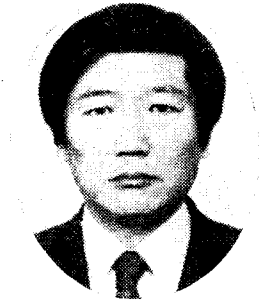


“鋼構造 部材 連結部の 變形特性 및 安全도에 關한 研究”



=A study on strain specification and safety degree of connection joints of steel structural member=

金 慶 鎮*

Kim, Kyung Jin

金 斗 煥**

Kim, Doo Hwane

Abstract

On SWS 41 Plates jointed by the F11T M20 high strength bolts the study on stress behavior and safety degree until rupture in static tensile tests were performed.

By these results, in case of no clamping force stress concentration was extremed for strain of about 10% higher ratio.

Elastic strain occurred to change of test specimens depth by the load and plastic strain occurred to local minute sleep after elastic strain. compared shear stress with tension stress from the fracture load it was showned lower values than the maximum shear stress theory and stress strain energy theory.

1. 序 論

鋼構造物은 各各의 部材들을 連結하여 組立되며 이들 部材의 連結部가 適切한 設計로 이뤄져 있지 않다면 構造物의 脆弱部分이 될 수 있으며 처짐에 影響을 미쳐 破壞의 原因으로 看做되므로 連結部의 解析은 部材自體의 設計만큼이나 重要視되고 있다.

鋼部材片의 連結方法中 리벳接合은 材片에 리벳를 挿入하기 爲하여 리벳구멍을 穿孔하기 때문에 局部的으로 部材斷面이 減少하여 引張荷

重에 對해 部材強度가 低下되는 弱點이 있다.

이 短點은 鎔接과 같이 材片의 一部를 鎔解시키거나 結合시키는 方法으로 一旦 解消되지만 새롭게 鎔融하기 爲하여 使用된 加熱과 이에 따른 冷却等에 依해 材片의 一部가 延化되든가 혹은 脆化等의 變質을 받기도 하고 殘留應力, 殘留變形 등이 생기기도 하여 實質的 強度低下가 隨伴되는 경우가 있다.

이러한 缺點은 接合片 材質의 性能向上과 鎔接技術 水準의 向上으로 점차 輕減되지만 現場을 포함해 全面的으로 鎔接을 採用하는 데는 問題點이 있다.

* 安全管理技術士(建設安全) 建設安全專門分會長

** 京畿工業開放大學 土木工學科 助教授

이러한 狀況에서 高張力 보울트의 使用은 다른 連結方法에 의한 問題點을 大部分 解消하며 應力흐름이 圓滑하고 強性이 높을 뿐더러 振動에 強하고 疲勞強度가 높아 安全도가 높은 特徵을 갖고 있어 鋼構造物의 連結에 極히 有用한 方法으로 널리 使用되고 있다.

그러나 高張力 보울트 連結時 載荷된 連結部의 變形應答이 大端히 複雜하기 때문에 그 解析과 設計에 使用되는 數學的 모델은 實際狀態에 對해 大綱의 近似值일 뿐이므로 連結部의 實變形舉動에 關한 實際的인 解析은 必須的이라 할 수 있다.

本 研究은 이에 따라 發生되는 連結部의 變形性狀 및 破斷狀況을 正確히 把握하여 高張力 보울트의 使用에 關한 破壞原因을 綜合的으로 分析하고 이에 대한 對策을 講究함으로 安全事故를 事前에 豫防시키고 安全性을 確保할 目的으로 實行하였다.

2. 研究 概要

2-1. 研究課程

鋼構造物의 機械的 連結方法中 一般보울트 및 리벳트連結은 部材應力을 連結材에 負擔시켜 傳達하는 것으로 看做되었고 그 때문에 部材應力은 連結材의 軸을 통한 集中力으로 作用하므로 荷重의 크기에 따라 보울트 혹은 리벳트의 應力이 變化하였다.

이에 비해 高張力 보울트에 의한 摩擦接合은 보울트材의 高強度鋼을 利用해 이의 強力한 締

結力에 依한 結合面의 摩擦抵抗에 依한 面傳達이 이뤄지는 것으로 힘의 傳達은 壓縮力이 分布되는 範圍面에 依한 傳達로서 보울트는 大部分의 外力을 負擔하지 않는다.

