

타이어 品質均一精度에 對한 研究

韓國타이어製造(株)

建設本部 課長 金 鍾 勳

編輯者註：이 論文은 '78年 10月 17日 日本 東京에서 開催되었던 第3次 世界品質管理大會에서 發表되었던 論文이다. 이大會는 日本科技聯盟의 主催로 開催되었으며, 全世界 50個國에서 500餘名의 品質管理 專門家가 參席하여 世界的으로 問題가 되고 있는 工產品 品質改善을 爲한 새로운 方向이 提示되었다. 韓國은 本大會에 大學教授 등 4名이 參席하였다.

1. 序 論

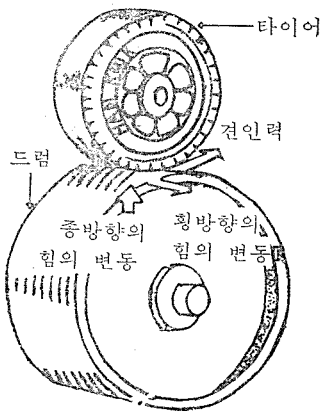
1888年 空氣를 넣는 타이어가 發明된 以來로 自動車用 타이어는 지난 1世紀 동안 世界的인 高速化時代의 開幕과 함께 輸送에 있어서 큰 役割을 해오고 있다. 이러한 高速輸送時代의 要求를 滿足하기 위해서는 타이어 製造會社들은 需要者에게 많은 量뿐만 아니라 더욱 高品質의 타이어를 供給하지 않으면 안 되게 되었다. 여기서 타이어의 品質이라 함은 말할 나위도 없이 實使用에 있어서 適合한 것이어야 하겠다. 이를 爲해서는 荷重運搬能力, 彈力性, 走行 및 制動性, 堅固性, 安定性, 路面密着性 및 騒音과 振動의 最小化 등의 몇 가지 品質特性이 要求되고 있다. 그러나 近來에는 위에서 열거한 特性中에서 주로 不快한 騒音과 振動으로 因해 생기는 乘客의 疲勞와 不快感을 줄이는 데 技術的인 改善 및 研究가 集中되어 오고 있다. 이러한 傾向을 염두에 두고 우리 會社는 原副資材收入으로부터 最終製品마무리에 이르는 全工程에 對하여 廣範圍한 品質管理體系를 適用함으로써 위에 말한 品質特性을 向上시키고자 끊임없는 努力을 傾注해오고 있다. 더욱더 나아가서 消費者가 信賴할 수 있는 製品을 供給하기 위한 타이어 檢

査體系의 確立에도 不斷한 努力을 해오고 있다. 즉, 타이어 製造用 各部品에 對한 實驗室分析, 室內走行試驗, 타이어에 對한 野外走行試驗 및 택시 등에 裝着하여 實用面에서의 檢討도 해오고 있는 것이다. 이러한 試驗으로써 얻은 結果는 不斷히 研究開發部에 傳播되어 改善되고 있다. 따라서 요즈음 타이어 會社 등은 製品을 破壞하지 않고도 그 品度を 알 수 있는, 즉 振動으로부터 그 結果를 特定해내는 均一度라는 새로운 品質管理項目을 採擇해 오고 있다.

(1) 均一度의 特性和 그 影響

요즈음의 需要者和 自動車 製造會社들은 高速道路走行을 위해 보다 騒音과 振動이 적은 安樂한 타이어를 要求하게 되었다. 왜냐하면 自動車が 잘 鋪裝된 高速道路를 달릴 때에는 타이어 内部의 不均一된 힘, 다시 말해서 유니포미티 (Uniformity)가 나쁜 타이어는 橫側, 縱側으로 힘의 振動을 일으켜 不快한 騒音を 내게 하고 走行에 不安定感을 주고 있기 때문이다. 이러한 타이어 힘의 不均一性에서 생기는 現象은 運轉에 어려움을 줄 뿐 아니라 運轉技士에게 疲勞를 주고 있다. 그러므로 타이어 엔지니어들은 이것에 對한 不均一特性을 깊이 研究하여 그 改善對策을 講求하지 않으면 안 되게 되어 있다. 事實

上 요즈음에는 타이어의 品度라는 것은 타이어의 Uniformity를 말하고 있다고 하여도 過言이 아닐 것이다. 一般의인 말로는 이 Uniformity의 概念은 製品의 全品質特性이 均一한가를 代表하는 것이라고 할 수 있겠으나, 좁은 意味로서는 各타이어의 部品の 品度差異를 測定하는 單位라고도 이야기할 수도 있다. 그러나 實際적으로는 타이어 産業에서는 製造된 製品의 重量과 크기 그리고 힘의 變動을 測定하는 手段이라고 使用되고 있다. 또한 Uniformity는 各部品の 品質特性을 組立을 通하여 綜合하기 때문에 最終製品의 總品質을 代表한다고도 말할 수 있는 것이다. 이 Uniformity를 보다 技術的으로 分類하여 본다면 그림 1에 表示된 바와 같이 이것은 縱方向(타이어의 進行方向)의 힘의 變動과 橫方向(타이어의 半徑方向)의 힘의 變動 및 牽引力의 變動으로 區分할 수가 있다. 이것 外에도 넓은 意味의 Uniformity範疇內에는 橫方向 및 縱方向의 外徑

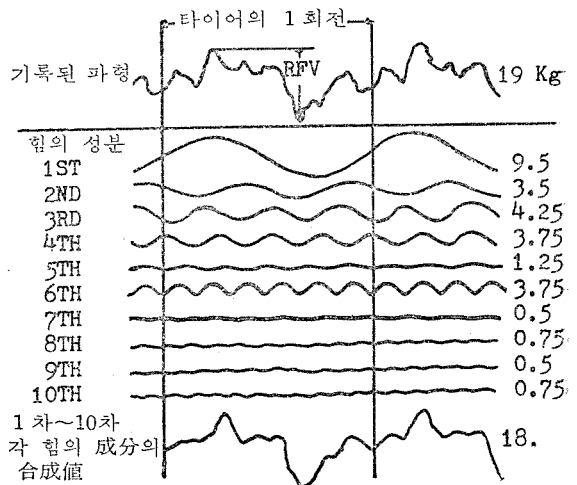


〔그림 1〕 走行時 나타나는 타이어의 힘의 變動

치수 變動 등이 있다. 이러한 特性值들은 計數的으로 評價하기 위해 有名한 타이어 製造設備 製作會社에서는 所謂 Uniformity machine 이라는 測定 및 評價機械를 開發하여 위에 말한 힘의 變動을 測定하여 타이어의 不良을 點檢·評價할 수 있도록 하였다. 이 機械의 使用法으로서 는 먼저 固定軸上의 Child Rim에 타이어를 裝着하고 空氣를 넣어 膨脹시킨 다음 軸으로부터 一定한 距離가 維持되도록 壓搾한 狀態에서 一定한 速度로 回轉시킨다. 왜냐하면 이것을 電氣的으로 記錄하기 爲해서는 一定한 屈折(Deflect-

