

供用中 PC 箱桁橋のゲルバー改良

～首都高速道路 (改) 上部工補強工事 1-106～

Gerber Repairment at a PC Box Girder Bridge in Service

前島 真二^{*1}
Shinji MAEJIMA

山岸 俊一^{*2}
Toshikazu YAMAGISHI

小松 和憲^{*3}
Kazunori KOMATSU

岩瀬 祐二^{*4}
Yuji IWASE

本工事は、供用中 PC 箱桁橋のゲルバー改良工事であり、車両走行を持続するために、「構造耐力を確保できるプレストレス」を維持することを前提条件として、損傷した受台を撤去してゲルバー部を連続化する改良と、損傷したゲルバー支承を撤去し取り替える改良を行った。

ゲルバー連続化は、長寿命化を図るために適した改良方法である。施工時、「受台撤去・構造変更」により既設 PC 定着具を撤去するため、安全かつ確実に再緊張が行える工法を開発し、性能確認試験を実施し、施工を行った。

ゲルバー支承取替えは、橋脚耐震性能が低下により連続化が好ましくない部位に適した改良方法である。既設 PC 定着具を撤去することなく施工を行うため、狭隘空間でも交換可能な支承構造を検討し、事前施工試験を実施し、施工を行った。本稿にて、ゲルバー改良の工法開発および実施工の報告を行う。

キーワード：PC ゲルバー改良、連続化、支承取替え、再緊張、狭隘空間

1. はじめに

ゲルバー構造（図 1、図 2）を有するプレストレストコンクリート橋（以下ゲルバー PC 橋）は、単純桁のような静定構造でありながら連続桁相当の桁高支間比で計画できることから、桁下空間の確保や道路交差部の橋脚間隔確保の観点より、現地条件を考慮した計画が行いやすく、1970 年前後に多く採用された構造である。

供用開始以後、車両の大型化や交通量の増加が進み、過酷な状況下におかれたゲルバー部（写真 1）には、支承の腐食損傷（写真 2）や切欠き部のひび割れ損傷（写真 3）がみられることが多い。しかし、箱桁の場合はゲルバー部が狭隘なことから支承部の点検や取替えが困難であり、損傷・劣化が進行しやすい傾向にあった。長寿命化を図り、さらに維持管理性を向上するために、いかにして狭隘空間のゲルバー部を改良するかが課題であった。

本工事のゲルバー PC 箱桁橋は、ゲルバー部の支承の損傷、劣化および受台部のひび割れが確認されていたため、ゲルバー部の改良方法の検討とともに抜本的な対策が必要であった。

