

İSTANBUL METROSU 1.AŞAMA İNŞAATI METRO GÜZERGAHINDA TÜNELLERDE YAPILAN KONTROLLÜ PATLAMALAR

Hamdi TÜREDİ (*)

ÖZET

İstanbul metrosu 1. Aşama İnşaatı kapsamında bulunan metro tünellerinin inşaatı aşamasında çeşitli kazı metotları kullanılmıştır. Diğer yöntemlerle geçilemeyen andezit ve diyabaz daykları dolayısıyla meskun mahallerin altında patlama yapmak zorunda kalınmıştır. Yaşayan ev, işyeri, akan çeşme, yanan elektrik, çalışan on-line hatları ve P.TT HATLARINA ZARAR vermeden bu atışların yapılabilmesi ilave özen ve tedbirleri gerektirmiştir. Bunun için vibrasyon kontrollü patlama yapılmıştır.

İSTANBUL metrosu nüfusu hızla yoğunlaşan İstanbul'un mevcut ve gelecekteki ulaşım sorunlarını çözmeye namzet bir projedir.

İstanbul metrosu Doğu - Batı yönünde nisbeten kısa, Kuzey-Güney yönünde daha uzun olup Topkapıdan 4.Levente kadar 15.5 km. yi ve 13 istasyonu kapsamaktadır.

Yerel yönetim 1985-1988 yılları arasında Ulaştırma Bakanlığı D.L.H Genel Müdürlüğünün Parsons and Bricherhoff konsorsiyumuna hatırlattığı avan projesini baz almıştır İstanbul metrosunun yapımı için, kamulaştırma vb. gibi nedenlerden dolayı hemen başlanabilecek bölüm olarak Taksim-4.Levent arasını belirlemiştir "terel yönetim Taksim-4. Levent arasının bir aşamada inşasının güçlüklerinin gördüğü için 1. aşama olarak tanımladığı Taksim -4. Levent arasını iki ayrı yükleyiciye 1992 yılında ihale etmiştir Taksim-4. Levent arasının mühendislik hizmetlerinde 1992 Mart ayında Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. İ.G.T ' ye ihale etmiştir Proje halen devam etmekte olup ,metro tünelleri kazısında %75, istasyon kazılarında ise %65' lere ulaşılmıştır.

I .Aşama inşaatı Taksim- Şişli + Şişli - 4.Levent olarak iki ayrı firmalar gurubunca gerçekleştirilmektedir.

Metro Tünellerinin kazı metodu ve kazı yönteminin seçimi avan projede,yapı sistem önerileri mühendisçe onaylanmak kaydıyla yükleniciye bırakılmıştır

f ") İuş YuL Muh . istanbul Metout Kontrol Amin. Yıdsel Pro/e Ulitslaiaaw AŞ

Metro tünelleri iki hat olarak dizayn edilmiştir İki tünel arası net 25 m.dir. Tünel açma yöntemi olarak NATM.(Yeni Avusturya Tünel Metodu) seçilmiştir. Kazıların Chek-Hammer'larla yapılması kararlaştırılmıştır. Zaman zaman tünel açma makinaları kullanılmış ancak fizibil olmadıkları için zaman içinde terkedilmiştir.

Genel Jeoloji:

Trakya formasyonu veya grovak olarak da tanımlanan metro güzergahının geçtiği hat İstanbul paleozoik arazisinin üst birimini oluşturmakta ve genellikle İstanbul Boğazının batı yakasında (Trakya¹ da) bulunmaktadır.

Boğazın doğu yakasında Üsküdar-Kadıköy-Maltepe kıyı bölgesinde ve Beykoz kuzeyinde gözlenmektedir. Kocaeli yarımadasında Danca -Gebze-Denizliköy dolaylarında yüzeylenmektedir.