따라서 이 應力變化는 相當히 작으며 힘의 흐름이 廣範圍하게 미치므로 從來의 連結方法에 比하여 應力集中의 程度는 顯著하게 緩和되며 또한 反復荷重에 對하여도 보울트는 큰 應力反復을 받지 않으므로 疲勞強度는 높아진다.

이와 같이 高張力 보울트는 一般보울트에 比해 相當히 높은 應力까지 抵抗할 수 있으며 力學的 特徵을 比較하면 表 2-1 과 같다. 또한 連結材로서 高張力 보울트의 使用은 이음板의 強度, 이음의 應力的 形式, 보울트의 初期張力, 보울트의 經, 보울트의 列數 等 各 條件에 따라 內力의 變動에 影響을 끼치므로 이들 各 경우에 따른 充分한 檢討가 必要하다.

2-2. 研究範圍 및 方法

本 研究은 SWS 41 鋼板과 F 11 T M 20 高張力 보울트를 組合한 試驗體에 Torque Wrench를 使用하여 보울트 軸力을 0, 450, 1000 lb·ft 3 種類로 各 各 締結한 경우에 對하여 200 ton 萬能試驗機를 使用하여 靜的 引張試驗을 實施하여 各 試驗體의 破斷까지의 變形舉動을 把握하여 보울트의 初期張力에 따른 試驗體의 破壞強度 및 破斷位置를 確認하고 보울트 軸力의 變化를 알아보기 爲하여 보울트 軸部에 軸方向으로 스트레인 게이지를 接着시켜 變形率을 測定하므로 軸力 導入量을 測定하였다.

表 2-1 高張力 보울트와 普通보울트(리벳트)와의 力學的 性能比較

連結方法 比較項目	普通 보울트(리벳트)	高 張 力 보 울 트
初期 체결력	기대하지 않는다.	높은 締結力을 부여한다.
剛 性	보울트의 剛性뿐이다.	接合板과 一體化하여 剛域을 形成한다.
部 材 應 力	보울트에 負擔되어 部材에 傳達된다.	剛域全體가 應力을 傳達한다.
보울트應力狀態	部材應力에 文化에 따라 變한다.	部材應力은 材間壓縮力을 相殺시키며, 보울트 初期應力이 약간 變化한다.
引 張 外 力	偏心引張力이 作用한다.	위와 같으나, 단 接合板에 依해 레바反力이 생긴다.
反 復 應 力	弛緩, 脫落等의 缺陷이 생긴다.	充分히 剛性이 維持된다.

또한 試驗體가 摩擦力을 喪失한 後 支壓作用을 한 後 破斷荷重에 對하여 보울트의 剪斷強度는 引張強度에 比해 어느 程度 크기를 갖는가를 比較하여 鋼構造部材의 高張力보울트 이음의 破壞豫測을 試圖하였다.

2-3. 試驗體

鋼板은 鎔接構造用 壓延鋼材인 SWS 41을 使用하였으며 引張側方向을 로어링 方向과 一致하였다. 表 2-2는 鋼板의 機械的 性質을 나타낸 것이다.

表 2-2

鋼 材	降伏應力 (kgf/mm ²)	破斷強度 (kgf/mm ²)	伸 張 率 (%)
SWS 41	28.5	44.7	29.0

鋼板들을 締結시킨 F11T M 20 高張力 보울트의 機械的인 性質은 表 2-3과 같다.

表 2-3

品 目	耐 力 (kgf/mm ²)	引 張 強 度 (kgf/mm ²)	伸 率 (%)	斷面收縮率 (%)	引 張 荷 重 (t)	硬 度 (HRC)	設 計 荷 重 (t)
F 11 T M 20	95 以上	110~130	14	40	26.2	30~40	17.4

本試驗에 使用된 試驗體의 形狀 및 值數는 그림 2-1과 같다.

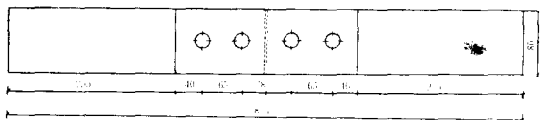


그림 2-1 試驗體의 形狀 및 值數

3. 研究結果 및 考察

3-1. 荷重—變位關係

各 試驗體에 靜的 引張試驗을 實施하여 얻어진 荷重—變位曲線은 그림 3-1과 같다.

一般的으로 리벳連結이나 支壓形이음에서는 구멍이 충전되어 있는 狀態이므로 sleep 荷重이 나타나지 않고 典型的인 荷重—變位曲線을 보이는데 比해 本 實驗에 使用된 摩擦形이음들은 sleep 荷重 部近에서 變位가 크게 나타남을 보여 주고 있다.

