS A 8603に適合した強制練りバッチミキサを用いることを原則とする。

【解説】 水中不分離性コンクリートは粘性が大きいため、練りませ性能の優れた強制練りバッチミキサを用いるのがよい。

やむを得ずその他のミキサを用いる場合は、試験により所定の品質のコンクリートが得られることを確認しなければならない。

重力式ミキサを用いる場合は、JIS A 8602「可傾式ミキサ」に適合したものでなければならない。重力式ミキサは強制練りミキサに比べ練りませ時間が長くなる。また、配合によってはコンクリートがドラム内壁に付着し、十分な練りませが行われない場合がある。そのため、ドラムへ衝撃を加える、あるいは回転速度を変化させるなどの処置が必要な場合もある。

連続ミキサで水中不分離性コンクリートを練りませた実績は少ない。連続ミキサを用いる場合は、土木学会規準「連続ミキサの計量・供給性能試験方法(案)」および「連続ミキサの練りませ性能試験方法(案)」に適合したものであり、製造された水中不分離性コンクリートが所定の品質を満足していなければならない。

5.3.3 練りませ

- (1) 練りませ時間は、試験によって定めることを原則とする。
- (2) 1練りの量は、試験によって定めることを原則とする。
- (3) 練りませ開始にあたっては、あらかじめミキサに同質のモルタルを付着させることを原則とする。

【解説】(1)について 空練り時間は、水中不分離性混和剤が均等に分散するまで、また、練りませ時間は、コンクリートが均等質にしかも所定の品質が得られるまで必要であり、それらを試験により定めることを原則とした。一般に強制練りミキサでは、空練り時間は20～30秒、練りませ時間は90～180秒が標準である。

(2)について 水中不分離性コンクリートは高い粘性を有するため、通常のコンクリートに比べミキサへの負荷が大きくなる。そのため、所定の品質のコンクリートを得るには、同じ容量のミキサでも、適切な1練りの練りませ量はミキサの練りませ性能によって異なる。よって、1練りの練りませ量は試験によって定めることを原則とした。

一般には、ミキサの公称容量の80%以下とするのがよい。

(3)について 最初のバッチは通常のコンクリート以上にミキサ内にモルタルが付着して残り、所定の配合のコンクリートが排出されない。そのため、最初に同質のモルタルをあらかじめ練ってこれを排出し、それ以後、所定量の材料を投入して練りませを行うのがよい。

6章 レデーミクストコンクリート

6.1 総則 III

レデーミクストコンクリートを用いる場合は、この指針によるほか、JIS A 5308に準じなければならない。

【解説】 品質の安定した水中不分離性コンクリートを得るには、設備の完備されたところでコンクリートを製造する必要がある。レデーミクストコンクリート工場に委託して製造することが望ましい。レデーミクストコンクリート工場では、標準品として扱えないので、当事者どうしでよく協議しなければならない。製造するにあたっては、本指針で指定されていない事項についてはJIS A 5308によるか、あるいはその条項の趣旨を十分尊重して、発注あるいは委託、製造、受入れなどを行う。

6.2 品質についての指定

水中不分離性コンクリートをレデーミクストコンクリート工場に発注する場合、次の事項について、生産者と協議し、適宜指定するものとする。

- (a) スランプフロー
- (b) 水中作製供試体の圧縮強度およびこれを保証する材令
- (c) 水中気中強度比
- (d) 空気量
- (e) 水中不分離性混和剤の種類と使用量
- (f) 高性能減水剤の種類と使用量
- (g) セメントの種類
- (h) 骨材の種類
- (i) 粗骨材の最大寸法
- (j) 塩化物イオン含有量の限度
- (k) コンクリートの最高または最低温度
- (l) アルカリ骨材反応の抑制対策

また、必要に応じて

- (m) pH、懸濁物質質量あるいは濁度

- (n) 凝結時間
- (o) スランプフローの経時低下量
- (p) コンクリートの単位容積重量
- (q) その他、必要な事項

【解説】 発注にあたっては、構造物の種類や条件、環境条件、施工条件などを考慮し、所定の品質のコンクリートが供給されるよう生産者と入念に協議し、必要事項を適切に指定しなければならない。

6.3 受入れ検査

水中不分離性コンクリートの受入れ検査は、下記によるほか、JIS A 5308に準じて行う。

(1) 試験は、スランプフロー、空気量、水中作製供試体の圧縮強度、その他定めた項目について行う。

(2) 試験回数は、原則として1日に2回（午前、午後）または100m³について1回の割合とする。

【解説】 (1) について 水中不分離性コンクリートの使用目的によっては、上記以外の項目についても受入れ検査を行う必要がある。その際、試験を行う項目は生産者と協議して定める。

(2) について 水中不分離性コンクリートは、水中に打込まれるため、不備が生じた場合のその後の対応は困難である。そのため、管理の重要性は高く、試験頻度を多くするほうがよい。

7章 運搬および打込み

7.1 総 則

(1) 運搬および打込みは、フレッシュコンクリートの粘性を考慮して適切な方法を選定しなければならない。

(2) 打込まれたコンクリートが所定の品質を確保できるように、打込み間隔、打込み速度、1回の打上がり高さを定めなければならない。

【解説】 (1) について フレッシュコンクリートは粘性が高いため、施工上、次のような点に注意して運搬機器の計画をたてなければならない。

- ① コンクリートポンプで圧送する場合、圧送抵抗が大きくなる。
- ② ウエットホッパ、運搬車のドラム内壁などへの付着残量が多くなる。

(2) について 打込むコンクリートの水中流動距離が長くなるにともなって、また、鉄筋が多いところへ打込む場合などは、流動にともなって品質が低下するおそれがある。このため、打込まれたコンクリートの品質が構造物の各位置で均一となるように、施工計画を立案しなければならない。

7.2 運 搬

コンクリートの運搬は、材料分離を生じることなく、かつ、荷おろしが容易な方法としなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートを運搬する場合、一般にはトラックアジテータ、バケットあるいはホッパをトラックに積載して利用する。トラックアジテータは長距離の運搬にも適切な運搬手段であるが、バケット、ホッパでスランプフロー55cm以上のような軟練りのコンクリートを運搬する場合には、運搬中に粗骨材が沈降し排出が困難になることがあるので、短距離、短時間の運搬に限るなどの注意を要する。

7.3 打 込 み

7.3.1 一 般

- (1) コンクリートの打込みは、静水中で、水中落下高さ50cm以下で行うことを原則とする。
- (2) コンクリートの打込みは、コンクリートポンプもしくはトレミーを用いることを原則とする。
- (3) 水中流動距離は、5m以下とすることを原則とする。

【解説】(1)について 水中不分離性コンクリートは若干の流速を有する水中への打込みや、ある程度水中で落下させた打込みが可能であるが、均一な品質の確保の面から、コンクリートの打込みは静水中で、水中落下高さ50cm以下を原則とした。しかし、水中落下すれば50cm以下であっても落下高さが大きくなるにしたがい品質低下の傾向は大きくなるため、できる限り水中落下させないように打込むようにするとよい。なお、ここで静水中とは、流速が5cm/sec程度以下の条件である。

打込み作業を行う場所が波浪の影響などを受ける場合、水中落下高さ変動するなどして、コンクリートの品質低下や水質汚濁を生じるおそれがある。そのような場所では、コンクリート打込み前に気象および海象予報の調査や当日の状況観測を行い、打込み作業に支障がないこと、打込まれたコンクリートに悪影響が生じないことなどを確認する必要がある。

