

LNG地下タンクにおける全量検査装置を用いた 自己充てんコンクリートの品質管理方法

久保征則¹・青木茂²・青木浩之³・中野正文⁴・大内雅博⁵

¹正会員 株式会社大林組 土木技術本部 構造技術部 (〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2)

²正会員 工博 株式会社大林組 土木技術本部 構造技術部 (〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2)

³正会員 東京ガス株式会社 生産部 生産エンジニアリンググループ (〒230-0055 神奈川県横浜市鶴見区扇島 4-1)

⁴正会員 東京ガス株式会社 生産部 生産エンジニアリンググループ (〒230-0055 神奈川県横浜市鶴見区扇島 4-1)

⁵正会員 工博 高知工科大学 (〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町)

東京ガス扇島工場のLNG地下貯槽の側壁に自己充てんコンクリートを採用した。この側壁は、鉄筋量が多く、PC鋼材用シーすなどの埋設物も多いことから、内部空間が非常に狭く、コンクリートの充てん性を確保することが課題となった。自己充てんコンクリートは、実物大モデル打設実験により充てん性を確認した。また、施工時の品質管理において適用した全量検査装置は、主として、自己充てん性の内間隙通過性を判定するものであるが、これに加えて、流動性と粘性を判定できるかが課題となり、実験を実施し、装置に検討を加えた。この検討により得られた全量検査装置を用いるとともに、品質管理方法を検討し、高品質な側壁コンクリートを構築できた。

Key Words : *self-compacting concrete, all the quantity inspection devices, a barrier, gap passage performance, flowability, viscosity*

1. はじめに

LNG地下タンクの側壁に自己充てん性を有する高流動コンクリート（以後、自己充てんコンクリートと称す）を採用するに当たって、所要の品質を満たす配合計画を行うとともに、モデル型枠を用いた打設実験により、自己充てん性の確認を行った。

自己充てんコンクリートは、コンクリートの打込み時に締固めを行わないため、要求性能を満たさない低品質のコンクリートは、打込む前に、除外する必要がある。そこで、全量検査装置を用いることによって、打込む直前に全てのコンクリートを検査することを検討した。

従来、用いられていた全量検査装置は、障害鉄筋によって主に間隙通過性を判定していた¹⁾。通常、自己充てんコンクリートの荷降し時における品質管理の頻度は、最

初の運搬車3～5台までは連続して行い、以降は、50 m³に1回行うことと提案されている²⁾。今回、1回の打設量が多いLNG地下タンクの側壁では、同時に6つのレディーミクストコンクリート工場から供給されるため（全部で7工場）、抜取試験回数が非常に多くなることが予想された。そこで、全量検査装置を用いることにより、自己充てん性の判定に加えて、従来、抜取試験により判定していた流動性と粘性が判定できるかが課題となり、全量検査装置による打設実験を行った。全量検査装置によって、自己充てんコンクリートの流動性と粘性を判定するためには、コンクリートが全量検査装置に投入された時の動的な勢いを一旦、止め、自重のみが作用する条件下で行う必要がある³⁾。そこで、間隙通過性を判定できる障害鉄筋をもった全量検査装置をベースとして、全量検査装置打設実験を行った。実験では、従来用いられて

いた全量検査装置をベースに、装置内に新たに障壁を設置して、自己充填コンクリートの性能を自重のみで判定しやすくし、障壁の大きさや位置およびスランブフローをパラメータとした。実験の結果、障壁における開口部の大きさによって、流動性が低下したコンクリートや粘性が過大なコンクリートを検出することができた。施工時の品質管理においては、この全量検査装置を用いて、常時コンクリートの状態を観察することを前提に、抜取検査の回数を低減した。全量検査装置を用いることによって、良好なコンクリートを打設することができたとともに、品質管理における省力化を図ることができた。

本LNG地下タンクにおける自己充填コンクリート打設工事の検討フローを図-1に示す。

2. LNG地下タンクの概要

東京ガス扇島工場TL12LNG地下タンクは、内径70.8m、液深51.0m、容量20万KLのRC造りの円筒形構造物である。本体は、コンクリート製躯体である底版、側壁および屋根等により構成される。

底版は、コンクリートの設計基準強度 24N/mm^2 、厚さ8.0m、コンクリート量 $36,120\text{m}^3$ 、側壁は、設計基準強度 60N/mm^2 、厚さ2.8m、コンクリート量 $37,194\text{m}^3$ 、この内、側壁第1～3ロットの自己充填コンクリートは $7,355\text{m}^3$ である。側壁は、第2ロット以降第9ロットまで、埋設型枠として、厚さ150mmのコンクリート製セグメントが使用される。このLNG地下タンクでは、初めて底版と側壁が剛接合構造となっており、底版との剛接合部である側壁第1～3ロットには、199tものPC鋼材が使用される。特に第1ロットは、底版との取合い部となっており、大きなせん断力が作用するため、多くの鉄筋が配置されるとともに、構造がハンチ形状となっている。ここは、配筋状態により、作業員が入ることもできない部分である。以上のような経緯から側壁第1～3ロットには、自己充填コンクリートが採用された。側壁第1～3ロットにおけるロット高さは、第1ロットは2.0m、第2、3ロットは、4.0mである。図-2に本LNG地下タンクの概要図を示す。

3. コンクリートの品質

(1) 要求品質

コンクリート工事では、1つの構造物に対して、コンクリート打設回数が少ない方が、構造上打継ぎがなく、工程も減り経済的である。現実的には、構造上や作業効率、連続打設可能量などの関係から、数回に分けてコン