ion)을 平坦한 走行 Drum上에 주어야 하기 때문이다. 이러한 回轉運動, 즉 走行中에 回轉軸에 平行하게 橫的 힘의 變動하게 되고 타이어의 進行方向으로 縱的 힘의 變動이 1回轉마다 規則的으로 생기게 된다.

이러한 記錄들은 獨立的으로 記錄되어(즉, 橫的 힘의 變動, 縱的 힘의 變動, 數值變動 등) 平滑한 路面上에서 나타나는 타이어의 힘의 不均一性을 表示하게 된다. 이러한 記錄들은 그림 2에서 보여 주는 바와 같이 타이어의 各 1回轉마다 進行方向으로 週期的인 힘의 나타나게 되고, 이 힘을 分解해 보면 週期에 따라 다른 차의 成分으로 分解될 수 있다. 이 그림에서 進行方向에서 생기는 縱的 힘의 變動(以下 Radial Force Variation, R.F.V라 稱함)은 各週期的 힘의 變動中 最大值와



〔그림 2〕 縱方向 힘의 變動에 대한 分析

最小值의 差라는 것을 알아볼 수 있다. 같은 方法으로 橫的 힘의 變動(以下 Lateral Force Variation, L.F.V라 稱함)도 同時에 이 機械에서 測定되고 있으나 이 論文에서는 問題를 쉽게 하기 위하여 R.F.V에 對한 問題만을 거론하기로 하였다. 一般的으로 지금까지 알려진 바로는 이 그림의 振幅이 작은 것은 힘이 均一하여 좋은 品質을 갖게 되고 이 振幅이 큰 것은 車에 對한 振動과 騒音의 原因이 되므로 좋지 않은 影響을 주고 있다고 한다. 이 曲線들은 所謂 하모닉(Harmonics)成分이라고 불리우는 여러 개의 成

分으로 이루어져 있는데, 各成分들이 모여서 全體의 波形을 이루고 있다. 이 Uniformity machine은 이것을 理論的으로 아래와 같이 分解할 수 있도록 만들어져 있다.

波形的 分析

위에서 言及한 各 힘의 變動, 즉 Uniformity 를 이루는 各成分들은 그림 2에 記錄된 波形과 같이 매우 複雜한 波形을 이루는데, 이것은 各 各 다른 振幅과 진동수를 갖는 몇個의 Sine과 Cosine Curve로 分解될 수 있다. 이 커브들은 1回轉에 1週期를 가질 때는 1次成分, 1回轉에 2週期를 가질 때는 2次成分 등으로 各次的 成分을 表示해주고 있다. 따라서 우리는 이 複雜한 커브를 Fourier 級數를 適用하여 아래와 같은 式으로 整理分解할 수 있다.

$$f(x) = a_0 + a_1 \cos \omega t + a_2 \cos 2\omega t + a_3 \cos 3\omega t + \dots + b_1 \sin \omega t + b_2 \sin 2\omega t + b_3 \sin 3\omega t + \dots$$

좀더 간단히 整理하면

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin \omega t)$$

이다. 또 $f(x)$ 의 : Fourier係數로 부터 우리는 다음과 같이 決定할 수 있다.

$$a_n = (2\pi/N)(1/\pi) \sum_{i=1}^N \left[f(t_i) \cos n \frac{2\pi}{N} i \right] \text{와}$$

$$b_n = (2\pi/N)(1/\pi) \sum_{i=1}^N \left[f(t_i) \sin \frac{2\pi}{N} i \right]$$

ω : 週期常數 N : 週期の 數
 $0 \leq \omega t \leq 2\pi$ $a_0, a_1, a_2 \dots$ 振幅

이러한 힘의 變動에 對한 各次的 成分 分解結果에 따라 車에 振動을 주는 第一 큰 要因은 1次成分이라고 알려졌으며 騒음을 일으키는 것은 4次~7次 사이의 成分이라고 알게 되었다.

또한 우리는 타이어 內部的 剛性的 差로 생기는 不良은 타이어 사이드 部分의 두께 不良, 카카스의 두께 및 接合不良 등이고, 外徑의 치수 不良은 트레드 두께 및 길이의 不良에 基因한다는 것을 알게 되었다. 이러한 不良들은 이 Uniformity machine에 붙은 Grinder로 트레드 部分을 조금 削아냄으로써 修正할 수 있다.