(2)について 水中不分離性コンクリートを水と接することなく打込み場所まで導くことができる方法として、コンクリートポンプあるいはトレミーを使用する方法がある。これらの方法は水中落下高さを適切に制御でき、コンクリートを連続して供給することができる。したがって、コンクリートの品質を損なうことなく打込む方法として、両者のいずれかを用いることを原則とした。コンクリートポンプまたはトレミーの吐出口は、できる限りコンクリート中に多少埋込むことが望ましい。

やむを得ずバケット、シュート、フレキシブルホースなどを用いて打込む場合には、品質低下や水質汚濁を生じやすいため、所定の品質を確保できるように水中不分離性混和剤の増量、適切なスランプフローの設定などの考慮が必要である。

(3)について 水中不分離性コンクリートは優れた流動性を有するが、水中流動距離が長くなると材料分離を生じ、粗骨材が置きさられ先端部はモルタル分が多くなる。したがって、打込みに際しては水中流動距離が5m以下となるようにコンクリートポンプの筒先の管理、トレミーの配置を行わなければならない。

7.3.2 コンクリートポンプを用いた圧送および打込み

(1) コンクリートポンプの機種選定は、コンクリートの品質、配管条件、打込み場所、打込み量、打込み速度などを考慮しなければならない。

(2) コンクリートポンプを用いた打込みは、コンクリートの品質低下を生じないように行わなければならない。

【解説】(1)について 水中不分離性コンクリートをコンクリートポンプで圧送して打込む場合、コンクリートの品質、配管条件、打込み量、打込み速度などに見合うポンプを選定しなければならない。水中不分離性コンクリートは粘性が高いため、ポンプ圧送するときの抵抗は大きく、ポンプの型式としては圧送能力の高いピストン式が多く用いられている。一般に圧送抵抗は普通コンクリートの2～3倍であり、打込み速

度は1/2～1/3程度となる。コンクリートポンプの選定にあたっては、既往の実績や運搬、打込み条件に応じた試験によって定めるとよい。

長距離の圧送や比較的硬練りのコンクリートの圧送の場合は、次のことに配慮して配管計画を立てるとよい。

- ① 管径を大きくする。
- ② 曲がり管やフレキシブルホースの使用を少なくする。
- ③ 中継ポンプを使用する。

一般的な性能のコンクリートポンプを使用した場合、スランプフローと圧送限界の関係は解説 表7.1を目安とすればよい。

解説 表7.1 スランプフローと圧送限界の関係

スランプフロー (cm)	圧送距離の限界 (m)
35～40	30
40～50	50
50～55	200
55以上	200以上

(2) について 打込み開始時には、スポンジボール、水中不分離性モルタルなどを先送りして、配管内の水と水中不分離性コンクリートの接触による品質低下を防止しなければならない。また、使用する配管はできる限り新しいものを使用し、配管は相互に堅固に連結し、配管の継目からコンクリートの漏洩や水の浸入がないよう注意しなければならない。

打込み中は、配管内を水中不分離性コンクリートで満たし、打込み中断時には、配管吐出口の先端をすでに打込まれたコンクリート中に埋込むなどの処置をしなければならない。また、施工中の吐出口の差し替え時には、配管内への水の逆流や配管内の水中不分離性コンクリートの水中落下が生じないように、筒先にバルブを取付けるなどの配慮を行い、打込まれたコンクリートをかき乱さないよう打込み順序、移動方法などを定める必要がある。なお、圧送圧力が大きい場合、筒先が揺動することもあるので注意しなければならない。

コンクリートポンプを用いた打込み方法としては、

- ① ポンプ筒先をフレキシブルホースとして、打込み位置および筒先のコンクリートの水中落下高さを潜水夫によって管理する方法
- ② トレミー工法と同様に、垂直鋼管を所定の位置に設置し、その鋼管に直接ポンプ配管して打込む方法
- ③ トレミー（あるいは鋼製ケーシング）を設置し、その中にコンクリートポンプの先端部分を挿入してコンクリートを打込む方法

などがある。

7.3.3 トレミーを用いた打込み

(1) トレミーは、コンクリートが円滑に流下するような断面寸法を持ち、継目は水密なものでなければならない。

(2) トレミーを用いた打込みは、コンクリートの品質低下を生じないように連続的に行わなければならない。

【解説】 (1) について トレミー用いた打込み方法は、従来の水中コンクリートの施工方法として一般的に用いられている方法である。水中不分離性コンクリートにトレミーを使用する場合には、通常のコンクリートの場合と比較して管内抵抗が大きいため、管径、長さ（水中および気中部の高さ）、トレミーの先端部のコンクリート中への埋込み深さ、コンクリートのスランプフロー、ホッパへのコンクリートの供給速度などのバランスが適切でないと、施工速度が確保できない場合やホッパからコンクリートが溢れるような事態が生じることがある。また、トレミーの継目から水が浸入しコンクリートに混入すると品質が低下するため、継目は水密なものでなければならない。通常、トレミーの内径は骨材最大寸法の8倍程度は必要であり、一般に20～30cmとしている例が多い。

(2) について トレミーの配置にあたっては、工事の諸条件、コンクリートの品質を考慮した計画を立てることが必要である。特に、鉄筋が配置されている場合には、配筋状態を考慮してトレミー位置を定めなければならない。打込み開始時には、水中不分離性コンクリートとトレミー内の水との接触による品質低下を防止しなければならない。このため、プランジャーを使用するか底ぶたが装着されたものを用いるよい。

打込み中は、トレミー内を水中不分離性コンクリートで満たす必要がある。打込み中断時には、水の逆流を防止するために、トレミー管の先端を打込んだコンクリートに埋込むなどの配慮が必要である。

7.4 打 継 ぎ

打継ぎは、水中不分離性コンクリートの性能、打継ぎ位置、構造条件、施工条件などを十分考慮し、構造物に悪影響を与えない方法としなければならない。

【解説】 打継目の処理は水中で行うので、難しく、確実なものが期待できないし、普通コンクリートのように沈下収縮などの影響も少ないので打継目はなるべく設けない方がよい。やむを得ず打継目を設ける場合は、できる限りせん断力の小さい位置に設けることを原則とし、新旧コンクリートが十分に密着するようにしなければならない。このため打継ぎ方法は、実際の打継ぎ方法および状態を模擬した付着強度試験などを実施し、決定することが望ましい。打継ぎ面の処理方法としては、高圧ジェットや水中ポンプなどを用いて清掃を行ない、必要に応じて補強鉄筋などを用い打継ぎ部を補強するなどの方法がある。

7.5 コンクリート表面の保護

水中不分離性コンクリートは、流水、波などによりセメント分が流出したり、コンクリートが洗掘されないように保護しなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートは十分な水中不分離性を有しているため、流水、波などの影響を直接受けるのであれば、特にコンクリート表面を保護する必要はない。しかし、流水、波などの影響を直接受ける場合には、セメント分が流出したりコンクリートが洗掘されたりするので、コンクリート表面をシートで覆うなどの保護をしなければならない。また、通常のコンクリートに比較して凝結が遅延するため、保護する期間を長くするなどの措置をとることが望ましい。

8章 鉄 筋 工

8.1 総 則

鉄筋の組立ては、気中で行うことを原則とする。

【解説】 鉄筋を水中で組立てることは、作業性と鉄筋の配筋精度の点で不適當であり、地上または水上で鉄筋を組立て、水中に沈設することを基本にして計画を立てるのがよい。水中での潜水土による組立ては、継手の鉄筋に限るなど最小限にするのが適當である。

