

報 告

[1002] 高流動コンクリートの鉄道地下構造物への適用

山田正人*1・輿石逸樹*2・佐藤春雄*3・中島良光*4

1. はじめに

フロンテジャッキング工法は、線路下横断構造物の施工法の一つであり、比較的多くの実績がある。このフロンテジャッキング工法には、片引きけん引方式、相互けん引方式、分割けん引方式があるが、今回、東北本線のご道橋新設工事（図-1）において、分割けん引方式によるフロンテジャッキング工法を採用している。

相互けん引方式および分割けん引方式では、刃口接合部のコンクリートは牽引後に場所打ち設となる。従来、この部分の施工は、パイプルーフ内にポンプを通し、パイプルーフの中から直接人手により、打込み状況の管理及び締固め作業を行うか、あるいはパイプ内で作業ができない場合には、コンクリート圧送管をパイプの中を通し、吐出口を設けてコンクリートを流し込んでいた。しかし、人手による場合、パイプルーフ内は狭く、労働環境も悪いためバイブレーターによる締固め作業は困難であり、また、人手によらない場合においてもコンクリートの充填状況、バイブレーターも直接には目視できないため、コンクリートの信頼性が懸念されていた。そこで、流動性、材料分離抵抗性に優れた締固め不要の高流動コンクリートを線路下横断構造物として初めて適用することにした。

本報告は、当該構造物に適用した高流動コンクリートの配合試験、品質管理方法ならびに施工結果について述べるものである。

2. 配合試験

2.1 室内配合試験

使用した材料を表-1に示す。粉体の構成材料は、普通ポルトランドセメントとプラントの設備、材料の入手の

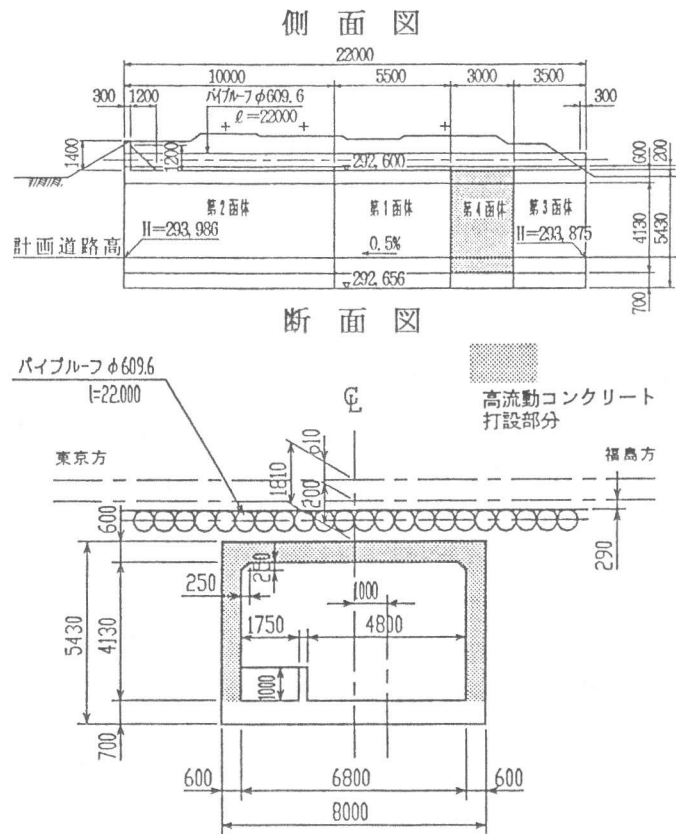


図-1 ご道橋

- * 1 東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所工事管理室課員、工修（正会員）
- * 2 東日本旅客鉄道（株）施設電気部課長代理
- * 3 東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所工事第二課長代理
- * 4 前田建設工業（株）技術本部研究所研究員、工修（正会員）

表-1 使用材料

種類	名称	比重	物性、成分、その他
セメント	普通ポルトランドセメント	3.15	比表面積 3340cm ² /g
フライアッシュ	勿来発電所製 フライアッシュ	2.12	比表面積 2950cm ² /g
細骨材	阿武隈川産川砂	2.57	FM 3.00, 吸水率 1.97
粗骨材	東白川郡棚倉町 知名産碎石	2.63	G _{max} = 25mm FM 7.03, 吸水率 1.00 実積率 60.3%
混和剤	高性能AE減水剤	1.05	ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体

