新幹線高架橋に採用した高耐久性薄肉埋設型枠

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 北陸新幹線第二建設局　正会員　○柏木　亮
(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 北陸新幹線第二建設局　正会員　垣田　緊一
太平洋セメント(株) 中央研究所　正会員　前堀　伸平

1．はじめに

現在建設中の北陸新幹線(長野・金沢間)において、新潟県糸魚川地区の高架橋は海岸線と近接している位置に計画している。この場合、鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物[1)]（以下、設計標準）等により塩害対策を考慮して設計を行う必要があるが、施工性・経済性および供用後の維持管理等を総合的に勘案し、高架橋部材の一部に遮塩性の高い超高強度繊維補強コンクリートを用いた高耐久性薄肉埋設型枠[2)]（以下、埋設型枠）を採用することとした。本稿は、塩害対策を行うための設計上の課題及び高耐久性薄肉埋設型枠に対する模型試験の結果[3)]について報告するものである。

2．設計条件及び設計上の課題

設計標準によると鉄道コンクリート構造物の設計では、鋼材の腐食に関する検討として、

$$\omega \leqq 0.035c \qquad \cdots①$$

（ω：ひび割れ幅の制限値
c：引張鋼材のかぶり）

$$C_{lim} = 1.2\text{kg/m}^3 \qquad \cdots②$$

（C_{lim}：塩化物イオン濃度の制限値）

①、②の制限値を考慮しなければならない。そこで、この２つの制限値を満たす設計かぶり厚を耐用年数100年で求めると、100㎜を超えるかぶり厚となる部材が存在した。

ラーメン高架橋の梁部材等の下面では、かぶり厚が 100㎜ 以上と大きくなることによって、コンクリート剥落の恐れがある。また梁等の下面にエポキシ樹脂塗装鉄筋を用いて組立てる場合、樹脂が剥がれる恐れがある。塩害仕様のコンクリート表面塗装を施す場合には塗り替えが必要となってくる。以上のことを勘案し、梁部材等の下面に遮塩性の高い埋設型枠を採用することとした。

この埋設型枠は図-1のような形状をしており、海岸構造物の化粧板として耐摩耗・耐塩害の実績を有するものである。しかし鉄道橋の梁部材下面に使用した実績がないため、鉄道特有の繰返し載荷による目地部の剥離及び一体化を、模型試験により確認することとした。

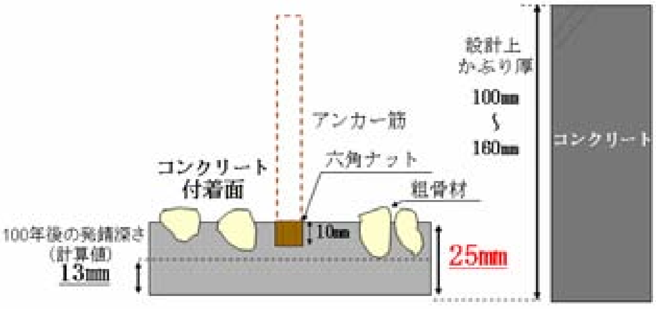

図-1　埋設型枠断面図

3．試験概要

新幹線高架橋をモデル化した底面に埋設型枠を設置した試験体で、総繰り返し回数 200 万回の疲労試験および静的載荷試験を実施した。試験体は、厚さ 25㎜ の埋設型枠を下面に設置して一体化させた、実桁の 1/3 モデルの鉄筋コンクリート梁である。

埋設型枠は、超高強度繊維補強コンクリート設計・施工指針(案)[4)]に適合した標準配合粉体および補強用繊維を用いて製作した。試験体に使用した各材料試験結果は表-1のようになっている。

表-1　各材料試験結果（単位 N/㎟）

埋設型枠	$f$ck＝180	244.9
コンクリート	$f$ck＝30	46.4
引張鉄筋	SD345	fy＝368

載荷方法は、支間 3000㎜ の支間中央１点載荷とした(図-2)。繰返し載荷試験は、正弦波加振、周波数 1.0Hz を基本とした載荷サイクルで実施した。荷重最小値は、試験体の引張鉄筋の応力度が、実桁の死荷重作用時における引張り鉄筋の応力度 87.3N/㎟（設計）と同じ値となる荷重 21.6kN とした。最大値は、実桁の活荷重作用時（死荷重+活荷重）におけるたわみ角と試験体のたわみ角が同じになるように、試験体中央のたわみ量を 0.27㎜ と