8.2 鉄筋の組立て

(1) 鉄筋の組立ての一単位は、吊下げ、沈設における作業性、組立架台の必要性などを考慮して定めなければならない。

(2) 鉄筋の組立ては、移動やコンクリートの打込みの際に変形を生じないように堅固なものとしなければならない。

【解説】 (1) について 水中での作業ができる限り容易となるよう、また、鉄筋が所定の位置に配置されるように、鉄筋は気中で組立て、ある程度組上がった状態で吊上げて水中に沈設するのがよい。吊上げおよび沈設作業、水中での各組立て単位の組込み作業の容易さを考えて、適切な組立て単位に区分するのがよい。施工の合理化のため、鉄筋の組立て単位を大きくするのが有利な場合があるが、この場合には、鉄筋の組立て用に架台を用いることが望ましい。架台として用いた鋼材はコンクリート中に埋込みになるのが一般的であり、工事完成後の置かれる状態をよく考え、腐食が問題とならないように配慮しなければならない。

(2) について 運搬や沈設、あるいはコンクリートの打込みの際に組立てた鉄筋が変形しないようにするとともに、設計図に示されたとおりに正しく配置することが大切である。鉄筋の組立て誤差の許容値は、部材の寸法、重要度ならびに誤差の方向などによって相違する。例えば、海底面上のスラブなどで下面が整地精度も考慮してかぶり十分とっており、上面は排水後仕上げ作業ができるような場合は多少の誤差は許容される。

鉄筋相互の位置を固定するためには、鉄筋の交点を結束線で結びつける、種々の形のクリップで固定する、アーク溶接で固定するなどの方法がとられる。強固に固定するためにやむを得ずアーク溶接を使用する場合は、アークすみ肉溶接とする。この場合、溶接により鉄筋に断面減少などの欠陥を生じないように注意して作

業しなければならない。

8.3 鉄筋の継手

(1) 鉄筋の重ね継手は、所定の長さを重ね合わせて、適切な方法で緊結しなければならない。

(2) 重ね継手以外の継手を使用する場合は、ガス圧接継手は日本圧接協会「鉄筋のガス圧接工事標準仕様書」による継手とし、それ以外は土木学会「鉄筋継手指針」および「鉄筋継手指針(その2)」に示される継手を使用するものとする。

【解説】 信頼できる継手として、これらによることとした。ここに示した以外の接続の方法および接続具を用いる場合は、試験によってその性能を確認しなければならない。

8.4 組立てた鉄筋の水中設置

(1) 組立てた鉄筋は、設置後に過大な変形が残らないように吊上げ、所定の位置に設置しなければならない。

(2) 組立てた鉄筋の各単位の接続方法は、水中作業で信頼性の高い継手方法によらなければならない。

(3) 組立てた鉄筋の設置位置、接続部の継手は、適切な方法で検査しなければならない。

【解説】 (1) について 組立てた鉄筋の吊上げにあたっては、設置後に過大な変形が残らないように吊り点を考えなければならない。必要に応じて吊上げのための補強を行う。また、組立てた鉄筋を丁寧に吊上げるには、一般に吊棒を使用するのが適当である。

組立てた鉄筋を所定の位置に正確に設置するには、あらかじめ設置位置の目安となる目印を設けておく方法や、水上から観測できる測量棒を取付ける方法などがある。波浪の影響を受ける場所では、これらの事前準備を行っても、設置作業当日の海象条件によっては正確に設置することが困難になる場合があるので、注意する必要がある。

(2) について 重ね継手、ねじふし継手、ねじ加工継手などは、水中でも信頼性の高い継手と考えられる。重ね継手は、接続部の鉄筋相互が接するように配置しなければならない。

(3) について 水中で組込んだ鉄筋の配置を確認することは重要である。検査員が直接潜水することは困難な場合が多いので、水中テレビなど適切な機器を使用する場合が多い。この場合、水中で組込む鉄筋には目印を付けておくといよい。

8.5 水中設置期間

鉄筋を水中に設置後、コンクリートを打込むまでに長い期間あけてはならない。

【解説】 鉄筋を沈設してからコンクリートを打込むまでの間を数日以上おくと、鉄筋が腐食したり、海草、貝などが付着し始め、コンクリートと鉄筋の付着強度を低下させるおそれがある。このため、鉄筋を沈設後できる限り早くコンクリートを打込まなければならない。

9章 型 わ く

9.1 総 則

(1) 型わくは、組立て、据付け、取りはずしなどの作業において、水中作業が最小限になるように計画しなければならない。

(2) 型わくは、所定の強度と剛性を有し、完成した構造物の位置、形状および寸法が正確に確保されるように、設計、施工しなければならない。

【解説】(1)について 型わくの組立て、据付け、取りはずしなどの一連の作業で水中作業が多くなれば、信頼性、安全性、経済性の点から好ましくない。したがって、型わくは、気中での組立単位を大きくしたり、あらかじめ気中で型わくを鉄筋に取付けて水中に据付けたり、あるいは埋設型枠として取りはずし作業を省略したりするなど、水中作業を最小限にすることを基本にして計画することが大切である。

(2)について 型わくは、コンクリート打込みの工程、型わくの組立て、取りはずし、転用の有無などの施工計画を配慮して設計図を作成し、これによって施工しなければならない。また、型わくは、受ける荷重に対して必要な強度と剛性を有することはもちろん、構造物の形状、寸法にくるいが起こらないように、堅固に設計、施工しなければならない。特に型わくの強度設計では、水中不分離性コンクリートの側圧、および型わくを気中で組立て水中に据付ける場合の吊上げ、据付けに伴う荷重などを考慮しなければならない。なお、型わくの設計、施工においては、本指針のほか、「労働安全衛生規則」（労働省令）も順守しなければならない。

9.2 型 わ く

9.2.1 材 料

型わくに用いる材料は、強度、剛性、耐久性、作業性および経済性を考慮して選定しなければならない。

【解説】 型わくに使用する材料は、損傷、変形、腐食などの少ないものであると同時に、所要の強度と剛性を有するものを選定しなければならない。型わく材としては一般に、木材、合板、鋼材などがあるが、水中型わくでは鋼製型わくの使用例が多い。しかし、鋼製型わくは、海洋環境下では特に腐食しやすいため、仮設の型わくとして転用を図る場合には、鋼材に防食塗装を行うか耐食性のある材料を使用するのがよい。

9.2.2 設 計

- (1) 型わくは、作用する荷重に対してその形状および位置を正確に保つものでなければならない。
- (2) 型わくは、水中における組立てが容易な構造としなければならない。
- (3) 型わくを取りはずす必要のあるときは、取りはずしが容易な構造としなければならない。

【解説】(1)について 型わくに作用する荷重としては、陸上で組立てた型わくの吊上げや据付け時に生じる荷重、フレッシュコンクリートの側圧、流水圧、波圧などに起因する横方向荷重などがある。

型わくに作用するコンクリートの側圧は、通常は液圧としてよい。これは水中不分離性コンクリートは流動性が良く凝結時間が遅延するため、液圧に近い側圧が作用するからである。ただし、信頼できる資料、実績または試験データをもとに側圧を定めるときは、その値を用いてよい。

型わくは、作用する荷重に対してその形状および位置を正確に保つことができるように、設計しなければならない。また、打込み後に流水や波などの影響を直接受けるような場合には、コンクリートの仕上がり面などの保護対策を考慮して型わくを設計するのがよい。

