

23 品質管理

RC 巻立て補強工法における 施工性能を考慮したコンクリートの配合

東京土木施工管理技士会
オリエンタル白石株式会社

川崎 央

1. はじめに

あけみ橋は東京港の港湾計画に基づき、東京臨海線新交通及び臨港道路として造られた有明西運河の最南端に架かる、東京都江東区有明と青海を結ぶ橋長247mの橋である。

本工事は、災害に強いまちづくりに向けた取り組みの推進として発注された工事で、本橋の右岸側P291橋脚（平成4年しゅん工）をRC巻き立てにより補強するものである。施工位置図を図-1に示す。



図-1 施工箇所図

仮締切は当社の特化技術であるSTEP工法により施工した。

当初、後工事で設置する落橋防止システムのアンカー鉄筋（D51）を設置する計画であったが、鉄筋探査の結果、既設鉄筋と干渉することを確認した。そこでアンカー鉄筋の配置を変更し、それに合わせて新設の補強鉄筋の配置も検討した。しかし、この配置変更により局所的に鉄筋の‘あき’が小さくなってしまいう箇所が生じた。

この鉄筋の‘あき’不足によりコンクリートの充填性を損ねてしまうことが懸念されたため、何らかの対策を講じることが必要になった。そこで、技術研究所の協力を得てコンクリートの配合を検討、試験を行い当初計画と同等以上の施工性能を有することを確認し、施工することとした。

本稿では上述の課題と、対策として行ったコンクリートの施工性能を満たすための試験及びその結果について報告する。

工事概要は以下の通りである。

工事名：平成30年度あけみ橋耐震補強工事

発注者：東京都

所在地：東京都江東区青海一丁目地先

工期：平成30年8月13日～令和2年3月12日

図-2に橋脚補強一般図を示す。

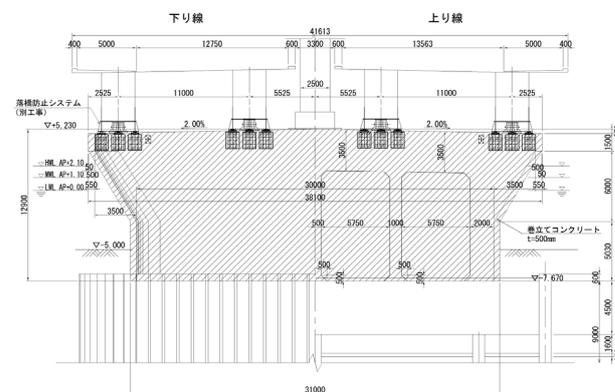


図-2 橋脚補強一般図

2. 現場における課題・問題点

新設（巻立て）部の補強鉄筋は、縦D22@300mm、

横D38@100mmの内外ダブル配筋で、巻立てコンクリートは、高さ12.9mの橋脚を3回に分割して打設する。その最終ロットに、後工事で設置する落橋防止システムのため、コンクリート削孔とアンカー鉄筋を設置する。(図-3)

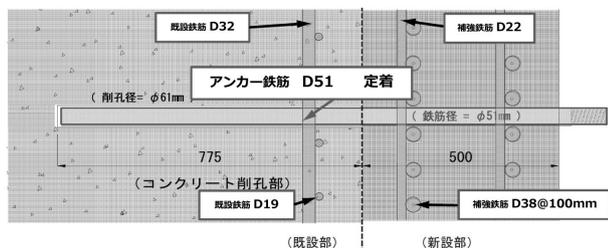


図-3 アンカー箱抜き詳細図

既設鉄筋を避け、D38@100mmの鉄筋の間(62mm)にそれを設置しなくてはならないため、非常に困難な施工であった。

施工に当たり、まず鉄筋探査を行い、既設鉄筋を避けて削孔可能な箇所を決定し、その後補強鉄筋の配置を検討する。

この時、落橋防止用アンカー鉄筋の位置を変更するため、引張応力度、付着応力度等の照査を行い、問題ないことを確認した。

次に補強鉄筋をアンカー鉄筋の間に配置していく作業になるのだが、既設の配筋が完全に水平鉛直ではないことに加え、補強鉄筋の配筋誤差なども考慮した上で検討を進めていったが、D38の水平方向の配筋が密になってしまい、局所的に鉄筋の‘あき’が小さくなる箇所を確認した。この時の最小の‘あき’は38mmであった。