또한 荷重—變位 關係에 미치는 보울트軸力의 有無에 依한 變位의 差는 表 3-1의 母材 破斷 斷面의 세로方向 變位量을 測定하면 보울트 軸力이 存在하는 경우보다 摩擦力이 存在하지 않는 경우가 變位量이 큼을 알 수 있다.

本 實驗과 같이 接合板의 強度가 보울트의 剪斷強度에 比해 매우 낮은 連結에서의 變位는 傳達되는 內力이 摩擦力보다 커질 경우, 즉 摩擦 接合에서 支壓接合으로 移動할 때에 外的인 負荷에 依해 板은 보울트로부터 支壓力을 받아 面外로 彈塑性變形을 일으키게 되는데 그것을 보울트가 彈性的으로 拘束하기 때문에 鋼板 사이

에는 滑動이 發生되고 內力의 一部는 支壓에 依해 傳達되므로 變位는 보울트 구멍의 大部分을 點하므로 보울트 經의 破斷變位量은 表 3-1과 같이 커져 應力集中이 深化되며 이 때도 締結力이 없는 경우가 約 10%程度 變位가 큼을 알 수 있다.

3-2. 보울트軸力의 變化

그림 3-2는 F11T M 20을 使用한 連結에 對하여 導入軸力이 條件에 따른 軸力의 變化를 보여주고 있다.

Torque를 450과 1000 lb-ft로 준 경우는 15 ton까지는 完滿하나 그 以後는 急激히 變化하기 始作했다. 完滿한 限界는 15 ton 以上 20 ton 範圍內에서 任意點까지 定할 수 있겠으나 本 實驗은 測定單位를 5 ton으로 實施했으므로 이를 더 細分化하여 精密히 評價할 수는 없었다.

荷重의 增減에 따른 보울트 軸部의 變形變化

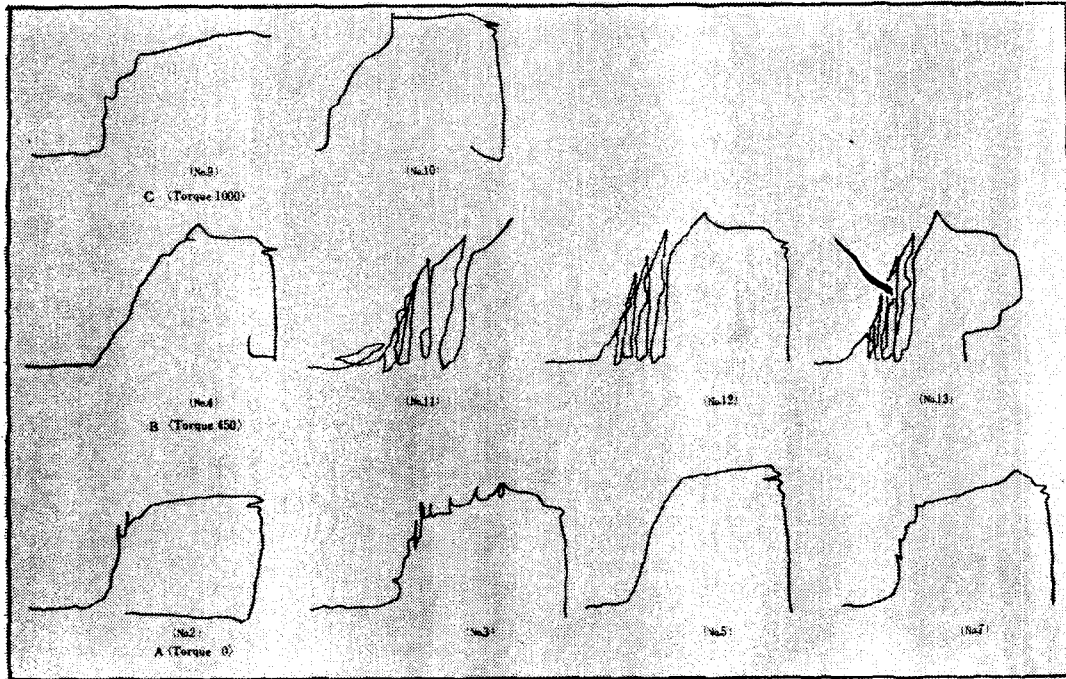


그림 3-1 荷重-變位曲線(A(Torque 0), B(Torque 450), C(Torque 1000))

