# 長ボルト式継手のボルトボックス周辺部の引張耐力に関する検討

鹿島建設　技術研究所　正会員　○本田　智昭
鹿島建設　技術研究所　正会員　大野　俊夫
鹿島建設　技術研究所　正会員　坂井　吾郎
鹿島建設　技術研究所　正会員　吉田健太郎

## １．はじめに

プレキャスト床版の継手構造において，従来のループ継手や重ね継手では現場での配筋やコンクリートの打設が必要となる。これらを省略し，急速施工を実現することを目的として，シールドセグメントなどで採用されている長ボルト式継手を適用することを考えた。

今回，長ボルト式継手の適用性に関する検討の一環として，ボルトの定着部となるボルトボックス部の耐力の評価方法およびボルトボックス周りに配置した補強筋の効果について確認するため，ボルトボックス周辺部を取り出した試験体を用いてボルトの引抜き試験を行ったので報告する。

## ２．試験体

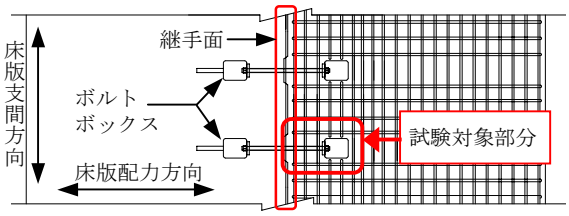
図－1 に検討対象部材，図－2 に試験体形状を示す。試験体は，床版支間 3.7m程度の床版を想定し設計した検討対象のボルトボックス周辺部を取り出した形とし，厚さ 290×幅 700×長さ 900mm とした。ボルトボックス部は締結装置の大きさから深さ 255×幅 150×長さ 180mm とした。ボルトボックス部は，長ボルトを厚さ方向に 2 段配置し，コンクリートと締結ナットの接触面には支圧板(SS400)を埋め込んでいる。表－1 に使用材料の物性を示す。

長ボルトから配力筋へ力を伝達させるため，ボルトボックスの周囲に，U字形およびフープ形状の補強筋を配置した。

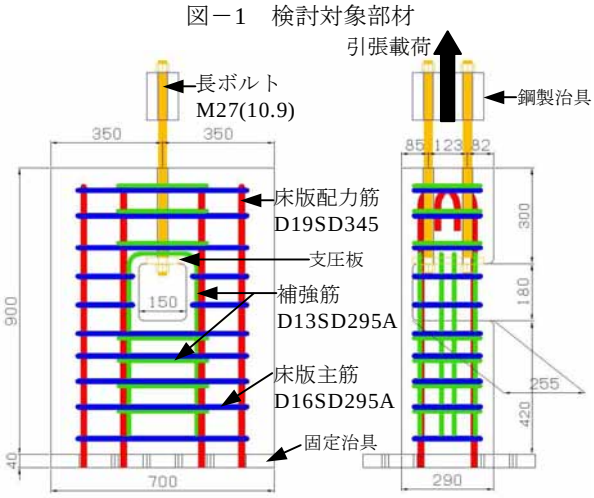
表－2 にコンクリート標準示方書[構造性能照査編]を元に算出した試験体の耐力計算値，図－3 に想定した破壊性状を示す。ボルトの引張荷重に対して，通常は押抜きせん断耐力によって終局強度を評価できると考えられるが，本試験体は奥行き方向の長さ(＝床版厚)が小さいため，面部材ではなく梁として捉えられると考えた。そこで，ボルトボックス上面側の押抜きせん断破壊，ボルトボックス上面側を棒部材またはディープビームと仮定した場合のせん断破壊を想定し耐力を算出した。

## ３．試験方法

載荷は，プルロッドと鋼製治具を介してセンターホールジャッキにより 2 本のボルトに対し同時に同等の引き抜き荷重




図－1　検討対象部材




(a)正面図　(b)側面図

図－2　試験体形状

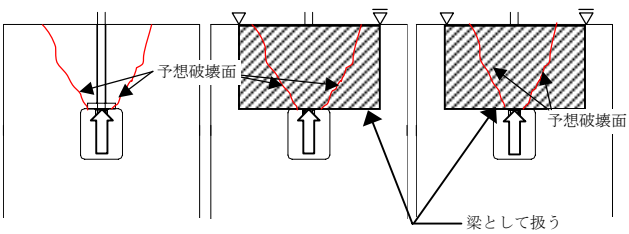
表－1　使用材料の物性

| コンクリート | | 長ボルト 10.9 (M27) | | | 補強筋SD295A (D13) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 圧縮強度 | 弾性係数 | 弾性係数 | 降伏強度 | 引張強度 | 弾性係数 | 降伏強度 | 引張強度 |
| N/mm$^2$ | kN/mm$^2$ | kN/mm$^2$ | N/mm$^2$ | N/mm$^2$ | kN/mm$^2$ | N/mm$^2$ | N/mm$^2$ |
| 46.1 | 29.1 | 253.1 | － | 1136.8 | 177.2 | 327.6 | 476.4 |

| 床版主筋SD295A (D16) | | | 床版配力筋SD345 (D19) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 弾性係数 | 降伏強度 | 引張強度 | 弾性係数 | 降伏強度 | 引張強度 |
| kN/mm$^2$ | N/mm$^2$ | N/mm$^2$ | kN/mm$^2$ | N/mm$^2$ | N/mm$^2$ |
| 168.8 | 335.5 | 494.4 | 173.9 | 366.2 | 564.9 |

表－2　試験体の耐力計算値

| 項目 | 計算値 (kN) |
|---|---|
| ボルトボックス上面側の押抜きせん断耐力 | 686 |
| ボルトボックス上面側のせん断耐力(ディープビーム) | 701 |
| ボルトボックス上面側のせん断耐力(棒部材) | 937 |