(2)について 水中における型わくの組立て作業は、そのほとんどが潜水土により行われるため、気中における作業に比べて、作業能率や安全性、信頼性の面で劣る。したがって、型わくはでくるかぎり気中で組立てたものを据付けに適した大きさに分割し、水中作業を少なくするとともに、その作業が容易となるように型わくおよび継手の構造を設計しなければならない。水中での作業を省力化する目的で設計された簡易な型わくの例としては、エキスパンドメタルや鉄筋籠の内面に布を張った型わくがあり、また大規模な例としては、型わく全体を一基の鋼殻として製作し据付けた型わくの例などがある。

(3)について 型わくの転用を図る場合など型わくを取りはずす必要のあるときは、組立て、取りはずしが容易な構造としなければならない。

9.2.3 組立ておよび取りはずし

(1) 型わくは、形状、位置を正確に保ち、セメントペーストまたはモルタルが漏れないように組立てなければならない。

(2) 型わくは、コンクリートがその自重および施工中に加わる荷重に耐える強度に達するまで、これを取りはずしてはならない。

【解説】(1)について 水中不分離性コンクリートは、通常のコンクリートと比較して流動性が大きく凝結が遅れるため、セメントペーストまたはモルタルが一旦漏れ出すと止めにくい。したがって、型わくは、継目などの隙間からこれらが漏れ出さないように、緊密に組立てなければならない。その他、敷き砂や捨て石などの基礎地盤と型わく低部からの漏れ出しについても注意し、事前に対策を立てておくことが必要である。

(2)について 型わくを取りはずす時期は、コンクリートの強度発現特性と部材の受ける荷重を考慮して

定めなければならない。コンクリートの強度発現特性は、セメントの種類、コンクリートの配合、水中不分離性混和剤の種類とその使用量、環境温度などで異なり、部材の受ける荷重としては、自重、流水圧、波圧を考慮する必要がある。

流水圧や波圧の影響を受けないときの型わくを取りはずす時期は、コンクリートの圧縮強度がコンクリート標準示方書「施工編」11.4節に示されている値（解説 表9.1）を越えた時期としてよい。コンクリートが必要な強度に達したことを判定するためには、現場のコンクリートとできる限り同じ状態で養生を行った水中作製供試体の圧縮強度を参考にとよい。

解説 表9.1 型わくを取りはずしてよい時期のコンクリートの圧縮強度

例	コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm ²)
基礎、ベースコンクリートなどの側面	35
壁、はりの側面	50
スラブ、はりの底面	140

10章 管理および検査

10.1 総 則

所要の品質を有するコンクリートを信頼できる方法で、かつ、経済的に造るために、コンクリートおよびその材料、作業などを管理しなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートを使用した構造物の品質は、製造されたコンクリートの品質と施工方法に大きく依存するため、現場におけるコンクリートの品質、施工などを適切に管理することが大切である。特に水中コンクリート構造物は、コンクリート打込み後に不良なコンクリートが発見されても、その後の適切な対応はきわめて困難となるため、管理および検査は工事のあらゆる段階で効果的に行う必要がある。

10.2 コンクリートの品質管理

(1) コンクリートの品質管理は、必要に応じて表10.1の試験を行わなければならない。

表10.1 品質管理項目と試験基準

試 験 項 目		試 験 方 法	試 験 頻 度	判 定 基 準
骨 材	骨材のふるい分け試験	JIS A 1102	細骨材300m ³ 、粗骨材500m ³ につき1回または1日につき1回	
	単位容積重量 比重及び吸水率 すりへり 洗い 粗骨材中の軟石 砂の有機不純物	JIS A 1104 JIS A 1109 JIS A 1121 JIS A 1103 JIS A 1126 JIS A 1105	当初および材料の変化時	
	細骨材の表面水率	JIS A 1111	1日につき2回(午前、午後)	
	練上り状態	目視	(随時)	
	スランプフロー 空気量 温度	学会基準 JIS A 1128	1日につき2回(午前、午後)または100m ³ につき1回	±5.0cm ±1.0%
コ ン ク リ ト	圧縮強度	作製：学会基準 試験：JIS A 1108	1日2回(午前、午後)または100m ³ につき1回 供試体は1回につき6個(σ_7 、 σ_{28})	σ_7 ：品質管理用 管理図による σ_{28} ：検査用 配合強度の条件
	水中分離度	学会基準		設定値以下
	単位容積重量	JIS A 1116	1日2回	

(2) 圧縮強度によるコンクリートの管理は、一般には、早期材令における圧縮強度によって行う。

(3) 型わく取りはずしの時期を定める場合、現場のコンクリートとできるだけ同じ状態で養生した供試体を用いて強度を試験しなければならない。

(4) 試験値によりコンクリートの品質を管理する場合、管理図を用いるのがよい。

(5) 管理の結果、コンクリートの品質が適当でないと判断された場合、適当な処置をとる。構造物に打込まれたコンクリートは、所要の目的を達し得るかどうかを確かめ、必要に応じて処置を講じる。

【解説】(1)について 所要の品質を有し、均等質のコンクリートを造るため、工事中に材料およびコンクリートの試験を行わなければならない。

(2)について 試験の結果をフィードバックし、その後のコンクリートが所定の品質を維持できるようにするために、できる限り早期材令で試験を行うのがよい。

また、耐久性から水セメント比が決まっている場合には、事前に求めた水セメント比と圧縮強度の関係から、水セメント比に相当する圧縮強度で管理するとよい。

(3)について 型わくの取りはずしの時期を確かめるためには、構造物のコンクリートの強度を推定する必要がある。このための強度試験は、現場のコンクリートとできる限り同じ状態で養生した供試体について行う。また、必要な場合には、現場水域の水温と強度発現の関係を事前に確認しておくといよい。

(4)について 管理図を作成し、コンクリートの品質の変動をできるだけ早期に知るよう努めるのがよい。

(5)について 品質管理の結果、所要の品質のコンクリートが得られていることが疑わしい場合、あるいは得られていないと考えられる場合には、その原因を究明し、配合の修正、設備の性能検査、作業の改善など適切な処置をとる。

そのようなコンクリートを使用した構造物は、使用目的を達し得るかを確認し、養生期間の延長などの処置をとる。

10.3 施工管理

施工管理は、必要に応じて次の項目について行わなければならない。

(a) 水中落下高さ

(b) 打込み水域の水質

(c) コンクリートの打上り高さ、打込み量

【解説】(a)について 水中不分離性コンクリートは水中落下高さが50cm以下で施工されているように、打込み用具の吐出口とコンクリート面の高さの関係を測定し、吐出口の位置を管理する必要がある。コンクリート面の高さは、レッド（ワイヤーの先に重りの付いた測深器）、超音波などで測定する。水中落下高さ

は、潜水土の目視、水中テレビカメラにより監視する方法などがある。

（b）について 水質汚濁防止の目的から、打込み部周辺の水質基準が設けてある場合は、定期的に懸濁物質やpHを測定し、基準以下であることを確認する。また、打込み中、打込み部周辺の濁り具合を目視観察することも大切である。

（c）について 最終的な打上り高さを測定、管理する場合には、打込み後の流動の継続により天端高さに変化する場合があること、型わくの隙間からコンクリートが流出しコンクリート上面が下がる場合があることなどに注意しなければならない。製造したコンクリート量と打込まれたコンクリート量を比較して差が大きい場合には、運搬装置や打込み装置へのコンクリートの付着、コンクリート中の空気の脱泡や水圧による体積減少および型わく相互の継目や型わくと地盤の接触面などからのモルタルの漏洩などが考えられる。