表-2 要求品質

品質管理項目	品質管理目標値
スランプフロー	65 ± 5 cm (練上がりから15分~30分後)
VF (S) 値	15 cm以上 (練上がりから15分~30分後)
空気量	4.5 ± 1.5 % (練上がりから15分~30分後)
圧縮強度	28.4 kgf/cm ² 以上 (材令28日)

容易さ、また、対象構造物がマスコンクリートとして対応する必要があること等を考慮しフライアッシュを用いることとした。高性能AE減水剤は、ポリカルボン酸系のものを使用した。

今回の高流動コンクリートに要求される性能は、過密配筋された上床版において優れた充填性能を持ち、また、側壁においては自由落下させるため材料分離を生じないこと、さらに、施工場所が寒冷地であることから冬季における凍結融解作用に対して十分な抵抗性を持つことである。これらの要求性能と過去の研究〔1〕〔2〕〔3〕を考慮し、要求品質を表-2のように定め、試験練りを行った。

スランプフロー、空気量、VF(S) 値の経時変化を図-2に示す。コンクリートの練上り温度は19℃であった。練り混ぜから60分程度までは、十分な流動性と充填性を持っていることがわかる。

圧縮強度試験結果を図-3に示す。標準供試体の圧縮強度は、材令28日で317kgf/cm²と要求品質(配合強度 $f'_{ck} = 284\text{kgf/cm}^2$)を上回る強度であり、他の函体部の普通コンクリートの強度も上回っていた。

以上の試験より、要求品質を満足する配合(表-3の室内試験配合)を選定した。

また、細骨材の表面水率の変動の影響が、スランプフロー、VF(S) 値に及ぼす影響について試験を行った。結果を図-4に示す。表面水率の1%の変動はスランプフローで約10cm程度であった。表面水の変動が+1%の場合、極端な分離傾向を示し、VF(S) 値は大幅に減少した。

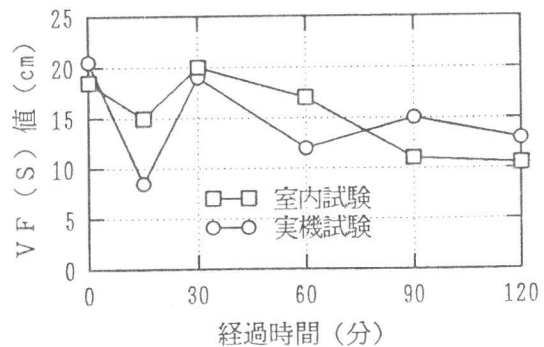
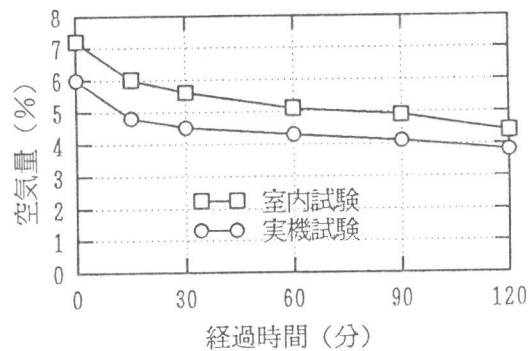
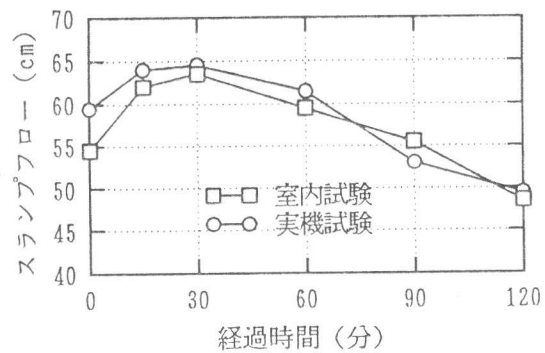