Fosfat yumrulu çörtler üzerine uyumlu olarak gelen ve yaklaşık 2000 m. kalınlığındaki kumtaşı, kıltaşı ardışımı şeklindeki istif yer yer Cebeciköy kireçtaşı ile yanal geçişli olarak yer almaktadır

Bu kırıntılı sediment istifi içerisinde onu kesen andezit ve diyabaz türünde DAYK ve stoklarda bulunmaktadır

Fliş niteliğindeki Trakya formasyonu önce Hersiniyen Orojenez döneminde ve daha sonra Alpin döneminde şiddetle deforme olmuş kırılmış, kıvrılmış, farklı doğrultularda çatlak sistemleri ve kayma düzlemleriyle parçalanmıştır.

Trakya formasyonu meydana getiren çeşitli tortul kayaç tabakalarının kalınlıkları 5 cm. ile 150 cm. arasında değişmekte kum taşlarında 250 cm,'ye kadar çıkmaktadır.

Trakya formasyonu esas olarak koyu gri -yeşilimsi -kahverengi çamur çamurtaşı, sarı, kahverengimsi -sarı kumtaşı ve kırıntılı kireçtaşı ara tabakalarından oluşur Bu arada sıkça mağmatik sokulumlara raslanmaktadır. Formasyonun egemen litolojisi çamurtaşı olup ince lamine'dir. Çamur taşının yapılan mineralojik incelemelerdeki bileşimi:

Kuvars	% 10-40
Mika	% 30 -40
Pirit kayaç tabakası	% 5 - 20

Tane çapları 40 - 50 mikron olup çok çatlaklı kıvrımlı, çatlaklar karstik ile dolguludur.

Kumtaşının yapılan mineralojik analizinde :

Kuvars	% 34
Plajiyoklas	% 8

Muskovit-Biyotit	% 4
Plütonik kayaç parçaları	% 1 -2
Metamorfik kayaç	% 1
Yardımcı mineral	% 1
Matriks	% 28
Puzzolan	% 2

Mağmatik ve Volkanizma

İstanbul Kocaeli yarımadası paleozoyik yaşlı tortul istifi İstanbul çevresinde değişik özellikli mağmatik ve volkanik kayaçlar ile kesilmiştir

Gebze çevresinde Sancaktepe Granadiyoriti, Pendik kuzeyinde Tavşantepe-Istanbul Boğazına yakın Beykoz doğusunda Çavuşbaşı Granodiyoriti, paleozoik yaşlı birim içine yerleşen kozmik, plütonik oluşumlardır Andezit-Diyabaz-Dayk-Sill ve stokları inceleme alanında görülen sığ sokulum ve damar kayaçları tüm paleozoyik yaşlı birimi kesmektedir Bu nedenle bunların bölgeye alt - orta karbonifer sonrası yerleştirdiği söylenebilir Bunların taze yüzeyleri koyu yeşilimsi - gri ve açık yeşilimsi gri renkli sıkı, sert ve çok dayanımlıdır Ayrılış yüzeyleri ise soluk yeşil veya sarımsı kahverengimsidir. Yer yer kuvars - kalsit damarlı çatlaklar pirit dolguludur 30 cm ve 7 cm kalınlıkta mikro kristalli diyabaz daykları en yaygın volkanik oluşumlardır

Gayrettepe istasyonunun orta kesimlerinden Levent yönünü doğru %35'lik bir alanı kapsayan porfirik dokulu andezit Trakya Formasyonu stok şeklinde kesmiştir

Yukarıdan anlaşıldığı üzere Trakya Formasyonu içindeki mağmatik sokulumların (andezit daykı, diyabaz daykı) kazıları Jack-Hammer 'larla ve tünel makinalarıyla yapılmayanları ise, delme patlatma ile yapılmıştır

Delme-patlatma yöntemi metro tünelleri inşaatının kazı için başvuru olan son çaresi olarak görülmüştür Diğer yöntemlerle geçilemeyen lokasyonlar delme-patlatma ile geçilmiştir

Güzergahın meskun alanlarda olması, bina, yol vb. gibi sınıai yapıların altlarında patlatma yapılırken çok dikkatli olmayı gerektirmiştir PTT Havagazı, su, kanalizasyon, On - Line sistemleri bilgisayar ağları ile donanımlı bir ortamda insanları korkutup, ürkütmeden panik yaratılmadan patlatmalar yapılmaya çalışılmıştır Patlatma sırasında oluşacak vibrasyonun limitleri için DİN, Amerikan, Fransız, İspanyol normları esas alınmış, bunlardan DİN 4150 en hassas olanı görüldüğünden vibrasyon limitleri bu norma göre belirlenmiştir