10.4 構造物の検査

コンクリート構造物の完成後、構造物の検査をしなければならない。

【解説】 水中コンクリート構造物完成後の検査は、構造物が設計どおりの位置、形状、寸法で造られているか、所定の品質を有しているかなどを調べるために行うものである。

形状、寸法などは、潜水土による測定、音響測深機による測定などにより検査する。

コンクリートの品質管理の結果や施工管理の結果などから、構造物のコンクリートが所定の品質を有しているか疑わしい場合などには、構造物が使用目的を達し得るかを確認しなければならない。必要に応じて、構造物から抜き取ったコア供試体の強度試験を行う。

11章 設計に関する一般事項

11.1 総則

水中不分離性コンクリートを用いたコンクリート構造物の設計を行うには、コンクリートの品質、施工条件、設置環境などを十分に考慮しなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートを用いたコンクリート構造物の設計にあたっては、水中不分離性コンクリートの品質や施工性が通常のコンクリートと異なることを考慮しなければならない。また、硬化した水中不分離性コンクリートの特性は施工に大きく影響されるため、個々の構造物の設計では施工条件をも考慮しなければならない。

11.2 構造細目

11.2.1 かぶり

(1) かぶりは、コンクリートの品質、鉄筋直径、環境条件、施工誤差、構造物の重要度などを考慮して定めなければならない。

(2) かぶりの最小値は、8.0cmとする。

(3) 流水その他による すりへり のおそれのある場合、または強い化学作用を受ける場合は、かぶりを適当に増さなければならない。

【解説】 (1) について 鉄筋をコンクリートで十分包むことは、鉄筋の腐食を防ぐためや、十分な付着強度を発揮するために重要である。したがって、かぶりはコンクリートの品質、鉄筋の直径、構造物の環境条件、コンクリート表面に作用する有害な物質の影響、部材の寸法、施工誤差、構造物の重要度などを十分検討して、これを定めなければならない。

(2) について 水中コンクリートまたは海洋コンクリート構造物に関するわが国の代表的な指針のかぶりの取扱いは、最もきびしい腐食環境に対して7～12.5cmの範囲を規定している。水中不分離性コンクリートは通常のコンクリートと異なり材料分離が少なく、良好な充填性を有しているが、施工を目視で確認できないこと、締固めを行わないことなどを考慮し、かつ、これまでの実験結果などから、かぶりの最小値を8.0cmとした。また、この値は充填性を確保するために、粗骨材の最大寸法の2倍以上としたものでもある。

(3) について すりへり作用や強い化学作用を受ける場合、有効な保護層を設けないときは、かぶりの最小値を適当に増す対策を施す必要がある。かぶりの増し厚は、これまでの実績などを参考に決めればよいが、かぶりの最小値は10cmとする。

11.2.2 鉄筋のあき

鉄筋のあきは、鉄筋径または粗骨材の最大寸法の2倍以上としなければならない。

【解説】 充填性に配慮し、鉄筋のあきも通常のコンクリートより大きくした。

11.3 設計指定数

設計計算に用いるコンクリートの設計定数は、試験により定めることを原則とする。

【解説】 設計計算に必要な水中不分離性コンクリートの特性は通常のコンクリートと相異なる傾向にあるため、これらの値は試験によって定めることを原則とした。

単位体積重量、ヤング係数は通常のコンクリートに比べて小さくなる傾向にあり、試験によらない場合は、
解 表11.1、11.2の値を目安としてよい。水中不分離性コンクリートのクリープについての実験例は少なく、特に、水中でのクリープについてもあまりわかってはいない。したがって、クリープ係数についても試験によって定めることを原則とした。

解説 表11.1 水中不分離性コンクリートの単位重量

無筋コンクリートの場合	2,250～2,300kg/m ³
鉄筋コンクリートの場合	2,350～2,400kg/m ³

解説 表11.2 水中不分離性コンクリートのヤング係数

設計基準強度 (kgf/cm ²)	180	240	300
ヤング係数E。(×10 ⁵ kgf/cm ²)	2.0	2.3	2.5

水中不分離性コンクリートは常時水中にある構造物を対象にしているため、乾燥収縮については考慮しなくてよいこととした。

12章 特殊な考慮を必要とするコンクリート

12.1 マスコンクリート

12.1.1 総 則

マスコンクリートの設計および施工にあたっては、セメントの水和熱に起因する温度応力および温度ひびわれについて事前に十分な検討を行い、設計および施工計画を立案しなければならない。

【解説】 水中でマスコンクリートを水中不分離性コンクリートにより施工する場合でも、一般のマスコンクリートと同様にセメントの水和熱に起因する温度応力および温度ひびわれについて事前に検討することが重要である。特に、施工面からは水中での温度ひびわれの制御対策は大幅な制約を受けること、ひびわれの発見が容易でないこと、ひびわれの有害度の判定が極めて難しいこと、ひびわれの補修が容易でないことなどのため、事前の設計段階での検討が非常に重要であるとともに、この検討結果に基づき施工計画を立てなければならない。

水中不分離性マスコンクリートのひびわれ制御に対する基本的な対策は、一般の気中におけるマスコンクリートと同様に、設計、材料の選定、施工方法などにわたって種々の方法が考えられる。これらの種々の条件がひびわれ発生に与える影響を定量的に把握し、ひびわれ制御に与える効果を評価し、最も適当な方法を採用することが望ましい。この場合、水中での施工上の対策に限度があることを勘案して、特に事前の検討と材料の選定に重点を絞って行うことが重要である。

12.1.2 温度ひびわれの制御

(1) 構造物に必要とされる機能および品質を損なわないように温度ひびわれを制御するため、適切なコンクリートの品質および施工方法を選定しなければならない。

(2) 材料および配合の選定にあたっては、所要の品質を満足する範囲内で、コンクリートの温度上昇が最小になるようにしなければならない。

(3) 施工計画の立案に際しては、ブロック分割、打込み時間間隔、打込み順序、打込み温度などについて十分に検討し、温度ひびわれ制御のための適切な方法を選定しなければならない。

【解説】 (1) について 水中不分離性コンクリートによりマスコンクリートを設計・施工する場合には、構造物の用途、機能、品質に対応して温度ひびわれの制御を行う必要がある。その目的を達成するために、使用するセメントの種類、混和材料、骨材などを含め材料および配合の適切な選定、ブロック分割と継目位

置、打込み時間間隔の選定、型わくの材料や構造、養生方法の選定、流水対策など設計、施工全体にわたっての検討が必要である。

(2) について 水中不分離性コンクリートの発熱量は一般のコンクリートと同様、単位セメント量にほぼ比例する。したがって、コンクリートの温度上昇を低減するためには、所要の品質を満足する範囲内でできる限り単位セメント量が小さくなるように、使用材料ならびに配合を選定する必要がある。また、水中不分離性コンクリートの単位セメント量は一般のコンクリートに比べて大きくなるため、中庸熱ポルトランドセメント、高炉セメントあるいはフライアッシュセメントなど低発熱形のセメントを使用することが望ましい。これらの低発熱形のセメントは、普通ポルトランドセメントに比べて長期材令における強度の増進が大きいいため、設計基準強度の指定材令は91日程度の長期材令とするのがよい。なお、大規模な長大橋の基礎にフライアッシュや高炉スラグ、あるいはその両方を多量に用いた低発熱セメントを大量に使用した例もあり、これら既往の実績を参考にするとよい。

水セメント比を小さく設定すると、温度上昇によりひびわれが発生する傾向が大きくなる。このため、温度ひびわれの観点から、温度上昇が小さくなるよう最適な水セメント比を選定しなければならない。ただし、水セメント比の増大に伴って耐久性上の問題が生じないように十分な配慮が必要である。