し、予備試験の結果よりたわみ量 0.27mm に対応する載荷荷重 49.0kN とした。

また、試験体の破壊性状および荷重-変位関係を確認するため、繰返し回数 200 万回後に試験体を静的に載荷した。

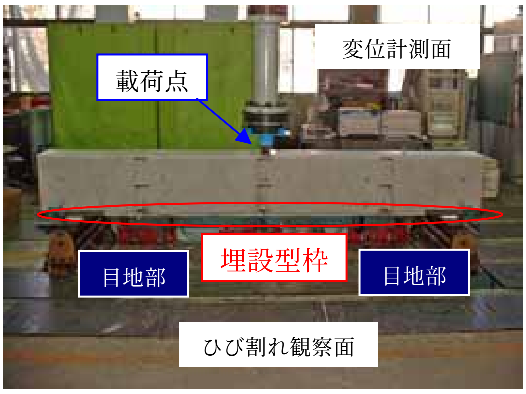

図-2　　試験体全景

4．試験結果

疲労試験中試験体を目視確認した結果、試験開始前より、総繰返し回数200万回に至るまで、埋設型枠境界面の剥離及び埋設型枠目地部の変状は認められなかった。また、コンクリートと埋設型枠の接合部および埋設型枠の目地部にπ形変位計を設置して変位を計測したが、目開き、剥離は確認されなかった。

最大荷重時の断面高さ方向における軸方向ひずみの分布について、試験体中央のひずみゲージより計測した繰返し回数１回目、100万回目、200万回目の値を図-3に示す。軸方向ひずみは、圧縮縁ひずみの値には変動が見られるものの、断面高さ方向において概ね直線分布を示しており、断面が一体化していることが確認された。

図-4に試験体中央の最大荷重までの荷重ー変位関係および計算値との比較を示す。ここで計算値は、設計標準に基づき、埋設型枠考慮では、埋設型枠厚25mmを加えた断面高さ500mm、埋設型枠非考慮では、埋設型枠厚さを除いた断面高さ475mmのRC部材とし、それぞれ算出した。試験体には116.3kN時に曲げひび割れが発生し、剛性が低下した。最大荷重は181.7kNとなり、以降はひび割れの局所化により荷重が徐々に低下し、最終的には試験体中央部の曲げひび割れ幅が拡大する曲げ破壊形式の破壊性状となった。実験値と計算値を比較すると、実験値は計算値を大きく上回っているのがわかった。これは既往の研究結果[2]にも示されているように、埋設型枠が引張力を負担するためと考えられ、埋設型枠は塩害等に対する耐久性を向上させるだけでなく、ひび割れ、降伏の各耐力を増加させる効果があることを示している。

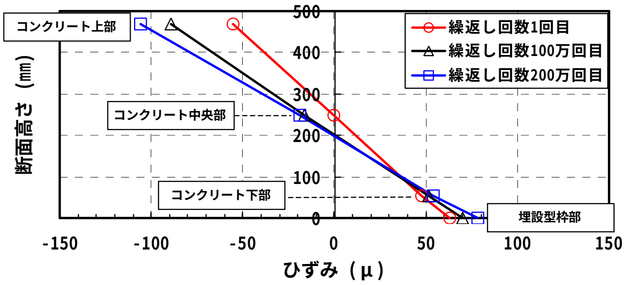

図-3　　試験体中央の高さ方向ひずみ分布

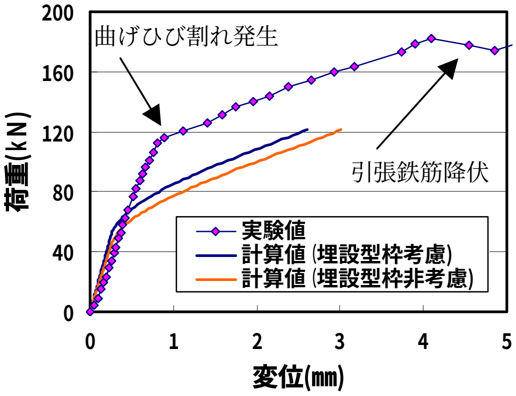

図-4　　試験体中央の荷重ー変位関係

5．おわりに

試験体での室内試験においては設計条件を満足する結果が得られた。しかし実際の環境下での遮塩性については、高架橋建設地で試験体の暴露試験中である。今後当工区では、埋設型枠を使用した施工を予定しているが、構造細目や施工方法についてはさらに工夫の余地があると考えている。

参考文献
1）財団法人　鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）、丸善、2004
2）財団法人　土木研究センター：建設技術審査証明報告書 土木系材料・製品・技術「ダクタルフォーム」、2005
3）垣田 緊一 他：「超高強度繊維補強コンクリートを用いた高耐久性薄肉埋設型枠の一体化確認試験」、第 61 回土木学会年次学術講演会、 2006.9
4）土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)、コンクリートライブラリー113、2004
2）財団法人　土木研究センター：建設技術審査証明報告書 土木系材料・製品・技術「ダクタルフォーム」、2005