表 3-1 母材의 斷面減小值 및 보울트經 測定值

試驗體 番 號	Torque lb·ft	破 斷 길이 (mm)	減 小 值 (mm)	ϵ_z (%)	보 울 트 經			
					A	B	C	D
2	0	67.40	12.6	15.8	30.12/21.15	/23.20	/22.60	41.50/23.60
3	0	68.25	11.75	14.7	30.35/20.90	23.1 /	23.4 /	39.85/23.35
4	450	68.3	11.7	14.6	40.60/23.0	23.3 /	22.8 /	28.5 /20.9
5	"	67.3	12.7	15.9	41.0 / 2.6	23.6 /	23.4 /	31.0
6	"	68.6	11.4	14.3	31.7 /21.2		23.4 /	41.6 /21.6
7	"	68.45	11.55	14.4	41.1 /22.7		23.35/	31.5 /20.95
9	1,000	67.8	12.2	15.3	30.65/21.35	22.65/	22.60/	40.45/23.75
11	450	68	12	15	40.7 /	21.2 /21.1	23.4 /21.8	32.2 /21.6
12	"	69	11	13.8	30.1 /20.5	22.1 /20.4	22.2 /20.45	40.7 /
13	"	69.1	10.9	13.6	38.8 /	22.3 /20.5	20 /21.6	26.7 /19.9
14	"	68.3	11.7	14.6	39.5 /21.7	21.7 /20.4	20.2 /21.7	28.75/20
15	"	68.55	11.45	14	41.5 /2.45	21.6 /23	22.7 /21	28.7 /20.8

를 그림에서 考察해 보면 보울트 軸部의 壓縮變形은 導入荷重보다 作用荷重이 작은 경우에는 거의 彈性的으로 舉動하며 또한 導入荷重보다 作用荷重이 더 큰 경우에는 塑性的인 舉動을 나타내고 있다.

그러므로 彈性的인 變形은 主로 載荷에 따른 試驗片의 두께의 變化에 依한 것으로 塑性的인

變形은 板두께의 감소에 덧붙여 載荷에 隨伴한 局部的인 微小 sleep에의 影響 때문이라 여겨진다.

Torque를 適切值 450 lb·ft 와 過渡值 1,000 lb·ft 로 준 경우는 適切值로 締結한 것이 過渡值보다도 훨씬 軸力의 減少가 적어 外力에 抵抗할 수 있는 強度가 큼을 알 수 있다.

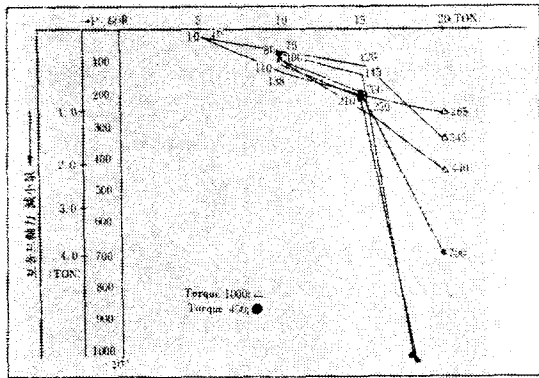


그림 3-2 載荷時 보울트 軸力の 變動

3-3. 보울트의 強度

高張力 보울트는 높은締結力으로 板에 初期拘束應力을 주지만 摩擦接合으로부터 支壓接合으로 移行될 때는 外的인 載荷에 依해 板은 보울트로부터 支壓力을 받아 面外로 彈塑性 變形을 일으키게 된다.

이를 把握키 爲하여 引張試驗의 破斷荷重으로부터 引張強度와 剪斷強度의 比(τ/σ)를 求한 것이 表 3-2이다.

이들 數値는 어느 것도 最大 剪斷應力說에 依해 求해지는 0.5 혹은 剪斷變形 에너지說에 依

表 3-2 引張強度와 剪斷強度의 比

시험체 No	Torque (lb-ft)	破斷荷重 (t)	剪斷強度 (kg/mm ²)	τ/σ_B
2	0	28.8	45.8	0.38
3	"	29.6	47.1	0.31
5	"	34.1	54.3	0.45
6	"	30	47.7	0.40
7	"	27.5	43.8	0.37
1	450	28.4	45.2	0.38
4	"	33.3	53	0.44
11	"	35.25	56.1	0.47
12	"	34.94	55.6	0.46
13	"	34.5	54.9	0.46
14	"	35.63	56.7	0.47
15	"	34	54.1	0.45
8	1,000	32.38	51.5	0.43
9	"	29.6	47.1	0.39
10	"	32.5	51.7	0.43

한 $1/\sqrt{3}$ 보다 훨씬 작은 값을 보이고 있다.