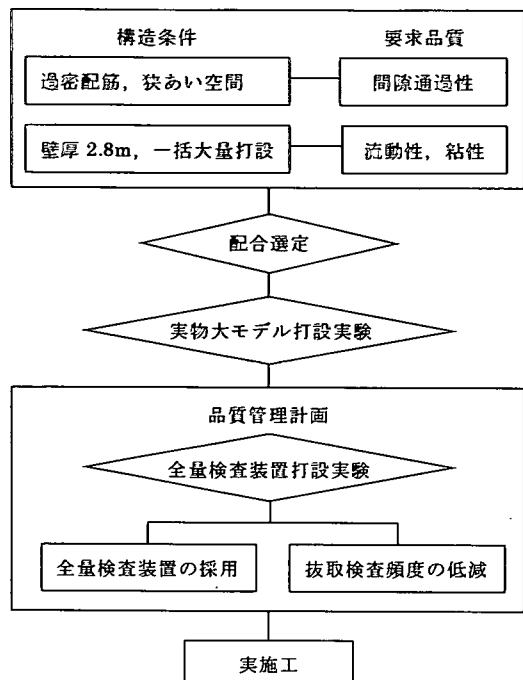


図-1 自己充填コンクリート打設工事の検討フロー

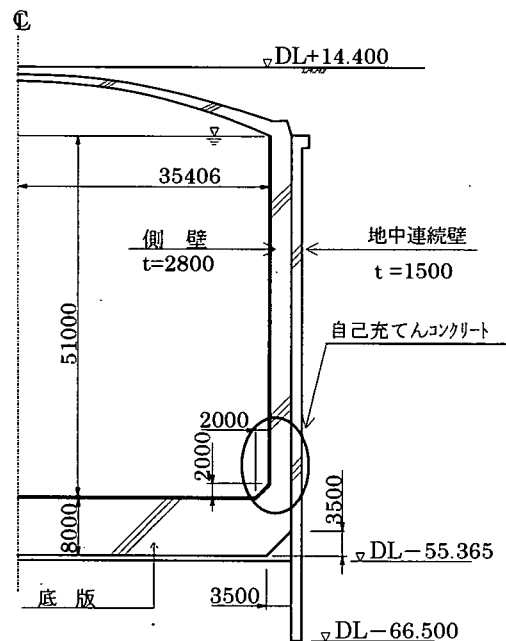


図-2 LNG地下タンクの概要図

クリートを打設する。施工計画により、本側壁は、9回に分けて施工することになった。側壁第1～3ロットの躯体内部は、図-3に示すように主筋の鋼材はD51を使用して、内外側とも2段に配筋され、継手部ではこれ

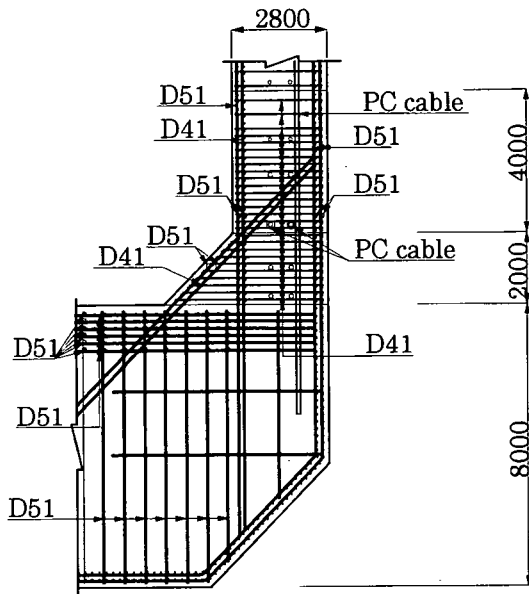


図-3 側壁下部配筋図

表-1 コンクリートの要求品質

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	設計 基準 強度 (N/mm^2)	U型 充てん 高さ (cm)	スラン プ フロー (cm)	空気量 (%)	O漏斗 流下 時間 (秒)
20	60	≥ 30	65 ± 5	4 ± 1	9~15

表-2 使用材料

種 別	使用材料
セメント	低熱ポルトランドセメント 密度 $3.24 \text{ g}/\text{cm}^3$
混和材	石灰石微粉末、密度 $2.70 \text{ g}/\text{cm}^3$ 、 比表面積 $7280 \text{ cm}^2/\text{g}$
混和剤	高性能AE減水剤 主成分：ポリカルボン酸ナトリウム
細骨材※	山砂：表乾密度 $2.60 \text{ g}/\text{cm}^3$ 吸水率 1.3%、粗粒率 2.66
粗骨材※	砕石：表乾密度 $2.70 \text{ g}/\text{cm}^3$ 吸水率 0.6%、粗粒率 6.70

※細骨材、粗骨材は、代表工場の値

表-3 自己充てんコンクリートの配合 (代表工場の値)

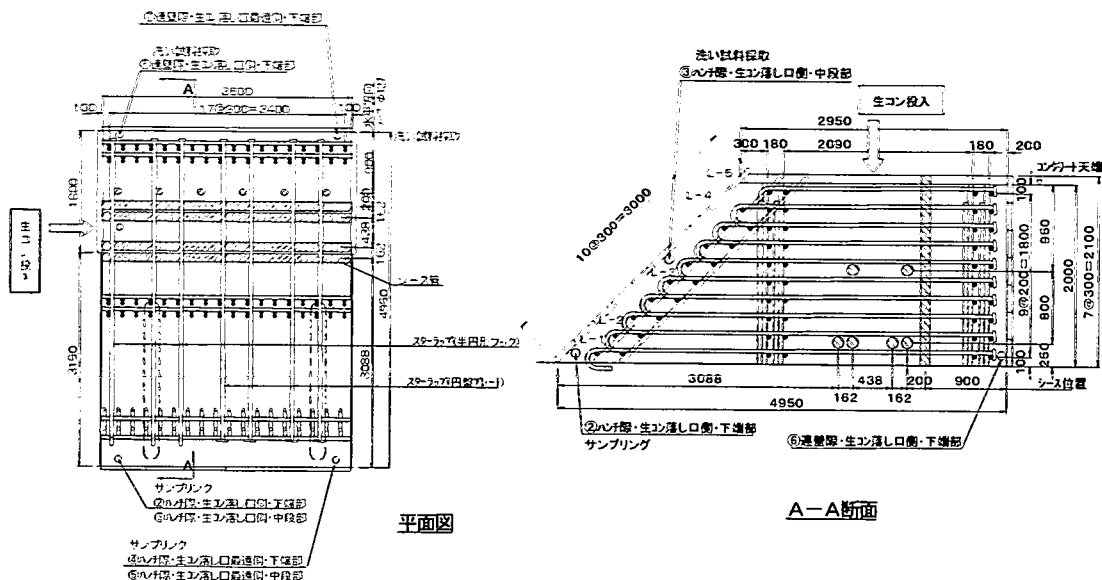
W/C (%)	水粉体 容積比 (%)	単 位 粗骨材 容 積 (l/m^3)	単 位 量 (kg/m^3)					高性能AE 減水剤 (粉体×%)
			水	セメント	混和材 (石 粉)	細骨材	粗骨材	
38.0	94.1	300	160	421	108	858	810	1.3~1.7