Patlatma yapma kararını müteakip öncelikle kaya vibrasyon iletim katsayısının tespiti için deneme atışları yapılmıştır. K katsayısı 50 ile 150

arasın da ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerin sonucunda $K = 96.53$ ortalama değer olarak kabul edilmiştir. Kaya vibrasyon iletim katsayısının alt ve üst limitlerinin çok fazla oluşu jeolojik formasyonun özelliğine ve ölçüm yerinin mağmatik sokulum üzerinde olması veya olmamasına bağlanmıştır. Patlatma yapılan lokasyondaki jeolojik fay çatlak sistemleri vibrasyon değerlerini 2-3 misli etkilemiştir.

Bu sıralanmalı sondajlardan çok net tespit etmek mümkün değildir. Paralel açılan tünellerde ise, bir tünelin diğerinden 20 m. ilerde veya geride olma şartı vardır. Korelasyon ile tabakalanmayı kestirmek mümkün olabilmektedir.

Vibrasyon Hesabı İçin;

$$V = K * (Q/R^{3/2})^{1/2}$$

(Langefors) formülü kullanılmıştır. (Bu formülün kullanılabilmesi için, patlatma yeri ile yapı arasında 3 delik boyu kadar mesafe olmalıdır veya aşağıdaki formül kullanılabilir;

$$V = K * (R/Q^{1/2})^{-m}$$

V = Vibrasyon hızı mm / sn.

Q = Bir gecikmedeki patlayıcı miktarı (kg)

R = Patlatma ile ölçüm noktası arasındaki radyal uzaklık.

K = Jeolojik ortama bağlı kaya vibrasyon iletim katsayısı

M = Patlatma eğrisinin eğimi.

Metro tünellerindeki patlatmalarda 1 No 'lu formül ve buna bağlı olarak Langefors ve Kihlstrom tarafından hazırlanan patlatılan ve ölçülen yer arasındaki mesafeye bağlı her kapsülde patlatılacak patlayıcı miktarlarını veren, bunu da hassaslık seviyelerine göre sınıflandıran tablo kullanılmıştır. Bakınız Tablo 1. Her gecikmede kullanılan patlayıcı mesafe ve vibrasyonların ilişkisi (Langefors Kihlstrom). Tablo 1. deki 0.03 seviyesi B.A binaların altında kullanılabilir. Eski binalarda tahribatı önlemek için 8-15 mm. / sn. vibrasyon hızı önerilebilir. Bakınız Tablo 2. Normal yapılarda patlamalardan dolayı zarar riskleri (Langefors Kihlstrom).

Bilindiği üzere patlayıcı patladığı zaman enerjisinin büyük bir bölümü bulunduğu ortamı parçalar. Bir bölümü ise, titreşim dalgaları halinde etrafa yayılır.

Titreşim dalgasını tarif etmek için genellikle Amplitude (A) ve frekans (f) kullanılır. Yapılara zarar veren Amplitude 'ü 4 parametre oluşturur.

- 1- Her gecikmede kullanılan patlayıcı miktarı
- 2- Patlamanın yapıldığı yer ile ölçüm yapılan yer arasındaki ortamın jeolojisi
- 3- Patlama ile ölçüm yeri arasındaki mesafe
- 4- Yapının oturduğu formasyon

$$V = 2\pi * f * A$$

$$a = 4\pi^2 * f * A$$

$$V = \text{Salınım hızı mm / sn.}$$

$$a = \text{İvme (mm/s}^2\text{)}$$

$$A = \text{Amplitude}$$

Patlamadan dolayı oluşan vibrasyon zeminde farklı oturmalara sebep olur Enerji dalgalan bir yapının altından geçerken onu aşağı-yukan, sağa-sola, ileri-geri sallar. Patlatma yapılacak mahaldeki yapıların özellikleri ve patlatma yapılacak mesafe, oluşacak vibrasyon etkisi göz önüne alınarak patlayıcı miktarı tayin edilmelidir

