

새마을 簡易給水施設用 硬質 PVC 管

盧 益 三*

1. 序 言

새마을 事業은 오랜 歲月에 걸쳐 停滯해 있던 우리 農漁村에 革新의 바람을 몰고 왔으며 所得 增大事業을 展開하는 한편 生活環境과 營農環境 改善을 또 하나의 큰 目標로 設定하고 있다. 이 중에서 生活環境改善의 一環으로 農村簡易給水 施設 即, 새마을簡易上水道施設을 積極的인 政府支援下에 活發히 推進하고 있다.

全國의 水道給水率은 간이 上水道施設을 포함 하여 50.5%(1975)이며 이것을 都市와 農村의 人口別로 보면 都市가 85.7%의 給水率을 나타 내는 반면 農漁村은 不過 16.6%에 지나지 않고 있다.

現段階에서 보면 全體 農漁村人口의 約 80%가 그들의 飲料水를 우물물에 依存(手動펌프를 포함)하고 있다.

물론 우물물이라 하여 非衛生的이라고 단정할 수는 없지만 대개는 오염의 우려가 크고 또 農村의 우물은 거의가 淺井이며 構造上으로 防水壁, 뚜껑, 배수반, 오염원과의 거리, 취수형태 등의 缺點이 많아 이를 改良하거나 簡易給水施設로 對策하지 않으면 안될 형편이다.

現在 우리나라의 農漁村自然部落數는 54,461(人口: 14,354,317)이고 76년까지 簡易給水施設을 設置한 部落數는 12,450이며 77년에서 81년까지 設置計劃된 部落數는 20,427로 集計되고 있다.

현재 농어촌에 設置되고 있는 간이상수도시설은 거의 모든 경우에 있어 급수전의 水壓이 정수두 15~20m 정도이며 施設규모를 보게되면 급수대상인원으로서 5,000~250명 정도이나 大部分의 경우 1,000~250명의 범위를 벗어나지

않고 있다. 여기에 사용되는 급수관은 거의 大部分 PVC管이다. PVC管은 鋼鐵管에 비해 값이 싸고 施工이 간편하며 耐久性이 좋기 때문에 都市의 上水道 水道管으로서 近來에 많이 利用되고 있으며 새마을 급수시설용으로서는 價格面에서 더욱 有利하다. 그러나 現在 使用되고 있는 水道用 硬質염화비닐관은 정수두 75m를 기준으로하여 都市用으로 設計된것이기 때문에 높은 水壓에 견디게끔 되어 있다.

이를 농어촌의 새마을 간이급수시설에 使用한다면 양될것은 없지만 材料의 浪費는 물론 價格이 비싸게된다. 다시말하면 7.5kg/cm² 水壓에 對해 設計된 管을 2kg/cm²의 水壓에 使用할 必要가 없는 것이다. 이를 2kg/cm²의 水壓에 맞게 다시 설계 한다면 材料의 節約 및 施設費用의 低下를 期待할 수가 있는 것이다. 또 농어촌에서 값싼것만을 求하다 보니 一般用 PVC管을 使用하는 경우가 있다고 하는데 一般用 PVC管中 얇은 管은 管두께가 얇아 값은 싸지만 上水道用으로서 水壓 및 外壓에 對해 너무 弱한것도 있고 또 衛生的으로 有毒性物質의 溶出시험은 전혀 거치지 않은 것이기 때문에 原則的으로 上水道用管으로서는 使用할 수 없게되어 있는 것이다.

以上과 같은 點을 고려하여 새마을用 PVC管의 새로운 設計가 切實히 要求되며 새로운 規格으로서 制定을 하고 이 規格에 맞는 製品을 만든다면 農漁村에 投資되는 資金을 節約할수 있고 같은 資金으로는 더많은 部落에 水道施設을 할수 있는 것이다.

이와같은 취지에 따라 昨年에 工業振興廳에서는 새마을用 硬質 PVC管의 規格制定事業을 하여 筆者가 作成한 規格案을 今年봄에 規格으로 確定하게 되었다.