2. 研究의 目的과 範圍

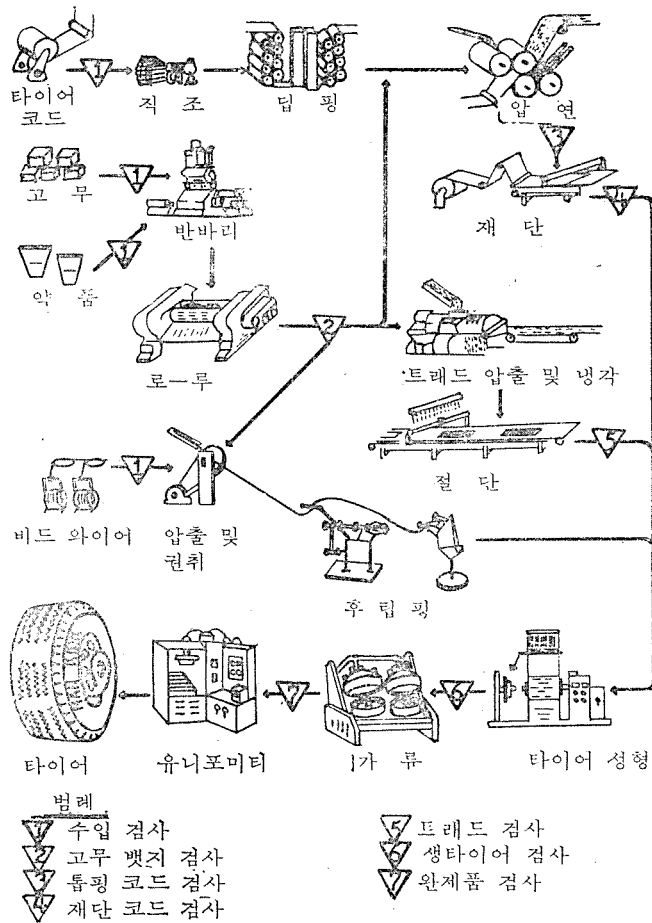
이상 序論에서 說明한 바와 같이 Uniformity (均一度)는 그 品質에 對해 좋은 評判을 얻기 위해서는 너무나도 중요한 것이다. 따라서 大部分의 타이어 製造會社들은 勿論, 自動車 메이커도 이 Uniformity를 測定하기 위하여 Uniformity 測定 및 評價機를 裝備하고 自己製品의 Uniformity를 向上시켜 그 製品들이 需要者의 合格規格안에 들도록 努力하게 되었다. 例를 들면 日本의 도요다 自動車의 R.F.V 合格水準은 11.5kg 이다.

그러나 生産中인 모든 타이어의 Uniformity를 制定하기 爲하여는 機械能力에 限界가 있으므로 여러 臺의 測定機가 必要하게 되었다. 따라서 機械間에 또는 測定時間 사이에 機械精度에 變化가 생겨 올바른 判定을 내리지 못하는 경우가 자주 發生하게 된다. 즉 測定の 基準이 變할 수 있는 可能性이 생긴다는 뜻이다.

따라서 各 Uniformity 測定期間의 精度差를 調整하고 그 差異가 정말 뜻이 있는가, 없는가를 判定해주어야 될 必要가 자주 發生하게 된다. 이러한 測定機의 機械效率(즉, 測定值의 正確度)을 評價하기 위해서 우리는 다음과 같은 절차를 遂行했다. 먼저 힘의 變動이 크고작은 各 各 다른 타이어 10個를 고른다. 이 마스터(Master) 타이어는 時差間의 正確度變化를 알기 위하여 매우 良好한 狀態에서 保管되어야 하고 週期的으로 Uniformity를 測定한다. 여기서는 機械間的 效率의 差를 檢査하기 위하여 이 Master Tire를 차례대로 양쪽 機械에 걸어서 測定值를 求하였다. 이렇게 求한 데이터로 分散分析의 技法을 使用하여 問題를 解決하였다. 그러나 여기서는 同一한 內容이므로 R.F.V에 對하여서만 分析하고자 한다. 아래 實驗計劃에 表示된 것이 問題 解決 및 結論抽出과 評價를 위한 信賴區間을 決定하는 方法이다.

(1) 타이어 製造工程

먼저 타이어 製造에 對한 專門知識이 없는 분을 위하여 理解를 돕고자 간단히 製造工程을 說明해보기로 한다. 그림 3에서 타이어 製造工程



〔그림 3〕 타이어 製造工程 및 品質管理要素

과 그 品質管理要素를 概略的으로 表示한 바와 같이 原副材料, 즉 고무, 카본블랙, 藥品 등은 收入檢査를 거쳐 自動秤量되어 混練機로 運搬된다. 이 반바리(Banbury) 混練機는 必要한 材料를 混練하여 配合고무를 만들어 必要한 부서로 보낸다. 즉, 코드 壓延, 비드 製造, 트레드 押出 등에서는 各各 必要한 配合고무를 數臺의 로라에 이긴 다음 各機械에서 直接 加工하여 必要한 形狀을 만들게 되고, 그 半製品의 品質을 檢査하게 된다. 壓延機에서는 繼續的으로 鐵이나 纖維로 만들어진 코드지 위에 고무를 兩面으로 壓搾 塗布한 다음 β-ray 또는 X-ray 計器로 그 두께를 測定한다. 壓延된 코드지는 裁斷機로 보내 必要한 길이와 幅 및 角度로 切斷한다.

이 材料들이 타이어의 카카스와 브레카의 部品이 되는 것이다. 또한 비드를 만들기 위해서는 물에 감겨진 철사를 押出機 속에 通過시켜 配合고무를 接着시켜 一定한 形으로 만든 다음 감아서 圓形이 되도록 切斷한다. 押出에서는 이겨진 配合고무를 押出機에 投入, 押出하고 冷却한 다음 定해진 길이대로 切斷한다. 이렇게 만들어진 모든 部品들은 成型機로 보내서 生타이어를 만들게 된다. 이렇게 해서 만들어진 依하여는 自動加黃機에 올려져 熱과 壓力에 生타이어 加黃되어 可塑性體로부터 彈性體로 바뀌어지게 된다. 이 加黃工程에서 타이어의 形態와 크기를 決定해주는 것은 몰드라는 金型이다. 加黃이 完了되면 만들어진 타이어는 膨脹機에 올려