(3) について 水中不分離性マスコンクリートにおいても、セメントの水和熱に起因する温度ひびわれの発生メカニズムは一般のマスコンクリートと同様である。すなわち、マスコンクリートの温度ひびわれは、コンクリートの温度変化に伴う収縮変形が内的あるいは外的に拘束されて発生するものである。したがって、打込んだコンクリートブロック内での温度差が大きいほど、また打込んだコンクリートを拘束する岩盤あるいは、旧コンクリートの剛性が大きいほど、ひびわれ発生の危険性は高くなる。これらの温度差や拘束度は当該ブロックやリフトの大きさ、打込み時間間隔ならびに打込み順序の影響を受ける。このため水中不分離性マスコンクリートにおいて、一般に大量のコンクリートをいくつかのブロックに分割し、適当な打込み順序、リフト高および時間間隔で打込むのがよい。施工計画は使用するコンクリートプラントの供給能力ならびに放熱条件や拘束条件などを考慮して、ひびわれの危険が少ないように決定するのが望ましい。コンクリートの打込み温度は、温度ひびわれ制御の観点からはできるだけ低くすることが望ましい。ブレイクリングの方法には、冷水を用いる方法、氷を用いる方法、冷却した骨材を用いる方法、液体窒素による方法あるいはこれらを併用する方法などがあるが、打込み温度の低減量は施工時期、構造部位、コンクリートの配合、経済性などを総合的に勘案して決定しなければならない。

12.1.3 温度ひびわれ発生の検討

(1) 温度ひびわれの発生の検討は、実績による評価あるいは温度ひびわれ指数法により行うものとする。

(2) 断熱温度上昇は、使用するセメントの種類、単位セメント量、打込み温度などを考慮して、試験により求めることを原則とする。また、水中不分離性コンクリートの温度解析に用いる熱特性値は、使用するコンクリートの材料、配合などに基づく適切な値でなければならない。

(3) 温度応力を推定するために、水中不分離性コンクリートの引張強度、ヤング係数およびクリー

プ係数は、セメントの種類、水セメント比、材令などを考慮した適切な値を用いなければならない。

(4) 水中不分離性コンクリートの温度解析および温度応力解析は、構造物の種類、重要度、形状・寸法などに応じて適切な方法により行わなければならない。

【解説】(1)について 水中不分離性マスコンクリートの温度ひびわれの発生の検討は、コンクリート標準示方書「施工編」15.3.2節に示されている温度ひびわれ指数による温度ひびわれ発生確率などにより行う。ただし、重要度の低い構造物やこれまでの数多くの施工経験から問題のないことが知られている構造物については、特別な検討を行わなくてもよい。

(2)について 水中不分離性コンクリートの断熱温度上昇に関する試験データは少ないので、水中不分離性コンクリートの断熱温度上昇は試験によって求めることを原則とした。ただし、施工実績の増加、試験データの整備により信頼できる断熱温度上昇の値が得られるようになった場合には、これらを参考にしてもよい。水中不分離性コンクリートの熱伝導率、熱拡散率および比熱などの熱定数は、コンクリートの配合、特に骨材の性質および単位骨材量やコンクリートの湿潤状態などによって影響を受けるため、これらを考慮して定めるのが望ましい。適当な試験値あるいはデータがない場合には、一般のコンクリートと同等の熱定数を用いて検討してもよい。

(3)について 水中不分離性コンクリートの引張強度やヤング係数およびクリープ係数などの力学的特性は、セメントの種類、水セメント比、骨材の種類、温度履歴、材令などの影響を受けるので、あらかじめ試験によって定めることが望ましい。試験をしない場合には、これらの力学的特性と材令の関係は、コンクリート標準示方書「施工編」15.3.5節に示す方法により求めてもよい。ただし、有効ヤング係数については、式(解11.1)により求めてもよい。本式は、水中不分離性コンクリートのヤング係数およびクリープ係数が、気中コンクリートの値に比べて小さいことを考慮して定めたものである。

$$E_e(t) = \phi(t) \times 1.35 \times 10^4 \sqrt{f'_c(t)} \cdots \cdots (\text{解11.1})$$

ここに、 $E_e(t)$: 材令 t 日における有効ヤング係数 (kgf/cm²)

$\phi(t)$: クリープの影響を考慮したヤング係数の補正係数

材令3日まで $\phi(t) = 0.36$

材令4日まで $\phi(t) = 0.42$

材令5日まで $\phi(t) = 0.50$

$f'_c(t)$: 材令 t 日におけるコンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

(4)について 水中不分離性コンクリートの温度および温度応力の解析は、それぞれコンクリート標準示方書「施工編」15.3.4節および15.3.6節に準拠するものとする。ただし、温度の解析に際して使用するコンクリート表面の熱伝達率は、気中と大幅に異なることが予想されるため、文献あるいは過去の計測結果などを参考にするのがよい。

12.2 寒冷下あるいは冷水中における施工

12.2.1 総 則

寒冷下あるいは冷水中における施工にあたっては、打込まれた水中不分離性コンクリートが所要の品質をもつように、材料、配合、練りませ、運搬、打込み、保護および型わくなどについて、必要に応じて適切な処置をとらなければならない。

【解説】 フレッシュコンクリートの流動性や硬化コンクリートの強度発現は温度の影響をうけるため、必要に応じて施工に注意しなければならない。寒冷下あるいは冷水中における施工とは、以下に示すように気温と水温の組合わせ条件下でコンクリート温度と気温、コンクリート温度と水温に大きな差がある場合を指す。

- ① 気温が低く水温も低いとき
- ② 気温は低いが水温は普通程度のとき
- ③ 気温は普通程度であるが水温は低いとき

気温が低いときは、打込みまでの圧送過程などにコンクリートの温度が下がることが予想され、フレッシュコンクリートの流動性が低下することがある。また、水温が低く打込み中にコンクリートの温度が急激に下がるような場合には、同様にフレッシュコンクリートの流動性が低下することがあり、さらに凝結時間の遅延、硬化後の強度発現の遅れなどが生ずる。

コンクリートの温度が 10°C 程度低下すると、スランプフローは $3\sim 5\text{ cm}$ 程度低下するようである。一方、凝結時間や硬化反応は、水温が 5°C 程度以下では相当に遅延する。これらを勘案すると、日平均気温が 4°C 以下、平均水温が 5°C 以下の場合は本節に述べる注意が必要となる。

なお、通常のコンクリートの寒中コンクリート施工時のような養生中の凍結に対する配慮は特に必要ではない。

12.2.2 材 料

(1) 冷水中で施工するコンクリートに用いるセメントは、普通あるいは早強ポルトランドセメントを用いるのを標準とする。

(2) 促進剤などの混和剤を用いるときには、その品質を確かめ、使用方法を検討しなければならない。

【解説】 (1) について 冷水中にコンクリートを打込む場合には、設計基準強度を確保できるようにセメントを選定しなければならない。普通あるいは早強ポルトランドセメントを用いるのを標準としているのは、低温下でも初期材令における強度発現が大幅に遅延しないからである。

気温が低い場合でも水温が普通程度のときは、3章で規定した各種セメントの中から適切なものを選定し

てよい。

(2)について 水中不分離性コンクリートに促進剤を使用した実績が少ないので、その成分、作用について十分調査し、問題がないことを確認した上で使用しなければならない。

12.2.3 配 合

配合にあたっては、コンクリートの温度の変化に伴う流動性の変化を考慮しなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートは、コンクリート温度が低下すると流動性が低下する。したがって、配合計画時には、フレッシュコンクリートのスランプフローが変化することを考慮しておくことが必要である。