(a)押抜きせん断　(b) ﾃﾞｨｰﾌﾟﾋﾞｰﾑのせん断　(c) 棒部材のせん断

図－3　破壊モード

キーワード：プレキャスト，床版，ボルト継手
連絡先：〒182－0036　調布市飛田給 2－19－1　TEL0424－89－7076

を作用させた。

載荷は計 8 サイクル行い，1～5 サイクルは 0～207kN(検討対象構造の設計曲げモーメント作用時のボルト軸力)までの繰り返し載荷を行い，6 サイクル目は 0～285kN(ボルトの許容引張力)，7 サイクル目は 0～850kN(ボルトの規格降伏耐力)，8 サイクル目は破壊までの載荷とした。

## ４．試験結果と考察

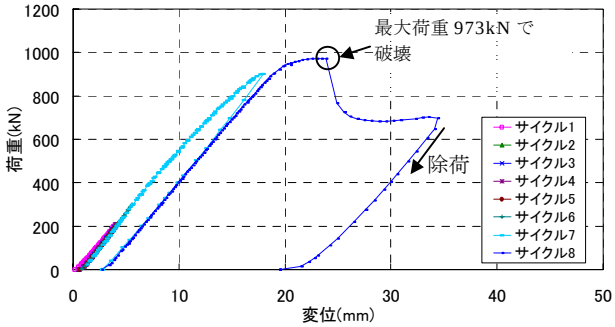
図－4 に引張荷重とボルト引抜き量の関係，図－5 にひび割れ状況を示す。

設計曲げモーメント作用時を想定した 1～5 サイクルにおいては，ひび割れは発生しなかった。

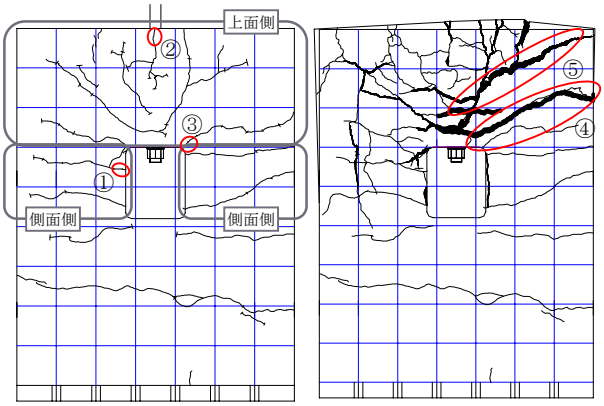
6 サイクル目の最大荷重 285kN 時に，図－5 に示すひび割れ①～③が発生した。その後 7 サイクル目以降は，載荷に伴ってボルトボックス上面側と側面側を中心にひび割れが伸びていき，8 サイクル目の 973kN 時にボルトボックス上面側の斜め方向のひび割れ(図－5④，⑤) が伸展，拡大し破壊に至った。

図－6 に示した引張荷重と配力筋および補強筋ひずみの関係より，ボルトの許容軸力範囲(285kN)では補強筋ひずみと配力筋ひずみがほぼ一致していること，また図－5 に示す破壊に至るまでのひび割れの分散性からも補強筋は有効に機能しているものと考えられる。

試験結果と表－2 の計算値を比較すると，ボルトボックス上面側を棒部材と仮定したせん断耐力(937kN)が試験結果に近い値となった。試験体の破壊性状は，斜め引張破壊によるものと考えられることから，押抜きせん断または棒部材のせん断による影響が支配的であると考えられる。しかし，ボルトボックス部の位置，形状，配筋によって破壊モードが異なることも考えられる。従って，棒部材の設計せん断耐力算定式による一意的な評価は現段階では難しいが，評価方法のひとつとして設計に反映できるものと考えられる。

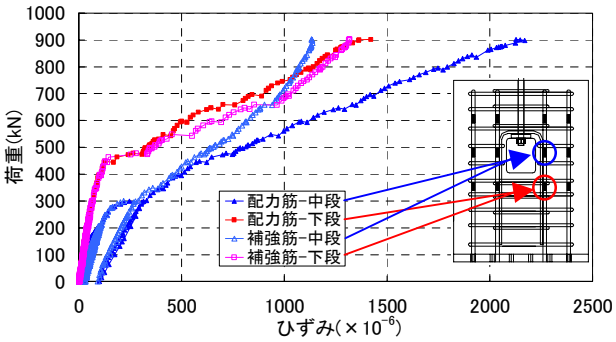



図－4　引張荷重とボルト引抜き量の関係




(a)7 サイクル-850kN 時　　(b)8 サイクル-破壊後

図－5　ひび割れ状況




図－6 引張荷重と配力筋および補強筋ひずみの関係

## ５．まとめ

今回の実験で，ボルトボックスの終局耐力の評価方法として，ボルトボックス上面側を棒部材と仮定した場合のせん断耐力の算定式を用いることで比較的精度の良い結果を得ることができた。しかしこれはボルトボックス部の位置や形状，配筋によって破壊モードが変化すると考えられるため，今後詳細な検討が必要である。

また，ボルトボックス周辺に配置した補強筋は，配力筋への力の伝達およびひび割れの分散に対して有効に機能することを確認した。

今後はボルトボックス部の終局耐力の評価方法についての詳細な検討と，別途行った継手曲げ疲労試験結果 [1] と併せて長ボルト継手構造の合理的な設計方法について検討する予定である。

## 参考文献

1) 吉田，大野，坂井，本田：長ボルト式継手を用いたプレキャスト床版の疲労性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.26，(投稿中)