らが重なっている。このような狭あい部に確実にコンクリートを打設するために、自己充てんコンクリートを採用した。コンクリートの要求品質は、最小鋼材のあき(78mm)、および鋼材量(400kg/m²)から自己充てん性のランクを1²⁾とした。側壁第1~3ロットのコンクリートの打設量は、1回あたり1,900~2,700 m³である。当該構造物は、作業空間が狭いので、自己充てん性が必要である。さらに、構造物の形状が大きいため、1回の打設量が多くなるため、計画打設量を確保する必要もあり、流動性を高めることとした。そこで、自己充てん性のランク1を満たすスランプフローの目標値は、60~70 cm²とした。また、一般に自己充てん性のランク1を満たす漏斗流下時間の目標値は、9~20秒²⁾とされているが、施工性を考慮し、コンクリートの粘性が大きくなりすぎないようにするため、漏斗流下時間の目標値は、9~15秒とした。自己充てんコンクリートの要求品質を表-1に示す。

(2) コンクリートの配合

側壁コンクリートは、設計基準強度60 N/mm²の高強度コンクリートであり、高流動コンクリートの分類は、粉体系とした。セメントは、低熱ポルトランドセメント(密度3.24 g/cm³)であり、これに、ブレン比表面積が7,000 cm²/g程度の細かい石灰石微粉末をセメント量の外割でブレミックスして、粉体量を確保している。混和剤は、ポリカルボン酸系の高性能AE減水剤である。細骨材は、千葉県君津産の山砂(代表工場：密度2.60 g/cm³、吸水率1.3%、粗粒率2.66)、粗骨材は、最大寸法20mmの石灰岩砕石(代表工場：密度2.70 g/cm³、吸水率0.6%、粗粒率6.70)を使用した。

連続して打設する量が多いため、コンクリートの供給は、同時に6つのレディーミクストコンクリート工場(全部で7つの工場)で行われた。配合では、水セメント比、単位水量をおよび粗骨材の容積を全工場で一定とした。さらに、品質を安定させるため、各工場の細骨材は産地を統一している。使用材料および配合を表-2、3に示す。



4. 実物大モデル打設実験

(1) 実験概要

選定した配合でのコンクリートの自己充てん性を確認するため、実物大モデルの供試体を製作し、これにコンクリートを打込んで、自己充てん性を確認した。透明型枠を用いて、充てん状況を目視観察するとともに、数箇所から試料を採取して、粗骨材の洗い分析により充てん性を確認した。モデル化した部位は、配筋が最も過密になっている側壁第1ロットである。ここは、D51が縦・横それぞれ2段に配筋され、重ね継手となる部位がある。さらに、プレストレスを導入するため、シース管や定着金物等が埋設される。また、側壁第1ロットの内面側は、45°のハンチ構造となっている。図-4に実物大モデル形状を示す。実験では、実物大モデル型枠にトラックアジテータ車のシュートを直接のせ、コンクリートを打込んだ。

(2) 実験結果

a) 打設狀況結果

実験では、代表工場における配合のコンクリートを用いた。コンクリートのフレッシュ性状は、スランプフロー：63～68cm、漏斗流下時間：12～14秒、空気量：3.8～4.5%、コンクリート温度：19℃程度であった。コンクリートの廻り込み状況は良好で、過密配筋部の鉄筋交差部やPCシース管等を乗り越えて、型枠の隅々まで充てんされていた。流動勾配は、1/10～1/20程度であった。6層目のコンクリートは、コールドジョイントの影響を見るために、打重ね間隔を2時間あけた後、打込んだ。

表-4 粗骨材分析結果

試料採取位置	検体重量 (kg)	粗骨材重量 (kg)	粗骨材重量含有率 (%)	設計値に対する比率 (%)
①生コン落し口(5層目)	4.0	1.36	34.0	98.6
②ハンチ際・生コン落し口側 下端部(1層目)	4.0	1.14	28.5	82.6
③ハンチ際・生コン落し口側 中段部(3層目)	4.0	1.12	28.0	81.2
④ハンチ際・生コン落し口最遠側 下端部(1層目)	4.0	1.34	33.5	97.1
⑤ハンチ際・生コン落し口最遠側 中段部(3層目)	4.0	1.20	30.0	87.0
⑥連壁際・生コン落し口側 下端部(1層目)	4.0	1.20	30.0	87.0
⑦連壁際・生コン落し口 最遠側・下端部(1層目)	4.0	1.18	29.5	85.5
平均	—	—	30.5	88.4
設計値	4.0	1.38	34.5	—

b) 粗骨材洗い分析結果

打設中のコンクリートから試料を採取し、水洗いを行って粗骨材の含有量を測定した。試料採取箇所は、図-4に示すように、骨材の廻りにくいと想定された、鉄筋のかぶり部分である。洗い分析は、採取コンクリートを4kg量り取り、これを5mmのふるいに通して、残った粗骨材の重量を測定した。試料を採取したかぶり部分については、設計粗骨材含有率34.5%に対して、28.0~33.5%であり若干バラツキが認められたが、設計値と比較して、80%以上は残る結果となった。表-4に実験で採取した粗骨材の含有率が厳しくなるかぶり部分の粗骨材分析結果を示す。