12.2.4 運搬および打込み

運搬および打込みは、コンクリートの温度の低下をなるべく少なくするように、行わなければならない。

【解説】 寒冷下の施工の場合、運搬および打込み中にコンクリート温度が低下するので、これを防ぐ措置が必要であり、コンクリートを練りまぜてから打込むまでの時間をできるだけ短くするようにしなければならない。

コンクリートポンプを使用する場合、輸送管が冷却し過ぎていると管内壁にモルタルが凍結して付着し、予期しない故障を生ずることがある。これを防ぐために、輸送管の保温や打込み前の温水による予熱、終了時の清掃を厳重に行う必要がある。

12.3 暑中コンクリート

12.3.1 総 則

暑中コンクリートの施工にあたっては、高温によるコンクリートの品質の低下がないように、材料、配合、練りまぜ、運搬、打込みなどについて、適切な処置をとらなければならない。

【解説】 高温においてコンクリートは、水中不分離性混和剤の水溶液の粘度が低下することにより、水中不分離性が低下する。また、一方ではセメントの水和が促進されやすいこと、および流動化剤の効果の減少により、経時的にスランプフローが減少する。暑中コンクリートは、このような変化を生じるため、施工に支障を生じないように適切な対策を講じなければならない。

12.3.2 材 料

コンクリートの材料は、コンクリートの練上り温度が高くならないように配慮をして使用しなければならない。

【解説】 材料は、直射日光を遮るように保存し、散水して冷却するなどの配慮を払って使用するのが望ましい。コンクリートの運搬に長時間を要する場合は、コンクリートの流動性の保持を目的に遅延形的水中不分離性混和剤を使用したり、標準形の水中不分離性の混和剤に遅延剤を併用して使用するのがよい。

12.3.3 配 合

配合にあたっては、コンクリートの温度変化に伴う品質の変化を考慮しなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートでは、コンクリートの温度が高いと、水中不分離性の低下、水の汚濁の増加を招く場合がある。このときには、単位水量の減少、水中不分離性混和剤の増量などによって配合の修正が必要となる。配合試験を暑中以外に行い、工事が暑中なる場合には、注意が必要である。

12.3.4 練上り温度

コンクリートの練上り温度は、気象条件、運搬時間などの影響を考慮して、打込み時に所要のコンクリート温度が得られるようにしなければならない。

【解説】 材料の温度からフレッシュコンクリートの温度を推定する場合には、コンクリート標準示方書「施工編」16.2解説の式を用いて計算してよい。ただし、解説の式は、セメントの水和熱などの影響を考慮していないので、暑中の場合、実際に練上がるコンクリートの温度は、推定した値よりもやや高くなることが多い。

12.4 鉄骨コンクリート

12.4.1 総 則

鉄骨コンクリートの施工にあたっては、コンクリートが十分に充填されるように配慮しなければならない。

【解説】 本節の鉄骨コンクリートとは、コンクリート中に断面設計で算定される鉄骨を含む鉄筋コンクリート、あるいは鉄骨を含むコンクリートを意味している。これらの鉄骨は、フランジなど水平に広がる面を持っており、コンクリートをすみずみまで充填できるように注意することが必要である。

鉄骨コンクリートの設計・施工に関する参考図書としては、日本鉄道施設協会「構造物設計標準」、日本道路協会「道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編」、「鋼道路橋施工便覧」などがある。

12.4.2 鋼 材

鉄骨は、原則としてJIS G 3101またはJIS G 3106に適合したものでなければならない。

【解説】 JIS G 3101「一般構造用圧延鋼材」、JIS G 3106「溶接構造用圧延鋼材」には11種の鋼材が規定されているが、これらの鋼材の選定にあたっては、降伏点が併用する鉄筋の降伏点とほぼ等しいものを選ぶことを原則とする。

12.4.3 鉄骨の製作

鉄骨の製作にあたっては、鉄骨の形状などに配慮しなければならない。

【解説】 コンクリートの充填を十分に行うためには、鉄骨の隅角部に水や空気が追い込まれ、空隙、水隙が残らないように、鉄骨の隅角部に開孔を設けることが好ましい。このような場合は、あらかじめ設計段階で考慮しておかなければならない。また、鉄骨の運搬においては、これらの作業の間に鉄骨が腐食したり、変形することがないように取扱いに注意し、設置に際しては、計画された位置に所定の精度で施工されるように配慮しなければならない。

12.4.4 コンクリートの打込み

鉄骨コンクリートの打込みに際しては、打込み順序、方法などに配慮しなければならない。

【解説】 コンクリートの打込みに際しては、鉄骨の隅角部に水や空気が追い込まれコンクリート中に空隙が残らないように、一方向からゆっくりとコンクリートを流動させ、充填することが好ましい。したがって、打込み前にコンクリートの打込み計画を綿密に立て、それに従って施工するとよい。このような施工を行うためには、流動性のよいコンクリートとすることが望ましいが、コンクリートが材料分離を生じない範囲とするよう注意しなければならない。

12.5 補修および補強コンクリート

12.5.1 総 則

水中不分離性コンクリートを補修および補強に用いる場合には、対象箇所の損傷状況、補修および補強の目的、環境条件などに応じて、コンクリートの品質、施工法を適切に選定しなければならない。

【解説】 補修、補強に用いる水中不分離性コンクリートの品質および施工方法の選定に際しては、その対象箇所（構造物、岩盤など）の機能、損傷の程度、損傷の原因および環境を調査した後、技術的、経験的に可能な方法の中から補修および補強の有効性、周辺環境への影響、施工性、経済性などを考慮して決定しなければならない。

構造物および岩盤などの損傷状況としては、

- ① 土砂、水流、波浪などによる浸食
- ② 鋼矢板などの鋼材の腐食および鉄筋の腐食によるコンクリートのはく離
- ③ 船舶の衝撃などによる破損

などがあげられる。

なお、干満帯での補修、補強コンクリートの施工については、本指針11.7「干満帯の施工」に準じなければならない。

12.5.2 補修および補強

（１）コンクリートは、補修、補強作業に適した性能を有するものでなければならない。

（２）補修および補強は、対象箇所の損傷部を除去し、十分に清掃した後にコンクリートを打込まなければならない。

【解説】（１）について 補修および補強に使用する水中不分離性コンクリートは、比較的薄い部材や狭い場所に施工されることがあるため、強度や耐久性などの品質に加えて、対象箇所の形状に応じた流動性、充填性、セルフレベルング性など施工性を考慮したものでなければならない。例えば、護岸の劣化や洗掘箇所の補修のように、勾配があるような場合は硬練りのコンクリートが適しており、構造物の下側や裏側が洗掘されたような、入口が比較的狭く奥が広い場合には、セルフレベルング性の高い軟練りのコンクリートが適している。また、特に薄い部材や狭い場所には、水中不分離性モルタルを使用することもある。

（２）について 補修および補強は、その対象箇所（構造物、岩盤など）と水中不分離性コンクリートとの間に、所定の付着性が得られるように行わなければならない。所定の付着性を得るためには、対象とする打込み箇所表面の不純物を除去し、構造物や岩盤の健全な部分を露出させることが重要である。品質が低下したコンクリート、ゆるんだ骨材粒、スライム、海藻、貝などの除去方法としては、一般にエアリフトや高圧ジェットおよび水中ポンプなどが用いられている。