図-2 フライコンクリートの経時変化

表-3 配合

	水粉体 体積比 * (%)	水結合 材比 W/P (%)	細骨材 率 * s/a (%)	FA 置換率 * (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
					水 W	セメント C	フライアッシュ FA	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 AE減水剤 SP
室内試験配合	90.0	35.7	60.0	60.0	159	222	224	955	651	6.89
実機試験配合	90.0	35.7	58.0	60.0	159	222	224	928	683	7.40
他添体部配合		53.9	45.4		164	304	—	810	997	1.22

*は体積百分率

2.2 実機試験

室内試験でのミキサーと実機プラントではミキサの練り混ぜ性能が異なること、ならびに、実際の打設時期は夏期で室内試験時と異なるため気温差によりコンクリート性状が相違することが考えられた。そこで、その影響を補正するため、実際に使用するプラントのミキサにて打設前日に試験練りを行った。

コンクリートの製造は、プラントにおいて強制2軸練りミキサーを用い、練り混ぜ量は1.67m³/バッチで、全材料計量完了後、ミキサ内へすべての材料を同時投入し、投入完了後3分間練り混ぜを行った。

試験結果を図-2、3に示す。コンクリートの練上り温度は27℃であった。室内配合試験と同様に練上がりから60分程度までは、十分な流動性と充填性を持っていることがわかる。また、強度についても要求品質を上回る十分な強度が得られていることがわかる。

以上より、最終的に表-3に示す配合を配合を選定した。

3. 実施工

3.1 コンクリートの製造方法及び運搬

コンクリートの製造方法は、実機試験と同一とした。運搬は、アジテータ車を用い、1台5m³(3バッチ分)積みとした。運搬時間は、平均で約15分であった。

3.2 打設方法

コンクリートの打設は、ポンプ車で行き4インチの圧送管をパイプルーフ内に配管し90°のベ

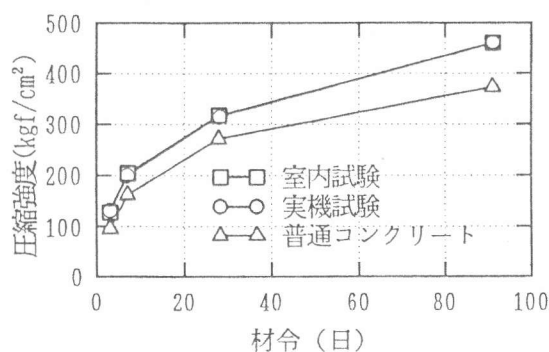


図-3 圧縮強度試験結果

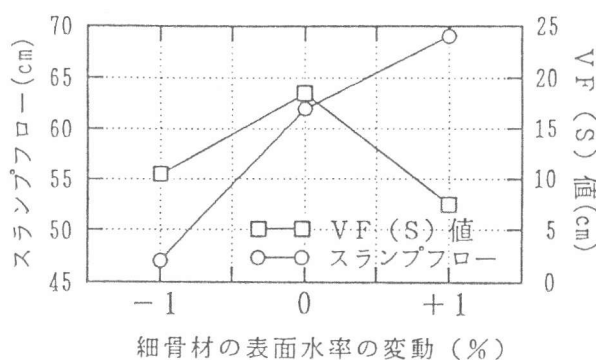


図-4 細骨材の表面水率の変動がフレッシュ性状に及ぼす影響

ント管で軀体内に打設した。施工状況を図-5に示す。

打設順序は、東京方の①より開始し、コンクリート通電式センサーにより側壁の打設完了を確認後、福島方の②より側壁及び上床版を施工した。上床版は②より片押しで打設した。総打設量は約30m³であった。

3.3 品質管理

高流動コンクリートの品質管理項目を表-4に示す。試験は1台目と4台目のアジテータ車について行った。

打設時の流動及び充填状況は、函体に小型CCDカメラ、アクリル型枠を設置し、目視により確認を行うとともに、コンクリート通電式センサーを設置し、発光ダイオードの点灯により確認を行った。

また、硬化後の品質確認のために図-6に示すように東京方側壁下部の3箇所にコア抜き用のブロックを作成し、硬化後にコア供試体を3本ずつ採取し、材令28日で圧縮強度、粗骨材面積率、単位体積重量の各試験を行った。

