

LNG タンクに使用するプレート定着型せん断補強鉄筋「Head-bar」の低温引張試験

大成建設(株) 正会員 ○趙 唯壘

大成建設(株) 正会員 渡辺 崇弘

VSL JAPAN(株) フェロー会員 梶 修

VSL JAPAN(株) 大宮 正弘

1. はじめに

東京電力フュエル&パワー株式会社富津火力発電所 LNG 地下タンクのコンクリート躯体構築工事において、工期短縮および施工性の向上を図るため、躯体の底版と側壁にプレート定着型せん断補強鉄筋「Head-bar」を使用する予定である。「Head-bar」とは、標準フックの代替として、鉄筋端部に接合したプレートにより定着を確保する構造の鉄筋であり、これまで各種構造物のせん断補強に使用され、多くの実績を有している。プレートの取付方法は、JIS Z 3607 に規定された摩擦圧接法により接合する。

LNG タンク躯体の底版と側壁は内部に貯蔵される LNG により低温冷却される。「LNG 地下式貯槽指針」(日本ガス協会、2012 年)では、鉄筋端部の定着性能として、①静的耐力、②高応力繰返し耐力、③施工等に起因する信頼度、および④低温に対する性能の 4 項目が要求されている¹⁾。

①～③について「Head-bar」は所定の性能を満足することが既に証明されており²⁾、④の低温性能については、今回「Head-bar」摩擦圧接部の低温引張試験を実施したので、以下に報告する。

2. 試験概要

表 1 に、試験の一覧を示す。試験対象は、本工事で使用予定の SD345-D19、SD345-D35、SD390-D38 の 3 種類とし、各 3 本実施した。

目標温度は、温度解析で得られたプレート位置での最低温度予測値の-10℃を下回るよう、-15℃以下とした。

合否判定基準は、引張強度が鉄筋の規格引張強さ以上であることとした。



写真1 試験機



写真2 設置状況

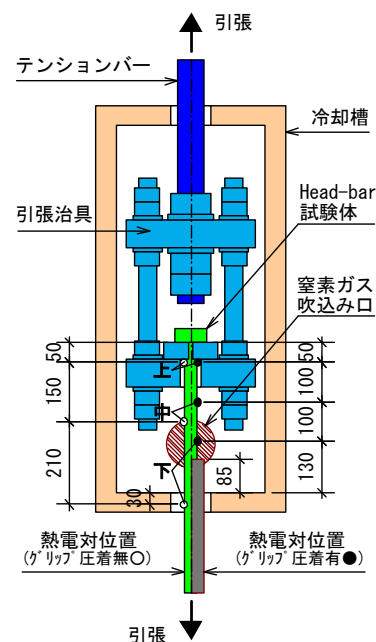


図1 試験装置詳細

表 1 試験条件および試験結果一覧

試験体名	鉄筋種別	鉄筋公称径 (mm)	グリップ 圧着有無	目標温度 (℃)	載荷時温度 (℃)	降伏強度(N/mm ²)		引張強度(N/mm ²)		破断位置	合否判定
						規格値	試験値	規格値	試験値		
D19①	SD345	19	無	-15℃以下	-19	345～440	402	490以上	599	冷却槽外・母材	合格
D19②					-23		398		591	〃	合格
D19③					-24		406		596	〃	合格
D35①	SD345	35			-21		405		599	〃	合格
D35②					-24		408		604	〃	合格
D35③					-27		403		600	〃	合格
D38①	SD390	38			-20	390～510	438	560以上	641	〃	合格
D38②					-22		439		641	〃	合格
D38③					-22		437		639	〃	合格
D19G①	SD345	19	有	-24	345～440	412	490以上	619	冷却槽内・母材	合格	
D19G②				-26		412		613	〃	合格	
D19G③				-29		406		616	〃	合格	

注：載荷時温度は、冷却槽内に位置する4点（グリップ圧着有は6点）の温度センサー測定値の最高値を示す。

キーワード LNG タンク、プレート定着型せん断補強鉄筋、機械式定着、低温引張試験

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7230

引張試験は 3000kN 万能試験機を使用して行った。写真 1 に試験装置を示す。上下端チャックの間にあるボックスは、液化窒素ガスによって試験体を冷やす冷却槽である。引張用治具、試験体および冷却槽との位置関係を図 1 に示す。

一般に、温度が低いほど鉄筋の強度は高くなるため、試験体の破断位置は冷却槽外の下端チャック付近と予測された。そこで本試験では SD345-D19 について、破断位置が冷却槽内に入るように、グリップ圧着により試験体下端を補強したケースを追加した。写真 2 にグリップ圧着有の試験体のセット状況を示す。