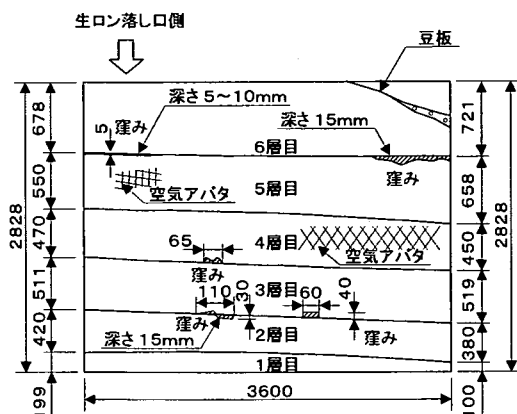


図-5 型枠脱型後表面状況 (ハンチ部：法面投射方向)

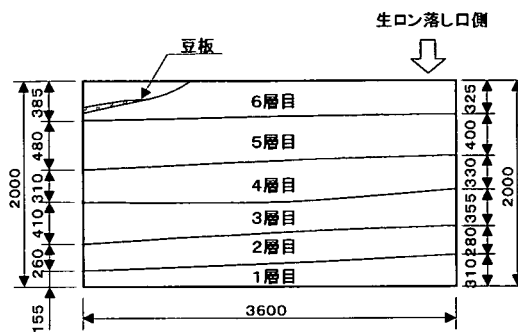


図-6 型枠脱型後表面状況 (車壁側)

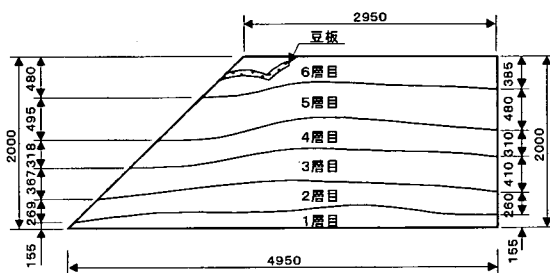


図-7 型枠脱型後表面状況 (妻部：最遠側)

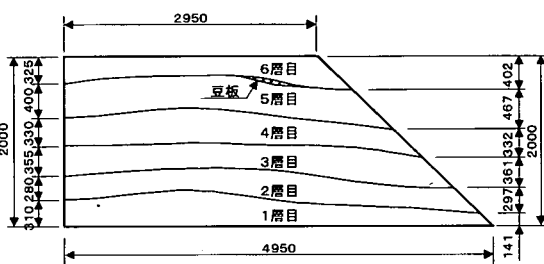


図-8 型枠脱型後表面状況 (妻部：生コン落とし口側)

c) 脱型時状況

コンクリートを打設した後、およそ1ヶ月後に型枠を撤去した。コンクリートの充てん状況は、ハンチ面には、4、5層目に空気あばたが見られたほか、空気が抜けきらなかったと思われる窪みが層境に見られた。窪みは、5箇所あったが、これを深さ方向にはつった結果、深さは最大でも15mmであり、その奥には層の境目は見られなかった。ハンチ面については、実施工では、型枠面を叩くなどして充てん性を向上できると判断された。

脱型後は、コンクリートをはつり、解体しながら、内部充てん状況を確認した。内部コンクリートでは、鉄筋交差部やPCシース管部、定着金具部付近について、空洞や巣等はなかった。また、各層の打重ね部について、層境が見られず、コールドジョイントは認められなかった。5層目と6層目の打重ね時間間隔は2時間以上であり、6層目のコンクリート打込み時に5層目の天端は、人間が乗って、足跡が1～2cm程度の深さまでつく程度に硬化が進んでいたが、コールドジョイントは、認められなかった。脱型時の各側面の状況図を図-5～8に示す。

(3) 実験の考察

実物大モデルの供試体によるコンクリート打設実験について以下にまとめる。

- ・打込んだコンクリートのフレッシュ性状は、良好であり、鉄筋やPCシース管を乗越えて、コンクリートが廻り込んでいた。
- ・流動勾配が1/10～1/20程度であることから、施工計画している7m程度の水平流動は、可能であると判断された。
- ・粗骨材洗い分析の結果、各試料採取位置では、設計値に対して、80%以上の粗骨材含有率であった。ここで、100%に満たなかったのは、コンクリートの流動が止まった後、粗骨材が沈降し、かつ、試料の採取が上層からであったためと考えられる。ただし、層状に打込む場合、上層から下層への粗骨材の沈降もあるため、全体的には、粗骨材もバランス良く充てんされているものと考えられる。
- ・硬化後の調査では、大きな未充てん部分はなかったが、ハンチ型枠面に、空気が抜けきらなかったためと思われる窪みがあったが、型枠パイププレートを使用することで、空気を抜くことが可能であると考えられた。

5. 全量検査の検討

(1) 全量検査装置を用いた打設実験

既存のプロトタイプ的全量検査装置⁴⁾は、箱型の装置に鉄筋の障害を付けたものであり、コンクリートが自重のみで鉄筋の障害を通過する性状によって、充てん性の良否を評価するものである。本来、全量検査装置は、間隙を通過する性状から自己充てん性を判定するものであり、流動性や粘性は、抜取検査によって検査していた。しかし、打設量が多くなると、抜取検査回数も多くなり、管理が煩雑となる。打設量が多くなった場合、全量検査装置での受入れ速度を増すと、投入された時の動的な勢いによって、コンクリート自身の持つ性能が判定できない。

そこで、プロトタイプ的全量検査装置をベースとして、装置の改良を試みた。改良の目的は以下の通りとした。

- ①間隙通過性に加えて、流動性と粘性の良否を判定し、従来の抜取検査頻度を低減する。
- ②計画打設量を確保する。

試験装置は、プロトタイプを含めて、以下の4種類である。

- No. 1: プロトタイプ (図-9 に示す)
- No. 2: 装置内水平距離延長タイプ (図-9 に示す)
- No. 3: 障壁設置タイプ (図-10 に示す)
- No. 4: 障壁設置改良タイプ (図-11 に示す)