道路橋示方書・同解説(下部構造編 平成24年3月)によれば、鉄筋の‘あき’について「コンクリートが十分に行きわたりかつ確実にコンクリートを締め固められる」さらに「コンクリートと鉄筋が十分に付着し両者が一体となって働く」ために必要な鉄筋の‘あき’を確保することとある。

そこで、局所的な‘あき’不足の対策として、「コンクリートの十分な充填性」と「コンクリートと鉄筋が十分に付着するための材料分離抵抗性」を満足する配合を持ったコンクリートを検討

し、試験を行いそれが確認されれば、その課題は解決される。そして技術研究所の中村氏の協力のもと新たなコンクリートの配合を検討した。また、試験はボックス形充填試験装置1)を使用することとした。

3. 対応策・工夫・改善点

3-1. 試験の目的

ボックス形容器を用いた加振時のコンクリートの間隙通過性試験及び通過試験前後の粗骨材量を測定することにより、コンクリートの間隙通過性及び材料分離抵抗性を確認することを目的とした。

間隙通過性及び材料分離抵抗性は土木学会のコンクリート施工性能の照査・検査システム研究小委員会(341委員会)の委員会報告書2)において提案される加振ボックス充填試験に準じた方法で評価した。

3-2. 試験方法

試験方法³⁾を以下に示す。

【間隙通過性試験】

- ・ボックス形容器を防振性のあるゴムマットに静置する。試験ボックスを図-4に示す。
- ・試料を容器のA室に3層に分けて詰める。この時、各層を詰めるたびに仕切り板の面板方向へ容器を3回揺らして、試料の上面が水平になるようにする。
- ・試料を上層まで詰めた後、上面を軽く均し、A室中央にバイブレータの先端と容器底面との間隔が100mmとなる位置までバイブレータを挿入する。
- ・バイブレータが動かないように位置を保持しながら仕切りゲートを引き上げ、バイブレータを始動し、試料がA室から流動障害を通過し、B室正面における高さ190mmおよび300mmに到達した時間をストップウォッチで測定する。
- ・300mmまで到達した後にバイブレータを停止する。

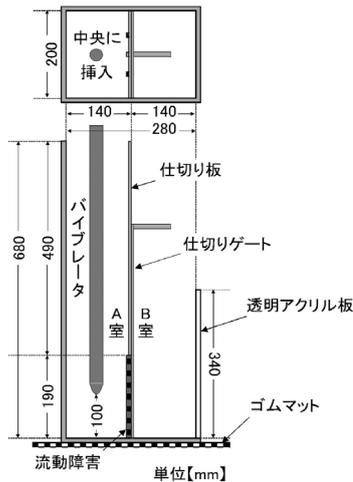


図-4 試験ボックス

上述の方法にて測定した時間を用いて、下式の通りに間隙通過速度を求める。

$$V_{pass} = \frac{110}{t_{300} - t_{190}}$$

ここに、

V_{pass} : 間隙通過速度 (mm/s)

t_{300} : 300mm到達時間 (s)

t_{190} : 190mm到達時間 (s)

【材料分離抵抗性試験】

- ・ 間隙通過性試験後（流動障害通過後）の試料を下図（B室）の位置で採取する。
- ・ 流動障害通過前、通過後の試料それぞれから単位粗骨材量を測定する。
- ・ 下式より粗骨材量の変化率を求める。

$$\delta_B = \frac{G_B}{G_0} \times 100$$

ここに、

δ_B : 粗骨材量変化率 (%)

G_B : B質の単位粗骨材量 (kg/m^3)

G_0 : 配合における単位粗骨材量 (kg/m^3)

【試験項目】

試験に使用する試料は、従来のコンクリートの配合の試料①と新たに比較するための2種類の配合として試料②、③を用意した。従来の配合に対

し、試料②は粗骨材のかさ容積を減らす（細骨材率を上げる）、試料③はセメント量（粉体）を増加させることで、それぞれ異なる要素により充填性や材料分離抵抗性などのコンクリートの施工性能の向上をねらう。結果的に試料②は呼び強度、試料③はスランプの増加となった。

また、試験ボックス内の流動障害を2種類作成した。これは鉄筋の‘あき’の違いによるコンクリートの通過性を比較するためであり、62mmのものと38mmのものを用意した。