そこで、ゲルバー部の改良に伴い当該橋梁での施工を想定した工法を開発し、性能確認試験後、工事に採用した。

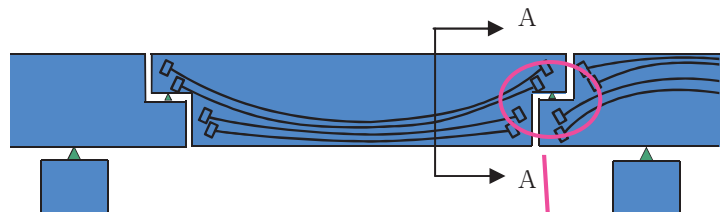


図 1 ゲルバー部側面図

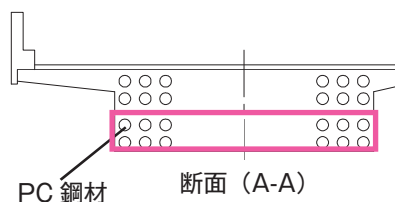


図 2 ゲルバー部断面図



写真 1 ゲルバー構造



写真 2 支承損傷事例



写真 3 受台損傷事例

* 1 川田建設(株)東京支店事業推進部 次長

* 2 川田建設(株)工事本部工務部 部長

* 3 川田建設(株)東京支店事業推進部技術二課 課長

* 4 川田建設(株)東京支店事業推進部技術一課 課長

2. 橋梁諸元

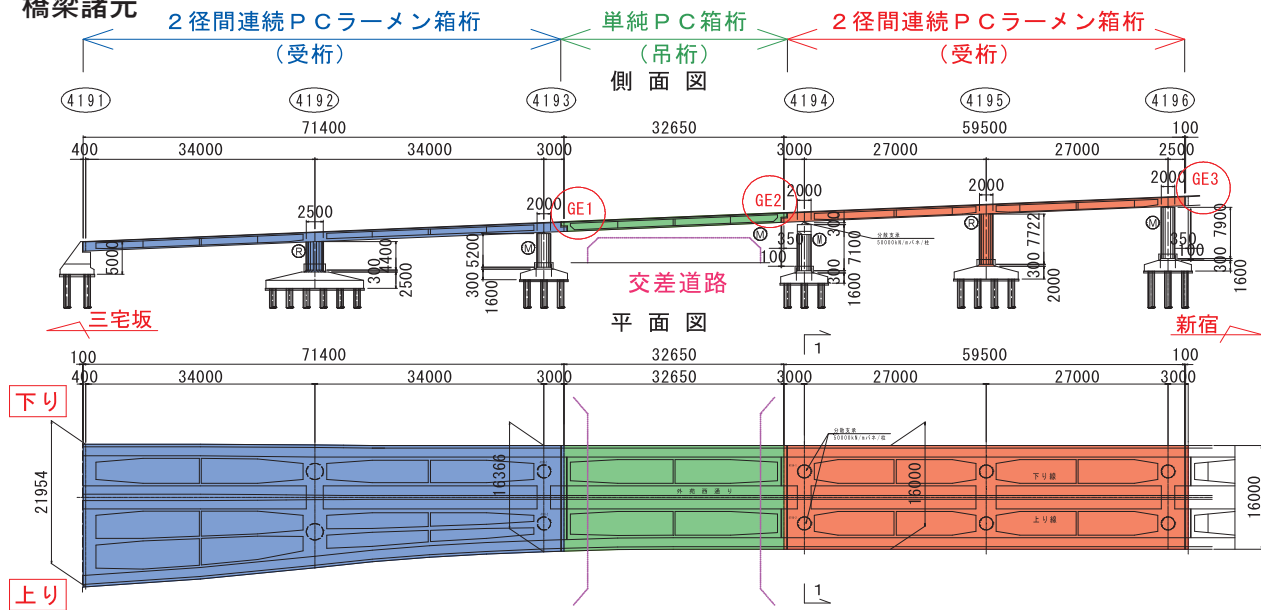


図3 全体概要図

工 事 名：(改) 上部工補強工事 1-106

路 線 名：高速4号新宿線(東京都渋谷区千駄ヶ谷付近)

工 種：GE1連続化, GE2・3支承取替, 外ケーブル補強

構造形式：ゲルバー PC 箱桁橋

橋 長：164 m

支 間：2 @ 34 m + 32.65 m + 2 @ 27 m

定着工法：フレシネー工法

供用年月：1964年8月(供用経過年数50年)

特 徴：耐震性能は、設計振動単位を3径間(91～94)と2径間(94～96)に二分して、92脚・95脚で地震慣性力を負担する構造である。

(1-1)

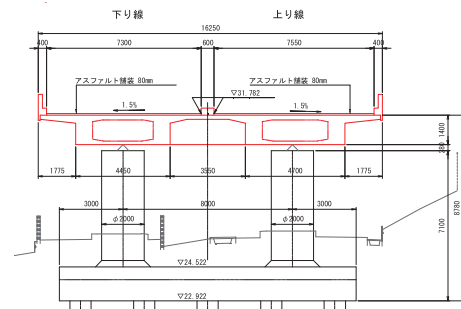


図4 標準断面図

3. ゲルバー改良工法

改良対象の構造形式は、PC 連続ラーメン橋である。前後2連の連続ラーメン箱桁を受桁としてその間に単純箱桁が吊桁として配置されている。ゲルバー部の改良は受台および損傷した支承を撤去することを基本として、2種類のゲルバー改良を行った。一つは、劣化しやすい部位をなくす目的より、ゲルバー連続化を行った。もう一つは、耐震性能維持のため連続化が好ましくないゲルバー部について支承取替えを行った。

ゲルバー連続化は、「受台の撤去・構造変更」により既設PC定着具を撤去することになるため、「プレストレスの維持」と「再緊張」を安全かつ確実に行える工法の確立が必要となる。このため、供用下の狭隘空間においても再緊張が可能な方法を開発し、性能確認試験を行った後、施工に採用した。