Patlatma yapılacak mahalde, patlatma yapılacak kayanın özgün frekansının (f) bilinmesi çok önemlidir Kaya türünün sismik hızı, özgün frekansı ve dalga boyu aşağıdaki formülle ifade edilir

$$I = c / f$$

$$I = \text{dalga hareketinin boyu (m)}$$

$$c = \text{Kayadaki dalganın sismik hızı (m / s)}$$

$$f = \text{Kayanın özgün frekansı (hz)}$$

Örneğin; bazı malzemelerin özgün frekansları:

Malzeme	Özgün Frekans (Hz)
Gevşek zemin	40
Yumuşak kırıklı kaya	40-70
Sert sağlam kaya	100-200

Kayalardaki dolgulann sismik hızları;

Kum, çakıl, kil	moraine, slate, yumuşak kalker	Granit, Gnays Diabaz kalker
1000-1500	2000-3000	4500-6000

Örnek; Kum taşındaki dalga boyu

$$I = 1000/70 = 14 \text{ m}$$

Kireç taşındaki dalga boyu

$$I = 4500/100 = 45 \text{ m}$$

Sağlam kayaya oturan yapıların salınımı dalga boyu fazla olacağı için binaların hasar görme riski azalacaktır. Bugüne kadar İstanbul Metrosu tünellenen yapılan patlatmaları ol- çülen vibrasyon değerleri Tablo 3 ve

4 de verilmiştir Patlatma aralığı 5 m/s seçilmiş uygulamada 16 gecikme kapsülü kullanılmıştır Patlatmanın vibrasyon kontrolü nedeniyle aynalarda yükleme boşluğu muhakkak bira- kılmıştır M.K.E 16 dan fazla gecikme kapsülü olmadığı için ancak 16 ge- cikme kullanılmıştır. Paternlerde görüleceği üzere genelde sönümlenme de İikleri bırakılmıştır. Faydası görülmüştür Paternlerde patlama sıralaması kodlar farklı verilmiş, sürşarj oluşumu engellenmeye çalışılmıştır. Paternlerde bi-lindiği üzere belli bir miktar patlayıcının patlatmak için yerleşimleri ve sıralanmaları gösterilmektedir Esas olarak boşta enerji bırakmamak esasına dayandırılmaya çalışılmış spesifik şarj $850 \text{ gr} / \text{m}^3$ olarak tespit edilmiş, daha sonra vibrasyon ve verim parametrelerine bağlı olarak, $500 \text{ gr}/\text{m}^3$ 'e indirilmiştir

Kullanılan paternlere ait formlar ile patlatmanın sonuçlarını yorumlandığı Amerikan, Alman, Fransız, İspanyol standartları ek olarak verilmektedir Yoğun şehirleşmenin,iş muhitlerinin olduğu Mecidiyeköy - 4. Levent güzergahında yapılan patlamalarda her hangi bir hasar verilmemiştir. Patlatma vibrasyon ölçümü frekans dağılımı yatay, düşey ve boyuna titreşimlerin ölçüldüğü bu vibrasyonların Alman, Amerikan, Fransız ve İspanyol standartlarına göre değerlendirildiği grafikler ekte sunulmaktadır

SONUÇ

Meskûn alanlarda yapılan patlamalarda çevre faktörünün ön planda tutarak bilinen en emin yoldan gidilmelidir Langefors ve Kihlstrom 'un vibrasyona, mesafeye bağlı her patlatma aralığında kullanılacak patlayıcı miktarları iyi netice vermiştir. Buna bağlı tablo tebliğ'de sunulmaktadır Paternlerde patlatma sıralamalarından, sıralamayı aynı kotta yapmamayı önerebiliriz. Usul, I / 2 / 3 / 4 patlatma sırası ile 1 ve 2 aynı kodlarda, 2 ve 3 aynı kodlarda 3 ve 4 aynı kodlarda tutulmamıştır Vibrasyon dalgalarının birbirini suspanse etmesi amaçlanmıştır Bu ampirik olarak elde edilmiş bir sonuçtur.