<表 1>

R.F.V의 反復이 있는 分散分析을 위한 데이터

타이어 : 175SR14 單位 : kg

마스터 타이어 번호 측정 회수		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
測定機	N1	14.6	18.0	10.0	13.5	17.1	9.5	12.7	12.4	13.4	14.0
	N2	14.0	17.4	8.8	12.5	16.5	9.8	13.4	12.6	12.5	12.0
	N3	14.5	17.6	9.2	12.5	17.0	10.2	13.6	12.5	12.8	13.0
	N4	16.0	17.0	9.5	12.5	16.7	10.0	13.5	12.2	12.5	12.5
	N5	15.7	17.0	9.3	12.0	17.2	10.4	12.5	12.0	13.5	13.0
	N6	15.0	17.1	9.7	11.5	17.2	10.3	12.9	12.3	13.0	12.0
	N7	14.6	17.3	9.9	12.4	17.1	9.7	13.4	12.5	13.3	13.5
	N8	14.4	17.6	9.5	12.1	17.5	9.8	13.6	12.8	12.9	12.0
	N9	14.2	17.4	10.1	11.6	17.3	9.9	13.5	12.5	13.0	12.0
	N10	14.8	17.1	9.7	12.1	16.9	9.8	13.0	12.4	13.4	12.0
	合計	147.8	173.5	95.7	122.7	170.5	99.4	132.1	124.2	130.3	126.0
平均	14.8	17.4	9.6	12.3	17.1	9.9	13.2	12.4	13.0	12.6	
分散(s ²)	0.633	0.320	0.397	0.563	0.291	0.283	0.401	0.220	0.365	0.737	
標準機	M1	12.1	15.8	9.4	11.7	15.4	8.7	11.4	11.3	10.9	12.6
	M2	12.7	15.1	9.1	11.2	14.2	8.4	11.3	11.2	11.0	10.8
	M3	12.9	14.9	9.3	11.7	14.7	7.9	11.7	11.3	11.1	10.4
	M4	12.2	14.8	9.1	11.5	15.3	8.8	12.2	11.2	11.3	11.1
	M5	12.0	15.4	9.2	11.5	14.8	8.5	11.9	11.1	11.8	11.1
	M6	12.8	15.2	8.8	10.9	15.0	8.9	12.3	10.8	11.3	10.3
	M7	12.1	15.3	8.9	10.7	14.9	8.5	11.8	11.2	11.4	11.8
	M8	12.4	15.7	10.1	11.3	15.4	8.3	11.7	10.7	11.3	11.1
	M9	12.7	15.3	10.3	11.0	15.1	8.4	11.8	11.0	11.2	11.7
	M10	12.5	15.5	10.0	10.9	15.2	8.1	12.4	10.9	11.1	10.3
	合計	124.4	153.0	94.2	112.4	150.0	84.3	118.5	110.7	112.4	111.2
平均	12.4	15.3	9.4	11.2	15.0	8.4	11.9	11.1	11.2	11.1	
分散(s ²)	0.327	0.319	0.526	0.356	0.371	0.286	0.362	0.211	0.250	0.742	

져 膨脹된 다음 끝손질 部分으로 옮겨져 마무리 된 다음 品質管理員에 依하여 最終檢査를 받게 된다. 最終적으로 販賣可能與否를 判定하기 爲하여 앞에서 말한 Uniformity 檢査를 하게 된다.

機械間에 精度差가 있는가를 分析하기 爲해 準備되었다. 이 데이터들은 表 1에 各機械別 마스터 타이어 別로 그 R.F.V가 測定回數別로 區分集計되었다.

3. 實驗計劃

(1) 데이터의 說明

먼저 10個의 마스터(master) 타이어를 각각 測定하려고 하는 測定機와 比較하려고 하는 標準機에 건다. 다음 各 마스터 타이어에 對하여 10번씩 R.F.V를 測定하여 記錄한다. 따라서 各 機械마다 10個의 마스터 타이어로부터 100個씩의, 즉 2臺의 機械로부터 200個의 데이터가 두

(2) 統計的 方法

表 1에 나타난 測定值의 變位는 단지 各各의 母集團의 變位와 恒常 나타나는 實驗誤差뿐 아니라 各 마스터 타이어의 特性差로부터 오는 差異(1次變數)와 機械間의 精度差로부터 오는 데이터의 差異(2次變數)로부터도 온다고 볼 수 있겠다. 따라서 당연히 이 問題를 解決하기 爲한 分散分析을 效果적으로 遂行하기 爲해서는 反復이 있는 二元配置 分散分析法을 採擇하지 않으면 안 된다. 왜냐하면 平均間의 差異를 檢定하

<表 2> 測定値와 平均値와의 差로 만든 度數分布表

級	間	中位數	頻 度 數	度 數	累 積 度 數	相 對 累 積 度 數
-0.95	-0.75	-0.85	///	3	3	3%
-0.75	-0.55	-0.65	////	9	12	12
-0.55	-0.35	-0.45	/////	10	22	22
-0.35	-0.15	-0.25	//////	15	37	37
-0.15	0.05	-0.05	///////	20	57	57
0.05	0.25	0.15	///////	19	76	76
0.25	0.45	0.35	///////	15	91	91
0.45	0.65	0.55	////	4	95	95
0.65	0.85	0.75	///	0	95	95
0.85	1.05	0.95	///	2	97	97
1.05	1.25	1.15	///	2	99	99
1.25	1.45	1.35	/	1	100	100

$s=0.4324$ $\bar{x}=-0.018$

-0.95	-0.75	-0.85	///	2	2	2
-0.75	-0.55	-0.65	///	3	5	5
-0.55	-0.35	-0.45	////	8	13	13
-0.35	-0.15	-0.25	/////	20	33	33
-0.15	0.05	-0.05	///////	23	56	56
0.05	0.25	0.15	///////	18	74	74
0.25	0.45	0.35	///////	12	86	86
0.45	0.65	0.55	////	10	96	96
0.65	0.85	0.75	///	2	98	98
0.85	1.05	0.95	/	1	99	99
1.05	1.25	1.15	///	0	99	99
1.25	1.45	1.35	///	0	99	99
1.45	1.65	1.55	/	1	100	100

$s=0.3876$ $\bar{x}=0.03$

여기서 $\bar{x} = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i}$

$$s^2 = \frac{\sum f_i x_i^2 - (\sum f_i x_i)^2 / \sum f_i}{\sum f_i - 1}$$

는 데 쓰기 위한 實驗誤差의 가장 適合한 推定은 同一한 條件下에서 反復되는 測定에서 단이 求해질 수 있기 때문이다. 이 反復測定은 더욱더 充實하게 데이터를 分析할 수 있도록 해준다. 따라서 이 表에는 2個의 行, 10個의 列 및 10번의 反復이 各各 表示되어 있다고 볼 수 있다. 마스터 타이어의 R.F.V에 對한 機械別 測定效率, 즉 精度差를 比較하기 위한 分散分析을 實施하기 위하여는 3가지의 前提條件이 必要하게 된다. 즉 母集團의 正規分布, 分散의 同一性, 獨立된 觀測이다. 여기서 觀測, 즉 測定은 各 마스터 타이에 對하여 獨立의 反復되었으나 正

規性和 分散의 同一性은 아직 모호하다. 따라서 첫번째로 度數分布表로부터 막대 그래프를 그린 후에 正規分布表 3 으로부터 正規曲線을 그린 후에 相對累積度數를 確率紙에 表示하여 正規性を 檢定하였다.

