# 掘削機用走行レールに設けた開口の有無が中埋めコンクリートの充填性に与える影響

オリエンタル白石（株）　技術研究所　正会員　○石井　智大　東　洋輔　小林　俊秋
本社技術本部　早川　佳吾　本社土木本部　松村　久

## 1. はじめに

ニューマチックケーソン工法は地下構造物の構築方法として採用されている. **図-1** に本工法の概要図を示す. 本工法の特徴は, 函内と呼ばれる作業空間を設け, 地下水の流入を防ぐため高気圧環境を保持し, 沈下掘削施工する点である. そこで, 函内で有人作業を行うことがあるが, 高気圧障害が発症する可能性が有り, 本工法最大の課題とされる. その対策として無人化施工の開発を行い, 実施しているが, 全ての作業で無人化が実現できているわけではない. その一つが沈下掘削完了後の掘削機用走行レール(以下, レール)の解体である. そこで, このレールを解体せずに残置させ, 有人による高気圧作業の省略を考案した. しかしながらこの手法は, 残置したレールが函内を充填するコンクリート(以下, 中埋めコンクリート)の流動阻害となり未充填箇所を招く恐れがある. 中埋めコンクリートは通常のコンクリート打設と異なり, 振動締固めを行わずに自己充填により行う. また, 中埋めコンクリートはある程度打ち込まれると, ポンプ車の圧力および大気中と函内の圧力差を利用した排気に伴う力で充填を行うものである.

本稿は, 流動阻害となるレール残置を想定し, 充填確保が可能となるコンクリートの配合, レールに設けた開口の影響を検討するため, コンクリートを自己充填させたときの充填性を実物大試験装置により検証した.

## 2. 実験概要

### 2. 1 コンクリートの使用材料と配合

使用材料について, セメントは早強ポルトランドセメント(密度:3.14g/cm$^3$), 細骨材は砕砂(密度:2.63g/cm$^3$), 粗骨材は砕石(最大寸法:20mm, 密度:2.63g/cm$^3$), 混和剤はリグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合系 AE 減水剤を使用した.

**表-1** にコンクリートの配合を示す. スランプは, 所定の流動性が得られるように単位水量あるいは AE 減水剤量を調整した. 配合条件は函内における流動性を考慮して W≧190kg/m$^3$, スランプ 21cm, 材料分離を考慮して W/C≦50%, スランプは大気圧から高気圧環境への移行により, コンクリート中の空気量が減少してセメントペースト体積の減少を伴い, スランプの低下が予想されることを考慮して空気量2.0%と設定した. なお, 試験で採用したスランプは函内に打ち込まれた後のスランプを想定している. 実験の要因はレールに設ける開口およびコンクリートのスランプとした. 水準はレール開口の有無, スランプは 21, 18, 15, 12 および 8cm とした.

### 2. 2 試験方法

実験装置の概要を**写真-1** に示す. 本実験は鋼製の箱型容器とし, 天井中央部には実寸大のレールを設置した. 開口を設ける水準のレールでは, **写真-1** に示す

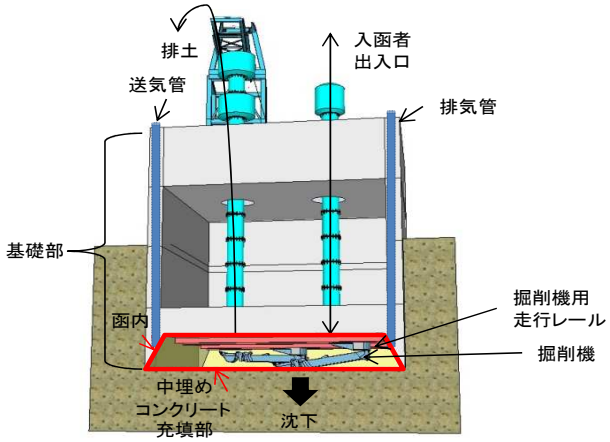


図-1 ニューマチックケーソン工法概要図

表-1 コンクリートの配合

| W／C (%) | s／a (%) | 単位量 (kg/m$^3$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | W | C | S | G | AD |
| 50 | 47.4 | 192 | 384 | 830 | 924 | C×0.8mass% |

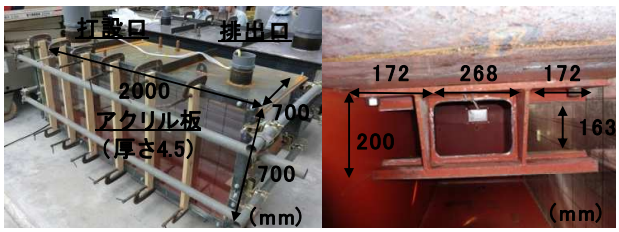


写真-1 試験装置(左:全体図 /右:開口レール)

キーワード　ニューマチックケーソン, 中埋めコンクリート, レール開口の有無, 充填性
連絡先　〒321-4367　栃木県真岡市鬼怒ヶ丘5　オリエンタル白石株式会社　ＴＥＬ0285-83-7921