「Head-bar」試験体に温度センサーを取り付けた。図 1 に示すように「上」、「中」、「下」3箇所の鉄筋表裏両面で合計 6 点である。破断位置を考慮し、グリップ圧着無（○印）のケースでは「下」2 点は冷却槽下端開口部付近とし、グリップ圧着有（●印）のケースは 6 点とも冷却槽内とした。

引張試験は試験体セット→試験体冷却→引張加力の順で行った。冷却の温度履歴の一例を図 2 に示す。液化窒素ガスの吹込みは最初は強め、後半は緩くして、約 30～60 分の時間をかけて熱電対「上」と「中」の計測値が目標温度-15℃以下の安定した段階に到達してから引張試験を開始した。液体窒素ガスの吹込み口は冷却槽の下側に位置するため、熱電対「中」と「下」は急速に冷却されているが、熱電対「上」は引張治具の背面に隠れており、温度下降は緩やかであった。また、熱電対「下」は冷却槽下端開口部付近にあるため温度回復が速い。

3. 試験結果

表 1 に载荷時の試験体温度、引張試験で得られた降伏強度と引張強度、および試験体の破断位置を示す。また、図 3 に引張試験から得られた鉄筋応力とストローク変位の関係の一例（D19③）を、写真 3 と写真 4 に試験体の破断位置を示す。

すべての試験体において、引張強度は鉄筋の規格引張強さ以上であった。また、グリップ圧着無・有ともに鉄筋とプレートの接合部で破断することなく、鉄筋の母材破断であった。グリップ圧着無のケースでは、予測どおり冷却槽外の下端チャック付近での破断であった。

4. まとめ

SD345-D19, SD345-D35, SD390-D38 の 3 種類の「Head-bar」試験体について-15℃以下の温度条件で低温引張試験を実施した結果、評価基準である鉄筋の規格引張強さ以上をクリアし、かつ、鉄筋とプレートの接合部で破断せず母材破断であった。

参考文献

- 1) LNG 地下式貯槽指針, 日本ガス協会, 2012 年 4 月
- 2) プレート定着型せん断補強鉄筋「Head-bar」建設技術審査証明報告書, 一般財団法人 土木研究センター, 平成 27 年

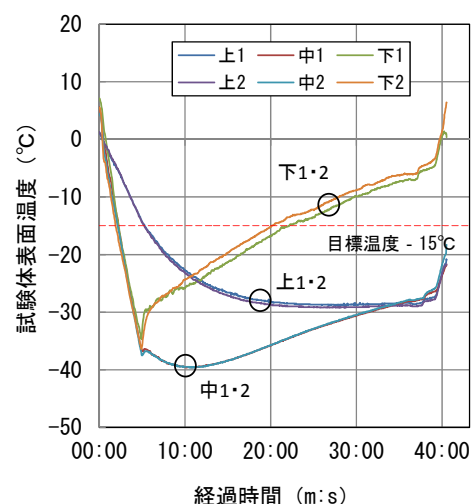


図 2 温度履歴の一例(D19③)

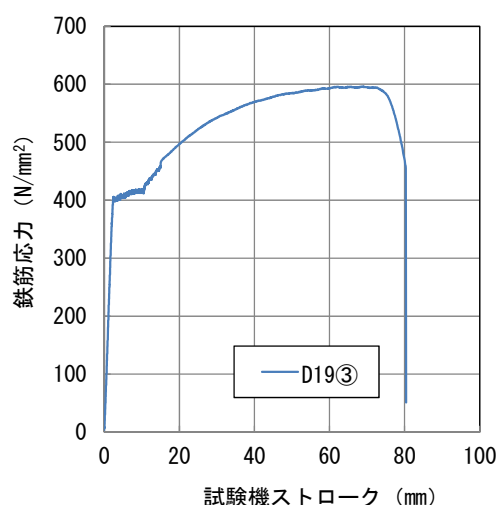


図 3 鉄筋応力-ストローク変位関係の例

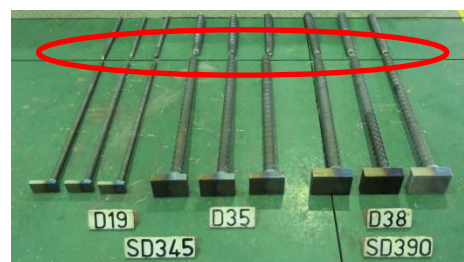


写真 3 破断状況(グリップ圧着無)



写真 4 破断状況(グリップ圧着有)