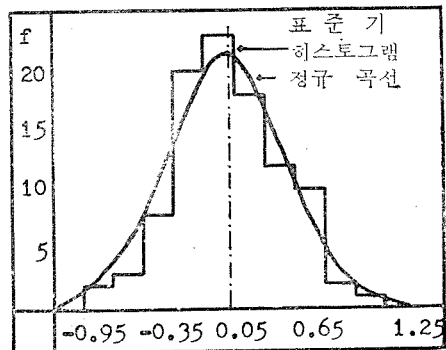
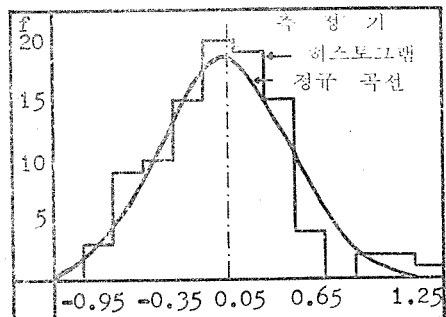
다음 各 마스터 타이어 그룹의 分散의 同一性を 調査하기 爲하여 코크란 試驗(Cochran's Test) 과 하트리 試驗(Hartely's Test)을 實施하였다. 두 調査의 結果로서 各 마스터 타이어의 固有의 特性差를 除外한 R.F.V는 正規分布를 하고 있다고 推測할 수 있게 되었으며 各마스터 타이어의 그룹間的 分散은 역시 同一하다는 것을 알게 되어 分散分析이 可能하게 되었다.

이러한 分析을 實施한 후 實使用을 위해 두 機械의 精度測定效率이 顯著한 差異가 있는가를 쉽게 判別할 수 있도록 信賴限界를 表示해준 圖表를 그려 結論을 誘導하였다.

(3) 分析과 結果

1) 平均과 標準偏差를 計算하여 같은 表 1에 整理하였다.

2) 正規性的 檢定: 正規性的 檢定은 測定받는



[그림 4] 正規曲線과 히스토그램

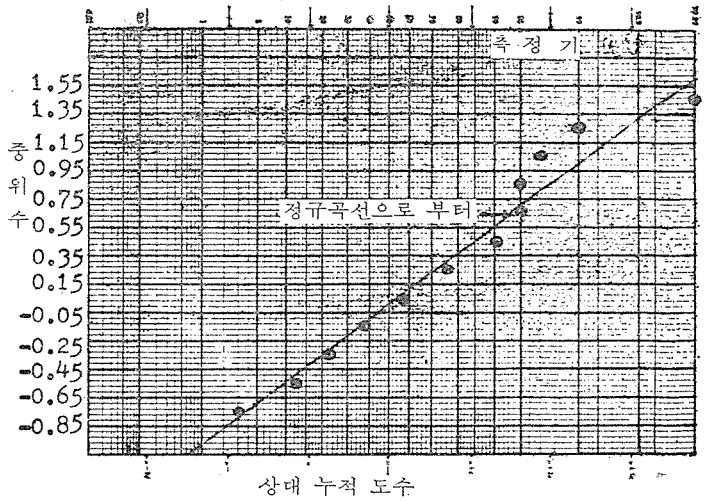
機械와 標準機別로 別도로 區分, 다
음과 같이 實施하였다.

① 各列에서 測定値로부터 그 列
의 平均値를 빼서 각각 다른 마스터
타이어의 特性을 除外시킨 實驗誤差
를 얻어낸다. 이 얻어진 데이터로부터
히스토그램을 그리기 위하여 級
間間隔을 (最大値-最小値)÷
√觀測回數의 式을 使用, 計算함으로
써 각각 0.2라는 것을 알고 이것을
整理하여 表 2와 같은 두 개의 度數
分布表를 作成하였다.

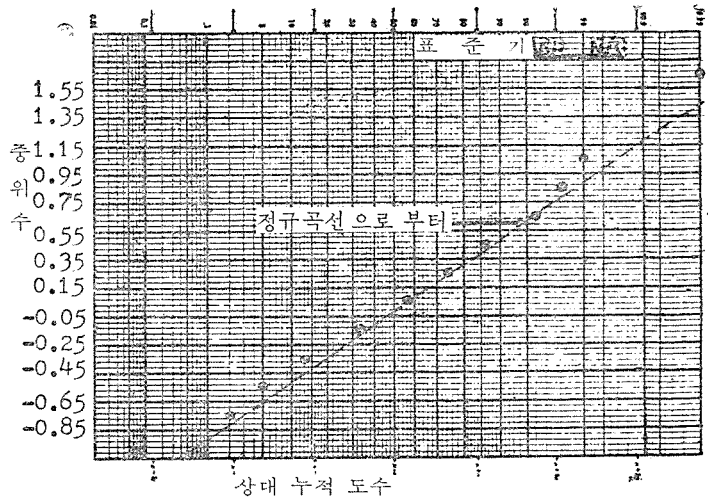
② 이 度數分布表로부터 그림 4와
같이 두 개의 히스토그램이 그려졌다.
그러나 이 히스토그램으로서는
마지막 部分의 度數가 없어 그림이
건너 뛰고 있기 때문에 正規分布의
與否를 알기에는 觀測數가 적어 그
評價에 약간 問題點이 있게 된다.

이를 解決하기 위하여 $(X_i - \bar{X})/S$ 식
으로 正規分布値를 計算하여 X_i 와
 X_{i+1} 사이의 確率을 찾아냈다. 다
음 豫想頻度數를 計算하기 위하여 總
頻度數를 곱하였다. 이렇게 얻어진
正規曲線上的 豫想頻度數를 그림 4
의 히스토그램 위에 表示하여 比較하
였으나 역시 正規性은 不分明하였다.