이것은 試驗片의 板의 強度, 硬度가 보울트에 比해 상당히 작고 보울트에 對하여 剪斷力을 作用시키는 板의 端部가 降伏되고 應力集中의 影響 등으로 보울트에서 破損이 일어나지 않고 板이 切斷되었음을 알 수 있다.

4. 結 論

試驗體가 摩擦力을 喪失한 다음 支壓作用을 일으킨 後 破斷까지의 變形舉動과 連結部의 安全度를 把握한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 接合板의 強度가 낮은 이음에서의 變位는 支壓에 依해 接合板 보울트 구멍의 變形이 大部分을 占해 破斷變位量은 相當히 커지며 締結力이 없는 경우는 約 10%程度 變位가 더 커져 應力集中이 深化된다.

2. 보울트에서 彈性變形은 主로 載荷에 따른 試驗片의 두께의 變化에 依하고 塑性變形은 板 두께의 減少와 더불어 載荷에 隨伴한 局部的인 微小 sleep의 影響 때문이다. 또한 Torque를 適切值로 체결하는 것이 가장 強度가 크다.

3. 破壞荷重으로부터 引張強度와 剪斷強度의 比를 計算한 結果 最大 剪斷應力說과 剪斷變形 에너지說에 依한 값보다 훨씬 작은 값을 보여주나 이는 보울트보다는 板의 破損 때문으로 思料된다.

參 考 文 獻

1. Bogdan O. Kuzmanovic and Nicholas willems, "Steel design for strvtoral engineers" Prentice-Hall, 1983.
2. Charles G. Salmon and John E. Johnson, "Steel Structures" design and behavior Second Edition, Harper & Row Publishers, 1980.
3. 小西一郎, "鋼橋(基礎編 I)" 工丸善株式會社
4. Jack C. McCormac, "Structural Steel Design" Third Edition, Harper & Row Publishers, 1981.
5. 張東一, "鋼構造工學", 創知社, 1982.
6. 三谷哲夫, "支壓形高張力ボルトに關する基礎實驗"

- JSSC Vol. 2 No. 12, 1966.
7. 朴濟善, “鋼構造部材의 이음方法에 따른 引張強度의 差異에 關한 實驗的 研究”, 江原大學校 論文集 第19輯, 1984.
 8. 鋼材俱樂部新製品紹介小委員會, “高力ボルト” JS-SC Vol. 7, No. 67, '71. 7.
 9. 小西一郎, 西村昭, “高力ボルト摩擦接合の安全性について” JSSC Vol. 12, No. 122, '76. 2.
 10. 山木崇史, “摩擦接合用ボルトの面せん断強さ” JS-SC Vol. 12, 1966.
 11. 橋本篤秀, “高ボルト引張接合の設計式について”, JSSC Vol. 13, No. 141, '77. 9.
 12. William Barrois, “Stresses and Displacements due to load transfer by Fasteners in Structural Assemblies, Eng, Fracture Mechanics 1978. 1.
 13. N.G. Hansen, “Fatigue Test of Joints of High Strength Steels,” proc ASCE Mar. 1959.
 14. W.H. Hunse, “Fatigu Bolted Structural Connections, Proc ASCE Feb. 1963.
 15. 西村俊夫, 三木千奉, “高力ボルト継手の疲勞強度”, 社團法人 溶接學會, 1973.
 16. John W. Fisher and John H.A. Struik, “Guide to design Criteria for bloked and riveted Joints,” Johnwiley & Sons Inc., 1974.

身上異動 申告案内

會員 여러분께서 다음 變動 事項이 있을 때에는 即時 本會 事務局에 通知하여 주시면 感謝하겠습니다. 變動申告가 제대로 履行되고 있지 않아 會誌發送 또는 書信連絡에 支障이 많습니다. 特히 '87年度에는 會員名單을 發刊코져 精確한 身上 파악을 바라오니 積極協助 있으시기 바랍니다.

1. 宅이 移住했을 때 : 住所 및 電話番號
2. 職場이 變動되었을 때 : 職場名, 職位, 住所地 및 電話番號
3. 其他 學位를 받는 境遇, 海外旅行을 하는 境遇, 特別한 事業에 參與하는 境遇 및 慶吊 等等……

(社) 韓國技術士會 事務局