12.6 流水中の施工

やむを得ず流水中で施工する場合には、打込んだコンクリートが流失しないように適切な処置をとらなければならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートといえども、連続して流水の影響を強く受ける場合には、コンクリートの流失は避けがたい。しかし、通常のトレミーやコンクリートポンプ施工で流速が30～50cm/sec程度の場合、水中不分離性混和剤の量を増加すれば、コンクリートの流失は少ないという報告もある。したがって、やむを得ない場合に限り、施工場所の流速を事前に十分調査し、打込んだコンクリートを流失させない方法を考慮したうえで、流水中の施工を行ってもよいこととした。上記の方法としては、

① 水中不分離性混和剤の量を増加し、フレッシュコンクリートの水中不分離性を高める方法

② 流水に接するコンクリートの面を型わくや保護シートなどで防護する方法

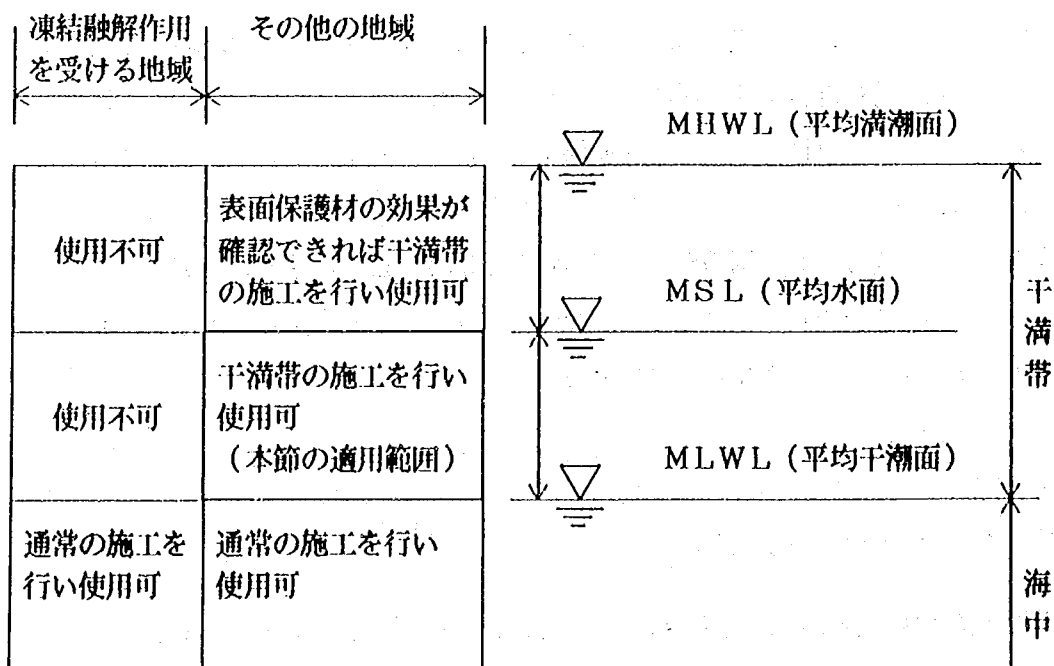
などがある。施工条件によっては、①、②の方法を適宜組合わせて実施するなどの検討が必要である。

12.7 干満帯の施工

12.7.1 総 則

やむを得ず干満帯で施工する場合には、配合、打込みなどについて適切な処置をとらなければならない。また、凍結融解作用を受ける地域では干満帯の施工を行ってはならない。

【解説】 水中不分離性コンクリートは、常時水面下にある構造物へ適用するのが基本であるが、鋼管杭の防食ライニングなど常時水分の補給される干満帯では、本節の規定を順守する場合に限り適用してよいこととした。なお、解説 図12.1に本節の適用範囲を示した。すなわち、平均水面（MSL）までは使用してもよいが、凍結融解作用を受ける地域は対象とはしない。



解説 図12.1 干満帯における水中不分離性コンクリートの適用範囲

干満帯は、海水の物理的・化学的作用の厳しい環境であり、コンクリート中の鋼材の腐食が生じる可能性が高い。このため、コンクリートは耐久性の高いものとする必要がある。

干満帯の施工で、平均水面以下を水中不分離性コンクリートとし、これより上方を普通コンクリートで施工する場合には、コンクリートの切替えを事前に計画し、打込まれるコンクリートが一体となるよう適切な処置を取らなければならない。コンクリートの打込みにあたっては、気中から水中への落下を避け、水中落下を伴わない打込みにより、海水の巻込みの少ない施工を行うことを原則とする。

コンクリート中の鋼材腐食を防止するためには、所定のかぶりを保持できるよう適切な方法をとる必要がある。型わくに接するスペーサは、原則として本体コンクリートと同等以上の品質を有するコンクリート製またはモルタル製を使用すると同時に、エポキシ樹脂塗装鉄筋などの防錆鉄筋の使用も検討するのがよい。

また、施工後の塩化物、酸素などの浸透を防止するため、型わくとしてFRPなどの保護材を設置するのが効果があるが、その場合には、その効果を確認する必要がある。

12.7.2 水セメント比

コンクリートの水セメント比は45%以下を標準とする。

【解説】 干満帯における鉄筋コンクリートは、海中で使用するコンクリートより厳しい環境下におかれるため、より小さな値の水セメント比としなければならない。海洋コンクリート構造物の実績から、一般のコンクリートの場合と同様に考え、水セメント比を45%以下を標準とした。

水中不分離性コンクリートでの単位セメント量は、一般に海洋コンクリートで規定する耐久性から定まる単位セメント量の下限值 330 kg/m^3 より大きく、耐久性を考慮した単位セメント量以上となっている。むしろ単位セメント量が多くなることより、厚い断面では水和熱による温度応力によって、コンクリートにひびわれが発生する可能性が大きくなるので、これらの点に対して特別な配慮をしなければならない。

なお、既往の実績、研究成果などにより確かめられた場合には、耐久性から定まる最大の水セメント比を前述の値に5～10%程度加えた値としてよい。また、無筋コンクリートとした場合の耐久性から定まる最大の水セメント比は、海洋コンクリートの場合と同様に、10%程度加えた値としてよい。

12.7.3 打継目

干満帯には打継目を設けないことを原則とする。

【解説】 干満帯における打継目は、構造物の耐久性に悪影響を与えるため設けないことを原則とした。やむを得ない事情で打継目を設ける必要がある場合には、コンクリート標準示方書「施工編」20.4節を順守しなければならない。

参 考 文 献

- 1) 小林、森濱、高橋、大倉：水中不分離性コンクリートに関する調査試験報告書（1）－水中不分離性コンクリートの基本的性質について－、土木研究所資料第2842号、1990年1月
- 2) 住友セメント（株）技術資料
- 3) 大倉、小林、森濱、高橋：水中不分離性コンクリートの強度および耐久性に関する実験、水中不分離性コンクリートに関するシンポジウム論文集（土木学会）、1990年8月

水中不分離性コンクリートに関する
試験調査報告書(2)

—水中不分離性コンクリートの設計施工指針(案)—

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2980号
1991年1月

河野 広隆, 森濱 和正
高橋 弘人

要 旨

水中不分離性コンクリートのフレッシュコンクリートの性状、強度特性、耐久性について実験を行った。

それらの実験結果などをもとに、水中で施工するコンクリート構造物に水中不分離性コンクリートを用いる場合の、設計および施工の一般的な事項についてとりまとめたものである。

キーワード：水中不分離性コンクリート、水中不分離性混和剤、設計、施工

郵便はがき

下は切手
を
さいて

305□□

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

コンクリート研究室 御中

No. 03

No. 03

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2980号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印