③ 이 正規性을 確實히 究明하기
위해 表 2의 中位數와 그 相對累積
度數를 正規確率紙에 표정하여 그어
진 直線이 바른가를 檢討하였다. 그림 5-1과 5-
2에서 보여주는 바와 같이 各點을 連結한 線分
은 거의 直線을 이루고 있어 正規性이 있다고 判
定할 수 있었다. 나아가서 그 事實을 더욱 明白
히 하고자 그 線分이 正規直線에 얼마나 近接하
는가를 統計的으로 留意시키기 爲해 “카이 自乘試
驗(Chi-square Test)”을 實施하였다. 그 結果는
表 3에서 보여주는 바와 같이 測定받는 機械에서
計算値는 $X_C^2 = \sum(0-E)^2/E = 16.23$ 과 標準機에서
5.69가 나왔다. 카이 自乘表에서 自由度 d.f
=11이고 有意水準 $\alpha=0.05$ 일 때 그 값은 19.68
이므로 計算値 X_C 가 表의 X_i 보다 작아서 그 값
들이 有意的으로 큰 差異가 없다는 것을 알게 되



[그림 5-1] 正規確率紙에 의한 正規性檢定



[그림 5-2] 正規確率紙에 의한 正規性檢定

어 各 마스터 타이어의 特性을 除外한 R.F.V의
값들은 大略 正規分布를 하고 있다는 것을 確認
하게 되었다.

3) 다음 두번째의 前提條件인 各機械에 對한
R.F.V의 分散의 同一性을 鑑定하기 爲해 表 4-1
및 4-2와 같이 코크란 試驗과 하트리 試驗을 實
施하였다.

① Cochran 試驗

假說: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_{10}^2$

試驗式: $c = \text{最大 } s_i^2 / \sum s_i^2$

結果: 假說 H_0 를 認定, 즉 모든 分散은 同
一, 즉 10個의 各 母集團은 共通 標準偏差
를 갖고 있다.

<表 3>

正規分布曲線에 대한 適合度(카이自乘테스트)

	X_i	Z_c	Pro($\langle Z \rangle$)	Pro($X_i \langle Z \rangle X_{i+1}$)	Exp. Freq.	Obs. Freq.	$(o-E)^2/E$
측 정 기	-0.95	-2.155	0.0154	0.0301	3.01	3	0
	-0.75	-1.693	0.0455	0.0638	6.38	9	1.07
	-0.55	-1.230	0.1093	0.1113	11.13	10	0.11
	-0.35	-0.768	0.2206	0.1577	15.77	15	0.04
	-0.15	-0.305	0.3783	0.1853	18.53	20	0.12
	0.05	0.157	0.5636	0.1688	16.88	19	0.26
	0.25	0.620	0.7324	0.1275	12.75	15	0.39
	0.45	1.082	0.8599	0.0795	7.95	4	1.96
	0.65	1.545	0.9394	0.0378	3.78	0	3.78
	0.85	2.007	0.9772	0.0160	1.60	2	0.10
	1.05	2.470	0.9932	0.0051	0.51	2	4.35
1.25	2.932	0.9983	0.0027	0.17	1	4.05	
$X_i(d.f.=11)=19.68$							$X_c=16.23$
표 준 기	-0.95	-2.373	0.0089	0.0225	2.25	2	0.03
	-0.75	-1.857	0.0314	0.0587	5.87	3	1.40
	-0.55	-1.341	0.0901	0.1132	11.32	8	0.97
	-0.35	-0.825	0.2033	0.1750	17.50	20	0.36
	-0.15	-0.310	0.3783	0.2049	20.49	23	0.31
	0.05	0.206	0.5832	0.1810	18.10	18	0
	0.25	0.722	0.7642	0.1283	12.83	12	0.52
	0.45	1.238	0.8925	0.0674	6.74	10	1.58
	0.65	1.754	0.9599	0.0285	2.85	2	0.25
	0.85	2.270	0.9884	0.0090	0.90	1	0.02
	1.05	2.782	0.9974	0.0021	0.21	0	0.21
1.25	3.302	0.9995	0.0005	0.05	0	0.05	
$X_i(d.f.=11)=19.68$							$X_c=5.69$

② Hartely 試驗

結果: 假說 H_0 를 認定, 코크란 試驗과 같은 結論을 얻었다.

假說 $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_{10}^2$

試驗式: $F = \text{最大 } s_i^2 / \text{最小 } s_i^2$

<表 4-1>

코크란 試驗의 結果

기 계	i	최 대 분 산	분 산 의 합 계	C cal.	C tab.	결 과
측 정 기	10	0.737	4.210	0.175	0.2439	현저하게 다르지 않다
표 준 기	10	0.742	3.750	0.197	0.2439	현저하게 다르지 않다

C 表: Cochran 試驗의 臨界值, $K=10, d.f.=9 \rightarrow 9.91$ 일 때 有意水準 $\alpha=0.05$

<表 4-2>

하트리 試驗의 結果

기 계	i	최 대 분 산	최 소 분 산	F cal.	F tab.	결 과
측 정 기	10	0.737	0.220	3.35	9.91	현저하게 다르지 않다
표 준 기	10	0.742	0.211	3.52	9.91	현저하게 다르지 않다

H 表: Hartely 試驗의 臨界值, $K=10, d.f.=9.91$ 일 때 有意水準 $\alpha=0.05$

위의 두 試驗에 의해 두 번째의 條件, 分散의 同一性은 만족되었다.

<表 5>

각 마스터 타이어에 對한 機械別 測定值의 合

기 계	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	合 計
측 정 기	147.8	173.5	95.7	122.7	170.5	99.4	132.1	124.2	130.3	126.0	1322.2
표 준 기	124.4	153.0	94.2	112.4	150.0	84.3	118.5	110.7	112.4	111.2	1171.1
합 계	272.2	326.5	189.9	235.1	320.5	183.7	250.6	234.7	242.7	237.2	2493.3

(4) 分散分析에 依한 平均의 檢定

위 (2)項 및 (3)項의 結果에 依해 分散은 正規分布이고 分散은 同一하므로 이제 分散分析에 依해 각각 다른 마스터 타이어와 各機械間의 平均의 差가 있다, 없나를 比較할 수 있게 되었다. 먼저 앞에서 주어진 데이터들은 20個의 母集團으로부터 크기가 10인 標本으로 간주될 수 있어 一元配置의 分散分析을 實施하였다. 여기서 우리는 20個의 그룹內에서 測定된 平均의 分散을 그룹內의 分散과 比較함으로써 20個 母集團의 平均이 같다는 假說을 檢定할 수 있게 된 것이다. 또 1回觀測을 하는 二元配置 分散分析을 使用함으로써 平均의 差異를 알아볼 수도 있게 되었다. 따라서 表 2에 表示한 바와 같이 各機械別 마스터 타이어別로 20個의 合을 적어 넣고 이것을 1回觀測을 하는 二元配置의 分散分析 데이터로 간주하여 다음과 같은 計算을 實施하였다. 먼저 表 1의 自乘合을 計算하였다.