ゲルバー支承取替えは、既設PC定着具を撤去せずに施工を行う必要がある。そこで、施工空間の制約が厳しい狭隘空間でも交換可能な支承構造を検討し、事前施工試験を実施した後、施工に採用した。次に施工概要を示す。

(1) 連続化のゲルバー改良工法概要

主桁を外ケーブル等で連続化するもので、耐震性および維持管理性に優れるため、他工法に比べ優れた工法である。ただし、上部工慣性力が増加し伸縮装置の遊間や橋脚耐力への影響から連続化径間数には限界がある。(図5)

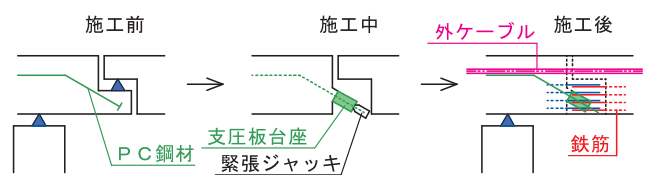


図5 連続化の施工ステップ

(2) 支承取替えのゲルバー改良工法概要

支承取替えを含む受台改良を行い、支承交換のみを行う工法である。(図6)

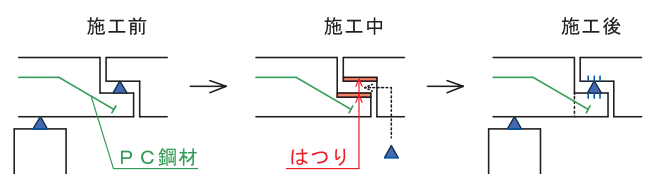
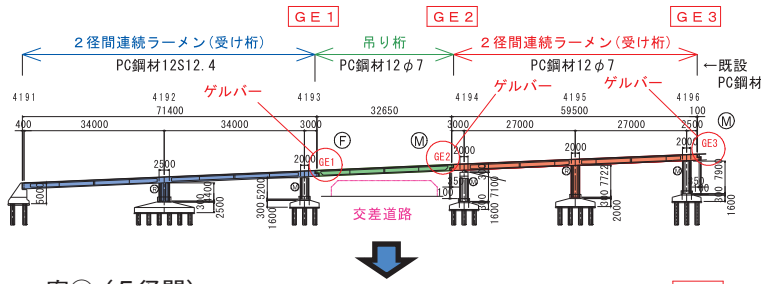


図6 支承取替えの施工ステップ

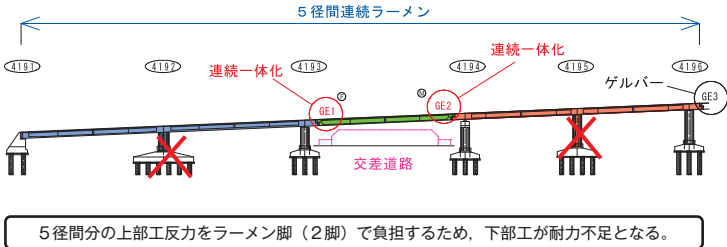
(3) 連続化および支承取替えの適用検討

ゲルバーは、劣化部位をなくす目的としては連続化が好ましいが、2ヶ所のゲルバーの連続化を行うと上部工慣性力増加により、下部工への負担が大きくなる。本橋は、耐震性能維持のため連続化が好ましくないゲルバーについては、支承取替えとした。よって、当初支承条件が固定 (F) の部位のみ連続化を行った。(図7)

現況 (2 径間 + 1 径間 + 2 径間)



案① (5 径間)



案② (3 径間 + 2 径間) ⇒ 採用

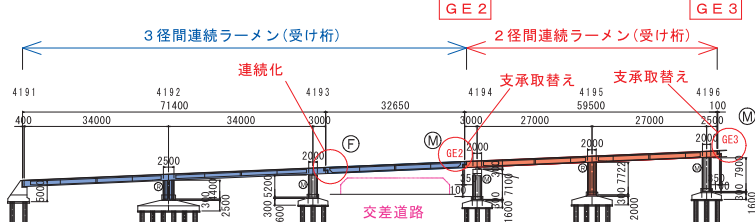


図7 ゲルバー改良の比較検討図

4. ゲルバー連続化に伴う再緊張工法の開発

(1) 開発概要

ゲルバー連続化に伴う改良において、受台を撤去するには、受台の既設 PC 定着部をはつり出し、PC 鋼材を切断することとなるため、構造に影響ない範囲で PC 鋼材を切断し再緊張・再定着を行う必要がある。車両走行に耐えうるプレストレスを維持するため、1列 (2本分) 毎にはつり出し、緊張力解放→再緊張→再定着を端部から順に繰り返すこととした。(図8)