試験の組み合わせとして、試料①は‘あき’が62mmの流動障害を使用し、試料②、③は‘あき’の小さい38mmのもので試験を行った。

表-1 試験の組合せ

組合せ	配合		鉄筋のあき
			mm
試験 1	試料①	27-15-20BB	62
試験 2	試料②	30-15-20BB	38
試験 3	試料③	27-18-20BB	38

従来の配合である試料①の試験結果を、新たな配合である試料②または試料③による試験結果が同等かそれ以上優れていることを確認することができれば良い。試験の組み合わせを表-1に示す。

3-3 試験の評価

今回の試験は土木学会規準の試験であり、許容値は定められていないため、土木学会から出された報告書2)を参考に、指標を定めることとした。

報告書には「加振ボックス充填試験において（流動障害は鉄筋の‘あき’が35mmのものを使用）、細骨材に山砂や陸砂等の天然砂を用いた場合で間隙通過速度が2～3mm/s以下、細骨材の実績率が60%程度以下の場合で間隙通過速度が5～6mm/s以下となる、あるいは、平均粗骨材量変化率が15～20%以上となるコンクリートは、最低限の施工性能を有するとは言えない。」とある。

そこで、試験結果が下記

① $V_{pass} \geq 5 \text{ mm/s}$

② $\delta_B \leq 20\%$

を満足する時、施工性能を有する、とした。

3-4 試験結果

試験結果についてフレッシュ試験、間隙通過性試験をそれぞれ表-2、表-3に示す。

鉄筋間隙通過性は試験3の組合せが最も優れており、材料分離抵抗性については全ての試験においてほぼ同等の試験結果が得られた。

表-2 性状試験結果

	配 合	フレッシュ試験		
		スランプ	空気量	練上り温度
		cm	%	°C
試験1	27-15-20BB	16.5	4.9	21.0
試験2	30-15-20BB	16.5	4.5	21.0
試験3	27-18-20BB	19.0	5.1	21.0

表-3 間隙通過性試験結果

	間隙通過性試験						
	鉄筋の あき	鉄筋間隙通過性			材料分離抵抗性		
		190mm	300mm	Vpass	A室骨材量	B室骨材量	δ_B
mm	s	s	mm/s	g	g	%	
試験1	62	0.30	1.57	86.68	2213.4	2079.8	3.5
試験2	38	1.16	2.74	69.7	2254.4	2080.4	3.5
試験3	38	0.88	1.85	113.4	2273.7	1984.9	3.0

試験1は鉄筋の‘あき’が大きいいため、同スランプの試験2と比較した場合では流動障害を越える速度は勝っている。しかしスランプの大きい試験3が300mm到達までの時間はもっとも速かった。全ての試験において、指標「 $V_{pass} \geq 5 \text{ mm/s}$ 」に対して大きく上回る結果となった。

材料分離抵抗性試験は、3つの試験全てにおいて流動障害通過による粗骨材変化率が3%程度で既述の指標を満たしており、共通して材料分離抵抗性が優れているといえる。

今回の試験結果から前述3-3項の方法に準じ評価し、かつ試験1の従来の施工性能と同等以上の性能を満足する試験3のコンクリートを実際に使用することとした。

4. おわりに

近年では太径鉄筋の使用や、せん断補強鉄筋を密に配置する設計となっており、特に耐震補強工事におけるRC巻立て工法など断面に占める鉄筋の割合が多くなることでコンクリートの充填性を確保することが困難な工事が多い。

本工事では、さらにアンカー鉄筋設置という要素も加わったが、新たな配合を検討した結果、施工性能の優れたより良いコンクリートを打設することができた。

品質の良いコンクリートを造るためには、締固めや養生など様々な施工に関する要点があるが、材料の配合を考慮することでさらに品質の向上を目指すことが可能であることが分かった。

今回の試験に関して、間隙通過性、材料分離抵抗性試験の評価は全ての試験でクリアしており、従来のコンクリートが悪いわけではないことも重要である。

今後のコンクリート工事において、特に鉄筋量の多い部位の施工に関しては、今回行った試験はとても有用であった。流動障害を変更することで、様々な条件の施工性能を評価できることから、幅広く活用される評価手法であると考えられる。

参考文献

- 1) 2018年制定 コンクリート標準示方書【規準編】
- 2) コンクリートの施工性能の照査・検査システム研究小委員会（341委員会）第2期委員会報告書
- 3) コンクリート工学年次論文集、Vol.38、No.1、2016論文「水セメント比および細骨材率が振動条件下におけるコンクリートの充填性に及ぼす影響」