*仁荷大學校 高分子工學科教授, 本學會幹事長

2. 새마을용 硬質 PVC 管規格作成의 根據와 解説

本規格을 作成함에 있어서는 既存 關聯規格 即 KS M 3401(수도용 경질염화비닐관), KS M 3402(수도용 경질염화비닐이음관) KS 3404(일반용 경질염화비닐관)에서 引用한 것이 적지 않고 특히 試驗方法은 모두 KS M 3401과 KS M 3402에 準하도록 하였다.

그러나 本規格을 作成해야 하는 가장 큰 理由의 하나가 價格低下 및 資源節約에 있는 만큼 간이 상수도로서 利用할 수 있는 機械的 強度를 維持하면서 가장 原料를 아낄수 있고 값이 싸게 되도록 치수를 定하는데 最大限의 努力을 경주하였다.

2-1 適用範圍

KS M 3401 수도용 경질염화비닐관 즉 一般水道用 PVC 管에 對해서는 정수두 75m 이하인 大都市의 上水道用 給水管으로 規定하고 있으며 따라서 安全率을 감안하여 35kg/cm^2 의 水壓에 견디도록 설계되어 있다. 그러나 大部分의 농어촌 간이上水道에 있어서의 水源의 높이는 調査結果 15~20m 이하로 되어 있음을 알았다.

따라서 本規格의 適用을 받는 새마을용 PVC 管은 정수두 20m 이하에 對해 규정을 하였다. 정수두 20m라면 壓力은 2kg/cm^2 임으로 實際設計耐水壓은 安全率을 4倍로 하여 8kg/cm^2 로 하였다.

2-2 管의 種類

管의 種類는 직관, TS 管 및 편수칼라관의 3 種類로 하였다. 종래에는 직관을 많이 사용해 왔으나 직관을 使用하는 경우에는 管을 連結함에 있어 配管現場에서 管의 한쪽 끝을 加熱하여 넓히고 다른 管을 삽입하는 스리브工法을 이용하게 된다.

이와같이 이음관을 사용하지 않는 施工現場에서의 熱間工法은 不便한 點이 많고 숙련이 必要하므로 시공경비가 많이 소요될뿐만 아니라 加熱部分이 弱해져서 쉽게 관손 또는 누수사고가 일어날 確率이 많아 近來에는 TS 管 또는 편수칼라관의 利用度가 많아지고 있어 이를 包含시켰

다. TS 管 및 편수칼라관은 直管에 비해 價格은 若干 비싸지만 不良配管의 사고를 줄이기 위해서는 새마을 간이상수도에도 이들의 使用을 권장함이 바람직 하다.

2-3 管의 色

現在 上水道用 PVC 管, 一般用 PVC 管, 同 이음관이 灰色으로 되어 있고 PVC 電線管이 黑色으로 되어 있으며 KS 規格은 아니나 체신부規格으로 電話케이블用 PVC 管이 오렌지色으로 되어 있다. 管의 色이 管의 物性에 影響을 미치는 것은 아니지만 色은 管의 種類를 區別하는데 重要한 役割을 한다. 萬一 새마을 간이상수도용 PVC 管을 一般上水道用 PVC 管과 同一하게 灰色으로 한다면 새마을용管은 一般上水道用管보다 값이 싸고 弱하기 때문에 都市의 上水道 施工業者가 새마을管을 使用하게될 우려가 많다. 따라서 가장 區別하기 쉽게 하는 方法은 色을 달리하는 것이다.

灰色以外的의 다른色으로 規定하는 경우 色의 種類는 無限히 많겠으나 顏料의 價格, 顏料의 食品衛生上 有毒性 等を 감안해야 하고 또 特定한 顏料, 例를 들면 赤色顏料인 酸化鐵같은 것은 PVC의 分解를 촉진하는 것도 있다. 이와같은 點을 고려해서 카아본블랙의 使用이 가장 無難할 것이나 이미 灰色 및 黑色은 一般上水道管, 電線管에서 이용되고 있음으로 새마을 水道管에서는 이들의 中間色인 黑灰色으로 規定하였는데 이는 小量의 카아본블랙과 若干의 靑色顏料를 混合着色함으로써 쉽게 만들수가 있다.