No. 2 の装置内水平距離延長タイプは、装置の水平距離を長くして、受け入れられたコンクリートの速度を緩め、通過性状をより顕著化しようとしたものである。

No. 3 の障壁設置タイプは、No. 2 の装置内に障壁を設置して、受け入れられたコンクリートが、この障壁に当たることによって、コンクリートの動的な勢いを緩めようとしたものである。

No. 4 の障壁設置改良タイプは、コンクリートの受け取りを効率よく行うために、障壁の位置を変更して、障壁通過後の流路幅を広げて、流量を確保した。また、装置の全高を下げて、アジテータトラック車の2台付けを可能にしたものである。

これらの試験装置に、コンクリートを投入して、コンクリートの通過性状を観察し、通過時間を計測し、下記の式によりコンクリートの通過速度を算出した。

$$v = (L/t) \times (1/V) \quad (1)$$

v : 全量検査装置内通過速度 (cm/sec)

L : 全量検査装置の延長長さ (cm)

t : コンクリート 1 m^3 の全量検査装置内通過時間 (sec)

V : 全量検査装置容積 (m^3)

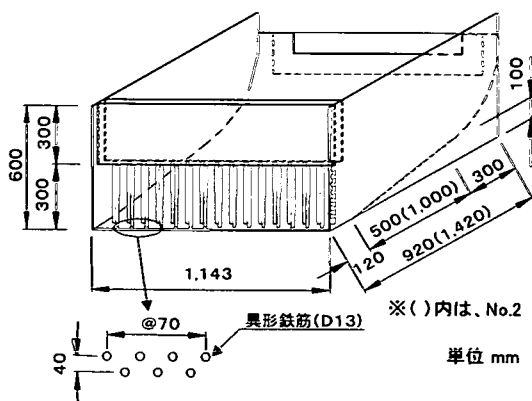


図-9 全量検査装置 No. 1, No2
(プロトタイプ, 装置内水平距離延長タイプ)

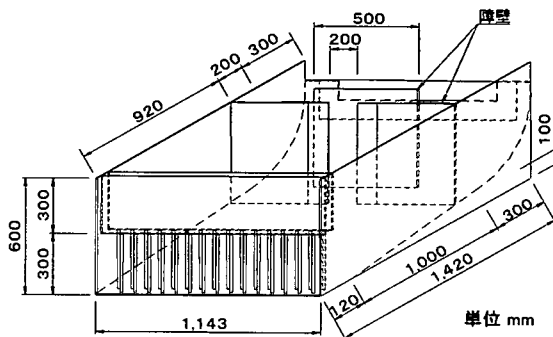


図-10 全量検査装置 No. 3 (障壁設置タイプ)

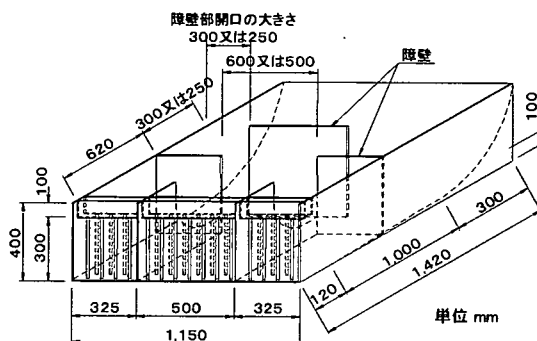


図-11 全量検査装置 No. 4 (障壁設置改良タイプ)

実験では、流動性の指標であるスランプフローをパラメータ(3水準: 45 cm, 55 cm, 60 cm程度)として、コンクリートを全量検査装置に通過させた。なお、スランプフローの調整は、単位水量の増減により行った。図-12に全量検査装置を使用した打設実験フローを示す。

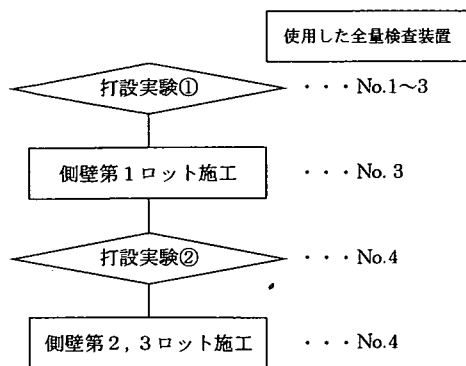


図-12 全量検査装置を用いた打設実験フロー

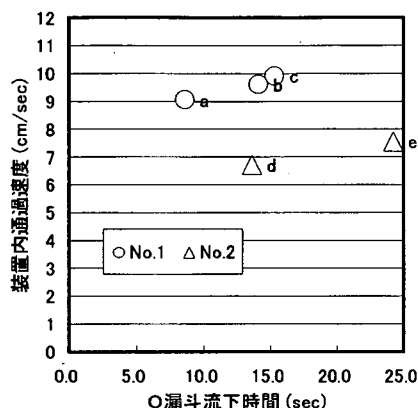


図-14 装置内通過速度と〇漏斗流下時間の関係 (No. 1, 2)

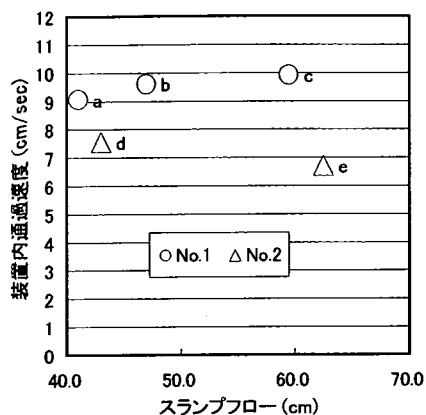


図-13 装置内通過速度とスランプフローの関係 (No. 1, 2)