狭隘部での再緊張は、シース内では束状になった素線を筒状鋼管の支圧板台座を用いて放射状に振分けることで、作業空間をとらない短尺のシングルストランド用ジャッキの適用が可能となる。また、グラウト未充填による定着不良等により PC 鋼材が緩んでいた場合は、1本ずつ緊張することで、緊張力の再導入が可能となる。(図9)

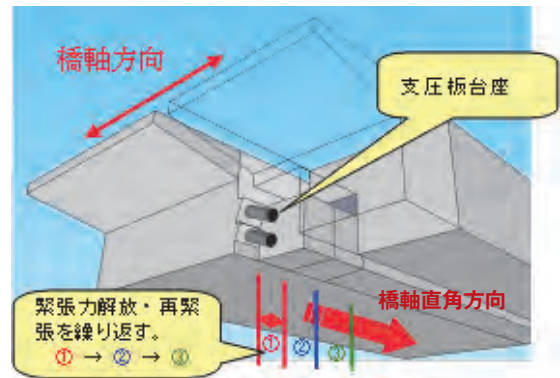


図8 緊張力解放・再緊張の概要図

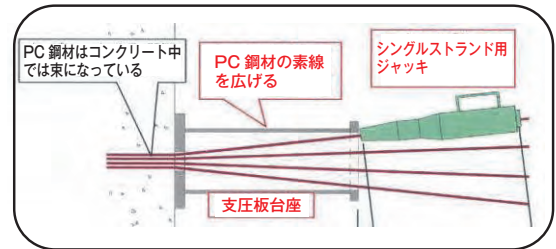


図9 支圧板台座を用いた再緊張システム

(2) 構造細目

再緊張に用いる支圧板台座の要求性能として、①マルチストランドの12本素線を1本ずつに振り分ける性能と②各素線に所定の緊張力を導入しシングルストランド用くさび定着具にて確実に固定させ緊張力を維持する性能の2つが求められる。そのため、支圧板台座の仕様は、リブ付の鋼管形状とし台座背面には多孔支圧板を有する構造としている。再緊張時の作業空間を小さくするため、支圧板台座をできるだけ短尺化することが望ましいが、PC 鋼材を多孔支圧板へ挿入する施工性とジャッキの作業性を考慮し定着偏向角は7°とした。(図10、図11、図12、表1)

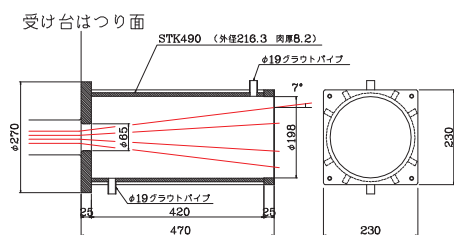


図10 支圧板台座 (12S12.4mm 用)

表1 各部材材質 (12S12.4mm 用)

部品名	材質
支圧板台座	SM490 (リブ部) STK490 (鋼管部)
支圧板	SS400

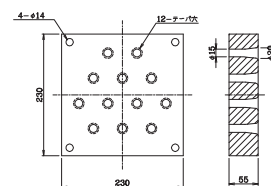


図11 多孔支圧板 (12S12.4 mm 用)



図12 定着具 (12S12.4 mm 用)

(3) 性能確認試験

当該部の既設 PC 鋼材は 12S12.4 と 12 ϕ 7 があり、それぞれ定着偏向角を 7° として定着効率、支圧板台座の耐荷性の確認を行い、支圧板台座のグラウト充填性と再緊張時の狭隘空間における作業性についても確認した。

1) 定着効率確認試験

定着偏向角 7° で PC 鋼材を配置し、俵積み配置の多孔支圧板を用いて定着効率を確認した。試験方法は、2m 程度の PC 鋼材を 12 本配置して 3 000 kN 横型引張試験機を用いて試験を行った。(図 13)