$$(14.6)^2 + (14.0)^2 + (14.5)^2 + (16.0)^2 + (15.7)^2 + (15.0)^2 + (14.6)^2 + (14.4)^2 + (14.2)^2 + (14.8)^2 + (12.1)^2 + (12.7)^2 + \dots + (10.3)^2 - (2494.3)^2 / 200 = 32246.5 - 31107.7 = 1138.8$$

다음 表 5의 20個 集團으로부터 自乘合을 아래와 같이 計算하였다.

$$(147.8)^2 / 10 + (124.4)^2 / 10 + (173.5)^2 / 10 + \dots + (111.2)^2 / 10 - (2494.3)^2 / 200 = 32213.6 - 31107.7 = 1105.9$$

이 結果 表 6에서 보는 바와 같이 F율의 有意値는 20個 母集團의 平均이 分明히 같지 않다는 判定을 하고 있으므로 우리는 表 5의 데이터, 즉 10個의 合計値를 基本 데이터로 二元配置法에 依해 評價하고 그 結果를 表 7에 表示하였다. 즉 列의 自乘合을 다음과 같이 計算하였다.

$$(1322.2)^2 / 100 + (1171.1)^2 / 100 - (2494.3)^2 / 200 = 31196.88 - 31107.66 = 89.2$$

(註: 合計 1322.2와 1171.1은 原來의 100個 데이터

의 合이고, 合計 2494.3은 原來의 200個 데이터의 合이다.)

다음 行에 對한 自乘合을 計算하면: $(277.2)^2 / 20 + (326.5)^2 / 20 + (189.9)^2 / 20 + \dots + (237.2)^2 / 20 - (2494.3)^2 / 200 = 32082.03 - 31107.66 = 974.37$ 그리고 잔차로서 求해진 교호는 $1105.9 - 89.2 - 974.4 = 42.3$ 지금까지의 計算으로서 우리는 自乘合을 4가지의 種類로 區分할 수가 있다.

- ① 그룹內의 自乘合: 20個의 각각 다른 母集團의 分散을 測定하고 있음
- ② 列의 自乘合: 列間, 즉 機械間의 變化를 測定하고 있음
- ③ 行의 自乘合: 行間, 즉 마스터 타이어間의 變化를 同一하게 測定하고 있음
- ④ 相關에 對한 自乘合: 列 및 行 效果에 對한 부가성의 不足(즉 測定回數가 적은 것)을 測定하고 있음

여기서 우리는 主效果列(機械間)의 平均에 對

<表 6> 一元配置 表

변동원인	자승합의 계	자유도	변동합의 평균	F계산치 F수호치
평균의 변동	1105.9	19	58.2	$\frac{319.7F}{(19, 180)} < 1.66$
그룹안의 변동	32.9	180	0.182	F계산치 > F수호치
합 계	1138.8	199		

<表 7> 二元配置에 의한 分散分析

변동원인	자승합의 계	자유도	변동합의 평균	F계산치	F수호치
열평균 (기계간 변동)	89.2	1	89.2	217.0	$F(1, 180) < 3.92$
행평균 (마스터 타이어간 변동)	974.4	9	108.3	263.5	$F(9, 180) < 1.96$
교 호	42.3	9	4.7	25.835	$F(9, 180) < 1.96$
소 계	1105.9	19	0.182		
그룹안의 변동	32.9	180			
총 계	1138.8	199			

하여 큰 差異가 있는가 없는가를 알고자 하므로 말하자면 두 機械間의 非同一性을 찾고자 하므로 그룹間 平均으로서 列에 對한 自乘合을 比較할 수 있으므로 列에 對한 自乘合을 行의 自乘合(즉 그룹간의 自乘合)으로 나누어 表 8과 같은 計算結果를 얻었다. 값은 基準値보다 훨씬 컸으므로 두 대의 Uniformity machine의 平均은 같지 않다는 結論을 내릴 수 있었다. 다음 Uni-

formity machine과 마스터 타이어間에서 相關의 有無를 試驗하고자 相關自乘合을 그룹안의 自乘合으로 나누어주었으나 역시 結果는 매우 有意的이었다. 따라서 machine과 마스터 타이어間에 相關의 存在는 없다고 이야기할 수 있다. 위 두 개의 檢定에 對한 最終結論으로서 試驗받는 Uniformity機의 測定은 正確히 타이어 Uniformity를 測定하기에는 바람직하지 못한 狀態에 있

<表 8>

測定機의 R.F.V平均과 標準機의 R.F.V平均의 差

기 계	공 식	마스터 타이어의 평균										평 균
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
측 정 기	$\bar{X}_{grand} \pm t S\bar{x}$ (d.f.=90)	14.8	17.4	9.6	12.3	17.1	9.9	13.2	12.4	13.0	12.6	13.23
시 험 기	$\bar{X}_{grand} \pm t S\bar{x}$ (d.f.=90)	12.4	15.3	9.4	11.2	15.0	8.4	11.9	11.1	11.2	11.1	11.70
측정기-시험기		2.4	2.1	0.2	1.1	2.1	1.5	1.3	1.3	1.8	1.5	1.53

다는 것을 알았고, 이 機械는 반드시 再檢査되고 再調整되어 使用에 異狀이 없게 되어야 한다.