Köşelerde yüklemenin oluşacağı bölümlerde Free- Charge 'lar yaratılmaya çalışılmış, başarılı olunamayacak hallerde genişleme delikleri delinmiştir Bunların yapıldığı ve yapılmadığı paternlerdeki vibrasyonlarda yapılanın doğru olduğu gözlenmiştir

En üst delikleri veya taşıma delikleri dediğimiz deliklerin aralarına genişleme delikleri deliniş ve faydası görülmüştür

TABLO 1. HER GECİKMEDE KULLANILAN (WUVICI MESAFE VE VİBRASYONLARIN İLİŞKİSİ)

Uzaklık (m)	Patlayıcı Ckg) (anlık;						
	Seviye 0.008	0.015	0.03	0.06	0.12	0.25	0.50
0.5				0.02	0.04	0.08	0.16
1	0.008	0.015	0.03	0.06	0.12	0.25	0.5
2	0.025	0.05	0.09	0.2	0.4	0.7	1.4
3	0.040	0.08	0.16	0.33	0.65	1.3	2.6
4	0.06	0.12	0.25	0.5	1	2.0	4
5	0.09	0.18	0.35	0.73	1.4	2.8	5.6
6	0.12	0.23	0.47	0.95	1.9	3.8	7.2
7	0.14	0.27	0.57	1.15	2.3	4.6	9.2
8	0.18	0.36	0.72	1.45	2.9	5.8	11.6
9	0.2	0.42	0.85	1.7	3.4	6.8	13.6
10	0.25	0.5	1.0	2.0	4	8	16
12	0.3	0.6	1.3	2.5	5.2	10.5	21
14	0.4	0.8	1.6	3.2	6.4	13	26
16	0.5	1.0	2.0	3.9	7.8	15.5	31
19	0.6	1.2	2.4	4.7	9.4	19	38
20	0.7	1.4	2.8	5.6	11	22	44
25	1.0	2.0	4.0	8	16	32	64
30	1.3	2.6	5.2	10.4	21	42	84
35	1.6	3.2	6.5	13	26	52	104
40	2.0	4.0	8.0	16	32	64	128
45	2.4	4.8	9.5	19	38	76	152
50	2.8	5.5	11.0	22	44	88	176
55	3.3	6.5	13	26	52	104	208
60	3.8	7.5	15	30	60	120	240
65	4.3	8.5	17	34	68	136	272
70	4.8	9.5	19	38	76	152	304
75	5.3	10.5	21	42	84	168	336
80	5.8	11.5	23	46	92	184	368
85	6.4	12.8	25.5	51	102	204	408
90	7.0	14.0	28	56	112	224	448
95	7.6	15.2	30	61	122	244	488
100	8.5	16.5	33	66	132	264	528
110	9.3	18.5	37	74	148	296	592
120	10.5	21.0	42	84	168	336	672
130	11.7	23.5	47	94	188	376	752
140	13.2	26.3	52.5	105	210	420	840
150	14.5	29.0	58	116	232	464	928
160	16.0	32.0	64	128	256	512	1024
170	17.5	35.0	70	140	280	560	1120
180	19.0	38.3	76.5	153	306	612	1224
190	20.7	41.5	83	166	332	664	1328
200	22.5	45.0	9	180	360	720	1440

TABLO 2. NORMAL YAPI LARDA FLAMALARDAN DOLAYI ZARAR RİSKLERİ

TİTREŞİM DALGASININ HIZI ÖN M/S	100 1500 Kum.Çakıl.Kil Seviyesinin Yeraltı Su Altında	2000 300 Dilimli Tabakalı Yumuşak Kalker	4500 6000 Granit, Gnays Diyabaz Kalker	Normal Meskun \bı Üzerindeki Etkisi	G (RA3/2) (Seviye)
	18	35	70	Kayda değer Çatlak olmayan	0 03
Titreşim	30	55	100	Küçük Çatlaklar	0 06
Hızı	40	80	150	Çatlaklı Durum	0 12
m m / s	60	115	225	Geniş Çatlaklı Durum	0 25