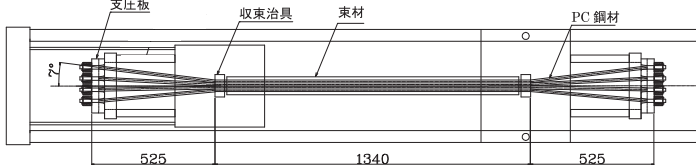


図 13 試験概要図

試験は、PC 鋼材が破断するまで载荷を行い、破断荷重を計測した。試験結果は、12S12.4 mm、12 ϕ 7 mm ともに要求定着効率（引張強度の 95 %）を上回り、基準を満足した。(表 2、写真 4、写真 5、写真 6)

表 2 試験判定基準および試験結果

PC 鋼材の種類	引張強度荷重	定着効率 判定基準	破断荷重	定着効率
	Pu (kN)	0.95Pu (kN) 以上	(kN)	(%)
	(a)	(a) $\times$ 0.95	(b)	(b/a)
12S12.4mm	1920	1824	1850	96.4
12 ϕ 7mm	700	665	736	105.1

※判定基準は「土木学会基準」より規格荷重の 95% 以上 b/a = 95% 以上合格



写真 4 緊張前 写真 5 緊張後 写真 6 緊張後
(PC 鋼材の定着偏向角 0°) (PC 鋼材の定着偏向角 7°) (破断状況)

2) 支圧板台座の耐荷力性能確認試験

支圧板台座の耐荷性能を確認するため、基準値となる PC 鋼材の 0.9 Py まで圧縮試験機を用いて载荷を行った。支圧板台座の側面中央 4ヶ所にひずみゲージを貼付け、荷重段階毎のひずみを計測した。0.9 Py 時のひずみは、軸方向、直角方向ともに降伏ひずみ（1 575 μ ）以下であることを確認した。(図 14、図 15、写真 7、表 3)

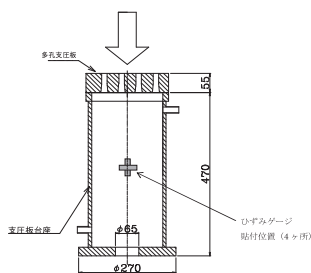


図 14 試験概要図 (12S12.4 mm)



写真 7 試験状況

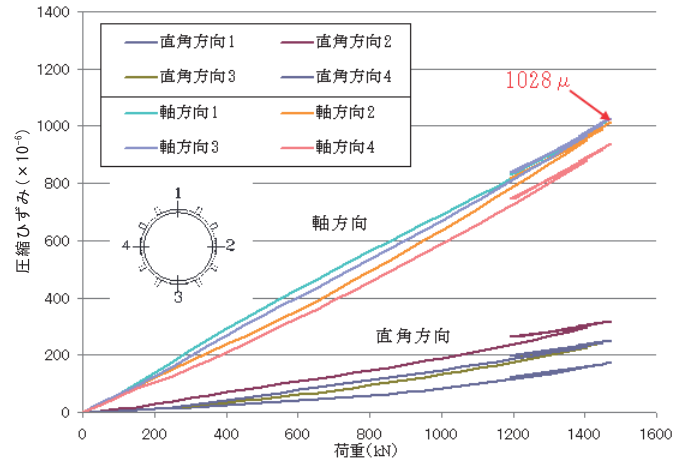


図 15 荷重 - ひずみ値

表 3 試験結果

PC 鋼材の種類	0.9Py時の鋼管ひずみ $\epsilon 1$ (μ)	降伏ひずみ $\epsilon 2$ (μ)
12S12.4mm	1028	1575

$\epsilon 1 < \epsilon 2$: 合格

3) グラウト充填確認試験

斜め配置となる支圧板台座内に PC 鋼材が配置されるため、注入孔を最下位置、排出孔を最上位置に配置し、充填確認試験を行い、PC 鋼材の防錆および構造物との一体性確保のためグラウト充填に問題ないことを確認した。(写真 8、写真 9、写真 10)



写真 8 試験状況



写真 9 充填状況



写真 10 充填確認

4) 狭隘空間での作業性確認試験

本工事の狭隘な施工空間を模擬し、再緊張施工試験を実施した。施工試験より、支圧板台座、定着具とジャッキの配置に問題なく、作業空間も確保できることを確認した。(写真 11、写真 12)