寸法の開口を設けたレール(以下，開口レール)，あるいは開口を設けないレール(以下，通常レール)とした．打設方法は，バケットを用いて型枠端部の打設口より行った．打込みは打設口から自己充填によって連続して行い，排出口からコンクリートが排出，あるいは打設高さ900mm の水頭圧が作用しても自己充填による打込みが困難と判断されるまで行った．

測定項目は打込み中にアクリル板からコンクリート天端の勾配やレール通過時の様子を評価した．さらに，試験終了後はレール部や型枠天端などのコンクリートの充填状況を確認した．

## 3. 試験結果

試験終了時のコンクリート天端の状況を**図-2** に示す．先ず，通常レールの水準について説明する．打設中，コンクリートはレールが障害となり，レールの下側を通過した．スランプ 21cm は完全に充填されており，レールの各部までコンクリートが充填されていた．次に，スランプ 18cm の場合，レールを越えたが，レールあるいは排出口にコンクリートが到達しなかった(**写真-2**)．なお，スランプ 15cm はレールを越えることはなかった．したがって，通常レールの場合，完全に充填するためのスランプは21cm 以上であると判断した．

開口レールの水準について説明する．打設中，コンクリートはレールの開口部を通過するように流動していた．スランプ 21 および 18cm で充填されたことを確認した．なお，スランプ 15cm の場合，レールの開口を超えた後に充填が困難となり，充填完了前に打設口の閉塞が生じた．そこで，ポンプ車の圧力に見立てて打設口円筒管内で内部振動を作用させると，完全に充填する状況を確認できた．実際の中埋めコンクリートの打設では，ポンプ車の圧力排気に伴う力も作用するが，本検討においては，コンクリートの自己充填のみによる安全側の評価である．したがって，開口レールの場合，自己充填するためのスランプは 18～21cm 以上であると判断した．

ここで，打設高さ 900mm の水頭圧が作用した条件下で，同じスランプ 18cm において，レールの開口の有無の影響について評価する(**写真-2**)．通常レールではレールが障害となり，コンクリートはレールの下側を流動することとなり，先に打ち込まれたコンクリートの抵抗を大きく受け，排出側において下から押し上げるように堆積して充填不良を起こした．一方，開口レールの場合は，コンクリートが開口部を流動することが可能であり，先に打ち込まれたコンクリートの抵抗がなかったため，充填されたと考えられる．スランプ 15cm の場合，開口レールではコンクリートがレールを通過した．一方，通常レールではコンクリートがレール到達前に流動停止した．以上より，レールに開口を設けることにより，コンクリートの充填性は改善されると判断した．

## 4. まとめ

ニューマチックケーソン工法の無人化施工の一環として，函内に掘削機用レールを残置する方法の検証を行い，開口を設けたレールを残置させた時の中埋めコンクリートの充填性を評価した結果を以下に記す．

(1) 自己充填で行った充填性評価から，レールに通常レールの場合にはスランプ 21cm，レールに開口レールの場合にはスランプ 18～21cm であれば，レールを介しても流動性を保持でき，充填が可能であることがわかった．

(2) レールを残置する手法は，コンクリートの充填を阻害するが，開口を設けることによってコンクリートの充填性は改善されることが分かった．

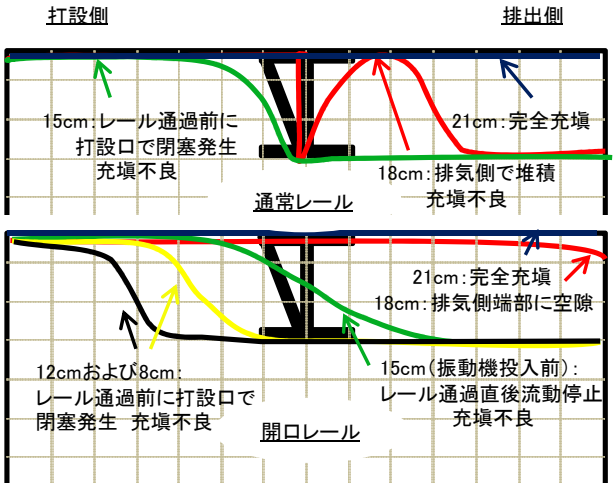


図-2 試験終了時の状況 ※1 マス 10cm

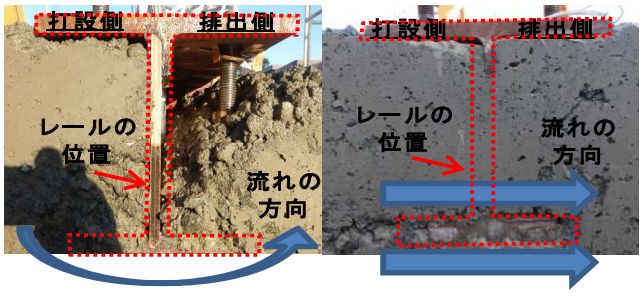


写真-2 スランプ 18cm 脱型時
(左：通常レール/右：開口レール)