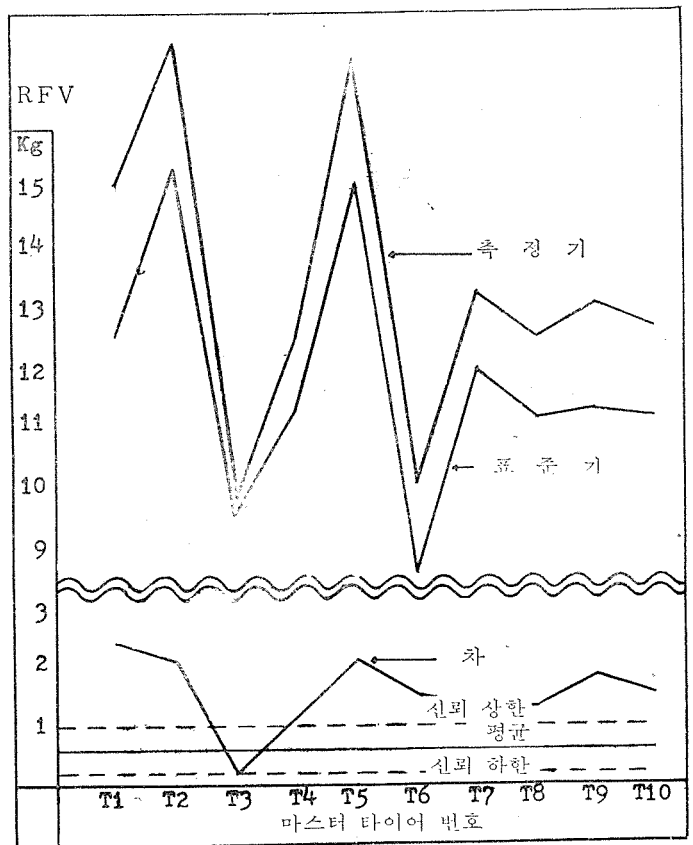
(5) 그래프의 作成

1) 前項과 같은 分散分析의 結果 全母集團의 推定된 標準偏差를 引出할 수 있게 되었다. 즉 그룹안의 標準偏差를 마스터 그룹의 測定數의 제곱根으로 나누어주었다. 다음에 追加하여 R.F.V의 平均의 分散에 對한 平均 및 信賴上限, 信賴下限은 다음 計算과 같이 母集團의 標準偏差를 使用하여 計算하였다.

$\bar{R}=3.08 \times \sigma$ (測定數 10個일 때), 信賴下限 = $1.67 \times \sigma$ 信賴上限 = $4.79 \times \sigma$ ($\sigma = s / \sqrt{n} = 0.134$)

計算結果 $\bar{R}=0.415$ L.C.I = 0.223 및 U.C.L = 0.641 여기서 注意할 것은 3.08, 1.67과 4.79는 工程標準偏差로서 表示된 95% 管理限界表로부터 求해진 數值이다.

2) 다음 標準機의 R.F.V의 平均値로부터 시험받는 機械의 R.F.V 平均値를 빼서 두 平均의 差異를



[그림 6] 標準機와 測定機間의 Uniformity정도의 差

表 8 과 같이 表示하였다.

3) 위와 같은 計算結果로서 그림 6 과 같은 그 래프를 그렸다. 이 그래프에는 10가지 마스터 타이어의 差異와 母集團의 標準偏差에서부터 求해진 95% 信賴限界를 알 수 있게 그려져 있다. 또한 두 機械間의 差異가 統計的으로 大差없다는 判定을 받기 爲해서는 즉 信賴限界內에 들기 위해서는 적어도 信賴上限인 0.967보다는 적어야 한다는 것을 圖示해주고 있다고 하겠다.

4. 結 論

타이어 Uniformity에 對한 本研究 結果로서 다음과 같은 結論을 내리고자 한다.

(1) 각 마스터 타이어에 對한 各機械의 R.F.V의 모든 差異는 信賴上限 0.967 및 信賴下限 0.337 사이에 있어야만 標準機와 試驗받는 機械의 精度測定 수행에 差異가 없다고 確認할 수 있다.

(2) 각 마스터 타이어의 同一機械에 對한 時差別 精度變化도 이러한 實驗과 같은 方法으로 그 差異를 分析할 수 있다.

(3) 주어진 데이터의 分析結果로 각 마스터 타이어의 Uniformity 平均의 差異는 현저하게 다르며, 마스터 타이어와 機械間에 相關은 없다. 즉 標準機에서 Uniformity가 나쁜 타이어는 測定받는 機械에서도 나쁜 結果를 가져오게 된다는 것을 알았으며 決定的으로 本研究에서 試驗받는 機械의 Uniformity 平均은 標準機의 結果에 비해 현저하게 다르다. 즉 平均의 差異가 信賴區間을 넘고 있으므로 이 機械는 앞으로 Uniformity를 正確하게 測定하고 그 結果를 判定하기 위해서는 再點檢되고 再調整되어야 한다는 結論을 얻었다.

5. 參 考 文 獻

1. Conover W.J. *Nonparametric Statistics*, New York: John Willy & Sons Inc. Page-186 to 202.
2. E.Kreyszig. *Advanced Engineering Mathematics*, Third Edition, John Willey & Sos

- Inc. 1972. Chapter 9 Page 377 to 383.
3. F.J.Kovac. *Tire Technology*, Fourth Edition, The Goodyear Tire & Rubber, Company, 1973 Chapter I, Page 1 to 2, Chapter VI Page 89 to 93.
4. H.De Jonge, (*Introduction to The Medical Statistics*), Leiden: Netherland Institute for Preventive Healthy 1963, Table H. Page 363.
5. K.A. Brownlee, M.A. *Industrial Experimentation*, Second Edition, London: His Majesty's Stationary office 1947, Chapter-VII, Page 46 to 52 and Chapter XI, Page 77 to 99.
6. *Text Book of International Course on Industrial Quality Control*, Rotterdam: Bouwcentrum International Education, Chapter B2-2 Page 9 to 11, Chapter B2-11 Page 1 to 4.
7. W.J. Dixon, F.J. Massey. *Introduction to Statistical Analysis*, Third Edition, McGrawhill Kocakusa Ltd, Chapter 10 Page 156 to 180, Chapter 3 Page 28 to 32, Chapter 5 Page 63 to 69, Chapter 16 Page 323 to 325, and Table A-4, A-5, A-6, A-7, A-17.
8. J.H. Kim. (*Journal of the Korean Society for Quality Control*), Vol. 5, No. 2, 1977, Page 59 to 120.
9. Kazumasu Genne, *Tire Uniformity and Production Engineering for Its Achievement*. Japan, 1972.
10. Pamphlet of Kobe Steel, *Tire Uniformity Grading Machine*. (1976) Page 8.
11. *Report of Vehicle Dynamic Committee and Tire Committee*, February 1972 SAE J332a.
12. *Standard of Test Procedure for Automobile Tire Uniformity*. JASOC 607-74 Japan, 1974.
13. *Tire Pattern Digest*, Hankook Tire Mfg. Co. 1974 Page 3.
14. *Tables and Nomograms of B.I.E.*, Rotterdam: Netherland, Table 4.1 and Table 1.