3.4 施工結果

(1) フレッシュコンクリートの品質試験結果

スランプフロー、空気量について出荷時から荷卸時までの変化を図-7に示す。また、コンクリートの練上がり温度は25~26℃であった。

1台目の出荷時のスランプフローは51.0cmであり、現場到着時では49.0cmであった。配合試験において観察された時間経過によるスランプフローの増大は認められなかった。そのため、流動性を増すため高性能AE減剤を後添加し、スランプフローを68.5cmとした。スランプフロー不足

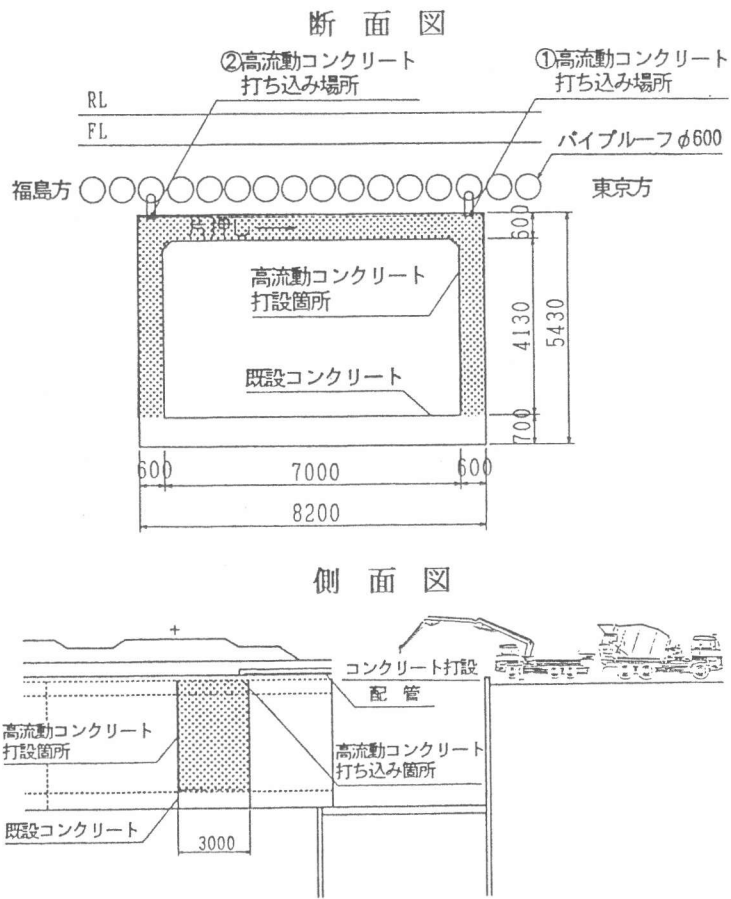


図-5 施工状況

表-4 品質管理項目

試験項目	試験方法	頻 度	
		出荷時	荷卸時
スランプフロー	スリッガー試験	アジテータ車1台目 (1バッチ目、3バッチ目) アジテータ車4台目	出荷時と同じアジテータ車について試験する
空気量	JIS A 1123	スリッガーと同時	同 左
コンクリート温度	温度計	同 上	同 上
圧縮強度用供試体採取	JIS A 1108	アジテータ車1台目 アジテータ車4台目	同 左

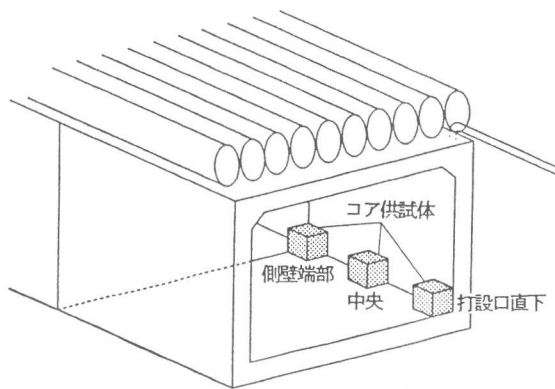


図-6 コア採取位置

の原因としては、細骨材の表面水率が0.8%低下していたためである。

そこで、2台目以降は細骨材の表面水率の設定を変更し製造した。4台目のスランプフローは、出荷時で60.0cm、荷卸時で60.5cmであり、1台目同様ほとんど増大しなかった。