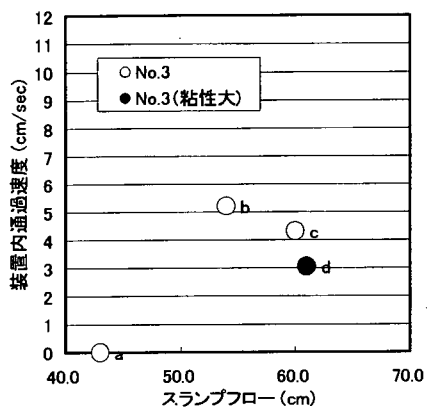


図-15 装置内通過速度とスランプフローの関係 (No. 3)

(2) 実験結果

a) 全量検査装置 No. 1, 2

プロトタイプ (図-9) および水平距離を延長したタイプ (図-9) は、スランプフローおよび漏斗流下時間が変わっても、全量検査装置の通過時間に大きな差がなく、各配合ともトラックアジテータ車内のコンクリートが、全て全量検査装置を通過した。全量検査装置 No. 1, 2 の場合、トラックアジテータ車からコンクリートを全量検査装置に投入したとき、コンクリートに動的な勢いが与えられる。この動的な勢いによって、コンクリートの流動性および粘性の影響が打ち消され、性能の良否を判定することはできなかった (図-13~14: 図中の a~e は相互に対応する)。

b) 全量検査装置 No. 3

装置内に障壁を設置した場合 (図-10)、流動性の小さい、スランプフローが 45 cm 程度のものは、障壁によってコンクリートが閉塞した。しかし、スランプフローの規格下限値と同程度の 55 cm 程度のものは、通過速度に差がなく、全量が装置を通過した。また、流動性を

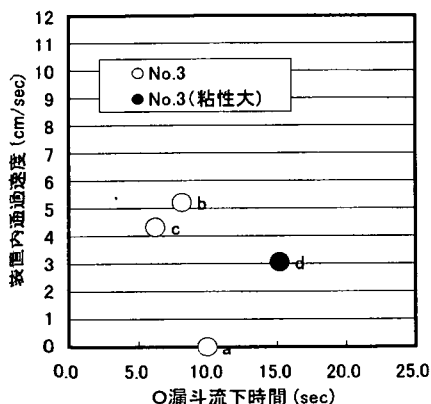


図-16 装置内通過速度と〇漏斗流下時間の関係 (No. 3)

十分持っているものでも、粘性が高い場合、全量検査装置を通過するのに時間がかかっており、全量検査装置を通過する速度と漏斗流下時間とが相関している結果となった。さらに、全量検査装置で閉塞したものは、U型充てん装置による充てん高さが 30 cm に満たなかった (図-15・17: 図中の a~e は相互に対応する)。

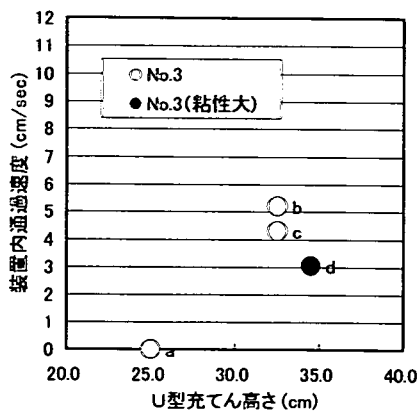


図-17 装置内通過速度とU型充てん高さとの関係 (No. 3)

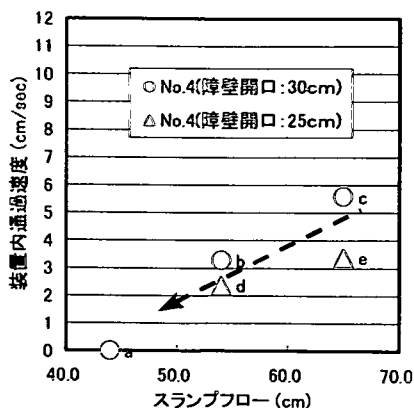


図-18 装置内通過速度とスランプフローの関係 (No. 4)

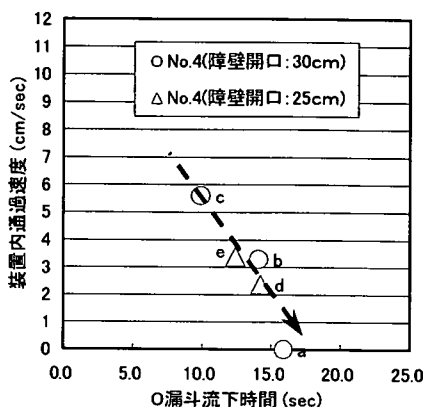


図-19 装置内通過速度と漏斗流下時間の関係 (No. 4)

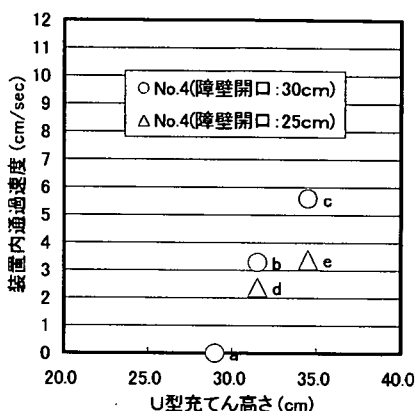


図-20 装置内通過速度とU型充てん高さとの関係 (No. 4)

c) 全量検査装置 No. 4

全量検査装置 No. 4 (図-11) では、コンクリートの装置通過速度は、スランプフローが大きい程速く、漏斗流下時間が大きい程遅くなる傾向がみられた。また、全量検査装置 No. 3 と同様に、流動性が極端に低いスランプフロー 45 cm 程度のものは、障害によってコンクリートを閉塞させることができたが、スランプフローが規格下限値程度のものは、通過速度が遅くなるが、打込んだコンクリートが、全て装置を通過した。さらに、全量検査装置で閉塞したものは、U型充てん装置による充てん高さが 30 cm に満たなかった。また、実験では、障害の開口の大きさを 2 種類 (30 cm と 25 cm) とした。スランプフローが 65 cm、55 cm とともに、開口の大きさが 30 cm の方が装置内を通過しやすい傾向であったが、流動性の判定では、スランプフローが 55 cm 程度の場合、装置内通過速度は、0.9 (cm/sec) 程度しか差がない結果であった (図-18～20：図中の a～d は相互に対応する)。