2-4 管의 치수

1) 呼稱지름

새마을용 PVC 管의 呼稱지름은 KS M 3401, KS M 3402, KS M 3404 등 PVC 水道管 및 一般管 또는 上水道用鋼鐵管에 이용되는 呼稱지름을 그대로 適用하기로 하였다. 이들 呼稱지름은 그管的 안지름과 근사한 값으로 되어 있다. 그러나 本 새마을 上水道管에서는 管의 두께가 다름으로 바깥지름을 표준으로 하느냐 또는 안지름을 표준으로 하느냐에 따라 바깥지름 또는 안지름이 既存의 水道管과 다르게 된다. 本새마을용 PVC 管에서는 既存 PVC 管 및 이음관을 根

互 같이 使用할수 있는 호환성을 감안하여 바깥지름을 一般上水道管과 같이 하였다. 따라서 呼稱지름과 안지름과는 若干의 差異가 생기게 된다. 그러나 이 差異는 實用面에서 問題가 되는 것이 아니므로 하등 모순이 없는 것이다. 後述할것이지만 오히려 이음관의 利用面에서 매우便利한 點이 생기게 되어 消費者保護는 勿論 製造會社에도 새로운 施設投資를 줄일수 있게 된다.

呼稱지름으로 나타낸 管의 種類는 13mm에서 100mm까지 9種의 管을 規定하였는데 새마을간이상수도 施工例를 조사한바로는 最高 100mm 管까지 使用되고 있어 이보다 더 큰 管은 이 規格에서 除外하였다. 萬一 大口徑의 管을 必要로 하는 경우가 있다면 KS M 3401 일반 상수도용 PVC 管을 使用하면 되고 既存의 이음管으로 連結이 可能하게끔 바깥지름을 定하였다.

2) 두 개

새마을용 PVC 管 規格을 作成함에 있어 가장 重要한것이 資源節約 및 價格低下에 있으므로 두께를 어떻게 規定하느냐 하는 問題이다. 價格低下와 管의 強度 (특히 耐水壓強度 및 耐外壓強度)는 서로 相反되는 關係가 있으므로 實用上 充分한 強度를 維持하면서 가장 經濟的인 管으로 만든 것이 새마을용 PVC 管 開發 및 規格作成의 目的이다.

a) 耐水壓에 對하여

管의 파괴水壓을 計算하는데는 다음과 같은 Naday式이 있다.

$$P = \frac{2ft}{D-t}$$

여기에서 P: 단시간 파괴수압 (kg/cm²)

f: 管의 주응력, 여기서는 PVC 管의 인장강도인 480 Kg/cm² 이상 (20°C 에서)

t: 管의 두께 (cm)

D: 管의 바깥지름 (cm)

이 式을 이용해서 呼稱지름 13mm~100mm 管 9種에 對해 각각 管의 두께에 따르는 파괴수압의 값을 計算한 것이 표 1이다. 이 표에서 보면 管의 두께가 2mm까지 내려가도 耐水壓強度는 充分하다는 結論이 나온다. 그러나 다음에 說明

하는 外壓이 問題가 된다.

표 1 순간파괴수압

단위 : kg/cm²

관외두께 (mm)	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
호칭지름					
13	120	154.8	196	236.5	280
16	96	123.1	154.7	185.4	217.8
20	80	102.1	127.8	152.4	178.2
25	64	83.1	101.4	120.4	140.0
30	53.3	69.0	84.0	99.4	115.3
40	41.7	53.8	65.3	77.1	89.1
50	33.1	42.6	51.6	60.7	70.0
75	22.1	28.3	34.2	40.1	46.1
100	17.1	22.0	26.5	31.0	35.6

따라서 두께의 決定은 內壓을 基準으로 하는 것 보다는 外壓을 基準으로 해서 決定하는 것이 바람직 하다.

b) 耐外壓에 對하여

圓筒 또는 管에 있어서 限界外壓력을 計算하는데는 다음과 같은 Southwell 式이 있다.

$$P_{cr} = \frac{Et^3(n^2-1)}{12r^3(1-\nu^2)}$$

여기서 P_{cr} : 限界外壓

E: 彈性係數

ν : 포아송比

r: 圓筒의 平均반지름

t: 圓筒의 두께

n: 座屈할때까지 생기는 波形的數

이 式을 利用해서 여러 呼稱지름의 管에 對해 두께를 달리 할때의 限界外壓을 計算한 값을 표 2에 나타냈다.