写真 11 支圧板取付け状況



写真 12 作業空間確認状況

(4) ゲルバー連続化の施工状況

ゲルバー連続化に伴い、受台をはつり出し、既設 PC 定着具を撤去・再定着を行い、外ケーブルの緊張を行った。(写真 13, 写真 14, 写真 15, 写真 16)



写真 13 ゲルバー受台はつり状況



写真 14 既設 PC 鋼材露出状況



写真 15 再緊張システム配置状況



写真 16 外ケーブル配置完了

5. ゲルバー支承取替え

(1) 構造概要

本橋のゲルバー部支承取替えは、上下の配置空間が狭く、さらに受台内部の PC 定着具が近接しているため、アンカーバーを再設置することが困難であった。そのため、新設支承は、全高を低く抑えるためにアンカーバーの上揚力抵抗機能を別途設けることとし、水平力に抵抗する目的よりずれ止めボルトのみを支承本体に配置する構造とした。上揚力抵抗機能として、鋼製の鍵状浮き上がり防止装置を箱桁ウェブ側面に設けた。(図 16)

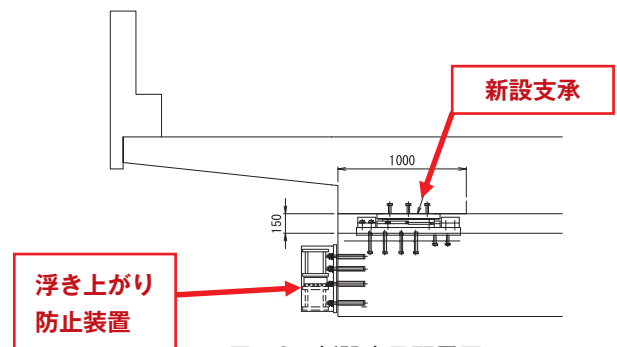


図 16 新設支承配置図

(2) 新設支承施工試験および架設状況

新設支承は、制限された空間に配置するので、施工前に同サイズの模擬支承を用いて、作業性確認の施工試験を行った。ウェブ側面から挿入する新設支承は、水平移動用架台で設置位置まで吊上げ、支承を水平移動させて、ゲルバー受台上の橋座面に配置した。(写真 17, 写真 18)



写真 17 新設支承施工試験状況



写真 18 新設支承架設状況

(3) 支承取替えの施工状況

以下に支承の撤去・設置および浮き上がり防止装置の施工状況を示す。(写真 19, 写真 20, 写真 21, 写真 22)



写真 19 既設支承撤去状況



写真 20 新設支承設置状況



写真 21 新設支承設置完了



写真 22 浮き上がり防止構造

6. まとめ

本稿では、ゲルバー PC 箱桁橋のゲルバー改良に対する抜本的な対策として 2 工法を計画し、それに伴い必要となった支圧板台座を用いた既設 PC 鋼材の再緊張工法について開発を行った。

今回、開発した再緊張工法を利用したゲルバー連続化およびゲルバー支承取替えを実施し、確認できたことを以下に示す。

(1) ゲルバー連続化について

- 1) 支圧板台座と短尺のシングルスランド用ジャッキを用いてコンパクト化を図ったことで、再緊張を行うための必要空間の縮小化が可能となった。
- 2) 定着効率および支圧板台座の耐荷力が基準値を満足することを試験で確認した。
- 3) グラウト充填試験および狭隘空間での再緊張試験にて施工性に問題ないことが確認できた。

(2) ゲルバー支承取替えについて

- 1) 狭隘空間の施工・設置に対応するために、支承の機能を一部分離して、部材を縮小することで、受台のはつりを最小限に抑えることができた。
- 2) 受台のはつりを最小限とすることで、PC 定着具を露出・損傷することなく支承取替えが可能となり、緊張力を維持した施工を行えた。

(3) ゲルバー改良について

供用下におけるゲルバー改良において、車両走行に耐えるプレストレスを維持し、連続化および支承取替えを行うことができた。



写真 23 施工完了

今回、工法開発から施工完了まで、多くの方にご指導・ご協力を頂き、平成 29 年 11 月にゲルバー改良工事を終えることができたとともに、特許（既設 PC 鋼材の再定着方法：第 6232300 号）も取得することができました。御礼を申し上げます。(写真 23)