表-5 全量検査装置打設実験による評価

装置	流動性・粘性	打設速度	総合評価
No.1	C	A	C
No.2	C	A	C
No.3	B	B	B
No.4	B	A	A

A：良好，B：効果はある，C：判定困難

(3) 実験の考察

全量検査装置を用いた打設実験について以下にまとめる。表-5 に各全量検査装置の評価を示す。

- ・既存のプロトタイプ (No. 1)，装置内水平距離延長タイプ (No. 2) では、流動性や粘性の判定は困難である。
- ・障害を設置することにより、流動性の低いコンクリートの判定が可能である。
- ・打設速度を確保するためには、装置におけるトラックアジテータ車から最初に入入れる量を多くすることが有効である。

プラント品質管理	職員配置		現場品質管理	職員配置
・細骨材表面水率・・・1回/2hr ・粗骨材表面水率・・・午前、午後各1回 ・スランプフロー } 1～3車目、50m ³ 、 ・空気量 } 100m ³ 、 ・コンクリート温度 } 以後1回/100m ³ ・○ロート } 及び必要に応じて ・塩化物含有量・・・午前、午後各1回	各工場に1名	第1ロット	・全量検査装置・ビデオカメラによる監視と記録 ・スランプフロー } 1～3車目、 ・空気量 } 50m ³ 、100m ³ ・コンクリート温度 } 以後1回/100m ³ ・圧縮強度供試体採取・・・1車目、50m ³ 、100m ³ 、 以後1回/100m ³	集中管理 2名 抜取検査 2名 筒先管理 8名
・細骨材表面水率・・・1回/2hr ・粗骨材表面水率・・・午前、午後各1回 ・スランプフロー } 1～3車目、 ・空気量 } 1回/75m ³ ・コンクリート温度 } 及び必要に応じて ・塩化物含有量・・・午前、午後各1回	各工場に1名 管理の主体 は工場とする	第2ロット	・全量検査装置・ビデオカメラによる監視と記録 ・スランプフロー } 1車目、1回/150m ³ ・空気量 } 及び必要に応じて ・コンクリート温度 } ・○ロート流下時間 ・圧縮強度供試体採取・・・1車目、1回/150m ³	集中管理 2名 抜取検査 1名 筒先管理 4名
・細骨材表面水率・・・1回/2hr ・粗骨材表面水率・・・午前、午後各1回 ・スランプフロー } 1～3車目、 ・空気量 } 1回/75m ³ ・コンクリート温度 } 及び必要に応じて ・塩化物含有量・・・午前、午後各1回	0名 工場自主管理	第3ロット	・全量検査装置・ビデオカメラによる監視と記録 ・スランプフロー } 1車目、1回/150m ³ ・空気量 } 及び必要に応じて ・コンクリート温度 } ・○ロート流下時間 ・圧縮強度供試体採取・・・1車目、1回/150m ³	集中管理 2名 抜取検査 1名 筒先管理 4名
・塩化物含有量・・・午前、午後各1回 ・その他は、各プラント自主管理規程による	0名 工場自主管理	次期工事	・全量検査装置・ビデオカメラによる監視と記録 ・スランプフロー } 1車目、1回/150m ³ ・空気量 } 及び必要に応じて ・コンクリート温度 } ・○ロート流下時間 ・圧縮強度供試体採取・・・1車目、1回/150m ³	集中管理 2名 抜取検査 1名 筒先管理 4名

図-21 側壁第1～3ロット品質管理フロー

6. 全量検査装置の適用性の検討

(1) 品質管理方法

コンクリートの品質管理試験は、従来、構造物の規模や重要度に応じて、必要項目および頻度を決めて、抜取り検査を行っている。この場合、所定の頻度の試験と試験の中間のコンクリートは、無試験で受取られるため、規格外のコンクリートが打設される可能性もある。そこで、所要の品質を満たさないものは、打設直前に全て除外できる全量検査装置による品質管理を検討した。今回、障壁を設置した全量検査装置を用いることによって、間隙通過性に加えて、流動性が極端に落ちたものや粘性が極端に大きくなったものを判定することができた。また、コンクリートの通過速度を観察することによって、コンクリートの変状の傾向を把握することができた。従って、この全量検査装置による検査を主検査とし、それぞれの全量検査装置には、ビデオカメラを設置して、常時管理室に設置したモニターを通して、コンクリートの通過状況を観察した。この全量検査装置では、流動性と粘性を完全に判定することが難しかったので、従来の抜取り検査を併用した。ただし、現場管理者が全量検査装置内のコンクリートの性状を常時観察しているため、抜取り検査の頻度を従来の1/2程度（側壁第2，3ロット施工

時）に減らすことができた。打設するコンクリートの状態は、受取りから打設完了まで観察され、現場の品質管理者と生コンクリート製造工場の品質管理者とが、連絡を取合うことにより、現場でのコンクリートの変状を生コンクリート製造工場に常にフィードバックされる体制を整えた。側壁第1～3ロットにおける品質管理フローを図-21に示す。

(2) 施工管理結果

側壁第1ロットは、以下の理由により全量検査装置No.3（障壁の開口の大きさを30cm）を使用して、品質管理を行った。

- ①第1回目の打設実験の結果、全量検査装置No.3は、流動性が極端に低いものは、打込む前に判定できる。
- ②スランプフローが規格下限値程度のものは、装置内の通過速度は遅くなるものの、障害鉄筋を通過できるので、施工中は、目視観察を行い、抜取検査を併用する。
- ③障害鉄筋を通過できれば自己充てん性は確保できるため、実験では、障壁の開口の大きさは、20cmとしたが、計画している打設速度から受入れ量を比較的多くできるため、障壁の開口の大きさは、30cmとした。