管을 埋設할때의 土砂의 荷重을 계산하는데는 Marston & Anderson 式을 이용하고 그 위를 車輛등이 지나갈때의 荷重을 計算 하는데는 Bousinesq 式을 사용하여 20 t 트럭이 지나 갈때의 荷重을 計算해 보면 埋設깊이를 60cm로 하였을때 土壓 및 輪壓의 合計는 1.89kg/cm²이고 1m 이상의 깊이로 埋設하였을때는 1 kg/cm² 以下の 壓力밖에 걸리지 않는다. 따라서 耐外壓의 設計는 最低 2 kg/cm² 以上이면 된다는 計算이 된다. 實際로 KS M 3401 및 KS M 3404에 있어

표 2. 限界外壓

판의두께 호칭지름	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
13	111.3	239	455.8	801	1329
16	57	120	224.3	835.8	625
20	33	68.6	126.4	214.5	343
25	16.9	34.7	63.1	105.5	166
30	9.8	19.9	35.9	59.5	92.8
40	4.7	9.5	16.9	27.7	42.8
50	2.3	4.7	8.3	13.5	20.8
75	0.7	1.4	2.4	3.9	5.9
100	0.3	0.6	1.1	1.8	2.7

서는 1.95kg/cm² 이상으로 設計되어 있다. 따라서 本 規格을 作成함에 있어서는 100mm 管에 있어서 두께를 4mm로 할때 限界耐外壓은 2.7 kg/cm² 임으로 4mm로 하면 된다. 萬一 두께를 3.5mm로 하면 1.8kg/cm²로 若干 不足하기 때문이다. 이와 같이 하여 75mm 管은 두께를 3.5mm, 50mm 管에 있어서는 3mm, 40mm 管에 있어서는 2.5mm로 하고 小口徑인 30mm~13mm 管은 모두 2.0mm로 設計를 하였다. 이와 같이 할때 管의 바깥지름 및 근사안지름은 다음 표 3과 같이 된다.

이와같은 치수로 管을 設計했을때의 耐水壓強度 및 安全係數(내수압강도/정수두압력)을 새마을水道管과 KS M 3401 一般上水道管과를 比較해 보면 표 4와 같으며 새마을水道管은 두께는 얇지만 安全係數를 볼때 一般上水道管보다 越等히 우수한 것으로 볼수 있다. 管의 重量은 바로 管의 價格과 比例하는것으로서 표 5에 比較값을 나타냈다. 보는바와 같이 既存管의 約 0.6~0.8倍로 價格도 그만큼 싸지게 된다. 그러나 實際로 給水施設을 할때는 50mm 및 75mm 管의 使用量比率이 13mm 및 25mm 이 重量으로 平均 約 80%를 點하게 되므로 平均 價格은 從前管의 約 65%밖에 안되 35%의 價格低下를 갖어 오게 된다.

2-5 이음관

前述한바와 같이 管의 치수를 定함에 있어 管의 바깥지름을 一般上水道管 (KS M 3401)과 같

표 3. 管의 치수 및 증량

단위 : mm

호칭지름	두께	바깥지름	근사안지름	관의증량 g/m
13	2.0	18	14	144
16	2.0	22	18	180
20	2.0	26	22	216
25	2.0	32	28	269
30	2.0	38	34	323
40	2.5	48	43	511
50	3.0	60	54	768
75	3.5	89	82	1344
100	4.0	114	106	1977

표 4. 耐水壓強度 및 安全係數

호칭지름	耐水壓強度 (kg/cm ²)		安全係數	
	새마을管	一般上水道管	새마을管	一般上水道管
13	120	154.8	60	20.6
16	96	151.6	48	20.2
20	80	125.2	40	16.7
25	64	117.9	32	15.7
30	53.3	97.4	26.7	13.0
40	52.7	87.3	26.4	11.6
50	50.5	77.8	25.3	10.4
75	39.3	68.2	19.7	9.1
100	34.9	63.8	17.5	8.5