TABLO 3. G/VRETTEPE ŞAFTINDAN Wİ LAN BULAMALAR

ZİNCİRUKU ATIŞ NO	EN YAKIN BİNAYA MESAFE (M)	BİR KAPSÜLDE KULLANILAN PATLATICI MİKTARI (KG)	BİR ATIŞPV KULLANILAN FWLATCI MİKTARI (KG)	ÖLÇÜLEN VİBRASYON (MM/SN)
1		0 15	1500	736
2		015	14 70	1511
3	19 70	015	7 20	14 44
4		105	9 75	14 22
5		105	1005	18 78
6		090	10 35	764
7		090	960	20 17
8		090	945	14 95
9	12 97	0 30	4 80	
10		0 30	5 10	
11		0 30	600	
12	21 44	030	480	15
13	16 24	060	10 20	
14		0 60	8 40	
15		060	10 50	
16		900	10 20	14
17		060	8 10	4
18	23 39	0 60	10 20	15
19	21 78	060	10 20	10
20		0 60	10 20	16
21	19 33	0 90	11 40	25
22	18 75	0 60	9 30	

TABLO 4. ZİNCİRLİKUYU ŞAFTINDAN W İLAN BM LA MALAR

ZİNCİRLİKUYU ATIŞ NO	EN YAKIN BİNAYA MESAFE (CM)	BİR KAPSÜLDE KULLANILAN FVLMAYCI MİKTAR! (KG)	BİR ATIŞTA KULLANILAN FVLMAYCI MİKTARI (KG)	ÖLÇÜLEN VİBRASYON (MM / SN)
1	24 30	1 20	19 50	-
2	24 30	120	13 20	18
3	24 30	120	20 40	17
4	22 03	120	20 40	23
5	2265	120	20 40	12
6	24 80	0 60	10 20	14
7	24 80	060	10 20	15
8	22 02	060	10 20	8
9	2203	060	1020	18
15	23 04	060	10 20	10
16	22 92	060	1020	12
17	23 12	060	1180	4
18	23 10	060	10 20	22
19		060	10 20	10
20	23 13	0 60	10 20	4
21	22 97	900	1290	8
22	23 33	0 60	10 20	9
23	23 13	0 60	12 30	8
24	23 47	0 60	10 20	10
25	23 21	0 60	10 20	-
26	23 68	0 60	10 20	9
27	23 81	045	765	-
28	24 23	060	1020	4
29		600	10 20	4
30	24 13	0 60	9 75	-
31		060	10 20	4
32		0 60	1140	
33		0 60	1140	-
34	1533	045	855	-
35	1503	0 30	5 10	11
36	15 42	045	7 95	-
37	15 08	045	8 25	4
38	1550	0 45	8 10	13
39	1516	0 45	7 95	8
40	1554	0 45	8 25	13
41	15 33	0 45	765	6
42	14 20	0 45	7 95	10
43	1201	0 45	765	8
44	1561	045	765	10
45	10 40	0 45	7 65	8
46	1551	0 45	7 65	7
47	1561	0 30	5 10	17