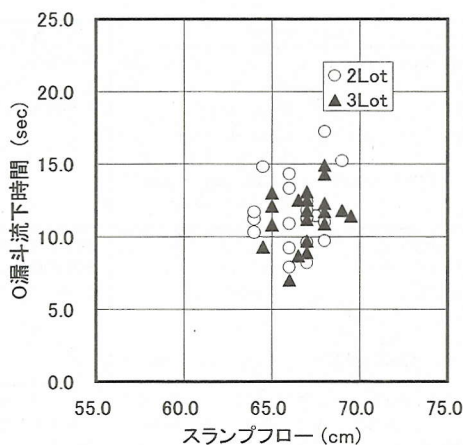


図-22 側壁第2, 3ロットの抜き試験結果

打設には、8台のポンプ車を用いたが、これらに全て全量検査装置を用いた。また、8箇所全量検査装置には、ビデオカメラを設置して、常時、コンクリートの通過状況を管理室から観察した。これにより、受入れているコンクリートは、1箇所集中的に管理され、変状を他の箇所と容易に比較でき、合理的な品質管理ができた。側壁第1ロットは、現場においてスランプフローの抜き試験を行ったが、試験回数54回の内、不合格となる規格下限値以下のものは、2回であった。また、抜き取り検査で合格したコンクリートでも、全量検査装置を通過する時間が長くなる場合があり、粘性が大きいと判断し、受入を中止した。そして、製造時の計量配合を確認するとともに、次の製造に役立てた。

側壁第2, 3ロットは、打設量が第1ロットよりも1,000m³ほど多くなり、それぞれ連続して約2,700m³の打設量であったので、施工時間の短縮する必要があった。そこで、アジテータ車の入替え時間を短縮するために、アジテータ車の2台付けを可能とした全量検査装置 No. 4 を用いて品質管理を行った。実験の結果から、障壁の開口の大きさが25cmと30cmとでは、流動性の判定において、顕著な差が認められなかったことから、比較的受入れ量が多くできるため、障壁の開口の大きさは、30cmとした。その他、打設方法は、第1ロットと同様である。品質管理においては、第1ロットの施工実績を踏まえ、抜き取り検査の頻度を低減できた。全量検査装置を用いた管理方法は、第1ロットと同様である。

今回、全量検査装置を用いることによって、間隙通過性、流動性および粘性を判定することから、抜き検査は補助的なものとして、抜き検査の頻度を少なくすることができた。側壁第2, 3ロットのコンクリートは、全量検査装置及び抜き取り検査で不合格となるものはなか

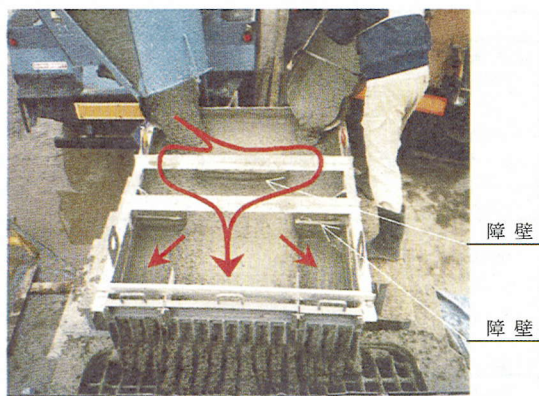


写真-1 全量検査装置による品質管理状況

った。図-22に側壁第2, 3ロットの現場品質管理結果を示す。全量検査装置による品質管理状況を写真-1に示す。

7. まとめ

今回、全量検査装置によって、自己充填性に加えて、流動性と粘性の判定が可能かどうか実験を行い検討した。

実験では、全量検査装置に障壁を設置し、障壁の開口を適切な大きさとしてことによって、流動性および粘性の評価を試みた。その結果、スランプフローの目標範囲から大きく下回ったコンクリートは、装置内で流動性を失い、性状を判定することができた。流動性が小さいコンクリートほど、また、粘性が大きなコンクリートほど、装置内でのコンクリートの滞留時間が長くなる傾向がみられた。

自己充填コンクリートの品質管理では、全量検査装置を用いることによって、低品質なコンクリートを除外することができ、さらに、全量検査装置内を通過する状況をビデオカメラで撮影しながら、管理者が常時観察することによって、コンクリートの性状の変化を容易に把握することができる。

この全量検査装置は、流動性と粘性を定量的に判定するのは難しいが、コンクリートが装置を通過する状況を観察することによって、コンクリートに変化が現れる兆候を判断することは可能となった。現場において全量検査装置による集中管理を行い、現場での変状を製造工場へ即座に連絡できる体制を整えることによって、合理的な品質管理ができた。

参考文献

- 1) 岡村甫, 前川宏一, 小澤一雅: ハイパフォーマンスコンクリート, 技報堂出版, 1993.
- 2) 土木学会コンクリート委員会: 高流動コンクリート施工指針, コンクリートライブラリー93, 土木学会, 1998.
- 3) 岡村甫編: 自己充填ハイパフォーマンスコンクリート, 社会システム研究所, 1999.
- 4) 大内雅博, 小澤一雅, 岡村甫: 打設現場における自己充填コンクリートの受入検査用全量検査試験の開発, コンクリート技術シリーズ19, 自己充填コンクリートセミナー論文報告集, pp. 89-94, 土木学会, 1997.

(2001. 8. 6 受付)

THE QUALITY CONTROL METHOD OF SELF-COMPACTING CONCRETE USING TESTING APPARATUS FOR SELF-COMPACTABILITY EVALUATION

Masanori KUBO, Shigeru AOKI, Hiroyuki AOKI, Masafumi NAKANO
and Masahiro OUCHI

Self-compacting concrete (SCC) was adopted in the lower side wall of the LNG underground storage tank at Tokyo Gas Ohgishima terminal. The inside area is very small because there are many embedded devices for prestressing and reinforcing bars piled up and assembled. This side wall has a thickness of 2.8meters. Therefore, self-compacting concrete needs characteristic of the high flowability in addition to the narrow space passage performance. This time, it was the subjects that the flowability and viscosity could be judged in addition to the narrow space passage performance by the testing apparatus. To judge flowability and viscosity more stricktly, we experimented with the testing apparatus.