備考: 安全係數의 計算은 새마을管에 있어서는 耐水壓強度/2, 一般上水道管에 있어서는 耐水壓強度/7.5로 한것임

표 5. 管의 重量

호칭지름	관의증량 (g/m)		(A)/(B)
	새마을수도관 (A)	KS M 3401 수도관 (B)	
13	144	174	0.828
16	180	256	0.703
20	216	310	0.697
25	269	448	0.600
30	323	542	0.596
40	511	791	0.646
50	768	1122	0.684
75	1314	2202	0.610
100	1977	3409	0.580

이 하였다. 이와같이 設計한 가장 큰 理由가 새마을水道管에서 이음관을 別途로 制定하지 않고도 既存의 이음관(KS M 3402)을 그대로 使用

할수 있게하기 위함이다. 이음관은 射出成型에 의해 만들어 지는것 이므로 다른 치수의 새로운 이음관을 만들고자 할때 莫大한 金型投資를 해야 한다. 따라서 이음관의 價格이 비싸지게될 우려가 있고 또 中小企業에 莫大한 施設投資를 強要하는것도 곤란하다. 따라서 當分間은 現存의 이음관을 그대로 使用할수 있게끔 고려한 것이다. 實際로 새마을 간이상수도를 施設할때 使用되는 모든 PVC 管 使用量中에서 이음관의 使用比率는 不過 1% (價格으로 換算해서) 未滿이므로 別로 問題가 되지 않는다.

2-6 管의 品質 및 試驗方法

管의 品質水準은 KS M 3401과 同一하게 하였다. 即 試驗項目으로서 引張強度, 水壓試驗, 편평試驗, 加熱針入試驗, 復元力試驗, 溶解度試驗을 모두 規定함으로서 機械的性質은 勿論 管에서 有毒性物質의 溶出如否를 檢査하여 (溶解度試驗)衛生面에서도 安全한 製品을 만들수 있게 하였다. 試驗方法도 KS M 3401의 試驗方法과 同一하게 하여 PVC管 製造業體에서 새로운 試驗施設을 不必要하게 하였다. 試驗方法中 水壓試驗은 本 規格의 管이 얇은 管이고 径수두 20m 이하에서 使用하는 管이므로 規定壓力를 8 Kg/cm²로 한것이다.

3. 本規格制定으로 얻어지는 效果

本 規格制定의 目的이 資源의 節約 및 價格低下임으로 PVC 管을 새마을용으로 使用하는데

지장없이 하고 管의 두께를 줄이므로써 새마을 사업에 소요되는 예산을 줄일수가 있게 된다.

管두께의 減少는 管重量의 減少를 뜻하는 것이며 重量減少는 그대로 價格의 減少를 뜻한다.

表5에서 보는바와 같이 一般上水道用 PVC 管(KS M 3401)에 비해 管의 重量이 0.58~0.83 倍 이므로 그만큼 價格의 低下를 가져오게 할수 있다. 表6에 管의 價格을 나타냈다.

새마을 簡易給水施設 1個所 設置에 必要한 資材中 PVC 管이 所要되는 平均길이와 金額은 다음과 같다.

		一般水道用	새마을水道用
PVC管	13mm 800m	64,000원	52,800원
	25mm 800m	164,800원	99,200원
	50mm 700m	361,200원	247,100원
	75mm 600m	607,800원	370,800원
이음관 6種	150個	12,000원	12,000원
合計		1,209,800원	781,900원

即 1個所の 새마을簡易給水施設에서 節約되는 金額은 平均 427,900원이고 77년~81년까지의 設置計劃數인 20,427個所에서 5年間 87億 4千萬원을 節約할 수 있게 된다.

本規格은 工業振興廳에 의해 곧 KS 表示公告가 나올것으로 생각되는데 새마을用 水道管의 普及로 農村에 큰 도움이 될것으로 期待한다.

표 6. 管의 價格

單位 : 원/m

호 칭 지 림	13	16	20	25	30	40	50	75	100
KS M 3401 管*	80	118	143	206	249	364	516	1013	1568
새마을用水管**	66	83	100	124	149	235	353	618	909

備考 * 77년 6월市中價

**重量으로 比較하여 換算한 추정가