空気量は出荷時において5.2~6.0%、荷卸時において4.9~5.8%であり、要求品質を満足していた。

(2) 硬化後の品質試験結果

アジテータ車1台目と4台目の出荷時および荷卸時に採取した標準供試体の圧縮強度を図-8に示す。1台目、4台目ともに材令28日で設計基準強度を上回る強度であった。

また、1台目の出荷時で圧縮強度が大きくなっているのは、細骨材の表面水率の変動により単位水量の小さい配合となったためと考えられる。荷卸時において、高性能AE減水剤を後添加したことにより、実質的な単位水量が増加して圧縮強度は低下した。

コア供試体の試験結果を図-9に示す。圧縮強度は、392kgf/cm²~417kgf/cm²であり、打設口直下と打設口から3m流動した側壁端部ともに十分な強度が得られていることがわかる。また、粗骨材面積率は23.9%~24.5%、単位体積重量は2.27~2.29t/m³であった。このようにコア供試体の品質は、打設口直下と側壁端部での差はほとんど認

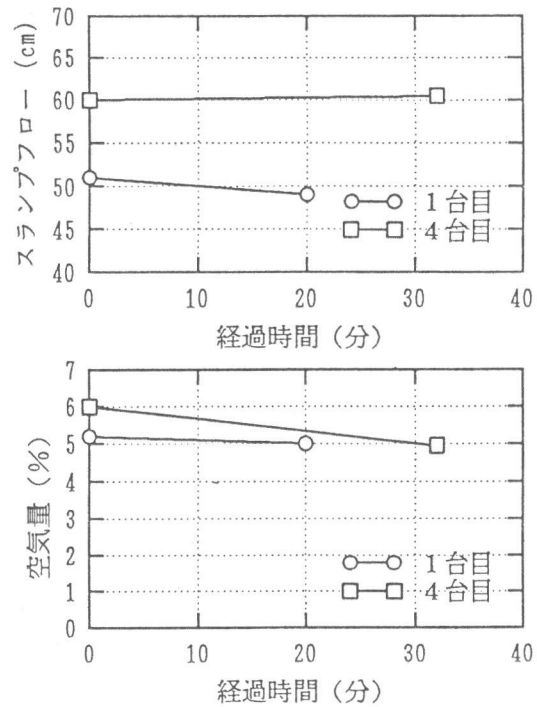


図-7 フレッシュコンクリートの品質試験結果

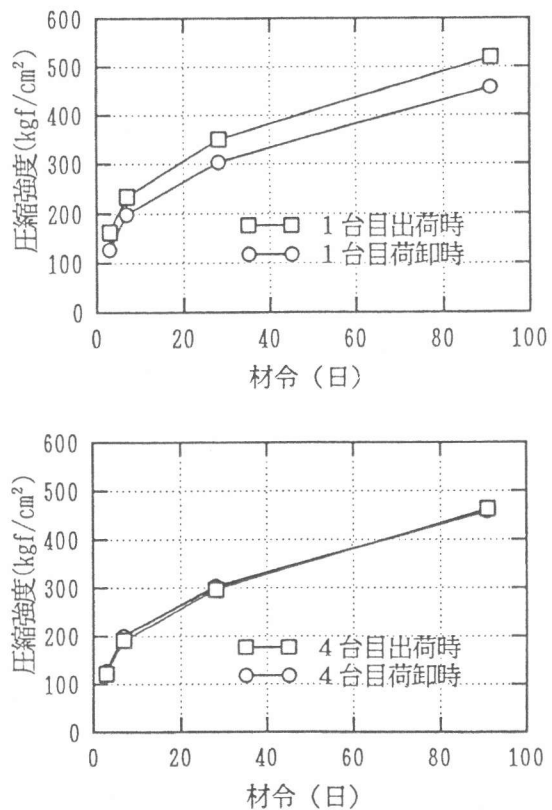


図-8 圧縮強度試験結果

められず、流動による材料分離が生じておらず、所要の品質が確保できていることが確認された。

(3) 脱型後の仕上がり状況

脱型は、材令12日目に行った。東京方の側壁面と上床版底面は、良好に仕上がっていた。一方、福島方の側壁面では一部に、あばたが発生していた。これは、福島方のコンクリートの打ち上がり速度が約15m/hrと東京方の側壁より3倍程度速かったため、型枠面の空気が十分に抜けきれずに発生したと推定される。