USBM R18507 AND OSMRE ANALYSIS

EVENT CODE:
C6854Q5E.D9I

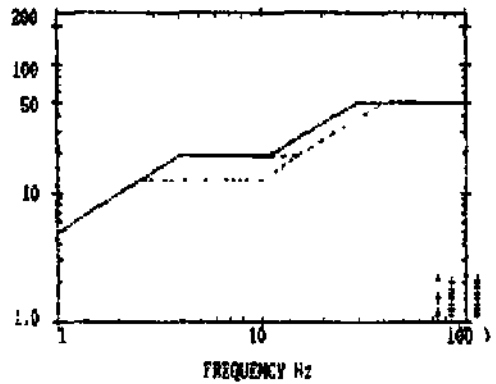
DATE:
Jan. 20/94

TIME (h:m:s):
17:10:21

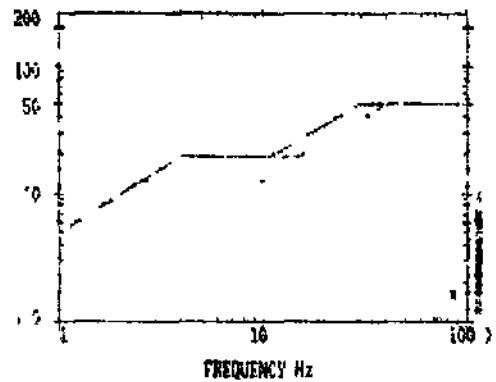
CLIENT:
METRO 1 TEKFEN

LOCATION:
HAT 1 Taksim

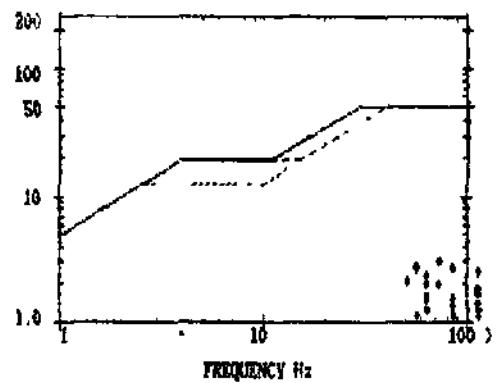
TRM
PPU
mm/s



VERT
PPU
mm/s



LONG
PPU
mm/s



CRITERIO PREVENCION (UNE 22.381)

EVENT CODE:
C6854Q5E.D9I

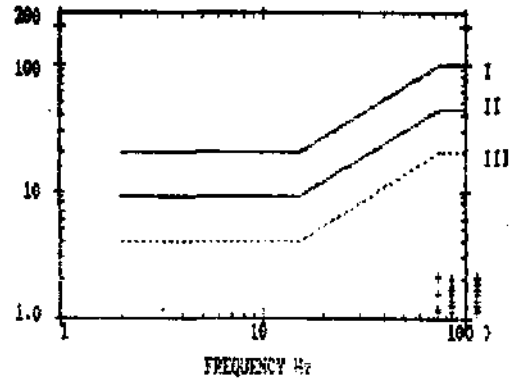
DATE:
Jan. 20/94

TIME (h:m:s):
17:10:21

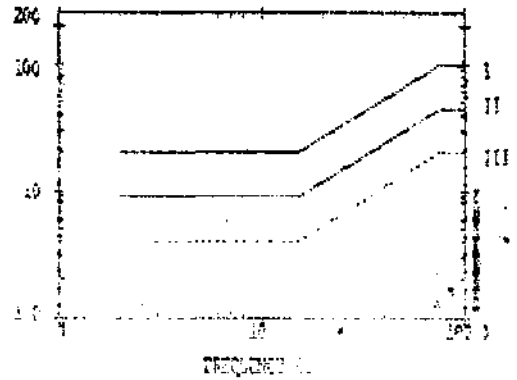
CLIENT:
METRO J. TEKFOR

LOCATION:
HAT 1. Bekasi

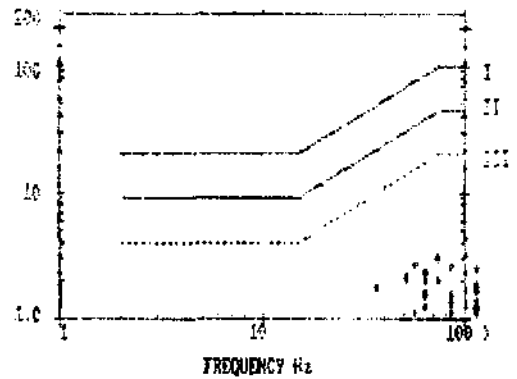
TRM
m/s



VERT
m/s



LONG
m/s



RECOMMANDATION GFEE

- LINE CODE
 - C/FREQUENCY Hz
 - DATE
 - TIME (h:m:s)
 - NAME
 - UNIT
 - LOCATION

TEST
 CPU
 F10