あばた部分のコンクリートの品質については、コアを採取して確認したところ、内部のコンクリートの充填状況は良好で、骨材分布にも偏在は認められず、圧縮強度も健全な部分のコンクリートと同等の値で問題ないこと確認した。

4. まとめ

本報告の範囲内で明らかとなった事項を以下に示す。

- 1) 細骨材の表面水率の1%の変動は、スランプフローで約10cm程度でありVF(S)値も大幅に減少することから、プラントでの細骨材の表面水管理が極めて重要である。
- 2) 4m自由落下させ水平距離3mを流動させても、コンクリートの充填状況は良好で材料分離も生じておらず、所要の品質が確保できた。
- 3) 制約条件が多く作業の困難な線路直下のコンクリート工事において、締固め作業を行わずに十分な品質のコンクリートを施工できた。
- 4) あばたが一部に発生したことから、打ち上がり速度と出来上がり表面の関係について、今後検討を進める必要があることが判明した。

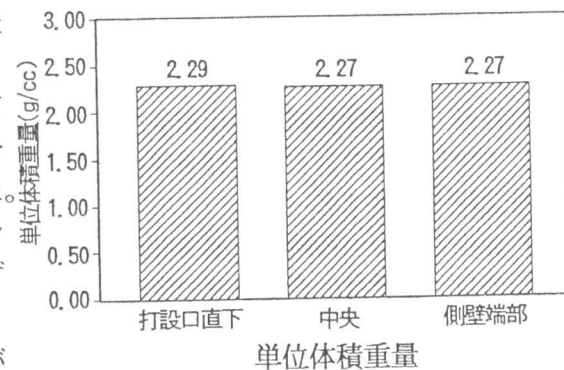
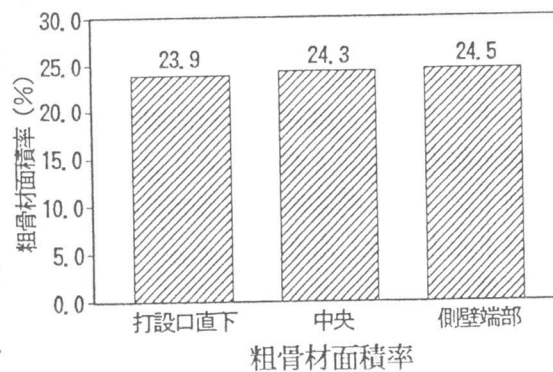
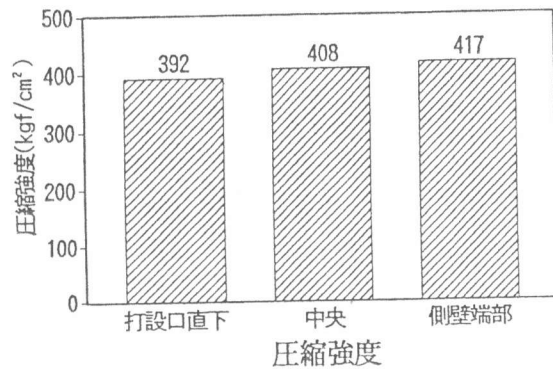


図-9 コア試験結果

【参考文献】

- 1) 中島、小嶋、牧野、内田、出頭：フライッシュを用いた二成分系のハイパフォーマンスコンクリートに関する研究、前田技術研究所報、Vol. 33、pp. 31-37、1992
- 2) 中島、梶田、三浦、牧野：二成分系ハイパフォーマンスコンクリートの配合に関する一考察、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 13、No. 1、pp. 173-178、1991. 6
- 3) 出頭、江口、中込、牧野、三浦、中島：フライッシュを用いた二成分系のハイパフォーマンスコンクリートのフレッシュ性状について、前田技術研究所報、Vol. 32、pp. 121-126、1991